ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛ/УГЛЕРОДНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПРИ ПОДГОТОВКЕ К МОДИФИКАЦИИ ИМИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹КОДОЛОВ В. И., ²КОДОЛОВА–ЧУХОНЦЕВА В. В., ¹ПЕРШИН Ю. В.,
¹МУСТАКИМОВ Р. В., ¹ЯКОВЛЕВ Г. И., ¹БОНДАРЬ А. Ю.

¹ Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова,
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7

² Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН,
426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34

АННОТАЦИЯ. В статье приведены и обсуждены результаты изучения возможных причин уменьшения влияния углеродных нанотрубок и металл/углеродных мезоскопических композитов на жидкие среды и полимерные композиции, а также снижения положительного эффекта от наноструктур при их введении при определенных условиях в полимерные материалы. Одной из основных причин, как считают авторы, является нарушение фазовой когерентности. В статье приведены примеры изменений размеров мезочастиц и их распределения в соответствующих суспензиях в зависимости от дзета-потенциала (полярности) среды, в которой приготовлена суспензия. Предложена методика оценки изменения поляризуемости сред по изменениям интенсивностей пиков в ИК-спектров суспензий мезочастиц. Отмечено нарушение характера изменения поляризуемости сред по интенсивности пиков полярных групп в зависимости от количества мезочастиц в суспензии, а также от времени ультразвуковой обработки, проводимой для улучшения распределения мезочастиц в объеме суспензии. Эти результаты объясняются нарушением фазовой когерентности за счет энергетических воздействий поля мезочастиц или ультразвукового поля. Снижение положительного эффекта увеличения прочности наноструктурированных углеродными нанотрубками газобетона и тяжелого бетона при высушивании объясняется снижением поляризуемости и нарушением фазовой когерентности из-за удаления полярного компонента из материалов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фазовая когерентность, мезоскопические модификаторы, металл/углеродные мезокомпозиаты, углеродные нанотрубки, модификация, дзета-потенциалы, ИК-спектры, полимерные материалы, бетоны.

ВВЕДЕНИЕ

Изменение свойств полимерной композиции или среды под влиянием наноструктур или мезочастиц, например, металл/углеродных мезоскопических композитов, может быть достигнуто при равномерном распределении этих мезочастиц в объеме и исключении их коагуляции. Последнее возможно при соответствующей полярности, диэлектрической постоянной среды, при уменьшении концентрации мезокомпозиата и воздействии ультразвука на соответствующую суспензию для дополнительного уменьшения размеров частиц и их равномерного распределения в среде, природа которой также влияет на получаемый результат. Поэтому представляет большой научный интерес обоснование условий создания таких модификаторов материалов, которые при использовании могут значительно улучшить необходимые характеристики материалов без значительного увеличения затрат на процесс модификации. Следовательно, на основании теоретических и экспериментальных сведений нужно выявить причины снижения активности наноструктур или мезочастиц при модификации материалов с применением соответствующих суспензий или выпускных форм мезоскопических модификаторов.

Статья посвящена изучению возможных причин уменьшения влияния наноструктур и металл/углеродных мезоскопических композитов на жидкие среды и полимерные композиции, а также выявлению причин снижения положительного эффекта от наноструктур при их введении при определенных условиях в полимерные материалы.

ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ СРЕД И НАНОСТРУКТУР (МЕЗОКОМПОЗИТОВ)

Назначение активных наноструктур (мезоскопической системы) при модификации композиций – способствовать процессам самоорганизации матрицы в нужном направлении.

Для определения доли образующейся организованной фазы применимо уравнение Колмогорова–Аврами [1] –

$$W = 1 - \exp(-k\tau^n), \quad (1)$$

где W – доля организованной фазы, k – параметр, определяющий скорость роста организованной фазы, τ – время роста организованной фазы, n – фрактальная размерность.

При оценке влияния наноструктур, включая металл/углеродные мезоскопические композиты, на среды и композиции возможны видоизменения уравнений Колмогорова – Аврами. Предлагаемые аналоги уравнений Аврами [2] будут выглядеть следующим образом:

$$1-v = k_1 \exp[-a k_T \tau^n], \quad (2)$$

$$W = 1 - k_1 \exp[-(\varepsilon_S/\varepsilon_V)\tau^n] = 1 - k_1 \exp[-(\varepsilon_S^0/\varepsilon_V^0 \cdot S/V) k_T \tau^n], \quad (3)$$

$$W = 1 - k_1 \exp[-\tau^n (I_{rc}/I_c) k_T], \quad (4)$$

где a – активность наноструктуры; k_T и k_1 – коэффициенты пропорциональности, учитывающие температурные факторы; τ – время, необходимое для развития процесса формирования организованной фазы; n – показатель направленности процесса в сторону образования организованной фазы (фрактальная размерность); I_{rc} и I_c – интенсивность колебаний изменяющихся связей химических частиц среды, содержащей наноструктуры и в отсутствии в ней наноструктур.

Вместе с тем для количественной оценки степени влияния мезосистем на среды и описания процесса их самоорганизации целесообразно ввести такие критические параметры, как критическое содержание мезочастиц, критическое время и критическая температура. В работе [1] предложено следующее уравнение для доли влияния наноструктур на среду –

$$W = (n/N) \exp[(ant^\beta)/T], \quad (5)$$

где n – число мезочастиц в среде; N – число «ветвлений»; a – активность мезочастицы; τ – продолжительность процесса синтеза; T – температура структурирования; степень β – показатель направленности процесса в сторону образования определенных форм структур, образующихся в композитах, соответствующий фрактальной размерности.

Для оценки влияния полярности жидкой среды на размеры и диапазон распределения мезочастиц в средах (растворителях) проведено сопоставление их дзета-потенциалов в тонкодисперсных суспензиях металл/углеродных мезокомпозигов. Тонкодисперсные суспензии получены на ультразвуковом аппарате «Волна-М» модели УЗТА-1/22-ОМ (максимальная потребляемая мощность 1 кВт). В качестве примера такое сопоставление проведено по результатам исследований медь/углеродного мезокомпозигов в сильно и слабо полярных средах (табл. 1). Как видно из таблицы, диапазон распределения мезочастиц и размеры мезочастиц в полярных средах (ацетоне и этиловом спирте) меньше, чем в слабо полярной среде (толуоле). Этот факт можно объяснить ростом поляризуемости связей в ацетоне и этиловом спирте под влиянием потока квантов отрицательных зарядов от мезочастицы медь/углеродного композита. При этом дипольные моменты связей С=О в ацетоне и С-О в этиловом спирте увеличиваются, что в свою очередь должно привести к повышению взаимодействий между молекулами среды между собой, а также мезочастицей, которая дезагрегируется с уменьшением видимого размера.

Таблица 1

**Характеристика тонкодисперсных суспензий медь/углеродного мезокомпозита
в различных средах [3]**

№ п/п	Среда	Дзета-потенциал, мВ (Zetatrac NPA 152-31A)	Размер частиц, нм PA Fast Sizer 100	Диапазон распределения частиц по размеру в среде, Δ, нм
1	Этиловый спирт	-41,76	15,10 – 34,43	19,33
2	Ацетон	-50,74	10,88 – 18,91	8,03
3	Толуол	-13,87	35,03 – 80,1	45,07

В работе [3] показано, что при самоорганизации химических частиц сред под влиянием металл/углеродных мезочастиц в ИК-спектрах растет интенсивность полос отдельных, в большинстве случаев, полярных групп за счет изменения величин экстинкции системы (среда и мезокомпозит). Поэтому в видоизмененном уравнении (4) введено соотношение интенсивностей полос ИК-спектров сред с мезокомпозитом и без него, которое равноценно соотношению экстинкций соответствующих сред. Изменение интенсивностей полос в ИК-спектрах зависит от количества введенных в среду мезочастиц (табл. 2) и времени ультразвуковой (УЗ) обработки соответствующей суспензии (табл. 3). При поляризации суспензии медьсодержащего углеродного мезокомпозита в изометилтетрагидрофталево́м ангидриде (изоМТГФА) поток квантов электронов в соответствие с приведенной схемой (рис. 1), объясняющей воздействие квантов электрона на поляризацию, оказывает воздействие на рост экстинкции, в случае изоМТГФА, ангидридного кольца в области колебаний групп С-О-С, С=О и С-Н связей. Найденные из данных ИК-спектров соотношения интенсивностей пиков для колебаний групп С=О, С-О-С, С-Н сведены в табл. 2. Для С=О и С-Н связей приведено по два значения соотношений интенсивностей: для симметричных и асимметричных колебаний С=О, а также для колебаний С-Н связи при волновых числах 1450 и 2860 – 3090 см^{-1} .

Таблица 2

**Характеристические частоты и соотношение их интенсивностей
при различной концентрации медь/углеродного мезокомпозита**

N	ν , см^{-1}	I_1/I_0	$I_{0,01}/I_0$	$I_{0,001}/I_0$	Отнесение
1	1050	1,235	1,411	1,686	С-О-С st
2	1450	1,179	1,590	1,744	С-Н
3	1776	1,458	1,347	1,350	С=О st as
4	1844	1,443	1,412	1,678	С=О st sy
5	2860 – 3090	1,182	1,545	1,750	С-Н

Представленные в таблице данные можно преобразовать в соответствующий график зависимости соотношений интенсивности от количества мезочастиц в суспензии (рис. 1).

В соответствие с рисунком наблюдается практически линейная зависимость увеличения интенсивности полос, отнесенных к колебаниям С-Н связи, от количества медь/углеродного мезоскопического композита. Соответствующие зависимости для С=О (симметричные и асимметричные колебания) и группы С-О-С представляют собой ломаные линии (рис. 1).

Линия, отражающая зависимость изменения экстинкции для колебаний С=О имеет минимум при концентрации мезокомпозита в суспензии 0,01 %, что, по-видимому, связано с изменением фазовой когерентности. При этом же количестве модификатора отмечен изгиб на линии, отражающей зависимость соотношения интенсивностей (экстинкции) для С-О-С группы.

Рис. 1. Изменение соотношения интенсивностей пиков, отражающих колебания групп ангидридного кольца в изоМТГФА, в зависимости от природы группы и количества мезочастиц в суспензии
 1 – CH (5 табл. 2); 2 – CH (2 табл. 2); 3 – COC (1 табл. 2); 4 – C=O as (3 табл. 2); 5 – C=O sy (4 табл. 2)

Как было сказано ранее, схему воздействия мезокомпозита (рис. 2) на среды и композиции можно представить в виде потока квантов отрицательного заряда (электрона) от мезочастицы к соответствующим функциональным группам и химическим связям возбуждаемого вещества.

МК – мезокомпозит; δe – квант заряда (электрона); $\rightarrow$ – направление поляризации;
 ♀—♀ – фрагмент макромолекулы с функциональными группами; Робщ – общая поляризация системы;
 $\Sigma \text{рфг}$ – сумма поляризаций функциональных групп; рМК – поляризация (дипольный момент) мезокомпозита

Рис. 2. Схема поляризации при квантовании заряда с распространением влияния его квантов на полярные группы

Естественно, что такой поток не может быть стационарным и может изменяться при количественном изменении мезочастиц в макросистеме (модифицируемом веществе).

Нарушение фазовой когерентности и эффекта поляризации композиций и суспензий мезочастиц в соответствующих модификаторах возможно при технологических операциях, например, при ультразвуковых воздействиях на суспензии, которые проводятся для обеспечения равномерного распределения мезочастиц в суспензии.

Например, при УЗ воздействии на суспензию медь/углеродного мезокомпозита в изоМТГФА в течение семи минут происходит существенный рост соотношений интенсивностей (экстинкции). При этом концентрация мезокомпозита в суспензии

соответствует 0,001 % (табл. 3). В табл. 3 приведено сравнение изменений соотношений интенсивностей при оптимальном времени воздействия на суспензию (7 минут) и при увеличенном времени (10 минут).

Увеличение экстинкции для рассматриваемых групп выглядит следующим образом: для C=O (асимметричное колебание) – в 2,24 раза, для C=O (симметричное колебание) – в 1,49 раз и для C–H связи (при 3039 см⁻¹) – в 1,34 раза.

Наибольшее значение увеличения экстинкции для C=O асимметричных колебаний, что соответствует увеличению соотношений интенсивностей до значения 3,79 (табл. 3), связано, вероятно, с ростом длины диполя и, следовательно, дипольного момента этой связи. Иначе говоря, в этом случае возможен переход от связи C=O к равноценной по составу связи C⁺→O⁻ с ростом полярности и дипольного момента. Поэтому вероятность взаимодействий групп с их ориентацией друг относительно друга и, следовательно, вероятность самоорганизации молекул возрастает.

Вместе с тем воздействие ультразвука может привести к нарушению ориентации молекул относительно друг друга и росту нарушения упорядоченности и самоорганизации.

Таблица 3

Характеристические волновые числа и соотношения их интенсивностей при разном времени ультразвукового воздействия

№ п/п	ν (см ⁻¹)	I_7/I_0	I_{10}/I_0	Отнесение
1	1776,6	3,7932	0,7574	C=O st as
2	1271,1	1,0364	0,8833	C-O-C st
3	945,15	6,8592	0,8533	C-O-C st
4	1844,1	2,5065	0,9115	C=O st sy
5	3039,1	2,3849	0,9589	C-H st

Увеличение времени УЗ воздействия до 10 минут приводит к резкому падению соотношений интенсивностей (экстинкции): для C=O асимметричных колебаний – в пять раз, для C=O симметричных колебаний – в 2,8 раза, для C–H связи (3039 см⁻¹) – в 2,5 раза. Такое резкое падение интенсивности пиков в ИК-спектрах для соответствующих групп в молекулах изучаемой суспензии может быть объяснено только нарушением фазовой когерентности с разрушением образованных при поляризации под воздействием нанокompозита образованных мезосистем.

Таким образом, для приведенного примера (суспензия МК в изоМТГФА) оптимальный результат по ИК-спектрам достигается при концентрации указанного мезокompозита 10⁻³ % и времени УЗ воздействия, равным семи минутам. При десятиминутном УЗ воздействии наблюдается резкое уменьшение соотношения интенсивностей полос определенных групп в ИК-спектрах, что по-видимому, связано с нарушением фазовой когерентности из-за увеличения энергетического воздействия с увеличением времени ультразвукового действия.

О ПОДБОРЕ ЖИДКИХ СРЕД ДЛЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО МОДИФИКАТОРА

Изменение объемной и поверхностной структуры материалов происходит в зависимости от направления процесса поляризации. В свою очередь поляризация среды за счет излучения квантов наноразмерной частицей определяется структурой отверждаемой композиции за счет испарения растворителя или в ходе реакции с отвердителями. В первом случае, в зависимости от химической структуры макромолекул полимера могут образовываться ламелярная, фибриллярная или глобулярная структуры. Однако при воздействии мезоскопических частиц на структуру полимера имеет место определенная направленность распространения квантов электрона таким образом, что зачастую формируется ламелярная «наведенная» структура полимера. Образование соответствующей

направленности квантового потока зависит от условий процесса отверждения, например, при испарении растворителя, от температуры, времени и скорости испарения, а также от природы растворителя и молекулярной массы полимера. Если будет быстро испаряться растворитель, в растворе которого макромолекулы сворачиваются в спираль, то при испарении вероятность сворачивания в клубок макромолекул велика. Наличие поляризации за счет потока квантов электрона сдерживает этот процесс и приведет к взаимодействию между макромолекулами с образованием ламелярной или фибриллярной структур.

Рост дипольных моментов функциональных групп макромолекул композиции под действием потока квантов приводит к ориентации диполей и увеличению энергии взаимодействия между ними. Можно предположить, что увеличение дипольного момента функциональной группы макромолекулы определяются направленностью потока квантов и энергией кванта. Процесс взаимодействия квантового потока с диполями молекул композиции или среды сопоставим с индуктомерным эффектом, в результате которого увеличивается длина диполя полярной группы, что можно выразить следующей формулой –

$$p_{\text{инд}} = p_0 + p_{\alpha}, \quad (6)$$

где $p_{\text{инд}}$ – дипольный момент, увеличенный под действием квантового потока; p_0 – величина начального дипольного момента; p_{α} – дополнительный вклад в величину дипольного момента за счет поляризации группы (фрагмента) под влиянием квантов, исходящих от мезочастицы модификатора.

Увеличение дипольных моментов функциональных групп молекул среды или композиции приводит к росту энергии взаимодействия между диполями, что определяется неравенством –

$$\varepsilon_{\text{инд}} = p_{1\text{инд}} \cdot p_{2\text{инд}} / r_{\text{инд}}^3 > \varepsilon = p_1 \cdot p_2 / r^3, \quad (7)$$

где ε и p с индексами «инд» соответствуют значениям энергии и дипольных моментов, увеличенных под действием квантового потока, а $r_{\text{инд}}$ – расстоянию между поляризованными диполями.

При сближении диполей функциональных групп макромолекул возможно возникновение интерференции с образованием новых химических связей.

Таким образом, одним из основных результатов модификации материалов с помощью наноструктур может быть изменение плотности материала. Повышение плотности материала в зависимости от природы, размера наноструктуры, а также от ее количества, введенного в материал, может привести к росту прочности материала. Повышение плотности коррелирует с соответствующим ростом прочности материала. Такая зависимость между рассматриваемыми параметрами проявляется, особенно при исследовании модификации строительных материалов углеродными нанотрубками [4 – 6]. Углеродные нанотрубки в оболочке из карбоксиметилцеллюлозы вводились в строительные композиции в большинстве случаев в виде водных растворов. Твердение композиций осуществлялось за счет испарения воды в ряде случаев, например, при получении наноструктурированного газобетона, в течение 56 суток. Отметим, что первоначально при образовании суспензии за счет наноструктур происходит поляризация воды. В процессе высушивания соотношение прочностных показателей при сжатии для модифицированной и не модифицированной композиции уменьшается (рис. 3, кривая а). Положительный эффект снижается после 56 суток высушивания с $R = 1,8$ до $R = 1,1$. Таким образом, улучшение прочностных характеристик за счет введения углеродных нанотрубок в водной суспензии произошло только на 10 %, что не удовлетворяет потребителя. Такой же эффект снижения прочности в ходе сушки композиции наблюдается для композиций тяжелого бетона (рис. 3, кривая б).

Уменьшение эффекта улучшения прочностных показателей возможно связано с нарушением фазовой когерентности при переориентации воздействия квантов от наноструктуры на другие компоненты композиции.

Введение в водную среду поверхностно активного вещества – лигносульфоната натрия частично сохраняет положительное воздействие углеродных нанотрубок на композицию.

Вместе с тем, если мезочастицы вводят в композицию в тонкодисперсных суспензиях ее компонентов, например, в отвердителе, пластификаторе или связующем, то возможен устойчивый эффект улучшения свойств за счет повышения эффекта самоорганизации при образовании сетчатых структур.

Рис. 3. Изменение отношения прочности модифицированного и не модифицированного газобетона (*a*) и тяжелого бетона (*б*) в зависимости от времени высушивания образца; *R* – соотношение разрушающего напряжения при сжатии наноструктурированного материала к соответствующему параметру материала без наноструктур (углеродных нанотрубок)

Повышение плотности композиции обеспечивается воздействием на ее компоненты потока квантов, направленных от мезочастицы к соответствующим компонентам композиции, при отверждении которой поляризационный эффект «закрепляется». При этом возникают новые более плотные фазы или фазовые зоны, в ряде случаев играющие роль армирующих слоев [6, 7]. Возникновение новых фаз приводит к росту теплоемкости материала.

В качестве примера влияния наноструктур на плотность и теплофизические характеристики рассмотрим образец композиционного материала, который получен из картона, пропитанного силикатным клеем. В силикатном клее распределена в количестве 0,003 % добавка никель/углеродного мезоскопического композита (НК) (табл. 4). При этом температуропроводность у модифицированного образца уменьшается на 43 %, а плотность увеличивается только на 17 %. Теплоемкость в данном случае увеличивается на 66 % при уменьшении теплопроводности на 23 %.

Таблица 4

Теплофизические характеристики модифицированного образца по сравнению с его не модифицированным аналогом[7]

Свойства	Образцы	
	не модифицированный	модифицированный (C(НК) = 0,003 %)
Плотность, кг/м ³	624,5	669 (↑7 %)
Теплоемкость, Дж/кг·К	1,79	2,972 (↑66 %)
Теплопроводность, Вт/м·К	0,083	0,064 (↓23 %)

Практически во всех исследованиях, посвященных модификации материалов наноструктурами отмечается повышение адгезионной прочности, что можно объяснить активизацией потока квантов от мезочастиц на границе раздела фаз «адгезив–субстрат». При этом возможны такие явления, как поляризация и ориентация активных функциональных групп и центров адгезива и субстрата, что приводит к интерференции и образованию химических связей между адгезивом и субстратом. Последнее стимулирует образование плотной фазовой зоны, обеспечивающей прочную связь в адгезионной паре.

Однако это возможно тогда, когда поляризация адгезива в процессе взаимодействия в паре «адгезив – субстрат» не меняется, а в отдельных случаях даже растет.

Таким образом, для получения устойчивого положительного эффекта при модификации материалов наноструктурами или мезокомпозитами необходимо, чтобы не происходили явления нарушения фазовой когеренции, но имело место явление интерференции. Вместе с тем не должно быть изменений природы вводимой в композицию наноструктуры и соотношения наноструктуры и полярной среды, в которой наноструктура вводится в виде суспензии в композиции, в ходе технологического процесса модификации материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье выявлены возможные причины снижения или отсутствия положительных эффектов от введения наноструктур или мезочастиц в полимерные композиции, включая бетоны. На основании сопоставлений экспериментальных данных предполагается, что основной причиной соответствующих отрицательных результатов является нарушение фазовой когерентности, которое может быть вызвано следующим: изменением количества наноструктуры–модификатора в композиции, технологической процедурой ультразвукового диспергирования для получения тонкодисперсных суспензий или процессом высушивания с удалением полярного компонента, являющегося средой для наноструктуры в образованной суспензии. В настоящее время выработка соответствующих мер по использованию активных наноструктур для улучшения характеристик материалов является важным направлением развития мезоскопической индустрии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москалец М. В. Основы мезоскопической физики. Харьков: НТУ ХПИ, 2010. 180 с.
2. Kodolov V. I., Trineeva V. V., Vasil'chenko Yu. M. The calculating experiments for metal/carbon nanocomposites synthesis in polymeric matrices with the application of Avrami equations // In Book: Nanostructures, nanomaterials and nanotechnologies to nanoindustry. Toronto-New Jersey: Apple Academic Press, 2015. pp. 105-118.
3. Тринеева В. В. Технология получения металл/углеродных нанокомпозитов и применение их для модификации полимерных материалов: дис. ... д-ра техн. наук. Казань, 2015. 253 с.
4. Яковлев Г. И. Структурная организация межфазных слоев при создании кристаллогидратных композиционных материалов: Автореферат дис. ... д-ра техн. наук. Пермь, 2004. 35 с.
5. Khokhriakov N. V., Yakovlev G. I., Kodolov V. I. Modeling of hydration of Calcium Sulfate Hemihydrate // Химическая физика и мезоскопия. 2000. Т. 2, № 2. С. 205-213.
6. Кораблев Г. А., Яковлев Г. И., Кодолов В. И. Некоторые особенности кластерообразования в системе $\text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ // Химическая физика и мезоскопия. 2002. Т. 4, № 2. С. 188-196.
7. Kodolov V. I., Lipanov A. M., Trineeva V. V., Vasil'chenko Yu. M., Akhmetshina L. F., Chashkin M. A., Pershin Yu. V., Polyotov Yu. A. The change of properties of materials modified by metal/carbon nanocomposites // In Book: Nanostructure, Nanosystems and Nanostructured Materials: Theory, Production and Development. Toronto, New Jersey: Apple Academic Press, 2014. P. 327-374.

The Possible Reasons of Metal/Carbon Nanocomposites and Carbon Nanotubes Activity Decrease at Their Preparation for Polymeric Materials Modification

¹Kodolov V. I., ²Kodolova-Chukhontseva V. V., ¹Pershin Yu. V., ¹Mustakimov R. V., ¹Yakovlev G. I., ¹Bondar A. Yu.

¹ Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

² Udmurt Federal Research Center UB RAS, Izhevsk, Russia

SUMMARY. The paper is dedicated by the discussion concerning to the investigations results directed on the designation of possible reasons of the nanostructures or metal carbon mesocomposites influence decrease on the liquid media and polymeric compositions as well as lowering of positive effect on the polymeric materials properties at the nanostructures introduction within polymeric compositions. The disturbance of phase coherence can be one from main reason of the nanostructure activity of the nanostructure activity decrease. The examples of mesoparticles sizes changes and their distribution on sizes in the dependence on ζ potential for the medium, in which the thin dispersed suspension are prepared, are presented. The method of medium polarization estimation on the peaks intensities changes in

IR spectra of mesoparticles suspensions is proposed. It's noted that the media polarization changes character, which is determined on the peaks intensities relations in IR spectra, is changed in the dependence on the quantity of mesoparticles in suspension, and also in depending on time of ultrasound cultivation, which is produced for the improving of mesoparticles distribution in the suspension volume. These results are explained by the phase coherence disturbance because of energetic interaction of nanostructures field (the first case) or ultrasound field intensity changes (the second case). The positive effect decrease or it's absented for the nanostructured gas concrete or hard concrete modified by carbon nanotubes is possible owing to the polarization decrease and the phase coherence disturbance because of the polar component (water) removal from composition at the drying process.

KEYWORDS: phase coherence, mesoscopic modifiers, metal carbon mesocomposite, carbon nanotubes, modification, ζ -potentials, IR spectra, polymeric compositions, concretes.

REFERENCES

1. Moskalets M. V. *Osnovy mezoskopicheskoy fiziki* [Fundamentals of Mesoscopic Physics]. Kharkiv: NTU KhPI Publ., 2010. 180 p.
2. Kodolov V. I., Trineeva V. V., Vasil'chenko Yu. M. The calculating experiments for metal/carbon nanocomposites synthesis in polymeric matrices with the application of Avrami equations. In Book: *Nanostructures, nanomaterials and nanotechnologies to nanoindustry*. Toronto-New Jersey: Apple Academic Press, 2015. pp. 105-118.
3. Trineeva V. V. *Tekhnologiya polucheniya metall/uglerodnykh nanokompozitov i primeneniye ikh dlya modifikatsii polimernykh materialov* [Technology of metalcarbon nanocomposites obtaining and their application for modification of polymeric materials]. Diss. Dr. tech. sciences. Kazan, 2015. 253 p.
4. Yakovlev G. I. *Strukturnaya organizatsiya mezhfaznykh sloev pri sozdanii kristallogidratnykh kompozitsionnykh materialov* [Structural organization of interphase layers at the creation of crystal hydrate composite materials]. Abstract diss. Dr. tech. sciences. Perm, 2004. 289 p.
5. Khokhriakov N. V., Yakovlev G. I., Kodolov V. I. Modeling of hydration of Calcium Sulfate Hemihydrate. *Khimicheskaya fizika i mezoskopiya* [Chemical Physics and Mesoscopy], 2000, vol. 2, no. 2, pp. 205-213.
6. Korablev G. A., Yakovlev G. I., Kodolov V. I. Nekotorye osobennosti klasteroobrazovaniya v sisteme $\text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ [Some peculiarities of cluster formation in system $\text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$]. *Khimicheskaya fizika i mezoskopiya* [Chemical Physics and Mesoscopy], 2002, vol. 4, no. 2, pp. 188-196.
7. Kodolov V. I., Lipanov A. M., Trineeva V. V., Vasil'chenko Yu. M., Akhmetshina L. F., Chashkin M. A., Pershin Yu. V., Polyotov Yu. A. The change of properties of materials modified by metal/carbon nanocomposites. In Book: *Nanostructure, Nanosystems and Nanostructured Materials: Theory, Production and Development*. Toronto, New Jersey: Apple Academic Press, 2014. P. 327-374.

Кодолов Владимир Иванович, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры «Химия и химическая технология» ИжГТУ имени М.Т. Калашикова, тел. (3412)58-80-22, e-mail: kodol@istu.ru, vkodol.av@mail.ru

Кодолова-Чухонцева Вера Владимировна, доктор технических наук, старший научный сотрудник УдмФИЦ УрО РАН, тел. 8(906)8174499, e-mail: vera_kodolova@mail.ru

Першин Юрий Витальевич, старший преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ИжГТУ имени М.Т. Калашикова, тел. 8(912)0287584, e-mail: docyp@yandex.ru

Мустакимов Ростислав Валерьевич, аспирант ИжГТУ имени М.Т. Калашикова, тел.: 8(912)02890154, e-mail: rosmust@mail.ru

Яковлев Григорий Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы, механизация и геотехника» ИжГТУ имени М.Т. Калашикова, тел. (3412)56688, e-mail: givak@mail.ru

Бондарь Андрей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Химия и химическая технология» ИжГТУ имени М.Т. Калашикова, тел. 8(912)7623508, e-mail: Bondar@istu.ru