



Сырьевые материалы для базальтовой ваты на базе горных пород юга Казахстана

¹*СУЗЕВ Николай Антонович, к.т.н., профессор, suzevnickolay@gmail.com,

¹КОПЖАСАРОВ Бахадыр Тастанбекович, к.т.н., доцент, kopzhasarov.bakhadyr@bk.ru,

¹ДОСАЛИЕВ Канат Серикович, PhD, доцент, dosaliev_k@mail.ru,

²АХМЕТОВ Данияр Акбулатович, д.т.н., ассоциированный профессор,
d.a.akhmetov@satbayev.university,

¹МОМИНОВА Сауле Махмудовна, PhD, старший преподаватель, saule_tomynova@mail.ru,

¹НАО «Южно-Казахстанский университет имени Мухтара Ауэзова», пр. Тауке хана, 5,
Шымкент, Казахстан,

²НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева», ул. Сатпаева, 22а, Алматы, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Проведена оценка возможности использования в производстве базальтовой ваты тефрито-базальта Даубабинского месторождения Южно-Казахстанской области и для сравнения Мугоджарского месторождения Актюбинской области. Определено, что материалы на основе базальтового волокна устойчивы к высоким температурам, кислотам и щелочам, а также обладают значительной механической прочностью. Во время проведения исследования процентное содержание минералов в тефрито-базальте было вычислено по молекулярно-нормативному методу П. Ниггли. Пригодность горной породы для получения базальтовых волокон была определена в результате исследований химического состава и определения физико-химических свойств расплавов. В результате проведенных исследований горной породы – тефрито-базальта Даубабинского месторождения Туркестанской области установлена возможность использования в производстве базальтовой ваты и изделий на ее основе.

Ключевые слова: тефрито-базальт, химический состав, минералогический состав, базальтовое волокно, теплоизоляционное изделие.

Введение

Жилищное строительство, наряду с развитием гражданского, промышленного и специального строительства, признано одним из приоритетных направлений Стратегии развития Казахстана до 2030 года и является одной из наиболее важных задач общенационального характера. Дальнейшее развитие строительной отрасли, а также повышение безопасности и качества строительной продукции в современных условиях являются ключевыми экономическими и политическими задачами государства. Строительный комплекс оказывает огромное влияние на экономику страны в целом и, что не менее важно, на положение в социальной сфере.

В Казахстане, начиная с середины 2000-х годов, принят ряд программ по развитию жилищного строительства. Это программы на 2005-2007 и 2008-2010 годы, а также программа на 2011-2014 годы. Основные задачи данные программы выполнили. Однако не удалось обеспечить доступным жильем основную массу экономически активного населения, в том числе, молодые семьи. Именно для решения этих проблем и была разработана принципиально новая Программа «Доступное жилье – 2020» [1]. Эта программа позволит увеличить объемы строительства жилья в Казахстане, в том числе и арендного, с нынешних 6 млн до 10 млн кв. метров к 2020 году. Следует отметить, что подобного объема строительства можно достичь только посредством применения индустриальных методов. Поэтому Программа «Доступное жилье» позволит не только строить новые дома, но и подтянуть строительную индустрию Казахстана – будет проведена корректировка Программы развития строительной индустрии. Круглогодичное заводское изготовление железобетонных изделий позволит снизить стоимость жилья и уменьшить сроки строительства сборно-каркасных домов. Также немаловажно, что

для решения задач по импортозамещению предусматривается внедрение современных производств по выпуску эффективных теплоизоляционных материалов и изделий из местного сырья, которые будут использоваться для утепления зданий и сооружений.

Методы исследования

Для развития концепции энергосберегающего дома, безусловно, необходимо опираться на богатый опыт эксплуатации различных зданий. Очевидно, что энергоэффективность здания определяется совокупностью многих факторов. Исследования показывают, что при эксплуатации традиционного многоэтажного жилого дома через стены теряется до 40% тепла, через окна – 18%, подвал – 10%, крышу – 18%, вентиляцию – 14%. Поэтому свести теплопотери к минимуму возможно только при использовании высокоэффективных теплоизоляционных материалов. Одним из таких материалов является базальтовая вата.

Сравнительная характеристика базальтовых волокон и других теплоизоляционных материалов выгодно отличает первые от последних (таблица 1) [3].

Материалы на основе базальтового волокна выдерживают высокие температуры, устойчивы к кислотам и щелочам, обладают значительной механической прочностью, поэтому они успешно потеснили изделия из стекловолокна.

Мировое производство минерального волокна превышает 5 млн тонн в год, в России сегодня производится менее 1/10 этой величины, а в Казахстане подобные производства занимают еще меньшую часть, чем в России, хотя сырьевые ресурсы имеются во многих его регионах, в том числе и в Южно-Казахстанской области. Поэтому внедрение современных технологий производства базальтовой ваты на местных сырьевых материалах является актуальной задачей.

Даубабинский комплекс эффузивных и

Таблица 1 – Сравнительные теплофизические характеристики базальтового волокна и других волокнистых теплоизоляционных материалов

Материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Предельная температура применения, °С
Асбест	0,11...0,16	550
Шлаковата	0,15...0,25	500...650
Минеральная вата	0,05...0,12	500...650
Стекловата	0,038...0,046	300-400
Базальтовая вата	0,034...0,042	600-700

вулканогенных образований занимает площадь 60 км² и представлен мощными, легкодоступными поверхностными формациями. По химическому составу эти породы относятся к основным магматическим (содержание SiO₂ менее 52%).

Минералогический состав тефрито-базальта, объемн. %: альбит (13,3), анортит (23,2), плагиоклаз 36, ортоклаз (20,7) моноклинный пироксен 17(16,9), оливин 6(5,8), рудные минералы 3-5(9,5), анальциум 4-5(4,2), кальцит 4-5, биотит 4.0(4,2), магматическое стекло 20-30 (В скобках указано процентное содержание минералов, вычисленное по молекулярно-нормативному методу П. Ниггли; магматическое стекло представлено молекулярно-нормативным ортоклазом) [2].

Каждое месторождение имеет свои особенности, которые следует выявлять и учитывать при разработке технологических процессов получения волокон, так как исходное сырье влияет на выбор оборудования и технологические режимы.

Пригодность горной породы для получения базальтовых волокон определяется в результате исследований химического состава и определения физико-химических свойств расплавов.

Научные результаты

В данной работе проведена оценка возможности использования в производстве базальтовой ваты тефрито-базальта Даубабинского месторождения Южно-Казахстанской области и для сравнения Мугоджарского месторождения Актюбинской области.

Химический состав опытно-промышленных партий тефрито-базальтов Даубабинского месторождения, базальтов и диабазов Мугоджарского месторождения и шлаков Ново-Джамбылского фосфорного завода представлен в таблице 2.

Минералогический состав тефрито-ба-

зальта представлен альбитом, анортитом, ортоклазом, моноклинным пироксеном, оливином, рудными минералами, кальцитом, биотитом и магматическим стеклом (20-30 объемн. %).

Основная масса базальтов сложена микролитами плагиоклазов, клинопироксена, магнетита или титаномагнетита, а также вулканическим стеклом. Вкрапленики представлены оливином, редко клинопироксеном или роговой обманкой.

Диабаз состоит из плагиоклаза, лабрадора, андезина, альбита, карбонатов, моноклинного пироксена, оливина и серпентиновых псевдоморфоз, магнетита и титаномагнетита; присутствует кварц и калиевый полевой шпат.

Гранулированный электротермофосфорный шлак в основном представлен стекловидной фазой – 90%, кристаллической – 10%. Кристаллическая фаза состоит из мелилита и псевдоволластонита; в незначительном количестве присутствуют F и P₂O₅, содержащие минералы: куспидин и силикокарнотит.

Для производства базальтовой ваты из супертонкого волокна разработчиками рекомендуются породы химического состава (% масс): 43,0...51,0 SiO₂; 0,2...1,6 TiO₂; 11,0...17,0 Al₂O₃; 10,0...18,0 (FeO+Fe₂O₃); не более 0,4 MnO; 4,0...12,0 MgO; 8,0...13,0 CaO; 2,0...5,0 (K₂O+Na₂O); не более 1,0 SO₃. Потери при прокаливании (ППП) в этих породах не должны превышать 3,0%.

В качестве сырья для получения тонких непрерывных волокон могут служить породы, содержание оксидов в которых составляет (% масс): 47,5...55,0 SiO₂; 0,2...2,0 TiO₂; 14,0...20,0 Al₂O₃; 7,0...13,5 (FeO+Fe₂O₃); не более 0,25 MnO; 3,0...8,5 MgO; 7,0...11,0 CaO; 2,5...7,5 (K₂O+Na₂O); не более 0,2 SO₃; не более 5,0 ППП.

Эти достаточно жесткие требования к химическому составу сырья нашли отражение

Таблица 2 – Химические составы сырьевых материалов

№ пп	Сырьевые материалы	Содержание, вес %												
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	F	SO ₃	H ₂ O
1	Тефрито-базальт 1	43,67	15,07	1,00	10,67	6,36	6,966	1,53	3,11	1,91	-	-	-	3,44
2	Тефрито-базальт 2	45,42	15,6	1,04	11,14	6,66	-	9,15	4,44	-	-	-	-	
3	Базальт 1	47,9	15,21	0,97	11,05	7,2	7,1	3,77	0,24	2,46	-	-	-	-
4	Базальт 2	43,85	15,10	1,06	17,71	5,10	10,79	-	2,57	2,75	0,47	-	-	-
5	Диабаз	52,85	14,92	1,26	10,38	4,6	-	12,59	0,13	2,72	0,16	-	0,78	-
6	Шлак НДФЗ	38,33	3,35	-	46,4	2,63	-	0,25	0,77	1,25	2,02	0,97	-	

в соответствующей нормативной документации. Согласно вышеуказанному наиболее подходящими горными породами для получения штапельного волокна являются тефрито-базальт 2, базальт 1 и диабаз.

Для получения некоторых волокон используют шихту, в состав которой вводят шлаки различных производств (шлаки сталелитейных производств и золы каменных углей), при этом шлаки могут составлять основную массу шихты. Их фазовый состав также представлен силикатами, но принадлежащими к другим классам, нежели силикаты базальтов. Свойства и структура волокон, принадлежащих к этой группе, отличаются как от свойств стеклянных, так и базальтовых волокон. При этом весьма перспективным для производства минеральных волокон может быть использование электротермических шлаков фосфорной промышленности.

Дифференциально-термический анализ образцов тефрито-базальта, произведенный в лаборатории контроля качества завода ЭКОВЕР ОАО «Ураласбест» (Россия), свидетельствует о наличии ряда эндо- и экзоэффектов: при 250-280°C эндоэффект малой интенсивности связан с удалением из породы остаточной влаги; экзоэффект при 300-350°C характеризует частичное низкотемпературное превращение моноклинного пироксена в амфиболиты, что отмечается изменением окраски породы от темно-серой в зеленоватую; эндоэффект при 430-550°C связан с разложением и потерей кристаллизационной воды слоистыми амфиболами и серпентиновыми метаморфозами; эндоэффект большей интенсивности в области 870-940°C обусловлен размягчением аморфной фазы вулканического стекла; экзоэффект при 940-990°C вызван процессом кристаллизации вулканического стекла; процесс плавления минералов (щелочных амфиболов, серпентина, пироксенов и плагиоклазов) породы отмечается широким эндоэффектом при 1005-1200°C, при этом в образовавшемся расплаве остаются наиболее тугоплавкие минералы: магнетит и оливин, размеры кристаллов которых увеличиваются до температуры экзоэффекта ~ 1350°C. Дальнейшее повышение температуры приводит к полному растворению кварца и частичному магнетита и оливина за счет образования эвтектик с расплавом в интервале 1350-1400°C. Выдержка расплава при 1450-1500°C приводит к получению более однородной стекломассы (рисунок).

Одним из критериев, определяющих пригодность сырья для производства минерального волокна служит модуль кислотности МК, который характеризуется соотношением

кислых (SiO_2 , Al_2O_3) и основных (CaO , MgO) оксидов в шихте.

Качественными считаются базальтовые породы, химический состав которых обеспечивает значение модуля кислотности от 3 до 4.

МК большинства исследуемых пород не выходит за пределы, определяющие оптимальность химического состава для производства непрерывных и штапельных волокон.

Для правильной оценки свойств силикатного расплава и получаемого материала применены более информативные кислотно-основные показатели, учитывающие (кроме SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , и MgO) содержание оксидов железа и щелочных металлов. Поэтому был осуществлен расчет коэффициента кислотности исходных горных пород, приведенных в таблице 1.

Коэффициент кислотности расплава для получения штапельного волокна должен быть в пределах от 2 до 2,6 и зависит от соотношений содержаний FeO и Fe_2O_3 , а также Na_2O и K_2O в базальтовых породах, и в первую очередь от содержания в них SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO .

Учитывая влияние оксидов железа, для более точной оценки возможности применения горных пород в производстве базальтовых волокон, предпочтительнее пользоваться модулем вязкости МВ, который был рассчитан для каждой горной породы.

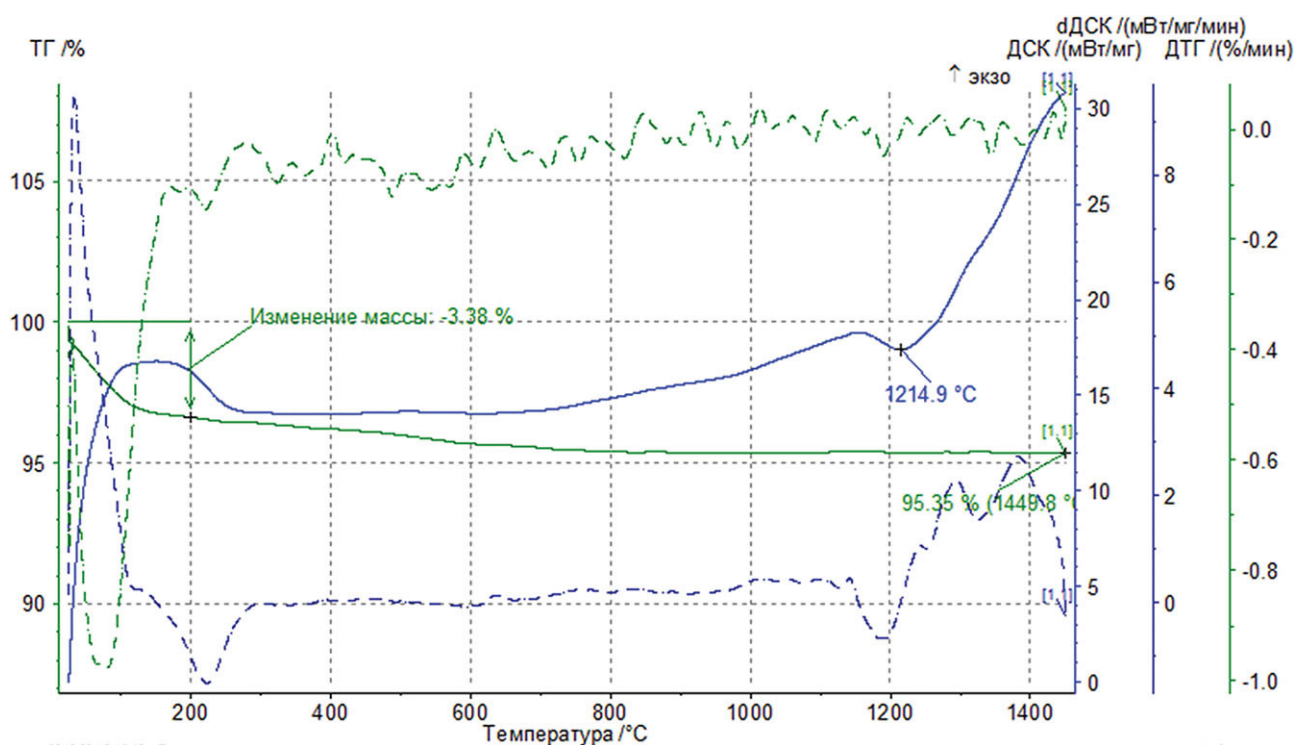
Группа пород, имеющих средневязкие расплавы, являются наиболее универсальным сырьем для производства всех видов волокон.

Была определена температурная зависимость вязкости расплавов: 1 – диабаз; 2 – базальта 1; 3 – тефрито-базальта 2.

В работе приведен расчет составов шихт для получения минеральной ваты на основе тефрито-базальта Даубабинского и базальта Мугоджарского месторождений с электротермофосфорным шлаком Ново-Жамбылского фосфорного завода (НДФЗ).

Рассчитанные модули кислотности свидетельствуют о возможности использования приведенных составов шихт на основе базальта и электротермофосфорного шлака для получения минеральной ваты высокого качества.

Использование 2-компонентной шихты способствует снижению содержания в ней наиболее тугоплавких минералов (оливина и магнетита), вносимых в шихту базальтом, что облегчит работу плавильного агрегата, а также получение однородного расплава для формирования из последнего волокон минеральной ваты.



Дифференциально-термический анализ образцов тефрито-базальта

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований горной породы – тефрито-базальта Даубабинского месторождения,

установлена возможность использования его в производстве базальтовой ваты и изделий на ее основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная программа Республики Казахстан «Нұрлы жер» до 2031 года.
2. Новик Т.И. Исследование процессов силикатообразования в шихтах и стеклах при получении петроситаллов на основе некоторых горных пород Казахстана: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Ташкент, 1981. – 20 с.
3. Джигирис, Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова – М.: Тенлоэнергетик, 2002. – 416 с.
4. Рабухин, А.И. Физическая химия тугоплавких неметаллических силикатных соединений / А.И. Рабухин, В.Г. Савельев: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 304 с.
5. Беляева, Н.П. Оценка пригодности минерального сырья для производства минеральных волокон / Н.П. Беляева, Л.В. Узберг, Г.И. Деулин // Сб. докл. II Всероссийской конф.: «Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья». – Бийск – М.: Изд-во ЦЭИ «Химмаш», 2003. – С. 53-56.
6. Макаревич К.С. Исследование, разработка и получение базальтовых волокон из магматических пород на примере базальтов Дальнего Востока: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Хабаровск, 2006. – 21 с.

Оңтүстік Қазақстанның тау жыныстары негізінде құрылыс материалдарын өндіруге арналған базальт мақтасы

- ¹***СУЗЕВ Николай Антонович**, т.ғ.к., профессор, suzevnickolay@gmail.com,
¹**КОПЖАСАРОВ Бахадыр Тастанбекович**, т.ғ.к., доцент, kopzhasarov.bakhadyr@bk.ru,
¹**ДОСАЛИЕВ Канат Серикович**, PhD, доцент, dosaliev_k@mail.ru,
²**АХМЕТОВ Данияр Акбулатович**, т.ғ.д., қауымдастырылған профессор, d.a.akhmetov@satbayev.university,
¹**МОМИНОВА Сауле Махмудовна**, PhD, аға оқытушы, saule_momynova@mail.ru,
¹«Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ, Тәуке хан даңғылы, 5, Шымкент, Қазақстан,
²«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Сәтбаев көшесі, 22а, Алматы, Қазақстан,
*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Оңтүстік Қазақстан облысы Даубабин кен орнының тефритті базальттан алынған базальт талшығын Ақтөбе облысының Мұғалжар кен орнының шикізатымен салыстыра отырып, пайдалану мүмкіндігін бағалау жұмыстары жүргізілді. Базальт талшығының негізінде өндірілген материалдар жоғары температураға, қышқылдарға және сілтілерге төзімді және олардың механикалық беріктік қасиеті айтарлықтай жоғары екендігі анықталды. Зерттеу барысында тефрит базальттағы минералдардың пайызы П. Нигглидің молекулалық нормативтік әдісімен есептелді. Тау жыныстарының базальт талшықтарын өндіруге жарамдылығы балқымалардың химиялық құрамы мен физика-химиялық қасиеттерін зерттеу нәтижесінде анықталды. Түркістан облысы Даубабин кен орнының тау жынысы болып табылатын тефритті базальтын зерттеу нәтижесінде өндірісте базальт талшығын және оның негізінде өндірілген бұйымдарды пайдалану мүмкіндігі анықталды.

Кілт сөздер: тефритті базальт, химиялық құрамы, минералогиялық құрамы, базальтті талшық, жылуоқшаулағыш бұйым.

Raw Materials for Basalt Wool Based on Rocks of South Kazakhstan

- ¹***SUZEV Nikolay**, Cand. of Tech. Sci., Professor, suzevnickolay@gmail.com,
¹**KOPZHASAROV Bakhadyr**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, kopzhasarov.bakhadyr@bk.ru,
¹**DOSALIEV Kanat**, PhD, Associate Professor, dosaliev_k@mail.ru,
²**AKHMETOV Daniyar**, Dr. of Tech. Sci., Associate Professor, d.a.akhmetov@satbayev.university,
¹**MOMINOVA Saule**, PhD, Senior Lecturer, saule_momynova@mail.ru,
¹NCJSC «Mukhtar Auezov South Kazakhstan University», Tauke Khan Avenue, 5, Shymkent, Kazakhstan,
²NCJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev», Satpayev Street, 22a, Almaty, Kazakhstan,
*corresponding author.

Abstract. This paper considers the possibility of using tephrite-basalt derived from the Daubabinsk deposit of the South Kazakhstan region and, for comparison, tephrite-basalt from Mugodzhazhar deposit of Aktobe region, was assessed in the production of basalt wool. It has been determined that materials based on basalt fiber are resistant to high temperatures, acids and alkalis, and their mechanical strength is significantly high. During the study, the percentage of minerals in tephrite-basalt was calculated by Niggli molecular normative method. The suitability of the rock for obtaining basalt fibers was determined as a result of studies of the chemical composition and determination of the physicochemical properties of melts. As a result of the conducted studies of the rock as tephrite-basalt of the Daubabinsk deposit of the Turkestan region, the possibility of using basalt wool and products based on it in the production has been established.

Keywords: tephrite-basalt, chemical composition, mineralogical composition, basalt fiber, heat insulation products.

REFERENCES

1. «Nurly Zher» the State program for 2031.
2. Novik T.I. Issledovanie protsessov silikatoobrazovaniya v shikhtakh i steklakh pri poluchenii petrosilikatov na osnove nekotorykh gornykh porod Kazakhstana: Avtoref. diss. ... kand. tehn. nauk. – Tashkent, 1981. – 20 p.
3. Dzhigiris D.D. Osnovy proizvodstva bazaltovykh volokon i izdelii / D.D. Dzhigiris, M.F. Makhova – Moscow: Teploenergetik, 2002. – 416 p.
4. Rabukhin A.I. Fizicheskaya khimiya tugoplavkikh nemetallicheskich silikatnykh soedinenii / A.I. Rabukhin, V.G. Savelev: Uchebnik. – Moscow: INFRA-M, 2004. – 304 p.
5. Belyaeva N.P. Otsenka prigodnosti mineralnogo syrya dlya proizvodstva mineralnykh volokon / N.P. Belyaeva, L.V. Uzberg, G.I. Deulin // Sb. dokl. II Vserossiskoi konf.: «Tekhnika i tekhnologiya proizvodstva teploizolyatsionnykh materialov iz mineralnogo syrya». – Biisk – Moscow: Publ. Tsei «Khim mash», 2003. – Pp. 53-56.
6. Makarevich K.S. Issledovanie, razrabotka i poluchenie bazaltovykh volokon iz magmaticheskikh porod na primere bazaltov Dalnego Vostoka: Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Khabarovsk, 2006. – 21 p.