

**КАЛОИДНАЯ ХІМІЯ**  
**COLLOIDAL CHEMISTRY**

УДК 541.18.043.5: 667.612.32

Поступила в редакцию 20.10.2016  
Received 20.10.2016**И. П. Кажуро, В. Д. Кошевар, Н. А. Симаш***Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь***ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СЕДИМЕНТАЦИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ  
СМЕШАННЫХ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ СИСТЕМ  
ПОЛИСИЛОКСАН–МИНЕРАЛЬНЫЙ ПОРОШОК**

Методами турбидиметрии и гранулометрического анализа изучена устойчивость водных дисперсий полиорганосилоксана и  $\text{TiO}_2$  или слюды как в присутствии ПАВ, так и без них при pH 6,7 и 8,7. Агрегативная устойчивость систем латекс– $\text{TiO}_2$  при увеличении концентрации дисперсной фазы растет, а для системы латекс–слюда падает. Введение ПАВ анионного и неионогенного типов в смешанные дисперсии (pH 6,7) приводит к повышению их диспергируемости. Повышение pH дисперсионной среды существенно улучшает диспергируемость порошков в латексах, не содержащих диспергаторы.

*Ключевые слова:* водно-дисперсионная смешанная система, седиментационная стабильность, минеральный порошок, полиорганосилоксан.

**I. P. Kazhuro, V. D. Koshevar, N. A. Simash***Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus***GRANULOMETRIC COMPOSITION AND SEDIMENTATION STABILITY OF WATER DISPERSION  
POLYSILOXANE–MINERAL POWDER SYSTEMS**

Stability of water dispersions of a polyorganosiloxane and  $\text{TiO}_2$  or mica both in presence of surfactants and without them has been studied at pH 6.7 and 8.7 by nephelometry and granulometry. Aggregate stability of latex- $\text{TiO}_2$  system increases with disperse phase concentration, while decreasing for the latex-mica system. Introduction of anionic and nonionic surfactants into mixed dispersions (pH 6.7) leads to increase. Increase of dispersant pH significantly improves dispersancy of powders in the latex without dispersing agent.

*Keywords:* water dispersions composite system, sedimentation stability, mineral powder, (poly)organosiloxane.

**Введение.** Полиорганосилоксаны (силиконы) являются универсальными пленкообразующими материалами с большим разнообразием свойств: низкой поверхностной энергией, высокой термостойкостью, низкой температурой стеклования, прозрачностью для УФ-излучения и т. п. Эти свойства позволяют использовать их при создании защитных покрытий для изделий из металла, бетона, керамики, дерева, в том числе стойких к атмосферным воздействиям, УФ-излучению, температурным колебаниям, электромагнитному излучению. В то время как органорастворимые полиорганосилоксаны интенсивно используются с середины прошлого столетия, водоразбавляемые полимеры этого класса, например для создания защитных материалов, не имеют столь широкого применения, хотя потребность в экологически полноценных пожаровзрывобезопасных пленкообразователях с каждым годом возрастает. Это обусловлено недостаточным вниманием исследователей к проблемам устойчивости водных эмульсий силиконов и особенно влиянием на нее химической природы различных минеральных микрочастиц, вводимых в их состав при пигментировании.

Актуальной задачей современного материаловедения является разработка материалов на основе силиконовых эмульсий, устойчивых к высокотемпературным воздействиям. Для создания

таких материалов важно понимать, какие коллоидно-химические явления могут происходить при введении тех или иных инородных компонентов в эти эмульсии. В связи с этим в настоящей работе уделено внимание исследованию диспергируемости минеральных порошков и устойчивости систем водная дисперсия метилфенилполисилоксановой смолы–минеральный порошок.

**Материалы и методы исследования.** В работе использовали искусственный латекс марки «SILICOPHENP 40/W» («Эвоник Хими», Германия), представляющий собой водную эмульсию метилфенилполисилоксановой смолы со средним размером частиц 2 мкм. Для получения устойчивых смешанных дисперсий (суспензий минеральных порошков в латексе) применяли дополнительно диспергаторы анионного и неионогенного типов. Основные характеристики этих веществ приведены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические характеристики латекса и диспергаторов

Table 1. Physico-chemical characteristics of latex and dispersants

Показатель	Наименование вещества		
	SILICOPHENP 40/W	Оротан 4045	LCN
Химическое название	Метилфенилполисилоксан	Натриевая соль карбоксилата	Алкилполиэтиленгликолевый эфир
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,1	1,10	1,08
Вязкость, мПа·с	35	850	650
pH	5,9	7,02	8,25
Содержание нелетучих веществ, %	50	45	70
Заряд иона	Неионогенный	Анионный	Неионогенный

В качестве инородной дисперсной фазы (ДФ) использовали минеральные неорганические порошки диоксида титана («Крымский титан», Россия) и слюды мусковит («Геоком», Россия), которые широко применяются в качестве объектов исследования в модельных системах и в производстве лакокрасочных материалов (ЛКМ). Некоторые характеристики их приведены в табл. 2.

Таблица 2. Свойства используемых минеральных порошков

Table 2. Properties of mineral powders used

Показатель	Минеральный порошок	
	диоксид титана	слюда мусковит
Химическая формула	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O·2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·6SiO <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O
Форма частиц	Сфера	Пластина
Плотность, г/см <sup>3</sup>	4,26	2,82
pH 10%-ной водной вытяжки	6,8	8,4
Средний диаметр частиц, мкм	3	5

Дисперсии латекса различной концентрации получали методом разбавления исходного латекса дистиллированной водой с заданным значением pH. Таким же путем получали дисперсии метилфенилполисилоксановой смолы с концентрациями 0,05 и 0,1%. Предварительно установлено, что оптическая плотность 0,05 и 0,1% дисперсий смолы составляет 1,27 отн. ед. и не изменяется в течение всего времени эксперимента.

Для получения низкоконтентированных смешанных дисперсий, что является необходимым при использовании турбидиметрического анализа, к навескам порошков прибавляли фиксируемый объем дисперсионной среды (латекс метилфенилполисилоксановой смолы в воде с концентрацией 0,05 и 0,1%), содержимое перетирали в агатовой ступке с получением пасты. Далее пасту вводили в дисперсионную среду (суммарный объем дисперсии составлял 400 мл) и подвергали периодическому перемешиванию в течение 24 ч. Непосредственно перед измерением смесь дополнительно диспергировали на лабораторной диспергирующей установке ЛДУ ЗМПР (Россия) при скорости 300 об/мин в течение 10 мин.

Определение гранулометрического состава производили на автоматическом фотоседиментометре ФСХ-4 (Россия) с программным обеспечением «Лабнаучприбор». Теоретическую основу метода измерений на данном приборе составляют уравнения Ламберта–Бера и Стокса.

Метод турбидиметрии применяли для регистрации изменения во времени оптических плотностей ( $D$ ) дисперсий. Для этого использовали фотоэлектрический концентрационный колориметр КФК-ЗМП. Измерение проводили при следующих условиях: длина волны падающего излучения – 399 нм, толщина кюветы –  $1 \cdot 10^{-2}$  м. Исключение эффекта вторичного рассеяния света частицами достигали разбавлением системы (содержание полимера и минеральных веществ не превышала 5%). Измерение рН проводили на рН-метре HANNA Instruments HI 221 со стеклянным комбинированным электродом HI 1131P. Постоянное значение рН устанавливалось в течение 1–2 мин.

**Экспериментальная часть.** На рис. 1 представлены кривые изменения оптической плотности для систем латекс– $\text{TiO}_2$  с различным содержанием минеральной дисперсной фазы (ДФ) и латекса 0,05 (*a*) и 0,1% (*б*) при рН 6,7.

Значение оптической плотности для индивидуального латекса с концентрацией 0,05 и 0,1% составляет соответственно 1,3 и 1,35 отн. ед. Как следует из рис. 1, для всех систем с различной концентрацией  $\text{TiO}_2$  наблюдается падение оптической плотности после некоторого инкубационного периода 0–10 мин, обусловленного, по-видимому, преодолением сил отталкивания при сближении частиц и их агрегирования. Наибольшее снижение оптической плотности наблюдается от 1,33 до 0,51 отн. ед. для систем с концентрацией латекса 0,05% и от 1,29 до 0,52 отн. ед. для композиций с концентрацией латекса 0,1%. Для этих случаев содержание ДФ  $\text{TiO}_2$  составляло 0,3 %. С увеличением концентрации латекса и  $\text{TiO}_2$  наблюдается некоторая тенденция к повышению устойчивости данной смешанной дисперсии.

Наряду с исследованием изменения оптической плотности систем определяли и их гранулометрический состав, что позволяет судить о диспергируемости  $\text{TiO}_2$  в латексной среде при данном рН (табл. 3).

Таблица 3. Гранулометрический состав смешанных дисперсий латекс– $\text{TiO}_2$  при рН 6,7

Table 3. Granulometric composition of latex– $\text{TiO}_2$  mixed dispersions at pH 6.7

Размер частиц, мкм	Массовое содержание частиц при концентрации латекса, %			
	0,05		0,1	
	концентрация ДФ, %			
	0,3	1,0	0,3	1,0
0–10	79,7	24,6	64,3	35,4
10–20	0,8	–	20,2	2,7
20–40	1,7	6,9	15,5	6,4
40–65	2,0	4,0	–	8,7
65–100	3,3	21,8	–	16,6
>100	12,4	42,5	–	30,1

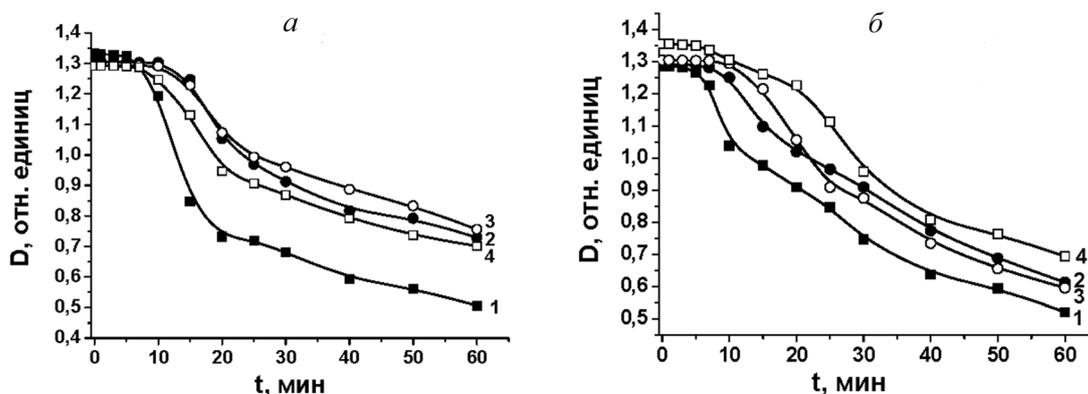


Рис. 1. Изменение оптической плотности ( $D$ ) смешанных дисперсий латекса и  $\text{TiO}_2$  во времени ( $t$ ) от концентрации латекса (*a* – 0,05 %; *б* – 0,1%) и концентрации пигмента: 1 – 0,3%; 2 – 0,5; 3 – 0,7; 4 – 1,0%

Fig. 1. Change of latex- $\text{TiO}_2$  mixed dispersion optical density ( $D$ ) in time ( $t$ ) depending upon latex concentration (*a* – 0.05%; *б* – 0.1%) and pigment concentration: 1 – 0.3%; 2 – 0.5; 3 – 0.7; 4 – 1.0%

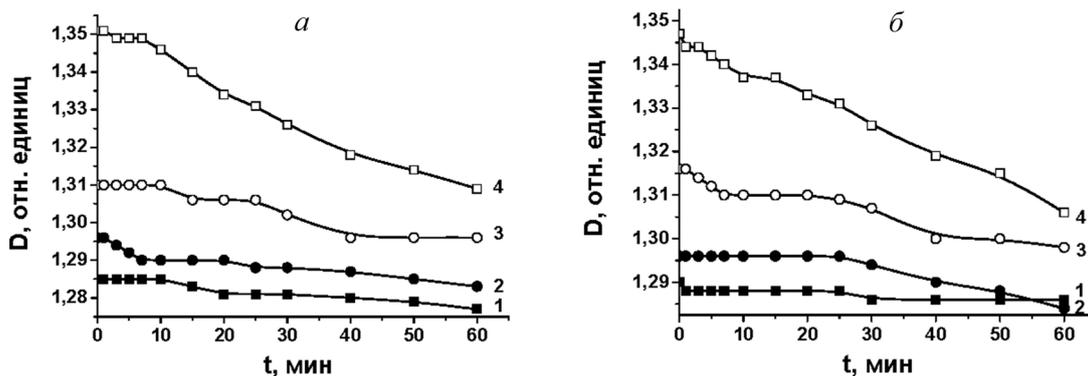


Рис. 2. Изменение оптической плотности ( $D$ ) смешанных дисперсий латекса и слюды от времени ( $t$ ) с концентрацией латекса:  $a$  – 0,05%,  $b$  – 0,1%; концентрацией порошка: 1 – 0,3%; 2 – 0,5; 3 – 0,7; 4 – 1,0%

Fig. 2. Change of latex-mica mixed dispersion optical density ( $D$ ) in time ( $t$ ) with latex concentration:  $a$  – 0.05%;  $b$  – 0.1%; and powder concentration: 1 – 0.3%; 2 – 0.5; 3 – 0.7; 4 – 1.0%

Как следует из таблицы, для систем с концентрацией латекса 0,05% содержание наиболее мелких фракций 0–10 мкм заметно уменьшается с ростом концентрации минеральной ДФ. Аналогичная картина наблюдается для дисперсий с содержанием латекса 0,1%. При этом в обоих случаях зафиксировано появление фракции с размером > 60 мкм.

Из литературных данных известно [1–5], что диоксид титана содержит частицы коллоидных размеров (< 1 мкм), которые могут служить связующим звеном при некотором структурообразовании даже при таких небольших содержаниях пигмента. Именно образование такой структурной сетки может привести к некоторой стабилизации системы.

Аналогичным образом исследовали системы латекс–слюда (рис. 2). В данном случае установлен несколько иной характер зависимости  $D$  от времени при различных концентрациях полимера и слюды. В частности, наблюдается менее заметное падение оптической плотности во времени, что может указывать на относительно более высокую агрегативную устойчивость системы латекс–слюда. Увеличение концентрации латекса в исследуемом диапазоне (0,05–0,1%) не оказывает существенного влияния на характер изменения оптической плотности. Еще одним отличием по сравнению с системой латекс–TiO<sub>2</sub> является снижение агрегативной устойчивости во всем интервале роста содержания слюды.

Гранулометрический состав дисперсий латекс–слюда приведен в табл. 4. Анализ гранулометрического состава смешанных дисперсий латекс–слюда указывает на соответствие его характеру изменения и их агрегативной устойчивости (рис. 2).

Таблица 4. Гранулометрический состав смешанных дисперсий латекс–слюда при pH 6,7

Table 4. Granulometric composition of latex–mica mixed dispersions at pH 6.7

Размер частиц, мкм	Массовое содержание частиц при концентрации латекса, %			
	0,05		0,1	
	концентрация ДФ, %			
	0,3	1,0	0,3	1,0
0–10	79,1	36,1	54,8	18,6
10–20	7,9	1,9	7,4	0,7
20–40	2,3	20,1	8,8	4,0
40–63	1,5	32,9	29,0	5,5
63–100	2,0	9,0	–	10,9
> 100	7,2	–	–	60,5

В работе было исследовано также влияние различных по химической природе ПАВ на диспергируемость данных порошков в кремнийорганическом латексе. Концентрация TiO<sub>2</sub> и слюды во всех последующих опытах составляла 0,5%. На рис. 3 представлены кривые изменения оптической плотности систем латекс–слюда–ПАВ с содержанием вводимого ПАВ (LCN или Оротан) 0,5 и 1% и латекса – 0,05 и 0,1%.

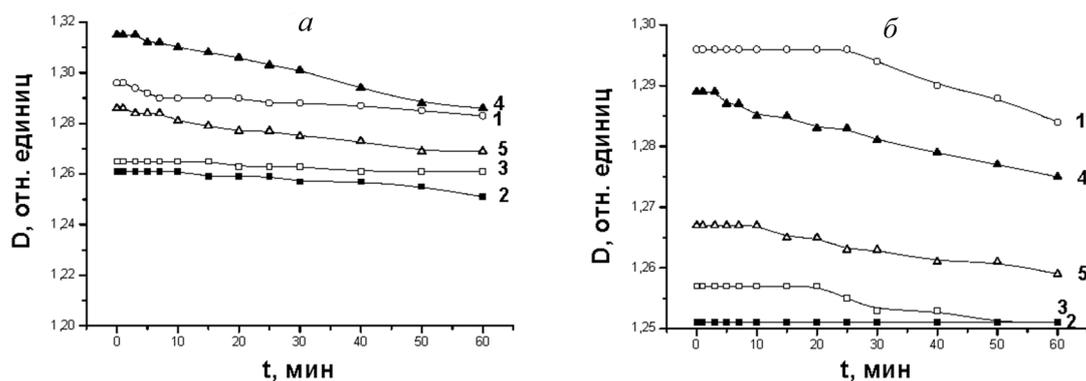


Рис. 3. Изменение оптической плотности ( $D$ ) смешанных систем латекс–слюда–ПАВ во времени ( $t$ ) с концентрацией латекса:  $a$  – 0,05%,  $b$  – 0,1%: 1 – латекс–слюда; смешанные системы латекс–слюда–ПАВ, %: 2 – LCN 0,5; 3 – LCN 1,0; 4 – Оротан 0,5; 5 – Оротан 1,0

Fig. 3. Change of latex-mica-surfactant mixed dispersion optical density ( $D$ ) in time ( $t$ ) with latex concentration:  $a$  – 0.05%;  $b$  – 0.1%: 1 – latex-mica; mixed latex-mica-surfactant systems, surfactant %: 2 – LCN 0.5; 3 – LCN 1.0; 4 – Orotan 0.5; 5 – Orotan 1.0

Из рис. 3 следует, что введение данных диспергаторов в систему латекс–слюда не оказывает заметного влияния на изменения в выбранном времени оптической плотности смешанных систем. Угол наклона кинетических кривых изменения  $D$  для всех случаев имеет примерно одинаковое значение при концентрации ДФ 0,5 %. Однако в сравнении с системами латекс–слюда введение диспергаторов способствует повышению диспергируемости слюды и образованию дисперсий, близких к монодисперсным с максимумом фракции частиц в диапазоне 10–20 мкм. В некоторых случаях содержание этой фракции достигает 94–99%. Дисперсии имеют близкий состав по размерам частиц, но все же неионогенный диспергатор LCN несколько менее эффективен при диспергировании слюды в метилфенилполисилоксановом латексе, чем анионный Оротан.

Таблица 5. Гранулометрический состав смешанных дисперсий латекс–слюда–ПАВ при pH 6,7

Table 5. Granulometric composition of latex–mica–surfactant mixed dispersions at pH 6.7

Размер частиц, мкм	Концентрация латекса, %							
	0,05				0,1			
	тип и содержание ПАВ, мас.%							
	анионный <sup>1</sup>		неионогенный <sup>2</sup>		анионный		неионогенный	
0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	
Содержание фракции, %								
0–10	1,0	2,3	1,1	2,4	0,1	1,5	0,6	2,0
10–20	99,0	83,4	94,3	80,5	66,5	97,1	62,2	98,0
20–40	–	4,6	4,6	0,2	33,4	1,4	7,3	–
40–63	–	0,9	–	0,2	–	–	3,9	–
63–100	–	6,9	–	14,8	–	–	15,5	–
>100	–	1,8	–	1,9	–	–	0,4	–

Примечание. <sup>1</sup>Анионный ПАВ Оротан; <sup>2</sup>неионогенный – LCN.

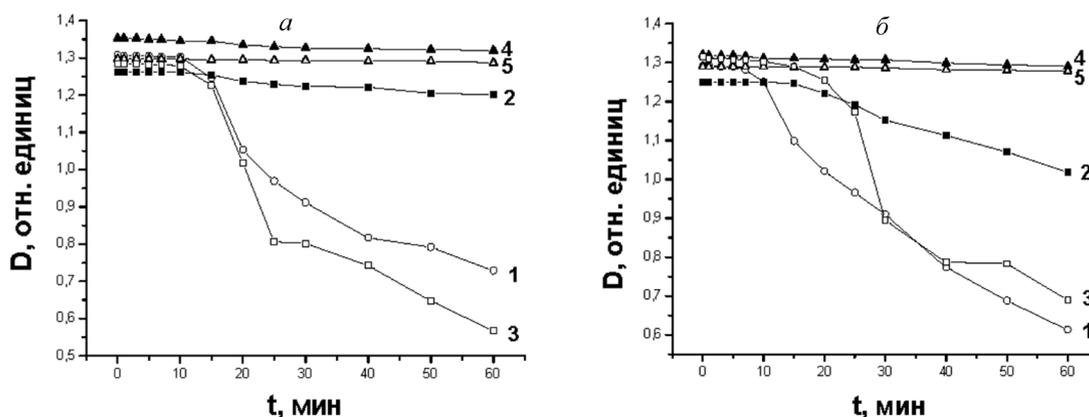
Введение этих же диспергаторов в смешанную дисперсию латекс–TiO<sub>2</sub> приводит к следующим зависимостям: анионный Оротан стабилизирует систему латекс–TiO<sub>2</sub>–ПАВ, в то время как LCN является слабым стабилизатором (рис. 3, кривые 1, 2, 3).

Данные гранулометрического анализа (табл. 6) и турбидиметрии (рис. 4) свидетельствуют о примерно одинаковом влиянии применяемых диспергаторов на эффективность диспергирования TiO<sub>2</sub> в этой среде, но в то же время и об очень слабом стабилизирующем действии неионогенного ПАВ. Следует отметить, что используемый при диспергировании неионогенный ПАВ приводит к повышенному пенообразованию, что крайне нежелательно для получения покрытий с защитными функциями.

На рис. 5 представлены кривые изменения оптической плотности систем латекс–TiO<sub>2</sub>–ПАВ и латекс–слюда–ПАВ при более высоком pH дисперсионной среды 8,7.

Таблица 6. Гранулометрический состав смешанных дисперсий латекс–TiO<sub>2</sub>–ПАВ с концентрацией TiO<sub>2</sub> 0,5% при pH 6,7Table 6. Granulometric composition of latex–TiO<sub>2</sub>–surfactant mixed dispersions containing 0.5% of TiO<sub>2</sub> at pH 6.7

Размер частиц, мкм	Концентрация латекса, %							
	0,05				0,1			
	тип и содержание ПАВ, мас.%							
	анионный		неионогенный		анионный		неионогенный	
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
Содержание фракции, %								
0–10	3,0	0,6	2,2	1,4	0,4	1,0	2,1	0,6
10–20	80,5	77,5	82,9	83,7	45,8	88,7	97,9	70,4
20–40	5,9	21,8	6,9	14,9	7,5	10,2	–	4,1
40–63	10,6	–	8,0	–	0,1	–	–	24,9
63–100	–	–	–	–	–	–	–	–
>100	–	–	–	–	46,1	–	–	–

Рис. 4. Изменение оптической плотности ( $D$ ) смешанных систем латекс–TiO<sub>2</sub>–ПАВ от времени ( $t$ ) с концентрацией латекса:  $a$  – 0,05%,  $b$  – 0,1%; 1 – латекс–TiO<sub>2</sub>; смешанные системы латекс–TiO<sub>2</sub>–ПАВ, %: 2 – LCN 0,5; 3 – LCN 1,0; 4 – Оротан 0,5; 5 – Оротан 1,0Fig. 4. Change of latex–TiO<sub>2</sub>–surfactant mixed dispersion optical density ( $D$ ) in time ( $t$ ) with latex concentration:  $a$  – 0,05%,  $b$  – 0,1%; 1 – latex–TiO<sub>2</sub>; mixed latex–TiO<sub>2</sub>–surfactant systems, surfactant %: 2 – LCN 0.5; 3 – LCN 1.0; 4 – Orotan 0.5; 5 – Orotan 1.0

Из сравнения рис. 5,  $a$  и 4,  $a$  следует, что смещение pH в щелочную область мало влияет на агрегативную устойчивость смешанных систем латекс–TiO<sub>2</sub>–Оротан, что является несколько неожиданным. Так как из литературных данных известно, что повышение pH приводит к росту степени диссоциации кислотных групп адсорбированных анионных эмульгаторов, которые были использованы при получении латексов и поверхностных гидроксильных групп TiO<sub>2</sub> [6], это в свою очередь должно приводить к росту заряда как индивидуальных, так и композитных частиц и их зета-потенциала и способствовать отталкиванию одноименно заряженных частиц.

С другой стороны, несколько повышается устойчивость (рис. 4,  $a$  и 5,  $a$ , кривая 3) дисперсии латекс–TiO<sub>2</sub>–LCN, хотя LCN неионогенный ПАВ и не подвержен влиянию pH. Повышение pH дисперсионной среды от 6,7 до 8,7 на систему латекс–слода влияет в незначительной степени при введении в ее состав обоих типов диспергаторов (рис. 3,  $a$  и 5,  $b$ ).

В табл. 7 приведены данные гранулометрического анализа систем латекс–TiO<sub>2</sub>–ПАВ при pH 8,7, свидетельствующие о снижении фракции крупных агрегатов частиц по сравнению с системой, не содержащей и содержащей диспергатор, и существенным снижением полидисперсности смешанных дисперсий по сравнению со случаем, когда диспергирование TiO<sub>2</sub> в латексе проводилось при pH 6,7 (сравнить табл. 6, 7 и 5).

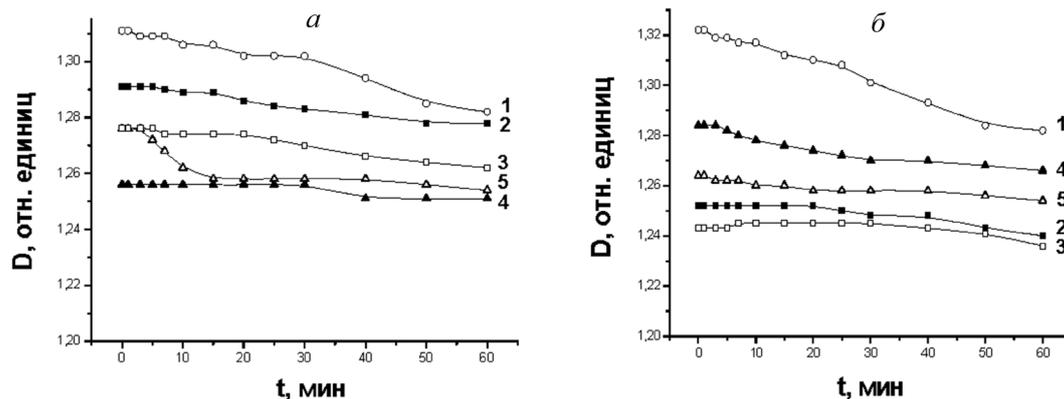


Рис. 5. Изменение оптической плотности ( $D$ ) смешанных систем во времени ( $t$ ) при pH ДС 8,7 с дисперсной фазой:  $a$  –  $\text{TiO}_2$ ,  $b$  – слюда; 1 – латекс– $\text{TiO}_2$ ; смешанные системы латекс–пигмент–ПАВ: 2 – 0,5% LCN; 3 – 1,0% LCN; 4 – 0,5% Оротан; 5 – 1,0% Оротан. Концентрация латекса – 0,05%

Fig. 5. Change of mixed system optical density ( $D$ ) in time ( $t$ ) at pH 8.7 with disperse phase:  $a$  –  $\text{TiO}_2$ ,  $b$  – mica; 1 – latex– $\text{TiO}_2$ ; mixed latex–pigment–surfactant systems: 2 – LCN 0.5%; 3 – LCN 1.0%; 4 – Orotan 0.5%; 5 – Orotan 1.0%

Таблица 7. Гранулометрический состав дисперсий латекс– $\text{TiO}_2$ –ПАВ при pH 8,7

Table 7. Granulometric composition of latex– $\text{TiO}_2$ –surfactant dispersions at pH 8.7

Размер частиц, мкм	Латекс– $\text{TiO}_2$	Тип и содержание ПАВ, мас.%			
		анионный		неионогенный	
		0,5	1,0	0,5	1,0
		Содержание фракции, %			
0–10	0,9	1,2	1,0	4,1	1,6
10–20	48,6	98,8	99,0	64,1	43,6
20–40	9,7	–	–	17,1	5,1
40–63	–	–	–	14,7	50,7
63–100	3,7	–	–	–	–
>100	37,1	–	–	–	–

При введении неионогенного ПАВ диспергируемость  $\text{TiO}_2$  при pH 8,7 ухудшается по сравнению с pH 6,7, что приводит к снижению содержания фракции размером 10–20 мкм. В системе латекс–слюда при pH 8,7, не содержащей ПАВ, происходит значительное улучшение диспергируемости слюды и образование монодисперсных суспензий с преимущественным размером частиц 10–20 мкм (98,3%) (табл. 8).

Таблица 8. Гранулометрический состав дисперсий латекс–слюда–ПАВ при pH 8,7

Table 8. Granulometric composition of latex–mica–surfactant dispersions at pH 8.7

Размер частиц, мкм	Латекс–слюда	Тип и содержание ПАВ, мас.%			
		анионный		неионогенный	
		0,5	1,0	0,5	1,0
		Содержание фракции, %			
0–10	1,5	1,6	0,2	0,2	0,2
10–20	98,3	77,5	86,3	82,5	48,9
20–40	0,2	0,4	13,5	17,3	17,1
40–63	–	3,5	–	–	11,4
63–100	–	1,4	–	–	0,7
>100	–	15,6	–	–	21,8

Характер влияния ПАВ на гранулометрический состав слюды остается таким же, как при pH 6,7. Таким образом, повышение pH дисперсионной среды от 6,7 до 8,7 заметно улучшает диспергируемость  $\text{TiO}_2$  в присутствии анионного Оротана и слабо влияет на диспергируемость при введении неионогенного LCN.

В системе латекс–слюда наблюдается обратная зависимость диспергируемости слюды в присутствии анионного ПАВ по сравнению с аналогичными системами при pH 6,7. Влияние неионогенного ПАВ на гранулометрический состав не зависит от изменения pH в этом интервале.

**Заключение.** На примере модельных низкоконцентрированных дисперсий минеральных порошков ( $\text{TiO}_2$  и слюды) в метилфенилполисилоксановом латексе проведено систематическое исследование влияния химической природы и содержания дисперсной фазы, функциональных добавок (диспергаторов) и pH дисперсионной среды на их агрегативную устойчивость и гранулометрический состав. Получены следующие результаты: агрегативная устойчивость смешанных систем латекс– $\text{TiO}_2$  при увеличении концентрации ДФ от 0,3 до 1,0% растет, а для системы латекс–слюда падает, что обусловлено в первом случае образованием структурной сетки с участием частиц  $\text{TiO}_2$  коллоидного размера  $\leq 0,1$  мкм как связующих звеньев и более крупных частиц, фиксируемых в ее узлах, а во втором – агрегированием анизотропных частиц слюды и повышением их седиментации.

Введение органических диспергирующих агентов анионного и неионогенного типов в смешанные дисперсии наполненного полисилоксанового латекса порошками  $\text{TiO}_2$  и слюды (pH 6,7) приводит к повышению их диспергируемости и существенным снижением полидисперсности образующих суспензий. Установлено при этом же pH отсутствие корреляции между диспергирующей и стабилизирующей активностью используемых ПАВ. Так, неионогенный LCN – хороший диспергатор, но слабый стабилизатор для дисперсий латекс– $\text{TiO}_2$ . В то же время вид и концентрация обоих ПАВ практически не влияет на агрегативную устойчивость системы латекс–слюда.

Повышение pH дисперсионной среды от 6,7 до 8,7 существенно улучшает диспергируемость порошков в латексах, не содержащих диспергаторы, а при их введении отмечено только некоторое повышение стабилизирующей активности LCN для дисперсий латекс– $\text{TiO}_2$ .

Полученные в работе экспериментальные данные и выявленные закономерности положены в основу разработки состава новой экологически и пожаробезопасной водно-дисперсионной термостойкой антикоррозионной грунтовки для эксплуатации при температуре 300–400 °С.

### Список использованных источников

1. Flocculation of dilute titanium dioxide suspension by graft cationic polyelectrolytes / D. Li [et al.] // *Colloid Polym. Sci.* – 1999. – Vol. 277. – P. 115–121.
2. Агрегативная устойчивость гидрозолей диоксида титана / Л. И. Грищенко [и др.] // *Коллоид. журн.* – 1994. – Т. 56, № 2. – С. 269–271.
3. Yotsumoto, H. Application of extended DLVO Theory. I. Stability of rutile suspensions / H. Yotsumoto, R.-N. Yoon // *J. Colloid Interface Sci.* – 1993. – Vol. 157, № 2. – P. 426–433.
4. Электроповерхностные свойства и агрегативная устойчивость водных дисперсий  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZrO}_2$  / Е. В. Голикова [и др.] // *Коллоид. журн.* – 1995. – Т. 57, № 1. – С. 25–29.
5. Никипанчук, Д. М. Межчастичные взаимодействия в дисперсиях диоксида титана / Д. М. Никипанчук, З. М. Яремко, Л. Б. Федущинская // *Коллоид. журн.* – 1997. – Т. 59, № 3. – С. 350–354.
6. Кажуро, И. П. Коллоидно-химические свойства дисперсий минеральных порошков в латексах: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.11 / И. П. Кажуро; Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2012. – 160 с.

### References

1. Li D., Zhu S., Pelton R.H. and Spafford M., “Flocculation of dilute titanium dioxide suspension by graft cationic polyelectrolytes”, *Colloid and Polymer Science*, 1999, vol. 277, pp. 108–114.
2. Grishchenko L. I., Medvedkova N.G., Nazarov V.V. and Frolov Yu.G. “Aggregative stability of titanium dioxide hydrosols”, *Colloid Journal*, 1994, vol. 56, no. 2, pp. 269–271.
3. Yotsumoto H. and Yoon R.-N., “Application of extended DLVO Theory. I. Stability of rutile suspensions”, *Journal of Colloid and Interface Science*, 1993, vol. 157, no. 2, pp. 426–433.
4. Golikova E. V., Rogoza O. M., Shelkunov D. M. and Chernoberezhskij Yu. M., “Electrical surface properties and aggregation stability of  $\text{TiO}_2$  and  $\text{ZrO}_2$  aqueous dispersions”, *Colloid Journal*, 1995, vol. 57, no. 1, pp. 25–29.
5. Nikipanchuk D.M., Yaremko Z.M. and Fedushinskaya L.B., “Interparticle interactions in dispersions of titanium dioxide”, *Colloid Journal*, 1997, vol. 59, no. 3, pp. 350–354.
6. Kazhuro I. P., “Colloid chemical properties of mineral powder dispersions in latex”, Ph.D. Thesis, colloid chemistry, The National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, BY, 2012.

### Информация об авторах

*Кажуро Ирина Павловна* - канд. хим. наук, ст. науч. сотрудник, Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 9, корп.1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: anirina@igic.bas-net.by.

*Кошевар Василий Дмитриевич* – д-р хим. наук, профессор, зав. лаб. химии лакокрасочных и вяжущих материалов, Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 9, корп.1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: koshevar@igic.bas-net.by.

*Симаш Наталья Анатольевна* – мл. науч. сотрудник, Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 9, корп.1, 220072, Минск, Республика Беларусь).

### Для цитирования

Кажуро, И. П. Гранулометрический состав и седиментационная устойчивость смешанных водно-дисперсионных систем полисилоксан-минеральный порошок / И. П. Кажуро, В. Д. Кошевар, Н. А. Симаш // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2017. – № 2. – С. 25–33.

### Information about the authors

*Kazhuro Iryna Pavlovna* – Ph. D. (Chemistry), Senior Research Associate, Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9/1 Surganov Str., 220072, Minsk, Republik of Belarus). E-mail: anirina@igic.bas-net.by.

*Koshevar Vasily Dmitrievich* – D. Sc. (Chemistry), Professor, Head of the Laboratory of Chemistry of Coating and Binding Materials, Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9/1 Surganov Str., 220072, Minsk, Republik of Belarus). E-mail: koshevar@igic.bas-net.by.

*Simash Natalia Anatolyevna* – Junior Researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9/1 Surganov Str., 220072, Minsk, Republik of Belarus).

### For citation

Kazhuro I. P., Koshevar V. D., Simash N. A. Granulometric composition and sedimentation stability of water dispersion polysiloxane-mineral powder systems. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk*. [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, chemical series], 2017, no. 2, pp. 25–33. (In Russian).