

## ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ЭМУЛЬСИЙ ЭПОКСИДНОГО ОЛИГОМЕРА, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ МИКРОЧАСТИЦАМИ ТАЛЬКА

© В. Д. Кошевар, В. Г. Шкадрецова, О. Н. Маевская

Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси,  
220072, г. Минск, ул. Сурганова, д. 9, корп. 1  
E-mail: koshevar@igic.bas-net.by

Поступила в Редакцию 9 марта 2022 г.  
После доработки 9 сентября 2022 г.  
Принята к публикации 9 сентября 2022 г.

*Установлены условия образования устойчивой к коалесценции и седиментации эмульсии Пикеринга 2-го рода (вода/масло) с размером капель 2–12 мкм, стабилизированной микрочастицами талька: масляная фаза — 70%-ный раствор смолы CHS-EPOXX 530 в ксилоле, водная фаза — суспензия талька в воде концентрацией 6 г/100 мл (вода + масло), объемное соотношение фаз 1:1, эмульгирование в течение 15 мин при 293 К и скорости вращения ротора 7000 об·мин<sup>-1</sup>. Образование эмульсий вода/масло объясняется лиофобно-лиофильной неоднородностью поверхности микрочастиц талька, имеющей базальные гидрофобные и боковые гидрофильные участки. С использованием эпоксидно-полиаминового аддукта TELALIT-180 в качестве отвердителя получены качественные пленки и покрытия с хорошей степенью отверждения и механической прочностью. Их структура состоит из полимерного каркаса, включающего микроскопические капсулы, которые в зависимости от температуры отверждения могут быть заполнены водой (293 К) или воздухом (353 К). Такие микрокапсулы могут быть носителями гидрофильных компонентов, например ингибиторов коррозии или интумесцентных соединений, и использоваться для получения защитных лакокрасочных покрытий, в том числе самовосстанавливающихся, с целью удлинения срока их эксплуатации. Они могут служить также в качестве микрореакторов при синтезе наночастиц оксидов металлов (MoO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>), являющихся эффективными катализаторами окисления органических соединений.*

Ключевые слова: эпоксидный олигомер; диспергирование; эмульсии Пикеринга; стабилизатор; фазы; коалесценция; седиментация

DOI: 10.31857/S0044461822060093, EDN: DLAAPV

Эмульсии, стабилизированные твердыми частицами (эмульсии Пикеринга), характеризуются высокой устойчивостью и необычным реологическим поведением, что связано с жесткостью и упругостью адсорбционных слоев из твердых частиц, формирующихся вокруг капель дисперсной фазы, а также хорошей биоразлагаемостью и низкой токсичностью [1, 2]. В качестве твердых стабилизаторов применяются оксиды (SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZnO), гидроксиды [Zn(OH)<sub>2</sub>,

Fe(OH)<sub>3</sub>], органические частицы (крахмал, яичный порошок), минеральные микрочастицы (бентонит, слюда, тальк) [3–5]. Способность твердых нано- и микрочастиц к самоорганизации на межфазных границах и стабилизации дисперсных систем широко используется в различных технологиях создания пористых материалов, мембранных систем, сорбентов очистки вод от нефти и тяжелых металлов, а в последнее время — для получения нано-, микрокапсул,

используемых при инкапсулировании гидрофильных и гидрофобных соединений и доставке при решении задач биотехнологии, медицины, химического синтеза в микрореакторах с ограниченным объемом и т. п.

В многочисленных публикациях, посвященных исследованию эмульсий Пикеринга, в качестве фазы масла применялись исключительно низкомолекулярные органические вещества (предельные углеводороды, некоторые сорта промышленных масел). Имеется лишь несколько работ, направленных на получение эмульсий высокомолекулярных соединений со стабилизацией их частицами синтетических латексов [6, 7], но не встречается работ по получению эмульсий высокомолекулярных промышленных смол, стабилизированных неорганическими порошками. Эмульсии Пикеринга полимеров прямого и обратного типа будут представлять значительный интерес особенно для инкапсулирования, так как с их использованием могут быть получены капсулы с весьма прочной оболочкой в одностадийном процессе без использования дополнительных технологических стадий.

Цель работы — исследование возможности получения устойчивых эмульсий эпоксидного олигомера при использовании в качестве стабилизатора микрочастиц талька, а также определение условий формирования пленок и покрытий на их основе и прогнозирования возможных вариантов применения.

### Экспериментальная часть

В качестве фазы масла применяли эпоксидную смолу марки СНS-ЕРОХХ 530 (Spolchemie), в качестве водной фазы — дистиллированную воду, полученную очисткой водопроводной воды методом перегонки в бидистилляторе UD-2016 (ULAB). Стабилизацию получаемых эмульсий осуществляли микрочастицами талька (тальк микродисперсный Митал марки 10-80 (ЗАО «ГЕОКОМ»), представляющего собой магниевый силикат  $4\text{SiO}_2 \cdot 3\text{MgO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ , не растворяющийся ни в воде, ни в масле. На поверхности частиц талька имеются базальные, являющиеся гидрофобными ( $\theta = 80^\circ\text{--}90^\circ$ ), и боковые гидрофильные грани ( $\theta = 40^\circ\text{--}60^\circ$ ) [8]. Для стабилизации эмульсий применяли тальк со средним размером частиц 500 нм и с 30%-ным содержанием частиц размерами 150–200 нм. Для снижения вязкости в качестве разбавителя эпоксидного олигомера СНS-ЕРОХХ 530 использовали олигомер ДЭГ-1 (ЗАО «Химэкс Лимитед», с содержанием эпоксидных групп 14.5–18.5%, а также ксилол нефтяной (ОАО «Славнефть-Янос»).

Эмульсии получали путем диспергирования ингредиентов на лабораторной диспергирующей установке ЛДУ-3МПР (ООО «Лаботекс») в режиме работы диссольвера при скорости вращения ротора 1000–7000 об·мин<sup>-1</sup>, используя методы прямого и обратного эмульгирования. Исследовали влияние на эффективность эмульгирования, тип и устойчивость получаемых эмульсий объемного соотношения фаз, концентрации введенных растворителя и микроталька, скорости и температуры диспергирования.

Для характеристики устойчивости эмульсий использовали эмульсионный индекс  $E_i$ :

$$E_i = \frac{V_{em}}{V_{total}}, \quad (1)$$

где  $V_{em}$  — объем эмульсии,  $V_{total}$  — общий объем смеси в мерном цилиндре.

Концентрацию талька в системе ( $C_i$ ) выражали в г на 100 мл жидкой фазы (суммарный объем масла и воды) и рассчитывали по формуле

$$C_i = \frac{m_i}{V_w + V_{gm}}, \quad (2)$$

где  $m_i$  — масса талька,  $V_w$  — объем воды,  $V_{gm}$  — объем (масло + ксилол).

Тип эмульсии определяли по следующим методикам:

1) распределением капли эмульсии в пробирке с водой (если капля равномерно распределяется в воде, то это эмульсия 1-го рода (масло/вода); капля эмульсии 2-го рода (вода/масло) в воде диспергироваться не будет);

2) нанесением капли эмульсии на пластину, покрытую слоем парафина (если капля растекается по поверхности, то эмульсия 2-го рода, если не растекается, то — 1-го рода).

Размеры капель дисперсной фазы эмульсий, их объемную локализацию, а также микроструктуру получаемых пленок и покрытий определяли с применением оптического микроскопа Альтами МЕТ1Д с цифровой микрокамерой ЕЗСМОS6300КРА (ООО «Альтами»). С целью формирования пленок эмульсии наносили на листы из полиэтилена низкого давления марки 20808-024 (ОАО «Промпласт»), затем пленки отделяли от подложки для исследований.

Процесс отверждения эмульсий проводили с использованием отвердителей Телалит 180 (Spolchemie), полиэтиленполиамин (ООО НПК «СИНТЕК») и Этал 45 (АО «ЭНПЦ ЭПИТАЛ»). Покрытия получали на пластинах размером 100 × 50 × 2 мм из стали марки Ст.3 (ОАО «Белорусский металлургический завод»). Для этого эмульсию наносили в один слой

толщиной 120 мкм. Кинетику отверждения изучали по изменению содержания гель-фракции экстрагированием растворимой части эпоксидного олигомера растворителем ацетоном (АО «ЭКОС-1») в аппарате Сокслета.

Твердость образованных покрытий измеряли с использованием маятникового твердомера МТЛ 212 (ОАО «Точприбор»).

ИК-спектроскопические исследования проводили на ИК-спектрометре (Midas Corporation) с Фурье-преобразованием M 2000 Series MTDAC с разрешением  $4 \text{ см}^{-1}$  в области  $4000\text{--}400 \text{ см}^{-1}$ . Зарегистрированные спектры обрабатывали с помощью программы Grams/32 (Galactic).

Дериватограммы исследуемых образцов фиксировали в воздушной атмосфере на дериватографе Q 1500D MOM системы Паулик–Паулик–Эрдей (MOM) в температурном интервале  $293\text{--}1173 \text{ К}$ . Масса навески составляла 200 мг, скорость подъема температуры —  $5 \text{ град}\cdot\text{мин}^{-1}$ . В качестве эталона использовали прокаленный  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (х.ч., ООО «Югрореактив»).

### Обсуждение результатов

Проведенные предварительные исследования по влиянию условий эмульгирования, порядка введения ингредиентов, концентрационного фактора на тип и устойчивость получаемых эмульсий эпоксидного олигомера в присутствии микрочастиц талька показали, что относительно стабильные системы (эмульсии Пикеринга) были получены только 2-го рода. Процесс эмульгирования затруднялся из-за высокой

вязкости эпоксидного олигомера, поэтому были проведены эксперименты по снижению ее за счет разбавления, а также нагревания при температуре  $233 \text{ К}$ . Эмульгирование эпоксидной смолы CHS-EPOXX 530, разбавленной ДЭГ-1, при концентрации введенных микрочастиц талька  $2 \text{ г}/100 \text{ мл}$  заметно улучшилось, система выглядела достаточно однородной, но через 2 сут наблюдали значительное расслоение ее на фазы в результате коалесценции капель воды. Более устойчивые эмульсии Пикеринга 2-го рода были получены при эмульгировании растворов CHS-EPOXX 530 в ксилоле (рис. 1, а). Эмульсионный индекс более заметно снижался для эмульсий, полученных при эмульгировании 80%-ного раствора олигомера, что свидетельствовало об их низкой устойчивости. Эмульсии с меньшим его содержанием ( $60\text{--}70 \text{ мас}\%$ ) оказались достаточно устойчивыми к коалесценции, но медленно седиментировали в течение первых 6 сут после эмульгирования с выделением небольшого объема воды, который дальше оставался постоянным в течение 60 сут наблюдения. Полученные при указанных условиях эмульсии вода/масло во всех рассматриваемых случаях при небольших механических воздействиях легко редуцировались, восстанавливая прежнюю структуру.

При исследовании влияния добавок концентрации талька на эффективность эмульгирования и устойчивость эмульсий диспергированию подвергался 70%-ный раствор CHS-EPOXX 530 в ксилоле при объемном соотношении фаз 1:1 (рис. 1, б). При введении в систему талька в количестве  $0.5 \text{ г}/100 \text{ мл}$  (масло + вода) образовывались неустойчивые эмульсии (рис. 1, б, кривая 1). Увеличение его концентрации

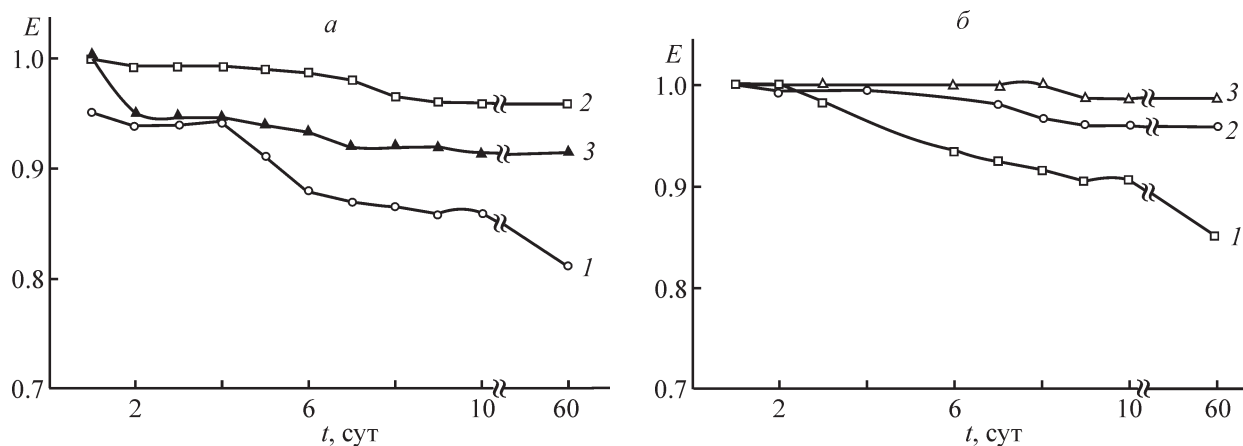


Рис. 1. Зависимость эмульсионного индекса от времени хранения эмульсий вода/масло с концентрацией эпоксидного олигомера (мас%): 1 — 80, 2 — 70, 3 — 60 (а); от содержания талька (б): 1 — 2, 2 — 4, 3 — 6 г/100 мл (концентрация эпоксидного олигомера 70 мас%).

Объемное соотношение вода:масло 1:1, время диспергирования 15 мин при  $7000 \text{ об}\cdot\text{мин}^{-1}$ .

привело к возрастанию устойчивости эмульсий, и при концентрации талька 6 г/100 мл была получена весьма устойчивая эмульсия 2-го рода (рис 1, б, кривая 3).

Важным фактором, который может оказать влияние как на эффективность эмульгирования, так на качество и тип образующихся эмульсий, является объемное соотношение фаз масла (раствор эпоксиолигомера в ксилоле) и воды. Было установлено (рис. 2), что при объемных соотношениях масло/вода 1:1 и 1.5:1, при которых содержание эпоксидного олигомера в композиции составляло 35–70 мас%, образовывались относительно устойчивые эмульсии вода/масло (рис. 2, кривые 2, 3). При меньшем же количестве СНS-ЕРОХХ 530 (объемное соотношение фаз 1:3 и 1:4) получались неустойчивые эмульсии, которые расслаивались на фазы сразу после прекращения процесса диспергирования. Наиболее устойчивой и к коалесценции, и к седиментации явилась эмульсия с содержанием эпоксидного олигомера 70% (рис. 2, кривая 3), эмульсионный индекс которой оставался практически неизменным в течение 60 сут наблюдения.

С целью выяснения механизма образования эмульсий эпоксидного олигомера при стабилизации их микрочастицами талька был проведен анализ ИК-спектров индивидуальных ингредиентов и их композиции (рис. 3). Полосы поглощения в области 3056–2928 см<sup>-1</sup>, относящиеся к валентным колебаниям СН- и СН<sub>2</sub>-групп углеродного каркаса эпоксидного олигомера (рис. 3, б), не фиксируются в спектре его эмульсии (рис. 3, в), что может свидетельствовать о дисперсионном взаимодействии этих групп с наиболее гидрофобной поверхностью базаль-

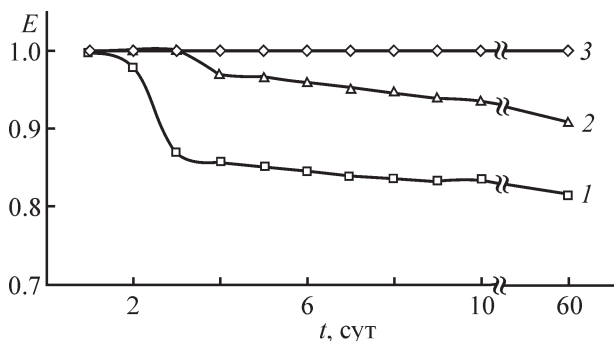


Рис. 2. Зависимость эмульсионного индекса эмульсий вода/масло от времени хранения и объемного соотношения фаз: 1 — 2:1, 2 — 1.5:1, 3 — 1:1.

Содержание талька 6 г/100 мл (масло + вода), масляная фаза — 70%-ный раствор эпоксидного олигомера в ксилоле, время диспергирования 15 мин при 7000 об·мин<sup>-1</sup>.

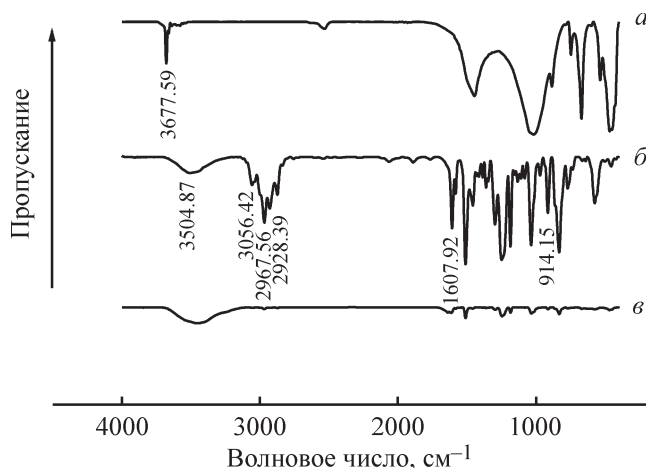


Рис. 3. Инфракрасные спектры индивидуальных талька (а) и смолы СНS-ЕРОХХ 530 (б), а также водной эмульсии смолы, стабилизированной микрочастицами талька (в).

ных граней микрочастиц талька. Возможно также образование водородных связей между структурными ОН-группами минерала, расположенными на боковой грани, и электроотрицательными группами эпоксиолигомера, о чем свидетельствуют изменения в области валентных колебаний ОН-групп талька (3677 см<sup>-1</sup>) и существенное снижение интенсивности поглощения —ОН и —СО олигомера при 1067 и 914 см<sup>-1</sup> (ср. рис. 3, в и рис. 3, а). О некотором межмолекулярном взаимодействии талька с водной фазой могут говорить смещение пика валентных колебаний его структурных ОН-групп в более низкочастотную область (рис. 3, в), что может указывать на образование водородных связей с молекулами воды. Исчезает также интенсивный пик (рис. 3, а) в области 1000 см<sup>-1</sup>, относящийся к валентным колебаниям Si—О-связей минерала.

Данные дериватографического анализа также подтверждают наличие взаимодействия микрочастиц талька с макромолекулами эпоксидного олигомера в их композиции. Так, зарегистрировано смещение в область меньших температур на 20 К эндотермического пика талька при 851 К, обусловленное потерей структурной воды, и экзотермического пика эпоксидного олигомера при 823 К, связанного с окислением продуктов его деструкции. Таким образом, наличие межмолекулярных взаимодействий эпоксиолигомера СНS-ЕРОХХ 530 с поверхностью талька, установленных с применением ИК-спектроскопии и дериватографии, а также лучшая диспергируемость минерала в растворе олигомера, чем в воде, и явились основными причинами образования эмульсий только 2-го

рода. В таких условиях микрочастицы стабилизатора, локализованные вблизи межфазной границы, будут больше погружены в раствор эпоксидного олигомера (масло), который и является дисперсионной средой, а вода — дисперсной фазой [9].

В результате исследований были установлены оптимальные условия образования устойчивой к коалесценции и седиментации эмульсии Пикеринга 2-го рода эпоксидного олигомера в воде: масляная фаза — разбавленная смола СНS-ЕРОХХ 530 ксилолом до 70%, водная фаза — суспензия талька в воде концентрацией 6 г/100 мл (вода + масло), объемное соотношение фаз 1:1, время эмульгирования 15 мин при 7000 об·мин<sup>-1</sup> и температуре 293 К.

Капли воды равномерно распределены в дисперсионной среде (раствор эпоксидного олигомера) и имеют диаметр 2–6 мкм (рис. 4, а). Были зафиксированы и более крупные капсулы (рис. 4, б), окруженные твердой оболочкой, которая, по-видимому, состоит из адсорбированных на межфазной границе микрочастиц талька. По виду они напоминают коллоидосомы, описанные в [10].

Были изучены процессы отверждения устойчивой эмульсии эпоксидного олигомера различными сшивающими агентами (см. таблицу). Пленки с высокой степенью отверждения были получены с использо-

ванием TELALIT-180 при объемном соотношении эмульсия:отвердитель = 1:1. Процесс отверждения значительно ускоряется при 353 К. Пленки с использованием отвердителя Этал 45 обладают высокой остаточной липкостью, а при применении полиэтиленполиамиона процесса отверждения не происходит.

Полученные пленки и покрытия на поверхности полиэтилена и стальной пластины с использованием эмульсии Пикеринга 2-го рода состоят из полимерного каркаса, включающего многочисленные микроскопические капсулы, которые в зависимости от температуры отверждения могут быть воздушными (при 353 К) или заполненными жидкой фазой (при 293 К). Такие капсулы с твердой микропористой оболочкой могут быть использованы для включения в их объем гидрофильных компонентов, например, ингибиторов коррозии, интумесцентных добавок с целью направленной (таргентной) доставки их в антикоррозионные и огнезащитные покрытия, в том числе «самозалечивающегося» типа. Следует также отметить (рис. 5, б), что покрытие, сформированное на поверхность стали, декорирует имеющиеся на ней дефекты структуры, которые являются местом преимущественной локализации микрокапсул эмульсии.

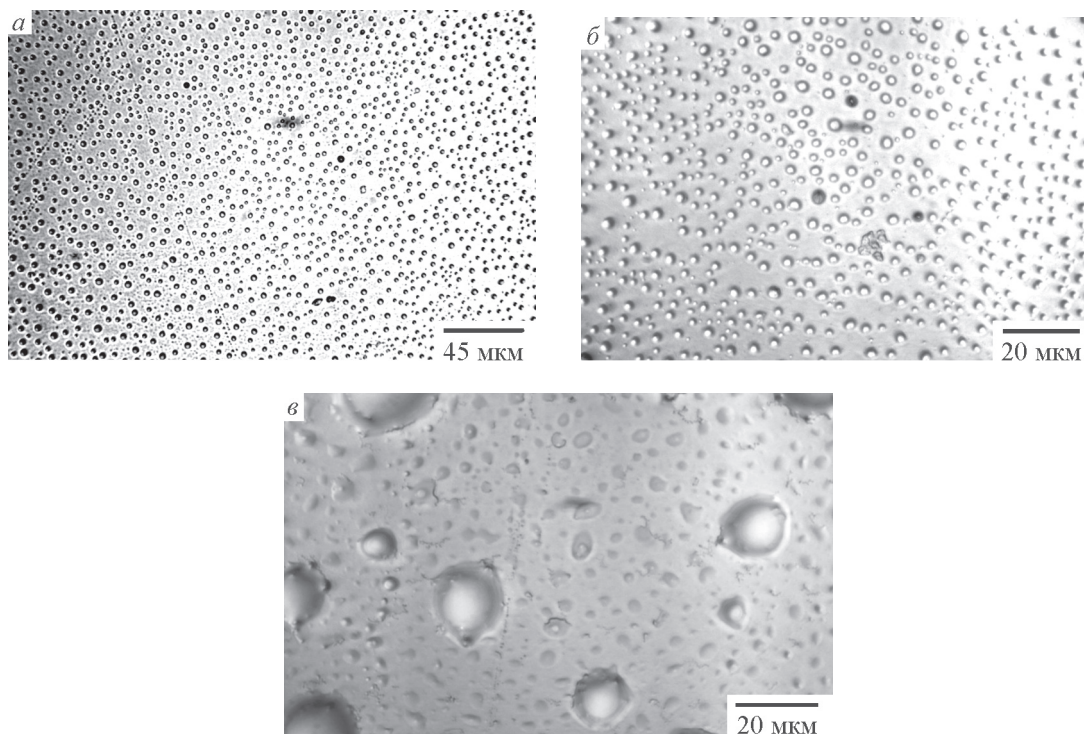


Рис. 4. Изображения эмульсии Пикеринга эпоксидного олигомера типа вода/масло, стабилизированной микрочастицами талька концентрацией 6 г/100 мл (масло + вода).

Масляная фаза — 70%-ный раствор эпоксидного олигомера в ксилоле, время диспергирования 15 мин при 7000 об·мин<sup>-1</sup>.

Характеристики процесса отверждения эмульсии Пикеринга эпоксидного олигомера 2-го рода состава: масляная фаза — 70%-ная концентрация смолы CHS-EPOXX 530 в ксилоле, водная фаза — суспензия талька в воде концентрацией 6 г/100 мл (вода + масло), объемное соотношение фаз 1:1

Объемное соотношение эмульсия:отвердитель	Внешний вид пленки	Степень отверждения при 293 К через 2 сут, %	Степень отверждения при 293 К через 7 сут, %	Степень отверждения при 353 К через 3 ч, %	Твердость покрытия, усл. ед. (отверждение при 293 К 2 сут)
Эмульсия:TELALIT 180 = 1:1	Прозрачная, однородная, эластичная	77.15	83.44	84.47	0.58
Эмульсия:TELALIT 180 = 2:1	Прозрачная, однородная, хрупкая	79.85	85.23	86.14	0.65
Эмульсия:Этал 45 = 1:1	Прозрачная, липкая	72.3	80.5	86.04	0.33
Эмульсия:Этал 45 = 2:1	Неоднородная липкая	69.5	71.5	76.2	0.25
Эмульсия:полиэтилен-полиамин = 1:1		Нет отверждения			

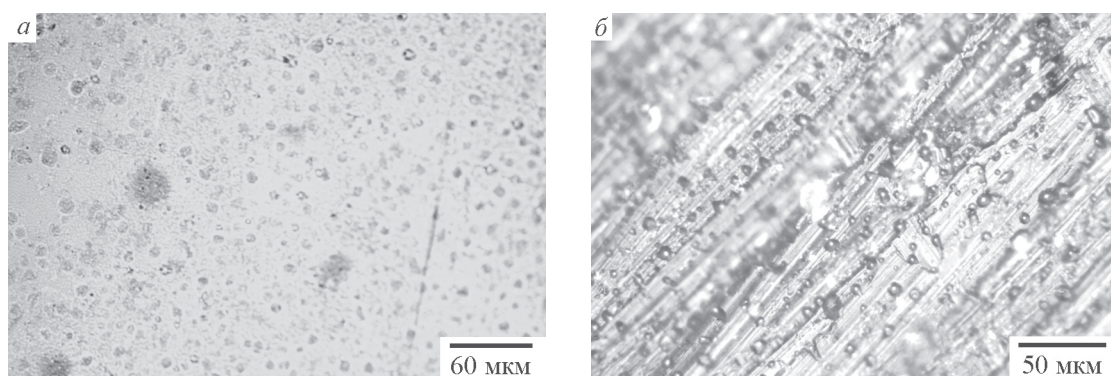


Рис. 5. Изображения пленок, полученных отверждением эмульсии Пикеринга эпоксидного олигомера 2-го рода, сформированных на поверхности полиэтилена (а), и покрытий на поверхности стали (б).

Состав эмульсии: масляная фаза — 70%-ная концентрация смолы CHS-EPOXX 530 в ксилоле, водная фаза — суспензия талька в воде концентрацией 6 г/100 мл (вода + масло), объемное соотношение фаз 1:1.

## Выводы

Пластинчатые микрочастицы талька с гидрофобно-гидрофильной поверхностью использованы в качестве твердого стабилизатора эмульсий эпоксидного олигомера, что позволило разработать состав и методику получения устойчивой к коалесценции и седиментации эмульсии Пикеринга 2-го рода с размером капель 2–12 мкм. Причиной образования во всех исследованных случаях только эмульсий 2-го рода, как установлено с применением ИК-спектроскопии и дифференциально-термического анализа, является более высокая степень взаимодействия микрочастиц талька с масляной фазой. Микрочастицы стабилизатора, локализованные на межфазной границе, в таких условиях больше погружены в раствор эпоксидного олигомера (масло), и, следовательно, последний будет непрерывной средой, а вода — дисперсной фазой.

Полученные эмульсии представляют интерес как пленкообразователи для водно-дисперсионных лакокрасочных материалов защитного типа. Пленки и покрытия, сформированные с применением сшивающего агента эпоксидно-аминового аддукта Телалит 180, характеризуются высокой твердостью и адгезией к металлу. Они состоят из полимерного каркаса, включающего микроскопические капсулы низкой полидисперсности, которые в зависимости от температуры отверждения заполнены водной фазой либо воздухом.

## Финансирование работы

Работа выполнена при финансовой поддержке государственной программы научных исследований 2021–2025 гг. «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия» (проект 2.1.5, № г.р. 20210112).

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

### Информация об авторах

Кошевар Василий Дмитриевич, д.х.н., проф.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6224-9915>.

Шкадрецова Валентина Георгиевна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-23312336>

Маевская Ольга Ивановна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1277-9715>

### Список литературы

- [1] Aveyard R., Binks B. P., Clint J. H. Emulsions stabilised solely by colloidal particles // *Adv. Colloid Interface Sci.* 2003. V. 100–102. P. 503–546. [https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(02\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(02)00069-6).
- [2] Binks B. P. Particles as surfactants-similarities and differences. *Curr. Opin // Colloid Interface Sci.* 2002. V. 7. P. 21–41. [https://doi.org/10.1016/S1359-0294\(02\)00008-0](https://doi.org/10.1016/S1359-0294(02)00008-0).
- [3] Демина П. А., Григорьев Д. О., Кузьмичева Т. В., Букреева Т. В. Создание капсул на основе эмульсий Пикеринга с оболочками из наночастиц диоксида титана и полиэлектролитных слоев // *Коллоид. журн.* 2017. Т. 79. № 2. С. 142–148 [Demina P. A., Grigoriev D. O., Kusmicheva G. M., Bukreeva E. V. Reparation of Pickering-emulsion-based capsules with shells composed of titanium dioxide nanoparticles and polyelectrolyte layers // *Colloid J.* 2017. V. 79. N 2. P. 198–203. <https://doi.org/10.7868/S00233291217020033>].
- [4] Нуштаева А. В., Шумкина А. А. Свойства эмульсий и свободных эмульсионных (водных) пленок, стабилизированных кремнеземом, модифицированным гексиламином // *Коллоид. журн.* 2013. Т. 75. № 3. С. 359–365 [Nushtaeva A. V., Shumkina A. A. Properties of emulsions and free emulsion (aqueous) films stabilized with hexylamine-modified silica layers // *Colloid J.* 2013. V. 75. N 3. P. 326–332. <https://doi.org/10.7868/S00233291213020134>].
- [5] Yan N., Gray M. R., Masiliyah J. N. On water-in-oil emulsions stabilized by fine solids // *Colloids Surface. A: Phyicochem. Eng. Aspects.* 2001. V. 193. P. 97–106. [https://doi.org/10.1016/S0927-7757\(01\)00748-8](https://doi.org/10.1016/S0927-7757(01)00748-8)
- [6] Кошевар В. Д. Стабилизация водной дисперсии эпоксидного олигомера микрочастицами органической природы // *Докл. НАН Беларуси.* 2014. Т. 58. № 6. С. 68–73.
- [7] Шинкарева Е. В., Кошевар В. Д., Пликус О. А. Влияние адсорбции неионных ПАВ на стабилизирующую способность латексов при получении эпоксидных эмульсий // *ЖПХ.* 2012. Т. 85. № 8. С. 1348–1355 [Shinkareva E. V., Koshevar V. D., Plikus O. A. Effect of adsorption of nonionic surfactants on the stabilizing ability of latexes in preparation of epoxy emulsions // *Russ. J. Appl. Chem.* 2012. V. 85. N 8. P. 1282–1288. <https://doi.org/10.1134/S1070427212080241>].
- [8] Тарасевич Ю. И., Аксененко Е. В. Гидрофобность базальной поверхности талька // *Коллоид. журн.* 2014. Т. 76. № 6. С. 526–532 [Tarasevich Y. I., Aksenenko T. V. Hydrophobicity of talc basal surface // *Colloid J.* 2014. V. 76. N 6. P. 483–489. <https://doi.org/10.1134/S1061933X14040140>].
- [9] Timgren A., Rayner M., Sjoov, Dejmek P. Starch particles for food based Pickering emulsions // *Procedia Food Sci.* 2011. V. 1. P. 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.016>.
- [10] Нуштаева А. В. Стабилизация эмульсий микрочастицами талька // *Коллоид. журн.* 2019. Т. 81. № 4. С. 487–492. <https://doi.org/10.1134/S1061933X19040100> [Nushtaeva A. V. Emulsion stabilization with talc microparticles // *Colloid J.* 2019. V. 81. N 4. P. 425–430. <https://doi.org/10.1134/S00233291219040104>].