



МИНЕРАЛЬНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

А. К. Мазитова*, И. И. Зарипов, Г. К. Аминова

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Mineral fillers for polymer nanocomposites

A. K. Mazitova*, I. I. Zaripov, G. K. Aminova

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

ABSTRACT

Traditional polymer composite materials consist of two or more phases with a clear interfacial boundary, which determines the physical and mechanical properties of plastics. The properties of nanocomposites depend on many parameters: the chemical nature of the polymer, the functionality of the modifier, the methods for obtaining the composite, and the modification of the layered silicate. Silicates are the most numerous class of minerals. They account for approximately one third of the mineral species known in nature, they are the most important rock-forming minerals. The use of layered silicates makes it possible to achieve a significant improvement in a number of properties of nanocomposites: a decrease in density, an improvement in the fire resistance of materials, an increase in the surface quality of products, a decrease in abrasive wear of equipment in the production of products from nanocomposites, and an increase in the recyclability of materials. Nano-reinforcement increases, among other things, rigidity and strength, and also significantly reduces the technological shrinkage of the material and improves dimensional stability. Nanostructured surfaces of such materials due to the special relief have very low adhesion energies, thus, the products acquire dirt-repellent properties, their appearance and consumer qualities are improved. In addition, the permeability of the material to gases, vapors, and odors is significantly reduced.

Keywords: fillers; polymer nanocomposites; minerals.

© 2023 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Полимерные нанокomпозиты – это материалы, состоящие из полимерной матрицы с распределенными в ней волокнистыми, дисперсно-уплотненными или слоистыми наполнителями [1]. Традиционные полимерные композиционные материалы состоят из двух или большего числа фаз с четкой межфазной границей, при этом фазы, как правило, имеют микронные и субмикронные размеры. Физико-механические свойства композитов зависят от структуры и характеристик межфазной границы [2]. В основном физические свойства традиционных композитов не превосходят свойства составляющих их компонентов. По-другому ведут себя полимерные нанокomпозиты – материалы с нанометровым размером одной из фаз [3-5].

В последнее десятилетие очень активно развивается прикладное направление технологии получения нанокomпозитов на основе полимеров наполненные слоистыми силикатами, размеры частиц которого находятся в районе 1-100 нм [6-7]. Усиление тех или иных важных физико-механических свойств объясняется природой и структурой составляющих компонентов. Введение незначительного количества слоистого силиката приводит к значительному улучшению эксплуатационных свойств полимерного материала. Глины, т.е. слоистые силикаты, представляют кристаллические структуры, состоящие из

слоев слабосвязанных между собой Ван-дер-Ваальсовыми силами, а слои представляют собой дископодобные структуры высокой жесткости и прочности (рис.).

Получение нанокomпозитов на основе полимера и слоистого силиката требует интенсивного разрушения структуры слоистого силиката и его полной дисперсии в матрице полимера.

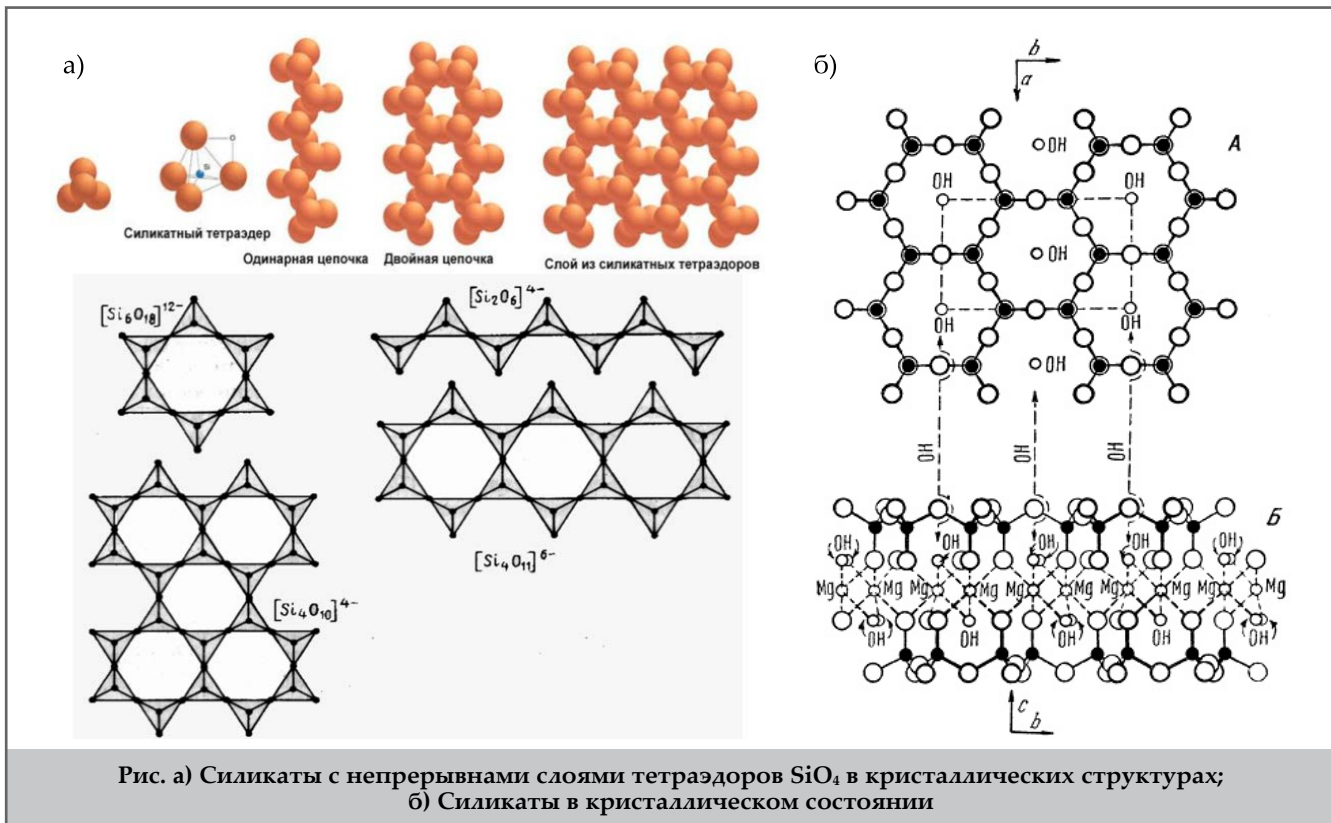
В зависимости от распределения частиц глины в объеме полимерной матрицы и степени дисперсии глины, композиции на основе полимера и глины могут быть подразделены на четыре группы:

- микрокомпозиты, где размеры частиц слоистого силиката имеют микронные масштабы;
- интеркалированные нанокomпозиты, где одно или несколько макромолекул полимера внедряются в межслоевое расстояние силиката;
- интеркалированные-флокулированные нанокomпозиты, где одна и та же макромолекула внедряется в межслоевое расстояние нескольких частиц слоистого силиката, в результате чего формируется ориентированная структура интеркалированных фрагментов;
- эксфолированные нанокomпозиты – где происходит полное разрушение структуры слоистого силиката и наноразмерные слои силиката равномерно распределяются в общем объеме полимерной матрицы.

Конструирование наноструктуры зависит от многих параметров: химической природы полимера, модифика-

E-mail: elenaasf@yandex.ru

<http://dx.doi.org/10.5510/OGP20230100819>



ции слоистого силиката, функциональности модификатора и способов получения композита.

Основная часть

Слоистые силикаты. Силикаты – соли кремниевых и алюмосиликатных кислот. Это самый многочисленный класс минералов. На их долю приходится примерно одна треть известных в природе минеральных видов. Количественное значение их окажется еще разительнее, если принять во внимание степень распространенности и весовые количества их в земной коре. Силикаты составляют более 75% веса земной коры. Они являются важнейшими породообразующими минералами, они слагают магматические горные породы, значительную часть метаморфических и обломочных осадочных горных пород. Значительную роль они играют в минеральном составе месторождений как носители ценных металлов (Ni, Be, Zr, Cs, Rb и др.), многие силикаты сами являются полезными ископаемыми (слюды, глины и т.д.). Силикаты имеют сложный состав и внутреннее строение [8].

Силикаты характеризуются сложным химическим составом и строением (табл. 1) [9-13]. Для структурной решетки минералов этого класса характерно наличие ионной четырехвалентной группировки SiO_4 , построенной в виде сдвоенного тетраэдра. Каждый кремнекислородный тетраэдр обладает четырьмя свободными валентными связями $[\text{SiO}_4]^{4-}$, благодаря чему SiO_4 соединяется с Fe, Ca, Mg, Na, K и другими элементами, а также с другими кремнекислородными тетраэдрами [14-17]. Кремнекислородные тетраэдры объединяются между собой через вершины, т.е. два иона кремния соединяются между собой только одним ионом кислорода. Силикаты, в которых часть ионов кремния замещена ионами алюминия, называются алюмосиликатами [18-42].

Нахождение в природе

Пиррофиллит встречается на Южном Урале. Крупные месторождения известны в Китае. В виде пиррофиллитового сланца распространен в некоторых штатах США. В Бразилии, близ Оуро-Прето (штат Минас-Жерайс) в виде листоватых агрегатов в ассоциации с топазом.

Тальк встречается в Канаде в Мэддокском округе, **серпентин** (*антигорит, хризотил, обит*) по всему Уралу, на Северном Кавказе, в Армении, Сибири и Казахстане, **гарниерит** (*гарньерит, нумейт*) в Халиловском, Аккермановском и Кемпирсайском районах на Южном Урале, также в Уфалейском районе, в карстовых воронках известняков.

Ортотлаз распространен в Карелии и Украине, **адуляр** в Бирме, Индии, Австралии, Бразилии, но самые известные месторождения находятся в Шри-Ланке, **микроклин** в Карелии и Украине.

Санидин встречается в Германии, Франции, Чехии и Италии, Швеции, Англии, США. Но есть и другие места, где добывают такие самоцветы. К ним относятся обширные пространства России (Закавказье, Европейская часть, Северный Кавказ, Мурманская область, Южный Урал и Крымский полуостров).

Монтмориллонит распространен на Южном Урале, в Черкасской, Закарпатской, Тернопольской, Хмельницкой и других областях Украины, в Прикамье, Поволжье и в Приморском крае.

Бейделлит наблюдается в коре выветривания основных и ультраосновных пород в Халиловском, Аюсермановском и других районах Южного Урала.

Нонтронит широко распространен в древних корах выветривания серпентинитовых массивов Халиловского (Южный Урал), Кемпирсайского (там же, но Актюбинская область Казахстана) и других районов. Установлен также на горе Магнитной (Южный Урал), в Кривом Роге и Приазовье (Украина) и в других пунктах.

Гекторит распространен в бежевых и коричневых глинах, добываемых в Атласских горах (Марокко), *волконскоит* только в России – в Приуралье (Ухтымское, Самосадское в Пермской области), *хризоколла* на Урале (Турьинские месторождения меди), в Центральном Казахстане (Джезказган) и в других местах, *вермикулит* на Урале, на Кольском полуострове и на севере Сибири.

Сапонит встречается в России (Алданский щит, Восточная Сибирь; Дальнегорск, Приморский край; на Северном Кавказе: в Чечне и Кабардино-Балкарии; в Архангельской и Мурманской областях; на Урале).

Каолин (каолинит) распространен в Воронежской области (Латненское месторождение), на Украине – в пределах широкой полосы от Азовского моря до Полесья (Глуховецкое и Турбовское месторождения в Винницкой области, Просьяновское в Днепропетровской области, Часов-Ярское в Донбассе и др.), на Урале (Кочкарское и Еленинское месторождения в Челябинской области), в Грузии (Кутаисский район), в Красноярском крае (Балайское месторождение), в некоторых районах Восточной Сибири, Приморского края и в Средней Азии.

Галлузит распространен в Бельгии (вблизи Льежа), в Казахстане, в Хакасии, на Украине (в районе Кривого Рога и в ряде пунктов Закарпатья).

Аллофан распространен в Журавлинском месторождении алуниита (Урал); в Кармазарских горах (Таджикская ССР); в Минусинском районе у село Потехино (Хакасская область) в ассоциации с алюмогидрокальцитом, развивающимся метасоматическим путем по аллофану; уезд Барановки в Иваново-Вознесенской области; в Хоперском,

Липецком и других железорудных месторождениях центральных областей Европейской части СССР; в осадочном месторождении отбеливающих глин в окрестностях города Нальчика и др.

Гизингерит встречается на территории Дальнего Востока.

Пеннин можно найти неподалеку от ледника Финделен в Швейцарии. Также неплохими является месторождение в Австрии (Тирол). На территории Российской Федерации пеннин имеется на Урале.

Клинохлор распространен в России (Ахматовская копь, Челябинская область, Свердловская область и др.). Встречается также в Испании, Швейцарии, Австрии, Шотландии, Греции, Японии, США, Пакистане, Корее.

Тюрингит распространен на Урале, шамозит на Северном Кавказе.

Флогопит встречается на территории Российской Федерации на Кольском полуострове; биотит в Норвегии, на Урале, во Франции, Танзании, Канаде, Германии.

Мусковит находится в Индии, Пакистане, США, Бразилии, Швеции, Финляндии, Австрии, Германии и Швейцарии. На территории Российской Федерации стоит отметить Канское месторождение на Урале. Имеются залежи в Карелии и на Кольском полуострове, на Востоке Сибири.

Лепидолит встречается на Урале, в Восточной Сибири и в ряде других районов России. Также за рубежом: Рожен (Моравия), Утё и Варуртрёск (Швеция), штат Мэн (США), остров Эльба и др.

Астрофиллит распространен на Кольском полуострове (Хибины), палыгорскит на Урале, сепиолит в Марокко.

Основные характеристики силикатов

Таблица 1

Наименование	Формула	Химический состав	Морфологические признаки
Пирофиллит	$Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$	SiO ₂ – 64%, Al ₂ O ₃ – 25%, Fe _{общ} – 0.4%, CaO – 0.5%, MgO – 0.8%, H ₂ O – 7-8%. Содержание H ₂ O и примесей Mg, Fe, Ca и щелочей непостоянное	Мелкие пластинки с хорошей спайностью либо сплошные плотные массы – агрегат мелких сферолитовых и скрыточешуйчатых выделений, которые называются агальматолитом, или фигурным камнем. Правильных, хорошо образованных кристаллов не встречено.
Тальк	$Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	Содержит примеси Fe (до 2-5%), Al, Ca, Mn, Ni.	Листоватые и чешуйчатые агрегаты (тальковый сланец), звездчатые скопления, плотные тонко- и скрыточешуйчатые породы (тальковый камень и др.), редко волокнистые массы (агальмит) или таблитчатые кристаллы, плохо ограненные и легко расщепляющиеся на тонкие пластинки и листочки.
Серпентин (антигорит, хризотил, офит)	$3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	MgO – 43.0%, SiO ₂ – 44.1%, H ₂ O – 12.9%. Соотношения компонентов несколько колеблются, особенно в разностях, аналогичных типичным коллоидам, более богатым водой (обычно до 13-17%). В виде примесей почти всегда присутствуют окислы железа FeO, Fe ₂ O ₃ и никеля NiO.	Формы выделений серпентина – плотные массы, смесь мелкокристаллического волокнистого хризотила с тонкочешуйчатым или аморфным офитом (серпофитом) и др. Антигорит листоватый; иногда образует полные псевдоморфозы по пироксенам. Офит встречается также в виде плотных опаловидных выделений (благородный серпентин). Хризотилаасбест обычно образует сложные системы прожилков в серпентинитах, причем его волокна бывают ориентированы перпендикулярно стенкам трещин, реже наклонно или вдоль трещин.
Гарниерит	$(Ni, Mg)_4Si_6O_{15}(OH)_2 \cdot 6H_2O$	Примесь Fe, Cr, Al, Mn. Содержит NiO от 15 до 46%, MgO – 15%.	Хрупкие коллоидальные конкреции, иногда разбитые трещинами усыхания; натечные выделения, губчатые, пористые, землистые и плотные скрытокристаллические массы.
Ортоклаз	$K[AlSi_3O_8]$ или $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	Оксид калия (K ₂ O) 16.9 %, оксид алюминия (Al ₂ O ₃) – 18.4%, диоксид кремния (SiO ₂) – 64.7%, также часто присутствует несколько процентов оксида натрия (Na ₂ O). Может содержать изоморфные примеси: Na, Ba, Rb, Fe ²⁺ , Ca и др.	Призматические и таблитчатые кристаллы, значительно чаще – зерна неправильной формы.

Наименование	Формула	Химический состав	Морфологические признаки
Адуляр	$K[AlSi_3O_8]$	Примеси: до 1% BaO, не более 0.5% CaO.	Прозрачная или полупрозрачная бесцветная разновидность калиевого полевого шпата.
Микроклин	$K[AlSi_3O_8]$	$K_2O - 16.93\%$; $Al_2O_3 - 18.35\%$; $SiO_2 - 64.72\%$.	Призматические и таблитчатые кристаллы, значительно чаще – зерна неправильной формы. В пегматитах размеры отдельных кристаллов микроклина могут достигать 2-3 м в поперечнике и более.
Санидин	$K[(AlSi_3)O_8]$	Примеси Fe, Ca, Na, H ₂ O.	Цвет минерала – бесцветный, белый, серый, желтовато-белый, красновато-белый, цвет черты – белый, прозрачный или полупрозрачный, блеск – стеклянный. Кристаллы таблитчатого вида, обладающие квадратным сечением, игольчатые в сферолитах.
Монтмориллонит	$(Na,Ca)_{0.33}(Al,Mg)_2(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot nH_2O$	$SiO_2 - 48-56\%$, $Al_2O_3 - 11-22\%$, $Fe_2O_3 - 5\%$ и более, $MgO - 4-9\%$, $CaO - 0.8-3.5\%$ и более, $H_2O - 12-24\%$.	Монтмориллонит, как правило, образует плотные глинистые массы, а также встречается в виде агрегатов – тонкодисперсных, скрытокристаллических, тонкочешуйчатых и сферолитовых. Кристаллы монтмориллонита очень малы (размером менее 1 мкм) и видны только под электронным микроскопом: обычно они имеют вид тонких листочков с неправильными очертаниями.
Бейделлит	$(Na,Ca)_{0.3}Al_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	$SiO_2 - 44-45\%$, $Al_2O_3 - 26-28\%$, $Fe_2O_3 - 1-2\%$, $MgO - 1-2\%$. Примеси Ti, K, Mg, Fe.	Бейделлит встречается в основном в виде скрытокристаллических, тонкодисперсных и землистых агрегатов. В процессе микроскопических исследований пород, содержащих бейделлит, при очень сильном увеличении изредка наблюдаются тонкие ромбовидные пластинки этого минерала.
Нонтронит	$Na_{0.3}Fe_2[(Si,Al)_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$	Al_2O_3 (до 14%) и MgO (до 8%), в небольших количествах CaO (до 2%), K_2O , Na_2O , иногда NiO, Cr_2O_3 .	Землистый агрегат, зеленовато-жёлтый или зелёный цвет.
Гекторит	$Na_{0.3}(Mg, Li)_3Si_4O_{10}(F, OH)_2$	Примеси Ti, Al, Fe, Ca, K, Cl.	Внешне имеет вид жирной, белой минеральной глины.
Волконскоит	$CaO_3(Cr,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$	Хромовый аналог нонтронита. Содержит 18-30% Cr_2O_3 .	Почки, прожилки, гнезда. Сплошные плотные глиноподобные массы, реже землистые агрегаты. Аморфный или скрытокристаллический.
Хризосола	$(Cu, Al)_2H_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot nH_2O$	3.88% – Al_2O_3 ; 42.39% – CuO; 36.59% – SiO_2 ; 17.14% – H ₂ O	Натеки и корочки, иногда с пузырчатой поверхностью; аморфные опаловидные, а также рыхлые землистые массы.
Вермикулит	$(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+})_3[(Si, Al)_4O_{10}](OH)_2 \cdot 4H_2O$	Окись магния (MgO) 14-23%, закись железа (FeO) 1-3%, окись железа (Fe_2O_3) 5-17%, окись алюминия (Al_2O_3) 10-13%, двуокись кремния (SiO_2) 37-42%, вода (H ₂ O) 8-18%.	Чешуйчатые, пластинчатые кристаллы и агрегаты; псевдоморфозы по биотиту и железистому флогопиту.
Сапонит	$Ca_{0.25}(Mg,Fe)_3[(Si,Al)_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$	$SiO_2: 42.18-54.56\%$; $TiO_2: 1.05-1.85\%$; $Al_2O_3: 12.2-14.96\%$; $Fe_2O_3: 10.10-15.44\%$; $FeO: 0.72-1.3\%$; $MgO: 7.02-13.43\%$; $Mn_2O_7: 0.11-0.33\%$; $CaO: 1.01-10.62\%$; $Na_2O: 0.1-1.0\%$; $K_2O: 0.19-2.91\%$; $P_2O_5: 0.083-0.236\%$.	Кристаллизация минерала происходит в моноклинной сингонии. В природе сапонит встречается желтоватой, красной, коричневатой, синеватой, зеленоватой и белой окраски. Просвечивающий.
Каолинит	$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$	Содержит 39.5% Al_2O_3 , 46.5% SiO_2 и 14% H ₂ O.	Тонкие шестиугольные (псевдогексагональные) хорошо образованные таблички.
Каолин	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	Состоит из каолинита	В сухом виде кусковатая, слабо связанная, реже – прочная порода.
Галлуазит	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$	$SiO_2 \approx 41\%$; $Al_2O_3 \approx 34\%$; $H_2O \approx 25\%$.	В неизменном виде фарфоровидный. Цвет белый, светло-серый, желтоватый, красноватый, зеленоватый. Блеск матовый до воскового, гусляный. Спайности нет, излом рыхлый или землистый до раковистого в плотных массах. Цвет черты белый.
Аллофан	$Al_2O_3 \cdot (SiO_2)_{1.3-2} \cdot (2.5-3) H_2O$ или $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$	Типичные примеси – титан (Ti), железо (Fe), магний (Mg), кальций (Ca), натрий (Na) и калий (K).	Агрегаты стеклоподобные, землистые, почковидные, сферолиты.
Гизингерит	$Fe_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O$	Примеси Al, Mg, Ca.	Обычно массивный, плотный; может быть мелкошаровидный.
Пеннин	$(Mg, Fe)Al[AlSi_3O_{10}](OH)_8$	Окись магния (MgO) 17-34.9%, закись железа (FeO) 0.7-17.4%, окись железа (Fe_2O_3) 0-5.7%, окись алюминия (Al_2O_3) 13.8-21.3%, двуокись кремния (SiO_2) 29.8-33.77%, вода (H ₂ O) 11.5-14.6%; вместо глинозема может присутствовать окись хрома (Cr_2O_3).	Чешуйчатые и пластинчатые агрегаты, таблитчатые, реже призматические, бочонковидные кристаллы и их друзы.

Наименование	Формула	Химический состав	Морфологические признаки
Клинохлор	$Mg_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$	Сильно колеблется; окись магнезия (MgO) 17-34.5%, закись железа (FeO) 1.8-12.2%, окись железа (Fe ₂ O ₃) 0-3%, окись алюминия (Al ₂ O ₃) 13.1-17.6%, двуокись кремния (SiO ₂) 28.3-33.9%, вода (H ₂ O) 11.7-14.2%. Примеси: окись кальция (CaO) до 9%, окись марганца (MnO) до 23%, окись трехвалентного хрома (Cr ₂ O ₃) до 8%.	Чешуйчатые и пластинчатые агрегаты, таблитчатые, резе призматические, бочонковидные кристаллы и их друзы.
Тюрингит	$(Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al)_3[(OH)_2/Al_{1-2}S_{3-2}O_{10}](Fe^{2+}, Mg, Fe^{3+})_3(OH, O)_6$	Изменчивый; закись железа (FeO) 19.8-39.3%, окись железа (Fe ₂ O ₃) 7.2-31.7%, окись алюминия (Al ₂ O ₃) 15.6-25.1%, двуокись кремния (SiO ₂) 19.4-28.8%, вода (H ₂ O) 4.6-12.2%.	Сплошные скрытокристаллические (плотные) и рыхлые землистые массы или цемент в песчаниках, иногда мелкие чешуйки.
Шамозит	$(Fe^{2+}, Mg)_3Al[Si_3AlO_{10}](OH)_8$	Изменчивый; закись железа (FeO) 34.3-43.3%, окись железа (Fe ₂ O ₃) 0-6%, окись алюминия (Al ₂ O ₃) 13-20.1%, двуокись кремния (SiO ₂) 22.8-29%, вода (H ₂ O) 10-13%.	Округлые оолиты с концентрически-зональным строением.
Флогопит	$KMg_3[Si_3AlO_{10}] \cdot (F, OH)_2$ или $K_2O \cdot 6MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$	K ₂ O от 7.0 до 10.3, MgO от 21.4 до 29.4, Al ₂ O ₃ от 10.8 до 17 (согласно формуле должно быть 12.2), SiO ₂ от 38.7 до 45.0 (согласно формуле должно быть 43.2), H ₂ O от 0.3 до 5.4, F до 6. Из примесей чаще всего присутствуют FeO до 9%, BaO до 2.5% (баритофлогопит), Na ₂ O до 2%, а также Fe ₂ O ₃ , иногда MnO, CaO, Cr ₂ O ₃ , NiO и др. Разновидность с содержанием MnO до 18% названа манганфлогопитом (не содержит фтора). Богатая титаном разновидность названа титанфлогопитом. TiO ₂ очевидно замещает группу Mg(OH) ₂ , так как сумма OH + F в молекулярном исчислении вдвое меньше, чем полагается для слюд по химической формуле. Состав флогопита иногда осложняется большим количеством газовых включений (H ₂ , CO, CO ₂).	Пластинчатые, столбчатые, бочонкообразные шестигранные кристаллы и их скопления.
Биотит	$K(Mg, Fe)_3(OH, F)_2[AlSi_3O_{10}]$	Весьма изменчив; оксид калия K ₂ O 4.5-8.5%, оксид магнезия MgO 0.3-28%, оксид железа(II) FeO 2.8-27.5%, оксид железа(III) Fe ₂ O ₃ 0.3-20.5%, оксид алюминия Al ₂ O ₃ 9.5-31.5%, диоксид кремния SiO ₂ 33-45%, вода H ₂ O 6-11.5%. Многочисленны примеси Ti, Na, Li, Mn и др.	Скопления чешуек, табличек, призматических кристаллов, удлиненные или изометричные пластины.
Мусковит	$KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$	11.8% окиси калия, 38.8 окиси алюминия, 45.2 двуокиси кремния, 4.5% воды.	Сплошные мелкочешуйчатые агрегаты, неправильные по форме, шестигранные или ромбовидные пластинки, иногда с неравномерно развитыми гранями: клиновидные и розетковидные сростки кристаллов (встречаются преимущественно в пегматитах).
Лепидолит	$KLi_2Al(Al, Si)_3O_{10}(F, OH)_2$	Изменчивый; окись калия (K ₂ O) 4.82-13.85%, окись лития (Li ₂ O) 1.23-5.90%, окись алюминия (Al ₂ O ₃) 11.33-28.80%, двуокись кремния (SiO ₂) 46.90-60.06%, вода (H ₂ O) 0.65-3.15%, фтор (F) 1.36-8.71%. Присутствуют также примеси железа, марганца, кальция, натрия, цезия, рубидия, составляющие (в виде окислов) до 3.7%.	Хорошо образованные кристаллы редки. Обычно чешуйчатые агрегаты, их обособления, прожилки или каймы вокруг других минералов; иногда (в пегматитах) сферидальные концентрически-скорлуповатые агрегаты – барботовы глазки.
Астрофиллит	$(K, Na)_3(Fe, Mn)_7Ti_2[Si_4O_{12}]_2(O, OH, F)_7$	Содержание FeO в астрофиллите колеблется от 29.8 до 8.08%, Mn – от 0.57 до 15.18%. Содержание Fe < O ₃ меняется от 0 до 14.34%, Al ₂ O ₃ – от 0.58 до 6.35%. Высокожелезистые астрофиллиты характерны для щелочных гранитов; в астрофиллитах из нефелиновых сиенитов отношение Fe : Mn : Mg изменяется в более широких пределах; K изоморфно замещается Na (до отношения K : Na = 2:1, чаще 3:2). Установлено наличие Ba (0.2%), Tl (0.001 %).	Агрегаты пластинчатых и игольчатых, несовершенных по форме кристаллов, звездчатые скопления (астрофиллитовые «солнца»), волокнистые образования. Отдельные кристаллы редки.
Пальгорскит (аттапулыгит)	$(Mg, Al)_2Si_4O_{10}(OH) \cdot 4H_2O$	SiO ₂ ≈ 61%; Al ₂ O ₃ ≈ 7%; MgO ≈ 15%; Fe ₂ O ₃ ≈ 1%; H ₂ O ≈ 30%.	Спутанно-волокнистое и кожистое, встречаются в виде корок.
Сепиолит	$Mg_4(Si_6O_{15})(OH)_2 \cdot 6H_2O$	В зависимости от количества H ₂ O колеблется и содержание SiO ₂ (от 52 до 60%) и MgO (от 21 до 27%). Из примесей часто присутствует NiO. Сепиолит с более высоким содержанием Mg, который частично может замещаться на Ni ²⁺ (до 7.6% NiO в Ni-сепиолите), Fe ²⁺ (до ~ 2% FeO); содержание M ³⁺ доходит до 2.4 ФЭ, известен ферресепиолит с Fe ³⁺ «0.8 Fe (~9 % Fe ₂ O ₃)», содержание Са обычно ниже, а Na и К – выше (до ~ 1 Fe каждого), чем в пальгорските. Содержание СаО, СО ₂ и других компонентов обусловлено механическими примесями.	Сплошные глиноподобные массы – вязкие, волокнистые, кожистые, гибкие, но не упругие, прочные.

Заключение. Многие минералы этого подкласса широко используются в промышленности (табл. 2).

Применение силикатов		Таблица 2
Наименование минерала	Область применения	
Пирофиллит	В производстве материалов и приборов, керамических изделий; для футеровки; как наполнитель при изготовлении резины; в бумажной промышленности.	
Тальк	В промышленности фармацевтический, пищевой.	
Серпентин	Используется для изготовления огнестойких тканей, теплоизоляции. Строительная и химическая промышленность.	
Гарниерит	Входит в состав руд никеля, который применяется для легирования стали, при производстве никелевых сплавов, в том числе для создания монет.	
Ортоклаз	Минеральная порода нашла применение в производстве разнообразной продукции: отделочный строительный материал, электроизоляторы; в фармацевтической, ювелирной и промышленном производстве.	
Адуляр	Используется в ювелирной промышленности.	
Микроклин	В значительных массах калийные полевые шпаты употребляются для изготовления так называемого электрического фарфора, связующих масс для точильных камней и обсыпки для сварочных электродов. Особо чистые сорта идут на изготовление искусственных фарфоровых зубов, специальных опалесцирующих стекол, а также для других целей. Ювелирная промышленность.	
Санидин	Ювелирная промышленность.	
Монтмориллонит	В первую очередь применяется монтмориллонит в нефтяной промышленности для очистки нефти, в текстильной промышленности для удаления жиров и масел, а также в мыловаренной, косметической и фармацевтической промышленности. Используется в качестве осветлителей и фильтров в пищевой и химической промышленности.	
Бейделлит	Бейделлит, благодаря своей способности к набуханию и катионному обмену, используется в качестве адсорбента (для очистки воды, при удалении радиоактивных отходов), в керамике и в буровых растворах, при производстве бумаги, резины и красок	
Нонтронит	Нонтронитовые массы, обогащенные никелем, встречающиеся в коре выветривания ультраосновных изверженных горных пород (дунитов и серпентинитов)	
Гекторит	Широко используют в фармацевтической и косметической технологии как адсорбент, эмульгатор (для систем типа масло / вода), стабилизатор, суспендирующий агент, загуститель и регулятор вязкости	
Волконскоит	Применяется в производстве зеленой краски, которая отличается чистым оттенком и высокой степенью устойчивости к солнечным лучам, химическим реагентам и различным атмосферным осадкам.	
Хризоколла	В химической промышленности для создания красок. В строительстве для создания мозаики.	
Вермикулит	Обожженные, прошедшие стадию вспучивания, массы вермикулита применяются в качестве легкого строительного материала, теплоизоляционного материала для обмазки паропроводных труб, котлов, печей, штукатурок и легких бетонов и т.д. Как звукопоглощающий материал он используется при устройстве кабин в самолетах, в некоторых специальных лабораториях и т.д. Благодаря красивой золотистой или серебристой окраске, приобретаемой после обжига, он применяется в производстве обоев. Пригоден также в качестве смазочного материала. В измельченном виде вспученный вермикулит является хорошим наполнителем кислотоустойчивых масс, огнеупорного картона и бумаги, пластмасс, резины, красок и лаков, удобрений и ядохимикатов. Он добавляется в почву для улучшения ее структуры и аэрационных свойств.	
Сапонит	Сапонит является компонентом бентонитовых глин, может использоваться в производстве керамики, бумаги, формовочных смесей, в буровых растворах. В сельском хозяйстве он находит применение в качестве мелиоранта, раскислителя и рекультиватора почв, а также как минеральная подкормка в животноводстве.	
Каолинит	Каолинит используется как сырье в фарфоровой промышленности, как наполнитель в бумажной индустрии, как связующее вещество в красках, лаках, строительном деле и др.	
Каолин	Около 50 % от всего добываемого каолина используется при производстве бумаги для милования и в качестве наполнителя. В керамической промышленности он используется для создания ангоба и глазури. Также применяется в фармацевтике, в качестве пищевой добавки, в зубных пастах (в качестве лёгкого абразивного материала), в косметике (под названием «белая глина») и многих других областях.	
Галлуазит	Нет области применения.	
Аллофан	Нет области применения.	
Гизингерит	Практического применения гизингерит не имеет. Из-за низкой твердости и мягкости не подходит для ювелирной обработки. Представляет интерес исключительно в качестве коллекционного минерала.	
Пеннин	Нет области применения.	
Клинохлор	В основном серафинит используется в качестве поделочного материала. Его можно встретить в таких украшениях, как кулоны, браслеты, серьги, четки, кольца и др. Также из серафинита изготавливают небольшие декоративные предметы интерьера (шкатулки, фигурки и пр.).	
Тюрингит	Нет области применения.	
Шамозит	При высоком содержании железа шамозитовые породы являются железной рудой.	
Флогопит	Нет области применения.	

Наименование минерала	Область применения
Биотит	Иногда находит применение в качестве блёсток для игрушек, театральных декораций, размолотым добавляется в черепицу, применяется как изоляционный материал. Крупные кристаллы ценятся коллекционерами. Используется в науке
Мусковит	Мусковит является одним из двух компонентов для изготовления микалекса. В промышленности мусковит применяется в виде листовой слюды (для изоляторов, телефонов и т. п.). При изготовлении слюдяного порошка (при изготовлении кровельного толя, слюдяного картона, огнеупорных красок и пр.). Слюдяного фабриката (для электроизоляционных прокладок в электроприборах).
Лепидолит	В ювелирной промышленности.
Астрофиллит	Нет области применения.
Пальгорскит	В настоящее время используется в строительстве как экологичный теплоизоляционный материал. Пористые свойства пальгорскита нашли ему применение в различных фильтрах очистки жидкостей, в том числе при Фильтрации высокомолекулярных жидкостей, таких как нефть, растительное масло, жиры, уксус, вино, фруктовые соки.
Сепиолит	Применяется в буровых работах, в качестве абсорбента, для производства кошачьих наполнителей и поделочных работах (трубки для курения, напёрстки, различные украшения и др.).

Выводы

- Использование слоистых силикатов позволяет добиться существенного улучшения целого ряда свойств нанокompозитов. Так, например, при добавлении всего 3-5% монтмориллонита достигается такое же увеличение механических свойств (в частности прочности при растяжении и изгибе), как и при добавлении 20-60% классических наполнителей (каолина, талька, углерода, стекловолокна).
- Эффективность применения слоистых силикатов в качестве наполнителей для конструкционных термопластов обусловлена в большей степени не проявлением неких «уникальных» характеристик, а общим комплексным улучшением технологических и эксплуатационных свойств материала. В частности, снижением плотности (за счет уменьшения содержания наполнителей), улучшением огнестойкости материалов, улучшением качества поверхности изделий, уменьшением абразивного износа оборудования при производстве изделий из нанокompозитов, повышением вторичной перерабатываемости, материалов.
- Наноармирование повышает жесткость и прочность, а также значительно уменьшает технологическую усадку материала и улучшает формоустойчивость. Наноструктурированные поверхности таких материалов за счет особого рельефа обладают весьма низкими энергиями адгезии, таким образом, изделия приобретают грязеотталкивающие свойства, улучшается их внешний вид и потребительские качества. Кроме того, значительно уменьшается проницаемость материала для газов, паров, запахов.

Литература

1. Зарипов, И. И., Вихарева, И. Н., Буйлова, Е. А. (2022). Добавки для понижения горючести полимеров. *Нанотехнологии в строительстве*, 14(2), 156-161.
2. Кербер, М. Л., Виноградов, В. М., Головкин, Г. С. (2008). Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. *Санкт-Петербург: Профессия*.
3. Тугов, И. И., Кострыкина, Г. И. (1989). Химия и физика полимеров. *Москва: Химия*.
4. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F. (2017). Novel polymeric nanogel as diversion agent for enhanced oil recovery. *Petroleum Science and Technology*, 35(4), 319-326.
5. Сулейманов, Б. А., Аббасов, Х. Ф. (2022). Механизм повышения нефтеотдачи пласта нанофлюидами. *SOCAR Proceedings*, 3, 28-37.
6. Архиреев, В. П., Готлиб, Е. М., Ибрагимов, М. А., Наумов, С. В. (2010). Нанокompозиты на основе силоксановых каучуков и слоистых силикатов. *Вестник Казанского технологического университета*, 11, 514-518.
7. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Dyshin, O. A. (2015). Effect of nanoparticles on the compressive strength of polymer gels used for enhanced oil recovery (EOR). *Petroleum Science and Technology*, 33(10), 1133-1140.
8. Суставов, С. Г. (2003). Классификация минеральных видов и их формулы: методические указания. *Екатеринбург*.
9. Бетехтин, А. Г. (1951). Курс минералогии. *Москва: Государственное издательство геологической литературы*.
10. Зарипов, И. И., Вихарева, И. Н., Мазитова, К. А. (2022). Влияние нанодобавок на свойства ПВХ-композиции. *Нанотехнологии в строительстве*, 14(3), 205-210.
11. Берри, Л., Мейсон, Б., Дитрих, Р. (1987). Минералогия. *Москва: Мир*.
12. Мазитова, А. К., Зарипов, И. И., Аминова, Г. К. (2022). Наполнители для полимерных композиционных материалов. *Нанотехнологии в строительстве*, 14(4), 294-299.
13. Булах, А. Г., Кривовичев, В. Г., Золотарев, А. А. (2008). Общая минералогия. *Москва: Академия*.
14. Лазаренко, А. И. (1971). Курс минералогии. *Москва: Высшая школа*.

15. Миловский, А. В. (1985). Минералогия и петрография. Москва: Недра.
16. Неволин, А. П. (2017). Инженерная геология. Минералы и горные породы (термины и определения). Минералы. Пермь: ПНИПУ.
17. Годовиков, А. А., Ненашева, С. Н. (2007). Структурно-химическая систематика минералов. Москва: РАН. Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана.
18. Семенов, Е. Н. (1991). Систематика минералов. Москва: Недра.
19. Белов, Н. В. (1986). Очерки по структурной кристаллографии и федоровским группам симметрии. Москва: Наука.
20. Петров, Д. А., Рыжкова, С. О., Гембицкая, И. М. (2022). Редкие минералы благородных металлов в коллекции Горного музея. *Записки Горного института*, 255, 493-500.
21. Бетехтин, А. Г. (2008). Курс минералогии / под науч. ред. Пирогова, Б. И., Шкурского, Б. Б. Москва: Книжный дом «Университет».
22. (1985). Минералогическая энциклопедия / под ред. К. Фрея. Ленинград: Недра.
23. Новаков, Р. М. (2019). Хлорит-серпентин-карбонатная эпигенетическая минеральная ассоциация в роговообманковых перидотитах никеленосной кортландит-норитовой формации камчатки. *Естественные и технические науки*, 11, 260-265.
24. Иноят, К. У., Джавахир, А. М., Дилмурод, Б. М. (2021). Изучение минералогического состава упорных золосодержащих руд месторождения ауминзов. *Scientific Progress*, 2(5), 199-205.
25. Сайдумов, М. С., Муртазаева, Т. С.-А., Хубаев, М. С.-М., Муртазаева, Р. С.-А. (2019). Минеральные наполнители техногенного происхождения для получения высокоподвижных бетонных смесей. *Материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию ГГНТУ. «Миллионщиков-2019»*. Грозный: ГГНТУ.
26. Зарипов, И. И., Вихарева, И. Н., Буйлова, Е. А., Берестова, Т. В., Мазитова, А. К. (2022). Добавки для понижения горючести полимеров. *Нанотехнологии в строительстве*, 14(2), 156-161.
27. Зарипов, И. И., Вихарева, И. Н., Мазитова, К. А. и др. (2022). Влияние нанодобавок на свойства ПВХ-композиции. *Нанотехнологии в строительстве*, 14(3), 205-210.
28. Мазитова, А. К., Зарипов, И. И., Аминова, Г. К. и др. (2022). Наполнители для полимерных композиционных материалов. *Нанотехнологии в строительстве*, 14(4), 294-299.
29. Лебедева, Ю. С., Пушаровский, Д. Ю., Пазеро, С. и др. (2003). Синтез и кристаллическая структура ферриалюмосиликатного низкого санилина. *Кристаллография*, 48(6), 986.
30. Розко, А. Н., Федоренко, Ю. Г. (2016). Строение и сорбционные свойства выветренных кристаллов микроплина Глуховецкого месторождения. *Минералогический журнал*, 38(4), 39-44.
31. Криаа, А., Хамди, Н., Срасра, Э. (2007). Химия кислотно-основных взаимодействий для монтмориллонита и бейделит-монтмориллонитного смектита. *Электрохимия*, 43(2), 175-187.
32. Воронин, А. А., Воронов, М. Д., Фишер, Г. Ю. (2016). Исследование влияния хлорида натрия на некоторые свойства буровых растворов на основе бейделлита. *Материалы 10й международной научно-технической конференции (посвященной 60-летию Тюменского индустриального университета) «Геология и нефтегазоносность западносибирского мегабассейна»*. Тюмень: ТИУ.
33. Яхонтова, Л. К., Постаникова, В. П., Сидоренко, Г. А., Власова, Е. В. (1980). О медьсодержащих монтмориллонитовых минералах ряда сапонит-нонтронит. *Минералогический журнал*, 2(5), 71-74.
34. Песецкий, С. С., Богданович, С. П., Мышкин, Н. К. (2015). Наноккомпозиты, получаемые диспергированием глан в распадах полимеров. *Полимерные материалы и технологии*, 1(1), 7-37.
35. Смирнов, М. В. (2010). Первая находка кимберлитовых пород в Кировской области. *Металлогения древних и современных океанов*, 1, 309-310.
36. Ермолина, О. С., Белогуб, Е. В., Хворов, П. В. и др. (2013). Гипергенные минералы в медно-цинковых проявлениях коаколада. *Записки Российского минералогического общества*, 142(1), 75-87.
37. Ахтямов, Р. Я. (2009). Вермикулит-сырье для производства огнеупорных теплоизоляционных материалов. *Огнеупоры и техническая керамика*, 1-2, 58-64.
38. Роршников, А. И., Зинчук, Н. Н., Котельников, Д. Д. и др. (2002). Новый упорядоченный смешанослойный минерал лизардит-спаонит из кимберлитов Южной Африки. *Доклады Академии наук*, 382(3), 374-378.
39. Дудкин, Б. Н., Лоухина, И. В., Исупов, В. П., Аввакумов, Е. Г. (2005). Механическая активация каолинита в присутствии концентрированной серной кислоты. *Журнал прикладной химии*, 78(1), 36-40.
40. Каюгин, А. А., Христин, Н. А., Паничев, С. А. (2009). Распределение кадмия в модельной системе, содержащей каолин и гуминовые кислоты. *Химия в интересах устойчивого развития*, 17(4), 429-434.
41. Егоров, А. Ю. (2015). Галлуазит: современное использование и возможности промышленной добычи в России. *Разведка и охрана недр*, 3, 19-24.
42. Салтыков, В. Ф. (2010). Строение рудной залежи и последовательность минералообразования при формировании аллофан-гиббситовых пород Приволжья. *Известия высших учебных заведений, Серия геология и разведка*, 1, 46-53.

References

1. Zariipov, I. I., Vikhareva, I. N., Buylova E. A. (2022). Additives for reducing the flammability of polymers. *Nanotechnologies in Construction*, 2(14), 156-161.
2. Kerber, M. L., Vinogradov, V. M., Golovkin, G. S. (2008). Polymer composite materials: structure, properties, technology. *St.-Petersburg: Profession*.
3. Tugov, I. I., Kostrykina, G. I. (1989). Chemistry and physics of polymers. *Moscow: Chemistry*.

4. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F. (2017). Novel polymeric nanogel as diversion agent for enhanced oil recovery. *Petroleum Science and Technology*, 35(4), 319-326.
5. Suleimanov, B. A., Abbasov, H. F. (2022). Enhanced oil recovery mechanism with nanofluid injection. *SOCAR Proceedings*, 3, 28-37.
6. Arkhireev, V. P., Gotlib, E. M., Ibragimov, M. A., Naumov, S. V. (2010). Nanocomposites based on siloxane rubbers and layered silicates. *Bulletin of Kazan Technological University*, 11, 514-518.
7. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Dyshin, O. A. (2015). Effect of nanoparticles on the compressive strength of polymer gels used for enhanced oil recovery (EOR). *Petroleum Science and Technology*, 33(10), 1133-1140.
8. Joints, S. G. (2003). Classification of mineral species and their formulas: methodology instructions. *Yekaterinburg*.
9. Betekhtin, A. G. (1951). Course of mineralogy. *Moscow: State Publishing House of Geological Literature*.
10. Zaripov, I. I., Vikhareva, I. N., Mazitova, K. A. (2022). The effect of nano-additives on the properties of PVC compositions. *Nanotechnologies in Construction*, 14(3), 205-210.
11. Berry, L., Mason, B., Dietrich, R. (1987). Mineralogy. *Moscow: Mir*.
12. Mazitova, A. K., Zaripov, I., Aminova, G. K. (2022). Fillers for polymer composite materials. *Nanotechnologies in Construction*, 14(4), 294-299.
13. Bulakh, A. G., Krivovichev, V. G., Zolotarev, A. A. (2008). General mineralogy. *Moscow: Academy*.
14. Lazarenko, A. I. (1971). Course of mineralogy. *Moscow: Higher School*.
15. Milovsky, A. V. (1985). Mineralogy and petrography. *Moscow: Nedra*.
16. Nevolin, A. P. (2017). Engineering geology. Minerals and rocks (terms and definitions). *Minerals. Perm: Publishing House of PNRPU*.
17. Godovikov, A. A., Nenasheva, S. N. (2007). Structural and chemical systematics of minerals. *Moscow: RAS, Mineralogical Museum*.
18. Semenov, E. N. (1991). Systematics of minerals. *Moscow: Nedra*.
19. Belov, N. V. (1986). Essays on structural crystallography and Fedorov symmetry groups. *Moscow: Nauka*.
20. Petrov, D. A., Ryzhkova, S. O., Gembitskaya, I. M. (2022). Rare minerals of precious metals in the collection of the Mining Museum. *Notes of the Mining Institute*, 255, 493-500.
21. Betekhtin, A. G. (2008). Course of mineralogy / Ed(s). Pirogov, B. I., Shkursky, B. B. *Moscow: Publishing House «Universitet»*.
22. (1985). Mineralogical encyclopedia / Ed. K. Frey. *Leningrad: Nedra*.
23. Novakov, R. M. (2019). Chlorite-serpentine-carbon epigenetic mineral association in horn-bearing peridotites of the nickel-bearing cortlandite-norite formation of Kamchatka. *Natural and Technical Sciences*, 11, 260-265.
24. Inoyat, K. U., Javokhir, A. M., Dilmurod, B. M. (2021). Study of mineralogical composition of refractory gold-containing ores of auminzes deposit. *Scientific Progress*, 2(5), 199-205.
25. Saidumov, M. S., Murtazaeva, T. S.-A., Hubaev, M. S.-M., Murtazaeva, R. S.-A. (2019). Mineral fillers of technogenic origin for the production of highly mobile concrete mixtures. *Materials of the II All-Russian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists dedicated to the 100th anniversary of GGNTU. «Millionschikov-2019»*. Grozny: GGNTU.
26. Zaripov, I. I., Vikhareva, I. N., Buylova, E. A., et al. (2022). Additives for reducing the flammability of polymers. *Nanotechnologies in Construction*, 14(2), 156-161.
27. Zaripov, I. I., Vikhareva, I. N., Mazitova, K. A., et al. (2022). The effect of nano-additives on the properties of PVC compositions. *Nanotechnologies in Construction*, 14(3), 205-210.
28. Mazitova, A. K., Zaripov, I. I., Aminova, G. K., et al. (2022). Fillers for polymer composite materials. *Nanotechnologies in Construction*. 14(4), 294-299.
29. Lebedeva, Yu. S., Pushcharovsky, D. Yu., Pazero, S., et al. (2003). Synthesis and crystal structure of ferrialuminosilicate low saniline. *Crystallography*, 48(6), 986.
30. Rozko, A. N., Fedorenko, Yu. G. (2016). Structure and sorption properties of weathered microplane crystals of the Glukhovetsky deposit. *Mineralogical Journal*, 38(4), (190), 39-44.
31. Kriaa, A., Hamdi, N., Srasra, E. (2007). Chemistry of acid-base interactions for montmorillonite and beidellite-montmorillonite smectite. *Electrochemistry*, 43(2), 175-187.
32. Voronin, A. A., Voronov, M. D., Fischer, G. Yu. (2016). Investigation of the effect of sodium chloride on some properties of drilling fluids based on beidellite. *Proceedings of the 10th international scientific and technical conference (dedicated to the 60th anniversary of the Tyumen Industrial University) «Geology and oil and gas potential of the West Siberian megabassine»*. Tyumen: TIU.
33. Yakhontova, L. K., Postanikova, V. P., Sidorenko, G. A., Vlasova, E. V. (1980). About copper-containing montmorillonite minerals of the sapontite-nontronite series. *Mineralogical Journal*, 2(5), 71-74.
34. Песецкий, С. С., Богданович, С. П., Мышкин, Н. К. (2015). Наноконкомпозиты, получаемые диспергированием глан в распадах полимеров. *Polymer Materials and Technologies*, 1(1), 7-37.
35. Smirnov, M. V. (2010). The first discovery of kimberlite rocks in the Kirov region. *Metallogeny of Ancient and Modern Oceans*, 1, 309-310.
36. Ermolina, O. S., Belogub, E. V., Khvorov, P. V., et al. (2013). Hypergenic minerals in copper-zinc manifestations of coaled. *Notes of the Russian Mineralogical Society*, 142(1), 75-87.
37. Akhtyamov, R. Ya. (2009). Vermiculite-raw materials for the production of refractory thermal insulation materials. *Refractories and Technical Ceramics*, 1-2, 58-64.
35. Rorshnikov, A. I., Zinchuk, N. N., Kotelnikov, D. D., et al. (2002). A new ordered mixed-layer mineral lizardite-spaonite from the cyberliths of South Africa. *Doklady Akademii Nauk*, 382(3), 374-378.
36. Dudkin, B. N., Loukhina, I. V., Isupov, V. P., Avvakumov, E. G. (2005). Mechanical activation of kaolinite in the presence of concentrated sulfuric acid. *Journal of Applied Chemistry*, 78(1), 36-40.

37. Kayugin, A. A., Hritokhin, N. A., Panichev, S. A. (2009). Distribution of cadmium in a model system containing kaolin and humic acids. *Chemistry in the Interests of Sustainable Development*, 17(4), 429-434.
38. Egorov, A. Yu. (2015). Galloisite: modern use and possibilities of industrial production in Russia. *Exploration and Ochrana Subsoil*, 3, 19-24.
39. Saltykov, V. F. (2010). The structure of an ore deposit and the sequence of mineral formation during the formation of allophane-gibbsite rocks of the Volga region. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Institutov, Seriya Geologiya i Razvedka*, 1, 46-53.

Минеральные наполнители для полимерных нанокомпозитов

А. К. Мазитова, И. И. Зарипов, Г. К. Аминова

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Реферат

Традиционные полимерные композиционные материалы состоят из двух или более фаз с четкой межфазной границей, которая определяет физико-механические свойства пластиков. Свойства нанокомпозитов зависят от многих параметров: химической природы полимера, функциональности модификатора, способов получения композита и модификации слоистого силиката. Силикаты – самый многочисленный класс минералов. На их долю приходится примерно одна треть известных в природе минеральных видов, т.к. являются важнейшими порообразующими минералами. Использование слоистых силикатов позволяет добиться существенного улучшения целого ряда свойств нанокомпозитов: снижение плотности, улучшение огнестойкости материалов, повышение качества поверхности изделий, снижение абразивного износа оборудования при производстве изделий из нанокомпозитов, повышение вторичной перерабатываемости материалов. Наноармирование повышает в том числе жесткость и прочность, а также значительно уменьшает технологическую усадку материала и улучшает формоустойчивость. Наноструктурированные поверхности таких материалов за счет особого рельефа обладают весьма низкими энергиями адгезии, таким образом, изделия приобретают грязеотталкивающие свойства, улучшается их внешний вид и потребительские качества. Кроме того, значительно уменьшается проницаемость материала для газов, паров, запахов.

Ключевые слова: наполнители; полимерные нанокомпозиты; минералы.

Polimer nanokompozitlər üçün mineral doldurucular

A. K. Mazitova, I. I. Zariyov, G. K. Aminova.

Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, Ufa, Rusiya

Xülasə

Ənənəvi polimer kompozit materiallar plastiklərin fiziki və mexaniki xüsusiyyətlərini təyin edən aydın interfas sərhədi olan iki və ya daha çox fazadan ibarətdir. Nanokompozitlərin xüsusiyyətləri bir çox parametrdən asılıdır: polimerin kimyəvi təbiəti, modifikatorun funksionallığı, kompozitin əldə edilmə üsulları və laylı silikatın modifikasiyası. Silikatlar ən çoxsaylı minerallar sinfidir. Ən mühüm süxurəmələgətirici minerallar olduqları üçün təbiətdə məlim olan mineral növlərin təxminən üçdə bir hissəsi onların payına düşür. Laylı silikatların istifadəsi nanokompozitlərin bir sıra xüsusiyyətlərini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırmağa imkan verir: sıxlığın azalması, materialların yanğına davamlılığının yaxşılaşdırılması, məhsulların səth keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması, nanokompozit məhsullarının istehsalında avadanlıqların abraziv aşınmasının azaldılması, materialların təkrar emalının artırılması. Nanomöhkəmləndirmə sərtliyi və davamlılığı artırır, eyni zamanda materialın texnoloji oturmasını (deformasiyasını) əhəmiyyətli dərəcədə azaldır və öz formasını saxlayabilmə qabiliyyətini yaxşılaşdırır. Xüsusi relyefə görə bu cür materialların nanostrukturlu səthləri çox aşağı adgeziya enerjisində malik olurlar, beləliklə məmulatlar kirdən qorunma xüsusiyyəti qazanırlar, görünüşləri və istehlak keyfiyyətləri yaxşılaşır. Bundan əlavə, materialın qazlar, buxarlar, qoxular üçün keçiriciliyi də əhəmiyyətli dərəcədə azalır.

Açar sözlər: doldurucular; polimer nanokompozitlər; minerallar.