

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ОШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ К 01.15.504

На правах рукописи
УДК 539.4+539.3

Сопубеков Нематилла Абдилахатович

**Экспериментально-теоретические основы получения
композитов на основе алевролита**

специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ош- 2015

Работа выполнена в Институте физико-технических проблем и материаловедения Национальной академии наук Кыргызской Республики

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Айдаралиев Жанболот Качкынбаевич

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
доктор технических наук, профессор
Макаров Владимир Петрович

кандидат технических наук, доцент
Матисаков Жумакадыр Кубатбаевич

Ведущая организация: Кыргызский государственный
технический университет
имени И. Раззакова, 720044, Кыргызстан
г. Бишкек, пр. Мира 66

Защита диссертации состоится «25» сентября 2015 года в 14.30 на заседании Диссертационного Совета К 01.15.504 по присуждению ученых степеней кандидата наук при Ошском государственном университете и Институте природных ресурсов южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики по адресу: 723500, г. Ош, ул. Ленина 331.

С диссертацией можно ознакомиться в центральной библиотеке Ошского государственного университета.

Автореферат разослан « 21 » августа 2015 года.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета К 01.15.504,
кандидат физико-математических наук



Папиева Т.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. В настоящее время одной из основных проблем создания композиционных (конструкционных, коррозионно-стойких, легких, прочных, тепло и звукоизоляционных) материалов и изделий с заданными функциональными свойствами на основе местного сырья является актуальной задачей.

Решение данной задачи связано с неограниченной дешевой отечественной сырьевой базой. В этом направлении важную роль приобретают волокнистые материалы из горных пород, а так же изделия и композиты, изготовленные на их основе.

Известно, что в качестве исходного сырья для получения супертонких волокон используются горные породы с ультраосновным, основным, средним и кислым составом различных месторождений: габбро, амфиболиты, алевролиты, диабазы, базальты, андезито-базальты, андезиты и др.

Безусловно, что каждое месторождение имеет свои специфические особенности, которые следует выявлять и учитывать при разработке технологических процессов по получению супертонких волокон и изделий из них.

Учитывая неограниченную сырьевую базу горных магматических пород, комплекс ценных эксплуатационных характеристик изделий и композитов на основе супертонких неорганических волокон, многообразие номенклатуры и областей применения, технологичность монтажа, можно заключить, что волокнистые материалы из горных пород, композиты и изделия на их основе являются перспективными.

Связь темы диссертации с крупными научными программами, основными научно-исследовательскими работами, осуществляемыми научными учреждениями. Работа по теме диссертации выполнялась в соответствии с планами научно-исследовательских работ лаборатории базальтовых волокон Института физико-технических проблем и материаловедения НАН КР «Теория и технология получения базальтовых волокон и изделий на их основе».

Цель исследования. Исследование физико-химических свойств алевролитовых пород и разработка научно-технологических основ получения композитов с использованием алевролита и изделий на его основе.

Задачи исследования

- Проведение литературного анализа и патентного поиска научно-технической информации по созданию композитов и электрообогревателя с использованием минерального сырья;

- Исследование физико-химических свойств алевролита с целью получения супертонких волокон и активного наполнителя методом пиролиза (нагрев без доступа кислорода) для получения новых композитов;
- Исследование состава и структуры супертонких неорганических волокон, используемых в технологии композиционных материалов;
- Разработка теоретических основ прочности и разрушения композитов, армированных супертонкими неорганическими волокнами из горных пород, в том числе алевролитового волокна;
- Разработка технологии изготовления аккумуляционного электрообогревателя на основе нового состава композита из термообработанного алевролита методом пиролиза и супертонких волокон, полученных из алевролитовых пород.

Основные результаты работы. В диссертационной работе получены следующие наиболее важные результаты:

- Исследованы химико-минералогический состав и электрофизические свойства алевролитовых пород в зависимости от температуры нагрева;
- Исследованы состав и свойства супертонких волокон из алевролита;
- Экспериментально-теоретическим методом исследованы свойства композиционных материалов на основе супертонких волокон из алевролитовых горных пород;
- Разработана технология переработки алевролита методом пиролиза с целью получения активного наполнителя;
- Определены сравнительные физико-технологические характеристики алевролита с целью получения супертонких волокон;
- По результатам экспериментально-теоретических исследований был создан аккумуляционный электрообогреватель на основе разработанного состава композита.

Объекты исследования. В качестве объектов исследования выбраны: местное алевролитовое сырье месторождении алевролитовых пород Таш-Булак; изделия на основе алевролита; супертонкое волокно из алевролита и аккумуляционный электрообогреватель на основе алевролитового композита.

Научная новизна полученных результатов

- На основе исследований химико-минералогического состава, впервые получены данные об электрофизических свойствах алевролитового сырья и состав легколетучих компонентов алевролита, полученных методом пиролиза;
- Впервые разработаны технологии переработки алевролита с применением метода пиролиза;

- Впервые исследованы состав и свойства супертонких волокон из алевролита;
- Экспериментально-теоретическим методом изучены прочность и разрушения композитов на основе супертонких волокон из алевролитовых горных пород.
- Впервые разработана технология изготовления аккумуляционного электрического воздухонагревателя на основе отработанного состава композитов из алевролита.

Практическая значимость полученных результатов

Полученные теоретические и экспериментальные результаты по созданию и разрушению композитов на основе супертонких волокон являются основой получения материала с заданными свойствами.

Значение исследования для науки и практики заключается в создании нового композита и изделий на его основе из местного минерального сырья - алевролитовых пород. Результаты работы внедрены в ОсОО «Плюс Техно». Потенциальными потребителями результатов разработки могут быть научные и инженерно-технические работники, НИИ, предприятия стройиндустрии, заводы строительных и электротехнических материалов.

Экономическая значимость полученных результатов

Стоимость нового электрообогревателя на основе композитов полученных с использованием алевролитовых пород примерно в три раза ниже, чем зарубежного импортного электрообогревателя.

Экономия электропотребления на обогрев помещения по сравнению с масляными электрообогревателями и прочими подобными системами составляет не ниже 20-30 % КПД, плюс «мягкого» лучистого тепла.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

- Физико-химические и физико-технологические характеристики алевролитового сырья, обуславливающие их пригодность в производстве супертонких волокон и композиционных материалов;
- Результаты исследований электрофизических параметров алевролитовых пород с увеличением температуры нагрева в зависимости от его легколетучих компонентов после пиролиза и химико-минералогического состава;
- Результаты экспериментально-теоретических исследований по получению супертонких волокон и композитов на его основе;
- Технология изготовления и физико-технические характеристики аккумуляционного электрообогревателя на основе композита из алевролита.

Личный вклад соискателя

Основные результаты диссертационной работы получены автором лично. Сбор и анализ литературных данных, патентный поиск по технологии производства супертонких волокон из горных пород, проведение исследований к химико-минералогическому составу алевролита и получение композитов на его основе осуществлялись непосредственно автором. Используемые в диссертации теоретические и экспериментальные результаты, опубликованные в соавторстве с А.А. Абдыкалыковым, Ж.К. Айдаралиевым, Р.С. Атыровой получены при непосредственном участии автора. Научному руководителю принадлежат общая постановка задачи и обсуждение полученных результатов.

Апробация работы. Результаты исследований были заслушаны, обсуждены и одобрены на: II международной научно-практической конференции «Перспективы развития научно-инновационной деятельности» (г. Бишкек, НАН КР, 4 ноября 2010г.); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки, техники и технологии» (г.Ош, ОшГУ, 8-9 июня, 2012 г.); Международной научной конференции посвященной памяти академика М.Я. Леонова «Проблемы механики сплошной среды» (г. Бишкек, КГТУ им. И. Раззакова, 14-15 сентября, 2012 г.); I Международной межвузовской научно-практической конференции - конкурсе научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения» (г. Бишкек, МУИТ, 16-17 мая, 2013 г.); Международной научной конференции «Рахматулинские-Ормонбековские чтения» (г. Бишкек, НАН КР, 27-29 июня, 2013 г.); Международной научно-практической конференции «Физика, математика, техника и образование: Достижения и перспективы развития», посвященной 70-летию Заслуженного деятеля науки КР, доктора физико-математических наук, профессора Байыша Арапова (г. Ош, ОшГУ, 28-29 июня, 2013 г.); Международной научно-практической конференции «Насирдин Исанов – видный государственный деятель Кыргызской Республики», посвященной 70-летию со дня рождения Насирдина Исанова - первого премьер-министра суверенного Кыргызстана, академика Инженерной академии КР и СССР (г. Бишкек, КГУСТА им. Н. Исанова, 1-2 ноября, 2013 г.); на расширенном заседании кафедры Производство и экология строительных материалов, изделий и конструкций КГУСТА им. Н. Исанова; II Международной межвузовской научно-практической конференции-конкурсе научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения» (г. Бишкек, МУИТ, 15-17 мая, 2014 г.); на расширенном заседании «Лаборатории базальтовых волокон» ИФТПиМ НАН КР.

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 18 научных работах, из них: 2 патента на изобретения, 3 научные статьи, опубликованные в

зарубежных изданиях (Казахстан, Россия), 13 статьи, опубликованные в республиканских научных изданиях Кыргызской Республики. Из них три единоличные.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованных источников. Общий объем диссертации составляет 145 страниц, в том числе 121 страницы основного текста, 34 таблицы, 57 рисунков и списка литературы содержащего 138 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко излагается состояние проблемы, обосновывается актуальность темы, формулируется цель исследования и основные научные положения работы, а также описываются научная новизна и научно-практическая ценность работы.

В I главе дается краткий литературный обзор и результаты патентного поиска по созданию композитов и электрообогревателя с использованием минералов и горных пород и описывается состояние проблемы по теме диссертации.

Проведен анализ литературных источников научно-технической информации по технологии переработки минералов, горных пород, технологии производства супертонких волокон из горных пород, в том числе базальтовых волокон и изделий на их основе.

Анализ литературных данных и патентный поиск показал перспективность работы технологии композитов на основе минералов и горных пород и изделия на их основе.

В II главе описаны характеристики исходного алевролитового сырья и методика исследования, а также экспериментальные установки, используемые в работе.

По данным запасы алевролитового сырья месторождения Таш-Булак составляет 45598 тыс. м³ и проведенный физико-химический анализ алевролитового сырья показал (табл.1), что алевролит Таш-Булакского месторождения в сравнении с другими месторождениями базальтов содержит в себе малые количества SiO₂ и Al₂O₃, так же легколетучих компонентов содержит больше (22,09%), чем в других базальтовых пород (не более 5 %).

Таблица 1 - Химический состав алевролитовых горных пород

| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | Fe ₂ O ₃ | FeO | TiO ₂ | Na ₂ O | K ₂ O | MnO | П.П.П. | SO ₃ | P ₂ O ₅ |
|------------------|--------------------------------|------|------|--------------------------------|------|------------------|-------------------|------------------|------|--------|-----------------|-------------------------------|
| в % | | | | | | | | | | | | |
| 33,7 | 9,25 | 22,4 | 3,49 | 1,74 | 1,94 | 0,48 | 1,35 | 1,64 | 0,10 | 22,09 | 0,14 | 0,14 |

С помощью петрографического анализа определены минералогический состав и структура алевролита: в целом для них характерна пелитовая структура, сложены они кварцем – до 60 %, хлоритом – до 15 %, пироксенами – 2-3 %, полевыми шпатами – до 10 %, серицитом – до 5 % и карбонатами – до 15 %.

Для исследования легколетучего состава алевролита был применен пиролизный метод.

Процентное содержание обнаруженных продуктов пиролиза алевролита: аммиак - 8,8 %; сульфат - 5,24 %; хлор - 7,001%.

Значит, после пиролиза алевролитового порошка в поглотителе собираются определенные количество вещества в конденсате. Полученный водный конденсат кристаллизуются с улетучиванием воды и получена белая кристаллическая соль.

По физическим свойствам показатель преломления алевролитовой соли, полученной методом пиролиза, почти не различается от показателя преломления аммиачной селитры. На основе полученных экспериментальных данных можно сделать вывод: соль, полученную из алевролитовой породы, можно применить как аммиачные удобрения.

Таким образом, улавливание летучих элементов с применением поглотителей имеет большое экологическое значение, поскольку аммиак, окись серы и хлор являются токсичными веществами. Кроме того, термобработанный алевролитовый порошок, полученный методом пиролиза можно использовать в качестве наполнителя для создания новых материалов широкого назначения.

III глава посвящена изучению электрофизических свойств алевролитовых пород в зависимости от температуры нагрева и его легколетучих компонентов, полученных методом пиролиза.

Исследовано удельное сопротивление алевролита $\rho=\rho(T)$ в интервале температур 20-1000⁰С. На рис.1 приведены электрофизические параметры (электропроводность, электрическое сопротивление), полученные экспериментальным путем при $t=20-850$ ⁰С для алевролитовых пород.

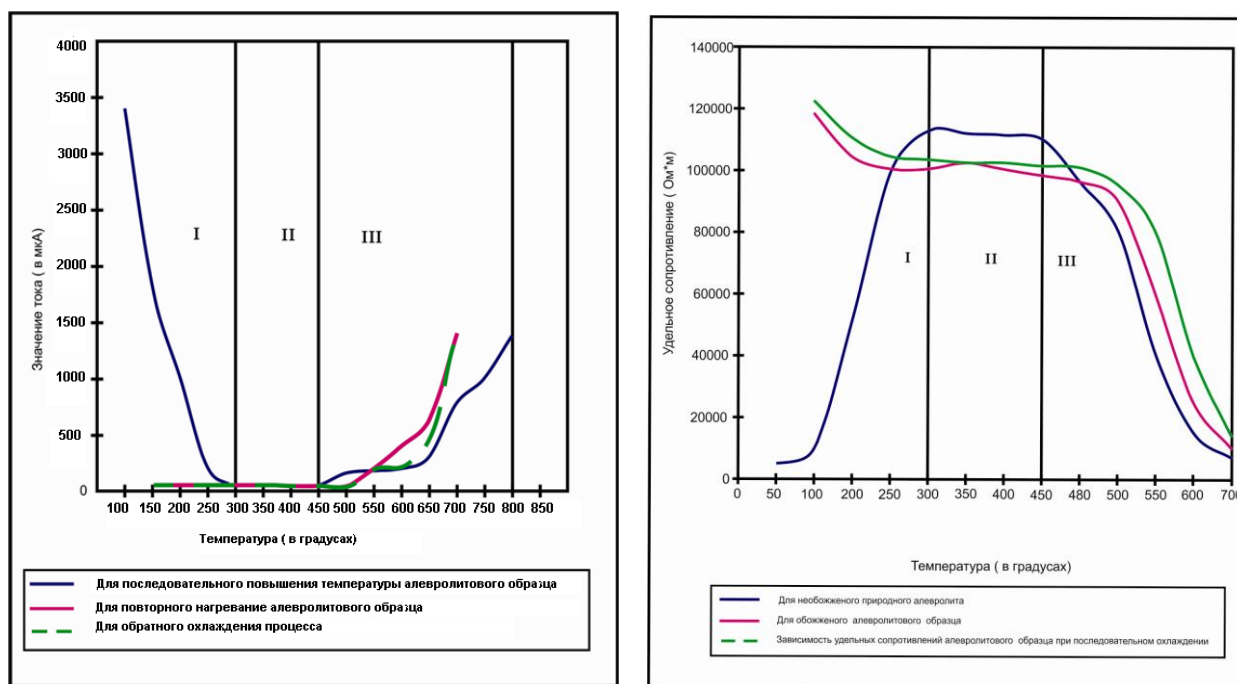
Исследования показывают, что из-за выделения углекислого газа из алевролита в виде CO₂ удельное сопротивление алевролитового образца резко повышается. При выделении CO₂ в процессе пиролиза идут экзотермические реакции. Этот процесс отрицательно влияет на электропроводность алевролита. Из образца алевролита в интервале температуры $t = 300-450$ ⁰С легколетучие элементы улетучиваются в виде смеси газов SO₂,SO₃, CO, CO₂, Cl₂, NH₃, тогда до температуры 300⁰С основным компонентом летучих элементов является CO₂. Это мало влияет на электропроводность, как показано на рис.1, а и б (участок II) для необоженного алевролитового состава. Это способствует

стабилизации электропроводности, но после температуры 850°C нарушается структура алевролита.

Из рис.1 видно, что в интервале температур от 20°C до 300°C удельное электрическое сопротивление алевролитовых пород изменяется по линейному закону, а в интервале $300-450^{\circ}\text{C}$ постепенно уменьшается. Далее при повышении температуры до 850°C удельное электрическое сопротивление алевролитовых пород изменяется по экспоненциальному закону.

Далее изучены электрофизические свойства алевролитовых солей при разных концентрациях в дистиллированной воде (10-70%), а также электрофизические свойства данного вещества сопоставлены с эталонной аммиачной селитрой.

Используя метод А.А. Аппена расчетным путем, определили диэлектрическую проницаемость Сулуу-Терекского базальта $\epsilon=17,02$, а для алевролита месторождение Таш-Булак $\epsilon=7,8$, исходя из их химического состава.



а)

б)

Рис.1. а) График зависимости электропроводности алевролита от температуры при постоянном значении напряжений, $U=const =222\text{В}$;

б) График зависимости удельного сопротивления алевролита от температуры.

Опыты показывают, что в процессе пиролиза улетучиваются легколетучие элементы и в результате диэлектрическая проницаемость алевролитового порошка уменьшается от 4,0 до 1,6. По-видимому, это связано с тем, что при измельчении и термообработке алевролитового порошка возникают

механические и термические разрушения межмолекулярных связей. В результате возникают свободные радикалы.

Особенностью структуры и диэлектрических свойств алевролитового порошка после термического разложения легколетучих компонентов является своеобразной сеткой физических связей, узлами которой являются полярные группы цепи, способные к специфическим взаимодействиям.

В IV главе описаны теоретические основы получения и разрушения композитов, армированные супертонкими волокнами на основе горных пород – типа базальтов, алевролитов и др. Также исследованы физико-технические характеристики алевролитового супертонкого волокна сравнительно с базальтовыми волокнами.

При производстве минеральной ваты величина M_k сырья или сырьевой композиции не должна превышать 2,0, т.к. наилучших свойств волокна можно добиться при этом значении.

Определены опытными и расчетными методами следующие физико-механические характеристики и модуль кислотности алевролитовых пород: плотность - $2,08 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$; водопоглощение – 3 %; прочность на сжатие при сухом состоянии - 27,61%; прочность на сжатие при водопоглощенном состоянии - 15,16 %; коэффициент размягчений - 45,1%; модуль кислотности - 1,66.

Разделение по фракциям дало следующие данные: 0...3мм - 1,2%; 3...40мм - 72,8 %; свыше 40мм – 26 %.

Таким образом, основную массу составляет фракция от 3 до 40мм, которая удовлетворяет существующим стандартам, при необходимости фракцию свыше 40 мм можно дробить.

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

$$\begin{aligned} \Delta T_{пл.} = & V_{SiO_2} \cdot T_{пл. SiO_2} + V_{Al_2O_3} \cdot T_{пл. Al_2O_3} + V_{TiO_2} \cdot T_{пл. TiO_2} + \\ & V_{Fe_2O_3} \cdot T_{пл. Fe_2O_3} + V_{FeO} \cdot T_{пл. FeO} + V_{MgO} T_{пл. MgO} - V_{CaO} \cdot T_{CaO} \\ & - V_{K_2O+Na_2O} \cdot T_{пл. K_2O+Na_2O} \pm (P_2O_3 + MnO + ППП)\% \end{aligned} \quad (1)$$

По формуле (1) расчетным путем определена температура плавления алевролитовых пород: $T_{пл. расч.} = 1250 \pm 20^\circ\text{C}$; а экспериментально $T_{эксп.} = 1360^\circ\text{C}$.

На основе уравнений регрессии вязкости базальтового расплава определена вязкость расплава, полученного из алевролита, в зависимости от его химического состава.

Таблица 2 - Вязкость расплава алевролита в зависимости от их температуры

| Месторождение | Вязкость, δ Па·с, при t, $^{\circ}$ C | | | | |
|---------------|--|------|------|------|------|
| | 1450 | 1400 | 1350 | 1300 | 1250 |
| Алевролит | 38 | 52 | 105 | 192 | 461 |

Из табл.2 видно, что алевролитовые породы образуют средневязкие расплавы. Эти значения близки к вязкости базальтов Берестовецкого месторождения Украины, используемых для получения супертонкого и непрерывного волокна.

Холст из супертонкого волокна алевролита получено путем плавки алевролитового щебня в электродуговой печи при температуре 1400-1500 $^{\circ}$ C пропусканием расплава через дутьевую головку со сжатым воздухом. Полученное волокно осаждается на сетчатый конвейер вертикальной камеры волокноохлаждения, где создается разрежение воздуха с помощью отсасывающего вентилятора.

Распределения «корольков» (не волокнистые включения) по объему холста из супертонких волокон по диаметру, по длине и по толщине представлены на рис. 3-6.

Из графика распределения «корольков» видно, что круглые формы малого диаметра королька по объему холста составляют максимальные значения и не влияют на теплоизоляционные свойства материала.

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.

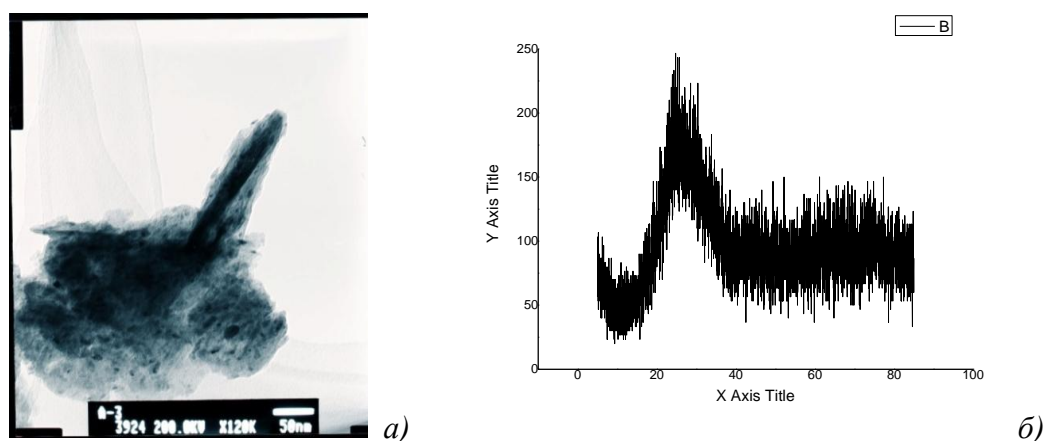


Рис.2. Электронно-микроскопический снимок и дифрактограмма супертонкого волокна

Таким образом, по всем показателям алевролит месторождения Таш-Булак удовлетворяют требованиям существующих стандартов и могут без ограничения применяться в строительстве и других отраслях.

Таблица 3- Физико-технические характеристики минеральной ваты из алевролита

| №п/п | Показатели | Характеристики |
|------|--|----------------|
| 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 ⁰ 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 |

По Гриффитсу скорость распространения трещин зависит от номинального напряжения и от таких свойств материала, как вязкость и трещиноватость. Трещина распространяется с большой скоростью, если усилие, вызывающее ее развитие, равно или больше вязкости разрушения материала

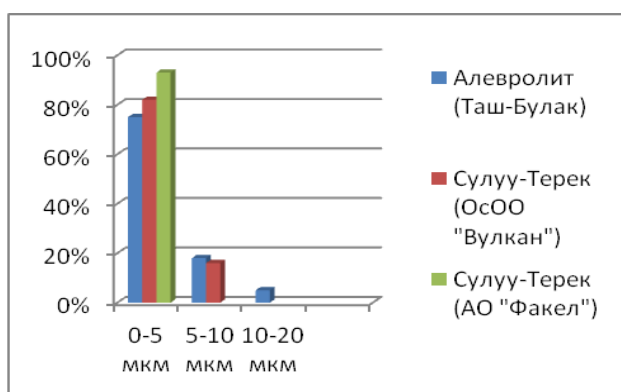


Рис. 3. Распределение корольков объема холста из БСТВ по диаметру

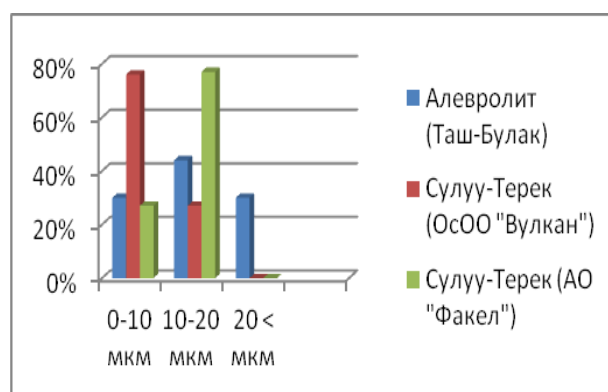


Рис.4. Распределение корольков объема холста из БСТВ по толщине

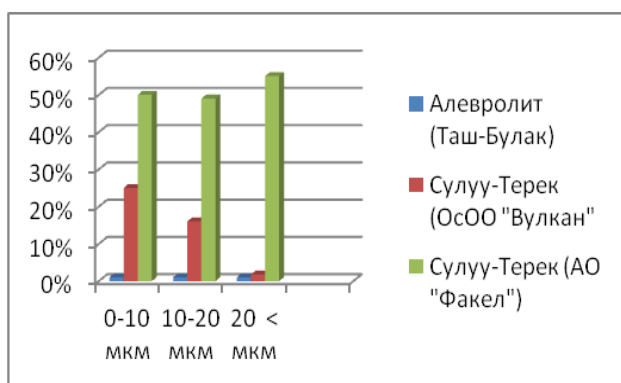


Рис.5. Распределение корольков объема холста из БСТВ по длине



Рис.6. Микроструктура алевролитового супертонкого волокна (АСТВ), увел. ×200

Усилия, вызывающие развитие трещины, и скорость освобождения энергии упругой деформации, отнесенные к площади трещины, тождественны. Для облегчения задачи рассмотрим энергию деформации волокнистых композитов в виде тонкой пластинки с центральной трещиной (рис.7,а). Если длина трещины равна $2a$, то зависимость между нагрузкой и деформацией в этой пластинке выразится участком OP_1 (рис.7,б).

Энергия упругой деформации композиционной пластинки

$$U_1 = \frac{1}{2} P_1 \varepsilon_1, \quad (2)$$

где P_1 – нагрузка; ε - относительное смещение точек приложения нагрузки.

После возрастания длины трещины на δa нагрузка уменьшится до P_2 , а энергия упругой деформации волокнистой композиционной пластинки:

$$U_2 = \frac{1}{2} P_2 \varepsilon_2. \quad (3)$$

Разница $U_2 - U_1$ – освобожденная энергия упругой деформации при распространении трещины на $2a$ (см. рис.7,б, заштрихованная область).

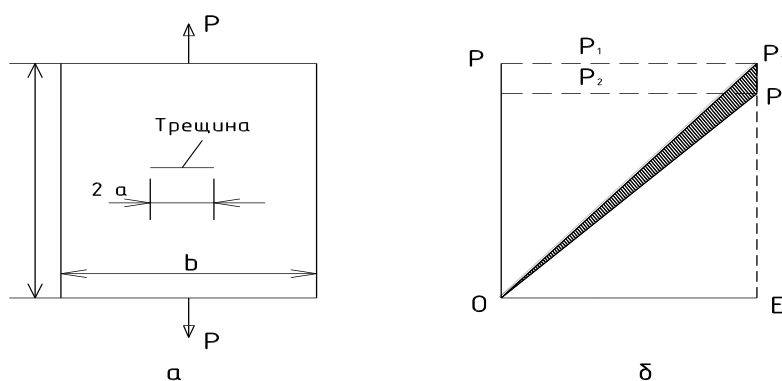


Рис.7. Деформация базальтовой пластины с трещиной: а) растягиваемая пластинка с центральной трещиной; б – диаграмма $P - \varepsilon$ для базальтовой пластины

Интенсивность освобождения энергии упругой деформации можно выразить следующим образом:

$$G = \lim_{\delta a \rightarrow 0} \frac{U_2 - U_1}{b \delta a} = \frac{\partial U}{\partial S_1} \quad (4)$$

где b – толщина пластины; S_1 – площадь трещины.

В случае адиабатического и изотермического процесса упругим потенциалом служит работа внешних сил, и она может быть определена из равенства

$$dA = \sigma_{kr} de_{kr}. \quad (5)$$

В обратимом адиабатическом процессе $Q = TdS = 0$, так что $dS = 0$ и $S = const$, поэтому в данных случаях адиабатический процесс является изоэнтропийным. В данных случаях $\partial U = \partial A$. Тогда из формулы (5) и (4) получим:

$$G = \frac{\sigma_{kr} de_{kr}}{\partial S_1} \quad (6)$$

Значит, в случаях адиабатического и изотермического процессов развитие трещины есть работа приложенной силы к единице площади трещины. Когда рассмотрим развитие трещины при постоянной нагрузке ($P=const$), тогда согласно первому и второму законам термодинамики имеем

$$G = \frac{TdS}{\partial S_1} \quad (7)$$

т.е. при постоянной нагрузке увеличение роста трещины происходит за счет температуры и с изменением энтропии системы.

С помощью напряжений, вычисленных по формулам (7), можно определить скорость освобождения энергии упругой деформации для плоского напряженного состояния:

$$G = \frac{K^2}{E_{к.м.}} = \frac{a\pi\sigma^2}{E_{к.м.}} = \frac{a\pi\sigma^2}{E_b V_b + E_m V_m} \quad (8)$$

где $E_{к.м.}$ - модуль упругости композита; $E_b \cdot V_b$ и $E_m \cdot V_m$ - соответствующие модули упругости и объемные содержания компонентов (волокна и матрицы) составляющего композита.

Отношение скоростей распространения упругих волн сдвига и волн расширения – сжатия зависит только от коэффициента Пуассона ν :

$$\beta = \frac{c_\tau}{c_l} = \left[\frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \right]^{1/2} \quad (9)$$

Известно, что коэффициент Пуассона для различных материалов изменяется в пределах $0 \leq \nu \leq 0,5$. Следовательно, отношение β меняется в

пределах $0 \leq \beta \leq \frac{\sqrt{2}}{2}$, откуда видно, что волна расширения–сжатия распространяется быстрее, чем волна сдвига.

Интенсивность освобождения энергии при упругой деформации для плоского напряженного состояния композита:

(10)

где ν – коэффициент Пуассона, a – толщина трещины, σ – номинальное напряжение на площадь композита, $E_{к.м.}$ – модуль упругости композита, E_v, V_v и E_m, V_m – соответствующие модули упругости и объемные содержания компонентов (волокна и матрицы) составляющего композита.

Из формулы (9) найдем коэффициента Пуассона ν :

$$\nu = \frac{2\beta^2 - 1}{-2 + 4\beta^2} . \quad (11)$$

Значение ν по формуле (11) поставим в формулу (10). Получаем:

$$G = \left(\frac{-3 + 2\beta^2}{-2 + 4\beta^2} \right) \cdot \frac{8ap\sigma^2}{.} \quad (12)$$

Формула (12) означает, что при нагрузке композиционного материала разрушение сопровождается распространением упругих волн – волн расширения-сжатия – и сдвиговых волн. Скорость распространения этих волн и интенсивность освобождения энергии упругой деформации зависят от объемных содержаний, и модуля упругости армирующих волокон и связующих матриц композита.

В V главе была разработана технология изготовления аккумуляционного электровоздухонагревателя на основе композиционных материалов, полученных из местного сырья.

В табл.4 приведены сравнительные физико-технические показатели воздухонагревателя в зависимости от состава композиционной смеси для изготовления его плиты.

Воздухонагреватель, плита которого изготовлена из композиционных материалов предлагаемого состава, обладает значительно более высокими показателями экономичности, теплоаккумулирующей способности при снижении материалоемкости и простоте изготовления: потребляемая мощность – от 0,4 до 1,5 кВт/ч; температура теплоотдающей поверхности материала – от 70⁰С до 125⁰С.

Таким образом, такой аккумуляционный воздухонагреватель является эффективным и надежным прибором для обогрева помещений.

Таблица 4 - Физико-технические свойства смесей различного состава для корпуса электровоздухонагревателя

| № смеси | Состав смеси, в % | | | | Объемная масса, кг/м ³ | Удельная теплоемкость, Дж/кг·К | Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К | Теплоаккумулирующая способность | | Прочность после выдержки 200 ⁰ С, кгс/см ² | |
|---------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|---|--|---------------------|
| | Мраморная крошка | Алевролит (порошок после пиролиза) | Неорганическое супертонкое волокно | Цемент | | | | время выдержки при температуре 200 ⁰ С, мин | время охлаждения до 25 ⁰ С, мин. | Прочность на сжатие | Прочность по изгибу |
| 1 | 60 | 5 | 20 | 15 | 1670 | 0,74 | 2,16 | 45 | 118 | 3200 | 84,2 |
| 2 | 55 | 10 | 20 | 15 | 1650 | 0,72 | 2,14 | 45 | 117 | 3300 | 85,3 |
| 3 | 57 | 8 | 20 | 15 | 1800 | 0,79 | 2,19 | 45 | 120 | 3175 | 83 |
| 4 | 70 | - | 10 | 20 | 2750 | 0,87 | 2,75 | 45 | 126 | 7100 | 89,6 |
| 5 | 65 | 10 | 5 | 20 | 2800 | 0,88 | 2,8 | 45 | 131 | 7230 | 92 |
| 6 | 60 | 10 | 10 | 20 | 2850 | 0,89 | 2,83 | 45 | 133 | 7300 | 95 |
| 7 | 65 | 5 | 10 | 20 | 1770 | 0,87 | 2,12 | 45 | 132 | 3420 | 83,8 |

Общие выводы

1. На основе химико-минералогических исследований, установлено, что алевролитовые породы в сравнении с другими месторождениями базальтовых пород Кыргызской Республики содержит в себе малые количества оксида кремния и алюминия, но соответствующие техническим требованиям на базальтовое сырье после пиролиза.

2. Впервые разработаны технологии переработки алевролитовых пород методом пиролиза. С помощью пиролизной установки получены легколетучие органические вещества и определены соответственно их химический состав: аммиак- 8,8%; сульфат - 5,24%; хлор - 7,001%. Твердый остаток (78 %) - термобработанный алевролитовый порошок, полученный методом пиролиза можно использовать в качестве наполнителя для создания новых материалов широкого назначения.

3. Впервые определены электрофизические параметры алевролитовых пород в зависимости от температуры нагрева. Также исследован состав и свойства легколетучих компонентов алевролитовых пород с применением метода пиролиза. В результате исследования получен термообработанный порошок для создания композита.

4. Впервые исследованы физико-химические свойства супертонких волокон на основе алевролита. Теоретически изучена прочность и разрушение композиционных материалов из супертонких волокон. Установлено, что при нагрузке композиционного материала разрушение сопровождается распространением упругих волн – волн расширения-сжатия – и сдвиговых волн. Скорость распространения этих волн и интенсивность освобождения энергии упругой деформации зависят от объемных содержаний, и модуля упругости армирующих волокон и связующих матриц композита.

5. Впервые получены композиты с применением супертонких неорганических волокон и алевролитового порошка, полученных методом пиролиза на цементных матрицах. Исследованы физико-технические характеристики полученных композитов армированных супертонкими волокнами на цементных матрицах.

6. На основе полученного композита на цементных матрицах разработана технология изготовления аккумуляционного электровоздухонагревателя. Отработаны физико-технические характеристики, технико-экономические показатели нового аккумуляционного электровоздухонагревателя: мощность – 0,4÷1,5 кВт/ч; температура поверхности электрообогревателя – 70÷125 °С. Электрообогреватель из эффективных теплоаккумулирующих материалов на основе алевролитового сырья предназначен для замены импортующих дорогостоящих электронагревателей и снижения себестоимости. Опытно-промышленные образцы изготовлены на базе ОсОО «Плюс Техно».

Основное содержание диссертации опубликованы в следующих работах:

1) **Сопубеков, Н.А.** Проблемы обеспечения безопасности и утилизации радиоактивных отходов на основе базальтового литья. [Текст] / А.А. Абдыкалыков, Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков // Научный журнал Физика, №3.–Бишкек, 2011, – С.23-27.

2) **Сопубеков, Н.А.** Высокотемпературная печь для получения базальто-каменного литья [Текст] / А.А. Абдыкалыков, Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков и др. // Научный и информационный журнал Материаловедение, №2. –Бишкек, 2013,–С.179-182.

- 3) **Сопубеков, Н.А.** Исследование физико-технических качеств супертонких волокон из алевролитового базальта [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков, А.Т. Кайназаров и др. // Труды Международной научной конференции, посвященной памяти Академика М.Я. Леонова «Современные проблемы механики сплошной среды». –Бишкек, 2012. –С. 82-88.
- 4) **Сопубеков, Н.А.** Технология получения супертонких волокон из алевролитового базальта [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков, Р.С. Атырова // Известия ОшГУ, №2. –Ош, 2012. – С 80-84.
- 5) **Сопубеков, Н.А.** Создание аккумуляционного электрического воздухонагревателя на основе композиционного материала [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков // Вестник КГУСТА, Выпуск 1(19).– Бишкек, 2008. –С. 69-73.
- 6) **Сопубеков, Н.А.** Исследование минералогического состава алевролитового базальта [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков, Р.С. Атырова // Научно-информационный журнал Материаловедение ИФТПИМ НАН КР, № 1. –Бишкек, 2012. –С. 45-48.
- 7) **Сопубеков, Н.А.** Электрофизические процессы, происходящие при нагревании алевролитового базальта [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков, Р.С. Атырова // Научно-информационный журнал Материаловедение ИФТПИМ НАН КР, № 1. –Бишкек, 2012. –С. 49-51.
- 8) **Сопубеков, Н.А.** Распространение упругих волн при разрушении композиционного материала [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков, М.С. Абдиев // Научно-информационный журнал Материаловедение, №1. –Бишкек, 2013. –С. 105-107.
- 9) **Сопубеков, Н.А.** Получение активного наполнителя из базальтовых супертонких волокон [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков // Вестник Ошского государственного университета, №2. –Ош, 2013. – С. 111-114.
- 10) **Сопубеков, Н.А.** Исследование физико-технических характеристик композитов на основе алевролита [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков, Р.С. Атырова // Вестник КГУСТА, №1. –Бишкек, 2014. –С. 135-137.
- 11) **Сопубеков, Н.А.** Исследование физико-технологических характеристик алевролита с целью получения супертонких волокон [Текст] / Н.А. Сопубеков, Ж.К. Айдаралиев, Р.С. Атырова // Материалы научно-практической конференции «Достижения вузовской науки». –Кокшетау, 2014. –С. 14-17.
- 12) **Сопубеков, Н.А.** Исследование электрофизических свойств алевролита Таш-Булакского месторождения. [Текст] / Н.А. Сопубеков // Вестник КГУСТА, №1. –Бишкек, 2014. –С. 155-157.

- 13) **Сопубеков, Н.А.** Исследование диэлектрической проницаемости алевролитовых пород [Текст] / Н.А. Сопубеков // Научный и информационный журнал Материаловедение, №1. –Бишкек, 2014. –С.24-27.
- 14) **Сопубеков, Н.А.** Состав и свойства в процессе плавки алевролитовых горных пород [Текст] / Н.А. Сопубеков // Научный и информационный журнал Материаловедение, №1. –Бишкек, 2014. –С.27-31.
- 15) **Сопубеков, Н.А.** Состав и свойства алевролитовых пород для производства каменного литья [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков, Р.С. Атырова // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Новые технологии и проблемы технических наук». –Красноярск, 2014. – С. 34-37.
- 16) **Сопубеков, Н.А.** Исследование состава и свойств алевролитовых и базальтовых волокон [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков, Р.С. Атырова // Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан, №2, –Алматы, 2015. –С.128-133.
- 17) **Сопубеков, Н.А.** Устройство для получения волокна из минерального расплава / А.А. Абдыкалыков, Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков, Ю.Н. Дубинин. Патент на изобретение КР, № 1534. –Кыргызпатент, 29.03.2013.
- 18) **Сопубеков, Н.А.** Дутьевая головка / А.А. Абдыкалыков, Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков, Ю.Н. Дубинин. Патент на изобретение КР, №1612. –Кыргызпатент, 28.02.2014.

РЕЗЮМЕ

диссертации Сопубекова Нематилла Абдилахатовича на тему:
«Экспериментально-теоретические основы получения композитов на основе алевролита» на соискание ученой степени кандидата технических наук специальности 01.04.07–физика конденсированного состояния

Ключевые слова: Алевролит, композиционные материалы, супертонкое волокно, базальт, прочность и разрушения композитов, пиролиз, минеральный расплав, модуль упругости, температуростойкость, аккумуляционный воздухонагреватель.

Объекты исследования: Алевролитовые горные породы месторождения Таш-Булак, композиты, супертонкое волокно из алевролита, аккумуляционный электрообогреватель.

Цель исследования: Исследование физико-химических свойств алевролитовых пород и разработка научно-технологических основ композитов с использованием алевролита и изделий на его основе.

Научная новизна и теоретическая значимость исследования

-Исследованы химико-минералогический состав и физико-технологические характеристики алевролитового сырья с целью получения супертонких волокон;

- Впервые исследованы электрофизические свойства алевролитового сырья и его компонентов, полученных методом пиролиза;

-Разработаны технологии переработки алевролита методом пиролиза;

-Впервые исследован состав и свойства супертонких волокон из алевролита;

-Экспериментально-теоретическим методом изучены прочность и разрушения композитов на основе супертонких волокон из алевролитовых горных пород;

-Впервые разработана технология изготовления аккумуляционного электрического воздухонагревателя на основе отработанного состава композитов из алевролита.

Практическое значение исследования

Значение исследования для науки и практики заключается в создании нового композита и изделий на его основе из местного минерального сырья - алевролитовых пород. Потенциальными потребителями результатов разработки могут быть научные и инженерно-технические работники, научно-исследовательские институты, предприятия стройиндустрии, заводы строительных и электротехнических материалов.



Сопубеков Нематилла Абдилахатовичтин

«Алевролиттин негизинде композиттерди алуунун эксперименталдык-теориялык негиздери» деген темадагы 01.04.07–конденсацияланган абалдын физикасы адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган

диссертациялык ишинин

РЕЗЮМЕСИ

Өзөктүү сөздөр: Алевролит, композициялык материалдар, өтө ичке була, базальт, композиттердин бышыктыгы жана бузулуусу, пиролиз процесси, минералдык эринди, серпилгичтик модулу, температурага туруктуулук, аккумуляциондук аба жылыткычы.

Изилдөө объектиси: Таш-Булак жерлигиндеги алевролиттик сырьё, алевролиттен алынган өтө ичке була, алевролиттик композиттер, аккумуляциондук аба жылыткычы.

Изилдөөнүн максаты: Алевролит тектеринин физика-химиялык касиеттерин изилдөө жана алевролит колдонулган композиттердин жана анын негизинде жасалган жасалгалардын илимий-технологиялык негиздерин иштеп чыгуу.

Изилдөөнүн илимий жаңылыгы жана теориялык маанилүүлүгү:

- Өтө ичке була алуу максатында алевролит тегинин химия-минералдык курамы жана физика-технологиялык мүнөздөмөлөрү изилденди;
- Пиролиз методунун негизинде алынган алевролиттин жана анын компоненттеринин электрофизикалык касиеттери изилденди;
- Алевролитти пиролиз методу аркылуу иштеп чыгуунун технологиясы иштелип чыкты;
- Алевролиттен алынган өтө ичке буланын курамы жана касиеттери биринчи жолу изилденди;
- Алевролит тегинин негизинде алынган өтө ичке буланын бышыктыгы жана композиттердин бузулуусу эксперименталдык-теориялык метод менен изилденди;
- Алевролиттен алынган композиттердин тандалып алынган курамынан биринчи жолу электрдик аба жылыткычты даярдоонун технологиясы иштелип чыкты.

Изилдөөнүн практикалык маанилүүлүгү:

Изилдөөнүн маанилүүлүгү - илим жана практика үчүн жаңы композиттерди жана жасалгаларды жергиликтүү минералдык сырьё – алевролит тектеринин негизинде түзүүдө жатат. Бул изилдөөнүн жыйынтыктарын илимий жана инженердик-техникалык чөйрөдө иштегендер, илимий изилдөө институттары, курулуш тармактары боюнча ишканалар, курулуш жана электротехникалык материалдарды чыгаруучу заводдор колдонууга болот.



RESUME

Of the dissertation of Sopubekov Nematilla Abdilahatovich on the theme: “Experimentally – theoretical basis of obtaining composites on the basis of siltstone”, - submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 01.04.07 – Physics of condensed state.

Key words: Siltstone, composite materials, super slim fiber on the basis of rock, basalt, toughness and destruction of composites, pyrolysis, mineral melt, modulus of elasticity, temperature resistance, accumulative air heater.

Objectives of research: Siltstone rock in the location Tash–Bulak, super slim fiber from siltstone, composites, accumulative electric radiator.

The purpose of the research work: Study of physical and chemical properties of siltstone rock and elaboration of scientific and technical basis of composites using siltstone and wares on the basis of it.

Scientific novelty and theoretical significance of the research

- Researched chemical and mineralogical composition, physical and technological characteristics of silt materials to produce superfine fibers;
- The electro-physical properties of siltstone and its components, obtained by pyrolysis;
- Elaborated technology developed by pyrolysis siltstone;
- For the first time researched the composition and properties of superfine fibers siltstone;
- Experimental and theoretical method studied strength and fracture of composites based on super-thin fibers of siltstone rocks;
- For the first time developed a technology for the manufacture of the accumulation electric heater on the basis of the composition of waste composites siltstone.

The practical significance of the research

The value of research for the science and practice is to create a new composite and products based on it from the local mineral raw materials - siltstone rocks. Potential users of the results of development can be scientific, engineering and

technical personnel, scientific research institutes, enterprises of building industry, building plants and electrical materials.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Alim', with a long horizontal flourish extending to the right.

Подписано в печать 10.08.2015
Бумага офсетная. Формат 60x84
Объем 1,5 п.л.
Тираж 100 экз. Заказ № 05218

Отпечатано в РИО ОшТУ, г. Ош, ул. Исанова 81

