

КАЛОИДНАЯ ХІМІЯ
COLLOID CHEMISTRYУДК 544.773.33
<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2023-59-4-285-294>Поступила в редакцию 17.01.2023
Received 17.01.2023**В. Д. Кошевар, В. Г. Шкадрецова, А. С. Письменская***Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь***ЭМУЛЬСИИ ПИКЕРИНГА ЭПОКСИДНОГО ОЛИГОМЕРА,
СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ МИКРОЧАСТИЦАМИ
МОДИФИЦИРОВАННОГО ТАЛЬКА, И ИХ СВОЙСТВА**

Аннотация. Пластинчатые микрочастицы талька, модифицированного поверхностно-активными веществами (ПАВ) анионного, представляющего собой сульфатированное касторовое масло (LEUKONÖL LBA-2) и амфотерного (N-окись алкилдиметиламина) типов, использованы в качестве твердого стабилизатора эмульсии Пикеринга 2-го рода (вода/масло) эпоксидного олигомера. Микроструктура этой эмульсии в отличие от получаемой с применением в качестве стабилизатора немодифицированного минерала характеризуется значительной полидисперсностью, наличием более высокой концентрации капель размером 0,08–1 мкм, а также присутствием большего числа коллоидосом диаметром 4–30 мкм. Хорошая стабильность этой эмульсии обусловлена одновременным образованием дисперсной фазы из капель диаметром 0,02–0,04 мкм, оказывающих на нее дополнительное стабилизирующее действие. Такие структурные различия обусловили более высокую степень химического отверждения эмульсии и образование покрытий с однородной морфологией и повышенными физико-механическими характеристиками, что открывает перспективы их использования в качестве пленкообразователей при создании лакокрасочных материалов огнезащитного действия.

Ключевые слова: модифицированный тальк, эмульсии Пикеринга, эпоксидный олигомер, стабилизатор, устойчивость, структура эмульсии, отверждение, пленки

Для цитирования. Кошевар, В. Д. Эмульсии Пикеринга эпоксидного олигомера, стабилизированные микрочастицами модифицированного талька, и их свойства / В. Д. Кошевар, В. Г. Шкадрецова, А. С. Письменская // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2023. – Т. 59, № 4. – С. 285–294. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2023-59-4-285-294>

V. D. Koshevar, V. G. Shkadretsova, A. S. Pismenskaya*Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus***PICKERING EMULSIONS OF EPOXY OLIGOMER STABILIZED BY MODIFIED TALC
MICROPARTICLES AND THEIR PROPERTIES**

Abstract. Lamellar microparticles of talc modified with surfactants of anionic (LEUKONOL LBA-2) and cationic (alkyldimethylamine N-oxide) types were used as a solid stabilizer of the Pickering emulsion of the 2nd kind (water/oil) of the epoxy oligomer. The microstructure of this emulsion, in contrast to that obtained using an unmodified mineral as a stabilizer, is characterized by significant polydispersity, the presence of a higher concentration of drops of 0.08–1 microns in size, as well as the presence of a larger number of colloidosomes with a diameter of 4–30 microns. The good stability of this emulsion is due to the simultaneous formation of a dispersed phase from droplets with a diameter of 0.02–0.04 microns, which have an additional stabilizing effect on it. Such structural differences led to a higher degree of chemical hardening of the emulsion and the formation of coatings with homogeneous morphology and increased physical and mechanical characteristics, which opens up prospects for its use as film-forming agents in the creation of flame-retardant paint materials.

Keywords: modified talc, Pickering emulsions, epoxy oligomer stabilizer, stability, emulsion structure, curing, films

For citation. Koshevar V. D., Shkadretsova V. G., Pismenskaya A. S. Pickering emulsions of epoxy oligomer stabilized by modified talc microparticles and their properties. *Vesti Natsyonal'noi akademii nauk Belarusi. Seriya khimichnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2023, vol. 59, no. 4, pp. 285–294 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2023-59-4-285-294>

Введение. Тальк широко используется в различных отраслях промышленности в качестве наполнителей, вяжущих, наполнителей, а в последнее время и как стабилизатор эмульсий Пикеринга [1]. Недостатком исходного талька является невысокая устойчивость адсорбционных слоев из-за слабой связи его частиц с поверхностями некоторых субстратов, особенно при интенсивном механическом воздействии, что обусловлено мозаичностью поверхности этого минерала, содержащей гидрофобные базальные (краевой угол смачивания – 80–90°) и гидрофильные боковые (40–60°) грани [1, 2]. При механических нагрузках на минерал в результате размола площадь базальных граней возрастает, снижая эффективность полярных взаимодействий с участием ОН-групп боковых граней. Изменяя химию поверхности талька путем модифицирования, можно существенно влиять на его адсорбционные и технологические свойства [3]. Ранее была исследована устойчивость эмульсий, стабилизированных микрочастицами талька «Талькон» марки Т-20 с размерами частиц 5–20 мкм, который не подвергался каким-либо предварительным обработкам [1]. В качестве фазы масла использовали предельный углерод (н-гексан) и оливковое масло. Были получены эмульсии прямого типа (1-го рода), если тальк был предварительно продиспергирован в воде, и обратные эмульсии (2-го рода) – при диспергировании его в углеродной фазе. При эмульгировании оливкового масла формировались эмульсии только обратного типа (вода–масло). В других многочисленных публикациях, посвященных исследованию эмульсий Пикеринга, в качестве фазы масла также применялись исключительно низкомолекулярные органические вещества (предельные углеводороды, некоторые сорта промышленных масел) [4–6]. Имеется лишь несколько статей, в которых эмульсии высокомолекулярных соединений стабилизировали отрицательно заряженными микрочастицами синтетических латексов [7, 8]. Эмульсии Пикеринга высокомолекулярных соединений, стабилизированных минеральными порошками, имеют значительный интерес особенно для решения задач инкапсулирования химически активных реагентов, так как с их использованием могут быть получены нано-, микрокапсулы (коллоидосомы) с весьма прочной композитной оболочкой в одно- или двустадийном процессе, а также для регулирования пористости полимерных покрытий.

Цель работы – исследование возможности получения эмульсий эпоксидного олигомера при использовании в качестве стабилизатора микрочастиц талька, модифицированного ПАВ, условий формирования пленок и покрытий на их основе с прогнозированием возможных вариантов применения.

Экспериментальная часть. В качестве фазы масла в работе применяли эпоксидный олигомер марки CHS-EPOXX 530 (Spolchemie), в качестве водной фазы – дистиллированную воду, полученную очисткой водопроводной воды методом перегонки в бидистилляторе UD-2016 (ULAB). С целью снижения вязкости CHS-EPOXX 530 для облегчения процесса эмульгирования применяли органический растворитель ксилол нефтяной (ОАО «Славнефть-Янос»). Стабилизацию получаемых эмульсий осуществляли микрочастицами талька (тальк микродисперсный марки 10–80 (ЗАО «ГЕОКОМ»)), представляющего собой магниевый силикат $4\text{SiO}_2 \cdot 3\text{MgO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ со средним размером частиц 5 мкм (рис. 1), который подвергали химическому модифицированию для регулирования его гидрофильности и адсорбции на поверхности капель эмульсии анионным ПАВ, представляющим собой сульфатированное касторовое масло (LEUKONÖL LBA-2, ЕВРО КОЛОР, поверхностное натяжение – 41 мН/м, содержание сульфатов – 35 %), а также катионным в кислой среде N-окислом алкилдиметиламина (ОАДА): длина углеродной цепи последнего – $\text{C}_{12}\text{--C}_{16}$, активного вещества – 30 %, критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) – 0,1 %, поверхностное натяжение при ККМ – 30 мН/м. Выбор данных ПАВ обусловлен высокой растворимостью их в водных средах и наличием всесторонней информации о их свойствах.

Модификацию талька осуществляли по следующей методике: готовили водные растворы ПАВ с концентрацией 0,05–2 мас.%, в которые при перемешивании с помощью магнитной мешалки C-MAG HS 7 (IKA) по каплям вводили водную суспензию талька (соотношение объемов растворов и суспензий 1 : 2). При этом использовали нейтральный раствор LEUKONÖL LBA-2 и кислый раствор ОАДА с pH = 4,5. Температуру получения суспензии поддерживали в интервале 50–60 °С. После диспергирования суспензии оставляли стоять при периодическом перемешивании 24 ч для установления равновесия процесса. Осадки порошков после центрифугирования промывали в этиловом спирте и высушивали до постоянной массы при температуре 60 °С.

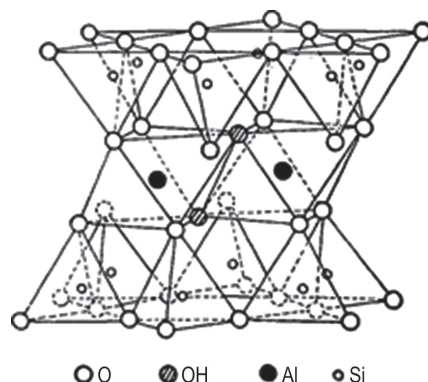


Рис. 1. Кристаллическая структура талька [1]

Fig. 1. Crystal structure of talc [1]

ИК-спектроскопические исследования талька проводили на ИК-спектрометре (Midas Corporation) с Фурье-преобразованием M 2000 Series фирмы MTDAC (США) в области $400\text{--}4\,000\text{ см}^{-1}$ с разрешением 4 см^{-1} . Зарегистрированные спектры обрабатывали с помощью программы Grams/32 фирмы Galactic (США).

Дериватограммы исследуемых образцов фиксировали на дериватографе Q 1500D (фирма MOM) в температурном интервале $293\text{--}173\text{ К}$ в воздушной атмосфере. Масса навески составляла 200 мг , скорость подъема температуры – 5 град/мин . В качестве эталона использовали прокаленный оксид алюминия марки «х. ч.».

Определение величины и знака электрокинетического потенциала частиц талька (ξ -потенциала) и электрофоретической подвижности (ЭФП) проводили на установке «Дзета-90». Диапазон измерения ξ -потенциала – $\pm 5\text{--}80\text{ мВ}$, погрешность измерений – $\pm 5\%$, длительность измерений – до 300 с , разрешающая способность в светлом поле – $3\text{--}50\text{ мкм}$, объем пробы – $5\text{--}50\text{ мл}$. Значение ξ -потенциала и ЭФП при этом определяли по формуле Гельмгольца – Смолуховского [9].

Эмульсии получали путем диспергирования ингредиентов на лабораторной диспергирующей установке ЛДУ-ЗМПР (Россия) в режиме работы диссольвера при скорости вращения ротора $1\,000\text{--}7\,000\text{ об/мин}$, используя методы и прямого и обратного эмульгирования. При этом исследовали влияние на эффективность эмульгирования, тип и устойчивость эмульсий концентрации исходного и модифицированного тальков. Во всех случаях применения для стабилизации эмульсий суспензий талька, приготовленных предварительно как в водной, так и углеводородной среде, были получены только обратные эмульсии вода–масло. В результате всех проведенных исследований были установлены оптимальные условия получения устойчивой к коалесценции и седиментации эмульсии Пикеринга эпоксидного олигомера в воде 2-рода: масляная фаза – разбавленная смола СНС-ЕРОХХ 530 ксилолом до 70% , водная фаза – суспензия талька в воде с концентрацией $6\text{ г/}100\text{ мл}$ (вода + масло), объемное соотношение фаз – $1 : 1$, время эмульгирования – 15 мин (введение суспензии талька в раствор смолы) при $7\,000\text{ об/мин}$ и температуре 293 К .

Для характеристики устойчивости эмульсий использовали эмульсионный индекс E_i [6]:

$$E_i = \frac{V_{em}}{V_{total}},$$

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

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

$$C_i = \frac{m_i}{V_w + V_{gm}},$$

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

Тип эмульсии определяли следующими методами: разбавлением капли эмульсии в пробирке с водой (если капля равномерно распределяется в воде, то это эмульсия масло–вода; капля эмульсии вода–масло в воде диспергироваться не будет); нанесением капли эмульсии на пластину, покрытую слоем парафина (если капля растекается по поверхности, то эмульсия обратного типа, если не растекается, то прямого).

Размеры капель дисперсной фазы эмульсий и их объемную локализацию исследовали с применением оптического микроскопа «Альтами МЕТ 1Д» с цифровой микрокамерой E3CMOS6300KPA (ООО «Альтами») при увеличении 200–2 000 крат. С целью формирования пленок эмульсии наносили на листы полиэтилена низкого давления марки 20808-024 (ОАО «Промпласт»), а затем полученные пленки отделяли от подложки для исследований. Процесс отверждения эмульсий проводили с использованием аминного аддукта Telalit 180. Покрытия получали на пластинах размером $100 \times 50 \times 2$ мм из стали марки Ст3 (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 ацетоном (АО «ЭКОС-1») в аппарате Сокслета. Твердость образованных покрытий измеряли с использованием твердомера МТЛ 2124 (ОАО «Точприбор»).

Результаты и их обсуждение. На приведенных ИК-спектрах исходного талька (рис. 2, *a*) – силиката со слоистым кремний-кислородным мотивом – зафиксированы полосы поглощения средней интенсивности в областях $3\,640\text{--}3\,680\text{ см}^{-1}$ и $1\,600\text{--}1\,700\text{ см}^{-1}$, присущих валентным и деформационным колебаниям структурных и адсорбированных ОН-групп. В более низкочастотной области наблюдается интенсивная при $1\,020\text{ см}^{-1}$ полоса, принадлежащая симметричным колебаниям ν_s Si–O и асимметричным ν_{as} Si–O–Si связей соответственно. Менее интенсивная полоса (при 670 см^{-1}) соответствует симметричным валентным колебаниям ν_s Si–O–Si. Ниже 500 см^{-1} проявляются полосы деформационных колебаний связей S–O–Si и Si–O–Me.

На ИК-спектрах модифицированного талька с применением LEUKONÖL LBA-2 (рис 2, *b*, *c*) и ОАДА (рис. 2, *d*) появляются новые полосы поглощения при $2\,910$ и $3\,048\text{ см}^{-1}$ (*b*, *c*) и при $2\,990$ и $2\,925\text{ см}^{-1}$ (*d*), присущие симметричным и асимметричным колебаниям CH_2 -групп углеродной цепи ПАВ, интенсивность которых возрастает до определенного предела с увеличением концентрации этих ПАВ в модифицирующей ванне (см. рис. 2, *b*, *c*). Все эти изменения могут свидетельствовать об адсорбции данных ПАВ поверхностью минерала.

Подтверждением этому служат также результаты дериватографического исследования (рис. 3) и данные измерения дзета-потенциала частиц талька (рис. 4). На рис. 3 зафиксировано смещение эндозффекта талька при $608\text{ }^\circ\text{C}$ в область более низких температур, рост потери массы образцов с увеличением концентрации анионного ПАВ в модифицирующей ванне. Такую же картину наблюдали на дериватограммах талька, обработанного ОАДА. Процесс модификации талька обоими ПАВ, как установлено, сопровождается монотонным снижением по абсолютной величине электрокинетического потенциала его частиц (рис. 4, кривые 1, 2), что может указывать на дополнительную гидрофобизацию поверхности минерала [10]. Полученные результаты позволяют высказать предположение о механизме адсорбции данных ПАВ тальком. Процесс адсорбции LEUKONÖL LBA-2 протекает преимущественно за счет Ван-дер-Ваальсового взаимодействия между гидрофобным радикалом углеродной цепи и базальной поверхностью адсорбента. Возможно также образование водородных связей с участие ОН-групп боковых граней талька с кислородом сульфогрупп анионного ПАВ (появление полос поглощения при $3\,555\text{ см}^{-1}$ и $3\,412\text{ см}^{-1}$) (см. рис. 2, *a*, *b*, *c*). Окись алкилдиметиламина, имея положительный заряд при атоме азота, наряду с дисперсионным взаимодействием его CH_2 -групп с базальной поверхностью данного минерала, способен также адсорбироваться и на боковой поверхности за счет электростатических кулоновских сил.

Полученные эмульсии Пикеринга эпоксидного олигомера, стабилизированные тальком, модифицированным LEUKONÖL LBA-2 концентрацией 0,5 %, во всех случаях были только 2-го рода (рис. 5). С увеличением содержания модифицированного талька их устойчивость увеличивается, достигая максимума при содержании его 6 г на 100 мл (масло + вода), о чем свидетельствует неизменность в течение продолжительного времени эмульсионного индекса эмульсий (рис. 5, кри-

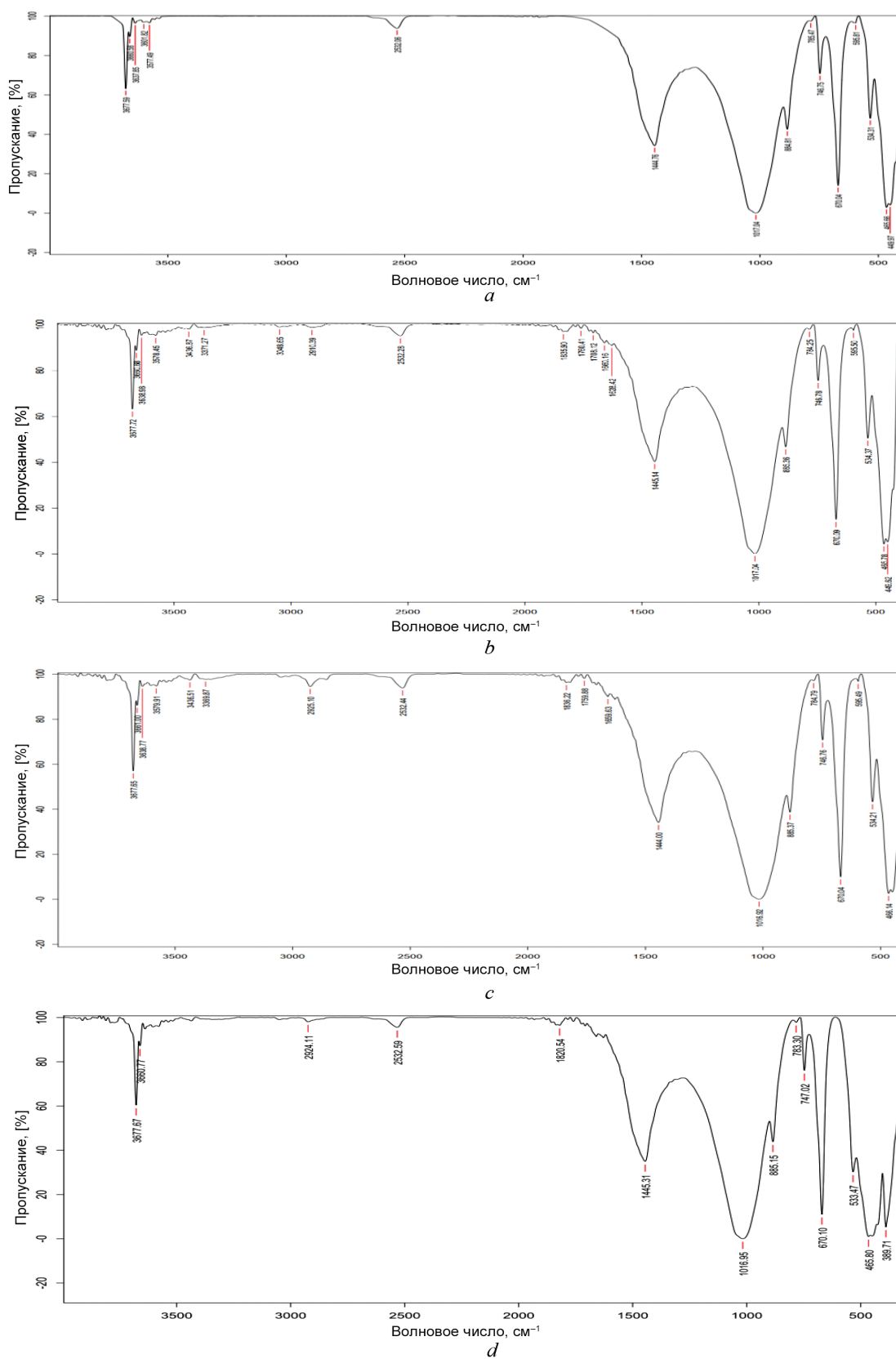


Рис. 2. ИК-спектры исходного талька (а), талька, модифицированного в ванне, содержащей 0,05 мас.% LEUKONÖL LBA-2 (b), 2 мас.% (c), талька, модифицированного в ванне, содержащей 0,05 мас.% N-окиси алкилдиметиламина (d).

Fig. 2. IR spectra of the original talc (a), talc modified in a bath containing 0.05 wt.% LEUKONÖL LBA-2 (b), 2 wt.% (c), talc modified in a bath containing 0.05 wt.% N-oxide of alkyldimethylamine (d).

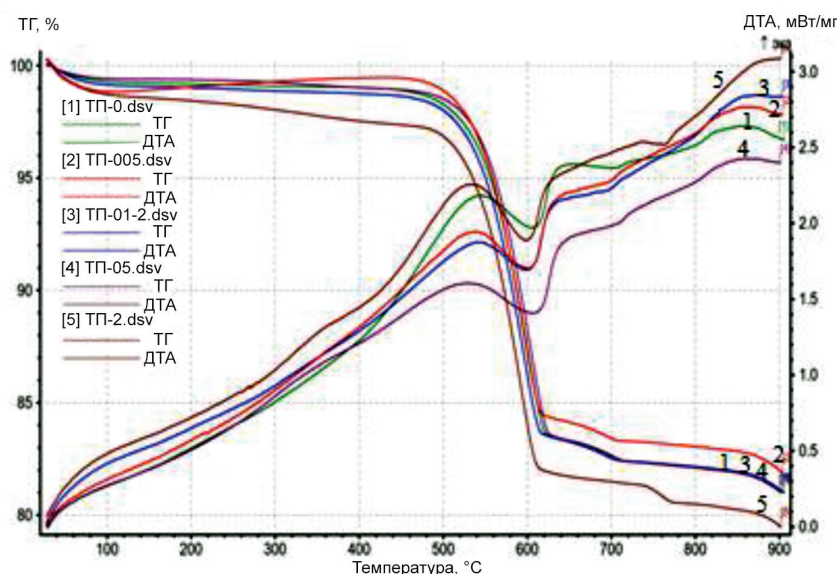


Рис. 3. Дифференциально-термические (ДТА) и термогравиметрические (ТГ) кривые талька, модифицированного LEUKONÖL LBA-2 различной концентрации: 1 – 0, 2 – 0,05, 3 – 0,1, 4 – 0,5, 5 – 2 %

Fig. 3. Differential thermal analysis (DTA) and thermogravimetric (TG) curves of talc modified with different concentrations of LEUKONÖL LBA-2: 1 – 0, 2 – 0.05, 3 – 0.1, 4 – 0.5, 5 – 2%

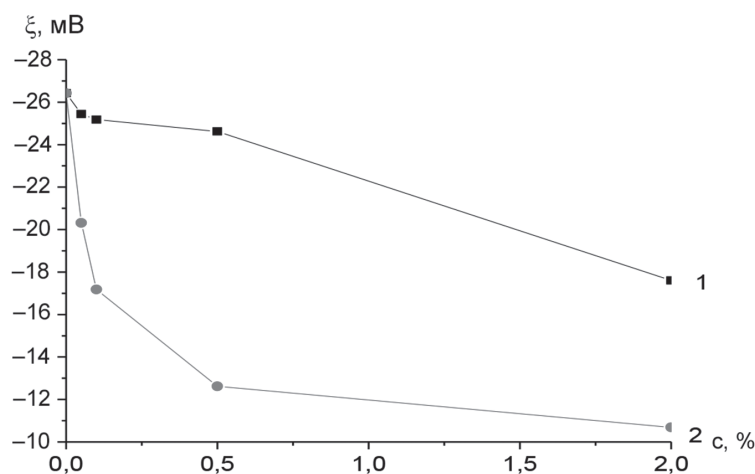


Рис. 4. Зависимость электрокинетического потенциала микрочастиц талька, модифицированного LEUKONÖL LBA-2 (1) и окисью алкилдиметиламина (2) с различной концентрацией их в модифицирующей ванне

вая 1). Подобную зависимость устойчивости к коагуляции эмульсий 2-го рода наблюдали и при изменении содержания в них талька, модифицированного ОАДА.

Несмотря на близкую по величине стабильность эмульсии 2-го рода, стабилизированные немодифицированным и модифицированным тальком, существенно различаются по своей структуре (рис. 6). Так, для эмульсий, стабилизированных не модифицированным (исходным) тальком, характерно наличие многочисленных капель дисперсной фазы круглой формы преимущественно размером 0,5–3 мкм (рис. 6, а) и небольшого количества образований более крупных размеров выпуклой шаровидной формы, напоминающей коллоидосомы размером 6–15 мкм, наблюдаемые при более высоком увеличении (рис. 6, б). Структура эмульсий, стабилизированных, в частности, тальком, модифицированным анионообменным ПАВ, является менее упорядоченной с высокой

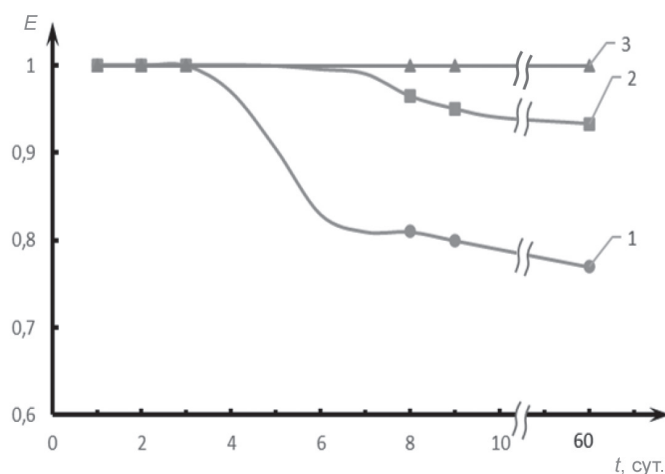


Рис. 5. Зависимость эмульсионного индекса от времени хранения эмульсии вода/масло с концентрацией эпоксидного олигомера 70 % от содержания модифицированного 0,5%-ным LEUKONÖL LBA-2 талька: 1 – 2, 2 – 4, 3 – 6 г / 100 мл

Fig. 5. Dependence of the emulsion index on the storage time of a water/oil emulsion with a concentration of epoxy oligomer of 70 % of the content of talc modified with 0.5 % LEUKONÖL LBA-2: 1 – 2, 2 – 4, 3 – 6 g / 100 ml

полидисперсностью и более высокой концентрацией капель размером 0,08–1 мкм, а также присутствием коллоидосом диаметром 4–30 мкм (рис. 6, *c, d*). Достаточно хорошую стабильность этих эмульсий, несмотря на наличие относительно высокой концентрации крупных капель, по-видимому, можно объяснить образованием микроэмульсий с размером капель 0,02–0,08 мкм, локализованных вблизи более крупных и препятствующих их коагуляции [11].

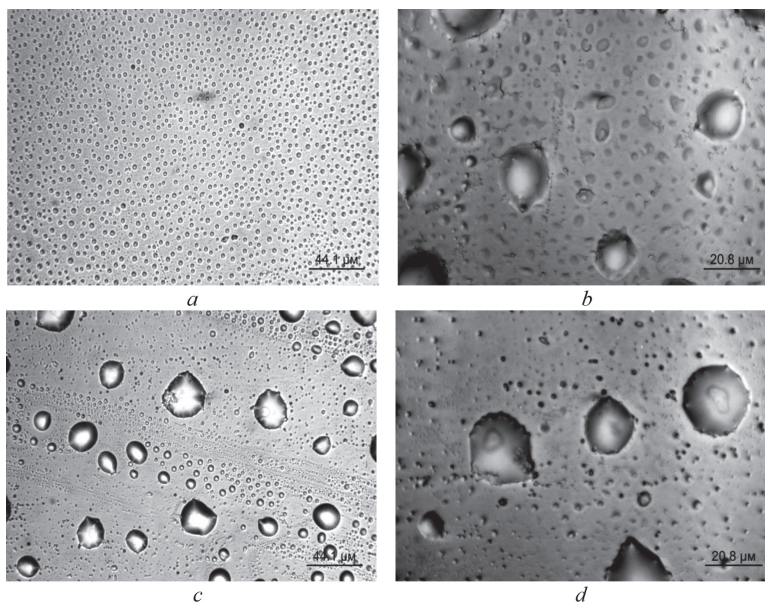


Рис. 6. Изображения эмульсии Пикеринга эпоксидного олигомера типа вода/масло, стабилизированной микрочастицами исходного талька (*a, b*) и модифицированного LEUKONÖL LBA с концентрацией 0,5 % (*c, d*). Содержание талька – 6 г/100 мл (масло + вода). Масляная фаза – 70%-ный раствор эпоксидного олигомера в ксилоле, время диспергирования – 15 мин при 7 000 об/мин⁻¹

Fig. 6. Images of the Pickering emulsion of a water/oil type epoxy oligomer stabilized with microparticles of the original talc (*a, b*) and modified with LEUKONÖL LBA at a concentration of 0.5% (*c, d*). Talc content – 6 g / 100 ml (oil + water). Oil phase – 70 % solution of epoxy oligomer in xylene, dispersion time – 15 min at 7 000 rpm

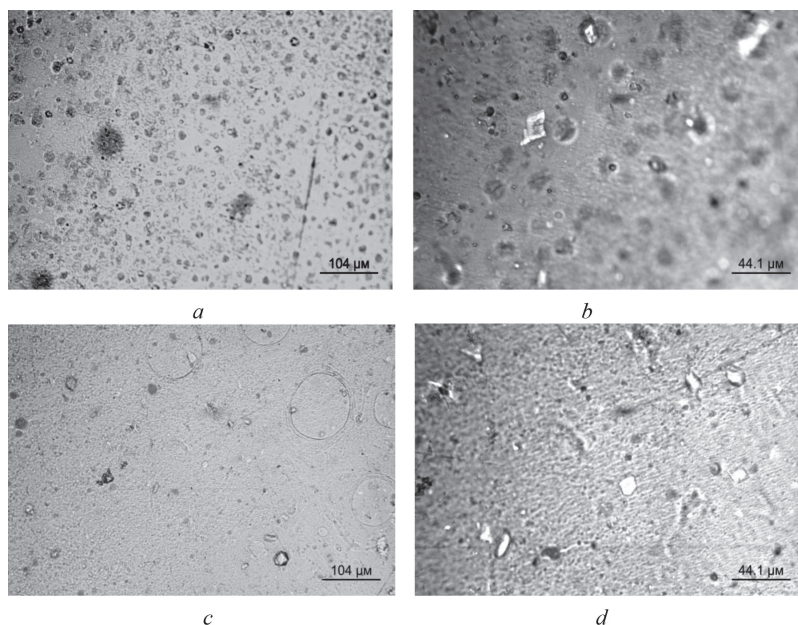


Рис. 7. Изображения пленок, полученных отверждением эмульсии Пикеринга эпоксидного олигомера 2-го рода в течение двух суток, стабилизированных немодифицированным тальком (*a, b*) и модифицированным LEUKONÖL LBA с концентрацией 0,5 % (*c, d*). Состав эмульсии: масляная фаза – 70%-я концентрация смолы CHS-EPOXX 530 в ксилоле, водная фаза – суспензия талька в воде концентрацией 6 г/100 мл (вода + масло), объемное соотношение фаз – 1 : 1

Fig. 7. Images of films obtained by curing Pickering's emulsion of an epoxy oligomer of the 2nd kind for 2 days, stabilized with unmodified talc (*a, b*) and modified LEUKONÖL LBA with a concentration of 0.5% (*c, d*). The composition of the emulsion: oil phase – 70 % concentration of CHS-EPOXX 530 resin in xylene, aqueous phase - suspension of talc in water with a concentration of 6 g/100 ml (water + oil), volume ratio of phases – 1 : 1

В процессе формирования пленок при отверждении эмульсий обоих видов отвердителем Tella-lit 180 структура эмульсий претерпевает существенные изменения (рис. 7, *a, b*). Так, на фотографии пленки отвержденной эмульсии, стабилизированной немодифицированным тальком, наблюдается наличие частиц, размером 4–17 мкм, несколько превышающих размеры капель эмульсий.

Структура пленок, полученных отверждением эмульсии Пикеринга 2-го рода, стабилизированной модифицированным тальком, значительно более однородная (рис. 7, *c, d*), не содержит микрочастиц с четкими межфазными границами и более крупных частиц, напоминающих коллоидосомы, что, по-видимому, вызвано либо снижением их размеров в результате испарения воды, либо частичным разрушением их при сшивке макромолекул эпоксидного олигомера. Есть все основания предполагать, что такая пленка будет обладать низкой пористостью и повышенными механическими свойствами. В некоторой степени это подтверждается данными таблицы, в которой приведены сравнительные величины степени отверждения эмульсий эпоксидного олигомера 2-го рода, стабилизированных немодифицированным и модифицированным тальками, а также адгезии и твердости получаемых покрытий на их основе.

Анализ таблицы свидетельствует о том, что проведенная модификация поверхности талька заметно улучшает условия пленкообразования при отверждении стабилизированных им эмульсий Пикеринга эпоксидного олигомера, что позволяет рекомендовать их в качестве пленкообразователей при разработке рецептур лакокрасочных покрытий, а также для инкапсулирования химически активных гидрофильных соединений (ингибиторы коррозии, интумесцентные добавки) с целью доставки в защитные покрытия и придания им свойств «самозалечивания».

Закключение. Разработана методика модифицирования талька анионо- и катионообменными ПАВ LEUKONÖL LBA и N-окиси алкилдиметиламина. На основании полученных данных с применением ИК-спектроскопии, дериватографии и дзета-метрии предложен вероятный механизм адсорбции данных ПАВ тальком. LEUKONÖL LBA может адсорбироваться преимущественно за

Свойства пленок, получаемых путем химической сшивки эмульсий Пикеринга 2-го рода, стабилизированных не модифицированным и модифицированным LEUKONÖL LBA тальком

Properties of films obtained by chemical crosslinking of Pickering 2-vegetable garden emulsion stabilized with unmodified and modified LEUKONÖL LBA talc

| Составы, мл | Степень отверждения пленок через двое суток при 20 °С, % | Степень отверждения пленок через 3 ч при 80 °С, % | Адгезия* покрытия, баллы | Твердость покрытия (отверждение при 293 К, двое суток), усл. ед. |
|--|--|---|--------------------------|--|
| Эмульсия, стабилизированная немодифицированным тальком, с концентрацией талька 6 г/100 мл; объемное соотношение эмульсия : отвердитель Telalit 180 = 1 : 1 | 77,15 | 81,47 | 1–2 | 0,58 |
| Эмульсия, стабилизированная модифицированным LEUKONÖL LBA тальком с концентрацией 6 г/100мл; объемное соотношение эмульсия : отвердитель Telalit 180 = 1 : 1 | 84,63 | 91,23 | 0–1 | 0,68 |

*Адгезию определяли методом решетчатых надрезов.

счет сил Ван-дер-Ваальсового взаимодействия между углеродным радикалом его углеродной цепи ПАВ и базальной гидрофобной поверхностью минерала, а также образованием водородной связи с участием ОН-групп боковой грани талька и сульфогрупп ПАВ. Адсорбция же окиси алкилдиметиламина протекает преимущественно на боковой грани талька благодаря электростатическому взаимодействию противоположно заряженных полярных групп адсорбата и адсорбента, а также дисперсионному взаимодействию CH_2 -групп углеводородной цепи с его базальной поверхностью. В обоих случаях это приводит к дополнительной гидрофобизации поверхности минерала.

С использованием модифицированных таким образом микрочастиц талька в качестве стабилизатора получены стабильные к коагуляции и седиментации эмульсии Пикеринга 2-ого рода эпоксидного олигомера при следующих условиях: масляная фаза – 70 % концентрация смолы СНС-ЕРОХХ 530 в ксилоле, водная фаза – суспензия талька, модифицированного 0,5%-ным раствором ПАВ с концентрацией его 6 г/100 мл (вода + масло), объемное соотношение фаз – 1 : 1, эмульгирование – в течение 15 мин при 293 К и скорости вращения ротора 7 000 об/мин.

Установлены существенные различия структуры эмульсий, стабилизированных модифицированным и немодифицированным тальками, по гранулометрическому составу, форме и локализации дисперсной фазы, влияющие на степень их химической сшивки с применением аминоксодержащего отвердителя и механические свойства образующихся пленок и покрытий.

Список использованных источников

1. Нуштаева, А. В. Стабилизация эмульсий микрочастицами талька / А. В. Нуштаева // Коллоид. журн. – 2019. – Т. 81, № 4. – С. 487–492. <https://doi.org/10.1134/S0023291219040104>
2. Тарасевич, Ю. И. Гидрофобность базальной поверхности талька / Ю. И. Тарасевич, Е. В. Аксененко // Коллоид. журн. – 2014. – Т. 76, № 6. – С. 526–532. <https://doi.org/10.7868/S0023291214040144>
3. Яковлева, А. А. Анализ методов повышения адсорбционной способности талька / А. А. Яковлева // Физико-химия поверхности и защита материалов. – 2019. – Т. 55, № 3. – С. 254–260. <https://doi.org/10.1134/S0044185619030288>
4. Mao, Zh. Molecular mimetic self-assembly colloidal particles / Zh. Mao, H. Xu., D. Wang // Adv. Funct. Mater. – 2010. – Vol. 20, № 7. – P. 1053–1074. <https://doi.org/10.1002/adfm.200902076>
5. Kruglyakov, P. A. About mechanism of foam stabilization by solid particles / P. A. Kruglyakov, S. I. Elaneva, N. G. Vilkova // Adv. Colloid Interface Sci. – 2011. – Vol. 165, iss. 2. – P. 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2011.02.003>
6. Нуштаева, А. В. Эмульсии, стабилизированные твердыми частицами / А. В. Нуштаева. – М.: Инфра-М, 2014. – 320 с.
7. Кошевар, В. Д. Стабилизация водной дисперсии эпоксидного олигомера микрочастицами органической природы / В. Д. Кошевар // Докл. НАН Беларуси. – 2014. – Т. 58, № 6. – С. 68–73.

8. Шинкарева, Е. В. Влияние адсорбции неионных ПАВ на стабилизирующую способность латексов при получении эпоксидных эмульсий / Е. В. Шинкарева, В. Д. Кошевар, О. А. Пликус // Журн. прикладной химии. – 2012. – Т. 85, № 8. – С. 1348–1355.
9. Фридрихсберг, Д. А. Курс коллоидной химии / Д. А. Фридрихсберг. – Л.: Химия, 1984. – 508 с.
10. Frelichowska, J. Effects of solid particle content on properties of o/w Pickering emulsions / J. Frelichowska, M. A. Bolzinger, Y. Chevalier // J. Colloid Interface Sci. – 2010. – Vol. 351, № 2. – P. 348–356. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2010.08.019>
11. Таубман, А. Б. Микроэмульсии и стабилизация эмульсий эпоксидной смолы поверхностно-активными веществами / А. Б. Таубман, Л. И. Перегудова // Коллоид. журн. – 1979. – Т. 41, № 4. – С. 604–608.

References

1. Nushtaeva A. V. Emulsion stabilization with talc microparticles. *Kolloidnyy zhurnal = Colloid journal*, 2019, vol. 81, no. 4, p. 425–430. <https://doi.org/10.1134/S1061933X19040100>
2. Tarasevich Yu. I., Aksenenko E. V. Hydrophobicity of talc basal surface. *Kolloidnyy zhurnal = Colloid journal*, 2014, vol. 76, no. 6, pp. 483–489. <https://doi.org/10.1134/S1061933X14040140>
3. Yakovleva A. A. Analysis of techniques for improving the adsorption capacity of talc. *Fizikohimija poverhnosti i zashhita materialov = Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 439–444. <https://doi.org/10.1134/S2070205119030286>
4. Mao Zh., Xu. H., Wang D. Molecular mimetic self-assembly colloidal particles. *Advanced Functional Materials*, 2010, vol. 20, no. 7, pp. 1053–1074. <https://doi.org/10.1002/adfm.200902076>
5. Kruglyakov P. A., Elaneva S. I., Vilkova N. G. About mechanism of foam stabilization by solid particles. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2011, vol. 165, iss. 2, pp. 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2011.02.003>
6. Nushtaeva A. V. *Emulsions stabilized by solid particles*. Moscow, Infra-M Publ., 2014. 320 p. (in Russian).
7. Koshevar V. D. Stabilization of water dispersion of an epoxy oligomer by microparticles of the organic nature. *Doklady Nacional'noj akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2014, vol. 58, no. 6, pp. 68–73 (in Russian).
8. 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. *Zhurnal prikladnoj himii = Russian Journal of Applied Chemistry*, 2012, vol. 85, no. 8, pp. 1282–1288. <https://doi.org/10.1134/S1070427212080241>
9. Friedrichsberg D. A. *Course of colloidal chemistry*. Leningrad, Khimiya Publ., 1984. 508 p. (in Russian).
10. Frelichowska J., Bolzinger M. A., Chevalier Y. Effects of solid particle content on properties of o/w Pickering emulsions. *Journal of colloid and interface science*, 2010, vol. 351, no. 2, pp. 348–356. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2010.08.019>
11. Taubman A. B., Peregudova L. I. Microemulsions and stabilization of epoxy resin emulsions with surface+-active substances. *Kolloidnyy zhurnal = Colloid journal*, 1979, vol. 41, no. 4, pp. 604–608 (in Russian).

Информация об авторах

Кошевар Василий Дмитриевич – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией. Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 9, корп. 1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: koshevar@igic.bas-net.by

Шкадретова Валентина Георгиевна – старший научный сотрудник. Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 9, корп. 1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: shgv@igic.bas-net.by

Письменская Александра Сергеевна – научный сотрудник. Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 9, корпус 1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: as.pismenskaya@mail.ru

Information about the authors

Koshevar Vasily D. – Dr. Sc. (Chemistry), Professor, Head. Laboratory. Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9, Surganov Str., building 1, 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: koshevar@igic.bas-net.by

Shkadretsova Valentina G. – Senior Researcher. Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9, Surganov Str., building 1, 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shgv@igic.bas-net.by

Pismenskaya Alexandra S. – Research. Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9, Surganov Str., building 1, 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: as.pismenskaya@mail.ru