

Zh. Almaty Technological University; dec. 07/12/2019, published 07/07/2020, 04/27/2020, - 6 p. (In Russian)

15. Patent KZ No. 3236 Zhenskiy kostyum iz kurtki i polukombinezona dlya ekstremalnyih vidov sporta [Women's suit from a jacket and semi-overalls for

extreme sports] / Nurbay S.K., Lopandina S.K., Usenbekov Zh. Almaty Technological University; dec. 07/12/2019, published 07/07/2020, 04/27/2020, - 6 p. (In Russian)

УДК 550.01:66.01

DOI <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-4-61-69>

РОЛЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И.А.РЫСБАЕВА *, А.Р.УПЕНОВА 

(Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, г. Бишкек, проспект Ч.Айтматова 66)

Электронная почта автора корреспондента: imiyla@kstu.kg*

В данной статье освещены вопросы, связанные с составом, структурой и характеристиками минеральных наполнителей, а также их роль в производстве композиционных материалов. В зависимости от предназначения полимерных композиций и с учетом экономии ценного сырья, условий эксплуатации и декоративных требований, процентное содержание исходного материала может варьироваться, что позволяет получать изделия с различными физико-механическими характеристиками, цветовой гаммой и другими эксплуатационными свойствами. Основная цель исследовательской работы заключается в изучении и определении возможности применения минеральных волокон при производстве композиционных материалов для специальных целей. Использование композитов предоставляет широкие возможности для расширения ассортимента полимерных материалов и разнообразия их свойств на основе уже существующих полимеров, выпускаемых промышленностью. Физико-химическая модификация существующих полимеров, их сочетание с веществами другой природы и структуры представляют собой перспективные направления для создания материалов с новым комплексом необходимых свойств. Исследование различных смесей полимеров, добавок, наполнителей и методов их обработки, включая введение в процесс синтеза или переработки полимера, позволяет получать композиционные материалы с различной структурой и требуемым комплектом эксплуатационных характеристик. Анализ применения минеральных наполнителей подчеркивает их разнообразие химического состава и физико-механических свойств, включая плотность, удельную поверхность, форму частиц и другие параметры. Проведенные исследования подтвердили возможность использования базальтового волокна и изделий на его основе в качестве термостойкого и стойкого к агрессивным и влажным средам компонента.

Ключевые слова: минеральные волокна, композиционный материал, минеральные наполнители, базальтовое волокно.

АРНАЙЫ МАҚСАТ ҮШІН КОМПОЗИТТЫҚ МАТЕРИАЛДАР АЛУ ПРОЦЕСІНДЕГІ МИНЕРАЛДЫҚ ТАЛШЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ РӨЛІ

И.А.РЫСБАЕВА*, А.Р.УПЕНОВА

(И.Раззаков атындағы Кыргыз мемлекеттік техникалық университеті, Кыргыз Республикасы, 720044, Бишкек қаласы, Ш.Айтматов даңғылы, 66)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: imiyla@kstu.kg*

Мақалада минералды толтырғыштардың құрамы, құрылымы және қасиеттері және олардың композиттік материалдар өндірісіндегі рөлі қарастырылады. Композиттік полимерлік материалдардың мақсатына қарай, қымбат шикізатты үнемдеу үшін пайдалану ортасы мен сәндік талаптарды ескере отырып, шикізаттың пайыздық мөлшерін кеңінен өзгертуге және әртүрлі физикалық-механикалық қасиеттері, түсі мен түсі бар өнімдерді алуға болады. басқа өнімділік қасиеттері. Зерттеу жұмысының мақсаты – арнайы мақсатта композиттік материалдарды алу процесінде минералды талшықтарды

пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу. Композиттер өндірісі полимерлік материалдардың ассортиментін және өнеркәсіпте жасалған және өндірілген полимерлер негізінде олардың қасиеттерінің әртүрлілігін айтарлықтай кеңейтуге мүмкіндік береді. Қолданыстағы полимерлердің физикалық және химиялық модификациясы, олардың табиғаты басқа, құрылымы әртүрлі заттармен қосылуы жаңа талап етілетін қасиеттер жиынтығы бар материалдарды жасаудың перспективалы әдістерінің бірі болып табылады. Полимерлердің әр түрлі қоспаларын, қоспаларды, толтырғыштарды және оларды өңдеу әдістерін қолдану, оларды синтездеу процесінде де, өңдеу кезінде де полимерге енгізу қажетті жиынтығы бар әртүрлі құрылымдардың полимерлі композиттік материалдарын алуға мүмкіндік береді. өнімділік қасиеттері. Минералды толтырғыштарды қолдануды талдау олардың әртүрлі химиялық құрамымен ерекшеленетінін, әртүрлі физикалық-механикалық қасиеттерін, соның ішінде тығыздығы, меншікті бетінің ауданы, бөлшектердің пішіні және т.б. Жүргізілген зерттеулер базальт талшығын және оның негізінде жасалған бұйымдарды ыстыққа төзімді және агрессивті және ылғалды орталарға төзімді компонент ретінде пайдалану мүмкіндігін растады.

Негізгі сөздер: минералды талшықтар, композициялық материал, минералды толтырғыштар, базальт талшығы.

THE ROLE OF THE USE OF MINERAL FIBERS IN THE PROCESS OF OBTAINING COMPOSITE MATERIALS FOR SPECIAL PURPOSE

I.A.RYSBAEVA*, A.R.UPENOVA

(Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, Kyrgyz Republic,
720044, Bishkek, Ch.Aitmatov avenue 66)
Corresponding author e-mail: imiyla@kstu.kg*

The article discusses the composition, structure and properties of mineral fillers and their role in the production of composite materials. Depending on the purpose of composite polymer materials, in order to save expensive raw materials, taking into account the operating environment and decorative requirements, it is possible to widely vary the percentage of raw materials and obtain products with different physical and mechanical properties, color and other performance properties. The purpose of the research work is to study the possibility of using mineral fibers in the process of obtaining composite materials for special purposes. The production of composites makes it possible to significantly expand the range of polymeric materials and the variety of their properties already based on polymers created and produced by the industry. Physical and chemical modification of existing polymers, their combination with substances of a different nature, different structure is one of the promising ways to create materials with a new required set of properties. The use of various mixtures of polymers, additives, fillers and methods of their processing, their introduction into the polymer, both in the process of synthesis and during processing, makes it possible to obtain polymer composite materials of various structures, with the required set of performance properties. An analysis of the use of mineral fillers shows that they are distinguished by a variety of chemical composition, have different physical and mechanical properties, including density, specific surface area, particle shape, etc. The conducted studies have confirmed the possibility of using basalt fiber and products based on it as a component that is heat-resistant and resistant to aggressive and humid environments.

Keywords: mineral fibers, composite material, mineral fillers, basalt fiber.

Композиционные материалы представляют собой уникальный класс материалов, объединяющих различные компоненты с целью создания материала с улучшенными свойствами по сравнению с отдельными компонентами. Количество каждого компонента должно быть сбалансировано или сопоставимо для достижения оптимальных свойств материала.

Когда компоненты объединяются, они создают синергетический эффект, который приводит к улучшению характеристик композитного материала по сравнению с исходными компонентами. Этот эффект может быть трудно

предсказуемым и зависит от взаимодействия компонентов.

Композиты имеют определенную структуру, в которой взаимодействует несколько фаз. Обычно один компонент образует основную непрерывную фазу, которая называется матрицей. Другой компонент (или компоненты) является наполнителем, распределенным в матрице. Адгезионное взаимодействие между компонентами обеспечивает прочное сцепление, гарантируя монолитность и улучшенные свойства материала.

Получение композитов позволяет значительно расширить круг полимерных материалов и разнообразие их свойств уже на основе созданных и выпускаемых промышленностью полимеров. Физико-химическая модификация существующих полимеров, их комбинация с веществами иной природы, иной структуры – один из перспективных путей создания материалов с новым необходимым комплексом свойств.

Получение композитов предоставляет значительные возможности для расширения ассортимента полимерных материалов и разнообразия их свойств. Физико-химическая модификация существующих полимеров, их сочетание с веществами иной природы и структуры представляют собой перспективные методы создания материалов с новым, необходимым комплексом свойств.

Использование разнообразных комбинаций полимеров, добавок и наполнителей, а также различных методов их обработки при синтезе и переработке полимеров, обеспечивает создание композитных материалов с разнообразной структурой и необходимыми эксплуатационными свойствами.

Регулирование процентного содержания исходных компонентов в зависимости от целей, таких как экономия сырья, условия эксплуатации и декоративные требования, позволяет получать изделия с разнообразными физико-механическими характеристиками, окраской и другими эксплуатационными свойствами [4].

Многослойные композиты являются значимым типом композитных материалов, широко используемых в практике. Они формируются путем соединения слоев, включающих участки, армированные длинными непрерывными волокнами, и участки, содержащие короткие минеральные волокна. [3]. В качестве наполнителей для получения композиционных материалов специального назначения используются минеральные волокна, они могут снизить затраты, производительность и технологические характеристики материалов.

Целью исследовательской работы является исследование и возможности использования минеральных волокон в процессе получения композиционных материалов специального назначения. Для достижения этой цели необхо-

димо определить целевую функцию роли минеральных волокон.

Минеральные волокна – это волокна, получаемые из неорганических соединений. Для переработки минеральных волокон необходимо знать химический состав, свойства, назначение сырья и область применения. Характеристика минералов приведена в табл.1.

Из табл. 1 видно, что минеральные наполнители обладают рядом преимуществ, такими как огнестойкость, термоустойчивость, экологичность, прочность, устойчивость к действию высоких температур и др.

Минеральные наполнители играют ключевую роль в формировании свойств полимеров, которые они заполняют. Эти наполнители представляют собой дисперсные порошки с размером частиц менее 0,15 мм и оптимальной удельной поверхностью, обычно в пределах 2500—5000 см²/г для практического применения. К минеральным наполнителям относятся также песок с размером зерен до 5 мм и щебень с размером зерен до 50 мм.

Степень воздействия минеральных наполнителей на свойства полимерных композиций зависит от их химического состава, дисперсности, формы частиц, состояния поверхности, процентного содержания и других факторов.

Химический состав наполнителя играет существенную роль в формировании различных характеристик композита. Однако в любом случае ключевым условием для усиления воздействия наполнителей в этих системах является высокая адгезия полимерного связующего к поверхности наполнителя и, следовательно, природа связей на границе раздела полимер-твердое тело. Другим важным условием является совместимость наполнителей и наполнителей с отвердителями и катализаторами. [5].

Для более точного изучения воздействия минеральных наполнителей на свойства композитных материалов рассмотрим основные характеристики таких наполнителей на примере базальтового волокна, которое широко используется в составах композитных материалов.

Таблица 1 – Характеристика минералов (минеральных наполнителей)

№	Минеральный наполнитель, химический состав	Свойства	Область применения
1	Базальт, состав в %: SiO ₂ – 49,06; TiO ₂ – 1,36; Al ₂ O ₃ – 15,70; Fe ₂ O ₃ – 5,38; FeO – 6,37; MgO – 6,17; CaO – 8,95; Na ₂ O – 3,11; K ₂ O – 1,52; MnO – 0,31; P ₂ O ₅ – 0,45; H ₂ O – 1,62	- прочный; - термоустойчив; - устойчив и к щелочам, кислотам, к каррозии; - практически не впитывает влаги; - является чистейшим продуктом земных недр; - экологичен; - трудно обрабатывается	используется для производства прессованных армированных изделий.
2	Асбест, Mg ₆ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₈ - гидросиликат магния	- высокая огнестойкость	используется в производстве тканей, картона, фильтров, брезентов, защитных костюмов, бумаги, строительных материалов и труб.
3	Тальк, Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	- низкая абразивность; - придает композитам повышенную жесткость; - не снижает ударную вязкость	используется в текстильной и пищевой промышленности
4	Технический углерод, С - графит (углерод)	- низкий коэффициент трения; - устойчивость к действию высоких температур.	используется для производства: - огнеупорных лакокрасочных материалов; - материалов, работающих в агрессивных средах
5	Барит BaSO ₄ (сульфат бария)	- высокая плотность; - химическая стойкость, в частности по отношению к серной кислоте - безвреден для человеческого организма и окружающей среды	- инертный и слабоактивный наполнитель для изготовления резины и резиновых изделий, клеёнки, линолеума, бумаги; - применяется для защиты от рентгеновских лучей, для покрытий и изоляции в химических производствах
6	Волластонит Ca ₃ (Si ₃ O ₉) Состав: окись кальция (CaO) 48,3%, двуокись кремния (SiO ₂) 51,7%; иногда в состав входит до 9% закиси железа	- устойчив к химическому воздействию; - инертен; - устойчив при высоких температурах; - повышает прочность на изгиб и прочность на разрыв.	входит в состав наполнителя для ряда важных узлов автомобиля: тормозных колодок, подшипников скольжения, применяется в антикоррозионных покрытиях; - входил в теплоизоляционную обшивку космического корабля «Буран»
7	Глинозем - Al ₂ O ₃	- является термически стойким окислом, отличаясь высокой температурой плавления и кипения; - от продолжительного контакта с пылью глинозема возможны хронические поражения дыхательных путей, приводящие к изменениям в легких (пневмокониоз, фиброз и пр.)	- используется для производства ряда абразивных, огнеупорных, износостойких материалов; - применяется в качестве адсорбентов, электроизолирующих материалов, катализаторов, инертных наполнителей в исследовательских работах и химической промышленности.

Базальтовое минеральное волокно является доступным сырьем и обладает уникальными свойствами, отвечающими требованиям к материалам технического и специального назначения, которое может быть использовано в

композиционных материалах в качестве теплоизолирующего и термостойкого компонента. Это является предпосылкой для организации выпуска тканей специального назначения с использованием базальтового волокна.

В зависимости от условий эксплуатации могут быть использованы различные виды защиты, разработанные на основе этого

материала. Свойства и преимущества базальта рассмотрены в рис.1:



Рисунок 1 – Свойства и преимущества базальта

Минеральное волокно из асбеста также способно расщепляться на очень тонкие и прочные волокна. Если длина волокон асбеста

более 8 мм, из него изготавливают фильтры, брезенты, защитные костюмы и т.д. Свойства показаны на рис. 2



Рисунок 2 – Основные свойства асбеста

Тальк — минерал с кристаллической структурой, чаще всего принимающей ромбическую форму. В природе он присутствует в виде листовых зернистых пластов. Этот

минерал является вторичным, образующимся в результате химических изменений силикатов магния, не содержащих алюминия [6]. Структура талька приведен на рис.3.

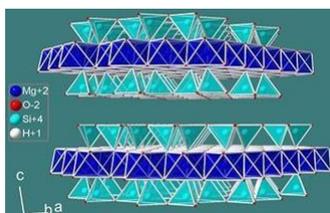


Рисунок 3 – Структура талька

Барит – минеральное сырье, из которого получается барий, разновидности соединений которого в виде карбоната, гидроксида, оксида, хлорида, нитрата, пероксида и многих других

[7], он используется при выделке кожи и изготовлении тканого материала.

В работе для исследования взаимодействия базальтовых волокон с другими видами

натуральных, синтетических и искусственных волокон исследовалось различное процентное

содержание волокон в механических смесях. Составы и соотношения компонентов (табл. 2).

Таблица 2 – Сочетание базальтовых волокон с другими видами волокон

Группа сочетаний	Материалы	соотношение компонентов
1	Шерстяное волокно: базальтовое волокно	90:10
2	Шерстяное волокно: базальтовое волокно	70:30
3	Шерстяное волокно: базальтовое волокно	50:50
4	Шерстяное волокно: базальтовое волокно	40:60
5	Шерстяное волокно: базальтовое волокно	40:60
6	Хлопчатобумажное волокно: базальтовое волокно	70:30
7	Хлопчатобумажное волокно: базальтовое волокно	60:40
8	Хлопчатобумажное волокно: базальтовое волокно	50:50
9	Хлопчатобумажное волокно: базальтовое волокно	40:60
10	Лавсановое волокно: базальтовое волокно	90:10
11	Лавсановое волокно: базальтовое волокно	70:30
12	Лавсановое волокно: базальтовое волокно	50:50

В указанных составах толщина волокон шерсти составляет 140 мкм; толщина базальтового волокна 13 мкм, хлопкового волокна 110 мкм; лавсанового волокна 115 мкм.

Сочетания базальтовых волокон с другими видами волокон были исследованы оптической микроскопией и визуально (рис. 4, 5, 6).



Рисунок 4 – Оптическая микроскопия контакта шерстяных волокон с базальтовыми

Рисунок 5 – Оптическая микроскопия контакта синтетических волокон с базальтовыми

Рисунок 6 – Оптическая микроскопия контакта хлопчатобумажных волокон с базальтовыми

При смешивании базальтового волокна с шерстяными волокнами (рис. 4) наблюдалось неравномерное, кучкообразное расположение базальтовых волокон и большая их осыпаемость. Из-под волокон шерсти видны волокна базальта и корольки.

Осмотр разных мест выявляет расположение отдельных волокон шерсти на поверхности базальтового волокна и отсутствие их контакта. Наблюдается в некоторых местах вплетение волокна шерсти в волокна базальта, на стыке базальта с шерстью контакт отсутствует. Выявлены ярко выраженные границы раздела шерсти и базальтового волокна.

В зоне осыпаемости базальтовых волокон обнаружена сцепляемость шерстяных волокон с шерстью. Почти аналогичная картина наблю-

дается при рассмотрении взаимодействия базальтового волокна с синтетическим волокном (рис. 5) и с хлопковым (рис. 6).

По результатам исследований, по сочетанию базальтовых волокон с другими волокнами, можно сделать вывод, что базальтовое волокно не сцепляется с ними, при размешивании сыпется.

При сочетании базальтовых волокон с другими волокнами базальтовое волокно не подвергается смешиванию, что делает невозможным получение нового материала.

Однако, базальтовое минеральное волокно является доступным сырьем и обладает уникальными свойствами, отвечающими требованиям к материалам технического и специального назначения, а также учитывая его

несцепляемость с другими волокнами, необходимо разработать композит на их основе с использованием местных связующих веществ, что позволит применять его в качестве термостойкого и теплоизолирующего слоя в составе трехслойного композиционного материала.

В связи с вышеизложенным были исследованы температуростойкость, стойкость во влажной и агрессивных средах.

Исследования температуростойкости базальтовых волокон проводились с целью определения области температур для применения их в качестве высокотемпературной

теплоизоляции.

Температуростойкость определяется способностью сохранять прочность после тепловой обработки. Температуростойкими считаются волокна с показателем прочности не менее 30 % (табл. 3, рис. 7).

Приведенные в табл.3 данные показывают, что при нагреве до 650 °С и последующем охлаждении базальтовые волокна незначительно снизили свою прочность (10 - 20 %). При дальнейшем повышении температуры прочность резко уменьшается, а при 950° С прочность составляет около 30 % от исходной. При температуре 1050 °С и более волокна разрушаются.

Таблица 3 – Прочность волокон выдержанных при высоких температурах

Показатель прочности, %	Остаточная прочность после термообработки при температуре °С, %									
	200	400	600	700	750	800	850	900	950	1000
99,8	97,6	95,3	87,1	78,6	63,5	54,1	40,1	34,2	29,2	11,3

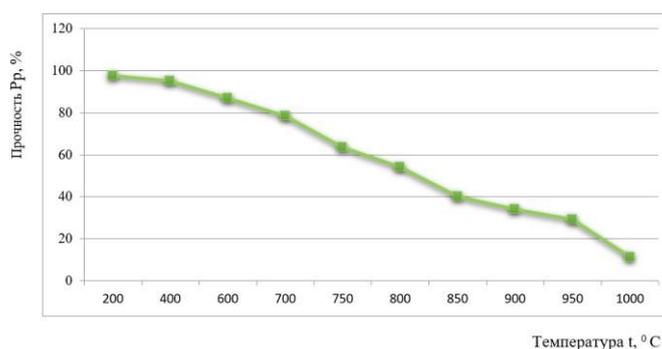


Рисунок 7 – Изменение прочности волокон после тепловой обработки

Таким образом, базальтовые волокна (d=3мкм) могут быть использованы в качестве термостойкого компонента в составе композиционных материалов.

Для установления устойчивости базальтовых волокон во влажной среде была определена прочность при растяжении, а также при воздействии влажной среды.

Исследуемые волокна испытаны после выдержки во влажных условиях с относительной влажностью воздуха 60 % и 98 ± 2 % в течение года. Результаты проведенных испытаний приведены в табл. 4.

Сравнительная стойкость C_d , % волокон определялась по формуле 1.

$$C_d = \delta_u / \delta_0, \tag{1}$$

где δ_0 - предел прочности волокон при растяжении до испытания. МПа;

δ_u - предел прочности волокон при растяжении после испытаний, МПа.

Прочность исследуемого волокна после влажностной обработки еще достаточно высокая.

Таблица 4 – Изменение прочности волокон после их выдерживания во влажной среде

Исходные значения		Через 6 месяцев, $\varphi = 98 \pm 2\%$		Через 12 месяцев, $\varphi = 60\%$		Через 12 месяцев $\varphi = 98 \pm 2\%$	
количество волокон	δ , МПа	δ , МПа	C_b , %	δ , МПа	C_b , %	δ , МПа	C_b , %
25	1011	934	95,3	914	88,4	723	71,5

С использованием оптической микроскопии изучена структура волокон после длительного воздействия на них повышенной влажности. Свежеизготовленные волокна имеют гладкую поверхность, которая практически

осталась без изменений при нормальной влажности 62 % (рис.8).

При повышенной влажности до $98 \pm 2\%$ на некоторых волокнах обнаружены незначительные дефекты, указывающие на разрушение их поверхности.

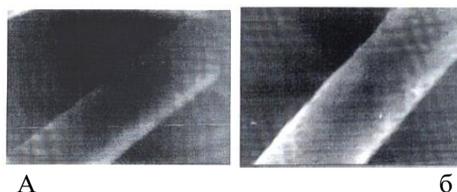


Рисунок 8 – Базальтовое волокно ($2500\times$ увеличение): а - до испытаний; б - после выдерживания во влажной среде в течение 12 месяцев.

С увеличением продолжительности выдерживания волокон во влажной среде в течение 12 месяцев, стойкость волокон при влажности 60% составила 89,4 %, а при влажности $98 \pm 2\%$ - 70,5 %.

Щелочестойкость оценивалась по изменению прочности волокон после

длительного воздействия агрессивной среды. Волокна испытывали в 2Н растворе NaOH (табл.5). Анализ данных показывает, что прочность элементарных волокон равна 900 – 1200 МПа, а при воздействии агрессивной среды их прочность снижается.

Таблица 5 – Изменение прочности волокон при длительном воздействии 2Н раствора NaOH

Вид волокон	Исходные значения		Прочность на разрыв при воздействии щелочной среды в течение месяцев, %						
	d, мкм	δ , МПа	1	3	6	9	12	18	24
Базальтовое волокно	3	1010	90	93	102	89	71	32	0

В 2Н растворе NaOH у базальтового волокна в первый месяц обработки происходит снижение его прочности на 20 %, а затем повышение до исходной. Это явление можно объяснить, скорее всего, тем, что снятие дефектного поверхностного слоя ведет к некоторому их упрочнению волокна.

При длительном воздействии щелочной среды в течение 12 месяцев прочность базальтовых волокон составила 70 - 80 % от исходной, что доказывает высокую щелочестойкость волокон.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили возможность использования базальтового волокна и изделий на его основе в качестве термостойкого и стойкого к агрессивным и влажным средам компонента.

А также анализ использования минеральных наполнителей показывает, что они отличаются разнообразием химического состава, имеют различные физико-механические свойства, в том числе плотность, удельную поверхность, форму частиц и др. [8], несмотря на различие химического состава, большинство минеральных наполнителей имеет высокую поверхностную энергию [8].

Анализ использования минеральных наполнителей также указывает на их разнообразие в химическом составе и различные физико-механические свойства [8], включая плотность, удельную поверхность, форму частиц и т.д.[8]. Несмотря на различия в химическом составе, большинство минераль-

ных наполнителей обладают высокой поверхностной энергией [8].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иманкулова А.С. Текстильные композиты. – Б.: Издательский центр «МОК», 2005. – 152 с.
2. Ивановский С.К., Бахаева А.Н., Жерякова К.В., Ишкuvatova A.P., К вопросу переработки полимерных композиционных материалов // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 12-5. – С. 592-595.
3. Рысбаева И.А., Получение базальтового композиционного материала с использованием комплексного связующего // Известия вузов, 2008. - № 5 - 6. - С. 32 - 34.
4. Ершова О.В., Ивановский С.К., Чупрова Л.В., Бахаева А.Н.: Современные композиционные материалы на основе полимерной матрицы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 4 (часть 1) – С. 14-18
5. Нурпеисов С.К., Карабаев Н.Т., Баялиева Г.М., Жузбаев Н.Н.: Высокопрочные модифицированные композиции для гидротехнического строительства // Журнал «Механика и Технологии» – 2013. – № 1 (часть 39) – С. 91-96
6. Mineralpro: [Электронный ресурс], <https://mineralpro.ru/minerals/talc> (дата обращения ноябрь 2023)
7. Geosro: [Электронный ресурс], <https://geosro.ru/mineral-barit-istoriya-poleznye-svoystva-i-opisanie> (дата обращения ноябрь 2023)
8. Национальная электронная библиотека: [Электронный ресурс], <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01003541168> (дата обращения ноябрь 2023)
9. Орманбеков Т.О., Модел текстильного композитного материала // Известия вузов [новости университета], 2005. - № 3. - стр 63 - 65.
10. Tsai, S.W. Structural Behavior of Composite Materials, NASA CR-71, 1964 – p. 160.
11. The Textile Institute, Textile Term and Definitions, 7th ed., The Textile Institute Manchester, 1978. – p. 234.
12. Cusik, G.E. (eds) Proc. Symp. Tomorrow's Yams, UMIST / G.E. Cusik, C.A. Lawrence. – Manchester, 1984. – 213p.
13. Owen, M.I. Biaxial strength behaviour of glass – fabric – reinforced polyester resins / M.I. Owen, D.I. Rice. Composites, 1984. – pp.13 - 25.
14. Hongu, T. New millennium fibres / T. Hongu, G.O. Phillips. – Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2003. – 384 p.
15. Тот И.Д. Волоконные композиционные материалы [Текст] / И.Д.Тот, У.Д. Брентел, Д.Д. Менке / Перевод с англ. В.И.Шулекова и др.; Под ред. А.Ф.Белова. - М.: Metallurgiya, 1978. – 139 с.

REFERENCES

1. Imankulova A.S., Tekstilnyie kompozity [Textile composites], Bishkek: Izdatelskii center «МОК» [Publishing center «МОК»], 2005. (In Russian)
2. Ivanokckii S.K., Bahaeva A.N., Zheryakova K.V., Ishkuvatova A.R., K voprosu pererabotki polimernykh kompozitsionnykh materialov [On the issue of processing polymer composite materials], Uspehi sovremennogo estestvoznaniya [Advances in modern natural science], 2014. – № 12-5. – page 592-595; (In Russian)
3. Rysbaeva I.A., Poluchenie bazaltovogo kompozitsionnogo materiala s ispolzovaniem kompleksnogo svyazuishego [Preparation of basalt composite material using a complex binder], Izvestiya vuzov [News of universities], 2008. - № 5 - 6. - page 32 - 34. (In Russian)
4. Ershova O.V., Ivanovskii S.K., Chuprova L.V., Bahaeva A.N., Sovremennye kompozitsionnye materialy na osnove polimernoi matrisy [Modern composite materials based on a polymer matrix], Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2015. – № 4 (part 1) – С. 14-18(In Russian)
5. Nurpeisov S.K., Karabaev N.T., Bayaliev G.M., Zhuzbaev N.N., Vysokopochnye modifitsirovannyye kompozitsii dlya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [High-strength modified compositions for hydraulic structures], Mekhanika i Tekhnologii [Mechanics and Technology], 2013. – № 1 (part 39) – С. 91-96(In Russian)
6. Mineralpro: [Electronic resource], <https://mineralpro.ru/minerals/talc> (date of review november 2023)
7. Geosro: [Electronic resource], <https://geosro.ru/mineral-barit-istoriya-poleznye-svoystva-i-opisanie> (date of review november 2023) (In Russian)
8. Nacionalnaya elektronnyaya biblioteka [National Electronic Library]: [Electronic resource], <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01003541168> (date of review november 2023)
9. Ormonbekov T.O., Model' tekstil'nogo kompozitsionnogo materiala [Model of textile composite material], Izvestiya vuzov [News of universities], 2005. - № 3. - page 63 - 65. (In Russian)
10. Tsai, S.W. Structural Behavior of Composite Materials, NASA CR-71, 1964 – p. 160.
11. The Textile Institute, Textile Term and Definitions, 7th ed., The Textile Institute Manchester, 1978. – p. 234.
12. Cusik, G.E. (eds) Proc. Symp. Tomorrow's Yams, UMIST / G.E. Cusik, C.A. Lawrence. – Manchester, 1984. – 213 c.
13. Owen, M.I. Biaxial strength behaviour of glass – fabric – reinforced polyester resins / M.I. Owen, D.I. Rice. Composites, 1984. - P.13 - 25.
14. Hongu, T. New millennium fibres / T. Hongu, G.O. Phillips. – Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2003. – 384 p.
15. Tot I.D. Volokonnyye kompozitsionnyye materialy [Fiber composite materials], Metallurgiya [Metallurgy], 1978. – 139 page. (In Russian)