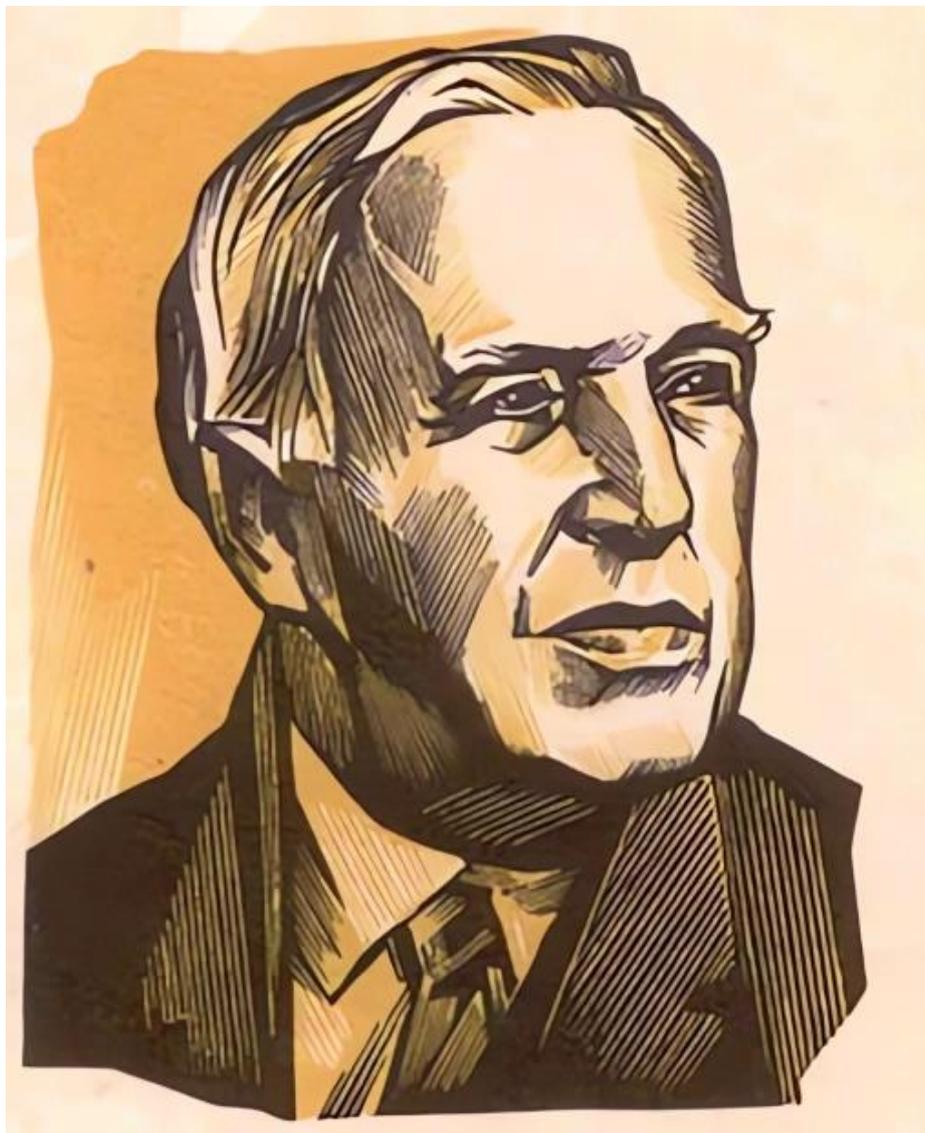


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Российская академия наук
Научный Совет РАН по физической химии

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук

Химический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова



**ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В
ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ»**

посвященная 125-летию со дня рождения выдающегося советского
ученого, академика АН СССР Петра Александровича Ребиндера

Москва, 2 – 6 ОКТЯБРЯ 2023 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Спонсоры конференции:



1.	Пленарная сессия	
	Ляхов Николай Захарович , Киселева Т.Ю., Григорьева Т.Ф., Девяткина Е.Т., Восмерилов С.В. Влияние жидких металлов на процессы механохимического синтеза в металлических системах	21
	Малкин Александр Игоревич Эффект Ребиндера: история, механизмы, кинетические закономерности	22
	Бойнович Людмила Борисовна Коллоидно-химические подходы к созданию современных противообледенительных покрытий	23
	Емельяненко Александр Михайлович, Бойнович Л.Б. Влияние диспергированных частиц на поверхностное натяжение, смачивание и растекание нанофлюидов	24
	Арсланов Владимир Валентинович От планарных организованных систем к везикулярным	25
	Агеев Алексей Игоревич, Осипцов А.Н. Гидродинамика вязкой жидкости вблизи супергидрофобной поверхности	26
2.	Общие вопросы коллоидной химии	
	Долинный Анатолий Иванович Формирование контакта между наночастицами золота на ранних стадиях быстрой коагуляции	28
	Воробьев Сергей Александрович, Флерко М.Ю., Сайкова С.В. Томашевич Е.В., Лихацкий М.Н. Получение, исследование и применение сверхконцентрированных золь наночастиц серебра	29
	Мартаков Илья Сергеевич , Михайлов В.И., Торлопов М.А., Легкий Ф.В., Васенева И.Н., Ситников П.А. Роль коллоидно-химических свойств наночастиц и гетероагрегатов в стабилизации эмульсий Пикеринга - перспективных систем доставки биологически активных веществ	30
	Данилов Егор Андреевич , Калякин Т.С., Дарханов Е.В., Самойлов В.М. Влияние состава дисперсионной среды на электропроводность и стабильность суспензий малослойных графеновых частиц в водноспиртовых средах	31
	Смыков Игорь Тимофеевич, Мягконосов Д.С. Кинетика ферментативного золь-гель перехода в дисперсных белковых пищевых системах	32
	Волкова Анна Валериевна , Белобородов А.А., Водолажский В.А., Голикова Е.В., Ермакова Л.Э. Влияние pH и концентрации индифферентного электролита на агрегативную устойчивость водного золя детонационного наноалмаза	33
	Куулар Виктор Игоревич , Алексенский А.Е., Чижикова А.С., Швидченко А.В., Стовпяга Е.Ю., Тудупова Б.Б., Жуков А.Н. Основные свойства гидрированных детонационных наноалмазов	34
	Совык Дмитрий Николаевич , Крылов Ю.М., Федорова И.А., Юров В.Ю., Рыжков С.Г., Савин С.С., Масалов В.М., Ральченко В.Г. Осаждение упорядоченных слоев наносфер SiO ₂ на алмазные подложки из суспензий в условиях акустического воздействия: влияние на размер	35

	доменов и образование дефектов	
	Кульвелис Юрий Викторович , Юдина Е.Б., Чижикова А.С., Устойчивость коллоидов детонационных наноалмазов в водно-солевых средах в присутствии поливинилпирролидона и ионов металлов	36
	Курьяков Владимир Николаевич Измерение численной концентрации стандартных образцов наночастиц методом ультрамикроскопии на приборе NP Counter	37
	Будков Юрий Алексеевич , Брандышев П.Е., Каликин Н.Н. Последовательная статистическая теория макроскопических сил в пространственно-неоднородных жидкостях	38
	Световой Виталий Борисович , Постников А.И., Уваров И.В. Измерение адгезии и дисперсионных сил между шероховатыми поверхностями методом залипшего кантилевера	39
	Филиппов Анатолий Николаевич О нарушении принципа взаимности Онзагера в случае ячеечной модели заряженной мембраны	40
	Кирш Василий Александрович Улавливание субмикронных аэрозольных частиц фильтрами из нановолокон	41
	Рудаковская Полина Григорьевна , Естифеева Т.М., Бармин Р.А., Калиниченко Г.Л., Горин Д.А. Микропузырьки – двухфазные материалы типа ядро–оболочка: синтез, исследование и применение	42
	Загайнов Валерий Анатольевич , Максименко В.В., Васянович В.Е., Аграновский И.Е., Чаусов В.Д., Загайнов Д.К. Распределение радиоактивной примеси на частицах нанометрового диапазона размеров	43
	Дадашев Райком Хасимханович Поверхностная активность компонента по П.А. Ребиндеру в многокомпонентных растворах	44
3	Современные аналитические методы для исследования поверхностных явлений в дисперсных системах	
	Гуськов Владимир Юрьевич Адсорбция энантиомеров на кристаллах с супрамолекулярной хиральностью	46
	Шарафутдинова Юлия Фанилевна , Ахатова Г.И., Гуськов В.Ю. Адсорбция энантиомеров на кристаллах гиппуровой кислоты, полученных в условиях созревания Виедмы с использованием градиента температур	47
	Шолохова Анастасия Юрьевна , Матюшин Д.Д. Количественные соотношения структура – хроматографическое удерживание как метод исследования межфазных процессов: программное обеспечение и оценка надежности результатов	48
	Голованова Ольга Александровна Термодинамическая модель кристаллизации солей кальция в присутствии органических примесей	49
	Воронюк Ираида Владимировна , Крылова А.Г., Берулина Л.В., Елисеева Т.В. Особенности сорбции фенольных и карбонильных соединений волокнистыми сорбентами в статических условиях	50

	Возняковский Алексей Александрович , Карманов А.П., Возняковский А.П., Подложнюк Н.Д., Кидалов С.В. Сорбционные свойства малослойного графена синтезированного в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в отношении радионуклидов	51
	Бардышев Иван Иванович Обнаружение слоистой структуры осадков при седиментации концентрированных дисперсий методом аннигиляционного гамма-зонда	52
4	Фундаментальные аспекты химии ПАВ: синтез, свойства, самосборка	
	Черникова Елена Вячеславовна , Плуталова А.В., Литманович Е.А., Богданова Ю.Г., Кожунова Е.Ю., Серхачева Н.С. Ионные и неионные амфифильные сополимеры: от синтеза сополимеров заданной микроструктуры цепи к возможным применениям	54
	Дементьева Ольга Вадимовна , Шишмакова Е.М. Мицеллы ПАВ как темплаты в синтезе функциональных наночастиц	55
	Чернышова Карина Фаритовна , Ревина А.А. (ИФХЭ РАН) Процессы самоорганизации наночастиц металлов в обратно мицеллярных растворах. Роль кислородных эффектов	56
	Разуваева Юлия Сергеевна , Кашапов Р.Р., Зиганшина А.Ю., Сапунова А.С., Волошина А.Д., Сальников В.В., Захарова Л.Я. Агрегационное поведение и солубилизационная способность полимер-коллоидных систем на основе виологеновых каликс[4]резорцинов и альгината натрия	57
	Звягина Александра Игоревна , Александров А.Е., Аверин А.А., Сенчихин И.Н., Соколов М.Р., Тамеев А.Р., Калинина М.А. Одностадийная самосборка мультикомпонентных ультратонких пленок из оксида графена и органических хромофоров на межфазной границе для фотовольтаических приложений	58
	Кузнецова Екатерина Владимировна , Атаманова А.А., Калинин К.Т., Чвалун С.Н. Исследование влияния концентрации стабилизатора на агрегативную устойчивость наночастиц на основе биоразлагаемого сополимера D,L-лактида и гликолида	59
	Завалюева Алина Сергеевна , Карпов С.И., Дубовицкая А.Н., Холявка М.Г. Влияние кверцетина на структурообразование Pluronic P123 в зависимости от состава водно-этанольного растворителя	60
	Чудин Андрей Алексеевич , Кудряшова Е.В. Применение систем обращённых мицелл ПАВ для сворачивания и определения каталитической активности галактонолактонооксидазы из <i>Tyranosoma cruzi</i>	61
	Горкина Татьяна Евгеньевна , Липин В.А., Пошвина Т.А. Влияние pH на процесс мицеллообразования между полиамфолитом и амфотерным ПАВ	62
	Постников Павел Сергеевич , Гусельникова О.А. Методы функционализации наноматериалов с использованием доноров арильных радикалов: фундаментальные основы и применение	63
	Калинина Мария Александровна Самосборка гибридных материалов на межфазных границах	64

	Нугманова Алсу Галимовна, Калинина М.А.	65
	Гибридные наноматериалы на основе порфириновых ПОВМОК и оксида графена для гетерогенного фотокатализа	
	Поповецкий Павел Сергеевич	66
	Обратные микроэмульсии н-ПАВ, органозоли металлов и проводящие покрытия на их основе	
	Крылов Даниил Игоревич, Ермакова Е.В., Арсланов В.В.	67
	Аналитические везикулярные структуры	
	Кангина Ольга Алексеевна, Чернышева М.Г., Бадун Г.А., Савицкая Т.А., Гриншпан Д.Д.	68
	Адсорбция анионных поверхностно-активных веществ на активированных углях, полученных из лигнина и модифицированных сульфатом ацетата целлюлозы	
	Соколов Максим Римович, Тумбинский К.А., Енакиева Ю.Ю., Япрынцеv А.Д., Ширяев А.А., Звягина А.И., Калинина М.А.	69
	Самосборка гибридных материалов из органических хромофоров и низкоразмерных неорганических частиц	
	Тумбинский Константин Алексеевич, Соколов М.Р., Калинина М.А.	70
	Функционализация наночастиц MoS ₂ поверхностными МОК на основе порфиринов для фотокаталитических приложений	
5	Смачивание, растекание и капиллярные явления	
	Емельяненко Кирилл Александрович, Емельяненко А.М., Бойнович Л.Б.	72
	Модификация смачивания для подавления коронного разряда на проводах	
	Яблоков Михаил Юрьевич, Кузнецов А.А.	73
	Смачиваемость и электретенные свойства обработанных в плазме полимерных материалов	
	Климов Виктор Викторович, Коляганова О.В., Брюзгин Е.В., Навроцкий А.В., Новаков И.А.	74
	Исследование стабильности супергидрофобных покрытий на основе сополимеров глицидилметакрилата и фторалкилметакрилатов	
	Рехвиашвили Серго Шотович, Сокуров А.А., Мурга З.В.	75
	Адгезионные характеристики малой капли на частично смачиваемой поверхности	
	Патлажан Станислав Абрамович, Вагнер С.А.	76
	Деформационные и структурные переходы композитных капель при течении в микроканале с резким сужением	
	Колбнева Наталья Юрьевна	77
	Влияние динамического поверхностного натяжения на капиллярные осцилляции заряженной капли полярной жидкости	
	Амелюшкин Иван Алексеевич, Кривошалова Е.В., Кудров М.А., Морозов А.О.	78
	Удар переохлажденных капель и кристаллов льда о нагретую поверхность, покрытую рельефом, содержащим в порах воздух	
	Ховенталь Петр Андреевич, Копаничук И.В., Кеворкянц Р.Э., Вишняков А.М.	79
	Молекулярная динамика для расчета межфазных натяжений в условиях нефтяного пласта	

6	Структурообразование в дисперсных системах	
	Ольхин Андрей Сергеевич , Вишняков А.М. Моделирование структуры и динамики пен на основе метода решеток Больцмана	81
	Шапагин Алексей Викторович , Плюснина И.О. Регулирование фазовой структуры в реактотермопластичной системе	82
	Баранник Александр Андреевич , Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Влияние концентрации $AgNO_3$ на процессы структурирования в гидрогелях на основе L-Cys, $AgNO_3$ RJ	83
	Стафеев И.А. , Ходан Анатолий Николаевич Нанофибриллы оксигидроксидов алюминия: феномен ID роста и формирования высокопористых монолитных 3D наноструктур	84
	Кузнецов Никита Михайлович , Ковалева В.В., Загоскин Ю.Д., Чвалун С.Н. Дисперсии целлюлозы в жидких диэлектрических средах как перспективные электрореологические жидкости	85
	Фомина Юлия Сергеевна , Загоскин Ю.Д., Григорьев Т.Е., Чвалун С.Н. Гидрогели на основе биосовместимых блок-сополимеров P(D,L)LA-PEG-P(D,L)LA.	86
	Молчанов Вячеслав Сергеевич , Глухова С.А., Филиппова О.Е. Инъектируемые гидрогели на основе сетки нанотрубок глины и полисахарида	87
	Шилова Ольга Алексеевна Структурообразование и кристаллизация в золь-гель системах на основе алкоксидов кремния и титана	88
	Постников Валерий Анатольевич , Кулишов А.А., Лясникова М.С., Юрасик Г.А., Степко А.С., Лебедев-Степанов П.В. Поверхностные свойства и зародышеобразование кристаллов линейных аценов и олигофениленов	89
	Исаков Николай Анатольевич , Белоусов М.В., Нижников А.А., Носков Б.А. Динамические свойства агрегатов купина-1.1 на водной поверхности	90
	Вышиванная Оксана Валентиновна , Тищенко Н.А., Безродных Е.А., Тихонов В.Е., Орлов В.Н., Шабельникова Я.Л., Благодатских И.В. Комплексообразование хитозана с анионным ПАВ и со слабой по кислотой в слабощелочной среде	91
	Зеников Герман Романович , Хижняк С.Д., Иванова А.И., Пахомов П.М. Влияние катиона на гидрогели состава "L-цистеин-нитрат серебра-сульфат-анион-хитозан"	92
	Чернышева Мария Григорьевна , Бадун Г.А., Чашин И.С., Анучина Н.М., Панченко А.В. Получение композита наноалмаз-лизозим-мирамистин и перспективы его использования в протезах сердечного клапана	93
	Филатова Любовь Юрьевна Супрамолекулярные ансамбли лизоцима и анионных блок-сополимеров PGLU-PEG	94
	Фомичева Ирина Игоревна , Ломовской В.А., Симонов-Емельянов И.Д. Локальные диссипативные явления в низкотемпературных отвердителях эпоксидных олигомеров	95

Чалых Анатолий Евгеньевич	97
Олигодиметилсилоксаны в качестве стабилизаторов полимерных суспензий	
Апель Павел Юрьевич	98
Применение ПАВ для управления формой микро- и нанопор при травлении треков тяжелых ионов в полимере	
Паширова Татьяна Никандровна, Шайхутдинова З.М., Татаринов Д.А., Мансурова М.Н., Казакова Р.Р., Богданов А.В., Ахунзянов А.А., Мифтахова Р.Р., Миронов В.Ф., Массон П.	99
Нанореакторы на основе амфифильных блоксополимеров – эффективные биомедицинские наноустройства для нейтрализации токсинов	
Кашапов Руслан Равилевич, Разуваева Ю.С., Зиганшина А.Ю., Сапунова А.С., Сальников В.В., Захарова Л.Я.	100
Разработка систем доставки лекарств с помощью супрамолекулярной самосборки каликс[4]резорцинов и полимеров	
Суворова Ольга Валентиновна, Павлов Ю.С., Высоцкий В.В.	101
ω -Фактор в практике радиационно-химического модифицирования полимерных материалов в обратноцеллюлярных системах	
Клямкин Семен Нисонович, Булычев Б.М	102
Получение водорода и эффект Ребиндера	
Фридман Александр Яковлевич, Цивадзе А.Ю., Новиков А.К., Полякова И.Я., Батищев О.В., Баринов Р.А., Бардышев И.И., Ташаев А.Б.	103
Композиции бактерицидных ПАВ для обеззараживания и переработки продуктов канализации	
Попырина Татьяна Николаевна, Минаева Е.Д., Минаев Н.В., Демина Т.С., Акопова Т.А.	104
Хитозан и его гидрофобизированные производные для получения микрочастиц из полилактида методом испарения из эмульсии масло/вода	
Ромашева Маргарита Максимовна, Демьянцева Е.Ю., Смит Р.А.	105
Влияние анионного поверхностно-активного вещества на характеристики целлюлозного материала из отходов сельского хозяйства	
Верещагин Анатолий Николаевич, Бардина М.А.	106
Бис- и трисчетвертичные аммониевые соединения. Поверхностно-активные вещества и антибактериальные агенты	
Проскурина Виктория Евгеньевна, Галяметдинов Ю.Г.	107
Флокулянты на основе магнетитов: синтез и свойства	
Мурашова Наталья Михайловна, Полякова А.С., Шарапова Е.К.	108
Экстрагент-содержащие микроэмульсии и их применение для выщелачивания цветных металлов	
Сафаров Фарит Эрикович, Телин А.Г., Фахреева А.В., Подлеснова Е.В., Овчинников К.А.	109
Стабилизация набухающих алюмосиликатных суспензий	
Демьянцева Елена Юрьевна, Смит Р.А., Якубова О.С.	110
Роль амфифильных соединений в производстве волокнистых полуфабрикатов	
Кушназарова Рушана Абдурашитовна, Миргородская А.Б., Кузнецов Д.М., Амерханова С.К., Васильева Э.А., Ленина О.А., Петров К.А., Захарова Л.Я.	111
Пиперидиниевые ПАВ с карбаматным фрагментом как основа для создания нанопестицидов	

	Кузьмин Андрей Олегович, Никитёнок А.В., Иванов Д.П., Бабушкин Д.Э.	112
	Сернокислотное алкилирование изоалканов олефинами в присутствии микроэмульсий по типу Винзор III	
8	Смачивающие пленки, структура и свойства межфазных границ	
	Носков Борис Анатольевич, Акентьев А.В., Быков А.Г., Миляева О.Ю.	114
	Дилатационная поверхностная реология водных дисперсий микро- и наноагрегатов белков	
	Быков Алексей Геннадьевич, Панаева М.А., Михайлов А.В., Носков Б.А.	115
	Коллапс монослоев легочных липидов	
	Иванов Владимир Александрович, Карпюк Е.А., Каргов С.И.	116
	Различные стационарные состояния при набухании сшитых полиэлектролитов: роль явлений на поверхности	
	Акентьев Александр Владимирович, Носков Б.А., Ротанова К.Ю.	117
	Пленки фибриллярных агрегатов БСА на водной поверхности	
	Миляева Ольга Юрьевна, Рафикова А.Р., Носков Б.А.	118
	Свойства пленок фибрина на границе жидкость-газ	
	Самсонов Владимир Михайлович, Романов А.А., Талызин И.В., Луцай А.В., Жигунов Д.В., Пуйтов В.В.	119
	Загадки поверхностной сегрегации в бинарных наночастицах Pt-Pd: молекулярная динамика и термодинамическое моделирование	
	Ломаев Степан Леонидович, Васильев Л.С.	120
	Зависимость структуры сегрегаций от избыточного объема межкристаллитных границ	
	Дударева Т.В., Красоткина Ирина Александровна, Никольский В.Г.	121
	Горбатова В.Н., Гордеева И.В., Горелышева Л.А.	
	Исследование влияния старения и группового химического состава битума на межфазное взаимодействие в асфальтовых вяжущих	
	Товбин Юрий Константинович	122
	Второе начало термодинамики и поверхностные характеристики дисперсных систем	
9	Применение физико-химической механики в технологии дисперсных систем и материалов	
	Дабига Ольга Николаевна, Шилова О.А.	124
	Механохимическое получение композитов поливиниловый спирт-карбоксиметилцеллюлоза	
	Масталыгина Елена Евгеньевна, Бровина С.Д., Трофимчук Е.С.	125
	Введение сульфата меди (II) в матрицу полимолочной кислоты методом силовой импрегнации	
	Попов Дмитрий Александрович, Ишутин А.В., Тимаков А.В.	126
	Механическое легирование и реакционная способность порошкообразного алюминия	
	Уракаев Фарит Хисамутдинович	127
	Механохимический синтез нанокompозитов с заданным составом добавкой растворителя прекурсоров	

Панфилов Петр Евгеньевич	129
Хрупкое разрушение ГЦК-металлов. Развитие транскристаллитных трещин в алюминии при жидкометаллическом охрупчивании	
Максименко Владимир Викторович, Загайнов В.А.	130
Роль сильной локализации электромагнитного поля в коррозии металла	
Чикова Ольга Анатольевна, Ванг Вейшу, Ли Шайлун	131
Конечно-элементный анализ механохимического взаимодействия жидких металлов со сталью	
Флягина Ирина Сергеевна, Малкин А.И.	132
Адсорбционное понижение прочности ионно-ковалентных твердых тел: физико-химические аспекты и компьютерное моделирование	
Скворцова Зоя Николаевна	133
Эффект Ребиндера в геологических процессах	
Кукушкин Сергей Арсеньевич	134
Хрупкое разрушение твердых тел – аналог фазового перехода первого рода	
Кабанова Анна Викторовна, Куклина А.А., Зайцев Д.В., Панфилов П.Е.	135
О влиянии жидкости на деформационное поведение дентина зубов человека	
Зайцев Дмитрий Викторович, Куклина А.А., Панфилов П.Е.	136
Влияние воды на прочностные свойства интактного и склерозированного дентина зубов человека	
Кравец Любовь Ивановна, Ярмоленко М.А., Рогачев А.В., Кувайцева М.А., Алтынов В.А., Гайнутдинов Р.В., Яблоков М.Ю.	137
Исследование устойчивости высоко- и супергидрофобных полимерных покрытий на поверхности трековых мембран	
Шаров Константин Игоревич, Шапагин А.В.	138
Влияние природы полимеров и их фазового состояния и поверхностных характеристик на силы электроадгезии	
Бардаханов Сергей Прокопьевич	139
Тонкие порошки, малые частицы, реология и сплошные среды	
Драник Мария Сергеевна, Ягудин Л.Д., Чижевская С.В., Жуков А.В.	140
Структура и свойства композиционных порошков «Zr-V ₄ C»	
Ягудин Леонид Дмитриевич, Драник М.С., Пономарчук А.А.	141
Структура и свойства механоактивированного Zr	
Чайникова Дарья Николаевна, Мушникова С.Ю., Парменова О.Н.	142
Испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии нержавеющей аустенитных сталей, полученных методом селективного лазерного сплавления	
Чхетиани Павел Даниелович	143
Некоторые аномальные явления, наблюдаемые при исследованиях трибохарактеристик жидкостей	
Степанов Сергей Всеволодович, Степанов И.С., Земская Л.И.	144
Оценка толщины фронта плавления льда, основанная на исследовании кинетики таяния ледяных шаров	
Беспалов Дмитрий Вячеславович, Голованова О.А.	145
Расчет структуры и ИК-спектра глицината магния методом функционала плотности	

Стеновые доклады

- Абатурова Нина Анатольевна**, Ломовской В.А, Ломовская Н.Ю., 147
 Галушко Т.Б.
 Релаксационные характеристики нанокompозитной структуры поливинилового спирт-серебро
- Абрамов Владислав Анатольевич**, Богданова С.А., Гатауллин А.Р., 148
 Галяметдинов Ю.Г.
 Полимерные гели, модифицированные углеродными наночастицами и неионогенными ПАВ
- Абушахманова Зубаржат Рафисовна**, Масталыгина Е.Е., Хайдаров Б.Б., 149
 Пантюхов П.В., Попов А.А.
 Изучение надмолекулярной структуры смесей полиэфинов и полиолефинов
- Аркадова Изабелла Геннадьевна**, Сыбачин А.В. 150
 Синтез наночастиц оксида церия на поверхности латекса, стабилизированного силанольными группами
- Архангельская Екатерина Александровна**, Малкин А.И. 151
 Кинетические модели роста трещин при жидкометаллическом охрупчивании
- Бадырова Наталия Моисеевна**, Ниндакова Л.О., Страхов В.О. 152
 Состав и свойства Со- и Fe-содержащих магнитных материалов
- Бондаренко Любовь Сергеевна**, Дзеранов А.А., Баймуратова Р.К., 153
 Джардималиева Г.И., Тропская Н.С., Кыдралиева К.А.
 Мицеллообразование в процессе сорбции левофлоксацина в присутствии металл-органического каркаса MIL-88b
- Борисов Кирилл Михайлович**, Музафаров А.М. 154
 Аэрогели с полыми кремнийорганическими частицами
- Брандышев П.Е., Будков Юрий Алексеевич** 155
 Применение теоремы Нетер для получения тензора механических напряжений в неоднородных ионных жидкостях
- Бровина Софья Дмитриевна**, Абушахманова З.Р., Гуйван М.Ю., 156
 Алексанова Е.А., Масталыгина Е.Е., Пантюхов П.В.
 Зависимость физико-механических свойств от состава смесей полиэтилена низкой плотности и поликапролактонана
- Будкина Виктория Алексеевна**, Юрк В.М., Маскаева Л.Н., Марков В.Ф. 157
 Особенности зарождения пленок PbSe при коллоидно-химическом осаждении
- Булатников Дмитрий Александрович** 158
 Механохимический синтез порошковой композиции «Al-2B-C» в присутствии эмульсии «ацетонитрил-гексан»
- Буняев Виталий Андреевич**, Чернышева М.Г., Бадун Г.А. 159
 Хитозан и сывороточный альбумин как модификаторы углеродных нанотрубок
- Мазур Д. А., **Васильева Виктория Александровна**, Будков Ю.А. 160
 Теория растворов электролитов в щелевой заряженной поре: эффекты структурных взаимодействий и специфическая адсорбция ионов
- Васильева Полина Андреевна**, Дмитриева И.Б. 161
 Коллоидные свойства дисперсии плодов софоры японской

Вовкотруб Полина Альбертовна , Ломовкин В.В., Рабчинский М.К., Столярова Д.Ю. Электрореологические свойства суспензии композита оксид графена-хитозан	162
Воробьёв Сергей Александрович , Томашевич Е.В., Борисов Р.В., Карачаров А.А., Карпов Д.В., Лихацкий М.Н., Михлин Ю.Л. Создание и исследование свойств коллоидных растворов наночастиц валлериита	163
Хассун О.А., Трушков Г.В., Миронюк В.Н., Гавриков Максим Владимирович , Смирнова А.И., Усольцева Н.В., Глуховской Е.Г Применение арахидиновой кислоты при формировании проводящих монослоев углеродных нанотрубок методом Ленгмюра-Блоджетт	164
Газарян Диана Андраниковна , Слепцова О.В. Особенности мицеллообразования в бинарных композициях Pluronic P123 и додецилсульфата натрия	165
Галеева Алия Ильгизовна , Селиванова Н.М., Галяметдинов Ю.Г. Особенности смачивания полупроницаемой мембраны ПАВ, содержащими лиотропные жидкие кристаллы на основе биополимера	166
Гвозденко Алексей Алексеевич , Блинов А.В., Голик А.Б., Рехман З.А., Колодкин М.А. Исследование влияния активной кислотности среды на стабильность наноэмульсии витамина А	167
Голованова Ольга Александровна , Киселев В.М. Закономерности образования гидроксипатита по данным фрактального анализа	168
Голубина Елена Николаевна , Каменский М.Н. Смачиваемость материала межфазных образований на основе d- и f-элементов	169
Голубитченко Тимофей Вениаминович , Красовский В.Г., Емельяненко К.А., Емельяненко А.М., Бойнович Л.Б. Изучение свойств низколетучих лубрикантов, перспективных для применения в скользких покрытиях	170
Городецкий Александр Ефимович , Маркин А.В., Буховец В.Л., Дубровин Е.В., Рыбкина Т.В., Залавутдинов Р.Х., Захаров Структурные превращения в пленках Al на R-сапфире в процессе удаления в вч-разряде в смеси H ₂ -N ₂	171
Горшкова Анна Ильинична , Нугманова А.Г., Калинина М.А. Супрамолекулярные гибридные фотокатализаторы на основе оксида графена и фталоцианината цинка	172
Данилов Егор Андреевич , Веретенников М.Р. Получение и коллоидно-химические свойства суспензий серебряных наночастиц методом полиольного синтеза	173
Джамбулатов Роман Суламбекович , Дадашев Р.Х., Элимханов Д.З. Поверхностное натяжение суспензии бентонита: методы и результаты исследования	174
Дзеранов Артур Альбертович , Бондаренко Л.С., Саман Д.Г., Джардималиева Г.И., Тропская Н.С., Кыдралиева К.А. Влияние условий синтеза на электрокинетические свойства наночастиц Fe ₃ O ₄ /АПТЭС	175
Ермолинский Виктор Григорьевич , Ковалева О.П. Целлюлозно-бумажное производство в рамках представлений физико-химической механики	176

Естифеева Татьяна Михайловна , Бармин Р. А. , Рудаковская П. Г., Нечаева А. М. , Ле-Дейган И., Горин Д. А. Методология характеристики сложной гетерофазной коллоидной системы – микропузырьки.	177
Завалюева Алина Сергеевна , Карпов С.И., Холявка М.Г., Дубовицкая А.Н., Кураева А.Е., Платова Ю.В. Изменение мезофаз Pluronic P123 в водных растворах в присутствии бутанола-1	178
Зайцева Елена Сергеевна , Товбин Ю.К. Моделирование равновесной формы малой капли на стенке щелевидной поры	179
Зефиров Вадим Викторович Формирование аэрогелей оксидов металлов в сверхкритическом диоксиде углерода	180
Иванова Ольга Петровна , Кривандин А.В., Пирязев А.А., Завьялов С.А. Рентгеноаморфная структура сульфида кадмия в нанокompозитах поли-п- ксилилен - сульфид кадмия	181
Иванова Ольга Петровна , Кривандин А.В., Пирязев А.А., Завьялов С.А. Формирование кристаллических структур сульфида кадмия в пленках поли-п-ксилилен–сульфид кадмия	182
Каликин Николай Николаевич , Будков Ю.А. Теория самосогласованного поля растворов полиэлектролитов в заряженных нанопорах	183
Каратышова Татьяна Яковлевна , Миронюк В.Н., Гавриков М.В., Пресняков К.Ю., Бурмистрова Н.А., Глуховской Е.Г. Применение ПАВ в получении полианилиновых пленок	184
Кириш Александр Александрович Об электрическом механизме разрушения металла при ударе твердой заряженной частицей	185
Клепикова Мария Алексеевна , Ключникова Н.В., Городов С.И. Влияние комплексонов на коллоидно-химические процессы, протекающие при производстве моющих средств	186
Клименко Инна Валерьевна , Трусова Е.А., Афзал А.М. Физико-химические особенности бескислородного графена, полученного сонохимическим методом в N,N-диметилформамиде и его смеси с водой	187
Клименко Инна Валерьевна , Лобанов А.В. Стабилизация тетрапирролов вспомогательными веществами	188
Коваленко Анастасия Сергеевна , Николаев А.М., Шилова О.А. Исследование устойчивости гидрозолей магнитных наночастиц оксидов железа	189
Кожевников Иван Сергеевич , Богословский А.В. Камертонные вискозиметры для контроля структурообразования в дисперсных системах, применяемых в технологиях повышения нефтеотдачи	190
Кожевникова Наталья Сергеевна , Маскаева Л.Н., Еняшин А.Н., Марков В.Ф. Коллоидно-химический механизм формирования тонких пленок сульфида кадмия	191
Козлова Марина Михайловна , Марков В.Ф., Маскаева Л.Н. Окислительная деструкция ионообменных смол КУ-28 и АВ-178 с использованием процесса Фентона	192

Колбнева Наталья Юрьевна	193
Влияние эффекта релаксации вязкости на электромагнитное излучение осциллирующей заряженной капли	
Колмакова Анастасия Алексеевна, Баранчиков А.Е., Колмаков А.Г.	194
Влияние условий получения гидрофобного кремнийорганического пористого материала на его структуру	
Колобов Юрий Романович	195
Влияние модификации приповерхностных слоев на формирование структуры и механических свойств объемных поли- и субмикроструктурных металлических материалов	
Колосова Ольга Юрьевна, Лозинский В.И.	196
Влияние добавок фенольной природы на физико-химические свойства криогелей поливинилового спирта	
Костыро Яна Антоновна	197
Исследование гелеобразования в технологии получения лекарственной формы «АГСУЛАР® ГЕЛЬ 1.5%»	
Котова Ольга Александровна	198
Исследование растекания эвтектического расплава «Ga-In-Sn» по межфазной поверхности «Al-Al ₂ O ₃ »	
Кочегаров Сергей Сергеевич	199
Влияние коррозии под напряжением на развитие макропластических неустойчивостей	
Кравченко Виталий Сергеевич, Портнов И.В., Потёмкин И.И.	200
Компьютерное моделирование самоорганизации смесей катионных и анионных ПАВ	
Кравчинский Дмитрий Михайлович, Карцева М.Е.	201
Плазмонные наночастицы ядро/оболочка с привитым флуорофором: коллоидно-химический синтез и управление эмиссией	
Кузина Екатерина Андреевна, Емельяненко А.М., Бойнович Л.Б.	202
Получение стойких супергидрофобных покрытий на поверхности краски, нанесенной на углепластик и алюминий	
Кузнецов Денис Михайлович, Кузнецова Д.А., Валеева Ф.Г., Захарова Л.Я.	203
Дизайн новых биамфифильных ПАВ на основе катиона морфолина и додецилсульфат-аниона	
Куксенова Лидия Ивановна, Савенко В.И.	204
Физико-химическое влияние среды на деформацию и разрушение поверхностных слоев металлов при трении	
Курьяков Владимир Николаевич	205
Измерение критической концентрации мицеллообразования sodium cocoyl glutamate и sodium lauroyl glutamate оптическим методом	
Курьяков Владимир Николаевич	206
Особенности фазового поведения наноразмерных водных дисперсий нормальных алканов	
Кушназарова Рушана Абдурашитовна, Амерханова С.К., Васильева Э. А., Кашапова Н.Е., Волошина А.Д., Зуева И.В., Петров К.А., Захарова Л.Я.	207
Модификация поверхностных свойств липосом для стабилизации дисперсных систем: in vitro и in vivo исследования	
Лебедев-Степанов Петр Владимирович	208
Применение данных по диамагнитной восприимчивости в расчетах константы Гамакера для простых и сложных веществ	

Легкий Филипп Васильевич , Ситников П.А., Торлопов М.А., Удоратина Е.В., Ушаков Н.В. Свойства эмульсий нефти в воде, стабилизированных нанокристаллами хитина	209
Ломовкин Владислав Вадимович , Вовкотруб П.А., Рабчинский М.К., Столярова Д.Ю. Реологические особенности термостатированных водных суспензий оксида графена	210
Майорова Оксана Александровна , Савельева М.С., Гусякова О.И., Пластун В.О., Прихожденко Е.С. Эмульсионные микрогели с мукоадгезивными свойствами для внутрипузырной доставки лекарств	211
Максименко Владимир Викторович , Загайнов В.А. Локализация ЭМ поля в системе складок эвтектики In+Ga и эффект Ребиндера на поверхности алюминия	212
Малинкина Ольга Николаевна , Шмаков С.Л., Шиповская А.Б. Сорбция паров воды и термодинамика растворения L- и D-аскорбата хитозана	213
Неласов Иван Викторович , Манохин С.С., Озерский А.В., Седов И.В., Колобов Ю.Р. Экспериментальное исследование материала конвертора (сплава системы Fe-Cr-Al) после эксплуатации в условиях высокотемпературной некаталитической конверсии углеводородных газов	214
Миронюк Владислав Николаевич , Касаткина М.А., Каратышова Т.Я., Гавриков М.В., Смирнова А.И., Усольцева Н. В., Глухов Влияние кислотности субфазы на формирование плавающих слоев производных порфирина	215
Михеев Иван Владимирович , Ратова Д.-М.В., Чермашенцев Г.Р., Проскурнин М.А. Диализная очистка оксида графита как способ регулирования про-/антиоксидантной активности	216
Мишина Елизавета Сергеевна , Ложечко Е.А., Мурашова Н.М. Обратные микроэмульсии додецилсульфата натрия, содержащие HCl, для химического полирования стали	217
Нгуен Хю Тунг , Черякова Е.И., Мурашова Н. М. Микроэмульсии лецитина с олеиновой кислотой и маслами тропических растений для медицинского применения	218
Неласов Иван Викторович , Манохин С.С., Седов И.В., Колобов Ю.Р. Компьютерное моделирование и экспериментальное исследование влияния сегрегации легирующих элементов в границах зерен сплава системы Fe-Cr-Al на формирование комплексов с кислородом и водородом	219
Нечаев Илья Игоревич , Миргород Ю.С., Мустафаев Э.Т., Гомзяк В. И. Исследование радикальной полимеризации виниловых мономеров в присутствии сверхразветвленного полиэфирполиола Boltorn orn	220
Никулова Ульяна Владимировна , Чалых А.Е. Прогнозирование фазовых равновесий и структурообразование полимер-полимерных систем	221
Омран Фади Шауки , Каминский В.В., Емельяненко К.А., Емельяненко А.М., Бойнович Л.Б. Влияние биологической загрязненности медных поверхностей с экстремальным смачиванием на их антибактериальные свойства	222

Павлова Екатерина Юрьевна, Дмитриева И.Б., Чухно А.С. Определение средних констант диссоциации активных центров гемоглобина по адсорбции протонов и гидроксид-ионов	223
Пальцев Олег Сергеевич, Пигарева В.А., Марина В.И., Лукьянов Д.А., Сыбачин А.В. Тройной комплекс поликатион/полианион/Ag ₂ O как перспективный материал для создания покрытий с двойным биоцидным действием	224
Панфилов Петр Евгеньевич, Коровин Р.Д., Кабанова А.В., Меженев М.Е., Кочанов А.Н., Зайцев Д.В. О влиянии воды на развитие трещин в горных породах различного генезиса	225
Парамонова Надежда Дмитриевна, Данилов Е.А. Эволюция макроскопических свойств системы в процессе золь-гель синтеза прекурсора керамики системы цирконата-титаната свинца	226
Петров Михаил Павлович, Везо О.С., Войтылов В.В., Войтылов А.В., Трусов А.А. Рефракция и рассеяние света в водных золях алмаза	227
Петрова М.В., Майорова Лариса Александровна, Агеева Т.А., Койфман О.И. Реакция порфирина кобальта с поли-4- винилпиридином в наноструктурированных слоях на границе раздела вода-воздух	228
Подолкина Елена Алексеевна, Ханина М.А., Лежнина М.Г., Афанасьев А.О. Адсорбция фенолов из водных растворов на активном угле Мекс-О	229
Поздин Андрей Владимирович, Маскаева Л.Н. Влияние природы подложки на топологию тонкопленочных слоев PbS	230
Полунина Ирина Александровна, Дзарданов Д.В. Влияние ПАВ на биологическую эффективность эмульсий гербицида	231
Пономаренко Артем Дмитриевич, Колосов Д.А., Хасбиуллин Р.Р., Шапагин А.В. Регулирование теплостойкости и физико-механических свойств эпоксидов, модифицированных полисульфоном и активным разбавителем	232
Рехман Зафар Абдулович, Блинова А.А., Блинов А.В., Гвозденко А.А., Голик А.Б. Исследование влияния активной кислотности среды и ионной силы на стабильность наночастиц селена, стабилизированных KOLIPHOR HS 15	233
Романовская Галина Ивановна, Королева М.В. Новые супрамолекулярные структуры на основе аквазолой серебра и ионных поверхностно-активных веществ	234
Рошин Дмитрий Евгеньевич, Торкунов М.К., Шиянова К.А., Патлажан С.А. Влияние ультразвука на суспензионную полимеризацию – эксперимент и моделирование	235
Сальникова У.Н., Бельцева Анастасия Викторовна, Маскаева Л.Н., Марков В.Ф. Дзета-потенциал коллоидных наночастиц PbS при гидрохимическом синтезе	236
Саман Даниель Георгиевич, Дзеранов А.А., Бондаренко Л.С., Тропская Н.С., Кыдралиева К.А. Влияние поверхностных модификаторов на дзета-потенциалы наночастиц магнетита	237

Самотина Ирина Юрьевна, Кущев П.О., Шестаков А.С.	238
Получение и свойства микрогелевых дисперсий поли- изопротилакриламида	
Самсонов Владимир Михайлович, Сдобняков Н.Ю., Богданов С.С.,	239
Талызин И.В., Васильев С.А., Романов А.А., Савина К.Г., Базулев А.Н.	
О проблеме стабильности наночастиц: термодинамическое и атомистическое моделирование	
Сергеев Марк Вячеславович, Никитин К.К., Чурилина Е.В., Никулин	240
С.С.	
Сравнительная оценка коагулирующей способности катионных полиэлектролитов на основе N,N-диаллил-N,N-диметиламмонийхлорида в процессах выделения эмульсионных каучуков	
Сокуров Аслан Артурович	241
Программный комплекс для моделирования равновесных капиллярных поверхностей	
Стешенко Арсений Андреевич, Мурашова Н.М.	242
Применение многофакторных экспериментов для изучения микроэмульсий додецилсульфата натрия	
Сызранцев Вячеслав Валерьевич, Гацаев З.Ш., Висханов С.С.	243
Анализ влияния наночастиц SiO ₂ на реологию суспензий ксантановой камеди	
Тарарушкин Евгений Викторович	244
Молекулярно-динамическое моделирование взаимодействия лигносульфоната с поверхностью тоберморита	
Токарев Павел Олегович, Мурашова Н.М.	245
Применение микроэмульсий додецилсульфата натрия для синтеза наночастиц ZnO из гальванических шламов	
Точиллов Дмитрий Михайлович, Слепцова О.В.	246
Роль полимерного ПАВ в процессе синтеза микрогеля поли-N- винилкапролактама	
Цивадзе А.Ю., Фридман Александр Яковлевич, Новиков А.К. ,	247
Полякова И.Я., Баринов Р.А., Бардышев Р.А., Ташаев А.Б.,	
Композиции амфортерных и бактерицидных ПАВ из гидролизатов белоксодержащих отходов для бытовых моющих средств	
Фридман Александр Яковлевич, Цивадзе А.Ю., Новиков А.К., Полякова	248
И.Я., Баринов Р.А., Бардышев И.И., Ташаев А.Б.	
Композиции ПАВ со свойствами комплексонов	
Фролова Мария Аркадьевна, Соколова Ю.В., Айзенштадт А.М. (САФУ	249
им. М.В. Ломоносова)	
Структурообразование в дисперсной системе "глинистый грунт - карбидный ил"	
Чалых Анатолий Евгеньевич, Шульгин А.В., Грицкова И.А.	250
Коллоидно-химические свойства блоксополимеров полиэтиленоксида и полипропиленоксида	
Чижикова Анастасия Сергеевна, Юдина Е.Б., Panich A.M., Salti M.,	251
Shames A.I., Алексенский А.Е., Вуль А.Я.	
Алмазные наночастицы с поверхностью, модифицированной ионами марганца	
Чуйков Никита Сергеевич, Ермакова Л.Э., Волкова А.В.	252
Коагуляция гидрозоля положительно заряженного детонационного алмаза в растворах NaCl	

Чхетиани Павел Даниелович	253
Вискозиметр "кольцевая пята - подпятник" для исследований пленок жидкостей толщиной ~10 мкм и давлениях 0,5 мПа	
Шипенок Ксения Михайловна, Луговицкая Т.Н., Шиповская А.Б.	254
Процессы структурообразования при получении наночастиц L- и D-аспарагината хитозана	
Широкова Людмила Николаевна, Александрова В.А.	255
Наночастицы серебра в обращенных мицеллах, стабилизированные карбоксиметилхитином	
Ширяева Ольга Андреевна, Звягина А.И., Капитанова О.О., Калинина М.А.	256
Низкоразмерные сенсорные платформы на основе фотокаталитически-активных фталоцианинов для анализа 3,3',5,5'-тетраметилбензидина методом гигантского комбинационного рассеяния	
Шэнь Тяньи, Чернышева М.Г., Бадун Г.А.	257
Адсорбция ванкомицина на наноалмазах детонационного синтеза. Влияние pH и ионной силы раствора	
Яблоков Михаил Юрьевич, Лушников А.А.	258
Электромагнитный механизм эффекта Ребиндера для металлов	

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

ПЛЕНАРНАЯ СЕССИЯ

**ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ МЕТАЛЛОВ НА ПРОЦЕССЫ
МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА
В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ¹**

**Ляхов Н.З.¹, Киселева Т.Ю.², Григорьева Т.Ф.¹, Девяткина Е.Т.¹,
Восмериков С.В.¹**

¹*ИХТТМ СО РАН, Россия 630090, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18;*

²*МГУ им. М.В. Ломоносова, Физический факультет, Россия 119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, 1*

e-mail: grig@solid.nsc.ru

Известно, что жидкие металлы являются самыми эффективными поверхностно-активными веществами по отношению к твердым металлам, они проникают по границам зерен поликристаллов, что резко снижает прочностные характеристики последних, вследствие чего работа разрушения металла в контакте с расплавом снижается в сотни раз, обеспечивая высокие скорости формирования «свежей» поверхности у твердофазного компонента.

В металлических системах с отрицательными энтальпиями смешения образуются интерметаллические соединения (ИМС) на границе раздела реагирующих металлов. При механической активации вследствие трения образующийся интерметаллид удаляется с поверхности твердого металла, образуя вновь свежую поверхность, по которой может растекаться жидкий металл с образованием ИМС. Таким образом, в связи с существенным понижением работы разрушения твердого металла в присутствии жидкого скорость химического взаимодействия возрастает на несколько порядков. Так, например, при механохимическом взаимодействии меди с жидким галлием образование CuGa_2 заканчивается в течение 1 мин, в то время как без механической активации процесс длится несколько суток.

Для систем с отрицательными энтальпиями смешения было изучено механохимическое взаимодействие жидкого галлия и его эвтектик с индием и оловом с медью, никелем, железом и чрезвычайно химически инертными металлами спутниками платины – Ir, Ru, Rh.

Известно, что в ходе механической активации могут формироваться пары «твердый–жидкий металл», у которых температуры плавления ниже 400 °С. Были изучены процессы механохимического синтеза в системах взаимодействующих металлов Cu, Ni, Fe с In, Sn, Bi.

В несмешиваемых металлических системах механическая активация твердого металла в присутствии жидкого приводит к формированию структур «ядро-оболочка», где жидкий металл может покрывать поверхность твердого толщиной в несколько атомных слоев, как было показано для систем Cu–Bi, Fe–Bi, Fe–In.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (Рег. № 121032500062-4)

ЭФФЕКТ РЕБИНДЕРА: ИСТОРИЯ, МЕХАНИЗМЫ, КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

Малкин А.И.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 31, корп. 4
e-mail: mlkn@list.ru*

Исследования эффекта Ребиндера – адсорбционного понижения прочности твердых тел (АПП), – имеют многолетнюю историю. Тем не менее, существующие представления о механизмах АПП далеки от завершенности. Индикатором принципиальной возможности проявления эффекта является снижение поверхностной энергии межфазной границы «твердое тело – среда». Однако простейшую термодинамическую трактовку, основанную на хорошо известном соотношении Гриффитса, можно признать удовлетворительной лишь при идеально хрупком разрушении. В подавляющем же большинстве случаев разрушение в контакте с адсорбционно-активными средами имеет квазихрупкий характер, причем вклад пластической деформации в работу разрушения многократно превышает величину свободной поверхностной энергии. Кроме того, кинетика разрушения при АПП имеет ряд специфических особенностей и существенно отличается от кинетики разрушения в неактивных средах. В связи с этим возникает вопрос о причинах снижения работы пластической деформации и механизмах разрушения при адсорбции активных компонентов среды.

Обзор содержит краткий экскурс в историю развития исследований АПП, анализ общих закономерностей и современных представлений о механизмах эффекта. Обсуждаются дислокационные сценарии зарождения и роста трещин, сценарии избирательного растворения и зернограничного смачивания при механических нагрузках. Рассматриваются результаты квантово-химического моделирования влияния адсорбции некоторых атомных и ионных группировок на деформационные характеристики и энергию активации разрыва межатомных связей в кластерах силикатов и полимеров. Подробно анализируются кинетические закономерности роста трещин в условиях проявления АПП и математические модели, объясняющие вид и количественные характеристики кинетических диаграмм разрушения.

КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ¹

Бойнович Л. Б

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фrumкина РАН, Ленинский пр., д. 31,
корп. 4, 119071 Москва, Россия
e-mail: boinovich@mail.ru

Несмотря на значительный прогресс фундаментальных исследований в области физики атмосферного обледенения или революционные изменения в современных материалах и покрытиях, достигнутые благодаря развитию нанотехнологий и синтетической химии последнего времени, проблема надежной защиты от атмосферного обледенения остается актуальной темой науки о поверхности. Недавние исследования, использующие коллоидно-химические подходы [1,2], позволили, с одной стороны, добиться прорыва в создании эффективных противообледенительных покрытий [3]. С другой стороны, для материалов, работающих в открытых атмосферных условиях, удалось достичь прогресса в понимании фундаментальных защитных механизмов, позволяющих подавлять накопление атмосферных осадков [4–5]. В данном обзорном докладе рассматриваются основные коллоидно-химические механизмы противообледенительной активности материалов, представлен анализ сильных и слабых стороны таких механизмов и обсуждены направления будущих исследований и перспективы практического применения разработанных покрытий.

Литература

1. Емельяненко К.А. и др. Обзор современного состояния исследований адгезионных явлений на границах твердых тел с твердыми и жидкими водными средами // Коллоид. журн. 2022. Т. 84. № 3. С. 274–300.
2. Емельяненко А.М. Супергидрофобные материалы и покрытия: От фундаментальных исследований до практических приложений // Коллоид. журн. 2022. Т. 84. С. 375–379.
3. Boinovich L.B. et al. *Modus Operandi* of Protective and Anti-Icing Mechanisms Underlying the Design of Longstanding Outdoor Icephobic Coatings // ACS Nano. 2019. V. 13. P. 4335–4346.
4. Boinovich L.B. et al. Superhydrophobic versus SLIPS: Temperature dependence and the stability of ice adhesion strength // J. Colloid Interface Sci. 2022. V. 606. P. 556–566.
5. Emelyanenko K.A. et al. Disjoining pressure analysis of the lubricant nanofilm stability of liquid-infused surface upon lubricant depletion // J. Colloid Interface Sci. 2022. V. 618. P. 121–128.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 23-73-30004.

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ЧАСТИЦ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ, СМАЧИВАНИЕ И РАСТЕКАНИЕ НАНОФЛЮИДОВ¹

Емельяненко А. М., Бойнович Л. Б

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фrumкина РАН, Ленинский пр., д. 31,
корп. 4, 119071 Москва, Россия
e-mail: ame@phychе.ac.ru

Диспергирование мелких частиц обеспечивает недорогой и удобный способ значительно улучшить различные функциональные свойства базовой жидкости. Нанодисперсии могут быть использованы для решения различных производственных и технических задач, таких как повышение эффективности систем теплоснабжения, охлаждение электрооборудования, опреснение воды, управление тепловыми режимами химических процессов и электронных устройств, повышение нефтеотдачи и т.д. Хотя исследования влияния дисперсных частиц на поверхностные явления в наносистемах проводятся более 30 лет, вследствие ряда факторов задача последовательного и согласованного описания поведения нанофлюидов, по-видимому, останется в центре внимания ученых в ближайшие десятилетия. Сложность изучаемых систем пока не позволяет рассматривать *влияние частиц на свойства поверхностей* как четко определенное, не до конца ясной остается *роль межчастичного взаимодействия* в реологическом поведении нанофлюидов. Продолжение работ по *анализу распределения и агрегации частиц, возникающих при движении линии трехфазного контакта*, имеет важное значение для более полного описания поведения растекания нанофлюидов по твердым поверхностям. Численные и аналитические модели для прогнозирования поведения наножидкостей на подложках *с иерархической шероховатостью* еще предстоит разработать и адаптировать для лучшего воспроизведения структуры и течения реальной сложной жидкости. Наконец, *практическое применение нанофлюидов для решения многочисленных задач* требует дальнейшей работы.

В докладе будет представлен краткий обзор недавно опубликованных результатов, имеющих общее значение для понимания процессов, происходящих при смачивании и растекании наножидкостей по различным поверхностям, а также механизмов, определяющих эти процессы.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 21-13-00293.

ОТ ПЛАНАРНЫХ ОРГАНИЗОВАННЫХ СИСТЕМ К ВЕЗИКУЛЯРНЫМ¹

В.В. Арсланов¹

ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;

E-mail: vladimir.arslanov@gmail.com

Обсуждаются особенности сборки и свойства «мягких» организованных систем с пониженной размерностью: планарные - монослои и пленки Ленгмюра-Блоджетт; везикулярные - ниосомы и липосомы. Рассмотрены переходы между этими мембранными системами, сыгравшие ключевую роль в добиотических процессах, которые привели к зарождению жизни на Земле.

Представлены первые результаты сравнительных исследований ленгмюровских монослоев бинарных и тройных (с холестерином) смесей неионогенных ПАВ и ниосомальных структур, собранных из тех же материалов. Показано, что системы, демонстрирующие высокую совместимость неионогенных ПАВ в монослоях, формируют ниосомы повышенной стабильности. В связи с этим отмечено, что наряду с критическим параметром упаковки и ГЛБ, для оптимизации состава везикулярных структур и предсказания их свойств следует использовать термодинамические параметры монослоев.

Идентичная динамическая природа нековалентных взаимодействий и аналогия в поведении систем двух типов использованы для разработки адаптивных ансамблей. Показано, что структурная близость пленок и оболочек везикул отражается в проявлении ими особых свойств, характерных для организованных систем.

На примере органических рецепторов, иммобилизованных в планарных и везикулярных сенсорных системах, продемонстрировано повышение селективности связывания аналитов при переходе от растворов к этим низкоразмерным организованным структурам.

Отмечено, что большое разнообразие необычных явлений, наблюдаемых на поверхности раздела с водными средами, может подчиняться различным механизмам, что часто делает интерпретацию экспериментальных данных сложной задачей.

Уникальные свойства организованных систем могут быть использованы для разработки интеллектуальных материалов и устройств в различных областях, таких как органический синтез, сенсорика, контролируемая доставка, самовосстанавливающиеся материалы и др.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант № 19-73-20236

ГИДРОДИНАМИКА ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ ВБЛИЗИ СУПЕРГИДРОФОБНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Агеев А.И., Осипцов А.Н.

*НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова, 119192, г. Москва, Мичуринский проспект, д. 1
e-mail: aaageev@mail.ru*

Доклад посвящен обзору теоретических результатов, полученных авторами в НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова. В первой части представлены решения задач макрогидродинамики на супергидрофобной поверхности (СГП) с заданным условием проскальзывания Навье: о растекании пленки вдоль горизонтальной стенки от локализованного источника массы жидкости, поступающей в пленку; стекании ручейка по наклонной СГП; эволюции тонкого слоя на поверхности горизонтального цилиндра в поле силы тяжести [1, 2]. Полученные решения для формы поверхности слоя жидкости и геометрии пятна смачивания представляют удобный инструмент для экспериментального определения тензора скольжения разных типов СГП, а также объяснения свойств СГП.

Во второй части доклада представлены решения ряда задач микрогидродинамики ньютоновской жидкости вблизи прямоугольных каверн полосчатой СГП, частично либо полностью заполненных газовыми пузырьками. Для анализа рассматриваемых течений разработан вариант метода граничных элементов для двумерных течений, описываемых уравнениями Стокса в областях с составными граничными условиями, содержащими участки прилипания жидкости и нулевых касательных напряжений на поверхности пузырьков. Рассмотрены задачи о сдвиговом течении жидкости вблизи полосчатой СГП, а также стационарном и пульсирующем течении в плоском канале, образованном полосчатыми СГП [1]. Численно исследовано количественное и качественное влияние геометрических параметров каверн, кривизны и положения поверхности газовых пузырьков в кавернах, а также пульсаций внешнего течения на осредненные параметры СГП. Полученные результаты могут быть использованы для объяснения наблюдаемого в экспериментах снижения трения, как в стационарных, так и пульсирующих, в том числе турбулентных потоках вдоль СГП.

Работа выполнена по госбюджетному плану МГУ имени М.В. Ломоносова.

Литература

1. А.И. Агеев, А.Н. Осипцов // Коллоидный журнал. 2022. 84(4). С. 380.
2. А.И. Агеев, А.Н. Осипцов // Письма в ЖЭТФ. 2023. 118(3-4). С. 171.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

ФОРМИРОВАНИЕ КОНТАКТА МЕЖДУ НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА НА РАННИХ СТАДИЯХ БЫСТРОЙ КОАГУЛЯЦИИ

Долинный А. И.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4
e-mail: dolinnyi@mail.ru*

Стабильность дисперсных систем является центральной темой коллоидной химии. Значительные экспериментальные и теоретические усилия были направлены на ее всестороннее исследование, и важные результаты о природе сил, действующих между частицами дисперсной фазы, о режимах коагуляции и константах скоростей, о структуре образующихся агрегатов, о влиянии концентрации и валентности электролита и т.д., были получены. Несмотря на достигнутый прогресс, некоторые принципиальные вопросы о процессе агрегации остаются нерешенными. К таковым относится и формирование перманентного контакта между частицами в агрегате.

Цель данной работы – сконструировать инструмент для измерения расстояний в нанометровом диапазоне длин и с его помощью определить расстояние между парой частиц на ранних стадиях быстрой коагуляции. Для конструирования мы воспользовались особенностями оптических свойств плазмонно-резонансных наночастиц (НЧ) золота, а именно: появлением двух полос поглощения при формировании асимметричных кластеров при соединении двух сферических частиц и зависимостью положения низкоэнергетической полосы поглощения от расстояния между частицами. С привлечением обобщенной теории Ми рассчитаны спектры экстинкции димеров золота. На основании данных расчета построена “плазмонная линейка”, которая позволяет по сдвигу продольной (низкоэнергетической) тполосы плазмонного резонанса для димеров относительно таковой для индивидуальных частиц определять межчастичные расстояния. Применив плазмонную линейку к данным эксперимента по коагуляции золей, впервые определено расстояние между НЧ в димерах. Так, 46-нм частицы золота оказываются разделенными прослойкой раствора электролита толщиной 1.3–2 нм. Таким образом, на начальных стадиях быстрой коагуляции золей золота, когда процесс развивается как бимолекулярная реакция, НЧ, образующие димеры, не находятся в непосредственном контакте.

В рамках расширенной теории устойчивости ДЛФО, в которой наряду с ван-дер-ваальсовыми и электростатическими действуют и гидратационные силы, проведены расчеты энергии взаимодействия НЧ золота. Установлено, что можно подобрать вполне разумные значения параметров для последних сил (радиус затухания и силу взаимодействия), которые приводят к появлению на потенциальных кривых взаимодействия НЧ вторичного минимума глубиной несколько kT на расстояниях между поверхностями НЧ, сопоставимых с полученными в нашем эксперименте,

ПОЛУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ЗОЛЕЙ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА¹

**Воробьёв С.А.¹, Флерко М.Ю.¹, Сайкова С.В.^{1,2}, Томашевич Е.В.¹,
Лихацкий М.Н.¹**

¹*ИХХТ СО РАН, Россия 660036, г. Красноярск, Академгородок, д.50, стр. 24*

²*СФУ, Россия 660041, г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79*

e-mail: yekspatz@ya.ru

Наночастицы серебра могут быть использованы в производстве оптических и плазмонных устройств, химических и биологических сенсоров, катализаторов, антибактериальных материалов, чернил для 3D печати, функциональных композитных материалов и многого другого. Между тем, типичная концентрация для коллоидных растворов редко превышает 0.1 г/л, что сильно осложняет массовое производство и практическое применение наночастиц. В данном исследовании был изучен процесс восстановления в контролируемых условиях водных растворов нитрата серебра смесью цитрата натрия и сульфата железа (II) с образованием наночастиц металлического серебра. Было установлено, что однородные по размеру 5 нм наночастицы металлического серебра образуются при минимальном молярном отношении $\text{AgNO}_3:\text{FeSO}_4:\text{Na}_3\text{Cit}$ более 1.0:1.6:3.2. Кроме того были найдены условия и методы, позволяющие максимально «глубоко» очистить золи, не вызывая деструкции и агрегации частиц. Данная методика заключалась в осаждении гидрозолей растворами Na_3Cit (0.3 М), фильтровании осадка через фильтр PTFE и редиспергировании частиц в деионизованной воде, операцию повторяли 3-4 раза. Также предложена деионизация с одновременным использованием слабых ионитов в «Н» и «ОН» формах. Очищенные таким образом частицы могли быть растворены в минимальном объеме воды с образованием гидрозолей с концентрацией серебра до 2400 г/л. По данным UV-VIS, DLS, XPS и TEM агрегация частиц в данных концентрированных растворах не наблюдалась по крайней мере на протяжении 3 недель.

Был изучен процесс экстракции полученных наночастиц в фазу оксилола с использованием цетилтриметиламмоний бромид и найдены оптимальные условия процесса, позволяющие получить органозоли серебра с концентрацией металла до 1800 г/л, выдерживающие многократные циклы высушивания и растворения. Показаны некоторые аспекты практического использования концентрированных золей серебра.

¹ *Работа выполнена при финансовой поддержке базового проекта ИХХТ СО РАН FWES-2021-0014 и Федеральной программы "Приоритет 2030" с использованием оборудования Красноярского регионального центра коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО РАН.*

РОЛЬ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ И ГЕТЕРОАГРЕГАТОВ В СТАБИЛИЗАЦИИ ЭМУЛЬСИЙ ПИКЕРИНГА – ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ДОСТАВКИ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ¹

**Мартаков И.С., Михайлов В.И., Торлопов М.А., Легкий Ф. В.,
Васенева И.Н., Ситников П.А.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 167000, Россия, г. Сыктывкар, ул.
Первомайская, д. 48. e-mail: gmartakov@gmail.com*

В работе получен ряд микроэмульсий типа масло-в-воде, стабилизированных частицами различной природы. Эмульсии отличаются физической стабильностью и устойчивостью к расслоению в течение длительного времени. Показано, что коллоидно-химические свойства наночастиц-стабилизаторов играют важную роль в формировании эмульсий и значительно влияют на их характеристики. Управление зарядом поверхности частиц позволяет регулировать размер капель эмульсий, заряд их поверхности и вязкость систем. Стабилизация эмульсий гетероагрегатами частиц позволяет придать новые свойства эмульсиям, (магнитные, сорбционные и др.), избежать использование электролитов [1]. Исследованные исходные наночастицы и эмульсии, стабилизированные ими нетоксичны. Показана высокая эффективность доставки витамина D₃ и его положительное влияние на различные биохимические показатели у лабораторных крыс [2]. На модели лабораторных мышей с индуцированной нейродегенерацией продемонстрирована возможность предотвращения нарушения когнитивных способностей посредством доставки донепезила включенного в эмульсию. Водорастворимый гидрохлорид донепезила показал низкую эффективность. Таким образом, путем настройки поверхностных свойств наночастиц показаны широкие возможности регулирования свойств эмульсий Пикеринга, а также перспективность таких систем в биомедицинских приложениях.

Литература

1. Mikhaylov V.I., Torlopov M. A., Vaseneva I. N., Sitnikov P. A. Magnetically controlled liquid paraffin oil-in-water Pickering emulsion stabilized by magnetite/cellulose nanocrystals: Formation and Cr(VI) adsorption // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2021. V. 622. P. 126634.
2. Паршукова О. И., Потолицына Н. Н., Иванкова Ж. Е., Алисултанова Н. Ж., Вахнина Н. А., Каликова Л. Б., Третьякова А. М., Черных А. А., Шадрин В. Д., Бойко Е. Р. Монооксид азота в плазме крови крыс линии «вистер» при хроническом введении витамина D₃ // Ульяновский медико-биологический журнал. 2023. №1. С. 155-164.

¹ Исследование поддержано Российским научным фондом (проект № 19-73-10091) (<https://rscf.ru/project/19-73-10091/>).

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ СУСПЕНЗИЙ МАЛОСЛОЙНЫХ ГРАФЕНОВЫХ ЧАСТИЦ В ВОДНОСПИРТОВЫХ СРЕДАХ

Данилов Е.А., Калякин Т.С., Дарханов Е.В., Самойлов В.М.

*АО «НИИГрафит», 111524, г. Москва, ул. Электродная, 2
e-mail: danilovegor1@gmail.com*

Методы получения электропроводящих суспензий графеновых частиц с использованием вариаций способа Хаммерса с последующим восстановлением, либо прямой жидкофазной эксфолиации графита подробно описаны в литературе [1], однако вопрос подбора подходящей дисперсионной среды, обеспечивающей сложный баланс технологичности процесса и оптимальных электрофизических свойств получаемых суспензий - нельзя считать решенным.

В большинстве работ основное внимание уделяется вопросам влияния поверхностного натяжения среды на количество слоев получаемых малослойных графеновых частиц [2]. В ограниченном числе работ рассмотрен вопрос влияния условий получения суспензии и ее концентрации на электропроводность и устойчивость [3].

В настоящем докладе приводятся результаты комплексного исследования процессов получения суспензий малослойных графеновых частиц методом прямой ультразвуковой эксфолиации в смесях вода-этиловый спирт и вода-этиленгликоль. Установлено, что значение поверхностного натяжения дисперсионной среды, близкое к 46-48 мН/м обеспечивает наибольшую скорость диспергирования и устойчивость суспензий. Показано, что удельная электропроводность суспензий сложным образом зависит от концентрации дисперсной фазы (в чистом этиленгликоле минимум наблюдается в области концентраций 2-6 мг/мл), причем удельная электропроводность суспензии в целом коррелирует с вероятностью межчастичных контактов, однако при данной концентрации дисперсной фазы в области низких концентраций также сильно зависит от диэлектрической проницаемости среды. Также рассмотрено влияние вязкости среды и наличия стабилизатора (карбоксиметилцеллюлоза).

Литература

1. Xu Y., Cao H., Xue Y., Li B., Cai W. // *Nanomaterials*. 2018. 8. №11. С.942.
2. Griffin A., Nisi K., Pepper J., Harvey A., Szydłowska B.M., Coleman J.N., Backes C. // *Chemistry of materials*. 2020. 32. №.7. С. 2852–2862.
3. Данилов Е.А., Самойлов В.М., Калякин Т.С., Шахназарова А.Б., Находнова А.Б. // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2022. 22. № 4. С. 453-465.

КИНЕТИКА ФЕРМЕНТАТИВНОГО ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПЕРЕХОДА В ДИСПЕРСНЫХ БЕЛКОВЫХ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ

Смыков И.Т., Мягконосов Д.С.

Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия - филиал
Федерального научного центра пищевых систем РАН, 152613, Россия, Углич,
Красноармейский бульвар, 19. E-mail: i_smykov@mail.ru

Конверсия белковой коллоидной дисперсии в трёхмерный континуум является основой технологий производства многих пищевых систем [1]. Для этого используются ферментные препараты различного происхождения, обладающие похожими, но всё-таки различными биохимическими свойствами, влияющими на микроструктуру и кинетику образующегося геля (Рис.1). Для оценок влияния вида молокосвёртывающего ферментного препарата на реологические свойства молочного геля (Рис.2) в работе использовались ферментные препараты животного, растительного и микробиального (ГМО) происхождения.

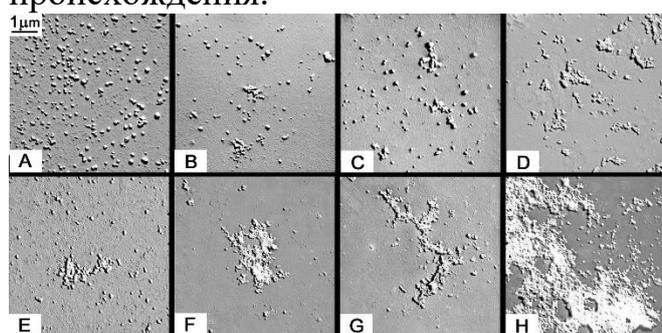


Рис. 1. Процесс формирования белкового геля

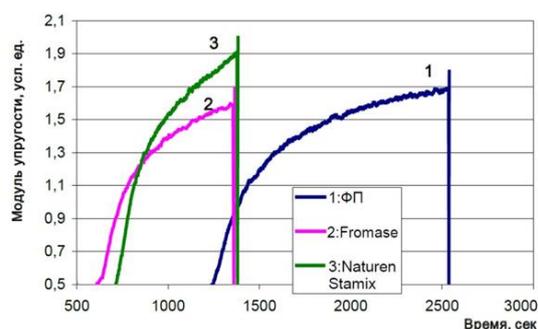


Рис. 2. Изменения модуля упругости геля

Определено, что при использовании одного и того же ферментного препарата, но в разных дозах и условиях, значение модуля упругости геля к моменту его технологической готовности, было практически одним и тем же. При использовании ферментных препаратов других видов, внесённых в эквивалентных дозах, значения модуля упругости геля к моменту его технологической готовности отличаются на 10–15 % в ту или другую сторону, что является неприемлемым с точки зрения производства. Однако различия во влиянии ферментных препаратов различных видов носят систематический характер, т. е. каждому виду препарата присуще определённое специфическое влияние. При этом у каждого вида препарата своя специфика микроструктурирования. Таким образом, значение модуля упругости, характерное для момента технологической готовности белкового геля, для каждого ферментного препарата будет специфичным.

1. I.T. Smykov (2020) Nanotechnology in Dairy Industry: Benefits and Risks, pp. 226-277 in book: The ELSI Handbook of Nanotechnology. New York, USA, Wiley-Scrivener, 468 P.

ВЛИЯНИЕ pH И КОНЦЕНТРАЦИИ ИНДИФФЕРЕНТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА НА АГРЕГАТИВНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ВОДНОГО ЗОЛЯ ДЕТОНАЦИОННОГО НАНОАЛМАЗА¹

**Волкова А.В., Белобородов А.А., Водолажский В.А., Голикова Е.В.,
Ермакова Л.Э.**

*СПбГУ, Россия 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб. 7-9;
e-mail: anna.volkova@spbu.ru*

Открывающиеся перспективы успешного применения частиц детонационного алмаза (ДНА) в биомедицине благодаря их уникальной биосовместимости и низкой цитотоксичности обуславливают значимость и актуальность исследования процессов структурообразования в водных дисперсиях наноалмазов в зависимости от факторов, определяющих возможность получения агрегативно устойчивых нанозолей ДНА, а также их стабильность и функциональные свойства при введении в организм.

В связи с вышесказанным в данной работе изучалось влияние концентрации индифферентного электролита (NaCl) и pH (4 – 11.5) на агрегативную устойчивость разбавленного $((2.76 \pm 0.94) \times 10^{10}$ частиц/см³) гидрозоль ДНА (порошок ДНА получен при детонации тетрила) с помощью методов турбидиметрии и ДРС. Исследование морфологии и состава поверхности частиц ДНА были изучены методами СЭМ, ИК-Фурье спектроскопии, КРС, РФЭС. Исследуемый золь был полидисперсен с наиболее вероятным размером первичных агрегатов порядка 130 нм, тогда как средний размер первичной частицы ДНА, найденный из величины удельной поверхности (270 м²/г), составил 6.3 нм. Изоэлектрическая точка (ИЭТ) частиц ДНА лежит при pH 7.5. Пороги медленной и быстрой коагуляции положительно заряженного золь ДНА при pH 5.8 составили 1.05×10^{-3} М и 6.7×10^{-3} М, соответственно. Установлено, что основной вклад в устойчивость гидрозоль ДНА вносит ионно-электростатическая составляющая энергии парного взаимодействия частиц. При pH > pH_{ИЭТ} агрегативная устойчивость исследуемых золь ДНА, по-видимому, также определяется уменьшением вклада структурной составляющей вследствие разрушающего действия щелочи на протяженность граничных слоев воды у поверхности частиц.

В рамках классической и расширенной теории ДЛФО проведен расчет энергии парного взаимодействия частиц ДНА с учетом полидисперсности исходного золь и немонолитности первичных агрегатов.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда, проект № 23-23-00333. Исследования проведены с использованием оборудования Ресурсных центров Научного парка СПбГУ.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ГИДРИРОВАННЫХ ДЕТОНАЦИОННЫХ НАНОАЛМАЗОВ¹

**Куулар В.И.¹, Алексенский А.Е.¹, Чижикова А.С.¹, Швидченко А.В.¹,
Стовпяга Е.Ю.¹, Тудупова Б.Б.¹, Жуков А.Н.²**

¹ ФТИ им. А. Ф. Иоффе, 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26;

² СПбГУ, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7-9;

e-mail: kdm-333@mail.ru

Возможность гидрирования поверхности наноалмазов детонационного синтеза (ДНА) представляет особый интерес благодаря появлению новых свойств, например, образование гидроксильных радикалов под действием рентгеновского излучения [1]. Гидрированные ДНА обладают положительным поверхностным зарядом, что предполагает наличие противоионов OH^- в двойном электрическом слое при взаимодействии с O_2 в воде. В результате можно сделать предположение о проявлении им основных свойств и определить ДНА как анионообменник при взаимодействии с водой, что ведет к возможности замены гидроксид-ионов другими отрицательно заряженными ионами.

Таким образом, целью данной работы является изучение взаимодействия гидрированного ДНА с кислотами и солями для оценки его основных и анионообменных свойств.

В ходе работы показано, что порошок детонационного наноалмаза, отожженный в молекулярном водороде, содержит карбонат- и бикарбонат-ионы. Эти анионы могут быть заменены другими анионами при взаимодействии частиц наноалмаза с водными растворами солей и кислот. Анионный обмен подтвержден инфракрасной и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопиями. Присутствие карбонат- и бикарбонат-ионов указывает на то, что гидрированные алмазные наночастицы имеют положительный поверхностный заряд в порошке в соответствии с моделью поверхностного переноса заряда (surface transfer doping) [2]. Для расчета поверхностного заряда частиц был использован титриметрический анализ, рассчитанная величина поверхностного заряда составляет около 80 мКл/м^2 .

Литература

1. M. Kurzyr et al. Hydroxyl radical production induced by plasma hydrogenated nanodiamonds under X-ray irradiation. Chem. Commun., 2017, 53, 1237-1240.
2. V. Chakparani et al. Charge transfer equilibria between diamond and an aqueous oxygen electrochemical redox couple. Science, 2007, 318, 1424-1430.

¹ Работа выполнена в рамках Государственного задания № FFUG-2022-0012.

ОСАЖДЕНИЕ УПОРЯДОЧЕННЫХ ОПАЛОВЫХ СЛОЁВ НАНОСФЕР SiO_2 НА АЛМАЗНЫЕ ПОДЛОЖКИ ИЗ СУСПЕНЗИЙ В УСЛОВИЯХ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ: ВЛИЯНИЕ НА РАЗМЕР ДОМЕНОВ И ОБРАЗОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ¹

**Совык Д.Н.¹, Крылов Ю.М.^{1,2}, Федорова И.А.¹, Юров В.Ю.¹,
Рыжков С.Г.¹, Савин С.С.^{1,3}, Масалов В.М.^{1,4}, Ральченко В.Г.¹**

¹ИОФ РАН, Россия 119991, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38;

²РХТУ им. Д.И. Менделеева, 125480, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20;

³РТУ МИРЭА, 105275, г. Москва, 5-я улица Соколиной Горы, д. 22;

⁴ИФТТ РАН, 142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 2;

e-mail: sovyk@nsc.gpi.ru

Реализовано осаждение самоорганизующихся плёнок опала толщиной до 8 монослоёв на поверхность монокристаллического алмаза (Рис. 1) для последующего синтеза алмазных фотонных кристаллов (ФК) [1]. Предварительно гидрофилизированные алмазные подложки вертикально вытягивали со скоростью 0,2-0,5 мкм/с из водной суспензии монодисперсных сферических частиц SiO_2 диаметром 245 нм с добавкой ПАВ. Особенностью процесса являлось акустическое воздействие различной громкости (0-120 дБ) и частоты (250-2500 Гц) на ванну с суспензией с идеей увеличения размеров (Z) доменов опалового покрытия.

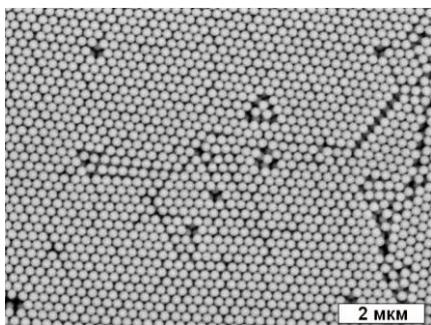


Рис. 1. Плёнка опала на монокристаллическом алмазе.

Получены зависимости размера Z и структурных дефектов от параметров воздействия, найдены оптимальные условия. В спектрах оптического отражения темплата из плёнок опала, и композита алмаз-опал, полученного плазмохимическим осаждением алмаза в порах темплата, зарегистрирован Брэгговский пик, подтверждающий создание ФК.

Литература

1. Dai B., Shu G., et al. 2D inverse periodic opal structures in single crystal diamond with incorporated silicon-vacancy color centers // Diam. Relat. Mater. 2017. Т. 73. С. 204-209.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант №21-12-00403.

УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЛОИДОВ ДЕТОНАЦИОННЫХ НАНОАЛМАЗОВ В ВОДНО-СОЛЕВЫХ СРЕДАХ В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОНА И ИОНОВ МЕТАЛЛОВ

**Кульвелис Ю.В.¹, Юдина Е.Б.², Чижикова А.С.², Швидченко А.В.²,
Дидейкин А.Т.², Лебедев В.Т.¹, Вуль А.Я.², Куклин А.И.³**

¹ ПИЯФ НИЦ КИ, 188300, Ленинградская обл., г. Гатчина, Орлова Роща, д. 1;

² ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26

³ ОИЯИ, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6

e-mail: kulvelis_yv@pnpi.nrcki.ru

Детонационные наноалмазы (ДНА) привлекают все большее внимание благодаря их уникальным свойствам. Химическая инертность и нетоксичность ядра алмазных наночастиц, а также возможность присоединять различные функциональные группы на их поверхность открывает перспективы биомедицинского применения ДНА. Частицы ДНА, имеющие средние размеры 4-5 нм, стабилизируются в гидрозольях за счет двойного электрического слоя. В физиологической водно-солевой среде они способны сохранять стабильность при окружении частиц слоем поли-N-винилпирролидона (ПВП). ПВП специфически связывается с поверхностью частиц ДНА, защищая их от воздействия окружающих противоионов. Установлено, что частицы ДНА организуются в пористые цепные кластеры размерами 30-35 нм. ПВП заполняет поры этих кластеров, препятствуя агрегации частиц в солевом окружении [1].

Способность частиц ДНА связывать на своей поверхности ионы металлов (Gd^{3+} , Mn^{2+}) открывает возможности медицинского применения ДНА в качестве МРТ-агентов [2, 3].

В докладе предлагается и обсуждается модель строения полученных комплексов ДНА-Ме-ПВП, их свойства и условия стабилизации в физиологической среде, в зависимости от содержания металла.

Литература

1. Kulvelis Yu.V., Shvidchenko A.V., Aleksenskii A.E., Yudina E.B., Lebedev V.T., Shestakov M.S., Dideikin A.T., Khozyaeva L.O., Kuklin A.I., Torok Gy., Rulev M.I., Vul A.Ya. // *Diam. Rel. Mater.* 2018. V. 87. P. 78-89.

2. Panich A.M., Salti M., Prager O., Swissa E., Kulvelis Yu.V., Yudina E.B., Aleksenskii A.E., Goren S.D., Vul' A.Ya., Shames A.I. // *Magn. Reson. Med.* 2021. V. 86. P. 935-942.

3. Panich A.M., Salti M., Aleksenskii A.E., Chizhikova A., Vul' A.Ya., Shames A.I. // *Diam. Rel. Mater.* 2023. V. 131. 109591.

ИЗМЕРЕНИЕ ЧИСЛЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ НАНОЧАСТИЦ МЕТОДОМ УЛЬТРАМИКРОСКОПИИ НА РОССИЙСКОМ ПРИБОРЕ NP COUNTER

Курьяков В.Н.

*ООО «НП ВИЖН», Россия 119261, г. Москва, Ленинский пр-т 78.
e-mail: info@npcounter.ru*

В докладе приводится описание метода ультрамикроскопии, прибора, разработанного на основе данного метода и результатов измерения численной концентрации на различных стандартных образцах наночастиц.

Метод ультрамикроскопии позволяет наблюдать движение отдельных наночастиц в жидкости в реальном времени при помощи оптического микроскопа и специального освещения образца лазером [1]. Сами наночастицы при этом не видны, наблюдается рассеяние лазерного излучения от отдельных частиц в жидкости в виде светящихся точек. Ограничений связанных с дифракционным пределом в данном методе нет.

Для образцов металлических (золото, серебро, оксид железа), кремнеземных (SiO_2) и полистирольных (латексных) наночастиц различного размера показана хорошая воспроизводимость получаемых результатов при измерении численной концентрации данным методом.

Для серии фильтров исследована их эффективность по удалению из жидкости механических примесей различного размера.

Для ряда товаров повседневного обихода, содержащих наноразмерные частицы, измерена их численная концентрация.

В ходе проведенных исследований также предложена методика оценки точности получаемых результатов.

Литература

1. Описание метода ультрамикроскопии: [сайт]. URL: <http://npcounter.ru/> (дата обращения: 01.08.2023)

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ СИЛ В ПРОСТРАНСТВЕННО- НЕОДНОРОДНЫХ ЖИДКОСТЯХ

Будков Ю.А.^{1,2}, Брандышев П.Е.¹, Каликин Н.Н.²

¹ НИУ ВШЭ, Россия 123458, Москва, ул. Таллинская, д. 34;

² ИХР РАН, Россия 153045, г. Иваново, ул. Академическая, 1
e-mail: ybudkov@hse.ru

В докладе будет дан обзор последних результатов нашей группы по формулировке последовательной статистической теории макроскопических сил в пространственно неоднородных жидкостях и растворах [1-3]. Будет продемонстрировано, как применение первой и второй теорем Нётер для термодинамического потенциала жидкости как функционала скалярных параметров порядка может быть получено общее выражение для тензора напряжений. Сформулированная теория будет применена к вычислению тензоров напряжений для пространственно-неоднородных ионных жидкостей и растворов электролитов, а также растворов полиэлектролитов. Будут получены общие выражения для электростатического вклада в расклинивающее давление, обобщающие классическое выражение теории ДЛФО. Наконец, будет показано, как обобщить теорию на случай флуктуирующих параметров порядка.

Литература

1. Budkov Y., Kalikin N. *Macroscopic forces in inhomogeneous polyelectrolyte solutions* // *Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*. 2023. Vol. 107. No. 2. Article 024503.
2. Budkov Y., Kolesnikov A. *Modified Poisson–Boltzmann equations and macroscopic forces in inhomogeneous ionic fluids* // *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*. 2022. Vol. 2022. Article 053205
3. Brandyshev P. Budkov Y. *Noether’s second theorem and covariant field theory of mechanical stresses in inhomogeneous ionic liquids* // *The Journal of Chemical Physics* 2023. Vol. 158. Issue 18

¹Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 21-11-00031.

ИЗМЕРЕНИЕ АДГЕЗИИ И ДИСПЕРСИОННЫХ СИЛ МЕЖДУ ШЕРОХОВАТЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ МЕТОДОМ ЗАЛИПШЕГО КАНТИЛЕВЕРА¹

Постников А.И.¹, Уваров И.В.¹, Световой В.Б.²

¹ ЯФ ФТИАН РАН, Россия 150007, г. Ярославль, ул. Университетская 21;

² ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4

e-mail: svetovoy@yandex.ru

Современные микромеханические устройства характеризуются наноскопическими зазорами и большими площадями, что приводит к спонтанному залипанию отдельных элементов за счет действия дисперсионных сил. Распространенный метод измерения дисперсионных сил с помощью АСМ микрокантилевера с закрепленной на его конце коллоидной частицей хорошо себя зарекомендовал на расстояниях больше 30-50 нм, но теряет устойчивость (спонтанное залипание) на меньших расстояниях. Предложенный нами метод залипшего кантилевера [1] позволяет проводить измерения энергии адгезии и силы на расстояниях от 5 до 30 нм без потери устойчивости. Минимальное расстояние между кантилевером и подложкой определяется шероховатостями поверхностей, контактирующих без приложения внешней нагрузки.

Для практической реализации метода из кремния методами микротехнологии были изготовлены прямоугольные балки (кантилеверы) с шириной 200 мкм, толщиной 10 мкм и длиной 12 мм, один конец которых жестко фиксирован на высоте 5 мкм от подложки, а свободный конец прилип к подложке. В качестве подложки служили кремниевые пластины с напыленным металлом (Au, Ru и др.). Шероховатость всех поверхностей детально исследовалась с помощью АСМ.

Энергия адгезии определялась по длине не прилипшей части кантилевера, а дисперсионная сила - по форме кантилевера. Для измерения этих характеристик был создан сканирующий интерферометр с ходом 15 мм, разрешением 1 нм и динамическим диапазоном от 1 нм до 10 мкм. Интерферометр использует метод дифференциального контраста, который слабо восприимчив к внешним шумам. Продемонстрированы заявленные характеристики инструмента и выполнены первые измерения энергии адгезии. Разработан метод реконструкции формы кантилевера по сырым данным интерферометра.

Литература

1. Svetovoy V., Postnikov A., Uvarov I., Stepanov F., Palasantzas G. // Phys. Rev. Applied. 2020. V. 13. P. 064057.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ грант №20-19-20014

О НАРУШЕНИИ ПРИНЦИПА ВЗАИМНОСТИ ОНЗАГЕРА В СЛУЧАЕ ЯЧЕЕЧНОЙ МОДЕЛИ ЗАРЯЖЕННОЙ МЕМБРАНЫ¹

Филиппов А.Н.

Губкинский университет, Россия 119991, г. Москва, Ленинский проспект д. 65, корп. 1; e-mail: filippov.a@gubkin.ru

В работе показано, что для ранее разработанной [1,2] и верифицированной в эксперименте [3,4] ячеечной модели ионообменной мембраны нарушается принцип взаимности Онзагера – сопряженные перекрестные кинетические коэффициенты не равны друг другу. В [5] были вычислены капиллярно-осмотический L_{13} и обратноосмотический L_{31} коэффициенты и установлено их несовпадение. Нарушение связывается с тем, что принцип взаимности в рамках линейной термодинамики необратимых процессов работает только для коллоидных систем, для которых обобщенные потоки равны нулю при обобщенных термодинамических силах, отличных от нуля [6]. В работе [7] была установлена асимметрия также и для других пар коэффициентов L_{12} и L_{21} , L_{23} и L_{32} . Ячеечная модель ионообменной мембраны предполагает замену реальной системы хаотически расположенных зерен ионита периодической решеткой одинаковых пористых заряженных сфер, заключенных в концентрические сферические оболочки, заполненные электролитом и образующие пористый слой (мембрану), а воздействие соседних частиц учитывается с помощью задания специальных граничных условий на поверхности жидкой оболочки. Преимущество описанного подхода состоит в том, что все входящие в уравнения переноса через пористый слой величины – термодинамические потоки и силы можно непосредственно измерить в экспериментах.

Литература

1. *Filippov A. N.* // Colloid J. 2018. Vol. 80. №. 6. P. 716–738.
2. *Filippov A. N.* // Colloid J. 2021. V. 83. №. 3. P. 387–398.
3. *Filippov A. N., Shkirskaya S. A.* // Colloid J. 2019. Vol. 81. №. 5. P. 797–606.
4. *Filippov A. N., Shkirskaya S. A.* // Membr. Membr. Techn. 2019. Vol. 1. №. 5. P. 278–285.
5. *Filippov A. N.* // Colloid J. 2022. Vol. 84. №. 3. P. 332–343.
6. *Мамедов М. М.* // Письма в Журн. Технич. Физики. 2003. Т. 29. Вып. 16. С. 39–44.
7. *Филиппов А.Н.* // Пермские гидродинамические научные чтения, Сборник статей по материалам VIII Всероссийской конференции, посвященной памяти профессоров Г.З. Гершуни, Е.М. Жуховицкого и Д.В. Любимова, ПГНИУ, Пермь, 2022. С.26-33.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 23-19-00520).

УЛАВЛИВАНИЕ СУБМИКРОННЫХ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ ФИЛЬТРАМИ ИЗ НАНОВОЛОКОН

Кириш В.А.

ИФХЭ РАН, Россия 119071, г.Москва, Ленинский проспект, д. 31

e-mail: va_kirsch@mail.ru

Сверхтонкая очистка воздуха и газов от взвешенных частиц необходима для развития высоких технологий, для очистки вредных выбросов и защиты органов дыхания. Большое внимание в последние годы уделяется созданию теоретических основ фильтрации субмикронных аэрозолей в фильтрах из ультратонких волокон [1]. При расчете эффективности таких фильтров необходимо учитывать гравитацию и влияние инерции частиц при скорости потока порядка нескольких см/с, особенно для частиц с высокой плотностью. Впервые решены задачи учета гравитации [2] и инерции [3] частиц при расчете эффективности фильтров из нановолокон в области максимума их проскока с одновременным учетом других возможных механизмов осаждения, включая броуновскую диффузию, эффект зацепления, запаздывающее ван-дер-ваальсово взаимодействие частицы и волокна, и с учетом эффекта скольжения газа на поверхности нановолокон. Полученные результаты позволяют рассчитывать эффективность аварийных высокоэффективных фильтров для предприятий атомной отрасли, и выбирать их оптимальные параметры при заданных условиях фильтрации. Также теоретически обоснована возможность совершенствования фильтрующих материалов при создании высокопористых слоев наноиголочек на волокнах [4].

Литература

1. Кириш В.А., Кириш А.А. Улавливание субмикронных аэрозольных частиц фильтрами из нановолокон // Коллоид. журн. 2023. Т. 85(1). С. 38; Улавливание наноаэрозолей фильтрами из нановолокон, Ibid. 2021. Т. 83(6). С. 651.
2. Кириш В.А., Кириш А.А. Влияние гравитации на фильтрацию субмикронных аэрозолей тяжелых металлов // Коллоид. журн. 2021. Т. 83(3). С. 277.
3. Кириш В.А. Инерционное осаждение субмикронных аэрозолей в модельных волокнистых фильтрах из ультратонких волокон // Ibid. 2023. Т. 85(3). С. 307.
4. Кириш А.А., Кириш В.А. Улавливание аэрозольных частиц фильтрами из волокон, покрытых пористыми проницаемыми оболочками. Коллоид. журн. 2019. Т. 81(5). С. 571; Улавливание аэрозольных частиц фильтрами из волокон, покрытых слоями вискероов, Ibid. 2019. Т. 81(6). С. 706; Кириш В.А., Кириш А.А. Влияние наноиголочек на волокнах и частицах на эффективность фильтрации аэрозолей, Ibid. 2021. Т. 83(3). С. 293.

МИКРОПУЗЫРЬКИ - ДВУХФАЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТИПА ЯДРО-ОБОЛОЧКА: СИНТЕЗ, ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ¹

Рудаковская П.Г., Естифеева Т.М., Бармин Р.А., Калининченко Г.Л., Горин Д.А.

*Сколковский институт науки и технологий, 121205 Россия, Нобеля д.3,
polinaru@list.ru*

Важной задачей современной медицины является ранняя эффективная диагностика. УЗИ широко используется в клиниках как недорогая, неинвазивная и безрадиационная процедура, позволяющая терапевтам быстрее принимать решения, но обычное УЗИ не всегда оптимально и качественно визуализирует органы и объекты. Для повышения контрастирования используют УЗИ с контрастным веществом. Микропузырьки используются в качестве ультразвуковых контрастных веществ в течение последних десятилетий, также в последнее время они привлекают внимание как чувствительные системы доставки лекарств. Пузырьковая платформа очень перспективна для тераностического применения.

В нашей группе занимаются разработкой методик получения и исследования микропузырьков в течение четырех лет. Нами разработаны методики синтеза нано- и микро- двухфазных систем типа ядро-оболочка, где ядро – газ, а оболочка биополимеры различной природы. Разработаны три основных типа микропузырьков: оболочка на основе бычьего сывороточного альбумина с низкомолекулярными включениями, с сополимером поливинилпирролидона с акриловой кислотой и на основе поливинилового спирта. Показана возможность включать в оболочку наночастицы, активные терапевтические молекулы, адресные лиганды, материалы для стабилизации и дополнительного контрастирования. Продемонстрирован ультразвуковой отклик и возможные мультифункциональные свойства.

Микропузырьки находят применение в различных областях, включая физику, химию, медицину и инженерию. Основными направлениями нашего исследования являются микропузырьки для ультразвуковой терапии и диагностики, анализа и диагностики тканей, а также для медицинских приложений.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект № 21-73-10254 «Новые функциональные гибридные визуализирующие агенты на основе амфифильных полимеров для репродуктивной медицины»

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНОЙ ПРИМЕСИ НА ЧАСТИЦАХ НАНО МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА РАЗМЕРОВ

**В.А. Загайнов¹, В.В. Максименко¹, В.Е. Васянович², И.Е. Аграновский³,
В.Д. Чаусов¹, Д.К. Загайнов⁴**

¹НИЯУ МИФИ, Каширское шоссе, 31, Москва, Россия

²Институт Промышленной Экологии, СО РАН, Екатеринбург, Россия

³School of Engineering and Built Environment, Griffith University, Nathan, Brisbane, Australia

⁴ВМК МГУ им. Ломоносова, Москва, Россия

vzagaynov@yandex.ru

Хорошо известно, что аэрозольные частицы могут выполнять роль транспорта радиоактивных веществ при возникновении, например, аварийных ситуаций на объектах, в которых используются радиоактивные источники. При этом частицы различных размеров существенно отличаются своими транспортными характеристиками. Для корректного расчёта сценариев, например, аварийных ситуаций на предприятиях с радиоактивными источниками необходимо иметь информацию о распределении по размерам аэрозольных частиц и о заселённости их радиоактивными примесями. Эта задача достаточно сложная, поскольку включает в себя процессы, которые в настоящее время трудно описать. Дело в том, что спектры размеров аэрозольных частиц можно измерять различными способами в зависимости от того, какой диапазон размеров интересует. При размерах частиц до 0.3 мкм можно использовать оптические методы измерений. Для определения более мелких частиц – до 0.3 нм можно использовать диффузионный динамический метод измерения или метод электрической подвижности. Таким образом диапазон размеров от молекулярного размера до 0.3 нм остаётся недоступным для измерений в настоящее время. Тем не менее информацию о частицах в этом диапазоне размеров можно получить на основании измерений радиоактивности аэрозольных частиц. В предлагаемой работе решается задача об осаждении радиоактивных атомов на аэрозольных частицах различных размеров, определяется заселённость частиц радиоактивными атомами. При этом рассматривается динамика процесса осаждения и выход на стационарный режим.

ПОВЕРХНОСТНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТА ПО П. А. РЕБИНДЕРУ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРАХ

Дадашев Р.Х.

*КНИИ РАН, Россия 364051, г. Грозный, В. Алиева, 21 а;
Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Россия,
364024, г. Грозный, ул. Шарипова, 32
e-mail: raykom50@mail.ru*

В двойных системах знак адсорбции на любой разделяющей поверхности, следовательно, и распределение его атомов между жидкостью и поверхностным слоем, определяется производной $\left(\frac{\partial\sigma}{\partial\mu_m}\right)_T$, которая в случае идеальных растворов принимает вид $\left(\frac{\partial\sigma}{\partial x_m}\right)_T$. Эту производную академик П.А.

Ребиндер назвал поверхностной активностью компонента. Предельной поверхностной активностью компонента им назван предел

$$G = -\lim_{x \rightarrow 0} \left(\frac{\partial\sigma}{\partial x}\right)_T \quad (1)$$

В многокомпонентных системах, выражения, связывающие адсорбцию с изменением поверхностного натяжения, зависят от выбранного способа изменения состава.

Понятие поверхностной активности должно быть связано с адсорбцией относительно этой поверхности, величина и знак которой определяются

частной производной $\left(\frac{\partial\sigma}{\partial x_m}\right)_{K_{ij}}$. Последняя характеризует влияние добавок m -го

компонента на поверхностное натяжение раствора, и по аналогии с двойными системами эту производную следует назвать **поверхностной активностью компонента в многокомпонентном растворе**. Тогда для предельной поверхностной активности компонента в многокомпонентном растворе имеем:

$$G_{0m} = -\lim_{x_m \rightarrow 0} \left(\frac{\partial\sigma}{\partial x_m}\right)_{K_{ir}} \quad (2)$$

Частная производная $\left(\frac{\partial\sigma}{\partial x_m}\right)_{K_{ij}}$, характеризует влияние малых добавок m -

го компонента на поверхностное натяжение многокомпонентного раствора.

Следовательно, по аналогии с двойными системами, эту производную нужно назвать **поверхностной активностью**, а предел

$G_{0m} = -\lim_{x_m \rightarrow 0} \left(\frac{\partial\sigma}{\partial x_m}\right)_{K_{ir}}$ предельной поверхностной активностью m -го компонента в

многокомпонентной системе.

**СОВРЕМЕННЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В
ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ**

АДСОРБЦИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ НА КРИСТАЛЛАХ С СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ ХИРАЛЬНОСТЬЮ

Гуськов В.Ю.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Уфимский университет науки и технологий, 450076, Россия, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32, E-mail: guscov@mail.ru

Проблема распознавания энантиомеров в условиях адсорбции и хроматографии остаётся актуальной по причине недостаточно высокой энантиоселективности, особенно при высоких концентрациях разделяемых веществ. При этом потенциал классических хиральных селекторов с молекулярной хиральностью практически исчерпан. Поэтому важен поиск энантиоселективных адсорбентов, основанных на новых принципах хирального распознавания. В качестве таковых представляют интерес энантиоморфные кристаллы, а также их двумерные аналоги. Такие надмолекулярные структуры могут не обладать хиральностью на уровне отдельных молекул, но характеризуются наличием супрамолекулярной хиральности. Однако распознавание и разделение энантиомеров на таких поверхностях практически не изучено.

Анализ изотерм адсорбции энантиомеров на адсорбентах на основе 2D- и 3D-энантиоморфных кристаллов, а также результатов MD-моделирования позволил установить, что распознавание оптических изомеров происходит в нелинейной области изотермы. Установлено, что для проявления энантиоселективности адсорбированные молекулы должны терять 3 поступательные степени свободы, то есть, адсорбция должна быть локализованной. Также, концентрация молекул адсорбата на поверхности кристаллов должна быть достаточной для латеральных взаимодействий адсорбат-адсорбат и формирования упорядоченного слоя молекул энантиомера. При формировании второго слоя адсорбата энантиоселективность исчезает, так как второй и последующие слои взаимодействуют уже не с поверхностью энантиоморфного кристалла, а со слоем адсорбата. В случае начала формирования второго слоя до завершения формирования первого (изотермы III типа по БЭТ) наблюдается меньшая энантиоселективность, вплоть до полного её исчезновения.

Трансфер хиральности от поверхности в процессах разделения происходит не к отдельной молекуле адсорбата, а к объекту того же уровня иерархии – слою локализовано адсорбированных молекул. По этой причине разделение энантиомеров на таких адсорбентах возможно только при высокой степени заполнения поверхности. Нижняя граница способности к хиральному распознаванию находится в точке начала отклонения изотермы адсорбции от линейной; верхняя граница лежит при $\theta \approx 2$. Нижняя граница может лежать выше при наличии конкурентной адсорбции.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 19-73-10079)

АДСОРБЦИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ НА КРИСТАЛЛАХ ГИПСУРОВОЙ КИСЛОТЫ, ПОЛУЧЕННЫХ В УСЛОВИЯХ СОЗРЕВАНИЯ ВИЕДМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУР¹

Шарафутдинова Ю.Ф., Ахатова Г.И., Гуськов В.Ю.

*УУНУТ, Россия 450076, г. Уфа, ул. З. Валиди, д. 32
e-mail: ms.shaihitdinova94@gmail.com*

Гомохиральность биополимеров является одной из загадок природы. Одной из возможных причин возникновения гомохиральности может быть ассиметрический автокатализ. Примером данного процесса является созревание Виедмы. Ранее в наших работах было установлено, что полученные в условиях «классического» созревания Виедмы хиральные кристаллы способны распознавать энантиомеры. В 2011 году Виедмой было обнаружено, что гомохиральные кристаллы из раствора ахиральных веществ могут быть получены путём создания в суспензии температурного градиента. Поэтому интересно испытать возможности метода температурного градиента для получения адсорбентов, способных к хиральному распознаванию.

В работе изучена способность кристаллов гипсуровой кислоты к хиральному распознаванию энантиомеров лимонена и α -пинена методом обращенной газовой хроматографии.

Показано, что изотермы адсорбции энантиомеров лимонена значительно различаются в интервале температур 90-130 °С. Статистическая значимость различий в значениях адсорбции подтверждена t-критерием. Аналогичные результаты были получены для энантиомеров α -пинена. Изотермы адсорбции относятся к I типу по классификации БЭТ. Во всех случаях изотермы различались даже при малых заполнениях поверхности. Этого ранее не наблюдалось ни на одном энантиоморфном кристалле.

Представленные данные доказывают возможность хирального распознавания полученными кристаллами гипсуровой кислоты в процессах адсорбции. Изученные кристаллы характеризуются заметно большей адсорбционной активностью, и более высокой энантиоселективностью, чем полученные классическим созреванием Виедмы. Вероятно, это связано с тем, что поверхность таких кристаллов является геометрически неоднородной. Таким образом, температурный градиент показал высокую перспективность для достижения повышенной энантиоселективности хиральных кристаллов.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 19-73-10079

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ СТРУКТУРА – ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ УДЕРЖИВАНИЕ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ: ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ¹

Шолохова А. Ю., Матюшин Д.Д.

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН, Ленинский пр., д. 31,
корп. 4, 119071 Москва, Россия
e-mail: shonastya@yandex.ru

Газовая хроматография – не только метод разделения веществ, но и метод исследования межфазных процессов на поверхности неподвижной фазы (НФ). Особое значение при этом занимают количественные соотношения структура – (хроматографическое) удерживание. Время или индекс удерживания представляется как функция (обычно линейная) ряда молекулярных дескрипторов (МД), т. е. величин, характеризующих структуру молекулы. При этом происходит отбор наиболее релевантных МД и строится уравнение, связывающее их с удерживанием. Набор релевантных МД и их вклад качественно характеризуют механизм хроматографического удерживания.

Создано программное обеспечение с открытым исходным кодом (<https://github.com/mtshn/chereshnya>) с графическим интерфейсом пользователя для выполнения таких исследований без применения специализированных математических пакетов и написания кода. Реализованы несколько методов выбора МД (в т.ч. последовательное добавление, алгоритм Борута), рассчитываются МД различных типов (более 300 МД). В том числе в качестве МД использованы предсказанные индексы удерживания для ряда популярных НФ.

Исследовано (на примере имидазолиевых ионных жидкостей в качестве НФ) являются ли надежными качественные выводы, сделанные таким образом. Показано, что отображенный набор релевантных МД и их вклад очень существенно зависят от используемого метода отбора, а также невоспроизводимы по отношению к изменению набора данных (например, к случайному удалению ~1% из множества рассмотренных молекул). Однократное построение такого уравнения одним методом не позволяет сделать никаких надежных выводов, однако именно такой подход используется во многих работах.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 22-73-10053.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СОЛЕЙ КАЛЬЦИЯ В ПРИСУТСТВИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ¹

Голованова О. А

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского.

Пр. Мира, 55а. г. Омск, 644077. Омская область. Россия.

E-mail: golovanoa2000@mail.ru

Для термодинамического описания равновесия осадок – раствор в системе, в которой протекает образование труднорастворимого соединения, были построены поля устойчивости. В ходе расчетов для определения возможности и условий осаждения солей кальция использовались значения термодинамических произведений растворимости, соответствующие данным справочной литературы и базы констант нестойкости комплексов *SC-database*. Принцип построения подобных диаграмм заключается в установлении функциональной зависимости показателя минимальной концентрации катиона, входящего в состав осадка, которую необходимо создать для начала осаждения фазы при определенном значении рН раствора и концентрации аниона: $pM^{q+} = f(pX^{q-}; pH)$. При этом область, находящаяся выше полученной критической плоскости, характеризует условия, при которых образование данной фазы термодинамически невозможно. На основании построенных трехмерных диаграмм в координатах $pM^{q+} — pX^{q-} — pH$ делали выводы об устойчивости данной системы и прогнозирование характера изменения равновесия при варьировании условий. На основании полученных данных о термодинамических значениях произведений растворимости при 310 К были определены функциональные зависимости вида: $pCa^{2+} = f(pАнион; pH)$, и построены трехмерные диаграммы («поля устойчивости») для солей кальция. Для оценки влияния кислотности среды, а также концентрации добавок аминокислот на возможность образования твердой фазы солей кальция в растворе были построены графические зависимости индекса пересыщения от данных факторов: $SI = f(pH)$ и $SI = f(pC)$. При этом считается, что если $SI > 0$, то в данных условиях термодинамически более вероятно осаждение данной фазы из раствора.

Представленная термодинамическая модель отражает возможность образования фаз, только исходя из данных об их термодинамической стабильности в стандартном состоянии, и не учитывает, в частности кинетические факторы, оказывающие влияние на процесс формирования твердой фазы в реальных условиях.

¹Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 075-03-2023).

ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ ФЕНОЛЬНЫХ И КАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВОЛОКНИСТЫМИ СОРБЕНТАМИ В СТАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ¹

Воронюк И.В., Крылова А.Г., Берулина Л.В., Елисеева Т.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», Россия 394068,
г. Воронеж, Университетская пл., д. 1,
e-mail: i.voronyuk@yandex.ru*

Волокнистые ионообменные материалы марки ФИБАН (Институт физико-органической химии национальной академии наук Беларуси, Беларусь) разработаны на основе радиационно-химической и химической модификации полипропиленовых и полиакрилонитрильных волокон и обладают рядом преимуществ по сравнению с гранульными аналогами. Целью настоящего исследования было установление особенностей сорбции фенольных и карбонильных ароматических соединений волокнами ФИБАН с функциональными аминогруппами разной основности.

В качестве объектов исследования выбраны представители гидроксibenзолов (фенол, резорцин, флороглюцин) и гидроксibenзальдегидов (пара-гидроксibenзальдегид, ванилин, этилванилин, сиреневый альдегид). Их извлечение из водных растворов в статических условиях волокнами ФИБАН исследовали методом переменных концентраций путем получения изотерм сорбции при температуре 298 ± 2 К. Отмечено, что полученные зависимости имеют вид кривых, выпуклых относительно оси абсцисс, и относятся к I типу по классификации IUPAC, что свидетельствует о сродстве применяемых ионообменных материалов в сорбату. Анализ изотерм сорбции с помощью формального подхода, основанного на применении известных уравнений адсорбции для характеристики полученных зависимостей, показал, что поглощение фенольных соединений и гидроксibenзальдегидов волокнами описывается уравнениями мономолекулярной сорбции типа Ленгмюра и Фрейндлиха.

Литература

1. Полицарпов А.П., Шункевич А.А., Грачек В.И., Медяк Г.В. // Российский химический журнал. – 2015. – Т. 59, № 3. – С. 102-111.
2. Kosandrovich E.G., Soldatov V.S. // *Ion Exchange Technology I: Theory and Materials*, 2012. – P. 299-371. – DOI 10.1007/978-94-007-1700-8_9.

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда No 22-29-01480, <https://rscf.ru/project/22-29-01480>

Авторы выражают благодарность Полицарпову А.П. (ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКИЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ, Беларусь) за предоставленные образцы волокон марки ФИБАН

**СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАЛОСЛОЙНОГО ГРАФЕНА
СИНТЕЗИРОВАННОГО В УСЛОВИЯХ
САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО
СИНТЕЗА В ОТНОШЕНИИ РАДИОНУКЛИДОВ¹**

**Возняковский А.А.¹, Карманов А.П.², Возняковский А.П.³, Подложнюк Н.Д.
¹, Кидалов С.В.¹**

¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Россия 194021, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 26

² ИБ Коми НЦ УрО РАН, Республика Коми 167000, г. Сыктывкар, Коммунистическая ул., д. 28

³ ФГУП “НИИСК”, Россия 198035, г. Санкт-Петербург, Гапсальская ул., д. 1

e-mail: alexey_inform@mail.ru

Радионуклиды, при содержании в водных источниках даже в низких концентрациях (10⁻²–10⁻¹ мкг/л), представляют серьёзную опасность для здоровья человека. Одной из эффективных методик очистки воды от радионуклидов является их сорбция на сорбентах различной природы. Однако существующие сорбенты не способны с должной эффективностью очищать воду от радионуклидов при таких малых концентрациях, поэтому синтез новых более совершенных типов сорбентов, несомненно, актуален. Нами разработана методика синтеза МГ, которая позволяет синтезировать большие объемы МГ в объемах необходимых для промышленного применения и с приемлемой себестоимостью. В основе методики лежит процесс карбонизации биополимеров в условиях процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза - процесса СВС (в том числе и из отходов деревообрабатывающей промышленности – лигнин, кора хвойных деревьев) [1]. Представлены результаты по использованию синтезированного малослойного графена (МГ) как адсорбента для очистки воды от радионуклидов (уран-238, торий-232, радий-226) при их малых концентрациях. Было показано, что синтезированный МГ (в зависимости от природы исходного биополимера) позволяет эффективно и практически необратимо сорбировать (98-100%) радионуклиды из воды. Десорбция радионуклидов при обработке солевыми растворами или растворами слабых кислот составила не более 2%. Следует отметить, что удельная поверхность синтезированных образцов МГ составляла не более 170 м²/г, что значительно меньше удельной поверхности классических сорбентов (например, цеолитов). Предположено, что повышенная сорбционная эффективность МГ связана с особенностями их морфометрических параметров.

Литература

1. *Voznyakovskii A.P., Vozniakovskii A.A., Kidalov S.V. // Nanomaterials. 2022. 12. №4. 657*

¹ Работа выполнена в рамках Государственного задания № FFUG-2022-0012

ОБНАРУЖЕНИЕ СЛОИСТОЙ СТРУКТУРЫ ОСАДКОВ ПРИ СЕДИМЕНТАЦИИ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ДИСПЕРСИЙ МЕТОДОМ АННИГИЛЯЦИОННОГО ГАММА-ЗОНДА

Бардышев И.И.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: bardyshev@phycbe.ac.ru*

Памяти Н.Б. Урьева

Одной из самых актуальных проблем современной коллоидной химии как в фундаментальном, так и в прикладном аспектах является изучение механизма седиментационных процессов в высококонцентрированных дисперсных системах. Важность проблемы определяется широким распространением химико-технологических процессов с участием таких систем, сопровождающихся явлениями седиментации¹. Для решения этих проблем был предложен принципиально новый универсальный бесконтактный метод – аннигиляционный гамма-зонд, позволяющий исследовать изменение распределения плотности вещества по высоте в процессе седиментации высококонцентрированных суспензий.

Наряду с традиционными представлениями о монотонно возрастающей плотности осадка по высоте по мере приближения ко дну сосуда, например в системе « γ -Fe₂O₃-глицерин-вода», в некоторых системах был обнаружен принципиально новый эффект образования необычных осадков, состоящий из слоев с различной плотностью. Образование слоистых осадков наблюдался в системах с частицами дисперсной фазы, поверхность которых характеризуется лиофобно-липфильной мозаичностью, например при осаждении суспензий технического углерода в воде (Рис.1). Образование слоев плотности наблюдается также в системах «суспензия цинка в жидком стекле», в цементно-водных дисперсиях и др. Позднее аналогичный эффект был обнаружен также в работах австралийских исследователей, где изучалась структура осадков суспензий карбоната кальция в воде.

Обнаруженный эффект может пролить свет на многие явления, происходящие в концентрированных дисперсиях в процессе седиментации, например, понять причину необъяснимо легкого перемещения больших масс рыхлых дисперсных донных осадков в океане даже при небольшом уклоне дна, скольжение которых происходит, вероятно, по слоям с пониженной плотностью, образовавшимся при формировании осадков. Возможно, такую же природу имеет слоистая структура многих минералов осадочного происхождения.

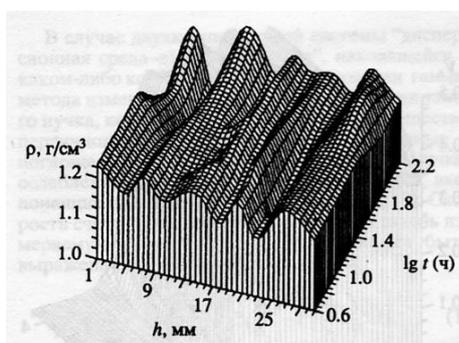


Рис.1. Периодические слои с различной плотностью в системе "ТУ-вода"

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ
ХИМИИ ПАВ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА,
САМОСБОРКА**

ИОННЫЕ И НЕИОННЫЕ АМФИФИЛЬНЫЕ СОПОЛИМЕРЫ: ОТ СИНТЕЗА СОПОЛИМЕРОВ ЗАДАННОЙ МИКРОСТРУКТУРЫ ЦЕПИ К ВОЗМОЖНЫМ ПРИМЕНЕНИЯМ

**Черникова Е.В.¹, Плуталова А.В.¹, Литманович Е.А.¹, Богданова Ю.Г.¹,
Кожунова Е.Ю.¹, Серхачева Н.С.²**

¹МГУ имени М.В.Ломоносова, Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1;

²МИРЭА - Российский технологический университет, ИТХТ им. М.В. Ломоносова,
Россия, 119571, г. Москва, пр. Вернадского, 86
e-mail: chernikova_elena@mail.ru

Амфифильные сополимеры находят широкое применение благодаря своей способности самоорганизовываться на межфазных границах и в растворе. Свойства и области применения амфифильных сополимеров зависят от их химического состава, архитектуры макромолекулы, распределения звеньев вдоль цепи, однородности макромолекул по составу и молекулярной массе. В наших работах для синтеза амфифильных сополимеров с контролируемыми молекулярными характеристиками использовали радикальную полимеризацию с обратимой передачей цепи (ОПЦ) по механизму присоединения–фрагментации. Стратегия синтеза определяется типом необходимого распределения звеньев в цепи. В общем случае статистические сополимеры синтезируют полимеризацией в массе или растворе (выбирая общий для обоих гомополимеров растворитель). Градиентные сополимеры образуются самопроизвольно из разноактивных мономеров и вынужденно путем выбора скорости введения мономеров в синтез. Более того, относительной активностью мономеров в сополимеризации можно управлять путем изменения полярности растворителя, природы и полярности ОПЦ-агента и его концентрации. Блок-сополимеры можно синтезировать постадийно в условиях гомогенного процесса в общем растворителе или гетерофазно *in situ* в условиях полимеризации, вызывающей самоорганизацию. В последнем случае образующиеся блок-сополимеры самоорганизуются в частицы разной морфологии в ходе полимеризации. Такой же способностью в ряде случаев обладают градиентные сополимеры. В докладе на конкретных примерах будут обсуждаться подходы к синтезу амфифильных сополимеров заданной микроструктуры, их самоорганизация как непосредственно в ходе синтеза, так и в растворе селективного растворителя. Отдельное внимание будет уделено стимулочувствительным сополимерам и физико-химическим свойствам формируемых амфифильными сополимерами пленок. Потенциальные области применения амфифильных сополимеров будут рассмотрены на примере статистических сополимеров как стабилизаторов гетерофазной полимеризации, стабилизаторов сыпучих веществ и блок-сополимеров для стабилизации наночастиц и формирования микроструктурированных пленок с перколирующей «сеткой» гидрофильной фазы типа «пчелиных сот».

МИЦЕЛЛЫ ПАВ КАК ТЕМПЛАТЫ В СИНТЕЗЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Дементьева О.В., Шишмакова Е.М.

ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4

e-mail: dema_ol@mail.ru

Мицеллы поверхностно-активных веществ (ПАВ) относятся к числу наиболее интересных объектов коллоидной химии, активно применяющихся для увеличения скорости реакций, доставки лекарственных препаратов и решения других научных и практических задач.

В докладе на примере мезопористых наночастиц кремнезема (МЧК) и золотых наностержней (ЗНСт) анализируются возможности и перспективы использования мицелл ПАВ в качестве шаблонов при синтезе наночастиц с заданной морфологией и свойствами.

Основное внимание уделено обсуждению влияния природы и структуры мицеллярного шаблона, а также состава реакционной системы и условий синтеза на характеристики формирующихся частиц.

Доклад состоит из двух частей. В первой из них представлены оригинальные данные, свидетельствующие о возможности создания МЧК на мицеллах или везикулах биологически активных соединений (в том числе, содержащих гидрофобный солюбилизатор). Показано, что такой способ капсулирования обеспечивает чрезвычайно высокое содержание целевых соединений в частицах-контейнерах. При этом скоростью их перехода в окружающую среду можно управлять путем изменения pH.

Во второй части доклада рассматриваются особенности формирования ЗНСт в мицеллярных растворах бромидов алкилтриметиламмония с разной длиной углеводородного радикала в присутствии гидрофобных добавок. Согласно полученным данным, введение таких добавок в реакционную систему позволяет значительно снизить концентрацию в ней ПАВ, что весьма важно с практической точки зрения.

ПРОЦЕССЫ САМООРГАНИЗАЦИИ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ В ОБРАТНО МИЦЕЛЛЯРНЫХ РАСТВОРАХ. РОЛЬ КИСЛОРОДНЫХ ЭФФЕКТОВ

Чернышова К. Ф., Ревина А. А.

ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: karish@list.ru

В работе рассмотрен механизм процессов формирования наночастиц металлов в обратном мицеллярном растворе, оценено влияние условий проведения синтеза на состав и свойства наночастиц, полученных при использовании различных методов.

Изучение формирования НЧ Au при использовании химического и радиационно-химического восстановления ионов металлов в ОМР, позволило выявить особенности *дообразования* наноразмерных частиц в постреакционный период [1, 2]. В научной литературе такие процессы самоорганизации Self-Assembly (SA) наноразмерных частиц металлов рассматриваются, как процессы построения спонтанно формирующихся наноструктур. Однако ясных представлений о первичных актах восстановления ионов, и формировании наночастиц в ОМР за счет самоорганизации, не было. На основании данных по изучению кинетических характеристик образования и стабилизации НЧ металлов в обратных мицеллах в качестве микрореакторов [2] был сделан вывод о роли восстановительных свойств молекул воды, находящейся в поляризованном состоянии в водных пулах обратных мицелл.

В докладе будет показано, что использованные методы синтеза НЧ металлов резко различаются механизмами *первичных актов* восстановления ионов и влиянием присутствия O_2 , которые и определяют свойства НЧ. Для обсуждения важной роли и разного влияния регистрируемого O_2 -эффекта при синтезе НЧ Au SA в ОМР на Рис. 1 представлены изменения спектров оптического поглощения в зависимости от времени и присутствия кислорода.

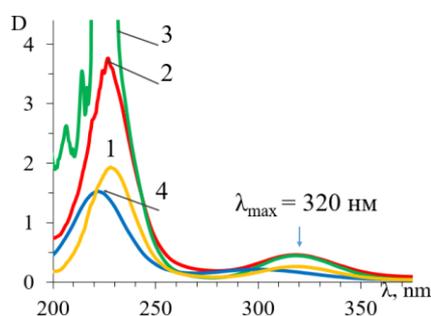


Рис. 1. Спектры ОП ОМР НЧ Au SA ($\omega=5.0$) при наличии O_2 через 24 ч – 1), в отсутствие O_2 через Δt , сут: 1 – 2), 3 – 3); 0,048 М $HAuCl_4$ в дистиллированной воде для $\omega=5,0$ - 4)

Литература

1. Revina A. A., Chernyshova K. F., Tabachkova N. Yu., and Parkhomenko Yu. N. // *Russian Chemical Bulletin, Springer-Verlag GmbH (Heidelberg, Germany), 2020, том 68, № 6, p. 1164-1170*
2. *Properties of Water in Reverse Micelles. Revina A.A. в журнале Physics of Wave Phenomena, 2020, Vol. 28, № 2, pp. 176–181, Allerton Press, ISSN 1541-308X*

АГРЕГАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ И СОЛЮБИЛИЗАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЛИМЕР-КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ВИОЛОГЕНОВЫХ КАЛИКС[4]РЕЗОРЦИНОВ И АЛЬГИНАТА НАТРИЯ¹

**Разуваева Ю.С.¹, Кашапов Р.Р.¹, Зиганшина А.Ю.¹, Сапунова А.С.¹,
Волошина А.Д.¹, Сальников В.В.², Захарова Л.Я.¹**

¹ Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ Казанский научный центр РАН, Республика Татарстан, 420088, г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 8;

² Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Республика Татарстан, 420111, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2
e-mail: julianner@mail.ru

Благодаря способности к самоорганизации полиэлектролиты и противоположно заряженные поверхностно-активные вещества являются перспективными компонентами для разработки функциональных наночастиц с высокой емкостью загрузки субстратов и стимул-чувствительными свойствами, что является актуальным направлением для современной фундаментальной и фармацевтической химии. В этой работе комплексом физико-химических методов были изучены надмолекулярные агрегаты, образующиеся в водных растворах альгината натрия и виологеновых каликс[4]резорцинов, содержащих на нижнем ободе алкильные заместители различной длины (ВР, рис.1). Размер и свойства данных агрегатов зависят от соотношения зарядов в смешанной системе. На примере гидрофобного флавоноида кверцетина было показано синергетическое увеличение солюбилизирующей способности для систем ВР–альгинат по сравнению с индивидуальными растворами полимера и макроциклов. Агрегаты на основе ВР и альгината натрия также исследованы в качестве наноносителей гидрофильного противоопухолевого препарата доксорубицина. При повышении кислотности среды эти частицы пролонгировано высвобождают доксорубицин, что оптимально для его доставки в опухолевые ткани.

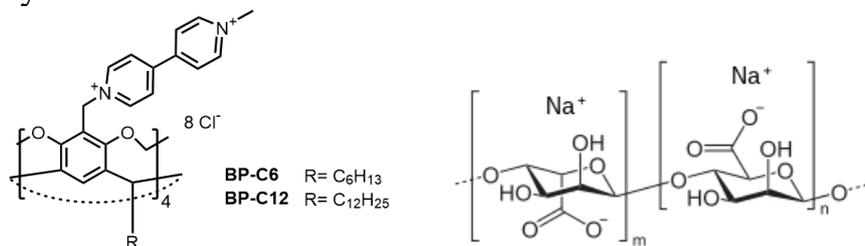


Рисунок 1. Структуры каликс[4]резорцинов и альгината

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-73-10050

ОДНОСТАДИЙНАЯ САМОСБОРКА МУЛЬТИКОМПОНЕНТНЫХ УЛЬТРАТОНКИХ ПЛЕНОК ИЗ ОКСИДА ГРАФЕНА И ОРГАНИЧЕСКИХ ХРОМОФОРОВ НА МЕЖФАЗНОЙ ГРАНИЦЕ ДЛЯ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ¹

Звягина А.И., Александров А.Е., Аверин А.А., Сенчихин И.Н., Соколов М.Р., Тамеев А.Р., Калинина М.А

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: zvyagina@phycs.ac.ru*

Сборка компонентов в нанометровом масштабе является перспективным подходом к созданию высокоэффективных гибридных материалов для органической электроники. Наиболее эффективные методы основаны на одностадийной межфазной самосборке многокомпонентных сверхтонких пленок, поскольку позволяют сочетать органические и неорганические компоненты с различной растворимостью, а также контролировать молекулярную упаковку в упорядоченных пленках. В работе предложена новая супрамолекулярная стратегия межфазной самосборки оксида графена (ОГ), глутаминзамещенного перилендиимиды (ПДИ-глу), 10,12-пентакосадиеновой кислоты (ПДК) и ацетата цинка за счет водородной и координационной связи в трех- и четырехкомпонентные гибридные нанопленки. Было показано, что гибриды, собранные за счет водородных связей, способны поддерживать индуцированный светом перенос энергии Фёрстера от ПДИ-глу к полимеризованному ПДК и затем к ОГ, что приводит к тушению флуоресценции. В гибридах, собранных за счет координационных связей с ионами цинка, перенос энергии происходит только от ПДИ-глу к ПДК. Важной особенностью таких сверхтонких гибридов является их устойчивость к фотодеградации хромофоров за счет акцепторных свойств ОГ. При интеграции с дырочнотранспортным слоем гибриды, содержащие ионы цинка, проявляют свойства фотодиодов. Соотношение фототок/темновой ток электрической ячейки на основе четырехкомпонентного гибрида, включающего как ПДИ-глу, так и ПДК, почти на порядок выше, чем в случае трехкомпонентного гибрида, включающего только один хромофор – ПДК. Разработанный подход может быть адаптирован для широкого спектра органических хромофоров с целью поиска оптимальных комбинаций для создания функциональных наногибридов на основе углерода для органической электроники.

Литература

1. Zvyagina A.I., Alexandrov A.E., Averin A.A., Senchikhin I.N., Sokolov M.R., Ezhov A.A., Tameev A.R., Kalinina M.A. // *Langmuir*. 2022. 38. P. 15145.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (№ 23-73-00095)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ СТАБИЛИЗАТОРА НА АГРЕГАТИВНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ БИОРАЗЛАГАЕМОГО СОПОЛИМЕРА D,L-ЛАКТИДА И ГЛИКОЛИДА¹

Кузнецова Е.В.¹, Атаманова А.А.², Калинин К.Т.^{1,2}, Чвалун С.Н.^{1,2}

¹НИЦ «Курчатовский институт», Россия 123182, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д.1;

²ИСПМ РАН, Россия 117393, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 70

e-mail: kuznetsova.kate992@gmail.com

Наночастицы на основе биоразлагаемых сополимеров D,L-лактида (ЛА) с гликолидом (ГК) активно исследуют в качестве потенциальных средств адресной доставки различных биологически-активных веществ, в том числе малорастворимых или нерастворимых в воде лекарств. Физико-химические свойства таких частиц можно регулировать в широком диапазоне, варьируя как условия их формирования, так и молекулярный состав исходного поли(D,L-лактида-со-гликолида) (ПЛГА). Как правило, для получения ПЛГА частиц, устойчивых к агрегации в водной дисперсии, используют различные стабилизаторы, чаще всего – биосовместимый поли(виниловый спирт) (ПВС).

Целью данной работы является исследование влияния концентрации ПВС на размер, индекс полидисперсности по размерам, электрокинетический потенциал, а также агрегативную устойчивость в воде частиц, полученных на основе ПЛГА сополимера (мольное соотношение ЛА : ГК звеньев – 75 : 25 %), синтезированного с использованием биосовместимого катализатора субсалицилата висмута. Водные дисперсии ПЛГА частиц получали методом наноосаждения: к органической фазе (раствору сополимера в ацетоне с концентрацией (С), равной 5 мг/мл) добавляли водную фазу (дважды дистиллированную воду или водный раствор ПВС с С = 2.5, 5, 7.5 и 10 мг/мл), затем ацетон удаляли из водно-органической смеси испарением при комнатной температуре. Полученные водные дисперсии ПЛГА частиц исследовали методами динамического рассеяния света и просвечивающей электронной микроскопии. Концентрацию адсорбированного ПВС на поверхности ПЛГА частиц определяли с помощью УФ-спектрофотометрии.

Проведенные исследования позволили установить наиболее оптимальную концентрацию ПВС, обеспечивающую получение агрегативно устойчивых ПЛГА наночастиц с малым индексом полидисперсности по размерам.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке госзадания НИЦ «Курчатовский институт».

ВЛИЯНИЕ КВЕРЦЕТИНА НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ PLURONIC P123 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА ВОДНО-ЭТАНОЛЬНОГО РАСТВОРИТЕЛЯ¹

Завалюева А.С., Карпов С.И., Дубовицкая А.Н., Холявка М.Г.

*Воронежский государственный университет, Россия 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, д.1
e-mail: a-kh-01@yandex.ru*

Синтез сорбентов с молекулярными отпечатками потенциальных сорбатов является важной задачей для разделения и концентрирования веществ. Получение таких материалов состоит в многостадийном синтезе, либо во введении дополнительных реагентов [1]. Однако можно вводить потенциальные сорбаты непосредственно в реакционную смесь. В этом случае необходимо учитывать взаимодействия целевых молекул с поверхностно-активными веществами – шаблонами. В последнее время активно исследуется солюбилизация гидрофобных биологически-активных веществ для создания систем доставки лекарств [2]. Такие системы могут быть использованы в синтезе упорядоченных кремнеземов. Как отмечено авторами [2], в водной среде кверцетин непосредственно контактирует с ядром мицелл. Можно полагать, что введение этанола позволит изменить локализацию флавоноида, что приведёт к формированию молекулярных отпечатков на стенках кремнезема. В связи с этим цель работы состоит в изучении структурообразования Pluronic P123 в присутствии кверцетина.

Методом динамического рассеяния света (анализатор Zetasizer Nano SZ) показано, что при варьировании состава водно-этанольного растворителя изменяется характер зависимости среднего гидродинамического диаметра мицелл (d_h) от концентрации кверцетина. Рост d_h с повышением концентрации полифенола подтверждает, что минимальные количества этанола не препятствуют встраиванию кверцетина в структуру мицелл. Увеличение доли этанола способствует переходу флавоноида в раствор, поскольку размер частиц остаётся постоянным независимо от добавок кверцетина.

Литература

1. Xu Z., Deng P., Li J., Tang S., Cui Y. // Materials Science and Engineering C. 2019. Vol. 94. P. 684–693. DOI: 10.1016/j.msec.2018.10.032.
2. Parmar A., Singh K., Bahadur A., Marangoni G., Bahadur P. // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2011. Vol. 86. P. 319–326. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2011.04.015.

¹ Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания вузам в сфере научной деятельности на 2023-2025 годы, проект FZGU-2023-0009.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ОБРАЩЁННЫХ МИЦЕЛЛ ПАВ ДЛЯ СВОРАЧИВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГАЛАКТНОЛАКТНОКСИДАЗЫ ИЗ *TRYPANOSOMA* *CRUZI*¹

Чудин А.А., Кудряшова Е.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет,
Россия 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3, ГСП-1
e-mail: andrew_18@inbox.ru

Мембранные ферменты играют важную роль в живых организмах, и изучение их свойств необходимо для детального понимания путей метаболизма, механизмов регуляции и других аспектов жизни. Однако исследования мембранных ферментов затруднено ввиду нерастворимости многих из них в воде и отсутствия эффективных методов определения их активности.

Одним из таких ферментов является галактонолактооксидаза из микроорганизма-паразита *Trypanosoma cruzi* (TcGAL), вызывающего болезнь Шагаса. TcGAL катализирует финальную стадию синтеза витамина С – антиоксиданта, который *T. cruzi* не может потребить извне и вынужден синтезировать самостоятельно, поэтому TcGAL рассматривается как потенциальная лекарственная мишень. В настоящей работе предложен подход с использованием системы обращённых мицелл ПАВ (анионный АОТ) в н-октане – эффективный метод, позволяющий получить TcGAL в нативной форме и измерить его каталитическую активность. Возможно использование и других ПАВ, таких как катионный ЦТАБ и нейтрально заряженный Бридж-96. Отметим, что обращённые мицеллы являются релевантными моделями мембран.

Обнаружено функционирование TcGAL в виде мономерной и димерной форм в мицеллярной среде. Показано, что использование мицелл АОТ позволяет не только измерять активность TcGAL, но и изучать его ингибирование, например, аллилполиалкоксибензолами (АПАБ), обладающими низкими IC₅₀ (10-100 мкМ). С использованием мицеллярного подхода установлен конкурентный механизм ингибирования TcGAL апиолом и выявлена роль аллилльного и бензодиоксольного фрагментов у АПАБ, что позволяет проводить более целенаправленный поиск ингибиторов TcGAL.

¹ Работа выполнена с использованием оборудования (ИК-спектрометр Фурье Bruker Tensor 27 (Германия) и КД-спектрометра Jasco J-815 («JASCO», Япония)) по программе развития МГУ.

ВЛИЯНИЕ pH НА ПРОЦЕСС МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ МЕЖДУ ПОЛИАМФОЛИТОМ И АМФОТЕРНЫМ ПАВ

Горкина Т.Е., Липин В.А., Пошвина Т.А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.
Высшая школа технологии и энергетики, 198095 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ивана
Черных, д.4
e-mail: t.e.gorkina@mail.ru*

Исследование процесса образования мицеллоподобных структур между полиамфолитами и ПАВ различной природы является актуальной задачей химии, поскольку полученные данные позволят не только интенсифицировать процесс удаления ПАВ из водных растворов, но и провести моделирование биологических процессов [1]. В частности, противоположно заряженные полиэлектролиты и ПАВ способны образовывать устойчивые мицеллоподобные структуры при различных значениях pH. Однако в литературе отсутствуют данные о процессе мицеллообразования между полиамфолитом и амфотерным ПАВ [2].

Целью работы было изучение влияния pH на процесс образования мицеллоподобных структур между полиамфолитом и ПАВ. В качестве объектов исследования выступали полиамфолиты на основе полиакриловой кислоты и алифатических диаминов [3], и кокамидопропилбетаин в качестве амфотерного ПАВ. Были получены зависимости поверхностного натяжения и оптической плотности от pH среды.

Установлено, что при $\text{pH} \approx 8$ происходит резкое снижение поверхностного натяжения, связанное с образованием мицеллоподобной структуры типа «ядро-корона», при котором ионизирующие в щелочной среде функциональные группы ПАВ и полиамфолита притягиваются друг к другу за счет электростатического взаимодействия. Однако при переходе в более кислую область pH поверхностное натяжение вновь увеличивается из-за снижения способности ПАВ к адсорбции на границе воздух-вода ввиду увеличения концентрации свободного полиамфолита на поверхности жидкости.

Литература

1. Липин В.А., Сустановова Т.А., Горкина Т.Е. Синтез полимера амфотерного типа на основе полиакриловой кислоты и этилендиамина // Известия СПбГТИ (ТУ). 2020. № 52. – С.36.
2. Lipin V.A., Sustavova T.A., Gorkina T.E. New polyampholytes and their capacity to form complexes with amphoteric surfactants // Fibre Chem. 2021. V. 53(2). – P.73–75.
3. Липин В.А., Сустановова Т.А., Евдокимов А.Н., Горкина Т.Е. Способ получения полиамфолита // Патент РФ 2714670. 2020.

МЕТОДЫ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ НАНОМАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОНОРОВ АРИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ И ПРИМЕНЕНИЕ¹

Постников П.С., Гусельникова О.А.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: postnikov@tpu.ru*

В докладе будут представлены основные методы ковалентной функционализации поверхности различных материалов с использованием доноров арильных радикалов – иодониевых и diaзониевых солей [1]. Отдельно будет рассмотрено применение данных методов в реакции ковалентной трансформации современных 2D-материалов, таких как MoTe₂ и MXenes [2].

Кроме того, будут рассмотрены некоторые аспекты применения полученных материалов в сенсорике [3], функциональных полимерных покрытиях [4], противобактериальных средствах [5].

Литература

1. Guseynikova, O.; Soldatova, N. S.; Postnikov, P. S. Iodonium Salts as Reagents for Surface Modification: From Preparation to Reactivity in Surface-Assisted Transformations. In *Aryl Diazonium Salts and Related Compounds: Surface Chemistry and Applications*, Chehimi, M. M., Pinson, J., Mousli, F. Eds.; Springer International Publishing, **2022**; pp 79-96; Ahmad, A. A. L.; Marutheri Parambath, J. B.; Postnikov, P. S.; Guseynikova, O.; Chehimi, M. M.; Bruce, M. R. M.; Bruce, A. E.; Mohamed, A. A. *Langmuir* **2021**, 37 (30), 8897-8907.
2. Guseynikova, O.; Fraser, J. P.; Soldatova, N.; Sviridova, E.; Ivanov, A.; Rodriguez, R.; Ganin, A. Y.; Postnikov, P. *Materials Today Chemistry* **2022**, 24, 100846; Olshtrem, A.; Chertopalov, S.; Guseynikova, O.; Valiev, R. R.; Cieslar, M.; Miliutina, E.; Elashnikov, R.; Fitl, P.; Postnikov, P.; Lancok, J.; et al. *2D Materials*, **2021**, 8 (4), 045037.
3. (1) Guseynikova, O.; Lim, H.; Kim, H.-J.; Kim, S. H.; Gorbunova, A.; Eguchi, M.; Postnikov, P.; Nakanishi, T.; Asahi, T.; Na, J.; et al. *Small* **2022**, 18 (25), 2107182.
4. Nikiforova, K.; Gorbunova, A.; Plotnikov, E.; Postnikov, P.; Guseynikova, O. *Applied Surface Science* **2022**, 603, 154415;
5. Sviridova, E.; Barras, A.; Addad, A.; Plotnikov, E.; Di Martino, A.; Deresmes, D.; Nikiforova, K.; Trusova, M.; Szunerits, S.; Guseynikova, O.; et al. *Biomaterials Advances* **2022**, 134, 112697.

¹Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России, Соглашение №075-15-2022-244 от 15.04.2022

САМОСБОРКА ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦАХ¹

М. А. Калинина

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: kalinina@phycbe.ac.ru*

Супрамолекулярная самосборка на границах раздела фаз является мощным инструментом для интеграции органических и неорганических соединений в гибридные наноструктуры для ряда потенциально полезных приложений, таких как сенсорные мембраны, фотоактивные поверхностные покрытия, слои переноса заряда, катализ и фотокатализ. Синергетический эффект взаимодействия органических и неорганических компонентов, обусловленный процессами разделения и переноса зарядов и энергии в гибридных структурах, может приводить к улучшению свойств или даже к возникновению новых физико-химических эффектов в этих материалах.

В докладе будут рассмотрены несколько стратегий, использующих межфазную самосборку для рационализации дизайна плоских и пористых связнодисперсных наногибридов. Одностадийная интеграция на границе раздела воздух-вода, а также метод жидкостной эпитахии применяются для изготовления многофункциональных сверхтонких планарных гибридов и поверхностно-прикрепленных ПОВМОК для фотоэлектрических приложений (см. рис.). Коллоидный синтез в гидрозолях и эмульсиях Пикеринга является инструментом для структурирования новых гибридных катализаторов, включающих мощные хромофоры, такие как порфирины. Интеграция цинковых порфиринов со слоистыми редкоземельными гидроксидами позволяет получить симбиотические (т.е. имитирующие симбиотическое поведение) катализаторы в виде искусственных ферментов, а их гибриды с оксидом графена проявляют амбивалентные фотокаталитические свойства в водной среде [2]. Эти стратегии могут быть широко использованы для создания гибридных наноматериалов с целью перехода к экологически чистым и ресурсосберегающим технологиям.

Литература

1. Antipin, I. S., Alfimov, M. V., Arslanov, V. V., Buriilov, V. A., Vatsadze, S. Z., Voloshin, Y. Z., ... & Yakimova, L. S., Russ. Chem. Rev., **2021**, *90*, 895
2. Nugmanova, A.G., Kalinina, M. A. Colloid Journal, **2022**, *5*, 642.

¹ Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант №23-73-00095).

ГИБРИДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОРФИРИНОВЫХ ПОВМОК И ОКСИДА ГРАФЕНА ДЛЯ ГЕТЕРОГЕННОГО ФОТОКАТАЛИЗА¹

Нугманова А.Г.¹, Калинина М.А.¹

¹*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: nugmanovaalsy@gmail.com*

В данной работе представлен новый метод получения гибридных фотокатализаторов на основе оксида графена (ОГ) и порфириновых металлоорганических каркасных структур. Был предложен принципиально новый подход к нековалентной интеграции порфиринов с ОГ через металлокластер: самосборка материала осуществлялась в эмульсии Пикеринга типа «масло в воде» на межфазной границе, стабилизированной листами ОГ [1]. Полученные материалы были исследованы различными физико-химическими методами (СЭМ, флуоресцентная микроскопия, ТГА, рентгеновская порошковая дифракция, метод БЭТ сорбции азота и др.), а также было проведено компьютерное моделирование структуры каркаса в материалах. Каталитическая активность гибридных материалов была исследована спектрофотометрически в реакциях фотокаталитической деградации водных растворов органических субстратов: родамина 6G и 1,5-дигидроксинафталина. Было показано, что в присутствии кислорода субстраты окисляются в объеме раствора за счет фотоиндуцированной генерации синглетного кислорода порфириновыми центрами. В анаэробных условиях реакция обусловлена размерной селективностью гибридных фотокатализаторов (соответствие размера микропор гибридного фотокатализатора и молекул субстратов), а фотокаталитическая активность обеспечивается эффективным разделением фотоиндуцированного заряда между порфиринами и ОГ и выделением гидроксил-радикала.

Полученные результаты создают рациональную основу для создания субстрат-селективных гибридных фотокатализаторов и открывают возможность для их использования в селективном фотокатализе, в сложных молекулярных смесях, а также для замкнутых производственных химических циклов, обеспечивая одновременный выпуск химической продукции и ее переработку [2].

Литература

1. *Nugmanova A.G., Kalinina M.A. // Colloid Journal. 2021. Т. 83. № 5. С. 614-626.*
2. *Nugmanova A. G., Safonova E.A., Baranchikov A.E. Tameev A.R., Shkolin A.V., Mitrofanov A.A., Eliseev A.A., Meshkov I.N., Kalinina M.A. // Applied Surface Science. 2022. Т. 579. С. 152080.*

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект № 23-73-00095.

ОБРАТНЫЕ МИКРОЭМУЛЬСИИ Н-ПАВ, ОРГАНОЗОЛИ МЕТАЛЛОВ И ПРОВОДЯЩИЕ ПОКРЫТИЯ НА ИХ ОСНОВЕ ¹

Поповецкий П.С.

ИНХ СО РАН, Россия 630090, г. Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, д.3.

e-mail: popovetskiy@niic.nsc.ru

Наночастицы металлов являются удобным предшественником для получения всевозможных электронных компонентов, в том числе и с использованием технологий функциональной печати. Печатный способ является наиболее простым и доступным методом получения электронных компонентов, но обратной стороной медали являются строгие требования к чернилам. Размер частиц целевого компонента чернил должен лежать в довольно узком диапазоне – обычно это не более 50 нм. Далеко не каждый метод получения способен обеспечить достаточно узкое размерное распределение частиц продукта. Одним из таких методов является микроэмульсионный синтез, где в качестве нанореактора-темплата используются обратные мицеллы поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Разумеется, микроэмульсионный синтез не лишен недостатков. Получение наночастиц с узким размерным распределением и высоким выходом возможно только при соотношении объемов водной и органической фаз в несколько процентов, что приводит к сильному снижению концентрации целевого компонента на стадии приготовления микроэмульсии. Это обуславливает сложности получения высококонцентрированных органозолой, представляющих наибольший интерес в качестве предшественников для получения металлических покрытий с высокой чистотой и проводимостью.

В данной работе будут рассмотрены основные подходы к увеличению концентрации наночастиц металлов в органозолях, стабилизированных неионными ПАВ. Неионные ПАВ не содержат трудноудаляемых гетероатомов, что позитивно сказывается на чистоте и проводимости конечных функциональных покрытий, хотя может негативно сказываться на стабильности наночастиц за счет отсутствия электростатической составляющей энергии парного межчастичного взаимодействия. Внимание будет уделено как возможности прямого увеличения производительности микроэмульсионного синтеза, так и использованию методик разделения и концентрирования.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект № 22-73-00144

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЕЗИКУЛЯРНЫЕ СТРУКТУРЫ¹

Крылов Д.И.¹, Ермакова Е.В.¹, Арсланов В.В.¹

¹ ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
E-mail: da.krylov228@yandex.ru

На сегодняшний день, везикулярные системы, такие как ниосомы и липосомы, представляют собой наиболее перспективные наноустройства для решения актуальных фундаментальных и прикладных задач. Возможности использования ниосомальных частиц по сравнению с их липосомальными аналогами намного шире благодаря таким преимуществам первых, как низкая себестоимость и простота манипулирования их структурой, более высокая химическая стабильность.

Несмотря на большое число работ, посвященных получению ниосомальных наноносителей, исследованию физико-химических процессов, ответственных за сборку и дальнейшее поведение везикул при значительных энергетических нагрузках, до сих пор уделялось недостаточное внимание. Как показано в настоящей работе, проведение таких исследований необходимо для создания стабильных и функциональных частиц. Установлено, что в экстремальных условиях воздействия центробежного поля на ниосомальные системы различного состава в процессе их получения, реализуется такая последовательность превращений везикулярных структур: фрагментация - предорганизация - пересборка; при этом физико-химические свойства образующихся частиц отличаются от характеристик исходных ниосом. Проведён анализ механизмов, ответственных за образование новых частиц, и на этой основе получены более устойчивые ниосомы с повышенной деформируемостью оболочек – этосомы.

На базе разработанных составов созданы инженерные (аналитические) везикулы, которые способны селективно определять токсичные катионы ртути в водных средах. Этот эффект достигается путем инкапсуляции в организованную структуру везикул производного порфирина с периферийными электронодонорными заместителями.

Литература

1. Arslanov V. V. et al. On the relationship between the properties of planar structures of non-ionic surfactants and their vesicular analogues–Niosomes //Journal of Colloid and Interface Science. – 2023. – Т. 640. – С. 281-295.

¹Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (грант на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития, соглашение №075-15-2020-782)

АДСОРБЦИЯ АНИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ЛИГНИНА И МОДИФИЦИРОВАННЫХ СУЛЬФАТОМ АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ¹

Кангина О.А.¹, Чернышева М.Г.¹, Бадун Г.А.¹, Савицкая Т.А.², Гриншпан Д.Д.²

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет,
119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 10;

² НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета, Минск,
Беларусь
e-mail: chernyshevamg@ty.msu.ru

В работе исследована адсорбция додецилсульфата натрия (SDS) и N-лаурилсаркозината (NLS) натрия на активированных углях, полученных из лигнина в лаборатории НИИ физико-химических проблем БГУ на пилотной установке. В качестве сравнения использовали активированные угли производства ОАО «Сорбент», а также СКТ-3. Все образцы угля были охарактеризованы методом низкотемпературной адсорбции-десорбции азота.

На примере адсорбции NLS рассмотрели влияние предварительной адсорбции сульфата ацетата целлюлозы (САЦ) на поверхности активированных углей на адсорбцию. В работе использовали меченные тритием поверхностно-активные вещества и САЦ, полученные с помощью метода термической активации трития.

Адсорбция анионных ПАВ на всех активированных углях имела сходный вид, и для ее характеристики использовали уравнение Ленгмюра. Максимальная адсорбция анионных ПАВ была выше на активированных углях, полученных из лигнина. Адсорбция в области насыщения составила 1,7 и 1,5 ммоль/г для SDS и NLS на активированных углях, полученных из лигнина, и 0,8 ммоль/г для обоих ПАВ при их адсорбции на углях промышленного производства

На примере NLS было показано, что предварительное нанесение САЦ не влияет на величину максимальной адсорбции при больших концентрациях ПАВ, однако снижает его адсорбцию на начальном участке изотермы. С помощью меченного тритием САЦ было показано, что изотерма его адсорбции на активированном угле, полученном из лигнина, имеет S-образную форму и достигает максимального значения 25 мг/г начиная с концентрации 0,5 г/л. В присутствии NLS происходит десорбция полимера с поверхности угля более чем на 50%.

¹ Работа выполнена в рамках госзадания №122030200324-1. Решение задач ядерной энергетики и безопасности окружающей среды, а также диагностика материалов с использованием ионизирующих излучений

САМОСБОРКА ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ХРОМОФОРОВ И НИЗКОРАЗМЕРНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ¹

**Соколов М.Р.¹, Тумбинский К.А.¹, Енакиева Ю.Ю.¹, Япрынцеv А.Д.²,
Ширяев А.А.¹, Звягина А.И.¹, Калинина М.А.¹**

¹Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, 119071, г. Москва,
Ленинский проспект, д. 31, корп. 4;

²Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, 19991, Москва,
Ленинский просп., 31
e-mail: sokolmax495@gmail.com

Сборка тонких пленок порфириновых металлоорганических каркасов (МОК) на твердой поверхности планарных неорганических наночастиц (ПОВМОК), таких как слоистый гидроксохлорид европия (СГХ Eu) и MoS₂ является возможной стратегией повышения химической и механической стабильности МОК, позволяя получать гибридные материалы с синергией функциональных свойств. Для успешной реализации данного подхода был разработан новый метод синтеза химически чистых наноллистов неорганических матриц с оптимальной геометрией для роста ПОВМОК, основанный на жидкофазной эксфолиации в насыщенном растворе 2-метилимидазола [1]. С использованием полученных наноллистов СГХ Eu и MoS₂ были синтезированы гибридные материалы на основе 5,10,15,20-тетраакис(4-карбоксифенил)порфиринат цинка (ZnTCPP). Были продемонстрированы каталитическая активность ПОВМОК/СГХ Eu - искусственного аналога фосфодиэстеразы, проявляющего симбиотические свойства за счет синергии взаимной стабилизации компонентов [2], а также фотокаталитическая активность ПОВМОК/MoS₂, способного к контролируемому переключению фотокаталитического механизма при облучении светом различных длин волн. Разработанный подход открывает широкие возможности для синтеза целого класса гибридных материалов на основе порфириновых ПОВМОК и различных планарных слоистых материалов – аналогов графена.

Литература

1. Sokolov, M.R., Tumbinskiy, K.A., Zvyagina, A.I., Senchikhin, I.N., Averin, A.A., Aleksandrov, A.E., Tameev A.R., Ezhov A.A., Kalinina, M.A. // Colloid and Interface Science Communications, 2022, 47, 100604.
2. Sokolov, M.R., Enakieva, Y.Y., Yapryntsev, A.D., Shiryaev, A.A., Zvyagina, A.I., Kalinina, M.A. // Advanced Functional Materials, 2020, 30(27), 2000681.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (№ 23-73-00095)

ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ MoS_2 ПОВЕРХНОСТНЫМИ МОК НА ОСНОВЕ ПОРФИРИНАТОВ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Тумбинский К.А., Соколов М.Р., Калинина М.А.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: kindynsorpproc@conf.ru*

Функционализация двумерных материалов органическими молекулами является одной из наиболее интенсивно развивающихся областей химии материалов. Создание гибридных материалов на основе двумерных полупроводников, таких как дихалькогениды переходных металлов, особенно важно для применений, использующих донорно-акцепторные взаимодействия между компонентами для инициирования переноса заряда/энергии.

Наноразмерные дихалькогениды обладают рядом полезных свойств, таких как оптическая прозрачность и сильная люминесценция. Комбинируя эти неорганические полупроводниковые матрицы с мощными органическими хромофорами, потенциально можно имитировать синергию свойств компонентов путем переноса энергии между ними. Особенно интересными органическими компонентами для этой цели являются порфирины, фотохимические свойства которых обеспечивают им как сенсорную, так и фотокаталитическую активность. Однако интеграция двумерных дихалькогенидов в организованные архитектуры остается сложной задачей.

В данной работе был использован метод жидкофазного расщепления в растворе 2-метилимидазола для получения нанослоев MoS_2 . Эти монослои были функционализированы молекулами порфирина методом самосборки. Интеграция компонентов была подтверждена методами рентгено-структурного анализа и флуоресцентной спектроскопии. Полученный материал был охарактеризован методами рамановской и флуоресцентной спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и адсорбции азота. Фотокаталитическая активность гибридного материала исследована на модельной реакции фотодеструкции 1,5-дигидроксиафталина (ДГН). Механизм этого процесса исследован методами фотолюминесценции и MALDI-TOF масс-спектрометрии. Описанная в данной работе стратегия самосборки может быть распространена на широкий спектр порфириновых комплексов для получения подобных гибридных материалов без предварительной функционализации поверхности частиц.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (№ 23-73-00095)

СМАЧИВАНИЕ, РАСТЕКАНИЕ И КАПИЛЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

МОДИФИКАЦИЯ СМАЧИВАНИЯ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ КОРОННОГО РАЗРЯДА НА ПРОВОДАХ¹

Емельяненко К.А., Емельяненко А.М., Бойнович Л.Б.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: emelyanenko.kirill@gmail.com*

Высоковольтные линии электропередач являются основным способом транспортировки энергии от генерирующих станций, однако потери на коронный разряд и токи утечки, характерные для эксплуатации на открытом воздухе, приводят к негативным экономическим и экологическим последствиям. Одним из наиболее перспективных способов борьбы с этими проблемами является применение новых функциональных материалов, таких как супергидрофобные, супергидрофильные покрытия и покрытия с пропиткой.

Эффективность новых классов покрытий определяется поведением капель воды и других атмосферных осадков при соприкосновении с проводом, в частности, как показали наши исследования, применимость того или иного покрытия зависит от конкретных условий эксплуатации. В этой работе мы исследовали как смачивание поверхности провода влияет на мощность потерь на коронный разряд в условиях дождевания. Было показано, что супергидрофобные и супергидрофильные покрытия эффективно снижают токи коронного разряда в 2-4 раза, а покрытия с пропиткой, несмотря на водоотталкивающие свойства, увеличивают токи коронного разряда в дождливую погоду. Полученные результаты подчеркивают важность оптимизации смачивания функциональных покрытий с учетом погодных условий эксплуатации.

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-73-10283, <https://rscf.ru/project/21-73-10283/>

СМАЧИВАЕМОСТЬ И ЭЛЕКТРЕТНЫЕ СВОЙСТВА ОБРАБОТАННЫХ В ПЛАЗМЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ¹

Яблоков М.Ю., Кузнецов А.А.

ИСПМ им. Н.С. Ениколопова РАН, 117393, г. Москва, ул. Профсоюзная, 70.

e-mail: yabl1@yandex.ru

Модифицирование полимеров в низкотемпературной плазме является активно развивающимся методом улучшения адгезии, смачиваемости, окрашиваемости материалов, и широко используется в промышленности. Однако, существует ряд вопросов фундаментального характера, на которые до сих пор не было получено приемлемого ответа. Так, весьма важным, особенно для практических применений, является определение причины нестабильности свойств поверхности обработанных в низкотемпературной плазме полимеров: если угол смачивания исходно гидрофобных полимеров после обработки снижается в несколько раз, т.е. поверхность становится существенно гидрофильной, то затем, после некоторого времени хранения, угол смачивания возрастает практически до исходного значения. Вопрос о причине восстановления гидрофобности гидрофилизированных после плазменной обработки материалов является не вполне ясным, учитывая установленный факт отсутствия изменения химического состава поверхности полимеров после обработки в плазме при последующем длительном хранении материалов.

В данной работе было изучено изменение краевого угла и электретных свойств поверхности, а именно поверхностного заряда, при хранении плазмообработанных образцов политетрафторэтилена и неорганических материалов в воздушных средах с различной относительной влажностью. Было показано, что скорость релаксации электретного заряда и скорость увеличения гидрофобности увеличиваются с ростом влажности.

Представлена трактовка механизма улучшения смачиваемости полимеров за счет обработки в плазме с учетом влияния электрических зарядов на этот процесс. Появление электретного состояния в полимерных материалах при обработке в плазме связано с инъекцией зарядов из плазмы. Эти заряды могут локализоваться на дефектах поверхностного слоя, возникающих в процессе плазменной обработки полимерных материалов.

¹ Работа выполнена при поддержке Министерства науки и образования РФ, номер темы FFSM-2021-0006

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ СУПЕРГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРОВ ГЛИЦИДИЛМЕТАКРИЛАТА И ФТОРАЛКИЛМЕТАКРИЛАТОВ¹

Климов В.В.^{1,2}, Коляганова О.В.¹, Брюзгин Е.В.¹, Навроцкий А.В.¹, Новаков И.А.¹

¹ ВолгГТУ, Россия, 400005, г. Волгоград, Волгоград, пр. им. Ленина, 28

² МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1

e-mail: vicklimov@gmail.com

Создание и исследование свойств супергидрофобных покрытий вызывает большой интерес благодаря огромному потенциалу промышленного использования: от непромокаемой одежды до защитных покрытий зданий, кораблей и поверхности высокотехнологичной электроники. Однако практическое применение супергидрофобных материалов затруднено неизбежными проявлениями деградации поверхности, связанными с низкой механической стабильностью иерархической структуры приповерхностного слоя и низкой устойчивостью гидрофобных агентов к действию агрессивных сред.

Ранее нашей научной группой предложено использование сополимеров на основе фторалкилметакрилатов (ФМА) и глицидилметакрилата (ГМА) в качестве агентов снижения свободной энергии поверхности (СЭП), позволяющих достигнуть супергидрофобных свойств на поверхности текстурированного алюминия и целлюлозосодержащих материалов с углами смачивания до 170° с высокой стабильностью супергидрофобного состояния при длительных контактах с водой. Выбор данным модификаторов обусловлен наличием в составе эпоксидных групп, обеспечивающих химическое закрепление сополимеров на поверхности субстратов, и фторированных заместителей, позволяющих достигнуть низких значений СЭП (до 13,76 мН/м) сравнимых с СЭП для полиэдрических олигомерных силсесквиоксидов и перфторированных кислот. В данной работе нами исследована стабильность супергидрофобных полимерных покрытий при воздействии механических факторов и агрессивных сред при полном погружении в среды различной кислотности: растворы HCl (pH=2), NaOH (pH=11), NaCl с молярной концентрацией 0,5М и воду.

Использование реакционноспособных полимерных модификаторов обеспечивает сохранение супергидрофобных свойств со значениями контактного угла более 150° после 192 часов погружения в агрессивные среды. Для всех видов модификаторов характерна обратимая гидратация активных центров, способных к образованию водородных связей.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 23-73-00094.

АДГЕЗИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЛОЙ КАПЛИ НА ЧАСТИЧНО СМАЧИВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Рехвиашвили С.Ш.¹, Сокуров А.А.¹, Мурга З.В.²

¹ *Институт прикладной математики и автоматизации КБНЦ РАН, 360000 Россия, г. Нальчик, Шортанова, 89А, rsergo@mail.ru*

² *Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, 119071 Россия, г. Москва, ул. Малая Калужская д. 1, myrga-zv@rguk.ru*

В докладе обсуждается новая теоретическая модель капли на частично смачиваемой гладкой поверхности. Проводится расчет равновесной работы адгезии капли, а также формулируется условие фазового перехода смачивания. В качестве основы используется аддитивное континуальное приближение для взаимодействующих атомов [1, с.48]. Предполагается также, что растворение отсутствует. Получена следующая формула для энергии взаимодействия капли с подложкой:

$$U(z) = \frac{10}{3} \pi^2 n_1 n_2 D z_0^6 \int_{\frac{z}{\sqrt{z^2+a^2}}}^1 f(z, x) dx, \quad (1)$$

$$f(z, x) = \frac{1}{18} \left[\left(\frac{z_0 x}{z} \right)^6 - \left(\frac{z_0}{\rho(z, x)} \right)^6 \right] + \ln \left(\frac{z}{x \rho(z, x)} \right), \quad z_0 = \frac{r_0}{\sqrt[6]{5}},$$

$$\rho(z, x) = (h + z - R)x + \sqrt{R^2 - (h + z - R)^2 (1 - x^2)},$$

где $n_{1,2}$ – объемные концентрации атомов капли и подложки (м^{-3}), D и r_0 – энергия и равновесное расстояние при парном взаимодействии атомов капли и подложки, z_0 – равновесное расстояние при взаимодействии атома с подложкой, h и R – высота и радиус капли, $a = \sqrt{h(2R - h)}$ – радиус основания капли, z – расстояние между каплей и подложкой. Равновесное расстояние z_d , на котором капля «зависает» над подложкой, и удельная работа адгезии капли с подложкой определяются из уравнений:

$$\left(\frac{\partial U(z)}{\partial z} \right)_{z=z_d} = 0, \quad (2)$$

$$W = - \frac{U(z_d)}{\pi h (2R - h)}. \quad (3)$$

Формулы (1) – (3) использованы для расчета системы Pb (малая капля) – Fe (подложка), которая часто рассматривается в связи с теплофизическими процессами в ядерных реакторах. Результаты расчета согласуются с молекулярно-динамическим моделированием. Формулы (1) – (3), кроме того, применимы для описания свойств островковых металлических пленок.

Литература

1. *Бараиш Ю.С.* Силы Ван-дер-Ваальса. М.: Наука, 1988 – 334 с.

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ ПЕРЕХОДЫ КОМПОЗИТНЫХ КАПЕЛЬ ПРИ ТЕЧЕНИИ В МИКРОКАНАЛЕ С РЕЗКИМ СУЖЕНИЕМ¹

Патлажан С.А.¹, Вагнер С.А.²

¹ *Федеральный исследовательский центр химической физики имени Н.Н. Семенова,
Российская академия наук, улица Косыгина, 4, Москва 119991, Россия*

² *Институт бионических технологий и инженерии, Первый Московский государственный
медицинский университет имени И.М. Сеченова, Большая Пироговская улица 2-4, Москва
119991, Россия
e-mail: sapat@yandex.ru*

Методами математического моделирования изучены особенности деформационного поведения, гидродинамическая устойчивость и структурные переходы трехмерных одноядерных композитных капель при течении в канале с резким сужением. Ядро и оболочка композитной капли, а также сплошная среда являются ньютоновскими жидкостями заданной вязкости. Данное исследование мотивировано поиском условий перехода композитной капли в устойчивое композитное микроволокно, сердцевина которого растягивается совместно с оболочкой [1]. С этой целью были детально проанализированы динамика и эволюция морфологии составной капли в зависимости от капиллярного числа, относительных вязкостей ядра и оболочки, межфазных натяжений и относительного радиуса ядра. Установлено, что эффективное растяжение ядра возникает либо при значительном росте вязкости оболочки относительно вязкости окружающей среды, либо при снижении вязкости ядра относительно вязкости оболочки. В этом случае движение композитной капли в зоне сужения канала сопровождается ее растяжением с образованием пулеобразной формы. Выявлен и проанализирован новый механизм разрушения композитной капли, который связан с дестабилизирующей ролью ядра и проявляется при увеличении относительного межфазного натяжения на границе ядро/оболочка, либо при увеличении относительной вязкости ядра.

Литература

[1] Vagner S.A., Patlazhan S.A. // Flow-induced transition of compound droplet to composite microfiber in a channel with sudden contraction, *Physics of Fluids*, 2023, Vol. 35, № 03, P. 032009-1 – 032009-19.

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и образования РФ № FFZE -2022-0010.

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ НА КАПИЛЛЯРНЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ ЗАРЯЖЕННОЙ КАПЛИ ПОЛЯРНОЙ ЖИДКОСТИ

Колбнева Н.Ю.

*Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова,
150000 Россия, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14
e-mail: kolbneva-nata@yandex.ru*

В настоящей работе в аналитических асимптотических расчетах первого порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций проведено исследование влияния эффекта релаксации поверхностного натяжения на капиллярные осцилляции заряженной капли полярной жидкости. Расчеты выполнены на модели идеальной несжимаемой электропроводной жидкости. Включение эффекта динамического поверхностного натяжения приводит к увеличению порядка дисперсионного уравнения, что объясняется появлением затухания капиллярных осцилляций за счет релаксации поверхностной энергии (коэффициента поверхностного натяжения) к равновесным значениям в результате восстановления двойного электрического слоя (упорядоченного расположения приповерхностных диполей). Показано, что эффект динамического поверхностного натяжения оказывает заметное влияние на высокочастотные осцилляции облачных капель. При этом быстрое затухание осцилляций капель выявляется, когда период осцилляций сравним с характерным временем релаксации поверхностного натяжения. Обнаружено, что разрушение двойного электрического слоя сопровождается преобразованием энергии высокочастотных капиллярных волн в энергию электромагнитного излучения.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 733 с.
2. Григорьев А.И., Колбнева Н.Ю., Ширяева С.О. О некоторых особенностях преобразования энергии капиллярных волн на поверхности жидкости при наличии динамического поверхностного натяжения // Коллоидный журнал. 2023. Т. 85. № 3. С. 263-276.
3. Быковский Ю.А., Манькин Э.А., Нахутин И.Е. Спектр поверхностных колебаний жидкости с учетом релаксационных эффектов // ЖТФ. 1976. Т. 46, вып. 10. С. 2211-2213.

УДАР ПЕРЕОХЛАЖДЕННЫХ КАПЕЛЬ И КРИСТАЛЛОВ ЛЬДА О НАГРЕТУЮ ПОВЕРХНОСТЬ, ПОКРЫТУЮ РЕЛЬЕФОМ, СОДЕРЖАЩЕГО В ПОРАХ ВОЗДУХ¹

Амелюшкин И.А.^{1,2}, Кривопалова Е.В.^{1,2}, Кудров М.А.¹, Морозов А.О.¹

¹МФТИ, 141701, Мос. обл., г. Долгопрудный, Институтский переулок, д. 9.

²ЦАГИ, 140180, Мос. обл., г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1

e-mail: Amelyushkin_Ivan@mail.ru

Моделирование физических процессов, сопровождающих обледенение летательных аппаратов представляет большой интерес как с точки зрения создания программ достоверного моделирования и прогнозирования областей образования льда, так и с точки зрения решения одной из наиболее важных проблем безопасности полетов. Экспериментальное исследование и моделирование удара переохлажденных капель о рельефную поверхность необходимо для подбора свойств поверхности, обеспечивающей защиту от обледенения летательных аппаратов. При этом следует учитывать вымывание слоя воздушной смазки из пор гидрофобного покрытия при движении по ней жидкости. В настоящей работе на основе разработанной модели состояния слоя воздушной смазки в порах гидрофобного покрытия рассчитаны безразмерные значения потока массы и изменения длины скольжения жидкости при ее движении по поверхности в процессе изменения количества воздуха в порах покрытия.

Кроме того, в настоящей работе развита физико-математическая модель и метод расчета режимов взаимодействия кристаллов льда с нагретой поверхностью обтекаемого тела. Метод применен для расчета возникновения напряжений и разрушения льда на крыле под действием аэродинамических и механических нагрузок. Разработанный метод и численный алгоритм его реализации могут быть использованы при расчете обледенения для случаев длительного времени нараста наледи и при расчете параметров механических противообледенительных систем.

Литература

1. *Амелюшкин И.А.* Критерии подобия и особенности обледенения тел в потоках воздуха, содержащего переохлажденные капли // Ученые записки ЦАГИ, № 3, 2023.

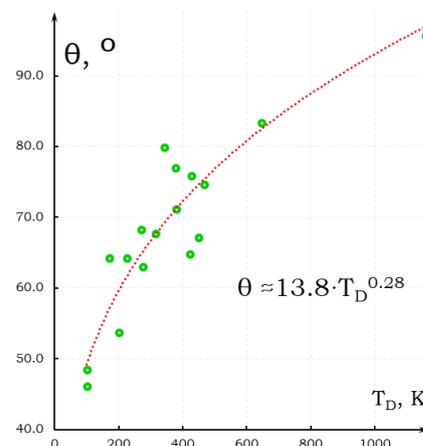


Рис. 1. Зависимость краевого угла смачивания плоской поверхности от температуры Дебая

¹ Работа выполнена в рамках Государственного контракта № 20411.1770290019 18.004 на НИР «Флагман 1».

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИНАМИКА ДЛЯ РАСЧЕТА МЕЖФАЗНЫХ НАТЯЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА ¹

Ховенталь П.А.¹, Копаничук И.В.¹, Кеворкянц Р.Э.², Вишняков А.М.^{3,4},

¹*Сколтех, 121205, Россия, Москва, Территория Инновационного Центра “Сколково”,
Большой бульвар д.30, стр.1*

²*Hong Kong Quantum AI Lab, The University of Hong Kong, China, HKSAR 10/F, Cheng Yu Tung
Tower, Centennial Campus, Pokfulam Road*

³*МГУ, 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1,*

⁴*ИХР РАН, 153045, Россия, г. Иваново, ул. Академическая, д. 1
e-mail: peterhovental@gmail.com*

Существует ряд исследований поверхностного натяжения в системе «нефть – вода» (IFT) в нормальных условиях [1-2]. Экспериментальное изучение таких систем при скважинных условиях осложнено высокими давлениями. В процессе настоящего исследования проводился анализ состава образцов нефти Ямбургского месторождения. Модельная нефть получена с помощью дистилляционных фракций нефти, каждая из которых в модели представлена алканом и ароматическим соединением сходной температуры кипения. Содержание алканов аппроксимировалось гамма распределением, а ароматических компонентов – линейной зависимостью. Отличие плотности полученной модельной нефти от экспериментальных образцов оказалось в пределах 2%. При валидации модели построена дистилляционная кривая, соответствующая экспериментальным данным. Молекулярного моделирование системы нефть-рассол показали зависимости IFT от температуры, давления, концентрации соли, массовой доли газа и массовой доли ароматики. Установлено, что IFT системы декан-вода возрастает с ростом давления, а IFT системы нефть-вода падает. Это происходит из-за закритического компонента (метана), растворимость которого в воде и нефти растет с увеличением давления; быстро убывает IFT при росте газонасыщенности; система в целом приближается к критической, т.е. метана становится больше в обеих фазах, а IFT убывает. На завершающем этапе исследования проведено машинное обучение модели многомерной линейной регрессии, позволившее получить формулу предсказывающую межфазное натяжение в широком диапазоне.

Литература

1. Barari, M.; Ramezani, M.; Lashkarbolooki, M.; Abedini, R. Influence of alkyl chain length of imidazolium-based ionic liquid on the crude oil-aqueous solution IFT under different ionic strengths. Fluid Phase Equilibria 2022, 556, Article.

¹ Работа выполнена при поддержке гранта НЦМУ № 075-10-2022-011 от 20.04.2022 г

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ДИНАМИКИ ПЕН НА ОСНОВЕ МЕТОДА РЕШЕТОК БОЛЬЦМАНА¹

Ольхин А.С.¹, Вишняков А.М.^{2,3}

¹Сколковский институт науки и технологий, Россия 121205, г. Москва, Большой бульвар, д.30, стр. 1;

² МГУ, Физический факультет, Россия 119234, г. Москва, ул. Колмогорова, 1, стр. 2

³ ИХР РАН, Россия 153045, г. Иваново, ул. Академическая, д. 1

e-mail: andrey.olhin@skoltech.ru

Пена - связнодисперсная система газ-жидкость. Благодаря сильно развитой межфазной поверхности, абсорбционные, теплофизические и механические свойства пен используются в широком спектре технологических и промышленных сфер. Свойства пен в большой степени определяются их структурой, которая, в свою очередь, зависит от составов фаз, кратности (относительный объем жидкой фазы) пены и способа вспенивания [1].

В данной работе мы представляем модель численного моделирования задач пенообразования, основанную на подходе “Volume of fluid (VOF)” и методе решеток Больцмана [2]. Модель имеет возможность гибкого управления свойствами газовой и жидкостной фазы – явно заданных поверхностного натяжения, контактных углов, коэффициентов абсорбции и расклинивающего давления. Производится верификация модели на существующих экспериментальных и аналитических данных: рост/расстворение пузырька в бесконечном слое жидкости (Рис.1), анализ динамики дренирования пены путем отслеживания положения пузырька газотрекера по времени существования пены. Данная модель с высокой точностью воспроизводит динамику взаимодействия фаз и структуру пен.

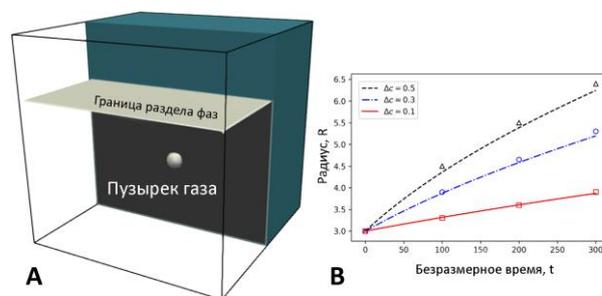


Рис. 1. (А) Принципиальная схема исследования роста пузырька в слое жидкости (В) Результат верификации (точки – моделирование, линии – аналитическая зависимость).

Литература

1. Hutzler S., Weaire L. The physics of foams. Oxford University Press, 1999.
2. Krüger T., Kusumaatmaja H. The Lattice Boltzmann Method: Principles and Practice. Cham. Springer, 2016.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда НЦМУ, проект № 075-10-2022-011

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И ВЗАИМОДИФФУЗИЯ ПРИ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИЛАКТИДА (ПЛА) ЭПОКСИДНЫМ ОЛИГОМЕРОМ (ЭО)

Плюснина И.О., Шапагин А.В.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: IrinaPlyusninaR@yandex.ru*

В настоящее время материалы для аддитивных технологий все чаще используются в различных конструкционных изделиях. Внедрение композитных материалов в аддитивные технологии является перспективным и быстроразвивающимся направлением. Для улучшения адгезии между матрицей полилактида (ПЛА) и армирующим материалом, а также для повышения физико-механических свойств печатных 3D-изделий, углеродное волокно пропитывают в эпоксидном олигомере (ЭО). В этой связи цель работы заключается в исследовании совместимости, взаимодиффузии и фазовых равновесий в системе ПЛА–ЭО. Поскольку ранее нами была исследована система поликапролактон (ПКЛ)–ЭО [1], также оценили особенности модификации эпоксидов различными термопластичными биоразлагаемыми кристаллизующимися полимерами.

Методом ДСК определены температурные значения фазовых переходов для ПЛА и его смесей с ЭО. Методом оптической интерферометрии исследовали совместимость и взаимодиффузию ПЛА с ЭО в диапазоне температур выше температуры плавления ПЛА от 160 до 200 °С. Показано, что компоненты системы полностью растворимы друг в друге, система ПЛА–ЭО характеризуется достаточно высокой диффузионной подвижностью. Рассчитанные концентрационные зависимости кажущейся энергии активации плавно снижаются от энергии активации вязкого течения расплавов ПЛА к энергии активации самодиффузии ЭО.

Построена диаграмма фазовых состояний, характеризующаяся кристаллическим равновесием. Положение линии ликвидус подтверждено температурными значениями максимумов пиков плавления из термограмм ДСК для смесей ПЛА–ЭО с различным содержанием ПЛА.

Методом оптической микроскопии в поляризованном свете изучена кристаллизация ПЛА в растворе ПЛА–ЭО. Проведен кинетический анализ роста кристаллов ПЛА в растворе в изотермическом режиме при различных температурах.

Литература

1. Plyusnina I.O., Budylin N.Yu., Shapagin A.V. *Polymers*. 2022. **15**. 117

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ $AgNO_3$ НА ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРИРОВАНИЯ В ГИДРОГЕЛЯХ НА ОСНОВЕ L-Cys, $AgNO_3$ И KI

Баранник А.А., Хижняк С.Д., Пахомов П.М.

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», Россия, 170100, Тверская область, г. Тверь, ул. Желябова, д.33
aabarannik2001@mail.ru

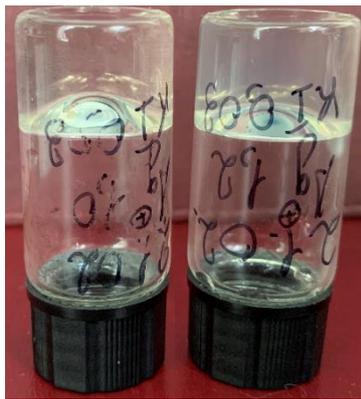


Рис. 1 Образцы гидрогелей с различным

Супрамолекулярные гидрогели на основе низкомолекулярных соединений (аминокислот и их производных), образующиеся за счет различного рода межмолекулярных взаимодействий нековалентного характера, продолжают оставаться в фокусе внимания исследователей благодаря потенциальному применению в биомедицине, фармакологии и т.д. Целью данной работы является изучение механизма гелеобразования в низкоконтрированных водных растворах аминокислоты L-цистеин (L-Cys), нитрата серебра

и иодида калия. Авторам удалось получить прозрачные, устойчивые во времени гидрогели по так называемому одностадийному методу – путем смешения в определенной последовательности растворов исходных компонентов [1, 2]. Учитывая высокое сродство ионов серебра к иодид-ионам, сам факт получения устойчивых во времени гидрогелей, содержащих L-Cys, $AgNO_3$ и KI, представляется явлением неординарным.

Кинетику формирования супрамолекулярной 3D сетки исследовали с помощью вибрационной вискозиметрии. С помощью метода динамического светорассеяния выявлена зависимость размеров агрегатов от концентрации $AgNO_3$. Формирование пространственной гель-сетки и наночастиц в гидрогелях подтверждается данными просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии.

Литература

1. Овчинников М.М., Лагусева В.С., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Одностадийный метод желирования L-цистеин-серебряных растворов. Вестник Тверского государственного университета, Серия: Химия, 2017, №4. С. 135-145.
2. Баранник А.А., Хижняк С.Д., Иванова А.И., Пахомов П.М. Гелеобразование в цистеин-серебряном растворе, иницированное иодид-анионом. Вестник Тверского Государственного Университета, серия "Химия" №4(50), 2022, с. 132-142.

НАНОФИБРИЛЛЫ ОСКСИГИДРОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ: ФЕНОМЕН 1D РОСТА И ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОПОРИСТЫХ МОНОЛИТНЫХ 3D НАНОСТРУКТУР

Ходан А.Н., Стафеев И.А.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4
e-mail: anatole.khodan@gmail.com*

В 1908 году впервые был описан рост волокнистого материала с очень низкой объемной плотностью при окислении поверхности жидкого сплава Hg(Al) [1]. В середине 1990-х годов был предложен метод контролируемого окисления Al на поверхности слоя Hg ~ 1 мкм, позволяющий выращивать высокопористые монокристаллические наноматериалы, состоящие из трехмерной сети нанофибрилл оксигидроксида алюминия (ПМОА) [2]. В ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина и ФЭИ им. А.И. Лейпунского были получены наноматериалы ПМОА на поверхности жидкометаллических расплавов Me(Al), Me = Hg, Ga, In, Bi, Pb во влажном воздухе [3]. Механизм зарождения, формирования и роста нанофибрилл оксигидроксида алюминия на поверхности жидкого металла остается фундаментальной проблемой, которая до настоящего времени не изучена. Разработка феноменологической количественной модели процесса формирования и 1D роста нанофибрилл является актуальной задачей, которая решается в сотрудничестве с НИЦ "Курчатовский институт".

Второе направление работ связано с созданием новых трехмерных нанокомпозитов и функциональных гетероструктур на основе материалов ПМОА с заданными физическими свойствами или улучшенными эксплуатационными характеристиками. Основным способом управления структурой и морфологией нанофибрилл является отжиг в диапазоне 500 - 1300 °C [4], а изменение общего химического состава нанокомпозитов достигается путем химического модифицирования поверхности [5] или заполнения свободного объема 3D структуры наночастицами оксидов, металлов, карбидов или углерода.

Литература

1. Wislicenus H. // *Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloide*. 2007. V. 2. P. 11-22.
2. Vignes J-L., Mazerolle L., Michel D. // *Key Engineering Materials*. 1997. V. 132-162. P. 432-435.
3. П.Н. Мартынов, Р.Ш. Асхадуллин, П.А. Юдинцев и др. // *Новые промышленные технологии*. 2007. №. 4. С. 48-52.
4. Khodan A., Nguyen T. H. N., Esaulkov M. et al. // *J Nanopart Res*. 2018. V.20. P. 194-201.
5. Khodan A., Kanaev A., Esaulkov M. et al. // *Nanomaterials*. 2022. V.12. P. 3591-3613.

ДИСПЕРСИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СРЕДАХ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОРЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ¹

Кузнецов Н.М.¹, Ковалева В.В.¹, Загоскин Ю.Д.¹, Чвалун С.Н.^{1,2}

¹НИИЦ «Курчатовский институт», 123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, 1

²ИСПМ РАН, 117393 Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 70

E-mail: kyz993@yandex.ru

Стимул-чувствительные материалы, способные к обратимому изменению своих физико-химических свойств или морфологии в ответ на внешнее воздействие, находят применение при создании различных «умных» систем, таких как защитные покрытия, сенсоры, датчики, мягкие роботы и др. Представителем таких материалов в области дисперсных систем являются электрореологические жидкости (ЭРЖ) – суспензии, изменяющие свое поведение с вязкого на вязкоупругое под действием электрического поля за счет поляризации частиц дисперсной фазы с образованием протяженной структуры. Формирование перколяционной сетки из частиц дисперсной фазы приводит к появлению и росту значений предела текучести.

Целлюлоза является самым распространенным биополимером на планете и встречается в составе белковых матриц в виде волокнистых структур с высокой степенью кристалличности. В представленном исследовании рассмотрено электрореологическое поведение суспензий частиц целлюлозы различной морфологии в силиконовом и оливковом маслах [1] при различной напряженности электрического поля. Показана ключевая роль надмолекулярной структуры частиц при создании низкоконцентрированных ЭРЖ. Разработаны новые пористые наполнители, обладающие высокой седиментационной устойчивостью в суспензии. ЭРЖ демонстрируют рекордные значения предела текучести до 450 Па при 7 кВ/мм и концентрации всего 1 масс.%. Механизм эффекта проанализирован с точки зрения электрических свойств: температурные зависимости диэлектрических спектров позволили выявить вклад проводимости наряду с поляризацией. В докладе также обсуждаются перспективы создания экологически безопасных ЭРЖ, соответствующих принципам зеленой химии.

Литература

1. Кузнецов Н.М., Ковалева В.В., Вдовиченко А.Ю., Чвалун С.Н. // Коллоидный журнал. 2023. 85. № 3. С. 339-349.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 22-73-10081.

ГИДРОГЕЛИ НА ОСНОВЕ БИОСОВМЕСТИМЫХ БЛОК-СОПОЛИМЕРОВ P(D,L)LA-PEG-P(D,L)LA¹

Фомина Ю.С.¹, Загоскин Ю.Д.¹, Григорьев Т.Е.¹, Чвалун С.Н.^{1,2}

¹ФГБУ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», 123098, Россия, Москва, пл. Академика Курчатова 1;

²ФГБУН Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН, 117393, Россия, Москва, ул. Профсоюзная 70
e-mail: ledy_uylia-98@mail.ru

В настоящее время амфифильные блок-сополимеры полиэфиров представляют научный интерес в биомедицинской области, вследствие их самоорганизации в различные надмолекулярные структуры в водных растворах. Одним представителем таких структур являются гидрогели – коллоидные системы, состоящие из трехмерной сетки природного или синтетического полимера и воды. Гидрогелевые материалы обладают эластичной структурой, схожей с живыми тканями. Такие свойства обуславливают их потенциальное применение в области тканевой инженерии и адресной доставки лекарств [1]. В настоящей работе была синтезирована серия тройных блок-сополимеров P(D,L)LA-PEG-P(D,L)LA с различным соотношением блоков в расплаве в запаянных вакуумированных ампулах на катализаторе 2-этилгексаноат олова (II). На основе полученных блок-сополимеров были разработаны гидрогелевые материалы методом ухудшения качества растворителя. На первом этапе были получены растворы в неселективном органическом растворителе (1,4-диоксан), который затем заменяли на водную среду. В результате формировалась физическая трехмерная сетка гидрогеля за счет проходных цепей гидрофильного блока полиэтиленгликоля и агрегации блоков полилактида с образованием узлов. Детальное понимание строения материала позволяет установить взаимосвязь структура-свойство, что дает возможность регулировать физико-механические характеристики материалов. Исследование наноструктуры полученных гидрогелей было проведено методом рентгеновского рассеяния в малых углах. Установлено, что с увеличением длины гидрофобного блока возрастает межплоскостное расстояние между рассеивающими центрами полимерной матрицы. Модули упругости полученных материалов составили более 40кПа, о чем ранее не сообщалось в литературе.

Литература

1. Фомина Ю.С., Семкина А.С. и др. // Коллоидный журнал. 2023. Т. 85. №5. С. 1-23.

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Госзадания НИЦ «Курчатовский институт»

ИНЖЕКТИРУЕМЫЕ ГИДРОГЕЛИ НА ОСНОВЕ СЕТКИ НАНОТРУБОК ГЛИНЫ И ПОЛИСАХАРИДА¹

Молчанов В.С., Глухова С.А., Филиппова О.Е.

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия 119991, ГСП-1 г. Москва, Ленинские горы, д.1 корп.2
e-mail: molchan@polly.phys.msu.ru

Гидрогели на основе биodeградируемых полисахаридов - главные «экологичные» кандидаты для чернил в экструзионной 3д печати. Гидрогели должны обладать необходимыми реологическими и физико-химическими свойствами при течении, восстановлении, послойной нанесении (взаимодействие слоев) и при необходимости при финальном сшивании. Гидрогели на основе полисахаридов во многом соответствуют требованиям, предъявляемым к чернилам, но их физико-химические свойства при сшивании, при течении и в покое, ограничены и недостаточны для многих приложений экструзионной 3д печати.

Настоящая работа направлена на исследование свойств альгинатных/галлуазитных гидрогелей, содержащих перколированные галлуазитные нанотрубки. Гидрофильные альгинатные макромолекулы, адсорбируясь на галлуазите, стабилизируют сеть нанотрубок и образуют собственную сеть переплетенных полимерных цепей. Влияние содержания галлуазита на структуру и свойства гидрогелей изучали методом реометрии, термогравиметрического анализа, FTIR-спектроскопии, динамического рассеяния света, ПЭМ и 3D криоэлектронной микроскопии.

Исследования показывают, что гидрогели, состоящие из жесткой сетки нанотрубок и мягкой запутанной сетки альгината натрия, демонстрируют вязкое течение при экструзии, довольно быстрое восстановление вязкости после экструзии, высокие значения модуля упругости и предела текучести. Это делает разработанные альгинатные/галлуазитные гидрогели перспективными в качестве нового типа «зеленых» чернил для 3д печати.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект №23-13-00177

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ В ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ АЛКОКСИДОВ КРЕМНИЯ И ТИТАНА**Шилова О.А.**

*Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова – НИЦ «Курчатовский институт»,
199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 2,
e-mail: olgashilova@bk.ru*

Золь-гель технология широко используется в науке и технике для получения технически ценных неорганических и органо-неорганических покрытий. В качестве прекурсоров наиболее часто применяют алкоксиды кремния и титана, такие как: $(\text{Si}(\text{OEt})_4 - \text{TEOS}$, $\text{Ti}(\text{OBu})_4 - \text{ТТВ}$ или $\text{Ti}(\text{OPr}^i)_4 - \text{ТТИРТ}$). Для улучшения целевых характеристик покрытий в исходные золи вводят модифицирующие добавки (соли, кислоты, полиолы, углеродные и оксидные наночастицы и др.), а также получают органо-неорганические золи, смешивая на стадии синтеза алкоксиды с органическими соединениями – прекурсорами, способными образовывать углеводородные полимерные сетки, например с эпоксидами. Даже небольшие добавки модификаторов, а тем более добавки пленкообразующих прекурсоров, влияют на скорость и полноту протекания гидролитической поликонденсации алкоксидов кремния и титана, процессы образования структурной сетки золь и, как следствие, вызывают изменения морфологии поверхности получаемых покрытий. В зависимости от природы и концентрации модификатора образуются неорганo-неорганические и органо-органические наноструктурированные композитные покрытия. В докладе будут рассмотрены различные типы морфологии поверхности таких покрытий, полученных из золь на основе TEOS, ТТВ или ТТИРТ, модифицированных неорганическими кислотами и солями В, Pt, Pd, Co, Al, или полиолами, которая формируется в результате процессов нуклеации или спинодального распада на стадии формирования покрытия. Характерным является образование наночастиц, статистически равномерно распределенных в аморфной матрице или биконтинуальных структур. Последние могут иметь фрактальный характер и даже формировать узоры Тьюринга. На примере модифицированных эпоксидно-силоксановых покрытий будут проиллюстрированы процессы самоорганизации морфологии поверхности, происходящие под влиянием структурирующего действия наночастиц детонационного наноалмаза, введенного в золь, и микрофазового разделения, в т.ч. с образованием фрагментов с поверхностью минимальной энергии. Будет обсуждаться интересный эффект обратимой кристаллизации поверхности покрытий, полученных из золь на основе ТТИРТ и эпоксидной смолы, модифицированных наночастицами TiO_2 , под влиянием продуктов жизнедеятельности микромицетов *Cladosporium sphaerospermum* и *Paecilomyces variotii*.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА И ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ ЛИНЕЙНЫХ АЦЕНОВ И ОЛИГОФЕНИЛЕНОВ

Постников В. А., Кулишов А. А., Лясникова М. С., Юрасик Г. А., Степко А. С., Лебедев-Степанов П. В.

*Институт кристаллографии им. А. В. Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника»
РАН, г. Москва, Ленинский проспект, д. 59
e-mail: postva@yandex.ru*

Данная работа посвящена исследованию поверхностных свойств кристаллов на основе линейных сопряженных молекул из гомологических семейств аценов nA ($n = 2\div 5$) и олигофениленов nP ($n = 2\div 6$) методом атомно-силового поля OPLS и анализу параметров образования кристаллических зародышей из раствора и из пара в рамках классической теории нуклеации с учетом анизотропии поверхностной энергии.

Впервые получены экспериментальные значения поверхностной энергии развитой грани (001) выращенных кристаллов исследуемых веществ методом контактного угла смачивания с помощью оптического прибора ОСА 15ЕС. В приближении метода атомного силового поля OPLS определена поверхностная энергия граней (100), (010), (110) и (001) кристаллов и предсказаны их равновесные формы.

Для исследуемых гомологических семейств линейных молекул впервые проведен термодинамический анализ параметров зародышеобразования кристаллов из раствора толуола на границе раздела жидкость – воздух и из паровой фазы с учетом анизотропии поверхностной энергии граней [1]. Определены критические размеры зародышей кристаллов, образуемых гетерогенно на границе раздела раствор - воздух, гомогенно и гетерогенно из паровой фазы и гомоэпитаксиально на поверхности грани (001) в экспериментальных условиях роста. Установлено, что с ростом числа сопряженных звеньев n в структуре молекул исследуемых веществ при одинаковой движущей силе кристаллизации для критических зародышей кристаллов увеличивается степень анизотропии формы (отношение длины к толщине зародыша) и уменьшается их толщина, определяемая количеством монослоев в ориентации (001). Оценены граничные условия (предельные пересыщение раствора и переохлаждение пара), при которых толщина критических зародышей соответствует минимально возможному значению - толщине мономолекулярного слоя.

Литература

1. В. А. Постников, А. А. Кулишов, М. С. Лясникова, Г. А. Юрасик, А. С. Степко, П. В. Лебедев-Степанов, О. В. Борщев // ЖФХ. 2021. Т. 95, №7. С. 1101-1109.

ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АГРЕГАТОВ КУПИНА-1.1 НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ¹

Исаков Н. А.¹, Белоусов М. В.^{1,2}, Нижников А. А.^{1,2}, Носков Б. А.¹

¹ СПбГУ, Россия 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7/9;

² ВНИИСХМ, 196608 Россия, г. Санкт-Петербург, шоссе Подбельского, д. 3
e-mail: borisanno@rambler.ru

Белковые агрегаты играют важную роль в биологических процессах, но информация об их поверхностных свойствах ограничена. В этой работе исследовались нанесенные слои аморфных агрегатов купина-1.1 на границе воздух/вода с использованием поверхностной тензиометрии, дилатационной поверхностной реологии и атомно-силовой микроскопии. Купин-1.1 является доменом вицилина и был получен с использованием ранее созданного плазмидного вектора и штамма *E. coli* BL21 [1]. Из-за низкой растворимости в воде он образует агрегаты, которые на поверхности воды формируют слой с уникальными динамическими свойствами, отличными от свойств пленок других исследуемых белков. Зависимость динамической упругости слоя от поверхностного давления имеет два локальных максимума. Объяснение первого максимума основано на сходстве полученных результатов с данными для микрогелей полимеров, когда в начале сжатия корона частиц микрогеля растягивается вдоль поверхности и образует петли и хвосты при дальнейшем сжатии, что приводит к снижению поверхностной упругости [2]. Второй максимум связан с взаимодействиями жестких ядер агрегатов, что приводит к образованию многослойных структур при высоких давлениях [3].

Литература

1. Antonets K. S., Belousov M. V., Sulatskaya A. I. et al. Accumulation of storage proteins in plant seeds is mediated by amyloid formation // PLOS Biology 2020. V. 18. № 7. P. e3000564.
2. Pinaud F., Geisel K., Massé P. et al. Adsorption of microgels at an oil-water interface: Correlation between packing and 2D elasticity // Soft Matter 2014. V. 10. № 36. P. 6963–6974.
3. Bykov A. G., Lin S. Y., Loglio G. et al. Impact of surfactant chain length on dynamic surface properties of alkyltrimethylammonium bromide/polyacrylic acid solutions // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2010. V. 354. № 1–3. P. 382–389.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект № 21-13-00039

КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ХИТОЗАНА С АНИОННЫМ ПАВ И СО СЛАБОЙ ПОЛИКИСЛОТОЙ В СЛАБОЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ¹

Вышиванная О.В.¹, Тищенко Н.А.¹, Безродных Е.А.¹, Тихонов В.Е.¹, Орлов В.Н.², Шабельникова Я.Л.³, Благодатских И.В.¹

¹ ИИЭОС РАН, Россия 119334, г. Москва, ул. Вавилова, д. 28, стр. 1;

² НИИФХБ МГУ, Россия 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 40;

³ ИПТМ РАН, Россия 142432 Московская обл., г. Черноголовка, ул. Институтская, д. 6
e-mail: vyshivannaya@polly.phys.msu.ru

Хитозан – биосовместимый и биоразлагаемый полисахарид, обладающий широким спектром антимикробной активности против бактерий, плесени и дрожжей. Эти свойства делают смеси хитозан/ПАВ и полиэлектролитные комплексы (ПЭК) на основе хитозана перспективными для использования в фармацевтике и косметике. Однако существенным ограничением является потеря растворимости хитозана в нейтральных и слабощелочных средах. Ранее было показано, что частично *N*-ацетилированный короткоцепной хитозан (РА-ХИ) обладает повышенной растворимостью в щелочных средах [1], что позволяет преодолеть это ограничение.

Поэтому целью нашей работы является выяснение особенностей поведения РА-ХИ в смесях с анионным ПАВ додецилсульфатом натрия (ДСН) и со слабой поликислотой карбоксиметилцеллюлозой (КМЦ) в слабощелочных средах методами рассеяния света и изотермического калориметрического титрования.

Установлено, что комплексообразование РА-ХИ как с ДСН, так и с КМЦ в слабощелочных средах сопровождается переносом протонов с буферного вещества на хитозан и его дополнительной ионизацией [2, 3]. При увеличении $\text{pH} > 8$ механизм взаимодействия с ДСН меняется с электростатического на гидрофобный. Способность к комплексообразованию между РА-ХИ и КМЦ исчезает при $\text{pH} > 8$.

Литература

1. *Blagodatskikh I.V., Kulikov S.N., Vyshivannaya O.V., Bezrodnykh E.A., Tikhonov V.E.* // *Biomacromolecules*. 2017. V. 18. P. 1491.
2. *Blagodatskikh I.V., Vyshivannaya O.V., Bezrodnykh E.A., Tikhonov V.E., Orlov V.N., Shabelnikova Y.L., Khokhlov A.R.* // *Int. J. Biol. Macromol.* 2022. V. 214. P. 192.
3. *Blagodatskikh I.V., Vyshivannaya O.V., Tishchenko N.A., Orlov V.N., Tikhonov V.E., Bezrodnykh E.A., Ezernitskaya M.A., Khokhlov A.R.* // *Int. J. Biol. Macromol.* 2023. V. 243. P. 125277.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-23-00198.

ВЛИЯНИЕ КАТИОНА НА ГИДРОГЕЛИ СОСТАВА "L-ЦИСТЕИН-НИТРАТ СЕРЕБРА-СУЛЬФАТ-АНИОН-ХИТОЗАН"

Зеников Г.Р., Хижняк С.Д., Иванова А.И., Пахомов П.М.

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», Россия, 170100, Тверская область, г. Тверь, ул. Желябова, д.33,
zenikov.german@mail.ru

Гелеобразование в супрамолекулярных низкоконцентрированных растворах представляет большой научный интерес. В качестве исходных веществ для синтеза гидрогелей использованы серосодержащая аминокислота L-цистеин, нитрат серебра, хитозан (ХЗ), а в качестве инициаторов гелеобразования растворы электролитов – сульфата натрия и меди. Компоненты этой гель-системы являются биоактивными, биосовместимыми веществами (L-цистеин, ХЗ), обладают антимикробной активностью (ХЗ, AgNO_3), склонны к биодegradации, нетоксичны (ХЗ), что определяет область их использования в фармакологии, косметологии и биомедицине [1,2].

Гидрогели в данной работе были получены двухстадийным методом. На

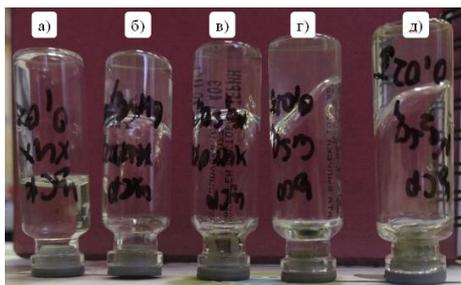


Рис. 1. Гидрогели различного состава: ЦСР + а) ХЗ б) ХЗ + CuSO_4 в) ХЗ + Na_2SO_4 г) CuSO_4 д) Na_2SO_4

первой стадии синтезировали цистеин-серебряный раствор (ЦСР), на второй – в ЦСР добавляли инициаторы гелеобразования – сульфат меди или натрия и низкомолекулярный водорастворимый полисахарид ХЗ. Для сравнения были приготовлены образцы только с сульфатом меди и сульфатом натрия. С помощью УФ-спектроскопии, СЭМ, ПЭМ, вибрационной вискозиметрии было доказано влияние катиона на электронную конфигурацию фрагментов пространственной гель-сетки и её

морфологию, прочностные свойства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Г.Р. Зеников, С.Д. Хижняк, А.И. Иванова, П.М. Пахомов. Процессы гелеобразования в низкомолекулярных водных растворах L-цистеина, нитрата серебра, сульфата меди и хитозана // Тезисы докладов 5-й всероссийской конференции «Физика водных растворов». – 2022. – с. 62.

2. Г.Р. Зеников, С.Д. Хижняк, П.М. Пахомов. Супрамолекулярные гидрогели на основе аминокислоты L-цистеин, нитрата серебра и хитозана. Вестник Тверского Государственного Университета, серия «Химия» №4 (46), 2021, с. 131-141.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТА НАНОАЛМАЗ-ЛИЗОЦИМ-МИРАМИСТИН И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОТЕЗАХ СЕРДЕЧНОГО КЛАПАНА ¹

Чернышева М.Г.¹, Бадун Г.А.¹, Чащин И.С.^{2,3}, Анучина Н.М.², Панченко А.В.⁴

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет,
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 10;

² ФГБУ НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева Минздрава России
³ ИФЗ РАН

⁴ ФГБНУ “Научно-исследовательский институт медицинской приматологии”
e-mail: chernyshevamg@ty.msu.ru

Создание покрытий для ксеногенных материалов, которые будут использованы для изготовления протезов сердечных клапанов является актуальной и, к сожалению, до сих пор не решённой задачей. Необходимо сделать биоматериал, который будет соответствовать по механическим характеристикам человеческому клапану, обладать антимикробными свойствами, что критически важно в первые дни после операции, а также не будет отторгаться организмом посредством кальциноза. С этой целью можно использовать биосовместимые покрытия, и оказалось, что для их создания подходят детонационные наноалмазы [1]. Функционально развитая поверхность наноалмазов позволяет адсорбировать на них антибиотики, наноалмазы нетоксичны и не вызывают дополнительного кальциноза [1]. В рамках данной работы предложено получение композиционного покрытия, состоящего из наноалмазов, лизоцима и мирамистина, как антимикробных агентов широкого спектра действия. Использование меченных тритием наноалмазов позволило исследовать биораспределение комплексов наноалмаз-лизоцим при внутривенном введении, которое показало, что большая часть материала остаётся в месте введения.

Показано, что композит наноалмаз-лизоцим-мирамистин проявляет сильную антимикробную активность, в то время как комплекс наноалмаз-мирамистин, не проявляет токсичности по отношению к золотистому стафилококку. Таким образом, композит наноалмаз-лизоцим-мирамистин может быть использован для создания покрытий материала протеза сердечного клапана.

Литература

1. Chernysheva M.G.et al. // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2023. V. 656. 130373

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 22-23-00019.

СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ АНСАМБЛИ ЛИЗОЦИМА И АНИОННЫХ БЛОК-СОПОЛИМЕРОВ PGLU-PEG¹**Филатова Л.Ю.¹**

¹*Химический факультет МГУ, Россия 119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр. 3;
e-mail: luboff.filatova@gmail.com*

Ферменты – биокатализаторы, которые применяются в медицине, биотехнологии и сельском хозяйстве. Одной из самых распространенных проблем является защита ферментов от агрессивных условий среды. Для этого ферменты включают в полимерные гели, мицеллы, капсулы. Фермент лизоцим может рассматриваться как антимикробный агент за счет того, что он вызывает деструкцию клеточных стенок бактерий. Блок-сополимеры полиглутаминовой кислоты и полиэтиленгликоля PGLU-PEG могут рассматриваться как системы доставки фермента.

Методами электрофоретического рассеяния света и электронной микроскопии показано, что при взаимодействии лизоцима с PGLU₁₀₀-PEG₁₁₄ происходит сильное понижение ζ -потенциала блок-сополимера и образование частиц диаметром 3-5 нм. Вероятно, в растворе находятся ассоциаты блок-сополимера и фермента в мольном соотношении 1:1. При взаимодействии блок-сополимера PGLU₅₀-PEG₁₁₄ с лизоцимом результат зависит от мольного соотношения PGLU₅₀-PEG₁₁₄:фермент. При соотношениях, не превышающих 4:1, образуются частицы диаметром 40-60 нм с нулевым ζ -потенциалом. По-видимому, взаимодействие протекает по классической схеме с образованием 3D- ансамблей с ядром, состоящим из полиглутаминовой кислоты и фермента и оболочкой из полиэтиленгликоля. При увеличении мольного соотношения PGLU₅₀-PEG₁₁₄:фермент до 70:1 в растворе происходит укрупнение частиц.

Так как поверхность слизистых оболочек, на которых функционирует лизоцим, представляет собой границу раздела фаз, было исследовано поведение смесей лизоцима с блок-сополимерами на простейшей границе вода-воздух. При измерении поверхностного натяжения установлено, что в смеси лизоцима с PGLU₅₀-PEG₁₁₄ на границе раздела фаз находятся лизоцим и блок-сополимер, а в смеси лизоцима с PGLU₁₀₀-PEG₁₁₄ на границе раздела фаз находится только блок-сополимер. Исследование структур смешанных адсорбционных слоев продолжается.

¹ Работа выполнена в рамках работ по теме № 123032300028-0

ЛОКАЛЬНЫЕ ДИССИПАТИВНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ОТВЕРДИТЕЛЯХ ЭПОКСИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ

Фомичева И.И.¹, Ломовской В.А.², Симонов-Емельянов И.Д.¹

¹РТУ МИРЭА, Россия 119571, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 86;

²ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;

e-mail: irina.fomichieva.99@mail.ru

В данной работе проведено исследование температурной зависимости локальных диссипативных явлений по спектрам внутреннего трения и температурным зависимостям частоты свободно затухающего колебательного процесса, возбуждаемого в сэндвич-образце: «целлюлозная подложка – отвердитель эпоксидного олигомера» в интервале температур от -150°C до +150°C.

В качестве объектов исследования были использованы жидкие отвердители аминной и ангидридной химической природы. Наиболее подробно дана интерпретация результатов для системы с отвердителем ТЭТА.

Полученные спектры внутреннего трения характеризуются четырьмя локальными диссипативными процессами различной интенсивности и расположенные в различных интервалах температур. Теоретический анализ полученных результатов показывает, что аминный отвердитель триэтилентетрамин (ТЭТА) $C_6H_8N_4$ является гетерогенной дисперсной жидкокристаллической системой, включающей в структуру как аморфную фазу, так и упорядоченные кристаллические образования.

Теоретический анализ температурной зависимости частоты колебательного процесса показал, что в интервалах температур проявления на спектрах внутреннего трения локальных диссипативных процессов на температурных зависимостях наблюдается аномальное изменение частоты колебательного процесса, что приводит к существенному изменению температурной зависимости модуля сдвига вязкой жидкой системы при учете того, модуль сдвига пропорционален квадрату частоты процесса. Расчёт дефекта модуля сдвига установил, что I диссипативный процесс имеет релаксационный механизм внутреннего трения, а II, III, IV- фазовый механизм внутреннего трения, т. е. эти процессы связаны с подвижностью структуры элементов упорядоченных квазикристаллических областей, расположенных в жидкой фазе I-ой подсистемы.

Литература

1. Ломовской В. А. Физико-химическая механика и внутреннее трение, как теоретическая и экспериментальная основы синтеза новых материалов. / XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии – Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2016, с. 248
2. Ломовской В. А. Устройство для исследования локальных диссипативных процессов в твердых материалах различной химической природы, строения и структуры / Научное приборостроение 2019, том 29, №1, с. 33–46

ПРИМЕНЕНИЕ ПАВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

ОЛИГОДИМЕТИЛСИЛОКСАНЫ В КАЧЕСТВЕ СТАБИЛИЗАТОРОВ ПОЛИМЕРНЫХ СУСПЕНЗИЙ

Чалых А.Е.¹, Ежова А.А.², Грицкова И.А.²

¹ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;

²РТУ-МИРЭА, Россия 119571, г. Москва, проспект Вернадского, д. 86
e-mail: chalykh@mail.ru

Использование олигодиметилсилоксанов (ОДМС) в качестве стабилизаторов полимерных суспензий можно объяснить их высокой поверхностной активностью, способностью кремнийорганической цепи образовывать на межфазной границе спиральные структуры, обеспечивающие формирование прочного структурно-механического барьера устойчивости [1, 2]. Показано, что ОДМС способны снижать межфазное натяжение на границе толуольный раствор ПАВ/вода до 4,5 мН/м, значения поверхностной активности колеблется в интервале от 3,6 до 14,2 мН·м²/моль. Использование ОДМС в синтезе частиц полистирола позволило получить агрегативно устойчивые полимерные суспензии с диаметрами частиц до 2,2 мкм и узким распределением по размерам.

Методом многолучевой интерферометрии исследованы фазовые равновесий систем ПС-ОДМС и ПС-ОДМС-Стирол, построены диаграммы фазового состояния, определены коэффициенты диффузии, парные параметры растворимости. Методом электронной микроскопии исследована структура полимерных частиц. Показано, что морфология синтезированных частиц, полученных в присутствии ОДМС, имеет ярко выраженную структуру ядро-оболочка. Совместно с образующимся в поверхностном слое полимером, молекулы ПАВ обеспечивают высокую агрегативную устойчивость суспензий с ранних степеней конверсии полимера.

Установлено, что ОДМС не способны стабилизировать мономерные эмульсии при прекращении диспергирования, в то время как при добавлении полимера устойчивость таких эмульсий к разрушению возрастала, что позволило рекомендовать практическое использование ОДМС в качестве ПАВ при синтезе полимерных монодисперсных частиц.

1. I.A. Gritskova, A.A. Ezhova, A.E. Chalykh, N.A. Lobanova, A.M. Muzafarov, S.N. Chvalun, S.A. Gusev, S.M. Levachev//Colloid And Polymer Science. 2021. N1 <https://doi.org/10.1007/S00396-020-04805-2/>

2. I.A. Gritskova, N.I. Prokopov, A.A. Ezhova, A.E. Chalykh, S.A. Gusev S.M. Levachev, V.P. Zubov, V.I. Gomzyak, I.V. Skopintsev, A.N. Stuzhuk, I.D. Kovtun, A.M. Shulgin, D.S. Ivashkevich, G.A. Romanenko, V.G. Lakhtin. S.N. Chvalun//Polymers 2023. 15. 2464 <https://doi.org/10.3390/Polym.15112464>

ПРИМЕНЕНИЕ ПАВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМОЙ МИКРО- И НАНОПОР ПРИ ТРАВЛЕНИИ ТРЕКОВ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ В ПОЛИМЕРЕ

Апель П. Ю.

Объединенный институт ядерных исследований, 141980 Россия, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри 6,
e-mail: apel@jinr.ru

Химическое травление треков высокоэнергетических тяжелых ионов в диэлектрике – один из широко известных методов создания нано- и микропористых структур, в том числе трековых мембран. Обычные трековые мембраны (ТМ), изготавливаемые как в лабораторном, так и в промышленном масштабе, представляют собой полимерные пленки с однородными по размерам порами цилиндрической формы (Рис. 1А).

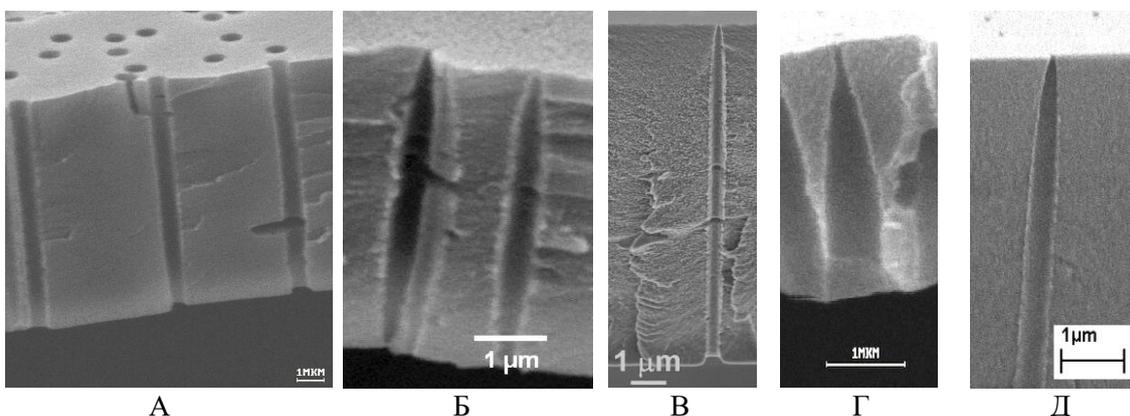


Рис. 1. А: обычная трековая мембрана; Б, В, Г, Д: поры различной конфигурации, симметричные и асимметричные, полученные травлением с применением ПАВ

Добавление ПАВ в травильный раствор открыло новые возможности управления формой пор в ТМ (Рис. 1Б-Д). Использование адсорбционных и диффузионных эффектов позволяет получать поры различных конфигураций, включая симметричные и асимметричные структуры с варьируемыми аспектным отношением и степенью асимметрии [1]. Они нашли широкое применение в качестве сенсоров частиц и молекул, а также модельных систем в микро- и нанофлюидике [2].

Литература

1. *Apel P.Y., I.V. Blonskaya, S.N. Dmitriev, O.L. Orelovich, B. Sartowska.* Ion track symmetric and asymmetric nanopores in polyethylene terephthalate foils for versatile applications. *Nucl. Instrum. Meth. in Phys. Res.* 2015. V. B365. PP. 409-413.
2. *Apel P.Y.* Fabrication of functional micro- and nanomaterials from polymers modified by swift heavy ions. *Radiat. Phys. Chem.* 2019. V. 159. PP. 25–34.

НАНОРЕАКТОРЫ НА ОСНОВЕ АМФИФИЛЬНЫХ БЛОКСОПОЛИМЕРОВ – ЭФФЕКТИВНЫЕ БИМЕДИЦИНСКИЕ НАНОУСТРОЙСТВА ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ТОКСИНОВ¹

Паширова Т.Н.^{1,2}, Шайхутдинова З.М.^{1,2}, Татаринов Д.А.², Мансурова М.Н.¹, Казакова Р.Р.¹, Богданов А.В.², Ахунзянов А.А.¹, Мифтахова Р.Р.¹, Миронов В.Ф.², Массон П.¹,

¹Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Россия 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18

²Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ Казанский научный центр РАН, Россия 420088, г. Казань, ул. Академика Арбузова, д.8
e-mail: tatyana_pashirova@mail.ru

Нанотерапевтические препараты нового поколения обеспечивают не только адресную доставку лекарственных веществ, но способны выполнять различные биомедицинские функции, такие как биозондирование, визуализация, детоксикация различных токсинов *in vivo* [1,2]. В биомедицинских наноустройствах движение и функции осуществляются за счет эндогенных и/или экзогенных стимулов. Работы нашей группы [3,4] сосредоточены на разработке терапевтических инъекционных нанореакторов (nR), содержащих гетерологичные ферменты для *in vivo* детоксикации фосфорорганического соединения – параоксон (РОХ). Для этой цели проведен синтез серии амфифильных блок-сополимеров полиэтиленгликоль-полипропиленсульфид (Мм=750, 2000), на основе которых получены наноструктуры различного типа (мицеллы, стержни, везикулы). Высокоэффективные nR представляют стабильные в условиях *in vitro* (рН=7.4, 37°C) и крови сферические полимерсомы (D=106±1нм, PDI=0.17±0.01, $\xi=-8.3\pm 0.3$ мВ, количество nR $3.21\pm 0.36\times 10^{13}$ нЧ/мл). Эффективность капсулирования и загрузки фермента составили 82±7 и 15±2%. В условиях *in vitro* нейтрализация РОХ проходила менее чем 10 с. Внутривенное введение nR мышам CD-1, зараженных РОХ (подкожно) обеспечивало их выживаемость, при этом нервно-мышечные и поведенческие нарушения не наблюдались. ЛД₅₀ РОХ увеличивалась от 0.66 мг/кг до 15.62 и 5.29 мг/кг при профилактике и терапевтическом лечении соответственно. Проведены фармакокинетические и иммунологические исследования.

Литература

1. Pashirova T.N. et al. // *Chem.-Biolog. Interact.* 2021. 346. P.109577
2. Pashirova T.N. et al. // *Acta Naturae.* 2023. 15. P.4–12
3. Pashirova T.N. et al. // *ACS Appl. Mater. Interfaces.* 2022. 14. P.1924
4. Shajhutdinova Z.M. et al. // *Biomedicines,* 2022, 10, 784.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, проект № 20-14-00155-П

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ С ПОМОЩЬЮ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ САМОСБОРКИ КАЛИКС[4]РЕЗОРЦИНОВ И ПОЛИМЕРОВ¹

**Кашапов Р.Р.¹, Разуваева Ю.С.¹, Зиганшина А.Ю.¹, Сапунова А.С.¹,
Сальников В.В.², Захарова Л.Я.¹**

¹ *Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Россия 420088, г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 8;*

² *Казанский институт биохимии и биофизики – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Россия 420111, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31
e-mail: kashapov@iopc.ru*

Исследование процессов самоорганизации в системах, содержащих полиэлектролиты и противоположно заряженные амфифильные органические вещества, связано с широким применением данных систем в медицине, биологии и областях, связанных с защитой окружающей среды. Такие полимер-коллоидные комплексы могут быть стабилизированы супрамолекулярными взаимодействиями с последующим образованием функциональных наночастиц путем спонтанной самоорганизации. В представляемой работе проведен супрамолекулярный дизайн функциональных агрегатов на основе виологенового каликс[4]резорцина, содержащего н-додецильные фрагменты на нижнем ободе, и различных натриевых соли казеина, альгиновой кислоты, РНК и карбоксиметилцеллюлозы. С помощью широкого набора физико-химических методов охарактеризованы процессы совместной самосборки каликс[4]резорцина и данных полимеров в водной среде, а также определены биобезопасность разработанных композиций, селективность действия по отношению к раковой клеточной линии M-HeLa и способность проникновения в эти клетки.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №22-73-10050.

Ω-ФАКТОР В ПРАКТИКЕ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ОБРАТНОМИЦЕЛЛЯРНЫХ СИСТЕМАХ

Суворова О.В., Павлов Ю.С., Ревина А.А., Быстров П.А., Высоцкий В.В.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4
e-mail: souvorova@ipc.rssi.ru*

В производстве полимерных наносмартконцентратов, в которых активное вещество присутствует в виде нанотехнологического компонента в концентрациях не более 1-3 % (масс.) в матрице полимера той же марки, из которого формируется конкретное изделие, новые технологии объемного радиационного наномодифицирования в обратномиицеллярных средах позволяют осуществлять работы с химически стойкими полимерами (в том числе с полиэтилентерефталатом, ПЭТФ).

По данным спектрофотометрии, микроскопии и лазерно-искрового эмиссионного спектрального анализа в работе на примере модифицирования гранулята и пленок ПЭТФ представлен подход к повышению многофакторного воздействия на объекты *in situ* в водно-органической системе обратных мицелл [1,2] состава $[Me^{m+} / H_2O / AOT / \text{изооктан}]$ в диапазоне доз 5 ... 50 кГр за счет изменения коэффициента сольубилизации, $\omega = [H_2O] / [AOT]$.

Показано, что под воздействием ионизирующего излучения водный пул мицелл обеспечивает не только инициирование и проведение синтеза наноструктур в «нанореакторе». С учетом частичной адсорбции воды на льюисовских основных центрах поверхности ПЭТФ, проходящей по координационному механизму $[C=O: \dots H-OH]$, за счет радиолиза (воды) осуществляется разрушение связей С-О на поверхности полимера с образованием гидроксильных концевых групп, приводящее к усилению адсорбционных свойств матрицы.

Результаты свидетельствуют о возможностях изменения свойств полимерной матрицы в рамках однореакторных технологий за счет управления радиационно-химической деструкцией поверхности полимера, обеспечивая *in situ* начиная со стадии формирования внедрение в дефекты и фибриллы матрицы синтезируемых металлосодержащих структур, отвечающих за функциональные характеристики промышленных добавок.

Литература

1. Ревина А.А. Патенты РФ: № 2212268, Бюл. №. 26. 2003, № 2322327. Бюл. № 11. 2008.
2. Суворова О.В., Быстров П.А., Павлов Ю.С., Ревина А. А. Патент РФ № 2746263. Бюл. № 11, 2021.

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА И ЭФФЕКТ РЕБИНДЕРА

Клямкин С.Н., Булычев Б.М.

*МГУ имени М.В.Ломоносова, химический факультет,
119991, Россия, Москва, Ленинские горы, д.1, стр.3
klyamkin@highp.chem.msu.ru*

Основными препятствиями на пути широкого внедрения водорода в энергетический сектор промышленности являются малоэффективные способы его хранения и транспортировки, как правило, базирующиеся на использовании сжатого или сжиженного газа. Низкая плотность, воспламеняемость и взрывоопасность водорода требуют разработки технологий альтернативных традиционным. В качестве возможного решения этих задач для определенных областей применения рассматривается использование твердых материалов, способных генерировать водород при взаимодействии с водой непосредственно на месте потребления. Алюминий, выделяющий при окислении водой до 1,24 л водорода на грамм металла, благодаря низкой стоимости, доступности и возможности вторичной переработки образующихся побочных продуктов, является одним из наиболее привлекательных для этой цели веществ. Для инициирования этой трудно протекающей реакции необходимо разрушение прочного поверхностного оксидного слоя, что обычно достигается использованием щелочной среды или водяного пара при повышенных температурах.

Альтернативное решение задачи активации может быть основано на механохимической обработке алюминия в присутствии металлов-активаторов, среди которых наиболее эффективными являются галлий, индий и висмут. Проведенные нами систематические исследования процесса окисления активированного алюминия в водно-солевых растворах показали, что общепринятые представления об электрохимической природе активирующего действия этих металлов противоречат такому экспериментальному факту, как искусственное создание электролитической среды за счет добавки водорастворимых солей переходных или непереходных металлов не только не оказывают ожидаемого влияния на скорость реакции окисления алюминия, но в ряде случаев ингибируют ее. Вследствие этого более вероятным механизмом действия металлов-активаторов нам представляется механизм, связанный с их поверхностной активностью в соответствии с эффектом Ребиндера [1]

1. Ребиндер П.А., Шукин Е.Д. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения. Успехи физических наук. 1972. Т. 108. №1. С. 3-42.

Работа выполнена в рамках Госзадания, №АААА-А16-116053110012-5 и 122012400186-9.

КОМПОЗИЦИИ БАКТЕРИЦИДНЫХ ПАВ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ КАНАЛИЗАЦИИ

Цивадзе А.Ю., Фридман А.Я., Новиков А.К., Полякова И.Я., Батищев О.В.,
Баринов Р.А., Бардышев И.И., Ташаев А.Б.

ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: bardyshev@phyche.ac.ru

Разработаны композиции амфотерных ПАВ «ЦИФЛАН 3321», как основа современных доступных, нетоксичных, экологически безопасных бытовых чистящих и моющих средств. Для ее синтеза используют щелочные массовые белоксодержащие отходы [1], в которые вводят сульфенол, ОП-10 и формальдегид в соответствующих количествах и реакционную массу обрабатывают паром.

Композиция состоит из аминокетатов глицеридов жирных кислот $[R^i-COO-)_3C_3H_{3-i}L_i$, полисахаридов $[C_6H_2O_2(OH)_3L_i]_n$, сульфанола $R^iC_6H_{5-i}SO_3L_i$ и ОП-10 $C_6H_{5-i} (C_iH_{2i-1})_2[-O(C_2H_4O)_{10}OH] L_i$, где L -CH₂-NHCR-COONa. Массовое содержание амфотерных ПАВ не менее 20 %, рН 5.8 = 6.2.

На кривых рН-метрического титрования имеются три буферные области рН 8,8 -10.6, рН 5.7- 7.8 и рН 3.2 – 5.0. Первой области отвечает равновесие $(L_2)^- + H^+ = (HL_2)^-$ (рК≈10) и $L^- + H^+ = HL$ (рК≈9.1), второй - равновесие $(L_2)^- + H^+ = (HL_2)^-$ + H⁺ = 2HL (рК≈ 6.4), а третьей HL+H⁺ = H₂L. Поверхностное натяжение 0.5% раствора 0.032 (рН = 3.4), 0.030 (рН =6) и 0.024 (рН =9) н/м. Кислотная емкость не менее 1 мг-экв/см³, щелочная емкость не менее 6.6 мг-экв/см³. Металлоемкость 5 мг-экв(трилона Б) /г. ЦИФЛАН 3321 относится к веществам четвертого класса опасности, ЛД(50) более 15 г/кг. Амфотерные ПАВ биологически разлагаемые.

Действие ЦИФЛАН 3321 основано на внедрении углеводородных радикалов бифильных соединений в загрязнения и формирования из ацетатов полисахаридов и ОП-10 гидратируемых оболочек.

На основе «ЦИФЛАН 3321» были разработаны рецептуры средств для мытья посуды и для стирки. Содержание «ЦИФЛАН 3321» в пределах 6-10 % в пересчете на сухое вещество. В рецептуры вводят загустители, ароматизаторы, красители и вещества для придания товарного вида. Средства сохраняют работоспособность при разбавлении до 100 раз.

ХИТОЗАН И ЕГО ГИДРОФОБИЗИРОВАННЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦ ИЗ ПОЛИЛАКТИДА МЕТОДОМ ИСПАРЕНИЯ РАСТВОРИТЕЛЯ ИЗ ЭМУЛЬСИЙ МАСЛО/ВОДА

**Попырина Т.Н.¹, Минаева Е.Д.², Минаев Н.В.², Демина Т.С.¹,
Акопова Т.А.¹**

¹ИСПМ им. Н.С. Ениколопова РАН, Россия 117393, г. Москва, ул. Профсоюзная д. 70.

²ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Россия 108840, г. Троицк, ул. Пионерская д.2.

e-mail: popyrina@ispm.ru

Микрочастицы из полимерных биodeградируемых материалов используются в качестве исходных материалов для создания 3D матриц для тканевой инженерии методом поверхностно-селективного лазерного спекания (ПСЛС). При этом, на поверхности микрочастиц необходим компонент, способный адсорбировать воду, которая поглощает лазерное излучение в ИК-диапазоне. Для ПСЛС можно использовать микрочастицы из полилактида с гигроскопичным покрытием, получаемые методом испарения растворителя из эмульсий масло/вода с использованием природных эмульгаторов в дисперсионной среде.

Целью работы являлось получение микрочастиц из полилактида, стабилизированных хитозаном и его гидрофобизированными производными, для создания трехмерных структур методом ПСЛС. В работе использовали хитозаны различных ММ и СД, а также их производные, полученные путем механохимического синтеза [1]. Микрочастицы для ПСЛС получали методом испарения растворителя из эмульсий «масло/вода», в которых дисперсная фаза состояла из раствора полилактида в смеси растворителей, а дисперсионная среда - из растворов хитозана или его производных [2]. Исследовано влияние химической структуры хитозана и его производных на выход и распределение по размерам микрочастиц, их морфологию поверхности и способность к применению в качестве исходных материалов для ПСЛС.

Литература

1. *Akopova T.A., Demina T.S., Khavpachev M.A., Popyrina T.N., Grachev A. V., Ivanov P.L., Zelenetskii A.N.* Hydrophobic Modification of Chitosan via Reactive Solvent-Free Extrusion. // *Polymers (Basel)*. 2021, 13, 2807.
2. *Demina T.S., Popyrina T.N., Minaeva E.D., Dulyasova A.A., Minaeva S.A., Tilkin R., Yusupov V.I., Grandfils C., Akopova T.A., Minaev N.V.* Polylactide microparticles stabilized by chitosan graft-copolymer as building blocks for scaffold fabrication via surface-selective laser sintering // *J. Mater. Res.* 2022, 37, 933–942.

ВЛИЯНИЕ АНИОННОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО МАТЕРИАЛА ИЗ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Ромашева М.М., Демьянцева Е.Ю., Смит Р.А.

*СПбГУИТД ВШТЭ, Россия 198095, г. Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д.4;
e-mail: rita.romasheva@gmail.com*

Производство сельскохозяйственной продукции связано с образованием большого количества отходов. Основным направлением сокращения и вовлечения в хозяйственный оборот вторичных сырьевых ресурсов и отходов агропромышленного комплекса может стать переход на мало- и безотходные циклы переработки сельскохозяйственной продукции; разработка новых технологических процессов производства из отходов продукции технического назначения с организацией вертикально-интегрированных компаний, объединяющих в едином комплексе производство растительного сырья, фермы, перерабатывающие предприятия и установки по переработке отходов. Так, неиспользуемое или малоиспользуемое сырье может стать исходным материалом для получения других конечных и промежуточных продуктов. Таким перспективным сырьем может стать сельскохозяйственная культура – топинамбур, имеющая широкий ареал произрастания. В настоящее время используются только клубни растения, при этом вегетативная часть, содержащая до 60% целлюлозного материала, является отходом производства. В работе исследовано влияние анионного ПАВ додецилсульфата натрия на качество целлюлозного материала, полученного из топинамбура при различных способах делигнификации.

Волокнистый материал из отходов сельскохозяйственной культуры был получен в условиях сульфатной, бисульфитной, натронной делигнификаций и обработкой пероксидом водорода в отсутствие и присутствии ПАВ. Данные виды делигнификации проводили при температуре 150°C в течение 120 минут. Гидромодуль для всех составил 1:10. Установлено, что присутствие в растворе додецилсульфата натрия в условиях бисульфитной делигнификации способствует увеличению на 5-10% выхода лигнина, экстрактивных веществ и легкогидролизуемых полисахаридов из вегетативной части топинамбура [1]. При этом характеристики полученного волокнистого полуфабриката коррелируют с показателями химико-термомеханической массы из древесного сырья.

Литература

1. *Ромашева М.М., Демьянцева Е.Ю., Смит Р.А., Якубова О.С.* //Мат-лы IV Международной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов ЦБП. Отв. редактор О.В. Фёдорова. Санкт-Петербург, 2023. С. 63-66.

БИС- И ТРИСЧЕТВЕРТИЧНЫЕ АММОНИЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ АГЕНТЫ.¹

Верещагин А.Н.¹, Бардина М.А.²

¹*ИОХ РАН, Россия 119334, г. Москва, Ленинский проспект, д.47;*

²*Тульский государственный университет, 300012, г. Тула, просп. Ленина, д.92.*

e-mail: vereshchgin@ioc.ac.ru

В настоящее время на Российском рынке медицинских изделий значительная часть антисептических средств сделано на основе четвертичных аммониевых соединений (ЧАС). Наиболее известные и эффективные антисептики на основе моно-ЧАС – бензалконий хлорид, цетилпиридиний хлорид, мирамистин, на основе бис-ЧАС – хлоргексидин, алексидин, октенисепт, местамидин. Известно, что различные штаммы бактерий, в том числе патогенных со временем вырабатывают резистентность к противомикробным лекарственным средствам. Разработка новых высокоактивных антисептических препаратов является актуальной и социально-значимой задачей.

В настоящей работе предложен оригинальный подход к синтезу новых классов ЧАС, превосходящих по активности известные антисептики [1,2]. Данные соединения обладают антибактериальной и противогрибковой активностью против широкого спектра высокорезистентных патогенных бактерий и грибов, являющихся источником многих заболеваний, в том числе социально-значимых. Полученные соединения станут основой новых биоцидных препаратов отечественного производства.

Установлены некоторые закономерности структура – физико-химические свойства новых ЧАС.

Литература

1. *Vereshchagin A.N., Frolov N.A., Egorova K.S., Seitkaliyeva M.M., Ananikov V.P. // Int. J. Mol. Sci., 2021, Vol. 22, iss. 13, 6793.*
2. *Seferyan M.A., Saverina E.A., Frolov N.A., Detusheva E.V., Kamanina O.A., Arlaypov V.A., Ostashevskaya I.I., Ananikov V.P., Vereshchagin A.N. // ACS Infect. Dis., 2023, Vol. 9, iss. 6, pp. 1206-1220.*

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта ректора ТулГУ для обучающихся по образовательным программам высшего образования - программам магистратуры, № 8938ГРР_М

ФЛОКУЛЯНТЫ НА ОСНОВЕ МАГНЕТИТА: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА

Проскурина В.Е., Галяметдинов Ю.Г.

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
Россия 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68
e-mail: v_proskurina@mail.ru*

Наноконпозиты на основе частиц магнетита и синтетических полимеров благодаря сочетанию магнитных характеристик и активности функциональных групп полимеров являются идеальными реагентами для создания высокоэффективных, полифункциональных наноструктур, обеспечивающих селективное разделение в многокомпонентных дисперсных системах. На сегодняшний день актуальными являются исследования, направленные на разработку, изучение свойств магнитных флокулянтов и их применение в биомедицине: адресная доставка лекарств, магнитно-резонансная томография, магнитно-опосредованное разделение биомолекул.

В работе были синтезированы магнитные флокулянты (МФ) на основе наночастиц Fe_3O_4 и полиакриламидных флокулянтов. Первоначально методом соосаждения солей Fe^{2+} и Fe^{3+} в присутствии $NH_3 \cdot H_2O$ при мольном соотношении $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 2:1$ были получены образцы магнетита Fe_3O_4 , требуемого состава (31% FeO – вюстита и 69% $\gamma-Fe_2O_3$ – маггемита) по методике [1]. В ходе синтеза было выделено 3 образца магнетита. Образец 1, с частицами наименьшего размера, получали дополнительной пептизацией HCl синтезированных частиц магнетита. Образец 2 подвергали обработке в течение 10 мин на ультразвуковом диспергаторе. Образец 3 центрифугировали при 3000 об/мин в течение 10 мин. На втором этапе получали МФ смешением растворов полиакриламидных флокулянтов с магнитной дисперсией. Методом динамического светорассеяния измерены размеры и дзета-потенциал синтезированных частиц магнетита и МФ. Оценено влияние размера наночастиц магнетита на процесс флокуляции суспензии TiO_2 . Установлена корреляция между расстоянием между магнитами и флокулирующим эффектом.

Литература

1. *Проскурина В.Е., Кашина Е.С., Рахматуллина А.П.* Седиментация суспензии диоксида титана магнитными флокулянтами. Коллоидный журнал. 2023. Т. 85. Вып. 1. С. 77-84.

1

¹Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) от 29.12.2022 г. №075-01508-23-00.

ЭКСТРАГЕНТ-СОДЕРЖАЩИЕ МИКРОЭМУЛЬСИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Мурашова Н.М., Полякова А.С., Шарапова Е.К.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Россия, 125047 г.
Москва, Миусская пл., 9
e-mail: natur_home@mail.ru*

Микроэмульсии являются перспективными средами для химической технологии. Они образуются самопроизвольно, что существенно облегчает их промышленное получение и использование. Микроэмульсии могут способствовать лучшей совместимости полярных и неполярных веществ, играя роль «универсального растворителя». На основе микроэмульсий можно создать функциональные наноматериалы путем введения в их состав соответствующих реагентов, например, экстрагентов для селективного извлечения металлов. Многие экстрагенты, применяемые для извлечения металлов, обладают поверхностно-активными свойствами и поэтому могут играть роль соПАВ, влияя на область существования, структурную организацию и физико-химические свойства микроэмульсий [1]. Было исследовано влияние экстрагентов ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты, капроновой кислоты и трибутилфосфата на свойства микроэмульсий на основе ди-(2-этилгексил)фосфата натрия и додецилсульфата натрия.

Был предложен метод микроэмульсионного выщелачивания, который предполагает селективное извлечение металлов из природного или техногенного сырья путём его контакта с экстрагент-содержащей микроэмульсией. После выщелачивания твёрдая фаза отделяется, и целевые компоненты реэкстрагируются при введении минеральной кислоты. При микроэмульсионном выщелачивании происходит совмещение выщелачивания и экстракции в одном процессе и в одном аппарате, что дает возможность создания энерго- и ресурсосберегающих технологий. На модельной системе с CuO было изучено влияние концентрации ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты и условий проведения процесса на извлечение меди в обратную микроэмульсию ди-(2-этилгексил)фосфата натрия. В качестве примера практического применения было изучено выщелачивание Cu, Co, Ni и Fe из окисленного кобальто-медного концентрата с помощью экстрагент-содержащих микроэмульсий на основе ди-(2-этилгексил)фосфата натрия и додецилсульфата натрия.

Литература

1. *Мурашова Н.М., Полякова А.С., Юртов Е.В. // Коллоидный журнал. 2018. Т.80. №5. С. 541–550.*

СТАБИЛИЗАЦИЯ НАБУХАЮЩИХ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СУСПЕНЗИЙ

**Сафаров Ф. Э.¹, Телин А. Г.¹, Фахреева А. В.¹, Подлеснова Е. В.²,
Овчинников К. А.²**

¹ООО «Уфимский НТЦ», 450078, Россия, г. Уфа, ул. Кирова, д. 99/3,

²ООО «Газпромнефть - Промышленные Инновации», 197350, Россия, г. С.-Петербург,
дорога в Каменку, д. 74, литера А

e-mail: safarovfi@ufntc.ru

Доклад посвящен важной задаче прикладной коллоидной химии: регулированию седиментационной устойчивости и предела текучести технических минеральных дисперсий алюмосиликатов. Дисперсные системы при транспортировке по трубопроводам могут разрушаться, что может приводить к срыву потока и нарушению технологических показателей транспорта. Процесс особенно заметен в локальных точках с повышенной относительно дисперсной среды температурой, местах контактов с клапанами и штуцерами.

Целью настоящей работы является увеличение эффективности трубопроводного гидротранспорта концентрированных суспензий смеси алюмосиликатов за счёт снижения их предела текучести и увеличения седиментационной устойчивости при максимально возможной концентрации частиц наполнителя суспензии. В качестве облагораживающих добавок применяют пластифицирующие добавки, ПАВ, полимеры, дисперсанты, растворители [1]. Основными требованиями к добавкам является незначительное влияние на вязкость итоговой суспензии, а также на процессы агрегации. Кроме того, перекачка алюмосиликатных суспензий осложнена набуханием частиц дисперсной фазы в воде, что изменяет их линейные размеры и серьёзно влияет на стабильность суспензии. Так, если водная суспензия алюмосиликатов с содержанием дисперсной фазы 10 % легко перекачивается без разрушения, её предел текучести минимален, то увеличение содержания наполнителя в суспензии до 15 % приводит к формированию густой пасты, перекачка которой приводит к срыву потока и блокированию трубопровода твердыми набухшими в воде частицами). Докладывается об успешном подборе комплекса облагораживающих добавок (ингибиторы набухания глинистых материалов и неионогенные поверхностно-активные вещества), позволяющих значительно увеличить седиментационную стабильность алюмосиликатных суспензий. После проведения реологических сдвиговых и осцилляционных тестов оптимизирован состав комплексной облагораживающей добавки, позволяющей перекачивать 15 % суспензию с достаточной седиментационной устойчивостью. Показано, что применение облагораживающей добавки предотвращает агрегацию частиц дисперсной фазы суспензии, и обеспечивает её седиментационную устойчивость при температурах до 70 °С.

Литература

1. Урьев Н. Б. // Коллоидный журнал. 2019. Т. 81, №. 5. С. 642.

РОЛЬ АМФИФИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Демьянцева Е.Ю., Смит Р.А., Якубова О.С.

СПбГУПТД ВШТЭ, Россия 198095, г. Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д.4.

e-mail: demyantseva@mail.ru

Важнейшим фактором успешной деятельности отечественных предприятий целлюлозно-бумажной отрасли является внедрение конкурентноспособных наилучших доступных технологий, основанных на применении универсальных реагентов, способствующих интенсификации производственных процессов на всех этапах получения основного и побочного продуктов, а также разработка и реализация экологической стратегии устойчивого развития ресурсосберегающих технологий [1]. Один из перспективных способов снижения экологического давления в целлюлозно-бумажном производстве – это совместное применение поверхностно-активных веществ и биокатализаторов белковой природы (ферментов), в частности класса гидролаз. Катализируемые ими реакции открывают перспективные возможности в технологии производства целлюлозы.

Поскольку весь процесс производства волокнистых полуфабрикатов подчиняется коллоидно-химическим закономерностям превращения сложных многокомпонентных систем вариативного состава, особое внимание уделено влиянию амфифильных соединений на физико-химические свойства полученного продукта. Разработаны синергетические смеси амфифильных соединений с оценкой поверхностных, диспергирующих, солюбилизующих, стабилизирующих и деэмульгирующих свойств, а также эффективности их применения в производственных средах [2]. Определен оптимальный состав композиций амфифильных соединений, включающих синтетические ПАВ, нативный и иммобилизованный фермент класса гидролаз, при котором достигается лучшая солюбилизующая способность и максимальная каталитическая активность фермента. Установлены параметры низкотемпературного извлечения сульфатного мыла, обогащённого ценными биологически-активными веществами с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ) [3].

Литература

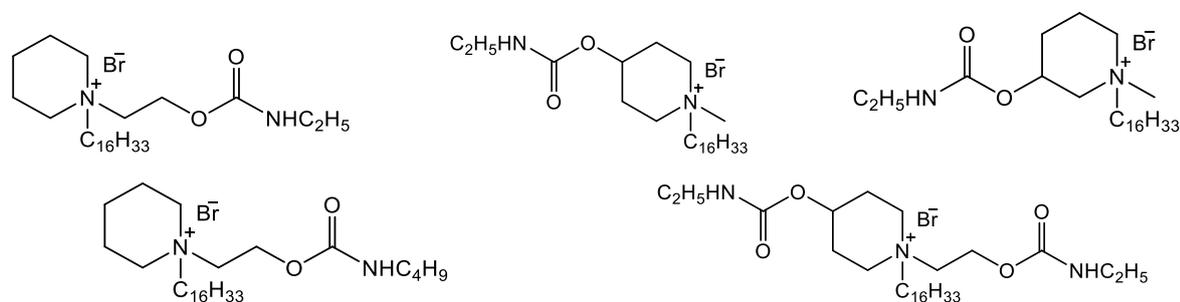
1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Москва: Бюро НДТ, 2015. 479 с.
2. Смит Р.А., Демьянцева Е.Ю., Андранович О.С., Филиппов А.П. //Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 1.С. 180-191.
3. Андранович О.С., Демьянцева Е.Ю., Филиппов А.П., Смит Р.А. // Изв. вузов. Лесн. журн. – 2019. – № 6. – С. 224-232.

ПИПЕРИДИНИЕВЫЕ ПАВ С КАРБАМАТНЫМ ФРАГМЕНТОМ КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАНОПЕСТИЦИДОВ¹

**Кушназарова Р.А., Миргородская А.Б., Кузнецов Д.М.,
Амерханова С.К., Васильева Э.А., Ленина О.А., Петров К.А.,
Захарова Л.Я.**

*Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, 420088, Россия, Казань, ул. Академика Арбузова, 8.
e-mail: ruwana1994@mail.ru*

Синтезированы и охарактеризованы новые пиперидиниевые ПАВ, содержащие один или два карбаматных фрагмента в структуре молекулы.



Методами тензиометрии, кондуктометрии, спектрофотометрии, флуориметрии, динамического рассеяния света проведено систематическое исследование их агрегационного поведения в водных растворах, установлены критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), размер, заряд и числа агрегации дисперсных частиц, адсорбционные и термодинамические параметры. Определен краевой угол смачивания и площадь растекания водных растворов на различных поверхностях в условиях изменения структуры и концентрации пиперидиниевых ПАВ. Охарактеризовано солюбилизационное действие ПАВ в отношении гидрофобных соединений, в том числе спектральных зондов и инсектицидов (имидаклоприд). Получены количественные сведения о токсичности и антимикробном действии исследуемых ПАВ по отношению к ряду патогенных штаммов, вызывающих заболевания животных и растений. Выявлена взаимосвязь между коллоидным поведением пиперидиниевых ПАВ с карбаматным фрагментом и их эффективностью при использовании в качестве адъювантов в инсектицидных композициях.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 23-73-10033

СЕРНОКИСЛОТНОЕ АЛКИЛИРОВАНИЕ ИЗОАЛКАНОВ ОЛЕФИНАМИ В ПРИСУТСТВИИ МИКРОЭМУЛЬСИЙ ПО ТИПУ ВИНЗОР III¹

Никитёнок А.В., Иванов Д.П., Бабушкин Д.Э., Кузьмин А.О.

*ИК СО РАН, Россия 630090, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, д.5;
e-mail: kuzmin@catalysis.ru*

Найдены смеси устойчивых в используемой реакционной среде ПАВ/со-ПАВ (стеариновая кислота + перфторированная сульфокислота, диметилдиоктадециламмония хлорид), добавление которых в систему концентрированная H_2SO_4 – изоалкан способно приводить к образованию термодинамически устойчивых микроэмульсий по типу Винзор III [1]. Данные системы характеризуются близким к нулю значением поверхностного натяжения, обеспечивают быстрое обновление поверхности контакта фаз и практически прямой контакт изобутана с H_2SO_4 , нивелируя его крайне низкую растворимость в серной кислоте.

Небольшое количество найденных ПАВ/со-ПАВ в реакционной среде (около 0.03 вес.%) резко улучшает все параметры реакции сернокислотного алкилирования. Достигнуты следующие величины параметров реакции алкилирования изобутана 1-бутеном:

- Исследовательское октановое число получаемого алкилата выше 100.
- Увеличение селективности процесса по 1-бутену в 1.5 раза.
- Увеличение выхода алкилата (с учётом увеличения скорости реакции авто-алкилирования) до 1.4 раза.
- Сокращение потребления H_2SO_4 в более чем в 10 раз за счёт резкого сокращения образования кислото-растворимых масел (КРМ) и др.
- Отсутствие индукционного периода, необходимого в обычном процессе для накопления некоторого уровня КРМ, являющихся промоторами реакции и выступающих в роли ПАВ [2].

После окончания реакции алкилирования пропадают условия для образования микроэмульсии, за счёт увеличения среднего значения числа атомов углеводородов, что обеспечивает возможность разделения реакционной смеси.

Литература

1. Salager J.-L., Forgiarini A.M., & Rondón M.J. // *Journal of Surfactants and Detergent*. 2016. Vol. 20. № 1, P.3–19.
2. Кудинов А.В., Рябов В.Г., Углев Н.П. // Научно-технический вестник Поволжья: Технические науки. 2014. №. 2. С. 151–160.

¹ Работа выполнена по Гос. заданию: АААА-А21-121011390055-8. Гетерогенные и гомогенные катализаторы и процессы газохимии, нефтехимии и тонкого органического синтеза.

**СМАЧИВАЮЩИЕ ПЛЕНКИ,
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА
МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ**

**ДИЛАТАЦИОННАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ РЕОЛОГИЯ ВОДНЫХ
ДИСПЕРСИЙ МИКРО- И НАНОАГРЕГАТОВ БЕЛКОВ¹****Носков Б.А., Акентьев А.В., Быков А.Г., Миляева О.Ю.**

¹*Санкт-Петербургский государственный университет, Россия 198504, г. Санкт-Петербург,
Университетский проспект, д.26
e-mail: b.noskov@spbu.ru*

Агрегаты белков находят многочисленные применения в различных отраслях промышленности и в медицине [1]. Во многих случаях, например, при стабилизации пен и эмульсий эффективность использования белковых агрегатов определяется поверхностными свойствами их водных дисперсий. В то же время информация об этих свойствах, как и о свойствах нанесенных пленок агрегатов белков на водной поверхности, оказывается крайне ограниченной. В данной работе к пленкам фибрилл и неупорядоченных агрегатов белков применены методы поверхностной дилатационной реологии вместе с оптическими методами и атомно силовой микроскопией. В случае агрегатов β -лактоглобулина (БЛГ) существующие методы очистки не позволили полностью исключить влияние пептидов с низкой молекулярной массой и высокой поверхностной активностью, возникающих при гидролизе белка в процессе образования агрегатов, на свойства адсорбционных пленок. В случае нанесенных пленок агрегатов БЛГ поверхностная концентрация примесей много меньше, и динамическая упругость оказывается в три раза выше, чем для адсорбционных пленок, указывая на образование жесткой структуры. Близкие результаты были получены для водных дисперсий фибрилл лизоцима. В то же время для дисперсий фибрилл α -лактальбумина влияние поверхностно-активных примесей при рН 2 пренебрежимо мало, но возрастает при увеличении рН. При рН 7 фибриллы становятся неустойчивыми, и измерение динамических поверхностных свойств позволяет следить за кинетикой их разрушения.

Литература

1. *Noskov B.A., Bykov A.G., Gochev G. et al. // Adv. Colloid Interface Sci. 2020. 276. 102086.*
2. *Noskov B.A., Rafikova A.R., Milyaeva O.Yu. // J. Molecular liq. 2022. 351. 118658.*

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 21-13-00039

КОЛЛАПС МОНОСЛОЕВ ЛЕГОЧНЫХ ЛИПИДОВ ¹

Быков А.Г., Панаева М.А., Михайлов А.В., Носков Б.А.

*СПбГУ, 198504 Россия, Санкт-Петербург, Университетский пр., д. 26
e-mail: ag-bikov@mail.ru*

Основным компонентом легочного сурфактанта является липид дипальмитоилфосфатидилхолин (ДПФХ). Поверхностное натяжение при квазиравновесном коллапсе монослоя ДПФХ составляет около 25 мН/м. Однако при сжатии поверхности монослой может находиться в метастабильном состоянии, что приводит к снижению поверхностного натяжения практически до нулевых значений. Это препятствует схлопыванию альвеол при выдохе и поддерживает функциональность легких.

В области крайне низких значений поверхностного натяжения структура монослоя может претерпевать значительные изменения за счет появления крупных складок, уходящих глубоко в водную фазу [1]. В данной работе впервые удалось зафиксировать значительные изменения эллипсометрического угла дельта для монослоя ДПФХ при поверхностном натяжении ниже 5 мН/м, что указывает на резкие изменения в структуре монослоя, и может быть связано с формированием складок. Другие липиды, входящие в состав легочного сурфактанта, не обладают способностью снижать поверхностное натяжение ниже 10 мН/м для монослоев без ДПФХ, а коллапс монослоя происходит за счет формирования бислоев без значительных изменений значений угла дельта. Исследования поверхностных свойств смешанных монослоев с помощью эллипсометрии и методов поверхностной реологии позволили разделить дополнительные липиды легочного сурфактанта на две группы, одни из которых препятствуют снижению поверхностного натяжения и формированию складок, а другие не оказывают значительного влияния на свойства монослоев ДПФХ.

Литература

1. Lee K.Y.C. // *Annu Rev Phys Chem.* 2008. V. 59. P. 771.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, №22-23-00235

РАЗЛИЧНЫЕ СТАЦИОНАРНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПРИ НАБУХАНИИ СШИТЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ: РОЛЬ ЯВЛЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ГРАНУЛ

Иванов В.А., Карпюк Е.А., Каргов С.И.

*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ, химический факультет
e-mail: minilana@mail.ru*

Способность ионообменников на основе сшитых полиэлектролитов эффективно поглощать воду и другие гидрофильные жидкости используют во многих процессах. В том числе явление набухания играет большую роль в ионообменных процессах разделения и очистки веществ. Степени набухания ионообменных материалов значительно различаются в зависимости от природы полимерных цепей и привитых ионогенных групп, природы сшивающих агентов и степени сшивки. Также значительное влияние оказывает состав внешнего раствора. Данные по способности к набуханию ионообменников приводятся в монографиях и справочных изданиях, в каталогах промышленных ионообменных материалов.

В настоящей работе обнаружено новое явление - образование различных стационарных состояний при набухании сшитых полиэлектролитов и ионообменных смол. Показано, что различные степени набухания сшитых полиэлектролитов наблюдаются для полиакриловых и полиметакриловых полимеров в форме двухзарядных ионов в одних и тех же растворах, когда к равновесному состоянию системы приводятся по различным траекториям. В частности, если одну и ту же гранулу промышленного полиметакрилового катионита КБ-4П2, сшитого дивинилбензолом, в Na-форме с начала в сухом и, а затем в набухом в воде состояниях помещать в большой избыток раствора хлорида никеля, то устанавливающиеся стационарные объёмы одной и той же гранулы, не совпадают. При этом различие в объёмах гранулы сохраняется в течение очень длительного времени. Различие в объёмах увеличивается с ростом концентрации внешнего раствора. В частности, в 0.005 н растворе хлорида никеля это различие составляет 5%, а в 4 н растворе – 12%. Это явление объясняется тем, что в процессе замены ионов натрия на ионы никеля во внешнем слое гранулы быстро образуется прочная неэластичная внешняя оболочка, которая не позволяет набухающему полимерному каркасу внутри этой оболочки приобретать то же морфологическое состояние, которое образуется при ионном обмене на набухшей предварительно грануле. Влияние этого явления на ионообменную селективность не обнаружено.

ПЛЕНКИ ФИБРИЛЛЯРНЫХ АГРЕГАТОВ БСА НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ¹

А.В. Акентьев, Б.А. Носков, К.Ю. Ротанова

*СПбГУ, Россия, 198504, Санкт-Петербург, Ст. Петергоф, Университетский пр.26
e-mail: a.akentiev@spbu.ru*

В водном растворе глобулярных белков при изменении рН и температуры возможно образование агрегатов различной формы и размера, в частности, амилоидных фибрилл. Несмотря на значительную поверхностную активность фибриллярных агрегатов и их использование для стабилизации пен и эмульсий в различных отраслях промышленности, информация о свойствах адсорбционных и нанесенных пленок фибрилл на водной поверхности оказывается крайне ограниченной.

В данной работе методы поверхностной реологии применены к адсорбционным и нанесенным пленкам червеобразных фибриллярных агрегатов бычьего сывороточного альбумина (БСА) на поверхности воды с целью определения механизма их образования и структуры. Фибриллы бычьего сывороточного альбумина образуют на водной поверхности сплошной слой, который не разрушается при многократном сильном сжатии и растяжении. В то же время в сжатом состоянии слой фибрилл становится жестким и характеризуется относительно высокими значениями поверхностного давления и поверхностной упругости по сравнению со слоем нативного белка. Адсорбция фибрилл БСА происходит много медленнее адсорбции нативного белка, кинетические кривые поверхностных свойств дисперсий агрегатов белка характеризуются длительным индукционным периодом, что может быть связано с большими размерами кинетических единиц и, следовательно, с уменьшением коэффициента диффузии. Увеличение ионной силы дисперсии значительно ускоряет изменение поверхностных свойств, что указывает на сильное влияние электростатических взаимодействий. Свойства нанесенных слоев фибрилл БСА отличаются от свойств их адсорбционных слоев. Это различие может быть вызвано медленным распространением фибрилл вдоль межфазной границы после их нанесения на поверхность воды и/или меньшей концентрацией поверхностно-активных примесей в первом случае.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект № 23-73-10021.

СВОЙСТВА ПЛЕНОК ФИБРИНА НА ГРАНИЦЕ ЖИДКОСТЬ-ГАЗ¹**Миляева О.Ю.¹, Рафикова А.Р.¹, Носков Б.А.¹**

¹СПбГУ, Институт Химии, Россия 198504, г. Санкт-Петербург,
Университетский проспект, д. 26
e-mail: o.milyaeva@spbu.ru;

Образование фибрина играет ключевую роль в процессе свертывания крови [1]. Однако формированию фибриновой пленки на границе воздух-вода уделяется меньше внимания несмотря на то, что она препятствует кровотечению крови и инфицированию раны [2,3]. Динамическая поверхностная упругость, динамическое поверхностное натяжение, эллипсометрический угол Δ измерялись как функция времени жизни поверхности и концентрации исходных компонентов (фибриногена и тромбина) [3]. Динамическое поверхностное натяжение оказалось практически нечувствительным к изменениям структуры поверхностного слоя и близким к результатам для чистого фибриногена. Изотермы сжатия также оказываются близки к изотермам адсорбционных пленок фибриногена соответствующей концентрации. Немонотонный характер кинетических зависимостей динамической поверхностной упругости указывает на многостадийный характер формирования пленки фибрина. Интерпретация кинетических зависимостей поверхностных свойств, результаты АСМ и микроскопии при угле Брюстера позволили показать, что с увеличением концентрации тромбина, происходит переход от отдельных нитевидных агрегатов к структуре, состоящей из протяженных волокон, а затем к сплошной пленке фибрина. Однако, получение пленок фибрина из растворов, содержащих только основные компоненты - фибриноген и тромбин, не позволяет полностью воспроизвести морфологию пленок фибрина, образующихся в живых организмах. Проведение измерений для пленок фибрина, полученных из гемостатического клея Кривофит, показало, что присутствие дополнительных факторов свертывания приводит к образованию более разветвлённой сетки тонких нитей и волокон.

Литература

1. S. Stamboroski, A. Joshi, P.-L. M. Noeske, S. Koppen, D. Bruggemann // *Macromol.Biosci.*, 2021, 21, 2000412.
2. F.L. Macrae, C. Duval, P. Papareddy, S.R. Baker, N. Yuldasheva, K.J. Kearney et al // *J. Clin. Invest.* 2018, 128, 3356.
3. О.Ю. Миляева, А.Р. Рафикова // *Коллоидный журнал*, 2023, 3, 355.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-73-10021

ЗАГАДКИ ПОВЕРХНОСТНОЙ СЕГРЕГАЦИИ В БИНАРНЫХ НАНОЧАСТИЦАХ Pt-Pd: МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИНАМИКА И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ¹

Романов А.А., Самсонов В.М., Талызин И.В., Луцай А.В.,
Жигунов Д.В., Пуйтов В.В.

ТвГУ, Россия 170002, г. Тверь, Садовый пер., д. 35
samsonoff@inbox.ru

К настоящему времени имеются крайне противоречивые мнения и неадекватные результаты, связанные с поверхностной сегрегацией в бинарных металлических наночастицах, включая наночастицы Pt-Pd. Это касается даже прогнозирования сегрегирующего к поверхности компонента, а также размерной и температурной зависимостей сегрегации. Принимая во внимание такую ситуацию, в работе [1] мы исследовали поверхностную сегрегацию в наночастицах Pt-Pd, сочетая атомистическое (молекулярно-динамическое) и термодинамическое моделирование. Для молекулярно-динамических экспериментов использовали известную программу LAMMPS и метод погруженного атома. В ходе атомистического моделирования использовались два разных набора параметризаций для потенциалов межатомного взаимодействия Pt-Pt, Pd-Pd и Pt-Pd, в том числе параметризации предложенные нами в работе [2].

Термодинамическое моделирование было основано на решении уравнения Батлера с использованием нескольких последовательных приближений. Результаты, полученные с помощью атомистического моделирования и термодинамического моделирования на основе уравнения Батлера, сравнивались друг с другом, а также с предсказаниями, основанными на применении уравнения Ленгмюра-Маклина, и с некоторыми экспериментальными данными. Оба метода моделирования (атомистический и термодинамический) предсказывают поверхностную сегрегацию Pd, которая уменьшается с уменьшением размера наночастиц и повышением температуры. Результаты моделирования не подтверждают предсказания некоторых авторов об инверсии поверхностной сегрегации, т.е. о переходе от поверхностной сегрегации Pd к поверхностной сегрегации Pt при уменьшении размера наночастиц.

Литература

1. Samsonov V.M., Romanov A.A., Talyzin I.V., Lutsay A.V., Zhigunov D.V., Puytov, V.V. // *Metals*. 2023. V. 13. P. 1269.
2. Samsonov V.M., Romanov A.A., Kartoshkin A.Yu., Talyzin I.V., Puytov V.V. / *Applied Physics A*. 2022. V. 128. P. 826.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках выполнения государственного задания в сфере научной деятельности (проект № 0817-2023-0006).

ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРЫ СЕГРЕГАЦИЙ ОТ ИЗБЫТОЧНОГО ОБЪЕМА МЕЖКРИСТАЛЛИТНЫХ ГРАНИЦ¹

Ломаев С.Л., Васильев Л.С.

УдмФИЦ УрО РАН, Россия 426067, УР, г. Ижевск, Т. Барамзиной, д.34

e-mail: lomaevst@udman.ru

Известно, что межкристаллитные границы поликристаллов имеют неоднородную периодическую атомную структуру [1]. Следовательно, сегрегации примесей на таких границах должны быть неоднородны в плоскости границ. Кроме того, межкристаллитные границы должны иметь избыточный объем V_0 [2]. Это означает, что величина V_0 может полностью определять структуру сегрегаций на этих границах.

Теория неоднородных сегрегаций, зависящих от величины V_0 , разработана в статье [3]. Для изотермы сегрегации получено выражение:

$$\ln \left\{ \frac{c_g(\mathbf{r})}{1 - c_g(\mathbf{r})} \right\} - \ln \left\{ \frac{c_0}{1 - c_0} \right\} = - \frac{\Delta G(\mathbf{r})}{kT}, \quad (1)$$

$$\Delta G(\mathbf{r}) = p(\mathbf{r}, V_0) \alpha \Omega_A - \frac{(\lambda + 2\mu)}{n_0 H_s} V_0 \alpha (1 + \beta) + 2u_m \{ \bar{c}_g - c_0 \}. \quad (2)$$

Здесь \mathbf{r} – радиус-вектор, лежащий в плоскости границы, λ и μ – упругие модули Ляме. T – абсолютная температура, k – постоянная Больцмана, u_m — энергия смешения на 1 атом. α и β – коэффициенты примесного и вакансионного расширения объема сплава соответственно, n_0 – атомная плотность кристалла, H_s – среднее значение ширины слоя сегрегации, Ω_A – объем атома основного элемента, \bar{c}_g – среднее значение концентрации примеси в сегрегации, c_0 – концентрация примеси в объеме, $p(\mathbf{r}, V_0)$ – периодическая функция, описывающая распределение давления в плоскости границы, обладающая свойством $p(\mathbf{r}, V_0) \rightarrow 0$ при $V_0 \rightarrow 0$.

Из представленных выражений следует что $c_g(\mathbf{r}) \rightarrow c_0$ при $V_0 \rightarrow 0$. Таким образом, избыточный объем V_0 является определяющим параметром в теории сегрегаций на межкристаллитных границах поликристаллов.

Литература

1. Глейтер Г., Чалмерс Б. Большеугловые границы зерен. М.: Мир, 1975.
2. Васильев Л.С., Ломаев С.Л. // Физическая мезомеханика. 2017. Т.20 №2. С. 50-60.
3. Васильев Л.С., Ломаев И.Л., Ломаев С.Л. // Известия Высших Учебных Заведений. 2021. Физика. № 10. С. 149-158.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда, проект НИОКТР №121030100003-7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТАРЕНИЯ И ГРУППОВОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БИТУМА НА МЕЖФАЗНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В АСФАЛЬТОВЫХ ВЯЖУЩИХ

**И.А.Красоткина¹, В.Г.Никольский¹, Т.В.Дударева¹, В.Н.Горбатова¹,
И.В.Гордеева¹, Л.А.Горельшева²**

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им.Н.Н.Семенова РАН, 119991,
РФ, г. Москва, ул. Косыгина, д.4 (vadnik29@mail.ru)

²ФАУ «РОСДОРНИИ», 125493, РФ, г.Москва, ул.Смольная, д.2

Основным компонентом, обеспечивающим эксплуатационные характеристики дорожного покрытия, является асфальтовое вяжущее (АВ), представляющее собой суспензию, состоящую из матричной фазы битума (Б) и наполнителя (Н). Вследствие межфазного взаимодействия между частицами Н и битумом формируется структурированный слой битума с особым групповым составом.

В диапазоне от 30 до -10°С на реометре динамического сдвига «MCR 702e» («Anton Paar») определены реологические характеристики ряда отечественных битумов с различным групповым составом и АВ на их основе (Б : Н = 1:1 по массе). АВ готовили, смешивая (600 об/мин) Н с предварительно разогретым Б, в течение 3 минут при 160°С. Используя параметр межфазного взаимодействия $K-B-G^*$ (1)

$$K-B-G^* = \frac{(G_c^*/G_m^*)-1}{(1.5+G_c^*/G_m^*)\times\varphi} \quad (1),$$

характеризующий физико-химическое взаимодействие между Н и Б через комплексный модуль (G_c^* и G_m^* значения комплексного модуля для АВ и матрицы – битумного вяжущего в зависимости от частоты) с учетом объемной доли Н (φ), определена толщина адсорбированного слоя (АС) исходных и RTFO-состаренных образцов АВ.

Показано, что во всех образцах АВ $K-B-G^*$ уменьшается при понижении температуры. Толщина АС в АВ после старения уменьшается в случае использования Б с низким коллоидным индексом (CI=0,46-0,53) и остается практически неизменной при использовании Б с CI=0,61. Не выявлено связи между групповым химическим составом Б и толщиной АС в несостаренных АВ. В RTFO-состаренных АВ большую толщину АС имеют образцы на основе Б с высоким содержанием асфальтенов. Исследованы особенности усталостного поведения Б и АВ в тесте линейной амплитудной развертки (LAS).

Благодарность: работа выполнена за счет средств, выделенных ФИЦ ХФ РАН на выполнение государственного задания, тема 122040400099-5.

ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Товбин Ю.К.

*ИОНХ РАН им. Н.С. Курнакова, 119991, Москва, Ленинский пр. 31,
e-mail: tovbinyk@mail.ru*

Самым крупным результатом термодинамики последнего времени стало понимание [1,2] того, что все поверхностные характеристики дисперсных фаз (поверхностные натяжения (ПН), контактные углы, расклинивающее давление, и т.д.) невозможно корректно формулировать, рассчитывать и анализировать без строгого использования второго начала термодинамики Клаузиуса [3]. К началу данного столетия накопились проблемы с множественностью определений ПН пар – жидкость и твердое – флюид, обоснованием уравнения Юнга и учетом влияния гравитации на условия расслаивания фаз, двойственной природой понятия расклинивающего давления, размерной зависимостью малых систем и т.д.

Эти проблемы были порождены использованием термодинамики Гиббса [4], в которой был исключен из рассмотрения релаксационный этап перехода системы в состояние равновесия на больших временах. Этот путь привел к представлению о квазистатическом процессе, в котором исключаются различия между временами релаксации для любых термодинамических параметров, что противоречит данным экспериментов.

Возврат к полной трактовке второго начала термодинамики позволил [1,2] устранить множественность определений ПН как для систем пар – жидкость, так и для твердого тела (введено единое определение ПН для любых сосуществующих фаз и для любой кривизны поверхности раздела фаз); получено корректное описание ПН при наличии сил гравитации; показано, что уравнение Юнга не имеет термодинамического обоснования и не имеет однозначной связи с контактным углом; найдена модификация понятия «фаза» в ограниченных трех-агрегатных системах и причина размерной зависимости их свойств; показана множественность понятий расклинивающего давления в симметричных и несимметричных системах; и т.д.. Сформулированы термодинамические подходы для двухуровневых моделей расчета характеристик процессов структурообразования в дисперсных системах.

1. *Tovbin Yu.K.* Small Systems and Fundamentals of Thermodynamics. CRC, Boca Raton, FL, 2019; Fizmatlit, Moscow, 2018.

2. *Товбин Ю.К.* // ЖФХ 2021. Т. 95. № 4. С. 483.

3. *Clausius R.* Mechanical Theory of Heat. London, John van Voorst, 1867.

4. *Gibbs J.W.* Trans. Connect. Acad. 1878. 3, 343; The Collected Works of J. W. Gibbs, in 2 Vols. (Longmans Green, New York, 1928), Vol. 1.

**ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-
ХИМИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ В
ТЕХНОЛОГИИ ДИСПЕРСНЫХ
СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ**

МЕХАНОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТОВ ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ - КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗА

Дабига О.Н., Шилова О.А.

ИХС РАН, Россия 199034, г. Санкт-Петербург, набережная Макарова, д. 2;

e-mail: dabiga75@mail.ru

Композиционные материалы из поливинилового спирта (ПВС) и натрий-карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) [1 – 2] привлекают интерес биоразлагаемостью, нетоксичностью, доступностью, возможностью модифицирования и применения в сельском хозяйстве, пищевой и фармацевтической промышленности. Композиты получали методом механохимической активации воздушно-сухих смесей ПВС (02-1799, Китай) и КМЦ (Molecularmeal, Китай) в массовых соотношениях 2:1; 1:1; 1:2 в виброистирателе ИВС-4 в течение 3 и 5 минут (доза механической энергии составила 0,74 и 1,24 кДж/г соответственно; отношение масс стальных размольных тел и полимерной смеси составляло 40:1). Порошки растворяли в воде, периодически перемешивая, при 90 °С и термостатировании. Оптическая плотность (D) растворов концентраций 1 и 2 г/дл (фотоколориметр КФК-2, толщина кювет 2 см), измеренная в первые и четвёртые сутки их хранения при 25 °С, приведена в таблице.

Таблица. Оптическая плотность полимерных растворов.

Образцы	D ₄₄₀ (1 г/дл)		D ₄₄₀ (2 г/дл)		Образцы	D ₄₄₀ (1 г/дл)		D ₄₄₀ (2 г/дл)	
	1 сут.	4 сут.	1 сут.	4 сут.		1 сут.	4 сут.	1 сут.	4 сут.
ПВС-3	0,060	0,020	0,110	0,090	ПВС-5	0,100	0,045	0,300	0,240
ПК21-3	0,070	0,055	0,150	0,150	ПК21-5	0,130	0,160	0,250	0,290
ПК11-3	0,110	0,110	0,300	0,330	ПК11-5	0,090	0,100	0,200	0,220
ПК12-3	0,180	0,210	0,330	0,420	ПК12-5	0,130	0,140	0,380	0,330
КМЦ-3	0,150	0,180	0,340	0,400	КМЦ-5	0,230	0,290	0,520	0,420

Относительную устойчивость растворов композитов концентрации с массовым соотношением ПВС : КМЦ равным 1 : 1 подтверждает факт, что за четверо суток значения их оптической плотности изменяются не более, чем на 10 %. Морфологию полимерных пленок, полученных методом налива на стеклянных подложках, изучали с помощью ZOOM стереомикроскопа Meiji Techno серии RZ с увеличением 150×. Найдено, что плёнки образцов композитов имеют сросшиеся разветвлённые кристаллические морфологии, за исключением ПК11-5.

Литература

1. Wahyuni H.S., Yuliasmi S., Winata G. // Trop J Nat Prod Res. 2021. V. 5. N 5. P. 873-876.
2. Khoramabadi H.N., Arefian M., Hojjati M., Tajzad I., Mokhtarzadee A., Mazhar M., Jamavari A. // Journal of Composites and Compounds 2020. V. 2. P. 69-76.

ВВЕДЕНИЕ СУЛЬФАТА МЕДИ (II) В МАТРИЦУ ПОЛИМОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ МЕТОДОМ СИЛОВОЙ ИМПРЕГНАЦИИ¹

Масталыгина Е.Е.^{1,2}, Бровина С.Д.¹, Трофимчук Е.С.^{1,3}

¹РЭУ им. Г.В. Плеханова, Россия 115054, г. Москва, Стремянный пер., д.36;

²ИБХФ РАН, Россия 119334, г. Москва, ул. Косыгина, д.4;

³МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия 119234, г. Москва, ул. Академика Хохлова, д.1, с.40.

e-mail: elena.mastalygina@gmail.com

Распространенным подходом к созданию антимикробных полимерных материалов является введение активной добавки в объем материала из раствора или расплава полимера [1]. Наиболее универсальными для модификации различных полимеров признаны неорганические антимикробные добавки, соединения металлов [2]. Введение дисперсных добавок в полимолочную кислоту (далее, ПМК) может негативно сказываться на физико-механических характеристиках материалов, поэтому актуально исследование альтернативных методов введения активной добавки в полимер.

В работе изучен способ модификации ПМК путем силовой импрегнации сульфата меди (II) из раствора по механизму крейзинга [3]. Модификация заключалась в деформации ПМК (PLA Ingeo 4043D, Nature Works, LLC (США)) в адсорбционно-активной среде (раствор этиловый спирт/дистиллированная вода=50/50 об.%) с содержанием с 1,6 мас.% сульфата меди (II) ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ (5-ти водный, ХЧ)).

Присутствие добавки CuSO_4 не оказало значительного влияния на теплофизические свойства ПМК. При этом температура термодеструкции ПМК с импрегнированной добавкой снизилась на $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$, что связано с ускорением окислительной деструкции. Кроме того, добавка сульфата меди, введенная методом силовой импрегнации, оказала армирующий эффект на ПМК при испытаниях на растяжение (увеличение прочности при разрыве в 2,5 раза, относительного удлинения при разрыве в 1,4 раза).

Литература

1. Palza H. // International Journal of Molecular Sciences. 2015. V. 16 (1). P. 2099–2116.
2. Lemire J.A., Harrison J.J., Turner R.J. // Nature Reviews Microbiology. 2013. V. 11. P. 371–384.

¹ Масталыгина Е.Е. выражает благодарность финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (МК-3573.2022.1.3, «Создание биоразлагаемых полимерных материалов для медицинских трубок на основе полимолочной кислоты и адипиновых производных»). Исследования выполнены с использованием оборудования Центров коллективного пользования РЭУ им. Г.В. Плеханова и ИБХФ РАН.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ И РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОРОШКООБРАЗНОГО АЛЮМИНИЯ

А.В. Ишутин, Д.А. Попов, А.В. Тимаков

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
Ленинский просп.31, корп. 4, Москва, 119071, Россия
e-mail: popovdmitrya@yandex.ru*

Повышение скорости и полноты сгорания алюминия и композиционных порошков на его основе является одной из ключевых проблем физической химии конденсированных энергетических систем. Для решения этой проблемы предлагались многочисленные методы, основанные на введении в алюминий различных лигатур, оксидов металлов и на формировании на поверхности частиц покрытий, замещающих оксидную пленку. Однако значимый эффект был достигнут лишь при существенном снижении теплоты сгорания. В настоящей работе предлагается новый метод активации алюминия, заключающийся в механическом легировании порошков небольшим количеством газообразующих промоторов высокотемпературного окисления и горения алюминия – графитизированных бора и активированного угля.

Целью работы является исследование структуры и свойств композиционных порошков «алюминий-бор-графит» и «алюминий-активированный уголь-графит», изготовленных методом механического легирования. Методами рентгеновской дифрактометрии, электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа и оптической лазерной дифрактометрии выполнено комплексное исследование структуры, морфологии и фракционного состава композиционных порошков. Исследование кинетики высокотемпературного окисления выполнено методами дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа.

Установлено существенное влияние состава размольной среды и продолжительности обработки на фракционный состав, параметры внутренней структуры и кинетику высокотемпературного окисления механоактивированных порошков. Определен рациональный интервал концентраций ПАВ SPAN-80, обеспечивающий максимальную скорость окисления в температурном диапазоне 700...1000 С. Показано, что скорость окисления активированных порошков многократно превышает скорость окисления порошков чистого алюминия и в несколько раз выше скорости окисления композиционных порошков «алюминий-бор» и «алюминий-активированный уголь».

МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НАНОКОМПОЗИТОВ С ЗАДАННЫМ СОСТАВОМ ДОБАВКОЙ РАСТВОРИТЕЛЯ ПРЕКУРСОРОВ¹

Уракаев Ф.Х.

ИГМ СО РАН, Россия 630090, г. Новосибирск, проспект академика Коптюга, д.3;
e-mail: urakaev@igm.nsc.ru

Предложен способ получения коллоидных наноконпозитов S/AgX на основе галогенидов серебра (AgX, X=Cl, Br, I) и серы (S) с регулируемым содержанием компонентов путем добавки жидкости – универсального апротонного растворителя диметилсульфоксида (ДМСО) [1, 2]. Синтез (Рис. 1, на примере S/AgI) проводится механической активацией [3] исходных S, AgNO₃, NH₄X и NH₄NO₃ (разбавитель [4]), с малыми добавками ДМСО (1÷5 мл) на навеску порошковых прекурсоров (10 г). Образование наноконпозита происходит в результате реакционного процесса перекристаллизации (растворения-кристаллизации) прекурсоров в среде ДМСО. Получение наночастиц S/AgX достигается не прямой механической

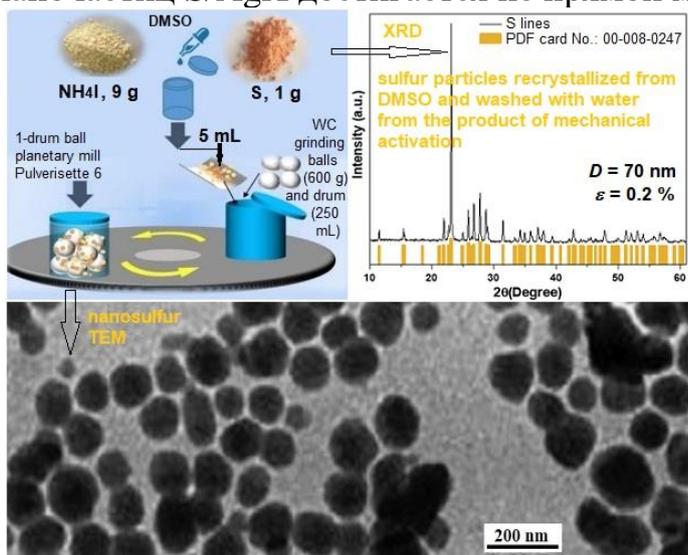


Рис. 1. Графическая аннотация к тезисам доклада.

активацией, а в результате обычной (непрерывный процесс растворения-кристаллизации серы) или реакционной (непрерывное растворение X- и Ag-содержащих прекурсоров и их реакции с последующей кристаллизацией целевого продукта) кристаллизации.

Первый вариант реализуется при получении наночастиц серы, второй – галогенидов серебра AgX.

Водорастворимые компоненты механосинтеза отмываются H₂O.

Литература

1. Burkitbayev M.M., Urakaev F.Kh. // J Mol Liq. 2020. **316**(10October). 113886 (5pp). <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113886>
2. Urakaev F.Kh., Burkitbayev M.M., Khan N.V. // Int. j. biol. chem. 2022. **15**(2). 54-75. <https://doi.org/10.26577/ijbch.2022.v15.i2.09>
3. Urakaev F.Kh. // Mendeleev Commun. 2016. **26**(6). 546–548. <https://doi.org/10.1016/j.mencom.2016.11.030>
4. Urakaev F.Kh. // Mendeleev Commun. 2012. **22**(4). 215-217. <https://doi.org/10.1016/j.mencom.2012.06.016>

¹ Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН (№ 122041400031-2).

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

ХРУПКОЕ РАЗРУШЕНИЕ ГЦК-МЕТАЛЛОВ. РАЗВИТИЕ ТРАНСКРИСТАЛЛИТНЫХ ТРЕЩИН В АЛЮМИНИИ ПРИ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОМ ОХРУПЧИВАНИИ¹

Панфилов П.Е.¹

¹УрФУ, Россия 620000, г. Екатеринбург, проспект Ленина, д.51
e-mail: peter.panfilov@urfu.ru

Рассмотрен редкий случай ЖМО – развитие хрупких транскристаллитных трещин в монокристаллическом алюминии. В качестве охрупчивающего металла взят галлий. Покрытые галлием монокристаллы алюминия растягивали на воздухе при комнатной температуре, развитие трещин на поверхности образцов изучали на металлографическом микроскопе. В работе использовали образцы, плоскость рабочей поверхности которых была близка к $\{100\}$, а направление растяжения к $\langle 100 \rangle$. Перед испытаниями образцы шлифовали на шкурках и полировали электролитически, после чего на их краях делали надрезы. Расплавленный галлий наносили в виде мелких капель, после чего образцы нагревали до температуры 40С и выдерживали около получаса, чтобы галлий растекся равномерным слоем по поверхности. При удлинении 3-4% в галлированных образцах возникали клиновидные трещины с острыми вершинами (угол раскрытия 10°-15°). Следов деформации, отходивших от краев таких трещин, обнаружено не было. При растяжении на 8-10% часть трещин подрастала без изменения морфологии, тогда как подрастание другой части сопровождалось интенсивным отходом от их краев следов октаэдрического скольжения и затуплением вершин, то есть трансформацией в поры. Анализ кристаллогеометрии трещин показал, что они развиваются либо в плоскости $\{100\}$, либо в $\{210\}$ или $\{110\}$, которые являются вторичными плоскостями скола в ГЦК-решетке. Опасная трещина, рост которой приводит к распаду галлированных образцов на части, имела ломаный зигзагообразный профиль и состояла из слившихся порообразных трещин, между вершинами которых наблюдается повышенная плотность полос октаэдрического скольжения. Сравнение трещин в галлированных монокристаллах алюминия с трещинами скола в монокристаллах иридия показало, что на начальных этапах развития рост трещин идет по «хрупкому» сценарию. В результате дальнейшего роста трещины в галлированном монокристалле алюминия трансформируются в поры и сливаясь друг с другом, образуют опасную трещину зигзагообразной формы, которая развивается на вязкий манер, подобно трещине в тонкой фольге ГЦК-металла. Другими отличиями от разрушения монокристалла алюминия на воздухе является отсутствие в галлированном монокристалле алюминия шейки и развитие трещин по плоскостям скола. Можно заключить, что на начальном этапе трещина растет в «охрупченном» материале, после чего ее рост продолжается «в соревновании» с процессом охрупчивания алюминия, из-за чего признаки вязкого и хрупкого разрушения наблюдаются одновременно.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-29-00253).

РОЛЬ СИЛЬНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В КОРРОЗИИ МЕТАЛЛА

Максименко В. В., Загайнов В. А.

НИЯУ МИФИ, РФ, 115409, Москва, Каширское ш. 31, wmaksim@mail.ru

Если поверхность металла в начальной стадии коррозии является фрактальной, то ее дальнейшая деградация может быть вызвана сильной локализацией ЭМ поля в системе трещин. Причина локализации света связана с замкнутыми петлями на траекториях виртуального фотона. Если на траектории при многократном рассеянии образовалась замкнутая петля, то набег фазы при двух альтернативных способах прохождения этой петли (по ходу вращения часовой стрелки и наоборот) один и тот же. Амплитуды вероятности, соответствующие этим двум способам, интерферируют конструктивно. Любая петля - это возврат в точку старта. Повышенная вероятность возвращения приводит к аномальному возрастанию рассеяния в заднюю полусферу. Последнее стимулирует образование новых петель на траектории и новое увеличение рассеяния назад и т.д. Устанавливается своего рода механизм обратной связи, приводящий к тому, что фотон "увязает" в системе петель и оказывается запертым в ограниченной области пространства, локализованным.

Показано, что во фрактальной системе неоднородностей локализация приводит к аномальному увеличению динамической эффективной диэлектрической проницаемости $\bar{\varepsilon}(\omega)$ поверхностного слоя металла для электромагнитного излучения, чья длина волны сравнима с характерным размером первичных трещин [1]. Большая величина $\bar{\varepsilon}(\omega)$ экранирует кулоновское и ван-дер-ваальсовское притяжение противоположных "берегов" трещин, приводя к еще большему растрескиванию поверхности. Кроме того, большая величина $\bar{\varepsilon}(\omega)$ вызывает перенормировку длины волны λ внешнего излучения в соответствии с правилом: $\lambda \rightarrow \lambda_{\text{int}} = \lambda / \sqrt{\bar{\varepsilon}(\omega)}$. Это приводит к непрерывному уменьшению λ и дальнейшей локализации "перенормированного" излучения во вновь образовавшихся трещинах. Площадь фрактальной поверхности системы трещин в результате локализации $S_{\infty} \rightarrow \infty$. Длина волны перенормированных виртуальных фотонов $\lambda_{\text{int}} \rightarrow 0$. Дефект объема, вызывающий коррозию, $\Delta V = S_{\infty} \lambda_{\text{int}}$.

Литература

1. V.V.Maksimenko, V.A. Zagaynov, P.V. Zubkov, S.Yu. Krylov, Destruction of real metal surface due to EM-field localization in fractal system of cracks, Chemical Physics, 2020, 534, 110760.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖИДКИХ МЕТАЛЛОВ СО СТАЛЬЮ

Чикова О.А.¹, Ванг Вейшу², Ли Шайлун¹

¹ *Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия 620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, д.19*

² *Институт теплоэнергетики, Северо-Китайский университет водных ресурсов и электроэнергетики, Китай, 450011, г. Чжэнчжоу, ул. Северное Третье кольцо, д.36
e-mail: O.A.Chikova@urfu.ru*

Жидкие металлы (LM) агрессивны по отношению к стальным теплообменникам и часто вызывают их коррозию и жидкометаллическое охрупчивание (LME). Коррозионно-окислительное взаимодействие LM (Pb, Pb55Bi) со сталью приводит к появлению слоя магнетита: $3\text{Fe} + 4\text{PbO} \leftrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{PbO}$ [1]. LME объясняется адсорбцией атомов LM на нагруженной поверхности [2]; модель роста трещины AIDE (Adsorption-Induced Dislocation Emission) предполагает, что атомы LM ослабляют межатомные связи и способствуют выходу дислокаций, следовательно, росту трещины. [3]. Трещина распространяется путем смачивания границ в результате капиллярного эффекта. [4]. Растягивающее напряжение, необходимое для распространения трещины, определяется уравнением Гриффитса. [5]. LME зависит от характера коррозионно-окислительного взаимодействия LM и стали – смачивание магнетита значительно хуже, чем стали. В данном исследовании представлена комплексная конечно-элементная модель механохимического взаимодействия LM (Pb, Pb55Bi) со сталью с использованием Comsol Multi-physics. Моделирование капиллярного эффекта при LME основано на модели Capillary Filling, реализованной по FEM A. Vafaie1, M. Tahmasebipour. [6]. Проведен расчет времени заполнения микроканала, свободной энергии поверхности стенок. Моделирование механокоррозионного эффекта при коррозионно-окислительном взаимодействии LM (Pb, Pb55Bi) со сталью основано на модели Stress Corrosion, реализованной по прототипу FEM L.Y. Xu, Y.F. Cheng [7]. Проведены расчеты механического напряжения von-Mises.

Литератур

1. J. Zhang, N. Li // Corrosion Science. 2007.49. P. 4154–4184
2. S.P. Lynch // Acta Metall. 1988. 36(10). P. 2639-2661
3. S.P. Lynch // Mater. Charact. 1992. 28. P.279-289
4. S. Guerin, J.-L. Pastol, C. Leroux, D. Gorse // Journal of Nuclear Materials. 2003. 318. P. 339–347
5. A. R. C. Westwood, M. H. Kamdar // Philosophical Magazine. 1963.8(89). P. 787-804
6. A. Vafaie1, M. Tahmasebipour // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2019. 16(1). P. 6386-6401
7. L.Y. Xu, Y.F. Cheng // Corrosion Science. 2013. 73. P.150–160

АДСОРБЦИОННОЕ ПониЖЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ИОННО-КОВАЛЕНТНЫХ ТВЁРДЫХ ТЕЛ: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Флягина И.С., Малкин А.И.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 31, корп. 4;
e-mail: irina.fliagina@gmail.com*

Физико-химическое влияние среды на механические свойства твёрдых тел, известное как адсорбционное понижение прочности (АПП) или эффект Ребиндера, лежит основе многих природных и технологических процессов, таких как бурение и измельчение горных пород. Причиной АПП является ослабление связей между поверхностными атомами кристаллической решетки твёрдого тела в результате адсорбции поверхностно-активных молекул среды. АПП проявляется в твёрдых телах с различным типом межатомных связей и надатомной структурой, но отличается при этом химической избирательностью, чувствительностью к структуре и условиям испытаний.

Согласно принципу химической селективности наибольший эффект проявляется при контакте фаз с близкими химическими свойствами. Кроме того, АПП обычно связывают со снижением межфазной поверхностной энергии. Однако даже сильное снижение поверхностной энергии не является гарантией значительного понижения прочности. С другой стороны, относительно слабое снижение поверхностной энергии не гарантирует отсутствие значимого эффекта. В связи с этим предсказать появление или отсутствие АПП для конкретных пар “твёрдое тело – среда” очень непросто [1].

Необходимым звеном в развитии представлений о природе АПП является установление влияния адсорбции компонентов среды на деформационные характеристики и энергию активации разрыва межатомных связей в твёрдом теле, выявление связи между структурой адсорбционных комплексов и степенью проявления эффекта.

В работе рассмотрены основные физико-химические аспекты и закономерности АПП ионно-ковалентных твёрдых тел, представляющих практический интерес. Представлен аналитический обзор работ по компьютерному моделированию влияния адсорбированных компонентов среды на механическое поведение твердых тел на атомно-молекулярном уровне.

Литература

1. Малкин А.И., Попов Д.А. “Эффект Ребиндера в разрушении металлов и горных пород”, *Физика металлов и металловедение*, 2022, том 123, №12.

ЭФФЕКТ РЕБИНДЕРА В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Скворцова З.Н.

Химический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, 119991, РФ.

e-mail: zskvor@yahoo.com

В результате развития представлений об общности и специфичности проявления эффекта Ребиндера – изменения механических свойств твердых тел в результате их обратимого взаимодействия с окружающей средой – созданы реальные предпосылки применения этого подхода для понимания механизмов разнообразных геологических процессов. Имеющиеся лабораторные результаты и наблюдения природных явлений свидетельствуют о том, что небольшие количества жидкостей, снижающих поверхностную энергию горных пород или минералов, могут вызывать значительные изменения их механических свойств: облегчение пластического течения, или, напротив, сильное падение прочности и возникновение хрупкости, а также межзеренную деструкцию. В данном сообщении специальное внимание уделено анализу термодинамических, кинетических и структурных факторов, определяющих возможность, форму и степень проявления эффекта Ребиндера на природных объектах. Излагаются основные результаты, полученные при изучении механических и реологических свойств образцов горных пород в присутствии поверхностно-активных жидких фаз: воды и водных растворов, а также различных ионных соединений, моделирующих магматические расплавы. Сопоставление значений межфазной энергии на границе жидкость/порода и параметров энергетического спектра распределения границ зерен дает возможность оценить долю границ, в которые возможно внедрение активной жидкости и образование жидких межзеренных прослоек. Обсуждается их роль при деструкции материала, а также механизм пластифицирующего действия среды при образовании связной сети прослоек. Возможность возникновения связности прослоек в поликристаллическом ансамбле зерен оценена на основании аппарата теории перколяции. Показана необходимость учета масштабного фактора для корректной экстраполяции результатов на объекты, размеры которых превышают лабораторные образцы на несколько порядков величины. Обсуждаются некоторые прикладные аспекты физико-химического влияния среды на механические и реологические свойства инженерных сооружений в горных породах.

ХРУПКОЕ РАЗРУШЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ – АНАЛОГ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ПЕРВОГО РОДА

Кукушкин С.А.

ИПМаш РАН, Россия 199178, г. Санкт-Петербург, Большой проспект, В.О., д.61
e-mail: sergey.a.kukushkin@gmail.com

Излагается микроскопический подход к проблеме начальных стадий разрушения хрупких твердых тел. Показано, что в процессе деформации твердого хрупкого тела в нем формируется ансамбль вакансий [1,2]. Доказано, что при определенных условиях ансамбле вакансий может начаться процесс конденсации вакансий в поры. На основании термодинамического анализа показано, что процесс конденсации вакансий есть, ни что иное, как фазовый переход первого рода. При этом безразмерная величина $\sigma/k_B T$ в которой σ – нормальная компонента тензора напряжений в твердом теле, k_B – константа Больцмана, T – температура, играет роль движущей силы процесса конденсации пор и является аналогом пересыщения при фазовых переходах первого рода. Выведена формула критического размера поры, существенно обобщающая классическую формулу Гриффитса для критического размера трещины. Выведена и решена система уравнений, описывающая зарождение и дальнейшую эволюцию микропор вплоть до их слияния с образованием трещины. Установлены временные зависимости скорости накопления микроповреждений в твердых хрупких телах под нагрузкой. Исследовано влияние температуры на зарождение микропор. Дано строгое физическое объяснение формуле долговечности Журкова. Рассчитаны характерные времена процесса разрушения. Выведен новый энергетический критерий начала разрушения хрупких материалов, связывающий такие параметры материала, как энергия активации диффузии вакансий, частота колебаний атомов, плотность межузельных позиций в кристаллах, поверхностная энергия и температура среды, с величиной внешней нагрузки [1,2]. Выявлена микроскопическая причина различия в природе разрушения твердых тел при воздействии на них ударных и стационарных нагрузок.

Экспериментально и теоретически исследованы механизмы образования пор в оптическом волокне при облучении волокна УФ светом от импульсного и непрерывного лазеров [3].

Литература

1. Кукушкин С.А. // Успехи механики. 2003. № 2. С. 24-49.
2. Kukushkin S.A. //J. Appl. Phys. 2005. № 98. P. 033503-1— 033503-12.
3. Kukushkin S.A., Shlyagin M.G., Swart P.L., Chtcherbakov A.A, and Osipov A.V. //J. Appl. Phys. 2007. № 102. P. 053502-1-053502-13.

ВЛИЯНИЕ ЖИДКОСТИ НА ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ ДЕНТИНА ЗУБОВ ЧЕЛОВЕКА¹

Кабанова А.В.¹, Куклина А.А.^{1,2}, Зайцев Д.В.^{1,2}, Панфилов П.Е.^{1,2}

¹УрФУ, Россия 620000, г. Екатеринбург, проспект Ленина, д.51;

²УГГУ, Россия 620144, г. Екатеринбург, улица Куйбышева, д.30;

e-mail: peter.panfilov@urfu.ru

Изучено, как влияет водная среда на деформационное поведение дентина интактных зубов человека. В качестве схемы нагружения использовали диаметрально сжатие или бразильский тест. Образцы цилиндрической формы диаметром 2,5 мм и толщиной 1,25 мм изготавливали из коронковых частей интактных зубов человека путем высверливания полым алмазным сверлом. Механические испытания проводили со скоростью 0.1 мм/мин при комнатной температуре. В качестве среды для испытания были выбраны водопроводная вода и 18% водный раствор NaCl. В указанных средах дентин ведет себя как вязкоупругий материал. В отличие от поведения дентина на воздухе, он демонстрирует нелинейную упругость, которая выражается в появлении на деформационных кривых плато (при испытаниях на воздухе такое плато на деформационных кривых отсутствует). Изменение формы образца дентина при испытании на воздухе с круглой на эллиптическую, означает, что часть внешних напряжений при этих условиях релаксирует за счет необратимой деформации. В то время как запаса упругости дентина при испытании в жидкой среде оказывается достаточно, чтобы восстановить исходную форму образца после его разгрузки несмотря на то, что деформация до начала растрескивания в этом случае на 30% больше, чем на воздухе. Таким образом водная среда повышает вязкоупругие свойства дентина по сравнению с испытаниями на воздухе. Магистральная трещина в образцах дентина растет по прямолинейной траектории между точками контакта захватов с образцом, но при этом происходит затупление вершины, которая меняет форму с острой треугольной на тупую. При последующем приложении нагрузки новые микротрещины с острыми вершинами, за счет которых продолжается рост магистральной трещины, возникают на краях затупленной вершины. При испытании в воде магистральная трещина также возникает в местах контакта образца с пластинами испытательной машины, а ее рост происходит за счет зарождения и слияния микротрещин вблизи точки контакта образца с захватом. Как и при испытании на воздухе, магистральная трещина состоит из фрагментов, наклоненных под небольшими углами к оси сжатия образца, соединяющей точки контакта образца с пластинами испытательной машины, из-за чего она приобретает ломаный профиль. При испытании дентина в 18%-ном водном растворе поваренной соли качественных изменений в развитии магистральных трещин не обнаружено.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-29-00268.

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ИНТАКТНОГО И СКЛЕРОЗИРОВАННОГО ДЕНТИНА ЗУБОВ ЧЕЛОВЕКА¹

Зайцев Д.В.^{1,2*}, Куклина А.А.^{1,2}, Панфилов П.Е.^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия.

² ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия.

*Email: zaytsev@m.ursmu.ru

Лечение зубов у пациентов средней группы (45-59 лет) и пациентов пожилой группы (60-74 лет), как правило происходят при помощи одних и тех же реставрационных материалов. Возрастные изменения дентина зубов человека проявляется в склерозировании/закрытии дентинных каналов. В дентинных каналах располагается до 75% воды, содержащейся в зубе. Ранее было показано, что вода может влиять на прочностные свойства дентина зубов человека. В работе было проведено изучение деформационного поведения образцов интактного/нормального и склерозированного дентина человека разной толщины при сдвиге на воздухе и в воде. При изучении интактного дентина было показано, что предел прочности дентина при сдвиге не зависит от толщины образца и окружающей среды, в то время как деформация, предшествующая разрушению, зависит от обоих факторов. Модуль сдвига не зависит от толщины образца при испытании на воздухе, но он снижается, с уменьшением толщины образца при испытании в воде. Водная среда качественно не изменяет деформационные свойства дентина при сдвиге по сравнению с испытаниями на воздухе, но увеличивает способность дентина к деформированию при уменьшении толщины образца. Значительные изменения модуля сдвига и деформации дентина в результате его водонасыщения заметны в образцах толщиной от 0,75 мм и ниже. Оптимальным образцом для изучения влияния воды на механические свойства дентина будет образец, имеющий толщину в одном направлении, лежащую в диапазоне 0,75 мм - 0,1 мм или отношение площади поверхности образца к его объему должно составлять не менее 3,5 мм⁻¹.

Области склерозированного дентина обычно локализованы в нижней части корня зуба и отличаются от нормального дентина степенью прозрачности, что позволяет определить их невооруженным взглядом. Аттестация механических свойств склерозированного дентина при сдвиге на воздухе и воде, показала, что по механическим свойствам он не отличается от нормального дентина. Микротвердость склерозированного дентина немного выше, чем у интактного.

¹ Представленное исследование было поддержано Российским научным фондом, исследовательский проект № 22-29-00268.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОКО- И СУПЕРГИДРОФОБНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН

Кравец Л.И.¹, Ярмоленко М.А.², Рогачев А.В.², Кувайцева М.А.¹, Алтынов В.А.¹, Гайнутдинов Р.В.³, Яблоков М.Ю.⁴

¹ОИЯИ, Россия 141980, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6

²ГГУ им. Ф. Скорины, Беларусь 246019, г. Гомель, ул. Советская, 104

³ФНИЦ “Кристаллография и фотоника” РАН, Россия 119333, г. Москва, Ленинский проспект, 59

⁴ИСПМ им. Н.С. Ениколопова РАН, Россия 117393, г. Москва, ул. Профсоюзная, 70
e-mail: kravets@jinr.ru

Проведено сравнительное исследование морфологии, смачиваемости и химической структуры наноразмерных покрытий, осажденных на поверхности полиэтилентерефталатной трековой мембраны путем электронно-лучевого диспергирования полимеров в вакууме. Показано, что применение данного метода модифицирования при использовании в качестве мишени полимеров с низкой поверхностной энергией приводит к существенной гидрофобизации поверхностного слоя мембраны. Это позволяет получать композиционные мембраны, состоящие из двух слоев, одним из которых является исходная трековая мембрана, характеризующаяся средним уровнем гидрофильности. Второй слой имеет гидрофобную природу. Угол смачивания этого слоя зависит от величины поверхностной энергии полимера, применяемого для модифицирования, и толщины осажденного покрытия. Мембраны подобного образца могут быть использованы для опреснения морской воды методом мембранной дистилляции. Установлено, что осаждение на поверхности трековой мембраны покрытий методом электронно-лучевого диспергирования сверхвысокомолекулярного полиэтилена и политетрафторэтилена вызывает повышение шероховатости поверхностного слоя композиционных мембран. Данный эффект вызван формированием на поверхности мембран полимерных наноструктур. Значительное повышение шероховатости за счет роста размеров наноструктур приводит к формированию покрытий, обладающих высоко- и супергидрофобными свойствами, характеризующихся реализацией гетерогенного режима смачивания. Для выяснения устойчивости гетерогенного режима смачивания проведено исследование полученных покрытий при длительном контакте композиционных мембран с водой, а также водно-солевыми растворами хлорида натрия с концентрацией от 5 до 15 г/л, моделирующими морскую воду. Обсуждаются причины перехода в гомогенный режим смачивания, сопровождающийся снижением значений угла смачивания.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ПОЛИМЕРОВ И ИХ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА СИЛЫ ЭЛЕКТРОАДГЕЗИИ

1

Шаров К.И., Шапагин А.В.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: deathknight_91@mail.ru*

В настоящее время при создании адгезионных систем со специальными требованиями часто используют механизм электроадгезии. Это сложное и динамическое явление электростатического притяжения между двумя заряженными поверхностями [1]. В общем виде электроадгезионная система представляет собой высоковольтный источник питания, электроадгезив и систему управления. Целью данной работы является исследование влияния природы полимеров, а также их фазового состояния и поверхностных характеристик на силы электроадгезии.

В качестве объектов исследования использовали два электроадгезива, пластины из отверждённой эпоксидной смолы, полиуретана и отверждённой полиэфирной смолы, а также отожжённые и не отожжённые плёнки полиэтилена низкой плотности, а также плёнки сополимеров этилена и винилацетата с различным содержанием звеньев винилацетата (от 7 до 40 масс%) и плёнки поливинилацетата. Методом дифференциальной сканирующей калориметрии определена степень кристалличности плёнок. Методом Оуэнса-Вендта исследованы их поверхностные характеристики в исходном состоянии, под высоким напряжением (4000В), а также через 5-10 секунд после снятия напряжения. Исследование электроадгезионных усилий проводили при различном напряжении вплоть до 11000В с применением разрывной машины Zwick/Roell Z010 (Германия) с использованием датчика силы с номинальной нагрузкой 5 Н.

Установлена корреляция между электрическим напряжением и электроадгезионными силами. Продемонстрировано влияние природы материала на силы электроадгезии. Выявлена корреляция между степенью кристалличности, содержанием винилацетата, поверхностной энергией плёнок и электроадгезионными силами.

Литература:

1. *Pandey Rajagopalan, Manikandan Muthu, Yulu Liu, Jikui Luo, Siazhi Wang and Chaoying Wan.* / Advancement of Electroadhesion Technology for Intelligent and Self-Reliant Robotic Applications // Advanced Intelligent Systems. 2022.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (номер проекта 122011300053-8).

ТОНКИЕ ПОРОШКИ, МАЛЫЕ ЧАСТИЦЫ, РЕОЛОГИЯ И СПЛОШНЫЕ СРЕДЫ

С.П. Бардаханов

Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, г. Новосибирск

Малые частицы с характерным размером порядка 10^{-7} метра и их ансамбли на протяжении многих десятилетий являлись актуальной областью исследований в физике и химии, однако законченные теории, описывающие связь индивидуальных свойств наночастиц с их коллективным поведением пока еще не построены. Одной из форм существования нанообъектов являются порошки, состоящие из первичных частиц с малыми размерами.

Порошки очень широко используются в современной промышленности, так как являются удобным в применении состоянием исходных материалов. Часто по сравнению с монолитными, жидкими или газообразными материалами их сравнительно легко получать, хранить, дозировать, смешивать, компактировать в конечные продукты, а также транспортировать. С научной точки зрения порошки как ансамбль частиц являются предметом физики гранулированных сред, в которой объединяются как представления о твердых телах, так и о жидкостях. Однако в этой области существует несколько подходов, которые мало связаны друг с другом, опираются на отдельные эмпирические факты, и самое главное, следствия из соответствующих физических и математических моделей трудно в полной мере проверить экспериментально. Что же касается наноразмерных порошков (нанопорошков), их поведение в покое и в движении имеет особенности, требующие построения подходов к их реологии. Поэтому, несмотря на наличие многотоннажных производств для ряда веществ, некоторые стадии реальных технологических процессов требуют нетривиального рассмотрения.

В сообщении предполагается обсудить некоторые экспериментально-теоретические результаты, позволяющие применять подходы механики сплошной среды, в том числе для модификации представлений о реологии взаимодействия наполнителей, например, с полимерами в композиционных материалах.

Работа выполнена при поддержке гранта № 23-19-00258 Российского Научного Фонда.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ «Zr-V₄C»**Драник М.С.^{1,2}, Ягудин Л.Д.¹, Чижевская С.В.², Жуков А.В.²**

¹*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, 119071, Москва, Ленинский пр-т., 31, к.4;*

²*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: m.dranik@yandex.ru*

В настоящее время для получения керамических материалов широко применяются СВС-технологии с использованием композиционных порошков-прекурсоров, изготавливаемых методами механического легирования – механической обработки смеси в мельницах-активаторах, обеспечивающей возможность синтеза композиционных порошков с высокодефектной внутренней структурой и развитой межфазной поверхностью между компонентами смеси. Последнее оказывает чрезвычайно сильное влияние на реакционную способность СВС-композиций и, в свою очередь, на характеристики конечного продукта. Целью данной работы является исследование структуры и свойств композиционных порошков Zr-V₄C, полученных методом механического легирования, в зависимости от длительности обработки, и выяснение принципиальной возможности получения высокопрочных термостойких керамик состава ZrB₂-ZrC.

Методами растровой микроскопии, энергодисперсионной спектроскопии, лазерной гранулометрии и рентгенофазового анализа были изучены структура, морфология, фракционный и фазовый состав порошков. Получены зависимости параметров кристаллической структуры компонентов и удельной площади межфазной поверхности от длительности обработки. Установлено, что механическое легирование сопровождается образованием аморфизированных фаз ZrC и ZrB.

Выявлена зависимость некоторых параметров СВС-процесса от продолжительности синтеза прекурсора и, соответственно, от параметров структуры. Показано, что фазовый состав и характеристики продуктов СВС-превращения существенно зависят от продолжительности механической обработки. Полученный керамический материал представлял собой смесь фаз ZrB₂ и ZrC с примесью оксидов циркония.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО Zr

Ягудин Л.Д.¹, Драник М.С.^{1,2}, Пономарчук А.А.¹

¹*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, 119071, Россия, Москва, Ленинский пр-т., 31, к.4, yagudinLD@icloud.com*

²*Российских химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 125047, Россия, г. Москва, Миусская площадь, д. 9*

СВС-композиции, содержащие механоактивированные порошки Zr, представляют интерес в качестве компонентов сырья для изготовления различных керамических материалов. Хорошо известно, что механоактивация оказывает сильное влияние на кинетику СВС-превращений, состав и структуру конечного продукта [1]. Это обусловлено зависимостью реакционной способности компонентов от их дефектной структуры. Порошки Zr входят в состав множества практически важных СВС-композиций. Тем не менее, вопрос о зависимости их структуры и свойств от режима механоактивации остается открытым.

Целью работы является исследование структуры, морфологии и фракционного состава порошков Zr в зависимости от продолжительности механоактивации, установление связи структурных изменений с их реакционной способностью.

Методами растровой электронной микроскопии, рентгенофазового анализа и лазерной гранулометрии исследована эволюция структуры Zr в процессе механической обработки. Методами ТГА, ДСК и высокотемпературной рентгеновской дифрактометрии изучена кинетика окисления механоактивированных порошков.

Изучены кинетические закономерности обработки: механоактивация сопровождается холодной сваркой частиц с образованием крупных пористых агломератов. Увеличение продолжительности обработки сопровождается искажением кристаллической структуры, накоплением дефектов и, как следствие, фрагментацией агрегатов. Показано, что обработка сопровождается разрушением оксидной пленки на поверхности частиц и механохимическим взаимодействием со средой с образованием ZrC.

Было установлено, что продолжительная обработка способствует увеличению скорости и снижению температуры начала окисления. Показано, что МА способствует образованию стехиометрических продуктов реакции. Различия в составе продуктов окисления свидетельствуют о изменениях в механизме взаимодействия с кислородом.

Литература

1. *Авакумов Е.Г.* Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука, 1986. 305 с.

ИСПЫТАНИЯ НА СТОЙКОСТЬ К МЕЖКРИСТАЛЛИТНОЙ И ПИТТИНГОВОЙ КОРРОЗИИ НЕРЖАВЕЮЩИХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ

Чайникова Д.Н., Мушникова С.Ю., Парменова О.Н.

ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей» им. И.В. Горынина» - НИЦ «Курчатовский институт», 191015, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Шпалерная д.49, npk3@crism.ru

В последние годы наблюдается значительный интерес к применению в судостроении аддитивных технологий, в частности технологии селективного лазерного сплавления (СЛС). Исходя из того, что при строительстве морской техники, важнейшей характеристикой материала наряду с механическими свойствами является коррозионная стойкость, в случае нержавеющей сталей – стойкость к межкристаллитной (МКК) и питтинговой (ПК) коррозии, то определение сопротивляемости данным видам локальной коррозии считается актуальной.

В настоящей работе оценка стойкости к МКК и ПК проводилась на аддитивных материалах различного химического состава, полученных послойно из порошков широко применяемых марок нержавеющей сталей 08X18H10T и 03X17H13M2, а также перспективной для строительства морской техники азотсодержащей стали 04X20H6Г11M2АФБ, разработанной в НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей».

Результатами коррозионных испытаний и металлографических исследований образцов подтверждено, что важными факторами, определяющими коррозионную стойкость, являются: содержание углерода, хрома, молибдена, азота, дефектность структуры, а также температура провоцирующего нагрева.

При этом обнаружена особенность формирования стойкости сталей, полученных методом СЛС, к МКК и ПК, заключающаяся в значительном влиянии дефектности получаемой структуры при применении аддитивных технологий.

Экспериментальные исследования выполнены на оборудовании Центра коллективного пользования научным оборудованием «Состав, структура и свойства конструкционных и функциональных материалов» НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей».

НЕКОТОРЫЕ АНОМАЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ, НАБЛЮДАЕМЫЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ ТРИБОХАРАКТЕРИСТИК ЖИДКОСТЕЙ

Чхетиани П.Д.¹

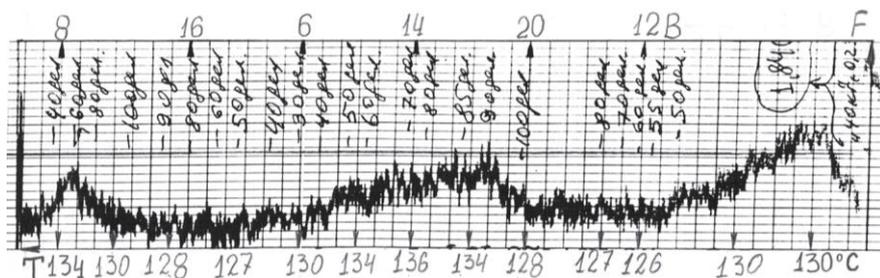
¹ИМАШ РАН, Россия 119334, г. Москва, ул. Бардина, 4
e-mail: pavelnew1@yandex.ru

Результаты экспериментальных исследований, как правило, попадают в разряд «аномальных» вследствие отсутствия у экспериментаторов необходимых знаний в смежных областях науки, а также ограничений в проведении дополнительных «непрофильных» исследований и в обсуждении полученных данных с соответствующими специалистами.

В ИМАШ РАН разработан метод исследования влияния жидкостей на разрушение (износ) поверхностей твердых тел. В нем впервые реализовано непрерывное, без разъединения трущихся тел измерение износа. Синхронно с измерением износа измеряется сила трения.

В настоящей работе приведены результаты трех экспериментальных исследований смазочных масел, в которые вводились добавки различной природы, с целью повышения противоизносных и энергосберегающих свойств полученных смазочных композиций.

I. Периодическое самопроизвольное выделение-поглощение тепла при трении. Объекты испытаний – масло И-20 и масло И-20+2% (ОИ КС-2-3-02) – смазочная композиция, разработанная профессором А.Б. Терентьевым (ИНЭОС РАН).



Зависимость силы трения F (Н) от времени опыта T (мин) (диаграммная лента движется слева направо)

II. Периодическое образование – изнашивание диэлектрических смазочных пленок при трении. Объект испытаний – отечественное трансмиссионное масло ТМ5-18 (SAE 85W90; API GL-5; ГОСТ 23625-79)

III. Возникновение безыносных, антифрикционных, диэлектрических покрытий на стальных поверхностях при трении. Объект испытаний – тот же, что и в пункте II.

ОЦЕНКА ТОЛЩИНЫ ФРОНТА ПЛАВЛЕНИЯ ЛЬДА, ОСНОВАННАЯ НА ИССЛЕДОВАНИИ КИНЕТИКИ ТАЯНИЯ ЛЕДЯНЫХ ШАРОВ

Степанов И.С., Земская Л.И., Степанов С.В.

*НИИЦ Курчатовский институт – ККТЭФ,
123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1
e-mail: stepanov@itep.ru*

На основе измерений кинетики накопления талой воды при плавлении ледяных шаров разного размера при комнатной температуре, а также с учетом измерений температуры как на поверхности шаров, так и внутри них, удалось оценить толщину фронта плавления льда. Внутри фронта плавления тепловой поток снаружи из воздуха поглощается льдом в виде скрытой теплоты плавления, в результате чего лёд плавится, на поверхности шара образуется тонкая (≤ 0.1 мм) пленка талой воды. В ходе плавления льда талая вода стекает с подвешенного шара и собирается в стакане, установленном на весах, непрерывно регистрирующих массу накопленной воды.

Построена модель, описывающая кинетику таяния ледяных шаров. Предполагалось, что подвод тепла происходит через всю поверхность шара, при этом учитывалось уменьшение площади поверхности со временем. Также измерялась температура на поверхности ледяных шаров и температуры внутри них (эти значения оказались ~ 0.4 и 0°C соответственно). Кинетика накопления талой воды имеет простой вид $\sim 1 - [1 - t/(3t_0)]^3$. Учитывались поправки, связанные с испарением воды. Подгонка экспериментальных данных с использованием предложенной модели позволила оценить толщину фронта плавления льда при комнатной температуре, которая оказалась равной примерно 3.2-3.6 мм.

УДК 544.228;

РАСЧЁТ СТРУКТУРЫ И ИК-СПЕКТРА ГЛИЦИНАТА МАГНИЯ МЕТОДОМ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ ¹

Беспалов Д.В., Голованова О.А.

ФГАОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», 644077, Россия, г. Омск, пр-т Мира, 55а;
e-mail: d.v.bespalov@rambler.ru

Для расчета модельной структуры использовался стандартный пакет программ для квантово-химического моделирования, в котором реализован метод DFT (B3LYP) в базисе 6-31G, GAMESS (US). Базис 6-31G включает одну базисную функцию для внутренней оболочки, сгруппированную из шести гауссовых функций, и набор из внутренней функции, сгруппированный из трех гауссовых и внешней не сгруппированной гауссовой функции для валентной оболочки каждого атома.

Построена структурно-динамическая модель глицината магния, минимизирована энергия модели глицината магния, рассчитана структура, частоты нормальных колебаний в гармоническом приближении.

Синтез соединения проводился с использованием мольного соотношения металл-аминокислота – 1:1. За основу был взят метод синтеза из работы [1]. Навеску АК (Gly - 0.1125г.) растворяли в 10 мл дистиллированной воды, где рН раствора в заранее довели электролизом на графитовых электродах до значений выше изоэлектрической точки для АК (рН~8) для активации механизма внутрикюнгированного основания. Затем добавляли навеску $m(MgCl_2 \cdot 6H_2O) = 0.3048$ г. Выпаривали раствор при комнатной температуре, в процессе которого происходит химическая реакция АК с ионами Mg^{2+} и кристаллизация полученного соединения. Через 7 дней получали кристаллический осадок, его промыли небольшим объёмом воды, и для удаления лишней влаги, сушили при температуре 40-50°C.

Групповой состав синтезированного образца проводили методом ИК-спектроскопии. ИК-спектр получен на спектрофотометре ФСМ 2202. Спектры регистрировались с разрешающей способностью 4 см^{-1} . Спектр исследуемого образца регистрировался в диапазоне от 500 до 4000 см^{-1} . Обработка данных и построение спектров осуществлялись с помощью программы OriginPro 2021.

Литература

1. *Bespalov D.V., Golovanova O.A.* Synthesis of complex compounds of calcium (II) ions with amino acids // *Journal Butlerov Communications*. 2021. Vol.65. №1. P.15-22.

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 075-03-2023).

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОКОМПОЗИТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ-СЕРЕБРО

Ломовской В.А, Абатурова Н.А., Ломовская Н.Ю. Галушко Т.Б.

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина, Ленинский пр. 31

к.4, Москва 119071, Россия

e-mail: Lomovskoy @phyc.che.ac.ru

Получены пленки из растворов поливинилового спирта (ПВС) с добавлением раствора нитрата серебра и последующим воздействием ультрафиолетового излучения (лампа ПРК-4, длина волны 254нм). Введение в раствор ПВС 0,1 М раствора AgNO_3 приводит к образованию хелата серебра. После облучения ультрафиолетовым светом в процессе восстановления серебра в системе *in situ* образуются наночастицы серебра размером до 30 нм [1].

Методом релаксационной спектроскопии исследованы полученные композитные пленки в широком диапазоне температур от -150° до $+150^{\circ}\text{C}$. На спектрах внутреннего трения (Рис.1а) выявлены два релаксационных перехода в виде пиков механических потерь (α и γ - пики).

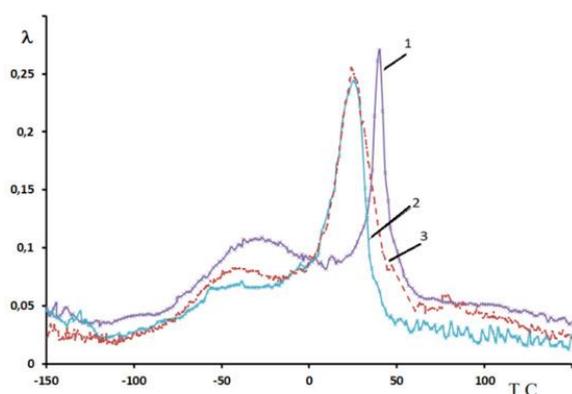


Рис.1а

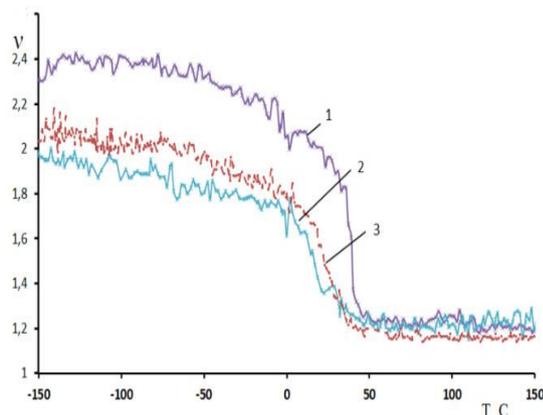


Рис.1б

Рис. 1а. Спектры внутреннего трения полученных пленок: чистого ПВС (1), хелатного соединения (2), восстановленного после облучения ультрафиолетом (3). Рис. 1б. Температурно-частотные зависимости, полученные на горизонтальном крутильном маятнике, позволяющие вычислить дефекты модуля сдвига, характеризующие физико-механические свойства.

На спектре мы видим, что введение серебра снижает температуру α – пика (стеклование). В хелатной форме исчезает γ - пик ответственный за колебания ОН-групп, так как они связаны ионами серебра.

Физико-механические и физико-химические свойства (энергия активации, времена релаксации) нанокompозита ПВС, заполненного наночастицами серебра и рассчитанные по температурно-частотным зависимостям (рис.1б) на базе феноменологической модели стандартного линейного тела, показывают

снижение дефекта модуля.

1.Minakshi Jha , Navinchandra G. Shimpi . 2022 Advanced Industrial and Engineering Polymer Research. Volume 5, Issue 3 Pages 159-170

ПОЛИМЕРНЫЕ ГЕЛИ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ И НЕИОНОГЕННЫМИ ПАВ

Абрамов В.А., Богданова С.А., Гатауллин А.Р., Галяметдинов Ю.Г.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия 420015,
г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68
e-mail: abramovv660@gmail.com*

Полимерные гели на основе редкосшитой полиакриловой кислоты с углеродными наночастицами могут быть использованы как системы трансдермальной доставки лекарственных средств и биологически-активных веществ методом электрофореза. Агрегированное состояние углеродных наночастиц препятствует их равномерному распределению в гелевых композициях. Одним из способов диспергирования наноматериала является ультразвуковая (УЗ) обработка в растворах неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ) [1, 2]. Целью работы является получение и исследование гелей с УНТ, фуллереном C_{60} и НПАВ.

В работе использованы многостенные УНТ и фуллерен C_{60} . В качестве НПАВ использованы децил глюкозид, Полоксамер-184, Твин-80. Диспергирование углеродных наночастиц в воде и водных растворах ПАВ проведено на УЗ диспергаторе при частоте 22 кГц и мощности 50 Вт. Содержание и устойчивость наночастиц определили спектрофотометрическим методом. Гели получены с помощью гелеобразователя марки TEGO Carbomer 141G (0,4% мас.).

Показано, что использование НПАВ способствует увеличению содержания углеродного наноматериала в объеме дисперсий в 4,5-6 раз и увеличению устойчивости дисперсий в 6 раз. Наибольшее стабилизирующее действие наблюдалось с Твином-80 и Полоксамером-184. Установлено, что введение дисперсий с УНТ в гель приводит к увеличению вязкости и предела текучести. Показано, что добавка УНТ увеличивает удельную электропроводность гелевых композиций в 1,2-1,7 раза. При одинаковом содержании наноструктур в объеме геля в случае дисперсии фуллерена C_{60} электропроводность гелей превышает таковую у гелей с УНТ в 1,1-1,2 раза.

Литература

1. Gataullin A.R. Adsorption of ethoxylated isononylphenols on carbon nanotubes from aqueous solutions / A.R. Gataullin, S.A. Bogdanova, Yu.G. Galyametdinov // ChemChemTech. – 2021. – Т. 64. – №3. – С. 46-51.
2. Гатауллин А. Р. Диспергирование углеродных наноструктур в растворах неионогенных поверхностно-активных веществ: автореф. дис. канд. хим. наук: 02.00.11 / Гатауллин А. Р. – Казань, 2016. – 22 с.

ИЗУЧЕНИЕ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ СМЕСЕЙ ПОЛИЭФИРОВ И ПОЛИОЛЕФИНОВ¹

**Абушахманова З.Р.^{1,2}, Масталыгина Е.Е.^{1,2}, Хайдаров Б.Б.^{1,3},
Пантюхов П.В.^{1,2}, Попов А.А.^{1,2}**

¹РЭУ им. Г.В. Плеханова, Россия 115054, г. Москва, Стремянный пер., д. 36

²ИБХФ РАН, Россия 119334, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4

³МИСиС, Россия 119049, г. Москва, Ленинский пр-т., д. 4

e-mail: zubarzhat.akh@gmail.com

Регулировать структуру и свойства материалов возможно получая смеси полимеров. Полимеры, термодинамически несовместимые друг с другом, могут быть совместимы в аморфных областях, образуя межфазные слои.

В работе изучены закономерности формирования надмолекулярной структуры смесей поли(этилена) низкой плотности (ПЭНП) (LUTENE LB 7500N, LG CHEM) и поли(ε-капролактона) (ПКЛ) («Полиморфус» 600С, Shenzhen ESUN Industrial Co.) в широком диапазоне составов (через 10 мас.%). Смеси полимеров получены путем смешивания в расплаве на смесительных вальцах при 130-140°C с последующим измельчением и прессованием пленок при 170°C толщиной 150-250 мкм.

При помощи сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) изучали морфологию и взаимодействие фаз ПЭ и ПКЛ (сколы, напыление платиной). Смесевые пленки, с содержанием 10-30 мас.% ПКЛ образуют непрерывную фазу ПЭНП, а ПКЛ является фазой включения. Смеси с 50 мас.% ПКЛ образуют взаимнопроникающую структуру. Смеси с содержанием ПКЛ от 70 мас.% образуют непрерывную фазу ПКЛ, где ПЭНП в виде сферических и эллиптических доменов. При прессовании расплавленная полимерная смесь, заполнения всю пресс-форму в процессе сжатия, испытывала наибольшую сдвиговую силу в области, близкой к поверхности формы, что приводило к образованию сферических частиц и их ориентации параллельно поверхности в приповерхностной области образцов [1].

Литература

1. Wei, X. F., Hedenqvist, M. S., Zhao, L., Barth, A. & Yin, H. Green Chemistry. 2022. №24. P. 8742-8750.

¹ Абушахманова З.Р. и Масталыгина Е.Е. выражают благодарность финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (МК-3573.2022.1.3, «Создание биоразлагаемых полимерных материалов для медицинских трубок на основе полимолочной кислоты и адипиновых производных»). Исследования выполнены с использованием оборудования Центров коллективного пользования РЭУ им. Г.В. Плеханова и ИБХФ РАН.

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦЕРИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛАТЕКСА, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО СИЛАНОЛЬНЫМИ ГРУППАМИ

Аркадова И. Г., Сыбачин А.В.

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Химический факультет, 1с3, Ленинские Горы, Москва, Россия, 119991
e-mail: bella.arkadova@bk.ru*

Наночастицы оксида церия обладают специфической антиоксидантной и фермент-миметической активностью, а также способностью поглощать активные формы кислорода[1]. Для применения наночастиц в биомедицине, необходимо либо стабилизировать их специфическими молекулами, либо осуществлять синтез непосредственно на носителе, который может являться объектом полимерной природы[2].

В работе представлен синтез наночастиц оксида церия на поверхности латекса, стабилизированного силанольными группами, а также исследованы физико-химические свойства полученного продукта. Анализ проводили с помощью ИК-спектроскопии Фурье, просвечивающей электронной микроскопии и рентгенофазового анализа. Антиоксидантная активность была изучена с помощью МТТ-теста.

Полученные продукты представляли собой коллоидно-стабильные дисперсии. Размер наночастиц, синтезированных на поверхности латекса составил $2,6 \pm 0,4$ нм и не зависел от концентрации церия в реакционной смеси. Структурный анализ позволил сделать вывод о природе наночастиц – оксиде церия (IV). Латексы, покрытые наночастицами CeO_2 продемонстрировали высокую антиоксидантную активность, что делает их перспективными системами для создания лекарств для борьбы с нейродегенеративными заболеваниями.

Литература

1. Nelson B.C., Johnson M.E., Walker M.L., Riley K.R., Sims C.M. Antioxidant cerium oxide nanoparticles in biology and medicine. *Antioxidants*. 2016, 5, 15.
2. Spiridonov VV, Sybachin AV, Pigareva VA, Afanasov MI, Musoev SA, Knotko AV, Zezin SB. One-Step Low Temperature Synthesis of CeO_2 Nanoparticles Stabilized by Carboxymethylcellulose. *Polymers* 2023, 15, 1437

КИНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РОСТА ТРЕЩИН ПРИ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОМ ОХРУПЧИВАНИИ

Архангельская Е.А.¹, Малкин А.И.¹

¹ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: arh-2904@mail.ru

Хорошо известно, что рост трещин при разрушении твердых металлов в контакте с адсорбционно-активными жидкими средами имеет ряд специфичных общих особенностей. Рост трещины обычно протекает в три стадии: на стадии I происходит быстрое увеличение скорости, на стадии II скорость практически постоянна, на стадии III рост становится катастрофически быстрым и происходит без участия жидкого металла. Постоянная скорость роста на стадии II, не зависящая от размера трещины и, следовательно, от локальных напряжений в окрестности вершины, сильно зависит от величины внешней нагрузки. Скорость роста, как правило, тем больше, чем больше напряжение старта трещины. Зависимость скорости роста от температуры на всех трех стадиях является аррениусовской, причем энергия активации на стадии II много меньше, чем на стадиях I и III. Для некоторых пар «твердый металл – жидкий металл» энергия активации даже оказывается отрицательной.

Целью настоящей работы является теоретический анализ и разработка математической модели роста трещин в условиях жидкометаллического охрупчивания. Показано, что причиной наблюдаемых закономерностей является нелокальное взаимодействие жидкого металла с твердым вне вершины трещины. Это влечет за собой снижение механических напряжений в окрестности вершины, обусловленное возникновением отрицательных давлений в жидкости внутри трещины.

Разработана полуэмпирическая модель роста трещин, в рамках которой феноменологическое описание процессов в вершине сопряжено с последовательным учетом эффектов нелокального взаимодействия. Вычислительные исследования, выполненные для нескольких конкретных пар «твердый металл – жидкий металл», показали, что предсказанные модели находятся в удовлетворительном количественном согласии с экспериментом.

СОСТАВ И СВОЙСТВА Co- И Fe-СОДЕРЖАЩИХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бадырова Н.М.¹, Ниндакова Л.О.¹, Страхов В.О.¹

¹ФГБОУ ВО ИРНИТУ, Россия 664074, г. Иркутск, Лермонтова, д.83;

e-mail: N.M.Badyrova@istu.edu

В настоящее время интенсивно изучаются магнитные свойства наночастиц, которые отчетливо демонстрируют различия в свойствах наночастиц и массивного материала [1].

В данном исследовании использован коллоидный метод синтеза магнитных наночастиц на основе соединений кобальта и железа в присутствии 2-х типов стабилизаторов. Получены магнитные порошки коллоидным методом: восстановлением *три*-этоксидборогидридом натрия и бутиллитием соединений кобальта и железа в толуоле, этаноле и тетрагидрофуране. В качестве стабилизаторов коллоидных частиц использованы четвертичные аммонийные соли (*тетра*-бутиламмония бромид, $(C_4H_9)_4NBr$, ТБАБ, и *цетил-три*-метиламмония бромид, $C_{19}H_{42}NBr$, СТАБ) и полимерные соединения ПВС и ПВП.

Размер синтезированных наночастиц определяли с помощью просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения HR ТЕМ (ПЭМ ВР) и DLS (dynamic light scattering) [12]. Из полученных результатов следует, что размер железо- и кобальтсодержащих наночастиц составляет: $d = 2.4 - 4,1$ нм.

Образцы, выделенные из коллоидных систем, охарактеризованы методами порошковой рентгеновской дифракции, ТГ, ДТГ, ДСК, проведены температурные измерения магнитного момента.

В исследованных кобальтсодержащих образцах до прокаливания атомы кобальта образуют металлическую фазу, после прокаливания наблюдается фаза CoO и CoO_2 , тогда как в железосодержащих образцах после прокаливания наблюдаются фазы FeO и Fe_3O_4 . Смешанные образцы (прекурсоры - $Fe(CO)_5$, $Co_2(CO)_8$) содержат после прокаливания смесь оксидов кобальта и железа, т.е. CoO_2 и Fe_3O_4 . Определены брутто-формулы образцов.

Литература

1. Губин С.П., Кошкаров Ю.А., Хомутов Г.В., Юрков Г.Ю.// Успехи химии. 2005. 74. №. 6. С. 539-574
2. Din Reshi N.U., Senthurpandi D., Samuelson A.G.// Appl. Organometal. Chem. 2019;e4885.

МИЦЕЛЛОБРАЗОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ СОРБЦИИ ЛЕВОФЛОКСАЦИНА В ПРИСУТСТВИИ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКОГО КАРКАСА MIL-88B

Бондаренко Л.С.¹, Дзеранов А.А.^{1,2,3}, Баймуратова Р.К.^{1,3}, Джардималиева
Г.И.^{1,3}, Тропская Н.С.^{1,2}, Кыдралиева К.А.¹

¹Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет),
Москва, Россия

²НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского, Москва, Россия

³Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии
РАН, Черноголовка, Московская область, Россия

E-mail: l.s.bondarenko92@gmail.com

Левифлоксацин (LEV) является одним из наиболее широко используемых фторхинолоновых антибактериальных средств, что обуславливает его появление в поверхностных, грунтовых, сточных водах очистных сооружений и в питьевой воде [1] и необходимость удаления.

В данной работе был исследован механизм мицеллообразования левифлоксацина (аптечный препарат «Левифлоксацин-Вертекс» с содержанием LEV 78.84%) в процессе сорбции металл-органическим координационным полимером MIL-88b. На изотермах сорбции наблюдался локальный максимум, который характеризует превалирование мицеллообразующих сил над энергией сорбционного поглощения [2]. Мицеллообразование LEV подтверждается наличием перегиба на кривой зависимости УФ-поглощения от концентрации фармпрепарата. Согласно данным ИК-спектроскопии, увеличение интенсивности полос в области ~ 1500 см^{-1} и ~ 2900 см^{-1} указывает на участие групп ароматического скелета в мицеллообразовании. Данные динамического светорассеивания указывают на образование дисперсных частиц со средним гидродинамическим диаметром 130 нм.

Анализ литературы [3] показал, что наличие примесных соединений приводит к значительному снижению значения ККМ с 21 682 мг/л для чистого препарата до 285 мг/л для аптечного препарата. Таким образом, присутствие примесных соединений является ключевым фактором, влияющим на поведение LEV в растворе, приводя к образованию мицелл.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 22-73-10222

Литература

1. Liu Y., Guo H.G., Zhang Y.L., Tang W.H., Cheng X., Li W. *Chem. Eng. J.*, 2018 – V. 343. – P. 128–137.
2. Когановский А.М., Клименко Н.А. *Наукова думка*. 1978. 174 с.
3. Shakeel, M., Mehmood, K., & Siddiq, M. *J. Chem. Sci.*, 2015.– 127(11).– P. 2073–2079.

АЭРОГЕЛИ С ПОЛЫМИ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИМИ ЧАСТИЦАМИ¹

Борисов К.М.^{1,2}, **Музафаров А.М.**^{1,2}

¹*Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН,
ул. Профсоюзная, д. 70, Москва, 117393 Россия;*

²*Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, ул. Вавилова, д. 28,
Москва, 119991 Россия
e-mail: bora.91@mail.ru*

(указывается e-mail автора, отвечающего за переписку)

В основе этой работы лежит переосмысленная концепция получения полых частиц с использованием сверхразветлённого полиэтоксисилоксана, содержащего полиэтиленоксидные заместители. Такие производные проявляют повышенную поверхностную активность на границе раздела вода-гидрофобная жидкость, в результате чего возможно получение полых кремнезёмных частиц нанометрового размера [30,31]. В данной случае был использован сверхразветлённый полиметилэтоксисилоксан, содержащий полиэтиленоксидные группы для получения эмульсий где дисперсной фазой выступает гексан, и их дальнейшего желирования, в ходе которого кремнийорганический прекурсор расходуется на капсулирование гексана и сплошной сконденсированной фазы, которая скрепляет образующиеся микрокапсулы. В свою очередь метильные группы обеспечивают гидрофобность получающихся гелей, в результате чего исчезает необходимость использования дополнительных реагентов для их гидрофобизации.

Литература

1. Hailin Wang, Garima Agrawal, Larisa Tsarkova, Xiaomin Zhu, Martin Möller. Self-Templating Amphiphilic Polymer Precursors for Fabricating Mesoporous Silica Particles: A Water-Based Facile and Universal Method. *Adv. Mater.* 2013, 25, 7, 1017–1021.
2. Chi Zhang, Kelu Yan, Chunyan Hu, Yongliang Zhao, Zhi Chen, Xiaomin Zhu and Martin Moller. Encapsulation of enzymes in silica nanocapsules formed by an amphiphilic precursor polymer in water. *J. Mater. Chem. B*, 2015, 3, 7, 1261–1267.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект № 22-43-04439

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ НЕТЕР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕНЗОРА МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В НЕОДНОРОДНЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЯХ

Брандышев П.Е., Будков Ю.А.

Департамент прикладной математики МИЭМ НИУ ВШЭ

В данной работе мы получаем общее выражение для симметричного тензора напряжений, применяя вторую теорему Нетер к большому термодинамическому потенциалу в рамках общековариантного подхода. Рассматривается важный с точки зрения приложений случай, когда плотность большого термодинамического потенциала зависит от вторых производных скалярных параметров порядка. Мы применяем наш подход к нескольким моделям неоднородных ионных жидкостей, которые учитывают электростатические корреляции ионов или их короткодействующие корреляции, связанные с эффектами упаковки: модель Кана-Хиллиарда, модель Базанта-Стори-Корнышева и модель Маггса-Подгорника. Для всех этих моделей мы получаем аналитические выражения для симметричных тензоров напряжений, которые согласуются с соответствующими уравнениями самосогласованного поля. Мы рассматриваем два метода получения симметричного тензора напряжений - метод Гильберта и метод диффеоморфизмов. Метод Гильберта сводится к варьированию большого термодинамического потенциала, записанного в общековариантном виде, по метрике трехмерного пространства. Метод диффеоморфизмов заключается в следующем. Рассматривается вариация большого термодинамического потенциала относительно преобразования диффеоморфизмов. Затем из равенства нулю данной вариации получается условие механического равновесия и явное выражение для тензора напряжений. Эти методы также могут быть применимы для описания механических напряжений в адсорбционном слое на искривленной поверхности.

ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОТ СОСТАВА СМЕСЕЙ ПОЛИЭТИЛЕНА НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ И ПОЛИКАПРОЛАКТОНА¹

**Бровина С.Д.¹, Абушахманова З.Р.^{1,2}, Гуйван М.Ю.¹, Алексанова Е.А.¹,
Масталыгина Е.Е.^{1,2}, Пантюхов П.В.^{1,2}**

¹РЭУ им. Г.В. Плеханова, Россия 115054, г. Москва, Стремянный пер., д. 36

²ИБХФ РАН, Россия 119334, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4

email: brovinasofia1@gmail.com

Актуальным является направление разработки гибридных композитов на основе полимера, способного к фотодеструкции под действием ультрафиолетового излучения, и полимера, подверженного гидролитическому расщеплению под действием микробиоты [1]. В качестве объектов исследования использованы полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) (LUTENE LB 7500N, LG CHEM) и поли(ε-капролактон) (ПКЛ) («Полиморфус» 600С, Shenzhen ESUN Industrial Co.) и их смеси в широком диапазоне составов.

Смеси были получены путем смешивания в расплаве при 130-140°C с последующим измельчением на роторно-ножевой мельнице и прессованием пленок при температуре 170°C и давлении 50 кгс/см² [2].

Испытания по измерению плотности проводились согласно ГОСТ 15139-69 методом гидростатического взвешивания в этиловом спирте (95 об.%). В результате выявлено, что с увеличением содержания ПКЛ в смеси возрастает плотность материала, зависимость имеет аддитивный характер.

Предел текучести расплава измеряли в соответствии с ГОСТ 11645-2021 методом измерения массы истечения расплава полимеров от времени (метод А). Обнаружено отрицательное отклонение значений показателя от аддитивности, что говорит о взаимодействии полимеров в смесях.

Механические характеристики образцов определяли согласно ГОСТ 11262-2017 (образцы по типу 3). Выявлена зависимость механических характеристик от диапазона составов. При содержании ПКЛ в смеси от 10 до 30 мас.% наблюдалось снижение таких показателей, как прочность при разрыве и относительное удлинение. Введение от 70 до 90 мас.% ПКЛ в смесь способствовало значительному увеличению данных показателей.

Литература

1. Попов А.А., Зыкова А.К., Масталыгина Е.Е. // Химическая физика. 2020. Т. 39. № 6. С. 71-80.
2. Абушахманова З.Р., Масталыгина Е.Е., Пантюхов П.В., Попов А.А. // Материалы XIX международной научно-практической конференции «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения» 2023. С. 8

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова». Исследования выполнены с использованием оборудования Центров коллективного пользования РЭУ им. Г.В. Плеханова и ИБХФ РАН.

ОСОБЕННОСТИ ЗАРОЖДЕНИЯ ПЛЕНОК PbSe ПРИ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКОМ ОСАЖДЕНИИ

Будкина В.А.¹, Юрк В.М.¹, Маскаева Л.Н.^{1,2}, Марков В.Ф.^{1,2}

¹Уральский федеральный университет, Россия 620002, Екатеринбург, Мира, 19 ²Уральский институт ГПС МЧС России, 620022, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 22
e-mail: vikbudkina@mail.ru

Перспективность использования PbSe в различных приложениях, обусловлена его уникальными свойствами, которые можно варьировать за счет изменения размера и формы частиц. Эффективным методом получения пленок PbSe с управляемым составом является химическое осаждение из водных растворов, содержащих соль свинца, лиганд, щелочной агент, селеномочевину, для предотвращения окисления дополнительно вводят антиоксиданты (Na_2SO_3 , $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ и их смесь).

При смешении прекурсоров-реагентов в течение 15-60 с начинается активное зарождение твердой фазы PbSe в коллоидном растворе, состоящем из наночастиц, размер которых оценивали методом динамического рассеивания света (рис.1).

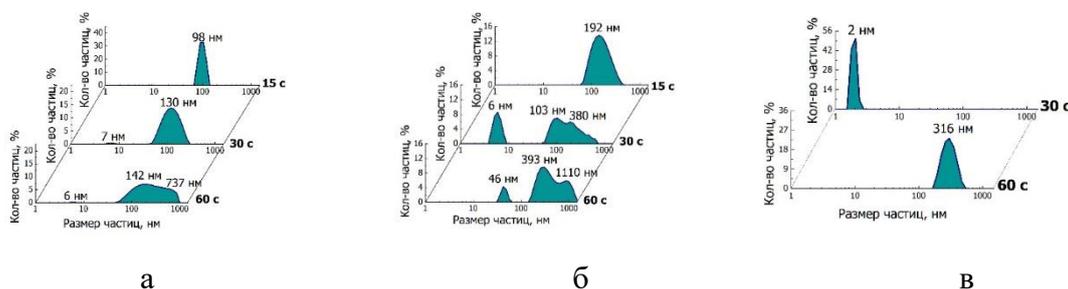


Рисунок 1. Распределение наночастиц и агломератов по размерам спустя 15, 30 и 60 с химического осаждения PbSe в растворе $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ (а), Na_2SO_3 (б), $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 + \text{Na}_2\text{SO}_3$ (в)

Введение Na_2SO_3 способствует образованию коллоидных частиц $\text{Pb}(\text{OH})_2$, центров нуклеации PbSe. К 15-й с формируются частицы размером 192 нм (а). С 30-ой с – две фракции нанодисперсий 6 нм и крупных агломератов от 50 до 800 нм, а к 60-ой - параллельное зародышеобразование из наночастиц ~6 и ~46 нм PbSe. В случае $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ образуется недостаточное количество коллоидного $\text{Pb}(\text{OH})_2$, свидетельствуя об интенсивной агрегации частиц и вторичном зародышеобразовании. К 15 с при введении в раствор смеси антиоксидантов наблюдаются наночастицы размером 2 нм, т.е. повышается устойчивость коллоидного раствора. К 30 с наночастицы увеличиваются до 200-550 нм.

Таким образом, основное влияние на образование PbSe антиоксиданты оказывают при зародышеобразовании, определяющем ориентацию, размеры, форму кристаллитов и функциональные свойства.

**МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ПОРОШКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ
«А1-2В-С» В ПРИСУТСТВИИ ЭМУЛЬСИИ
«АЦЕТОНИТРИЛ-ГЕКСАН»**

Булатников Д.А.¹

¹*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4, email:
bulat46@outlook.com*

Использование композиционных порошковых наполнителей, изготавливаемых методами механического легирования, является быстро развивающимся направлением в области создания новых энергетических материалов. Применение таких наполнителей, обладающих высокой теплотой и скоростью сгорания в окислительных средах, сталкивается, однако, с рядом принципиальных трудностей, обусловленных необходимостью обеспечить химическую совместимость с материалами матриц, рациональную внутреннюю структуру и фракционный состав порошков. Для преодоления этих трудностей был недавно предложен новый метод, основанный на применении эмульсионных размольных сред. Концентрация в каплях эмульсии твердых частиц, межфазная энергия которых с дисперсной фазой значительно меньше, чем с несущей, дает возможность эффективного управления фракционным и компонентным составом композиционных порошков.

Целью работы является выявление возможности оптимизации структуры, морфологии и фракционного состава композиционных порошков «А1-2В» с малой добавкой коллоидного графита за счет обработки в эмульсионных размольных средах.

Синтез композиционных порошков осуществлялся на установке «Активатор-4М» в двухстадийном режиме: на первой стадии проводилась кратковременная обработка смеси порошков алюминия и графитизированного бора в среде гексана, на второй – обработка в эмульсии «ацетонитрил-гексан», стабилизированной сополимером (ФПМ-26). На второй стадии варьировалась продолжительность обработки, соотношение «ацетонитрил-гексан» и масса шаровой загрузки.

В результате установлены режимы синтеза, обеспечивающие требуемый фракционный состав и рациональную структуру композиционных порошков. Конечный продукт содержит частицы с однородным компонентным составом, с узким распределением по размерам и размером пор порядка 1 нм.

ХИТОЗАН И СЫВОРОТОЧНЫЙ АЛЬБУМИН КАК МОДИФИКАТОРЫ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ¹

Буняев В.А. ^{1,2}, Чернышева М.Г. ¹, Бадун Г.А. ¹

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 10;

² ГЕОХИ имени В.И. Вернадского, 119334, г. Москва, ул. Косыгина, д. 19
e-mail: chernyshevamg@ty.msu.ru

Использование в медицинских целях углеродных наноматериалов, например, углеродных нанотрубок (УНТ), требует обеспечения стабильности их водных суспензий. Для решения этой задачи используются синтетические и природного происхождения поверхностно-активные вещества и полимеры. Информацию о количестве модифицирующих агентов, связавшихся с нанотрубками, и прочности их удерживания можно получить с использованием радиоактивных индикаторов.

В данной работе предлагается использовать меченные тритием вещества для определения их количества при связывании с УНТ и прочности удерживания комплекса УНТ-биополимер в различных средах. В качестве модифицирующих агентов использовали биополимеры: полисахарид хитозан (молекулярной массой 50 и 208 кДа) и белок бычий сывороточный альбумин (БСА). Тритий в них вводили методом термической активации на вольфрамовой проволоке.

Одностенные УНТ (Cheaptubes Ltd.) суспензировали в водном растворе меченого биополимера и выдерживали от двух до семи суток при температуре 25°C. С помощью центрифугирования осаждали комплекс биополимер-УНТ и по изменению концентрации раствора определяли равновесную адсорбцию биополимера. Осадок промывали водой проводили измерение его радиоактивности.

Исследовали различные варианты модификации УНТ белком и хитозаном: каждым из биополимеров по отдельности, а также последовательной модификацией сначала БСА, затем хитозаном и наоборот. По значению ζ -потенциала оценена стабильность в водной среде исследуемых комплексов. Комплексы УНТ-биополимер наносили на поверхность стекла и определяли краевой угол смачивания поверхности водой. С помощью компьютерного моделирования рассмотрено межмолекулярное взаимодействие между УНТ и биополимерами.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 22-23-00019.

ТЕОРИЯ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ В ЩЕЛЕВОЙ ЗАРЯЖЕННОЙ ПОРЕ: ЭФФЕКТЫ СТРУКТУРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ И СПЕЦИФИЧЕСКАЯ АДСОРБЦИЯ ИОНОВ¹

Васильева В. А.¹, Мазур Д. А.¹, Будков Ю. А.^{1,2,3}

¹Департамент прикладной математики МИЭМ НИУ ВШЭ, г. Москва

²Лаборатория вычислительной физики НИУ ВШЭ, Москва, Россия

³Институт химии растворов им. Г. А. Крестова Российской Академии Наук, Иваново

Исследование растворов электролитов в условиях ограниченной геометрии имеет ключевое значение при создании устройств для хранения энергии и очистки воды. Одной из проблем в этой области является точное моделирование поведения ионов с учетом взаимосвязи между специфическими для ионов эффектами и электростатическими взаимодействиями [1,2]. Теория самосогласованного поля позволяет моделировать поведение ионных жидкофазных систем, однако без учета ряда эффектов таких, как взаимодействий на близких расстояниях [3]. В недавних исследованиях был получен большой термодинамический потенциал для системы с учётом структурных взаимодействий при помощи теоремы Нётер, что позволило получить условие локального механического равновесия в терминах симметричного тензора напряжений [4].

В работе использовалась модель неоднородных растворов электролитов [5], которая учитывает структурные и стерические взаимодействия между ионами и включает потенциалы внешних сил для описания их специфического взаимодействия со стенками пор. Изучены изменения профилей концентрации ионов и расклинивающего давления при изменении ширины пор. Исходя из условия локального механического равновесия, было получено выражение для расклинивающего давления.

Учет структурных взаимодействий ионов приводит к ярко выраженному минимуму на профилях расклинивающего давления при малой ширине пор, что было связано с образованием двойных электрических слоев на поверхности диэлектрика. Включение притягивающих взаимодействий между ионами и стенками пор усиливало и смещало минимум в сторону меньших толщин пор.

Литература

1. Y. A. Budkov, S. V. Zavarzin, and A. L. Kolesnikov, *The Journal of Physical Chemistry C*. 125, 21151 (2021).
2. Y. A. Budkov, A. V. Sergeev, S. V. Zavarzin, and A. L. Kolesnikov, *The Journal of Physical Chemistry C* 124, 16308 (2020).
3. R. Blossey, in *The Poisson-Boltzmann Equation: An Introduction* (Springer, 2023) pp. 53–96.
4. P. E. Brandyshev and Y. A. Budkov, *The Journal of chemical physics* 158, 174114 (2023).
5. A. Maggs and R. Podgornik, *Soft matter* 12, 1219 (2016).

¹ Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда (№ 21-11-00031).

КОЛЛОИДНЫЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСИИ ПЛОДОВ СОФОРЫ ЯПОНСКОЙ

Васильева П.А., Дмитриева И.Б.

ФГБОУ ВО СПХФУ, Россия, 197376, Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, д. 14

e-mail: polina.vasileva@spcru.ru

Лекарственное растительное сырье является важным источником биологически-активных веществ (БАВ), которые применяются в фармацевтической, косметической, пищевой и других отраслях промышленности. Плоды софоры японской содержат комплекс БАВ, наибольшее количество из которых составляют флавоноиды.

В работе представлены данные по изучению коллоидных свойств измельченных плодов софоры японской (далее софоры) с целью улучшения извлечения БАВ.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: изучение ζ -потенциала частиц софоры при различном времени контакта частиц с экстрагентом и рН среды; определение изоэлектрической точки (иЭТ) частиц софоры методом электрофореза; определение точки нулевого заряда (ТНЗ) частиц софоры при помощи потенциометрического титрования; изучение влияния рН среды, размера частиц софоры, температуры, присутствия ПАВ и ионов, природы экстрагента на процесс набухания софоры.

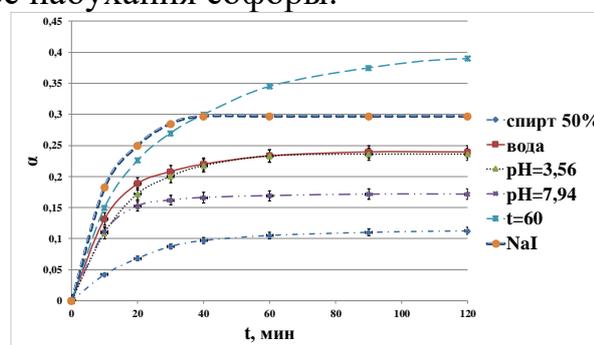
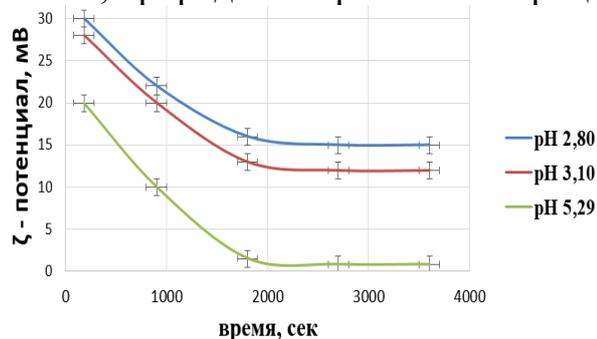


Рисунок 1. Зависимость ζ -потенциала частиц софоры - t

Рисунок 2. Зависимость степени набухания α -t

Точка нулевого заряда рН_{ТНЗ} водной дисперсии софоры составляет 5,8, экстрагируемых флавоноидов – 5,2, что близко по значению с рН_{иЭТ}. Набухание частиц софоры – ограниченное и сопровождается постепенным разрушением растительной клетки. Адсорбционное равновесие достигается в течение 30 минут (рис. 1). В щелочной области и в присутствии спирта набухание частиц софоры ухудшается, а при воздействии температуры и в присутствии ионов NaI набухание возрастает (рис. 2).

ЭЛЕКТРОРЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУСПЕНЗИИ КОМПОЗИТА ОКСИД ГРАФЕНА-ХИТОЗАН¹

Вовкотруб П.А.^{1,2}, Ломовкин В.В.^{1,2}, Рабчинский М.К.³, Столярова Д.Ю.

¹МФТИ (НИУ), Россия 141701, Московская обл., Долгопрудный, Институтский пер., 9

²НИЦ «КИ», Россия 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д.1

³ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Россия 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

e-mail: vovkotrub.pa@phystech.edu

Электрореологические жидкости (ЭРЖ) – суспензии, контролируемо изменяющие свои физические характеристики под действием внешнего электрического поля (ВЭП) [1].

В данной работе предложен и разработан новый наполнитель для ЭРЖ – нанокпозиционные частицы на основе оксида графена (ОГ) модифицированного низкомолекулярным хитозаном. Морфологию частиц и их химическую структуру исследовали методами оптической, электронной микроскопии и ИК-спектроскопии. Далее на основе композита и полидиметилсилоксана низкой вязкости приготовили электрочувствительные суспензии с концентрацией наполнителя 0,33, 0,5 и 0,75 мас.%. Исследование реологических и электрореологических свойств суспензий проводили с помощью ротационного реометра Physica MSR 501 с высоковольтным внешним источником постоянного напряжения. Структуры суспензий вне и под действием ВЭП изучали методом оптической просвечивающей микроскопии. Также был проведен седиментационный анализ полученных образцов.

По результатам ИК-спектроскопии можно сделать вывод, что хитозан был успешно привит к поверхности ОГ посредством карбоамидных связей. Реологические и электрореологические испытания показали, что полученная жидкость обладает выраженными электрореологическими свойствами и высокой эффективностью, которая была рассчитана для образцов всех концентраций при изменении ВЭП от 0 до 7 кВ/мм. Также образцы оказались пригодны для продолжительной циклической работы и демонстрировали обратимую и воспроизводимую производительность даже при высоких электрических полях.

Литература

1. Wang Y. et al. Electrorheological Fluids of GO/Graphene-Based Nanoplates // Materials. MDPI, 2022. Vol. 15, № 1.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Госзадания НИЦ «Курчатовский институт»

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ НАНОЧАСТИЦ ВАЛЛЕРИИТА¹

Воробьёв С.А.¹, Томашевич Е.В.¹, Борисов Р.В.¹, Карачаров А.А.¹, Карпов Д.В.¹, Лихацкий М.Н.¹, Михлин Ю.Л.²

¹*ИХХТ СО РАН, Россия 660036, г. Красноярск, Академгородок, д.50, стр. 24*

²*BIU, Израиль 5290002, г. Рамат-Ган*

e-mail: yekspatz@ya.ru

Природный валлериит представляет собой слоистый минерал, сложенный из электростатически взаимодействующих положительно заряженных металлдефицитных слоев $\text{Cu}_{1-y}\text{Fe}_y\text{S}_2$ и отрицательно заряженных бруситоподобных слоев типа $\text{Mg}_{1-x}\text{Al}_x(\text{OH})_{2+x}$. Данный минерал является новым, уникальным и еще пока малоизученным классом 2D материалов, обладающих колоссальным потенциалом для тонкой настройки структуры, состава и свойств. Было предпринято немало попыток синтеза валлериитоподобных материалов, однако примеров получения чистых валлериитов не так и много.

В данной работе методом простого автоклавного синтеза были получены нанопластинки чистофазного валлериита с различным уровнем допирования, имеющие типичную слоистую структуру со средним межатомным расстоянием 1,1 нм, латеральными размерами 50–200 нм и толщиной 10–25 нм. Исследование гидрозолей валлериита методом DLS показало, что с использованием Al в качестве допанта гидродинамические диаметры частиц изменялся примерно с 150 нм до 70 нм, что согласуется с данными ПЭМ. Дзета-потенциал частиц варьировался от -20 мВ до -35 мВ и практически не зависел от pH в диапазоне от 3 до 11, где при $\text{pH} < 3$ происходило растворение с образованием H_2S . Использование в качестве стабилизатора раствора цитрата натрия приводило к изменению дзета-потенциала вплоть до -60 мВ и образованию стабильных гидрозолей валлериита.

UV-vis-NIR спектры гидрозолей валлериита имели максимумы поглощения при 520 нм (2,5 эВ) и 600–700 нм (2 эВ) для частиц, полученных с использованием Al и без него соответственно. Вероятнее всего, максимум поглощения возникает в данном материале из-за квазистатического диэлектрического резонанс ввиду узкого «промежуточного» минорного спина Fe 3d полосы. Анализ графиков Таука дал значения ширины запрещенной зоны $0,4 \pm 0,1$ эВ почти для всех образцов, в то время как анализ области от 1 до 3 эВ был не информативным из-за перекрытия максимумов поглощения.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФ № 22-13-00321.

**ПРИМЕНЕНИЕ АРАХИНОВОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ
ПРОВОДЯЩИХ МОНОСЛОЕВ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК
МЕТОДОМ ЛЕНГМЮРА-БЛОДЖЕТТ¹**

**Хассун О.А.Х.¹, Трушков Г.В.¹, Миронюк В.Н.¹, Гавриков М.В.¹, Смирнова
А.И.², Усольцева Н.В.², Глуховской Е.Г.¹**

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Россия 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83;

²Ивановский государственный университет, Россия 153025, г. Иваново, ул. Ермака, 39
e-mail: maks.gavrikov.96@gmail.com

В работе исследовано влияние поверхностно-активного вещества (ПАВ) – арахидиновой кислоты, на формирование ленгмюровских монослоев углеродных нанотрубок (УНТ) в качестве представляющего интерес способа получения тонкопленочных проводящих структур [1, 2]. Было определено, что добавление ПАВ к растворам углеродных нанотрубок позволяет формировать более сплошные и однородные монослои УНТ без существенного изменения их проводящих свойств. ПАВ позволяет расширить диапазон, в котором изменяется поверхностное натяжение, до нескольких десятков мН/м в сравнении с несколькими единицами мН/м для раствора УНТ без ПАВ, что открывает принципиальную возможность контроля степени сжатия монослоя УНТ на поверхности воды.

Было проведено исследование различных соотношений растворов УНТ и ПАВ (1:9, 3:7, 1:1, 7:3, 9:1), а также степени сжатия монослоя на поверхности воды (1:1, 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 и 1:32) для получения наиболее качественного слоя УНТ. Было определено, что оптимальным соотношением растворов УНТ и ПАВ является 9:1, а степень сжатия монослоя 1:32, что позволило сформировать и перенести на подложку наиболее сплошной монослой с коэффициентом переноса близким к единице и проводимостью на 6 порядков выше проводимости подложки без пленки. Исследование проводимости проводилось двухзондовым методом, а исследование рельефа методом атомно-силовой микроскопии.

Литература

1. Stankovic N., Todorović-Marković B., Marković Z. // *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2020. 85. P. 8–8.
2. Giancane G., Bettini S., Valli L. // *Colloids and Surfaces A Physicochem.* 2010. 354. 1-3. P. 81–90.

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РНФ (проект № 21-73-20057) и Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского.

ОСОБЕННОСТИ МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ В БИНАРНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ PLURONIC P123 И ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ

Газарян Д.А., Слепцова О.В.

ВГУ, Россия 394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1

e-mail: slepts@gmail.com

Полимерные поверхностно-активные вещества помимо высокой поверхностной активности могут обладать и мицеллообразующей способностью, что может быть использовано, например, при проведении разнообразных вариантов мицеллярного катализа или синтеза полимерных наноразмерных систем.

Целью настоящей работы явилось исследование процесса мицеллообразования в растворах полимерного ПАВ Pluronic P123 и его бинарных композициях с додецилсульфатом натрия (SDS). Исследуемый в данной работе Pluronic P123 представляет собой амфифильный триблоксополимер этиленоксида и пропиленоксида и является неионным водорастворимым ПАВ.

Мицеллообразование в растворах Pluronic P123 было исследовано методом динамического рассеяния света. При концентрации выше 0,8 % (масс.) установлено образование моодисперсной системы, отвечающей формированию мицеллярной структуры полимерного ПАВ. Гидродинамический радиус мицелл составил примерно 9 нм. При более низких концентрациях Pluronic P123 формируются более «рыхлые» ассоциаты макромолекул, для раствора характерна полидисперсность.

При введении в водный раствор Pluronic P123 с определенной постоянной концентрацией (выше и ниже его ККМ) додецилсульфата натрия с повышением концентрации последнего наблюдается аномальное увеличение поверхностного натяжения бинарного раствора. Изотерма поверхностного натяжения проходит через максимум в области ККМ SDS.

Причиной аномального повышения поверхностного натяжения при совместном присутствии неионного полимерного и аниоактивного мономерного ПАВ может являться их ориентированная ассоциация в фазе раствора, приводящая к уменьшению равновесной концентрации данных веществ в адсорбционном слое на границе раздела фаз раствор/воздух. Согласно данным динамического рассеяния света в бинарном растворе при концентрациях Pluronic P123 и SDS, близких их собственным ККМ, наблюдается рост размера частиц, свидетельствующий об образовании смешанных ассоциатов полимерного и мономерного ПАВ.

ОСОБЕННОСТИ СМАЧИВАНИЯ ПОЛУПРОНИЦАЕМОЙ МЕМБРАНЫ ПАВ СОДЕРЖАЩИМИ ЛИОТРОПНЫМИ ЖИДКИМИ КРИСТАЛЛАМИ НА ОСНОВЕ БИОПОЛИМЕРА¹

Галеева А.И., Селиванова Н.М., Галяметдинов Ю.Г.

*ФГБОУ ВО «КНИТУ», Россия 420015, г. Казань, ул. К.Маркса, д. 68
e-mail: galeeva-alija@mail.ru*

Важность жидкокристаллической организации при транспорте лекарственных средств. В работе представлены результаты изучения смачивания и адгезионного взаимодействия ранее полученных лиотропных жидкокристаллических (ЛЖК) систем $C_{12}EO_4$ 50%/(Ch /LA 5/95%) 50 мас. % и Ch/LA 15/85 мас. %, Ch/LA 5/95 мас. % с модельными поверхностями с различной свободной поверхностной энергией [1,2]. Методом краевого угла смачивания показано, что положительное смачивание наблюдается для всех используемых нами систем, что связано с гидрофобностью применяемых поверхностей [3]. Методом АСМ исследована топография поверхности модельной мембраны – модели рогового слоя кожного покрова. Максимальное смачивающее действие наблюдается для мезофазы на основе ПАВ, содержащей в своем составе полярные оксиэтилированные группы, способные к донорно-акцепторному взаимодействию с полярными группами на поверхности полимерной полупроницаемой мембраны. Показано, что в присутствии лекарственного средства наблюдается снижение поверхностного натяжения систем в 1,2- 1,9 раза. Для ЛЖК системы Ch/LA/рибофлавин, наблюдались наиболее высокие значения вязкости, низкое смачивание модельной мембраны лиомезофазой. В случае ПАВ содержащего ЛЖК показано наилучшее смачивание модельной мембраны и наименьшее значение поверхностного натяжения, что способствует проникновению ПАВ и полимерных макромолекул в поры мембраны и снижению количества высвобождаемого рибофлавина. Полученные результаты коррелируют с данными по релингу.

Литература

1. *Selivanova N.M., Galeeva A.I., Galyametdinov Yu.G.* // International Journal of Molecular Sciences. 2022. V. 23, №21. P. 13207.
2. *Галеева А.И., Селиванова Н.М., Галяметдинов Ю.Г.* // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2022. Т. 20. № 1. С. 23-33.
3. *Галеева А.И., Ситдикова К.И., Галяметдинов Ю.Г.* // Вестник технологического университета. 2012.15. № 2. 18. С. 44-46.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) от 29.12.2022 г. № 075-01508-23-00. Тема исследования «Создание научных основ получения новых мультифункциональных материалов широкого спектра применения».

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВНОЙ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ НА СТАБИЛЬНОСТЬ НАНОЭМУЛЬСИИ ВИТАМИНА А¹

Гвозденко А. А., Блинов А. В., Голик А. Б., Рехман З. А.,
Колодкин М. А.

ФГАОУ ВО Северо-Кавказский федеральный университет, Россия 355017, г. Ставрополь,
ул. Пушкина, д.1;
e-mail: *gvozdenko.1999a@gmail.com*

Наноэмульсии представляют собой дисперсную систему, состоящую из двух несмешивающихся между собой жидкостей. Размер капель дисперсной фазы в наноэмульсиях не превышает 100 нм. Формирование наноэмульсий биологически активных компонентов, в частности жирорастворимых витаминов А, D, E, K, позволяет повысить их биодоступность [1]. В связи с этим актуальным является разработка и исследование наноэмульсий биологически активных компонентов, в частности жирорастворимого витамина А.

Наноэмульсии получали по следующей методике: смешивали витамин А и *Tween 80* на магнитной мешалке, затем в полученную дисперсную систему добавляли дистиллированную воду и перемешивали с помощью диспергатора *T 25 easy clean control* (ИКА, Германия). Исследование среднего гидродинамического радиуса мицелл витамина А проводили методом динамического рассеяния света на приборе *Photocor-Complex* (ООО «Антек-97», Российская Федерация).

Установлено, что средний гидродинамический радиус мицелл витамина А в исходном образце составляет 62 ± 13 нм. Показано, что рН среды значимо влияет на средний гидродинамический радиус мицелл витамина А. В диапазоне рН от 5,5 до 12,1 средний гидродинамический радиус значительно не отличается от исходного образца и находится в диапазоне от 60 до 70 нм. В диапазоне рН от 1,8 до 5,5 наблюдается скачкообразное увеличение среднего гидродинамического радиуса мицелл витамина А до 155 нм.

Литература

1. Исследование влияния параметров синтеза на средний гидродинамический радиус мицелл витамина Е (альфа-токоферол ацетат) / А. В. Блинов, А. А. Нагдалян, А. А. Гвозденко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2022. – Т. 65, № 7. – С. 45-53.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (проект МК-478.2022.5).

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРОКСИАПАТИТА ПО ДАНЫМ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА¹

Голованова О. А., Киселев В. М.

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского.

Пр. Мира, 55а. г. Омск, 644077. Омская область. Россия.

E-mail: golovanoa2000@mail.ru

Изучение и разработка биосовместимых материалов является актуальной междисциплинарной задачей. С одной стороны, это необходимо для выявления факторов при интеграции имплантатов в живой организм, с другой – для выявления факторов, способствующих генезису патогенных образований. Данные задачи решаются в рамках физической химии, способствующей глубокому изучению структуры и превращений биологических и аналогичных синтетических веществ, а также биоминералогии, изучающей объекты, созданные в живых организмах или при их участии.

После приготовления растворов с необходимыми концентрациями, к раствору CaCl_2 приливали раствор Na_2HPO_4 эквивалентного объема при постоянном перемешивании реакционной смеси; для регулирования значения рН использовался 20%-й раствор NaOH .

Анализ макроскопических снимков образцов, полученных в высыхающей капле, показал значительные изменения формы, размера кристаллов и текстуры осадка при переходе от фазы ГА к брушиту.

Зависимости свойств синтетических ФК от морфологии их кристаллических структур определялись по принципу корреляции формы кристаллов и значения их морфологической размерности (D).

При варьировании времени осаждения, условий синтеза и соотношения Са/Р в осадке получены экспериментальные данные, подтверждающие зависимость показателя D от формы и степени сложности структур, имеющих нерегулярную форму.

Установлено, что зависимость $D(\tau)$ для структур гидроксилапатита обратно пропорциональна. Начальный этап синтеза характеризуется формированием мелких разрозненных кристаллов вещества, соответствующих значениям $D \sim 1,9$.

При дальнейшем росте и агрегации частиц формируются структуры с усложненной геометрией, снижающие морфологическую размерность по линейной зависимости в течение 2-3 часов до постоянного значения $D = 1,20 \div 1,25$.

¹Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 075-03-2023).

СМАЧИВАЕМОСТЬ МАТЕРИАЛА МЕЖФАЗНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА ОСНОВЕ D- И F-ЭЛЕМЕНТОВ¹

Голубина Е.Н., Каменский М.Н.

*Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева,
Россия 301650, г. Новомосковск, ул. Дружбы, 8
e-mail: Elena-Golubina@mail.ru*

Гидрофобные покрытия находят широкое применение в различных областях народного хозяйства. Например, такие покрытия позволяют решить проблемы обледенения проводов линий электропередач, запотевания стекол, улучшить эксплуатационные и технических характеристик различных изделий. В настоящем сообщении представлены данные по смачивающей способности материала, синтезируемого в межфазном слое гетерогенной жидкостной системы.

Метод синтеза материала межфазных образований и его адгезирование на подложки описан в [1].

Величина краевого угла зависит от природы металла, разбавителя, кислоты, начальных концентраций реагентов, а также времени приведения фаз в контакт. С течением времени величина краевого угла увеличивается, что обусловлено более высоким накоплением образующейся соли в межфазном слое и более высоким значением коэффициента шероховатости. В ряду исследуемых металлов более высокие значения краевого угла были получены для металлов на основе редкоземельных элементов иттриевой подгруппы, что обусловлено более низким содержанием воды в составе материала и более высоким коэффициентом шероховатости. Величина краевого угла существенно зависит от природы разбавителя, причем она антибатна растворимости воды в органическом растворителе. Избыточное по сравнению со стехиометрическим количество кислоты в системе приводит к понижению накопления образующейся соли в межфазном слое и к повышению гидрофильности материала с увеличением начальной концентрации кислоты. Увеличение начальной концентрации металла в системе приводит к повышению гидрофобности материала, что обусловлено более высоким накоплением образующейся соли в межфазном слое гетерогенной системы.

Таким образом, варьируя состав системы, природу металла, разбавителя и кислоты можно получать материал с заданной величиной краевого угла (от 30 до 125⁰), улучшая его потребительские качества.

Литература

1. Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф. // Журнал физической химии. 2018. Т. 92. № 3. С. 457-461.

¹Работа поддержана грантом Правительства Тульской области в сфере науки и техники договор ДС/131 ОТ 22.07.2022 г.

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ НИЗКОЛЕТУЧИХ ЛУБРИКАНТОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СКОЛЬЗКИХ ПОКРЫТИЯХ¹

**Голубитченко Т.В., Красовский В.Г., Емельяненко К.А.,
Емельяненко А.М., Бойнович Л.Б.**

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4
e-mail: volt.nemo@mail.ru*

Одним из наиболее перспективных типов полифункциональных покрытий, используемых для защиты материалов в открытых атмосферных условиях, являются скользкие пористые поверхности, пропитанные жидкостью (SLIPS). Для создания таких поверхностей используются вязкие низколетучие жидкости, обладающие свойствами смазки после нанесения их на поверхность и, следовательно, значительно снижающие трение жидких или твердых тел, контактирующих с данным покрытием. На сегодняшний день в литературе обсуждался ряд таких смазок (лубрикантов), однако до сих пор не подобраны жидкости, которые были бы достаточно эффективны в различных условиях эксплуатации покрытий. Поэтому в настоящее время многими научными группами ведется работа по подбору новых лубрикантов. Среди наиболее перспективных рассматриваются кремнийорганические или фторорганические жидкости. В данной работе была синтезирована серия ионных жидкостей (ИЖ) и исследованы их свойства, которые могли бы быть полезны при создании SLIPS. Для сравнения мы также детально исследовали и соответствующие свойства фторорганической смазки Krytox 1506/150 6XP, уже обсуждавшейся в литературе как эффективный компонент скользких покрытий, но для которой отсутствуют литературные данные по свойствам, играющим важную роль для усиления функциональных свойств покрытий.

Для всех исследованных низколетучих жидкостей были определены температурные зависимости поверхностного натяжения, плотности и вязкости в интервале температур от -10 до 30°C. Было показано, что наименьшие значения поверхностного натяжения характерны для смазки Krytox 1506/150 6XP и бис(трифторметилсульфонил)имидной дикатионной ионной жидкости. В то же время, наибольшей вязкостью, как при положительных, так и при отрицательных температурах, обладает бис(трифторметилсульфонил)имидная дикатионная ИЖ, что обеспечивает самый маленький унос жидкости при контакте с водными средами. Исследование деградации скользких покрытий с различными исследованными в данной работе смазками при хранении и периодическом контакте с жидкими средами указывает на перспективность применения Krytox 1506/150 6XP и бис(трифторметилсульфонил)имидной дикатионной ионной жидкости в качестве смазок для SLIPS.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 23-73-30004.

СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ПЛЕНКАХ Al НА R-САПФИРЕ В ПРОЦЕССЕ УДАЛЕНИЯ В ВЧ-РАЗРЯДЕ В СМЕСИ H₂-N₂**Городецкий А.Е.¹, Маркин А.В.¹, Буховец В.Л.¹, Дубровин Е.В.¹, Рыбкина Т.В.¹, Залавутдинов Р.Х.¹, Захаров А.П.¹, Раздобарин А.Г.², Мухин Е.Е.²**¹*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 31, корп. 4*²*ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Россия, 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26
e-mail: aegorodetsky@mail.ru*

Цель работы на модельной системе Al-Al₂O₃ рассмотреть особенности воздействия низкотемпературной плазмы H₂-10% N₂ на процессы распыления и эволюции структуры пленок Al, осажденных на грани r-сапфира (r-C).

Пленки Al толщиной 30–50 нм были осаждены на монокристаллическую подложку r-C (T = 300 К) термическим испарением в вакууме.

При контакте композиции Al/r-C с низкотемпературной плазмой ВЧ разряда в смеси H₂-10% N₂ одновременно с процессами физического распыления Al протекали процессы образования блистеров, коробления и отслаивания от подложки участков Al пленки в форме кругов.

Отслоившиеся участки пленки в форме кругов были удалены с поверхности сапфира при флюенсе ионов 5×10^{18} ионов/см². В оставшемся металлическом осадке в виде «лоскутной паутины», покрывающей поверхность подложки, следы коробления практически отсутствовали. Лоскутки Al полностью копировали рельеф полировочных канавок подложки. Они располагались по границам круглых прозрачных областей подложки, очищенных от металла. В процессе дальнейшей экспозиции в разряде общая площадь лоскутков сокращалась при сохранении их толщины.

После очистки от лоскутков Al на поверхности r-C подложки остались следы в форме кругов с диаметрами, сопоставимыми с диаметрами покоробленных участков Al пленки.

Анализ АСМ-изображений на очищенной от пленки Al пластине r-C позволил выделить участки двух основных уровней по относительному положению вдоль нормали к поверхности (двухступенчатая поверхность). Наибольшими по площади (около 70%), были округлые с положительной кривизной участки нижней ступени. Участки верхней ступени имели отрицательную кривизну уступов.

Авторы полагают, что представленные результаты описывают два новых ионно-индуцированных механизма взаимодействия плазмы H₂-N₂ с пленками алюминия: ионно-индуцированные коробление и отслаивание с последующим удалением отслоившихся участков. Оставшаяся «паутина из алюминиевых лоскутков» удаляется путем переноса атомов металла в газовую фазу с боковых поверхностей отдельных лоскутков при сохранении толщины лоскутков.

**СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ГИБРИДНЫЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ НА
ОСНОВЕ ОКСИДА ГРАФЕНА И ФТАЛОЦИАНИНА ЦИНКА¹****Горшкова А.И.¹, Нугманова А.Г.², Калинина М.А.²**¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, ФФФХИ, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 51;² ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;

e-mail: anhen.gor@mail.ru

В данной работе представлен новый метод получения гибридных фотокатализаторов на основе оксида графена (ОГ) и 2,3,9,10,16,17,23,24-окта[(3,5-бискарбоксилат натрия)фенокси]фталоцианината цинка(II) (ZnPc₁₆) за счет формирования дисперсионных или координационных взаимодействий между компонентами гибридной системы. Ранее было показано, что метод нековалентной интеграции порфиринов цинка(II), с поверхностью оксида графена позволяет добиться одновременно стабильности и высокой каталитической активности гибридных систем [1].

С помощью сочетания физико-химических методов анализа (СЭМ, флуоресцентная микроскопия, ПРД и др.) была подтверждена интеграция ZnPc₁₆ с нанолитами ОГ и изучены морфология и структура полученных гибридных материалов. С помощью УФ-видимой спектрофотометрии установлено, что, независимо от метода гибридизации, связывание макроцикла с неорганической частицей приводит к увеличению устойчивости ZnPc₁₆ в водной среде при облучении видимым светом. На основе анализа данных спектральных кинетических исследований показано, что, в отличие от системы, полученной путем прямой интеграции ZnPc₁₆ и ОГ, гибридный материал, сформированный за счет координационных связей между компонентами с использованием ацетата цинка (Zn(OAc)₂), в качестве связующего металлокластера, способен проявлять фотокаталитические свойства в окислительной фотодеструкции ряда модельных органических субстратов (родамина 6G, 1,5-дигидроксинафталина, 1,4-нитрофенола).

Полученные результаты подтверждают эффективность и универсальность предложенного подхода для получения более стабильных фотокатализаторов.

Литература

1. *Nugmanova A.G., Safonova E.A., Baranchikov A.E., et al. Interfacial self-assembly of porphyrin-based SURMOF/graphene oxide hybrids with tunable pore size: An approach toward size-selective ambivalent heterogeneous photocatalysts // Applied Surface Science. 2022. V. 579. P. 152080.*

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-73-00095.

ПОЛУЧЕНИЕ И КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУСПЕНЗИЙ СЕРЕБРЯНЫХ НАНОЧАСТИЦ МЕТОДОМ ПОЛИОЛЬНОГО СИНТЕЗА

Данилов Е.А., Веретенников М.Р.

АО «НИИГрафит», 111524, г. Москва, ул. Электродная, 2
e-mail: danilovegor1@gmail.com

Среди большого числа описанных методов получения серебряных наночастиц (AgНЧ) в последние годы особое внимание уделяется т.н. полиольному синтезу – восстановлению солей серебра в многоатомных спиртах при повышенных температурах. Особенно ценным видом морфологии таких частиц является стержневидная, поскольку серебряные наностержни (AgНС) рассматриваются как перспективный материал прозрачных электродов, подложек для поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния и др. областей применения [1]. Вместе с тем, влиянию температуры синтеза, используемых зародышеобразователей и стабилизаторов на размеры и форму получаемых частиц, электропроводность, устойчивость и оптические свойства получаемых суспензий уделяется недостаточное внимание [2].

В настоящем докладе описаны температурные интервалы, обеспечивающие возможность получения преимущественного получения стержневидных, полиэдрических и сферолитных серебряных наноструктур. Для стержневидных структур анизотропия оценена как из данных по гидродинамическим радиусам, так и прямыми микроскопическими измерениями. Установлено, что преимущественное образование AgНС происходит в интервале температур синтеза 140-170 С, причем на размер стержней влияет в основном температура синтеза и соотношение исходной соли (AgNO_3) к стабилизатору (поливинилпирролидон, ПВП). Показано, что применение ПВП с высокой средней молекулярной массой ($1,3 \cdot 10^6$) позволяет существенно снизить относительную концентрацию ПВП для получения AgНЧ. Установлены закономерности формирования электропроводности суспензий, зависимости вида распределения частиц по размерам и частоты основного пика оптического поглощения от температуры синтеза. Показано влияние центрифугирования на изменение электропроводности суспензий.

Литература

1. Kumar A., Shaikh M.O., Chuang C.H. // *Nanomaterials*. 2021. 11. С. 693.
2. Данилов Е.А., Дронова М.А., Веретенников М.Р., Самойлов В.М., Дулина О.А., Яштулов Н.А. // *Вестник технологического университета*. 2022. 25. №6. С. 5-12.

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ СУСПЕНЗИИ БЕНТОНИТА: МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дадашев Р.Х.^{1,2}, Джамбулатов Р.С.^{1,2}, Элимханов Д.З.³

¹Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова. 364093. Россия. г. Грозный, ул. Шерипова, 32

²Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН. 364051, Россия. г. Грозный, ул. В. Алиева (Старопромысловское шоссе), 21 а

³Академия наук Чеченской Республики, 364043, Россия. г.Грозный, ул. Вахи Алиева, 19а.
e-mail: asldzam@mail.ru

В настоящее время разработано большое количество прецизионных методов измерения поверхностного натяжения (σ) жидкостей и металлических сплавов. Однако анализ этих методов показывает, что в большинстве случаев они имеют ограничения, связанные с вязкостью и влиянием седиментации в исследуемой жидкости или вовсе не подходят для измерения σ дисперсных систем. Особенно это относится к суспензиям бентонита, которые отличаются специфическими особенностями, обусловленными полидисперсностью частиц твердой фазы.

Для решения указанной проблемы, нами предложена методика измерения σ суспензии бентонита, являющейся, по сути, универсальной и может быть использована для измерения σ подобных систем.

Суть методики измерения σ заключается в том, что измерение σ суспензий бентонита различной концентрации твердой фазы проводится на установке DSA-100 двумя независимыми способами: методами висячей и лежащей капли. В предлагаемых методах процесс седиментации разнонаправлен относительно формируемой поверхности. Так, в методе висячей капли седиментация направлена к поверхности (происходит обогащение поверхности частицами твердой фазы), а в методе лежащей капли, наоборот, – от поверхности (происходит обеднение поверхности частицами). В результате перераспределения частиц бентонита из объема на поверхность (метод висячей капли) происходит уменьшение σ со временем, тогда как при обратном процессе – переходе частиц из поверхности в объемную фазу (метод лежащей капли) происходит увеличение σ во времени.

Анализ полученных экспериментальных результатов показал, что средние значения σ , полученные двумя методами измерения σ , практически не зависят от времени образования поверхности капли и позволяет получать воспроизводимые данные по измеряемой величине. Небольшие отклонения изотерм σ от идеальной прямой находятся в пределах ошибки эксперимента (0.1–0.3 мН/м).

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ Fe_3O_4 /АПТЭС¹**Дзеранов А.А.^{1,2,3}, Бондаренко Л.С.¹, Саман Д.¹, Джардималиева Г.И.^{1,2}, Тropicкая Н.С.^{1,3}, Кыдралиева К.А.¹**¹МАИ, Россия 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4;²ФИЦ ХФ и МХ РАН, Россия 142432, Черноголовка, проспект академика Семенова, д.1;³НИИ СП им Н.В. Склифосовского, Россия 129090, Москва, Большая Сухаревская площадь, д.3;e-mail: arturdzeranov99@gmail.com

В настоящее время большое количество исследований направленно на получение и определение физико-химических и сорбционных свойств различных магнитных нанокомпозиций, применяемых в медицине или экологии. Однако, при использовании подобных систем в реальных средах необходимо учитывать влияние различных факторов окружающей среды (кислорода (ambient conditions), растворённого органического вещества (РОВ), механическое воздействие) на физико-химические характеристики наночастиц (НЧ). Нами синтезированы модифицированные 3-аминопропилтриэтоксисиланом НЧ магнетита (Fe_3O_4 -АПТЭС) и исследовано влияние среды синтеза, пробоподготовки, гуминовых кислот (ГК) как основного компонента РОВ на кристаллическую структуру, гидродинамический диаметр и дзета-потенциал НЧ. Согласно данным рентгенофазового анализа при модификации АПТЭС магнетита в аргоне (Fe_3O_4 -АПТЭС-Ar) и среде воздуха (Fe_3O_4 -АПТЭС- O_2) содержание стехиометричного Fe_3O_4 уменьшается с 78.8 для исходного до 75.5 и 42.4 % соответственно. НЧ Fe_3O_4 -АПТЭС- O_2 обладали более высоким отрицательным зарядом на поверхности в щелочной области (-34 мВ) за счет высокого содержания поверхностных ОН-групп по сравнению с образцом Fe_3O_4 -АПТЭС-Ar (-12 мВ). Диспергирование образца Fe_3O_4 -АПТЭС-Ar приводит к увеличению значения дзета потенциала в щелочной области (с -10 мВ для исходного до -33 и -35 мВ при диспергировании в УЗ ванне (US) и на магнитной мешалке (M) соответственно). Значения гидродинамических диаметров в области изоэлектрической точки (ИЭТ) составляют для Fe_3O_4 -АПТЭС-Ar - 350, Fe_3O_4 -АПТЭС-Ar-US - 420, Fe_3O_4 - 440, Fe_3O_4 -АПТЭС- O_2 - 610 и Fe_3O_4 -АПТЭС-Ar-M - 630 нм. Введение полианионных ГК ($0.0077 \div 0.1161$ г ГК на 1 г НЧ) вызывает инверсию дзета-потенциала в кислой области, отрицательные заряды НЧ постепенно становятся доминирующими с экстремумом в -40 мВ. рН ИЭТ для всех образцов НЧ смещается в сторону уменьшения рН с увеличением концентрации ГК (от ~6,2 при 0 г ГК до ~3 при максимальной концентрации ГК).

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (грант/проект № 23-23-00621).

ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЕ ПРОИЗВОДСТВО В РАМКАХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Ермолинский В.Г., Ковалева О.П.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова, 194021, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Институтский
переулок 5; E-mail: lta_cbp@mail.ru*

Заккрытие заводов по производству растворимой целлюлозы свидетельствует о нецелесообразности применения теоретических основ физико-химии полимеров (ФХП) в технологии целлюлозы и бумаги. При изучении физико-химических свойств волокнистых суспензий отмечается ряд явлений, которые можно объяснить, рассматривая их только с позиций физико-химической механики дисперсных структур и материалов (ФХМ). Среди них следует отметить повышение прочности гидрофобных хлопковых волокон в воде и теряющие её в спирте.

Неотъемлемое свойство суспендированных в воде целлюлозных волокон – предрасположенность их к флокуляции. Выводы о влиянии гидрофобного взаимодействия на агрегацию волокон природной целлюлозы нашли своё отражение при анализе структурно-механических свойств волокнистой суспензии. Было констатировано, что прочность структурной сетки в волокнистых суспензиях обусловлена межмолекулярными связями. Среди них наибольшего внимания для процесса образования пространственной структуры заслуживают гидрофобные взаимодействия.

Для проявления гидрофобных взаимодействий в целлюлозных суспензиях основные предпосылки связаны с наличием у целлобиозной единицы целлюлозы двух гидрофильных и двух гидрофобных поверхностей, определяющих гидрофобный характер кристаллической части целлюлозы. Слипание по гидрофобным участкам поверхностей благодаря «сжимающему эффекту» растворителя обеспечивает идеальные условия для образования структур с наименьшей доступной поверхностью. При испарении воды в пересыщенных растворах образуются частицы новой фазы; их накопление вызывает в дальнейшем формирование прочной кристаллической структуры. В таких условиях формирование контактов между волокнами обуславливается образованием в контактных зонах фазовых связок. В образовании связок участвуют фазовые частицы веществ, находящихся в жидкой среде, а также водорастворимые вещества, содержащиеся в объёме волокон. Образование водородных связей при соединении природных волокон не отражает действительного положения вещей, большую роль играют фазовые связки.

МЕТОДОЛОГИЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ СЛОЖНОЙ ГЕТЕРОФАЗНОЙ КОЛЛОИДНОЙ СИСТЕМЫ – МИКРОПУЗЫРЬКИ.

Татьяна М. Естифеева¹, Роман А. Бармин¹, Полина Г. Рудаковская¹,

Анна М. Нечаева², Ирина Ле-Дейган³, Дмитрий А. Горин¹

¹*Сколтех, ул. Нобеля 3, 121205 Москва, Россия*

²*РХТУ им. Менделеева, Миусская пл. 9, 125047 Москва, Россия*

³*МГУ, Ленинские горы, дом 1, строение 11Б, 119991 Москва, Россия*

e-mail: tatiana.estifeeva@skoltech.ru

Микропузырьковые системы, на которые в значительной степени влияют такие элементы, как поверхностное натяжение, представляют собой сложную коллоидную проблему.[1] В данной работе исследовано комплексообразование белка бычьего сывороточного альбумина (БСА) с различными сополимерами, изучено влияние массового соотношения и соотношения гидрофильных и гидрофобных свойств сополимеров на системные свойства образующихся микропузырьков. Используя различные диапазоны соотношения масс БСА и сополимера, исследование показало, что даже незначительные изменения сополимеров могут существенно влиять на конечные свойства микропузырьковых комплексов.

Более того, было показано, что природа и молекулярная масса полимеров влияют на вторичную структуру белков. Для анализа этих структур при исследовании ИК-спектров концентрированных растворов белков использовался метод деконволюции на область амида I.[2] Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии вариаций соотношения гидрофильных и гидрофобных свойств на системные свойства коллоидов. Кроме того, в ходе исследования было установлено, что оптимизация сополимеров и их массовых соотношений с альбумином позволяет получить потенциальные стабилизаторы оболочки для клинического применения.

В целом полученные результаты открывают путь для разработки новых микропузырьков, полезных как в биоинженерии, так и в медицине.

Литература

1. Estifeeva, T. M. et al. Hybrid (Bovine Serum Albumin)/Poly(N -vinyl-2-pyrrolidone- co -acrylic acid)-Shelled Microbubbles as Advanced Ultrasound Contrast Agents. ACS Appl Bio Mater 5, 3338–3348 (2022).
2. Mandeville, J. S. & Tajmir-Riahi, H. A. Complexes of Dendrimers with Bovine Serum Albumin. Biomacromolecules 11, 465–472 (2010).

ИЗМЕНЕНИЕ МЕЗОФАЗ PLURONIC P123 В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ В ПРИСУТСТВИИ БУТАНОЛА-1¹

**Завалюева А.С., Карпов С.И., Холявка М.Г., Дубовицкая А.Н., Кураева
А.Е., Платова Ю.В.**

*Воронежский государственный университет, Россия 394018, г. Воронеж, Университетская
площадь, д.1
e-mail: a-kh-01@yandex.ru*

Блок-сополимеры полиэтиленоксид-полипропиленоксид-полиэтиленоксид находят широкое применение благодаря своим свойствам. Одно из направлений использования таких поверхностно-активных веществ – темплатный синтез упорядоченных кремнеземов [1]. В зависимости от температуры, концентрации, растворителя и других факторов в водных растворах формируются мезофазы различных типов. Изучение структурообразования шаблона позволит контролировать свойства синтезируемых сорбентов. Для получения упорядоченного кремнезема типа КИТ-6 в реакционную среду вводится бутанол-1 [2]. Остается неясным его влияние на переход из гексагональной структуры в кубическую. В литературе приведен узкий диапазон условий, в которых формируется кубическая матрица. При этом отсутствует обоснование их выбора. В связи с этим цель работы состояла в изучении структурообразования Pluronic P123 в присутствии бутанола-1 в интервале температур 15-45 °С.

Методом динамического рассеяния света (анализатор Zetasizer Nano SZ) получены зависимости гидродинамического диаметра (d_h) от температуры при варьировании состава водно-бутанольного растворителя. Можно отметить, что начиная с 35°C наблюдается значительный рост d_h , указывающий на перестройку структуры мицелл. Присутствие бутанола-1 стабилизирует мицеллы при температурах ниже 20°C, а при мольном соотношении блоксополимера к алканолу, равном 1:40, и при температурах выше 40°C. При соотношении 1:160 перегиб на кривой смещается в сторону более низких температур, что может указывать на перестройки структур, отличающихся от кубической.

Литература

1. Zhao D., Huo Q., Feng J., Chmelka B. F., Stucky G. D. // Science. 1998. Vol. 279. No. 5350. P. 548–552.
2. Kim T.-W., Kleitz F., Paul B., Ryoo R. // Journal of the American Chemical Society. 2005. Vol. 127. P. 7601-7610. DOI: 10.1021/ja042601m.

¹ Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания вузам в сфере научной деятельности на 2023-2025 годы, проект FZGU-2023-0009.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОВЕСНОЙ ФОРМЫ МАЛОЙ КАПЛИ НА СТЕНКЕ ЩЕЛЕВИДНОЙ ПОРЫ

Зайцева Е.С., Товбин Ю.К.

ИОНХ РАН, Россия 119991, г. Москва, Ленинский просп., 31

e-mail: zaya261011@gmail.com

В условиях химического равновесия вещества форма малой капли на стенке поры и ее поверхностное натяжение (ПН) на границе жидкость – пар зависят от свойств трех фаз: твердых стенок поры, жидкой капли и ее насыщенного пара, находящихся в паро-жидкостном равновесии. В работе сформулирована итерационная процедура нахождения равновесного профиля поверхности капли на твердой стенке поры в области трехфазного контакта твердая стенка – жидкость – пар согласно условию минимума свободной энергии системы с каплей заданного объема и исследованы размерные эффекты ее ПН жидкость – пар.

Переходная область жидкость – пар малой капли на стенке поры представляет собой сложную неоднородную систему, в которой плотность вещества меняется в переходной области между паром и жидкостью как перпендикулярно стенкам поры, так и вдоль нее в зависимости от размера капли, ширины поры и потенциала стенки поры. От получаемых молекулярных распределений вещества между каплей и ее насыщенным паром зависят локальные значения кривизны капли и ПН жидкость – пар.

Расчеты проведены на базе модели решеточного газа (МРГ) в квазихимическом приближении, отражающем эффекты прямых корреляций взаимодействующих частиц. Взаимодействие частиц описывается парным потенциалом типа Леннард – Джонса.

Равновесие между каплей и паром определялось согласно определению фазы в ограниченной системе при наличии неизменяемых стенок, когда область фаз помимо однородной области включает в себя также переходную область с неизменяемыми стенками. Для расчета ПН использовалась методика, ранее разработанная для мениска флюида в щелевидных порах с помощью МРГ.

В результате найдена равновесная форма капли, лежащей на стенке поры, заданного объема и построены молекулярные распределения вокруг капли. По распределениям плотности флюида получены локальные значения ПН жидкость – пар. Установлены зависимости свойств капли и ее межфазных областей от размера капли, ширины поры и потенциала стенок пор. Было показано, что с уменьшением размера капли и удалением от подложки локальное ПН капли уменьшается.

ФОРМИРОВАНИЕ АЭРОГЕЛЕЙ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ В СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА¹

Зефилов В.В.^{1,2}

¹ *Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, ул. Вавилова 28, Москва, 119991*

² *МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Ленинские горы 1-2, Москва, 119991; e-mail: vv.zefirov@physics.msu.ru*

Аэрогели (в т.ч. оксидов металлов) обычно синтезируют в несколько этапов, которые включают гелеобразование, замену растворителя и сверхкритическую сушку. Процедура синтеза аэрогелей может быть упрощена, если использовать сверхкритический флюид не только как инструмент сушки, но и как среду для образования гелей.

В данной работе представлен пример синтеза аэрогелей оксида марганца непосредственно в сверхкритическом CO₂ [1,2]. В качестве прекурсора в работе использовали декакарбонил димарганец. В процессе термоокислительного разложения прекурсора в объёме синтеза могут возникать структуры (CO)₅Mn-O-O-Mn(CO)₅, сохраняющие растворимость в среде сверхкритического CO₂ благодаря карбонильным группам. При дальнейшем синтезе происходит отделение карбонильных групп, и возможно замещение части из них на кислород, в результате чего могут образовываться оксиды различного стехиометрического состава, структурно формирующие разветвлённую трёхмерную сетку.

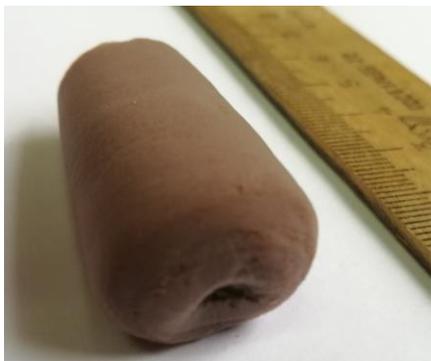


Рис. 1. Фотография типичного образца аэрогеля оксида марганца, полученного в сверхкритическом CO₂.

В результате в процессе быстрого синтеза могут быть получены аэрогели оксида марганца с высокой удельной площадью поверхности (до 180 м²/г).

Литература

1. Зефилов В.В., Эльманович И.В. и др. // *J. Sol-Gel Sci. Tech.* 2019. № 92 . С. 116-123 .
2. Эльманович И.В., Зефилов В.В. // *INEOS OPEN.* 2021. № 4(3). С. 112-116

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 21-13-00143

ФОРМИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР СУЛЬФИДА КАДМИЯ В ПЛЕНКАХ ПОЛИ-*n*-КСИЛИЛЕН–СУЛЬФИД КАДМИЯ

Иванова О.П.¹, Кривандин А.В.¹, Пирязев А.А.², Завьялов С.А.³

¹ ИБХФ РАН, Россия 119334, г. Москва, ул. Косыгина, д.4,

² ИПХФ РАН, Россия 142432, Московская обл., г. Черноголовка, пр. Ак. Семенова, д.1,

³ НИЦ «Курчатовский институт», Россия 123182, г. Москва, пл. Ак. Курчатова, д.1.

e-mail: olga@deom.chph.ras.ru

Создание новых композиционных материалов с заданными свойствами является предметом интенсивных исследований. Интерес представляют пленочные полимерные наноконпозиты на основе поли-*n*-ксилилена (ППК), содержащие полупроводниковые наночастицы CdS, которые способны изменять свою структуру и физико-химические свойства в зависимости от размера наночастиц. В связи с этим необходимы исследования структуры пленок и выявление факторов, влияющих на формирование кристаллических структур CdS в ППК-CdS,

Методами рентгеновской дифракции ($\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ и $0,99 \text{ \AA}$) и ИК-спектроскопии проведены исследования структуры и химического состава пленок ППК-CdS толщиной $\sim 0,2$ и $\sim 1,5$ мкм с разным содержанием наполнителя CdS. Пленки ППК-CdS получены методом газофазной полимеризации при совместном осаждении паров мономера и CdS на кварцевые и кремниевые подложки при температуре жидкого азота.

Результаты исследований показали существенные изменения структуры ППК и CdS в наноконпозитах. Для пленок толщиной $\sim 0,2$ мкм при CdS $< 10,5\%$ наблюдалась рентгеноаморфная структура ППК и CdS, а при $\sim 10,5\text{--}13,5\%$ CdS наночастицы CdS имели кристаллическую структуру типа вюрцита с размером ОКР $\sim 25\text{--}30$ нм и были преимущественно ориентированы плоскостями (001) параллельно плоскости подложки. В пленках толщиной $\sim 1,5$ мкм при ~ 90 об.% CdS отмечался переход от неориентированной рентгеноаморфной структуры CdS к ориентированной дефектной кристаллической СПУ-структуре с размером ОКР ~ 9 нм. Полимерная матрица имела рентгеноаморфную структуру, а в пленках при $\sim 30\text{--}60\%$ CdS была ориентированной.

ИК-исследования показали отсутствие гидроксильных групп в пленках, которые, возможно, препятствуют формированию наночастиц CdS с кристаллической структурой. Также на дифрактограммах пленок с кристаллической структурой CdS не выявлен пика ППК.

Работа выполнена в рамках госзадания ИБХФ РАН (№01201253304)

РЕНТГЕНОАМОРФНАЯ СТРУКТУРА СУЛЬФИДА КАДМИЯ В НАНОКОМПОЗИТАХ ПОЛИ-*n*-КСИЛИЛЕН - СУЛЬФИД КАДМИЯ

Иванова О.П.¹, Кривандин А.В.¹, Пирязев А.А.², Завьялов С.А.³

¹ ИБХФ РАН, Россия 119334, г. Москва, ул. Косыгина, д.4,

² ИПХФ РАН, Россия 142432, Московская обл., г. Черноголовка, пр. Ак.Семенова, д.1,

³ НИЦ «Курчатовский институт», Россия 123182, г. Москва, пл. Ак. Курчатова, д.1.

e-mail: olga@deom.chph.ras.ru

Создание тонкопленочных нанокomпозитов с полупроводниковыми включениями и исследование их физико-химических свойств является предметом интенсивных исследований в связи с фундаментальными научными проблемами и возможностями их практического применения. Свойства полученных нанокomпозитов во многом определяются их структурой, которая в свою очередь зависит от процесса формирования. В связи с этим необходимы исследования структуры пленок и выявление факторов, влияющих на формирование структуры CdS

Исследуемые пленки ППК-CdS толщиной ~ 0.5 и ~ 1 мкм с содержанием наполнителя от ~ 5 до 90 об.% CdS были получены методом полимеризации из газовой фазы при совместном осаждении паров мономера *n*-ксилилена и CdS на кварцевые и кремниевые подложки при температуре жидкого азота.

В работе проведены исследования структуры (метод рентгеновской дифракции) и химического состава пленок (метод ИК-спектроскопии). Показано, что для пленок ППК-CdS толщиной ~ 0.5 и 1 мкм при всех содержаниях наполнителя на дифрактограммах наблюдались только диффузные дифракционные пики, что свидетельствует о рентгеноаморфной структуре ППК и CdS. Полученные двумерные дифрактограммы показали отсутствие преимущественной ориентации в пленках толщиной ~ 0.5 и 1 мкм.

В ИК-спектрах пленок ППК-CdS обнаружены дополнительные полосы, по сравнению с пленкой чистого ППК, в областях 1000–1800 см⁻¹ и 3100–3600 см⁻¹, обусловленные наличием сложных соединений, содержащих (SO₄)²⁻, (COO)⁻ и (OH)⁻ - группы. Можно предположить, что наличие в пленках гидроксильных групп существенно подавляет процессы агломерации частиц, что приводит к образованию CdS с рентгеноаморфной структурой и препятствует формированию CdS с кристаллической структурой вюрцита или СПУ.

Работа выполнена в рамках госзадания ИБХФ РАН (№01201253304)

**ТЕОРИЯ САМОСОГЛАСОВАННОГО ПОЛЯ РАСТВОРОВ
ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ В ЗАРЯЖЕННЫХ НАНОПОРАХ¹****Каликин Н.Н.^{1,2}, Будков Ю.А.^{1,2}**¹*ИХР РАН им. Г.А. Крестова, Россия 153045, г. Иваново,
ул. Академическая, д. 1;*²*МИЭМ, Россия 123458, г. Москва, ул. Таллинская, д. 34
e-mail: nnk@isc-ras.ru*

На основе разработанной теории самосогласованного поля [1], были исследованы механические и электрические свойства заряженных поверхностей, находящихся в растворах полиэлектролитов. Большой термодинамический потенциал модельного раствора полиэлектролита включает в себя вклад электростатических взаимодействий в приближении среднего поля, конформационный вклад гибких полимерных цепей, и вклад объемных взаимодействий, описываемых в рамках модели асимметричного решётчатого газа. Решая уравнения самосогласованного поля для построенного функционала с определенными граничными условиями, были получены профили электростатического потенциала и концентраций катионов и анионов.

Используя подход на основе второй теоремы Нётер было получено выражение для тензора напряжений, включающего помимо стандартных вкладов также вклад, связанный с учетом конформационной энтропии полимеризованных катионов. Решая уравнения самосогласованного поля для одномерного случая щелевой поры и используя условие механического равновесия, были построены зависимости расклинивающего давления от ширины поры.

Было обнаружено резко немонотонное поведение полученных кривых расклинивающего давления, связанное с эффектом выталкивания полимера из области поры. Влияние данного эффекта также наблюдалось на профилях дифференциальной электрической емкости. Учитывая, что для подобной системы характерно наличие диэлектрической неоднородности - различия диэлектрических проницаемостей полимерной цепи и растворителя, было также проанализировано влияние данного эффекта на профили расклинивающего давления и диэлектрической емкости.

Литература

1. *Budkov Y.A., Kalikin N.N. // Physical Review E. 2023. 107. № 2. С. 024503.*

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект №21-11-00031.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАВ В ПОЛУЧЕНИИ ПОЛИАНИЛИНОВЫХ ПЛЕНОК¹

**Каратышова Т.Я., Миронюк В.Н., Гавриков М.В., Пресняков К.Ю.,
Бурмистрова Н.А., Глуховской Е.Г.**

*СГУ имени Н.Г. Чернышевского, 410012, Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, 83
e-mail: tatochka338@gmail.com*

Многие годы учёных интересуют строение и свойства адсорбционных слоёв поверхностно-активных веществ (ПАВ) на различных разделах фаз. Полианилин (ПАНИ) в проводящей форме, организованный в плёночную структуру, обладает большим спектром применения в качестве электродных материалов для различных областей. Одним из способов формирования таких структур является метод Ленгмюра-Блоджетт, позволяющий создавать мономолекулярные плёнки с контролем плотности молекул в слое.

Получению на границе раздела воздух-вода однородного упорядоченного ленгмюровского слоя проводящих полимеров (ПП) препятствует ряд проблем. Одним из вариантов решения их предполагается добавление к ПП амфифильных веществ, которые сами по себе способны формировать такие монослои (МС). В настоящей работе исследовано влияние арахиновой кислоты (АК) на смешиваемость, стабильность и механические свойства МС полианилина, приготовленные в соотношениях (9:1), (7:3), (1:1), (3:7) и (1:9). Полученные монослои исследовались методом изотерм сжатия. При изменении мольной доли АК в смеси ПАНИ:АК от минимального до максимального значение избыточной площади монотонно увеличивалось практически линейно. Отклонение избыточной площади от нуля – в область положительных или отрицательных значений, является свидетельством наличия разных механизмов взаимодействия между молекулами смеси: отталкивания или притяжения, соответственно.

Полученные результаты позволяют говорить о свойствах плёнок ПАНИ, сформированных методом Ленгмюра. Относительно стабильные ленгмюровские монослои ПАНИ на границе раздела воздух-вода, вплоть до высоких поверхностных давлений могут быть получены с использованием арахиновой кислоты в качестве поверхностно-активного вещества.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, проект № 21-73-20057 и Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского.

ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ МЕХАНИЗМЕ РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ УДАРЕ ТВЕРДОЙ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЕЙ

А.А. Кириш

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
пл. Академика Курчатова, 1, Москва, 123182 Россия
e-mail: aa-kirsh@yandex.ru*

Предложена гипотеза механизма разрушения металлической пластины при ударе движущейся с большой скоростью твердой частицей, нагреваемой за счет трения о воздух до высокой температуры, при которой вследствие термоэлектронной эмиссии частица приобретает большой электрический заряд. В результате около ее поверхности напряженность электрического поля может в тысячи раз превышать предельное значение напряженности между макротелами, равное $E = 30$ кВ/см [1]. Предельный положительный или отрицательный заряд капелек определяются формулой Релея, а предельный положительный заряд твердой частицы определяется прочностью ее материала и эмиссией ионов, которая происходит при напряженности поля, равной $E \sim 10^8$ В/см. При соударении такой частицы с металлической пластиной в области контакта металл изменяет свои физические свойства (причем при температуре ниже температуры плавления), и почти перестает оказывать сопротивление движению частице. Из имеющихся экспериментальных данных следует, что энергия, соответствующая глубине проникания частицы в металл, существенно больше кинетической энергии частицы, и что глубина проникания возрастает с ростом скорости частицы [2]. Отмечается, что свойства металла в присутствии высокого электрического поля пока нам неизвестны, также как еще не объяснены процессы проникания частиц, учет которых не позволит нарушить закон сохранения энергии. Обсуждаются методы получения и свойства высокозаряженных частиц. Обсуждается достижение высокого заряда на частице за счет выбора материала. Рассматривается появление рентгеновского излучения около заряженных частиц и возможность ядерных превращений при соударении и проникании твердой высокозаряженной частицы в металл.

Литература

1. *Кириш А.А.* Электрогидродинамическое получение монодисперсных субмикронных аэрозолей // Коллоидный журнал. 2017. Т. 79. № 1. С. 44–59; Высокозаряженные аэрозоли, Ibid. 2022. Т. 84. № 1. С. 42–48.
2. *Ушеренко С.М., Коваль О.И., Ушеренко Ю.С.* Оценка затрат энергии при сверхглубоком проникании // ЖТФ. 2004. Т. 77. № 3. С. 147–151.

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСОНОВ НА КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МОЮЩИХ СРЕДСТВ

Клепикова М.А., Ключникова Н.В., Городов С.И.

*Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова, 308012,
г. Белгород, ул. Костюкова 46
e-mail: mariya.klepickova@yandex.ru*

Разработка моющих средств на сегодняшний день является популярной, перспективной и быстроразвивающейся отраслью, в которой выбор сырьевых компонентов играет важную роль [1]. Именно поэтому в данной отрасли большое внимание уделяется свойствам компонентов, входящих в состав моющих средств.

Одними из основных компонентов моющих систем являются комплексоны. Введение комплексообразователей в состав средств позволяет усилить моющую способность, смягчить воду, и в целом повысить эффективность работы моющей композиции [2].

На сегодняшний день популярным представителем комплексообразователей, используемых в технологии получения моющих средств, является триполифосфат натрия. Однако, опираясь на исследования ученых, можно прийти к выводу, что использование данного комплексона является малоэкологичным, так как приводит к заболачиванию водоемов.

Именно поэтому, подбор комплексообразователей для моющих композиций, которые будут обладать необходимым набором свойств, является актуальной задачей в технологии получения моющих средств [3].

Большую популярность в данной области сейчас приобретает оксиэтилендифосфоновая кислота, которая также обладает необходимыми комплексообразующими свойствами, позволяет сохранять все необходимые моющие характеристики композиции, но при этом является более экологически безопасным компонентом.

Литература

1. Ковалев В.М., Петренко Д.С., Технология производства синтетических моющих средств // Химия моющих средств. 2021. №12. С. 47-50.
2. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Теоретические основы и количественный анализ // Современные технологии получения и анализа моющих средств. 2018. №2. С. 50-56.
3. Болельый В.Ф. Оценка потребительских свойств СМС в практических условиях стирки. М.: ИПЦ МГАТХТ, 2019.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БЕСКИСЛОРОДНОГО ГРАФЕНА, ПОЛУЧЕННОГО СОНОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В N,N-ДИМЕТИЛФОРМАМИДЕ И ЕГО СМЕСИ С ВОДОЙ¹

Клименко И.В.¹, Трусова Е.А.², Афзал А.М.²

¹ ИБХФ РАН, Россия 119334, г. Москва, улица Косыгина, д.4

² ИМЕТ РАН, Россия 119334, г. Москва, Ленинский проспект, д.49

e-mail: inna@deom.chph.ras.ru

Среди новых материалов на основе различных форм нанougлерода графенсодержащие композиты занимают особое место. Такие уникальные свойства графена, как высокие удельная поверхность, подвижность электронов и оптическое пропускание, способствуют его использованию при разработке средств векторной доставки противоопухолевых препаратов, а также субстанций, предотвращающих агрегацию фотосенсибилизаторов при фотодинамической терапии и неинвазивной диагностике. В связи с этим получение бескислородного графена для медико-биологических целей является фундаментальной проблемой.

В работе проведено сравнение физико-химических особенностей графеновых суспензий, полученных сонохимическим методом в жидких средах разной природы: N,N-диметилформамиде (ДМФА) и его смеси с водой. В качестве источника углерода использован микронный порошок синтетического графита. С использованием комплекса инструментальных методов, включающего просвечивающую электронную микроскопию, спектроскопию потерь энергии электронами, инфракрасную и оптическую спектроскопию и спектроскопию комбинационного рассеяния света, доказано, что полученные суспензии состояли из 2D и 3D листов бескислородного графена. Установлены морфологические особенности графеновых листов, полученных в ДМФА и его смеси с водой. Показано, что присутствие воды в коллоиде приводит к формированию 3D графеновых частиц с большими линейными размерами, чем в чистом ДМФА, где преимущественно образуются 2D листы. В последнем случае также наблюдается более низкая дефектность sp^2 -электронной системы углерода. При этом во всех исследованных средах наблюдается практически одинаковая дефектность краев листов графена. Установлено, что на оптические свойства суспензий графена оказывает влияние состав жидкой среды, где проводится эксфолиация, проявляющееся в характере взаимодействия ее компонентов с графеном на молекулярном уровне.

¹ Работа выполнена в рамках Государственного задания ИБХФ РАН (№ 122041400110-4) и Государственного задания ИМЕТ РАН (№ 075-01176-23-00)

СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЕТРАПИРРОЛОВ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ¹

Клименко И.В.¹, Лобанов А.В.^{1,2}

¹ ИБХФ РАН, 119334, Россия, г. Москва, улица Косыгина, д.4

² ФИЦ ХФ РАН, 119334, Россия, г. Москва, улица Косыгина, д.4
e-mail: inna@deom.chph.ras.ru

При использовании тетрапиррольных соединений (ТС) в качестве фотосенсибилизаторов (ФС) в фотодинамической терапии (ФДТ) и диагностике необходима их солубилизация в водных и физиологических средах, а также присутствие молекул данных соединений в системе в мономерной форме, что позволяет запустить механизм триплет-триплетного переноса энергии на кислород. Однако, ТС (порфирины, хлорины, фталоцианины и их металлокомплексы) имеют сильную тенденцию к самоагрегации в водных растворах с образованием различных типов агрегатов, снижающих фотодинамическую активность и способность к повреждению целевых клеток [1].

В данной работе с целью снижения гидрофобности и уменьшения агрегации ТС предлагается использование различных биосовместимых водорастворимых вспомогательных веществ в комплексе с хлорином e₆ (Хе₆). Хе₆ – это ФС, обладающий способностью избирательно накапливаться в целевых тканях-мишенях. Для него характерна высокая фотодинамическая активность при использовании малых доз и очень низкая токсичность. В качестве биосовместимых вспомогательных веществ – макромолекулярных носителей - использовались поливиниловый спирт гидролизованный (ПВС), поли-N-винилпирролидон (ПВП), натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) и Кремофор® PEG-40, которые широко применяются в качестве добавок в фармакологических и косметических средствах. С помощью оптических методов показано, что добавление макромолекулярных вспомогательных веществ приводит к увеличению интенсивности люминесценции Хе₆, а также смещению спектра поглощения Хе₆ в красную область, что играет существенную роль для повышения эффективности ФДТ.

Литература

1. *Klimenko I.V., Lobanov A.V.* Biocompatible supramolecular systems based on chlorin e₆: preparation, photophysical properties. // *Macroheterocycles*, 2020, vol. 13(2), pp. 142-146

¹ Работа выполнена в рамках Государственного задания ИБХФ РАН (№ 122041400110-4) и в рамках Программы фундаментальных научных исследований РФ (Госзадание FFZE-2022-0009, ФИЦ ХФ РАН)

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГИДРОЗОЛЕЙ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА¹

Коваленко А.С., Николаев А.М., Шилова О.А.

*ИХС РАН, Россия 199034, г. Санкт-Петербург, набережная Макарова, д.2
e-mail: anastasiya.bychk@yandex.ru*

Уже многие годы магнитные наночастицы (NPs) оксидов железа (магнетита и маггемита, а также их твердых растворов) находят широкое применение во многих областях науки и техники, в том числе в сельском хозяйстве и в медицине [1, 2]. Для применения NPs оксидов железа в сельском хозяйстве и медицине часто требуются использование их в виде устойчивых коллоидных систем, например, в виде суспензий, коллоидных растворов, золей [1, 2]. Устойчивость коллоидных систем зависит от многих факторов: от размера и фазового состава NPs, состояния поверхности дисперсной фазы, состава и pH дисперсионной среды [1, 3].

Наши предыдущие исследования, направленные на создания устойчивых водных суспензий из сухих порошков оксидов железа путем диспергирования их в воде посредством ультразвуковой обработки, показали, что устойчивость суспензий зависит от соотношения Fe^{2+}/Fe^{3+} в оксидах, поверхностных характеристик NPs и от концентрации суспензий [3]. Однако при получении суспензий из предварительно высушенных порошков возникает сложность дезагрегации NPs вследствие их склонности к агломерации, что негативно сказывается на устойчивости суспензий [3].

В связи с этим целью настоящей работы являлось получение устойчивых гидрозолей из свежееосажденных NPs оксидов железа по сравнению с гидрозолями, полученными из высушенных порошков. В работе будет показано влияние условий синтеза NPs, их концентрации в гидрозоле, времени ультразвуковой обработки и длительности хранения на устойчивость гидрозолей. Устойчивость гидрозолей оценивалась по значениям гидродинамического диаметра частиц и их ζ -потенциала.

Литература

1. *Ferreira M.I., Cova T., Paixão J.A. et.al. // In Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials. Magnetic Nanoparticle-Based Hybrid Materials. Woodhead Publishing. 2021. P. 273.*
2. *Shilova O.A., Panova G.G., Nikolaev A.M. et.al. // Letters in Applied NanoBioScience. 2021. V. 10. № 2. P. 2215.*
3. *Коваленко А.С., Шилова О.А., Николаев А.М. и др. // Коллоидный журнал. 2023. Т. 85. № 3. С. 319.*

¹ Работа выполнена в рамках темы НИР ГС ИХС РАН № 0081–2022–0006.

**КАМЕРТОННЫЕ ВИСКОЗИМЕТРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ**

Кожевников И.С., Богословский А.В.

*ИХН СО РАН, Россия 634055, г. Томск, Академический проспект, д.4;
e-mail: www.tsu@gmail.com*

В условиях роста доли трудноизвлекаемых запасов все более востребованы физико-химические методы повышения нефтеотдачи, основанные на перераспределении фильтрационных потоков в результате закачки в пласт гелеобразующих составов (ГОС) – изначально маловязких растворов, формирующих в пластовых условиях связнодисперсную систему – гель. Для исследователя важна техническая возможность получения данных о кинетике реологических свойств объекта. Капиллярная и ротационная вискозиметрия к таким системам применима ограничено. Наиболее перспективны неразрушающие формирующуюся структуру методы, основанные на колебательном режиме движения пробного тела – вибрационные вискозиметры и реометры, работающие в режиме осцилляции. Однако серийно выпускаемые устройства, позволяющие проводить измерения в осцилляционном режиме, хорошо подходят для характеристики сформировавшегося геля, но недостаточно чувствительны в области малых вязкостей.

В ИХН СО РАН накоплен большой опыт в области физико-химических технологий повышения нефтеотдачи и вибрационной вискозиметрии. Для реологических исследований ГОС созданы вискозиметры, ориентированные, главным образом, на кинетические измерения и предназначенные для непрерывного контроля процессов полимеризации, гелеобразования, коагуляции. Базовый вискозиметр «Реокинетика» позволяет в одном эксперименте охватить изменение механического сопротивления (вязкости) образца при его эволюции от маловязкой ньютоновской жидкости до нетекучего структурированного геля. Для исследования неньютоновских объектов и определения точки гелеобразования разработан Вискозиметр двойного резонанса; для исследования тиксотропных свойств сформировавшегося геля предложен Вискозиметр тиксотропных жидкостей. Для измерений вязкости небольших количеств образца предложен микровискозиметр, для работы с объектами в замкнутом объеме, с токсичными образцами, предложена конструкция датчика с вертикальным расположением камертона.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИХН СО РАН, финансируемого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (НИОКТР № 121031500048-1).

КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК СУЛЬФИДА КАДМИЯ

Кожевникова Н.С.^{1,2}, Маскаева Л.Н.¹, Еняшин А.Н.², Марков В.Ф.¹

¹Уральский федеральный университет, Россия 620002, г. Екатеринбург, Мира, 22

²Институт химии твердого тела УрО РАН, Россия 620990, г. Екатеринбург, Первомайская, 91

e-mail: kozhevnikova@ihim.uran.ru

Сульфид кадмия CdS является типичным представителем II-IV халькогенидов и широкозонным полупроводником. К основным преимуществам тонкопленочного CdS, как оптического материала, относятся высокое значение оптического пропускания, оптимальное значение ширины запрещенной зоны 2.42 эВ и возможность ее варьирования в широких пределах, высокий коэффициент поглощения $\approx 10^4 \text{ см}^{-1}$, благодаря чему CdS нашел множество применений от оптоэлектроники до солнечных батарей, светодиодов, устройств фотоники, транзисторов и др.

В данной работе пленки CdS получены методом химического осаждения из водных растворов комплексной соли кадмия с использованием в качестве сульфидизатора тиомочевины $\text{N}_2\text{H}_4\text{CS}$. В качестве подложки использовали высокочистый монокристаллический кремний. Пленки исследовались методами рефлектометрии, скользящего рентгеновского пучка, сканирующей электронной и атомно-силовой микроскопии. На основании полученных данных установлено, что при формировании тонкой пленки CdS в условиях термодинамической устойчивости гидроксида кадмия $\text{Cd}(\text{OH})_2$ первичными частицами являются не сульфидные частицы, а кластеры $\text{Cd}(\text{OH})_2$. На первых минутах осаждения на кремниевой подложке формируется тонкая пленка $\text{Cd}(\text{OH})_2$ толщиной 1-3 нм и происходит формирование промежуточного слоя $\text{Cd}(\text{OH})_2/\text{CdSiO}_3/\text{SiO}_2$. Первоначально образованные и осевшие на подложку кластеры $\text{Cd}(\text{OH})_2$ со временем подвергаются сульфидизации с образованием фазы CdS. Процесс сульфидизации $\text{Cd}(\text{OH})_2$ идет двумя путями. Первый обусловлен адсорбцией молекул $\text{N}_2\text{H}_4\text{CS}$ на поверхности твердых частиц $\text{Cd}(\text{OH})_2$ и образованием поверхностных метастабильных комплексных соединений, которые затем разлагаются с образованием CdS. Второй связан с образованием и ростом зародышей CdS в объеме раствора и последующим осаждением частиц CdS на поверхность $\text{Cd}(\text{OH})_2$. Сульфидизация приводит к образованию слоя $\text{CdS}/\text{Cd}(\text{OH})_2/\text{CdSiO}_3/\text{SiO}_2$ с возможной полной его конверсией до CdS – SiO_2/Si .

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ КУ-2×8 И АВ-17×8 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕССА ФЕНТОНА

Козлова М.М.¹, Марков В.Ф.^{1,2}, Маскаева Л.Н.^{1,2}

¹Уральский федеральный университет, Россия 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19;

²Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России,
620022, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22.

e-mail: m.m.kozlova@urfu.ru

Ежегодно на атомных электростанциях (АЭС) по завершении срока эксплуатации образуются значительные количества малоактивных отработанных ионообменных смол. К эффективному методу переработки отработанных смол можно отнести процесс Фентона, который основан на разложении органических соединений под действием пероксида водорода H_2O_2 в присутствии катализатора (соли железа (II)) [1].

В настоящей работе проведена окислительная деструкция катионита КУ-2×8 и анионита АВ-17×8 водным 20 об% H_2O_2 с добавлением катализаторов при 323–353 К. Установлено, что наиболее ускоренно катионит растворяют соли железа(II, III) по сравнению с $CuSO_4$ (рис. 1а). В процессе разложения анионита соли меди(II) проявляют сравнительно высокую каталитическую активность в отличие от $FeSO_4$ (рис. 1б).

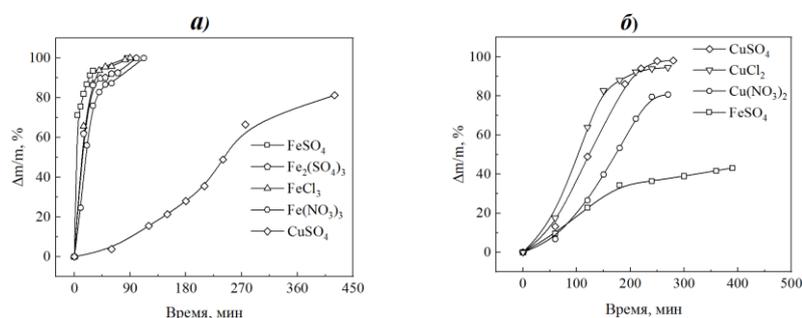


Рис. 1. Кинетические кривые относительной убыли массы катионита КУ-2×8 при 333 К (а) и анионита АВ-17×8 при 323 К (б)

Рассчитанные значения энергии активации свидетельствуют о протекании процесса в кинетическом режиме. Остаток катионита после выпаривания водно-органического раствора составил около 38 %, анионита – примерно 11 %. В последующем полученный остаток иммобилизуют по известным технологиям.

Литература

1. Смольников М.И., Марков В.Ф., Маскаева Л.Н., Бобылев А.Е., Мокроусова О.А. Проблемы утилизации отработанных ионообменных смол атомных электростанций (обзор)// Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 49. В. 3. С. 119-134.

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА РЕЛАКСАЦИИ ВЯЗКОСТИ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ ЗАРЯЖЕННОЙ КАПЛИ

Колбнева Н.Ю.

*Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова,
150000 Россия, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14
e-mail: kolbneva-nata@yandex.ru*

В аналитических асимптотических расчетах первого порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций капли воды на модели вязкоупругой несжимаемой электропроводной жидкости исследовано влияние эффекта релаксации вязкости на интенсивность ее электромагнитного излучения. Обнаружено, что максвелловская релаксация вязкости снижает гасящее влияние на спектр капиллярных осцилляций капель в области высоких частот. Показано, что учет вязкоупругих свойств жидкости приводит к существенному снижению величины декремента вязкоупругого затухания и небольшому увеличению частоты собственных капиллярных осцилляций мелких облачных капель, а также к существенной зависимости декремента вязкоупругого затухания от характерного времени релаксации. Включение релаксационного процесса сказывается на уменьшении на два порядка величины декремента затухания, связанного с потерями первоначально запасенной энергии капиллярных осцилляций капли на электромагнитное излучение, и интенсивности излучения на высоких частотах. Однако релаксация вязкости не оказывает заметного влияния на затухающие капиллярные осцилляции и электромагнитное излучение дождевых капель.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. М.: Наука, 1965. 203 с.
2. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. Л.: Наука, 1975. 592 с.
3. Быковский Ю.А., Манькин Э.А., Нахутин И.Е. Спектр поверхностных колебаний жидкости с учетом релаксационных эффектов // ЖТФ. 1976. Т. 46, вып. 10. С. 2211-2213.
4. Калечиц В.И., Нахутин И.Е., Полуэктов П.П. О возможном механизме радиоизлучения конвективных облаков // ДАН СССР. 1982. Т.262. №6. С.1344-1347.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОФОБНОГО КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА НА ЕГО СТРУКТУРУ

Колмакова А.А.¹, Баранчиков А.Е.¹, Колмаков А.Г.²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии Наук, 119991, Россия, Москва, Ленинский просп., 31.

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук 119334, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 49.
E-mail: a.kolmakova@yandex.ru

Сегодня одними из перспективных материалов являются кремнеземные аэрогели, сочетающие низкие плотность и теплопроводность с высокими пористостью и площадью удельной поверхности[1]. Их структура и свойства сильно зависят от исходных веществ и способа получения, где среди прочих факторов большое влияние оказывает вид сушки[2].

Для придания материалу гидрофобных свойств, в качестве прекурсора был выбран метилтриметоксисилана (МТМС). Аэрогели полученные на его основе – полиметилсилсесквиоксановые. Сушка осуществлялась при атмосферном давлении, в сверхкритическом CO₂ и сверхкритическом CH₄.

Микроструктура всех полученных материалов практически идентична и представляет собой цепочки сшитых частиц размером до нескольких микрон (рис.1). Структура пор открытая и имеет иерархический характер. Поры между цепочками частиц, имеют размеры 0,02–3 мкм, а поры между скоплениями цепочек – 2 до 10 мкм.

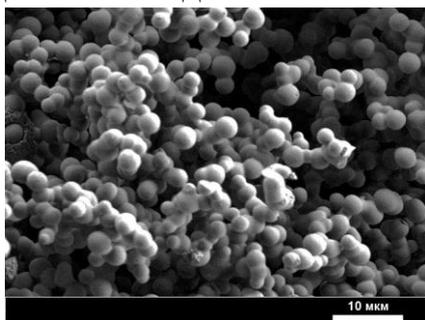


Рис.1. Типичная микроструктура полиметилсилсесквиоксановых аэрогелей

Список литературы:

1. Лермонтов С. А. и др. Эластичные аэрогели на основе метилтриметоксисилана: влияние сверхкритической среды на структурно-чувствительные свойства //Журнал неорганической химии. – 2015. – Т. 60. – №. 4. – С. 549-549.
2. Lin Y.F., Hsu S.H. Solvent-resistant CTAB-modified polymethylsilsesquioxane aerogels for organic solvent and oil adsorption // Journal of Colloid and Interface Science. 2017. V.485. P.152-158.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБЪЕМНЫХ ПОЛИ И СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ¹

Колобов Ю.Р.^{1,2}

¹*ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН, 142432, Россия, г. Черноголовка, проспект Академика Семенова, 1*

²*МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, г. Москва, ул. Колмогорова, 1
e-mail: kolobov@icp.ac.ru*

На основе результатов оригинальных исследований проведен анализ закономерностей и физических механизмов упрочняющего/ разупрочняющего влияния модификации свободной поверхности и внутренних поверхностей раздела металлов и сплавов (эффект Ребиндера в расширенном его понимании) в условиях реализации различных внешних поверхностных воздействий [1,2]:

-диффузионных потоков примесей замещения или внедрения из внешней среды, в том числе из атмосферы отжига или нанесенных на внешнюю поверхность покрытий;

-мощных ионных, электронных и лазерных импульсов короткой и ультракороткой длительности.

Специальное внимание уделено вопросу о влиянии модификации тонких приповерхностных слоев на развитие процессов деформации и разрушения объемных образцов рассматриваемых материалов (с обсуждением проявления масштабного эффекта) в условиях квазистатического (испытания на растяжение и ползучесть) и циклического (испытания на усталость под растягивающей нагрузкой) нагружений.

[1] Колобов Ю.Р. Известия вузов. Физика. – 2018. – Т. 61. – №. 4. – С. 11-24.

[2] V. Zhakhovsky, Yu.Kolobov, S.Ashitkov, N.Inogamov, I.Nelasov, S.Manokhin, V.Khokhlov, D.Ilnitsky, Yu.Petrov, A.Ovchinnikov, O.Chefonov, D.Sitnikov.

(<http://arxiv.org/abs/2306.09100/-2023г.>)

¹Исследование проведено при финансовой поддержке Государственного задания, № госрегистрации. АААА-А19-119022690098-3

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБРАЗУЮЩИХСЯ КРИОГЕЛЕЙ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА ¹

Колосова О.Ю., Лозинский В.И.

*ИНЭОС РАН, Россия 119334, г. Москва, ул. Вавилова, д.28
e-mail: kolosova@ineos.ac.ru*

Создание новых полимерных материалов с определенными свойствами является одной из задач современной химии. Такими материалами являются криогели поливинилового спирта (ПВС) – макропористые физические гели, образующиеся в результате «замораживания-оттаивания» растворов этого полимера. Введение низкомолекулярных добавок в исходный раствор приводит к изменению физико-химических свойств образующихся криогелей ПВС.

В данной работе были получены криогели ПВС, содержащие добавки фенола и бис-фенолов (резорцин, пирокатехин, гидрохинон) в варьируемых концентрациях, определены модули упругости и температура плавления полученных образцов, а также изучена кинетика высвобождения низкомолекулярных добавок из гелевой матрицы.

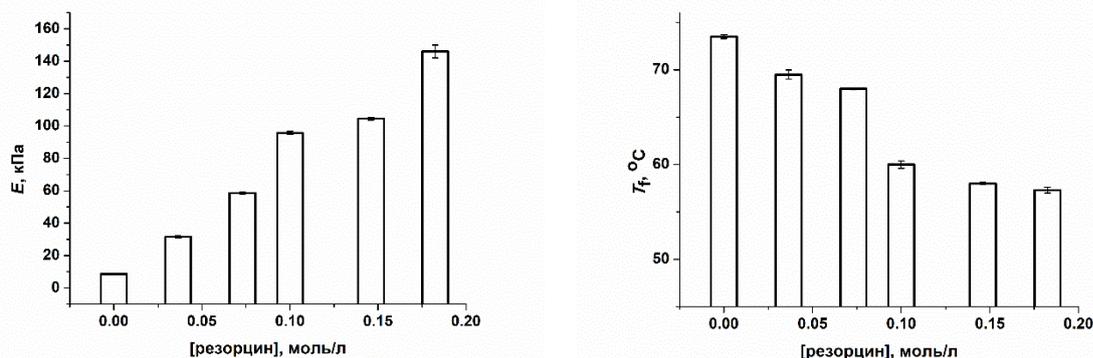


Рисунок 1. Зависимость модуля упругости E и температуры плавления T_f криогелей ПВС от концентрации резорцина (условия формирования: температура замораживания -20°C , скорость оттаивания $-0.03^{\circ}\text{C}/\text{мин}$)

Показано, что с повышением концентрации фенола и бис-фенолов в образцах, значения модулей упругости возрастают, а температура плавления гелей при этом падает. Высвобождение (release) добавки из гелевой матрицы протекает без диффузионных затруднений, поэтому криогели ПВС могут быть использованы в качестве полимерных носителей для «депо-форм» для соединений фенольной природы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЫ «АГСУЛАР® ГЕЛЬ 1.5%»¹

Костыро Я.А.

*ИрИХ СО РАН, Россия 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, д. 1
e-mail: yanakos@irioch.irk.ru*

В медицинской практике для наружного применения широко используются мягкие лекарственные формы в виде гелей. Использование в качестве гелеобразователя коллоидного диоксида кремния (аэросила) является перспективным. В концентрации до 3 – 4 % он образует устойчивые золи в полярных жидкостях, дальнейшее увеличение концентрации аэросила приводит к золь-гель переходу и изменению структуры дисперсии. Образующиеся при этом аэросилсодержащие гели обладают коллоидной стабильностью и постоянной вязкостью, при наружном применении не оказывают раздражающего и общетоксического действия, а также не нарушают кожный обмен [1].

В Иркутском институте химии СО РАН разработан аэросилсодержащий гель, использованный в качестве гидрофильной основы в фармацевтической технологии получения лекарственной формы для наружного применения [2], действующим веществом которой является фармацевтическая субстанция Агсулар®, обладающая гипополипидемической и антикоагулянтной активностями [3].

Исследование гелеобразования при масштабировании процесса получения лекарственной формы позволило оптимизировать технологию производства и получить гель, соответствующий требованиям нормативной документации.

Литература:

1. Андрейчин М.А., Белякова Л.А., Билынский Б.Т., Богилло В.И. Медицинская химия и клиническое применение диоксида кремния / Под ред. Чуйко А.А. Киев: Наукова Думка, 2003.
2. Костыро В.В., Костыро Я.А. // Journal of Siberian Medical Sciences. 2022. Vol. 6. № 1. P. 116.
3. Костыро Я.А., Костыро В.В. // Эксперим. и клин. фармакол. 2018. Т. 81. № 5. С. 124.

¹ Работа выполнена согласно плану НИР (государственное задание) по приоритетному направлению 1.4.1.4. Новые полимерные, композитные, нано- и сверхтвердые материалы (2021–2025 гг.). Проект 0276-2021-0007. Развитие глубокой переработки возобновляемого сырья: синтез новых функционализированных биополимеров, нанобиокompозитов на их основе, а также многокомпонентных наноразмерных катализаторов для биомедицины и критических технологий.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТЕКАНИЯ ЭВТЕКТИЧЕСКОГО РАСПЛАВА «Ga-In-Sn» ПО МЕЖФАЗНОЙ ПОВЕРХНОСТИ «Al-Al₂O₃»

Котова О.А.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 31, корп. 4
e-mail: kotovaolgaran@gmail.com*

Если твердый металл покрыт сплошной оксидной пленкой, плохо смачиваемой жидким и нерастворимой в нем, растекание жидкого металла по поверхности образца невозможно. Однако при локальном нарушении целостности оксидной пленки растекания может происходить по межфазной поверхности «металл – оксид», если образование трехслойной системы «твердый металл – жидкий металл – оксидная пленка» термодинамически не запрещено. Это условие выполняется, в частности, для системы «Al – эвтектический расплав Ga-In-Sn».

Целью работы является исследование растекания расплава «Ga-In-Sn» по межфазной границе «Al-Al₂O₃». Исследование проводилось методами электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа в диапазоне температур 18...70 С. Использовались образцы поликристаллического алюминия технической чистоты с толщиной оксидной пленки от 10 до 30 нм. Инициирование процесса осуществлялось путем индентирования образца под каплей расплава.

Установлено, что периметр растекания имеет геометрически сложную форму: опережающее распространение происходит вдоль высокоэнергетичных межкристаллитных границ «языками» шириной в несколько нанометров с последующим выравниванием границы за счет растекания по поверхности кристаллитов. Растекание сопровождается прониканием расплава в объем алюминия по межкристаллитным границам и образованием в приповерхностном слое субмикротрещин. При отслоении оксидной пленки происходит ее фрагментация, фиксируемая на заметном расстоянии от линии смачивания.

Характерные значения локальной скорости растекания принадлежат интервалу 0,5...1,0 мкм/с, осредненная зависимость координаты фронта от времени удовлетворительно описывается соотношением $\Delta L_f = A\tau^n$, где $n=0,69\pm 0,02$, а зависимость параметра А от температуры близка к аррениусовской с энергией активации около 15,4 кДж/моль.

Обнаружено, что в процессе растекания расплава происходит выпадение наноразмерных частиц твердой фазы, адсорбированных на поверхности Al и содержащих In и Sn. Это, очевидно, обусловлено растворением в расплаве Al, влияющем на растворимость In и Sn. Зона выпадения твердых частиц локализована на значительном расстоянии от фронта растекания, что можно объяснить относительно низкой скоростью растворения Al.

ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ НА РАЗВИТИЕ МАКРОПЛАСТИЧЕСКИХ НЕУСТОЙЧИВОСТЕЙ¹

Кочегаров С.С.¹

¹Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина,
Россия 392036, г. Тамбов, ул. Интернациональная, д. 33;
email: sskochegarov@yandex.ru

Развитие макроскопических неустойчивостей в виде деформационных полос, как известно, начинается от поверхностных источников дислокаций, что указывает на связь топологического и физико-химического состояния поверхности металлического сплава с механизмами его механической неустойчивости на макроуровне. В настоящей работе этот вопрос исследовался в контексте смежной практически важной проблемы влияния коррозии под напряжением на прерывистую деформацию.

С помощью разработанной компьютерной модели растворения поликристаллического металла в жидкой агрессивной среде показано, что в процессе коррозионного воздействия реализуется морфологический переход от евклидовой (оптически гладкой) к фрактальной (шероховатой) границе коррозионного фронта с размерностью $d_f = 1.32$, согласующейся по результатам микроструктурных исследований с размерностью фронта травления алюминий-магниевого сплава АМг6 концентрированным раствором соляной кислоты.

Проведены расчеты структуры полей упругих напряжений вблизи фрактальной поверхности коррозионного пятна в условиях коррозии под напряжением. Выявлены степенные законы статистических распределений локальных коэффициентов концентрации и интервалов между концентраторами, которые указывают на наличие дальнедействующих корреляций между большим числом концентраторов напряжения [1]. Наличие дальнедействующих корреляций, как предполагается, может спровоцировать коллективное срабатывание дислокационных источников и развитие макроскопической дислокационной лавины, вызывающей скачок деформации на деформационной кривой при напряжении ползучести, превышающем условный предел текучести поликристаллического сплава.

Литература

1. Шибков А.А., Кочегаров С.С.,... // Кристаллография. 2022. Том 67. №2. С. 216-226.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 23-79-01119) с использованием оборудования Центра коллективного пользования ТГУ им. Г. Р. Державина.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ САМООРГАНИЗАЦИИ СМЕСЕЙ КАТИОННЫХ И АНИОННЫХ ПАВ¹

Кравченко В.С.^{1,2}, Портнов И.В.^{1,2}, Потёмкин И.И.^{1,3}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия 119071, г. Москва, Ленинские горы 1-2;

²Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова, Россия 119334, г. Москва, ул. Вавилова 28;

³Южно-Уральский государственный университет, Россия 454080, г. Челябинск, проспект Ленина 76

e-mail: kravchenko@polly.phys.msu.ru

Смеси анионных и катионных поверхностно-активных веществ (ПАВ) обладают многими уникальными свойствами: они имеют гораздо более низкие критические концентрации мицеллообразования (ККМ), чем отдельные «чистые» ПАВ; они обычно более поверхностно-активны, чем любое «чистое» ПАВ; они могут снижать концентрацию, при которой появляются жидкокристаллические фазы, и могут образовывать микроструктуры, не образованные «чистыми» компонентами (такие как везикулы и палочковидные мицеллы).

Низкий уровень ККМ важен для применения в моющих средствах, поскольку он уменьшает количество ПАВ, образующих мицеллы, и снижает воздействие на окружающую среду. В случае бислойной упаковки смешивание противоположно заряженных ПАВ позволяет получить спонтанно образующиеся термодинамически стабильные везикулы, что является редким явлением. Везикулы в конечном итоге можно использовать для контролируемого высвобождения лекарств, микрореакторов и модельных мембран.

В настоящей работе исследуется самоорганизация смесей катионных и анионных ПАВ с помощью методов молекулярной динамики. Полученные результаты моделирования имели хорошее согласие с поведением реальной экспериментальной системы. В моделировании были получены такие же морфологические переходы между агрегатами из ПАВ, как и в эксперименте. Кроме того, удалось в деталях продемонстрировать, как происходит процесс перехода от цилиндрической мицеллы к везикуле и обратно. Эти переходы имеют большое значение для ряда практических применений, включая высвобождение лекарственных средств и восстановление мембранных белков.

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 21-73-30013. Все моделирования производились на оборудовании Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова.

ПЛАЗМОННЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ ЯДРО/ОБОЛОЧКА С ПРИВИТЫМ ФЛУОРОФОРОМ: КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И УПРАВЛЕНИЕ ЭМИССИЕЙ

Кравчинский Д.М., Карцева М.Е.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: d.kravchinskiytron@gmail.com*

На сегодняшний день плазмонные композитные наночастицы (КНЧ) со структурой ядро-оболочка, функционализированные молекулами флуорофоров, являются весьма перспективными для решения различных практических задач нанопотоники и медицины.

Данная работа посвящена синтезу органокремнеземных (o-SiO₂) оболочек на золотых наночастицах и изучению особенностей хемосорбции на поверхность полученных КНЧ малеимидного производного красителя Sulfo-Cyanine3 (SuCy3). Кроме того, в работе исследованы зависимости эффективности эмиссии этого флуорофора как от количества молекул, приходящихся на частицу, так и от толщины оболочки.

Проведен цитратный синтез наночастиц золота сферической формы со средним диаметром 24 ± 1 нм, а затем на их поверхности методом гидrolитической конденсации в щелочной среде сформированы o-SiO₂ оболочки на основе прекурсора γ -меркаптопропилтриметоксисилана. Получен ряд композитных наноструктур с усредненной толщиной оболочки 4, 14 и 22 нм.

Проведена хемосорбция разного количества молекул флуорофора SuCy3 на КНЧ и определены оптические характеристики полученных систем.

Установлена зависимость эффективности эмиссии привитого SuCy3 от толщины оболочки КНЧ. Для КНЧ с тонкой оболочкой (4.2 ± 0.3 нм) выявлено тушение флуоресценции, вызванное, очевидно, переносом энергии с возбужденной молекулы на плазмонную частицу. В то же время для частиц с большей толщиной оболочки характерно усиление эмиссии выбранного красителя, максимальное значение которого наблюдается при толщине 14 ± 2 нм. Этот эффект обусловлен увеличением квантового выхода SuCy3 в ближнем поле плазмонной частицы.

Обнаружено также, что эффективность эмиссии красителя зависит от плотности прививки его молекул. Наибольшее усиление наблюдается для систем, у которых площадь, приходящаяся на молекулу флуорофора, составляет 50 нм² (менее 1500 молекул SuCy3) на частицу.

ПОЛУЧЕНИЕ СТОЙКИХ СУПЕРГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ КРАСКИ, НАНЕСЕННОЙ НА УГЛЕПЛАСТИК И АЛЮМИНИЙ¹

Кузина Е.А., Емельяненко А.М., Бойнович Л.Б.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: kuzina.katya26.01@gmail.com*

Краски используются в авиации для обеспечения защитно-декоративных свойств. Но такая защита не всегда оказывается эффективной, поскольку краска может истираться, не защищать в полной мере от коррозии, отслаиваться при перепадах температуры, а также покрываться льдом. Поэтому необходимо создать более эффективное покрытие для защиты авиационных конструкционных материалов. Супергидрофобные покрытия по данным литературы являются одними из наиболее надежных покрытий, обладая полифункциональными защитными свойствами [1]. В данной работе впервые описана методика придания супергидрофобных свойств окрашенным поверхностям.

В качестве подложек для приготовления супергидрофобных покрытий использовали пластины из углепластика, на которые была нанесена фторполиуретановая эмаль марки ВЭ-69 и пластины из дюралюминия, окрашенные эмалью марки ЭП-140. Для создания иерархической шероховатости красочного слоя его поверхность обрабатывали импульсным лазером. Чтобы получить на поверхности краски различные текстуры, меняли такие параметры, как мощность лазера, скорость обработки, частоту и длительность импульса. Варьирование режимов лазерной обработки позволило получить поверхности с различной морфологией. Далее, на поверхностях с полученной иерархической шероховатостью создавали хемосорбционно-активные центры и хемосорбировали гидрофобный агент - фтороксисилан. Были получены покрытия с экстремальными параметрами смачивания, характеризующиеся углами смачивания ($170,7 \pm 0,7^\circ$) и углами скатывания ($4,0 \pm 0,9^\circ$). Полученные супергидрофобные поверхности были исследованы на устойчивость к деградации при их длительном нахождении в условиях эксплуатации. Путем подбора постлазерной обработки удалось получить покрытия, демонстрирующие сохранение супергидрофобных свойств после 24 часов контакта с водой и после интенсивной абразивной нагрузки.

Литература

1. Е. А. Кузина, К. А. Емельяненко, А. Г. Домантовский, А. М. Емельяненко, Л. Б. Бойнович. Получение стойких супергидрофобных покрытий на поверхности краски с применением лазерного текстурирования и нанесения гидрофобизатора // Коллоидный журнал. - 2022. - Т. 84. - №4. - С. 453-464. .

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант 23-73-30004) и с использованием оборудования ЦКП ФМИ ИОНХ РАН

ДИЗАЙН НОВЫХ БИАМФИФИЛЬНЫХ ПАВ НА ОСНОВЕ КАТИОНА МОРФОЛИНИЯ И ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТ-АНИОНА¹

Кузнецов Д.М., Кузнецова Д.А., Валеева Ф.Г., Захарова Л.Я.

*Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ Казанский научный центр РАН, Россия, 420088, г. Казань, ул. Академика Арбузова, дом 8.
e-mail: kuznetsov_denis91@mail.ru*

Дизайн новых амфифильных соединений, обладающих практически полезными свойствами, является актуальной областью исследований в супрамолекулярной и коллоидной химии [1]. Это позволяет получать новые полифункциональные супрамолекулярные системы для различных направлений биотехнологии и биомедицины. Перспективными объектами с точки зрения снижения токсичности, увеличения биоразлагаемости и сниженных порогов агрегации являются биафифильные ПАВ [2].

В рамках данной работы синтезированы новые биафифильные ПАВ, которые имеют в составе амфифильный катион морфолиния и додецилсульфат-анион (Мор-*n*-12, *n*=4, 6, 8, 10; Рис. 1). Структура биафифилов охарактеризована методами ИК-спектроскопии, спектроскопии ЯМР ¹H, масс-спектрометрии, элементным анализом.

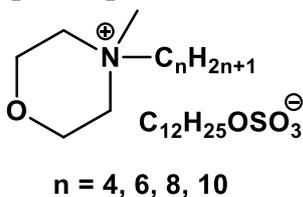


Рис. 1. Структура биафифильных ПАВ

Для соединений проведена оценка самоорганизации в водных растворах с использованием методов тензиометрии, кондуктометрии, рН-метрии, флуоресцентной спектроскопии, динамического и электрофоретического рассеяния света. Показано, что увеличение длины углеводородного радикала на

два углеродных атома у амфифильного катиона приводит к увеличению поверхностной активности ПАВ ~ на 5 единиц и к снижению порога агрегации систем в 1.5-2 раза. Методом динамического светорассеяния установлено, что происходит формирование крупных агрегатов с гидродинамическим диаметром 40-120 нм в зависимости от длины алкильного радикала у катиона морфолиния и от концентрации ПАВ. Дзета-потенциал систем находится в диапазоне от -25 до -100 мВ и снижается с увеличением концентрации биафифилов.

Литература:

1. Kuznetsova D.A., Kuznetsov D.M., et.al. // Langmuir. 2022. 38. № 16. P. 4921–4934.
2. Singh G., Komal, Singh M., et.al. // J. Phys. Chem. B. 2018. 122. № 50. P. 12227–12239.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-73-01035.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА ДЕФОРМАЦИЮ И РАЗРУШЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ МЕТАЛЛОВ ПРИ ТРЕНИИ

Куксенова Л.И.^{1,2}, Савенко В.И.¹

¹*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;*

²*ИМАШ РАН, Россия 101000, г. Москва, М. Харитоньевский пер., 4, lkukc@mail.ru*

Узлы трения машин и приборов чаще всего работают в режиме граничной смазки, при этом наибольший положительный триботехнический эффект (снижение коэффициента трения и уменьшение износа) имеет место при наличии в смазочной среде поверхностно-активных веществ (ПАВ). В триб сопряжениях в качестве присадок к смазочным материалам обычно используют различные ПАВ, которые оказывают на триб материал поверхностно-пластифицирующее или поверхностно-упрочняющее действие.

В данной работе представлены результаты исследования структурных изменений и явлений массопереноса, сопровождающих физико-химические процессы, происходящие в зоне контактной пластической деформации трибопары «медный сплав – сталь» с позиций влияния поверхностно-активной смазочной среды и состава медного сплава на условия реализации правила положительного градиента механических свойств, возникающих в трибоматериале при трении, и на работоспособность трибосопряжения.

Исследовали трибопары «сталь Ст45 – медный сплав» (латуни, бронзы на основе систем Cu-Al и Cu-Sn). Анализировали их поведение в смазочных материалах - глицерине, минеральном масле, гидравлических жидкостях, в состав которых входили ПАВ - соли жирных кислот (мыла), высшие жирные спирты, полиэфиры и др.. Триботехнические испытания проводили на реверсивной машине трения МТ-8 при давлении 5 - 40 МПа и скорости 0,19 м/сек. Изменения структуры и состава трибоматериала проводили методами рентгеноструктурного и рентгеноспектрального анализа.

Показано, что минимальные потери на трение и износ достигаются при создании в зоне деформации поликомпонентного трибоматериала однофазной структуры α -твердого раствора; такие условия обеспечиваются наличием стационарных макроскопических диффузионных потоков легирующих элементов, что приводит к изменению фазового состава трибоматериала в приконтактной области. Выявлена ключевая роль локальных диффузионных явлений в квазиспинодальных фазовых переходах, происходящих в приповерхностных слоях медных сплавов в процессе их трибодетформации. Показано, что среди промышленных медных сплавов наибольшей износостойкостью в поверхностно-активных смазочных средах обладают латуни типа Л90, алюминиевые бронзы БрА5, БрА7, оловянные бронзы: БрОФ4-0,25, БрОФ6,5-0,15. Приведены примеры реализации в трибопарах явления избирательного переноса. Даны рекомендации по его применению в узлах трения машин.

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВОГО ПОВЕДЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ВОДНЫХ ДИСПЕРСИЙ НОРМАЛЬНЫХ АЛКАНОВ

Курьяков В.Н.

Институт проблем нефти и газа РАН, Россия 119333, г. Москва, ул. Губкина д.3.

e-mail: vladimir.kuryakov@ipng.ru

В докладе приводятся результаты исследований физико-химических свойств водных наноразмерных (радиус 70-100 нм) дисперсий индивидуальных н-алканов и их смесей. Также приводится описание методики получения таких дисперсий нормальных алканов при помощи ультразвукового (УЗ) диспергирования и без добавления поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Методами динамического рассеяния света (ДРС), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и методом анализа траекторий наночастиц измерен средний размер частиц и распределение частиц по размерам в таких дисперсиях. Показано, что частицы н-алкана в приготовленных таким способом водных дисперсиях обладают высоким дзета-потенциалом (до -55 мВ).

Предложен оптический метод исследования фазового поведения таких образцов в основе которого лежит измерение температурной зависимости интенсивности рассеянного света на водных дисперсиях н-алканов. Показано, что оптический метод имеет большую чувствительность по концентрации при исследовании таких систем, чем методы дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) и микро-ДСК.

Оптическим методом и методом ДСК показаны особенности фазового поведения наноразмерных частиц н-алканов [1-3].

Литература

1. Kuryakov V.N. // *Mendeleev Communication*. 2022. 3(32). P. 417–418.
2. Kuryakov V.N., Ivanova D.D., Kienskaya K.I. // *Russian Chemical Bulletin*. 2020. 7(69). P. 1306–1310.
3. Kuryakov V., Zaripova Y., Varfolomeev M., De Sanctis Lucentini P.G., Novikov A., Semenov A., Stoporev A., Gushchin P., Ivanov E. // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2020. 5(142). P. 2035–2041.

УДК 544.77.051.6

**ИЗМЕРЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ
МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ SODIUM COSOYL GLUTAMATE И SODIUM
LAUROYL GLUTAMATE ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Курьяков В.Н.

Институт проблем нефти и газа РАН, Россия 119333, г. Москва, ул. Губкина д.3.

e-mail: vladimir.kuryakov@ipng.ru

В докладе приводятся результаты измерения критической концентрации мицеллообразования (ККМ) трех поверхностно-активных веществ (ПАВ) додецилсульфат натрия (Sodium Dodecyl Sulfate, SDS, $C_{12}H_{25}SO_4Na$), содиум кокоил глутамат (Sodium Cocosyl Glutamate, SCG, $C_{5}H_{8}NNaO_4$) и содиум лауроил глутамат (Sodium Lauroyl Glutamate, SLG, $C_{17}H_{30}NNaO_5$). Исследования выполнены методами кондуктометрии и рассеяния света. Для всех исследованных образцов ПАВ определены значения критической концентрации мицеллообразования. Методом рассеяния света удалось определить не только ККМ₁, но и ККМ более высоких порядков, о которых ранее не было информации. Методом динамического рассеяния света измерены размеры мицелл. Проведено сравнение полученных результатов ККМ для исследованных ПАВ с опубликованными данными других авторов.

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЛИПОСОМ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ: *IN VITRO* И *IN VIVO* ИССЛЕДОВАНИЯ¹

Амерханова С.К., Васильева Э.А., Кушназарова Р.А., Кашапова Н.Е., Волошина А.Д., Зуева И.В., Петров К.А., Захарова Л.Я.

*Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, 420088, Россия, Казань, ул. Академика Арбузова, 8.
e-mail: vasilevaelmira@mail.ru*

Нанесение положительно заряженного хитозана на поверхность липосом приводит к образованию новых типов частиц – хитосом. Благодаря мукоадгезивным свойствам присутствие хитозана в липосомальных формулировках обеспечивает эффективную диффузию активных веществ через слизистые оболочки. Это свойство является привлекательным для использования хитосом в качестве наноносителей для доставки гидрофильных веществ в мозг.

Для хитосом на основе соевого фосфатидилхолина S75 и гликоль хитозана (ГХ) проведено исследование стабильности дисперсных систем, а также влияние частиц на кровь. Оценку гемагглютинационной активности пустых хитосом S-75-ГХ при соотношении компонентов 1 мМ-0.01% проводили с использованием крови IV и II групп. Установлено, что гемолитическая активность и гемагглютинация проявляются только при высоких концентрациях хитосом. Для получения полной картины были сделаны микроскопические снимки эритроцитов в присутствии хитосом. С использованием МТТ теста показано отсутствие цитотоксичности пустых хитосом и липосом в отношении опухолевых (*M-HeLa*) и здоровых (*Chang liver*) клеток. Методом проточной цитометрии и флуоресцентной микроскопии качественно и количественно показано поглощение наноносителей, содержащих гидрофильный флуоресцентный зонд родамин В, здоровыми и опухолевыми клетками. Липосомальные системы значительно улучшили клеточное поглощение родамина В по сравнению с свободным зондом. Показано, что родамин В, инкапсулированный в хитосомах, на 10 % лучше проникал в клетки чем в традиционных липосомах. По результатам гистологических исследований срезов мозга крыс методом флуоресцентной микроскопии показано проникновение хитосом, содержащих родамин В, в мозг при интраназальном введении.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 23-73-10033

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ПО ДИАМАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ В РАСЧЕТАХ КОНСТАНТЫ ГАМАКЕРА ДЛЯ ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ ВЕЩЕСТВ¹

Лебедев-Степанов П.В.^{1,2}

¹ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Россия, 119333, г. Москва, Ленинский
проспект, д.59

²Научно-исследовательский ядерный университет «МИФИ», Россия, 115409, г. Москва,
Каширское шоссе, 31

e-mail: lebstep.p@crys.ras.ru

Существует множество методов расчета константы Гамакера. Выделяют микроскопический подход, основанный на квантово-механических расчетах, восходящий к работам Ф. Лондона, а также макроскопическое приближение (Е.М. Лифшиц и др.) [1-2]. Эти подходы ресурсоемки, особенно вычисления методами квантовой химии, за исключением описания дисперсионного взаимодействия самых простых атомов. Поэтому актуальна разработка методов расчета или оценки, привлекающих независимо измеряемые характеристики веществ. Так, практикуется расчет по диэлектрической проницаемости, по критической коагуляционной концентрации коллоидов, по реологическим характеристикам материалов, и др., также прямое измерение силы взаимодействия с помощью сканирующей зондовой микроскопии, которое позволяет напрямую проверить теоретические расчеты.

Предлагается новый способ расчета константы Гамакера с опорой на данные по диамагнитной восприимчивости χ и индукционной диэлектрической проницаемости α . Так, например, вместо известной формулы Ф. Лондона для взаимодействия двух одинаковых сферически симметричных атомов [1] нами получено соотношение (в системе СИ)

$$U = \frac{3}{(4\pi)^2 \varepsilon_0} \frac{m_e c^2 \chi \alpha(0)}{R^6}.$$

Удобство использования диамагнитной восприимчивости в расчетах связано с существованием методов оценки диамагнитной восприимчивости сложного вещества на основе восприимчивости входящих в его состав атомов и атомных групп.

Литература

1. Mahanty J., Ninham B.W. Dispersion Forces. London, New York: Academic Press, 1976.
2. Бойнович Л.Б. // Успехи химии. 2007. 76 №5. С. 510–528.

¹ Работа выполнена в рамках Государственного задания ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.

СВОЙСТВА ЭМУЛЬСИЙ НЕФТИ В ВОДЕ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НАНОКРИСТАЛЛАМИ ХИТИНА¹

Легкий Ф.В., Ситников П.А., Торлопов М.А.,

Удоратина Е.В., Ушаков Н.В.¹

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Россия 167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская,
д.48;*

e-mail: philipp2374372@mail.ru

В связи с прогрессирующим развитием нефтедобычи на шельфовых месторождениях, возникает большая необходимость в устранении и утилизации нефтеразливов на водных объектах. В настоящее время все большее применение находят физико-химические (диспергирование, сорбция) и биологические методы (биоремедиация) ликвидации нефтеразливов, так как они позволяют практически полностью утилизировать нефть за короткий срок [1]. Одним из подходящих способов решения данной проблемы является стабилизация нефтяных эмульсий с использованием нанокристаллических частиц хитина (НКХ) с целью утилизации нефтеразливов.

В данном исследовании были изучены условия формирования стабильных эмульсии нефти в воде прямого типа при разных уровнях солёности и концентрации НКХ, а также проведено сравнение степени биодеструкции данных эмульсий и сырой нефти с использованием специализированных штаммов микроорганизмов. Микроскопические наблюдения показали, что НКЦ эффективно стабилизирует эмульсию нефти в воде, причем уровень солёности не оказывает существенного влияния на этот процесс. Проведено комплексное исследование физико-химических свойств эмульсий, включая кислотно-основные и реологические характеристики. Результаты эксперимента по биодеструкции эмульсий показали, что природные микроорганизмы из пресной стоячей воды, присутствующие при нефтезагрязнении, превращенном в эмульсию, способствуют активации биодеструкции не менее эффективно, чем специализированные штаммы нефтедеструкторов [2].

Литература

1. *Gutierrez T. et al.* //Microorganisms. 2016. Vol. 4. №. 3. P. 24.
2. *Dashti N. et al.* //Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019. Vol. 181. P. 78-88.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 22-23-00271 <https://rscf.ru/project/22-23-00271/>).

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОСТАТИРОВАННЫХ ВОДНЫХ СУСПЕНЗИЙ ОКСИДА ГРАФЕНА¹

Ломовкин В.В.^{1,2}, Вовкотруб П.А.^{1,2}, Рабчинский М.К.³, Столярова Д.Ю.²

¹МФТИ (НИУ), Россия 141701, Московская обл., Долгопрудный, Институтский пер., 9

²НИЦ "Курчатовский институт", Россия 123182, Москва, пл. Ак. Курчатова, 1

³ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Россия 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

e-mail: lomovkin.vv@phystech.edu

Оксид графена (ОГ) – это окисленный монослой атомов углерода, упорядоченных в двумерных листах. ОГ содержит некоторое количество функциональных групп и находит применение во многих областях науки и производства, благодаря его превосходным механическим, термическим и электрическим свойствам. Изменяя стереохимическую структуру ОГ с помощью внешних воздействий можно задавать оптические, электрофизические и реологические свойства его суспензий для применения в электрохимических накопителях энергии, газоанализаторах и биосенсорах. В работе [1] показано, что концентрация, латеральный размер частиц и степень восстановления ОГ влияют на вязкоупругие характеристики и динамическую вязкость водных суспензий ОГ. В исследовании [2] проиллюстрировано, что мягкая термическая обработка ОГ приводит к изменению спектров оптического поглощения ОГ, а также понижению удельного поверхностного сопротивления. Целью данной работы является изучение влияния изменений в стереохимической структуре ОГ, вызванных термостатированием, на взаимодействие частиц между собой в водных суспензиях.

В настоящей работе с помощью методов ротационной вискозиметрии были изучены изменения механических свойств водных суспензий ОГ в процессе контролируемого термостатирования, проведены спектрофотометрические исследования, экспериментально определены значения показателя поглощения суспензий и проанализирована их зависимость от длительности термостатирования.

Литература

1. Giudice F. Del et al. Filling the gap between transient and steady shear rheology of aqueous graphene oxide dispersions // *Rheol. Acta*. Springer Verlag, 2018. Vol. 57, № 4. P. 293–306.
2. Kumar P. V. et al. Scalable enhancement of graphene oxide properties by thermally driven phase transformation // *Nat. Chem.* 2014. Vol. 6, № 2. P. 151–158.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Госзадания НИЦ «Курчатовский институт».

ЭМУЛЬСИОННЫЕ МИКРОГЕЛИ С МУКОАДГЕЗИВНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ВНУТРИ-ПУЗЫРНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ¹

**Савельева М.С., Гусякова О.И., Пластун В.О., Прихожденко Е.С.,
Майорова О.А.**

*Научный Медицинский Центр, Саратовский Государственный Университет им. Н.Г.
Чернышевского
e-mail: oksanaamayorova@gmail.com*

Инфекции мочевыводящих путей относятся к числу наиболее часто встречающихся в клинической практике и поражают около 150 млн человек в год во всем мире. Внутрипузырное введение представляет собой многообещающую альтернативу, которая может значительно повысить эффективность и безопасность терапии за счет увеличения локальных концентраций препарата, снижения дозы препарата и предотвращения токсических эффектов. Однако, внутрипузырная катетеризация является менее распространенной процедурой из-за ее болезненности и необходимости нескольких повторных инстилляций. Мы предлагаем использовать недорогое сырье – изолят сывороточного белка (ИСБ) – в качестве эмульгатора и стабилизатора для получения микрогелевых эмульсий типа «масло-в-воде».

Были изучены основные физико-химические характеристики, такие как дзета-потенциал, размер частиц, загрузочная способность, полученных эмульсионных микрогелей, на основе ИСБ, в зависимости от концентрации белка и соотношения водно-масляной фазы исходных компонентов. Скорость высвобождения модульных веществ (флуоресцентных красителей) из водной и масляной фаз в первую очередь зависит от состава эмульсионных микрогелей и соотношения вода: масло, взяты для приготовления эмульсий.

Тесты на цитотоксичность показали, что эмульсионные микрогели не оказывают неблагоприятного воздействия на морфологию клеток и не проявляют значительную цитотоксичность в широком диапазоне частиц, добавленных на клетку.

Измерение флуоресцентных сигналов красителя на уротелии мочевого пузыря свиньи позволило подобрать оптимальное соотношение вода:масло для приготовления эмульсионных микрогелей с высокой мукоадгезией. Внутрипузырная инстиляция мышам *in vivo* выявила их эффективное местное накопление и удержание (почти в 10 раз больше) в мочевом пузыре мышей до 5 ч по сравнению с системным внутривенным введением.

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-75-10042, <https://rscf.ru/project/21-75-10042/>

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЭМ ПОЛЯ В СИСТЕМЕ СКЛАДОК ЭВТЕКТИКИ In+Ga И ЭФФЕКТ РЕБИНДЕРА НА ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЯ

Максименко В.В., Загайнов В.А.

НИЯУ МИФИ, РФ, 115409, Москва, Каширское ш. 31, wmaksim@mail.ru

Жидкометаллический эффект Ребиндера наиболее эффективно проявляется при нанесении эвтектики индия и галлия на поверхность алюминия. В точке эвтектики одновременно сосуществуют жидкая фаза (однородный расплав индия и галлия) и начинают выпадать в осадок оба твердых компонента. При концентрации, соответствующей эвтектической точке, в каждой пространственной точке системы сосуществуют три разных субстанции. Поверхность раздела разделяет все три субстанции, причем, делает это в каждой своей точке. Такого рода фрактальные поверхности хорошо известны в топологии. Фрактальные поверхности, разделяющие три области имеют конечный объем. Именно поэтому объем эвтектической смеси всегда больше суммарного объема ее компонентов. Возникает так называемый дефект объема ΔV .

Исследована сильная локализация ЭМ поля в таких системах [1,2]. Показано, что в результате локализации эффективная диэлектрическая проницаемость системы определяется выражением $|\bar{\varepsilon}| = ((d/4\pi)(\Delta V/V))^{2/d-3}$, где d - фрактальная размерность системы складок поверхности раздела, V - объем эвтектики. Огромная величина $\bar{\varepsilon}$ при $d \rightarrow 3$ слева и $\Delta V/V \ll 1$ является причиной ослабления кулоновского и ван-дер-ваальсовского притяжения разноименно заряженных противоположных берегов складок. Это приводит к образованию складок меньшего размера. Длина волны виртуальных фотонов λ также уменьшается (перенормируется) в соответствии с соотношением $\lambda \rightarrow \lambda_{\text{int}} = \lambda/\sqrt{\bar{\varepsilon}}$, и они локализуются во вновь образовавшихся складках. Именно этот самоподдерживающийся процесс формирует в конечном счете столь сложную поверхность раздела фаз. Дефект объема, разрушающий изначально испещренную трещинами поверхность, куда проникает эвтектика, есть не что иное как "тонкий слой" перенормированных виртуальных фотонов с $\lambda_{\text{int}} \rightarrow 0$, "намазанный" по бесконечной поверхности $S_{\infty} \rightarrow \infty$ границы раздела фаз.

Литература

1. V. V. Maksimenko, V. A. Zagaynov, I. E. Agranovski, Localization and Poincare catastrophe in the problem of a photon scattering on a pair of Rayleigh particles, Phys. Rev. A, 2013, 88, 053823-53837.
2. V. V. Maksimenko, V. A. Zagaynov, I. E. Agranovski, Localization of electromagnetic fields on the "Brouwer-island" and liquid metal embrittlement, Material Chemistry and Physics, 2015, v. 153, p. 145-154.

СОРБЦИЯ ПАРОВ ВОДЫ И ТЕРМОДИНАМИКА РАСТВОРЕНИЯ L- И D-АСКОРБАТА ХИТОЗАНА¹

Малинкина О.Н., Шмаков С.Л., Шиповская А.Б.

СГУ им. Н.Г. Чернышевского, Россия 410012, г. Саратов, ул. Астраханская 83

e-mail: olga-malinkina@yandex.ru

На примере двух образцов хитозана (*D*-глюкана) со средневязкостной молекулярной массой 40 и 200 кДа и диастереомеров (*L*-, *D*-) аскорбиновой кислоты получены порошки гетеро- (*D-L*) и гомохиральных (*D-D*) солевых комплексов полимер–кислота. Установлено, что диастереомерные соли *L*- и *D*-аскорбата хитозана отличаются от известных в литературе солевых комплексов хитозана с карбоновыми кислотами высокоупорядоченной надмолекулярной структурой с развитой системой меж- и внутримолекулярных взаимодействий. Пространственное упорядочение хиральных солей определяется стереоконфигурацией диастереомера аскорбиновой кислоты.

Изотермы сорбции диастереомерных солей *L*- и *D*-аскорбата хитозана *S*-образны и удовлетворительно аппроксимируются термическим уравнением сорбции и суперпозицией изотерм Лэнгмюра и Флори–Хаггинса. Феноменологическое описание кинетики сорбции и растворения паров воды в порошках *L*- и *D*-аскорбата хитозана свидетельствует, что лимитирующей стадией суммарного процесса сорбции в системе хиральная соль + вода является стадия диффузии водяного пара, а скорость конформационных изменений макромолекул в процессе релаксационных перестроек при заполнении аморфной фазы полимера молекулами воды сравнима или даже превосходит скорость конкурирующей диффузии. Обнаружены значимые различия в предельной величине и энергии сорбции, константе адсорбционного равновесия и предельной сорбционной емкости локализованной воды в (*D-L*) и (*D-D*)-солевых комплексах. Установлено, что структура порошкообразных сорбентов на основе гомохиральных солей аскорбата хитозана обеих молекулярных масс более равновесна и стабильна, чем гетерохиральных. Оценка термодинамики растворения солей хитозана с *L*- и *D*-аскорбиновой кислотой показала их термодинамическую устойчивость в водных растворах. Абсолютные значения энергии смешения Гиббса, термодинамическое сродство компонентов и устойчивость системы хиральная соль + вода увеличиваются в ряду *D-D* → *D-L*-солей.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №22-23-00320, <https://rscf.ru/project/22-23-00320/>

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛА
КОНВЕРТОРА (СПЛАВА СИСТЕМЫ Fe-Cr-Al) ПОСЛЕ
ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
НЕКАТАЛИТИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ¹**

Неласов И.В.¹, С.С. Манохин¹, Озерский А. В.¹, И.В. Седов¹, Ю.Р. Колобов^{1,2}

¹ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН, Черноголовка, Россия

²МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, г. Москва, Россия

e-mail: manohin@icp.ac.ru

Проведено комплексное экспериментальное исследование структуры и фазового состава сплава Fe-23%Cr-4%Al, который используется в качестве матрицы конвертора при высокотемпературной некаталитической конверсии углеводородных газов. Микроструктура, элементный и фазовый состав сплава до и после различных видов обработки исследовали методами оптической металлографии, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, рентгеновского дифракционного анализа, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии.

Фазовый состав проволоочных образцов исследуемого сплава в исходном состоянии представлен α - железом и оксидом FeO (вюститом). Анализ структуры образцов после эксплуатации матриц в указанных выше условиях показал наличие толстого слоя оксидов железа на поверхности сплава, а также оксидов алюминия и хрома. Последние возникают как результат направленного диффузионного переноса атомов алюминия и хрома на внешнюю поверхность с последующим образованием соответствующих оксидов. Поверхностный оксидный слой имеет слоистую структуру и содержат оксиды железа различного стехиометрического состава: FeO, Fe₃O₄ и Fe₂O₃, иных оксидов: Al₂O₃, CrO. Обнаружено наличие многочисленных пор и трещин на границах зерен сплава, а также по границам переходной области "матрица-оксид". Установлено, что граница переходной области обогащена хромом и кислородом. При этом средний размер зерен сплава уменьшается по мере приближения к границе раздела "матрица-оксид". Обнаружено значительное увеличение микротвердости поверхности проволоочных образцов после работы матрицы в условиях высокотемпературной некаталитической конверсии углеводородных газов.

¹ Исследование проведено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-13-00324) и Государственного задания, № госрегистрации. АААА-А19-119022690098-3

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ СУБФАЗЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАВАЮЩИХ СЛОЕВ ПРОИЗВОДНЫХ ПОРФИРИНА¹

**Миронюк В.Н., Касаткина М.А., Каратышова Т.Я., Гавриков М.В.,
Смирнова А.И., Усольцева Н. В., Глуховской Е.Г.**

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет, Россия
410064, г. Саратов, Астраханская 83, e-mail: bestblogger@yandex.ru*

Амфифильные молекулы производных порфирина, которые считаются одними из перспективных соединений для наноархитектоники и создания тонких пленок [1], имеют тенденцию объединяться в агрегаты J- или H-типов. Известно, что при вариации рН среды изменяется электронная плотность макроцикла порфирина и его кислотно-основные свойства. При этом может происходить образование протонированных, дипротонированных и депротонированных форм [2].

Целью работы является исследование влияния рН субфазы плавающих слоев и многослойных пленок Ленгмюра-Шеффера (ЛШ) асимметрично замещенного порфирина АЗВ-типа (ПП) [3].

Плавающие слои формировали на поверхности водного раствора ортофосфорной кислоты (рН=1.5) и дистиллированной воды (рН=5.3). Температура субфазы поддерживалась равной 25 °С.

Добавление ортофосфорной кислоты в субфазу приводит к уменьшению модуля сжатия и увеличению в 5 раз скачка поверхностного потенциала (увеличение дипольного момента и увеличение электронной плотности у молекул ПП).

В спектрах поглощения пленок, перенесенных с поверхности водного раствора ортофосфорной кислоты, помимо основных полос ПП появляются дополнительные интенсивные полосы при 478 нм и 745 нм, что свидетельствует о дипротонировании макроцикла молекул ПП и образовании агрегатов J-типа.

Данные исследования могут быть использованы при формировании донорно-акцепторных молекулярных комплексов для создания эффективных органических фотовольтаических устройств.

Литература

1. *Oliveira O., Caseli L., Ariga K.* // Chemical reviews. 2022. Т. 122. №6. С. 6513.
2. *Kruk M.M., Starukhin A.S., Maes W.* // МНС. 2011. Т. 4. №2. С. 79.
3. *Al-Alwani A.J.K., Mironyuk V.N. et al.* // Soft Materials. 2022. Т. 20. №3. С. 321.

¹ Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 21-73-20057) и Саратовского государственного университета.

ДИАЛИЗНАЯ ОЧИСТКА ОКСИДА ГРАФИТА КАК СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРО-/АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ

Михеев И.В.¹, Ратова Д.-М.В.¹, Чермашенцев Г.Р.¹, Проскурнин М.А.¹

¹*Химический факультет, кафедра аналитической химии, МГУ имени М.В.Ломоносова, Россия 119234, г. Москва, ул. Ленинские горы д.1, стр. 3.*

e-mail: mikheev.ivan@gmail.com

С момента открытия графена и присуждения Нобелевской премии по физике в 2010 году, интерес к его водорастворимой форме — оксиду графена — стабильно растет. Оксид графена, точнее, оксид графита, водорастворим и представляет собой двумерный материал, состоящий из функционализированных слоев графита. Разнообразие кислородсодержащих функциональных групп на поверхности открывает перспективы для использования этого типа материалов как антиоксидантов.

Для биологического применения необходимо изучать и контролировать широкий спектр свойств этого материала, что подразумевает следующие подходы: (1) материаловедческий — оценку межплоскостного расстояния с использованием методов порошковой дифрактометрии и РФЭС для установления характеристических величин; (2) коллоидный — оценку качества материала в водной фазе, включая измерение электрокинетического потенциала и латеральных размеров частиц; (3) химико-аналитический — проверку степени очистки продукта и валидацию биоаналитических методов для оценки антиоксидантной активности в сравнении с известными антиоксидантами. Следует отметить особую роль хемиллюминиметрии, которая позволяет количественно оценивать про- и антиоксидантную активность в различных биологически значимых моделях. В работе будут представлены результаты, касающиеся биологического влияния оксида графита на биологически значимые радикалы и активные форм кислорода и азота, полученные при помощи разработанных подходов.

Также будут представлены результаты разработки полуавтоматической системы диализной очистки оксида графита, полученного методом Хаммерса с многоканальным контролем процесса очистки. Мониторинг процесса очистки осуществляется по таким показателям, как оптическая плотность, электропроводность и окислительно-восстановительный потенциал (Pt|Ag/AgCl). Разработанный модуль обеспечивает очистку до 100 мл коллоидной дисперсии за 7 дней, и получаемый продукт оказывается на 80% более чистым, чем исходный образец после синтеза; окончательный контроль очистки ведется с использованием ИСП-АЭС.

ОБРАТНЫЕ МИКРОЭМУЛЬСИИ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ, СОДЕРЖАЩИЕ HCl, ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ СТАЛИ

Мишина Е.С., Ложечко Е.А., Мурашова Н.М.

*РХТУ им. Д.И. Менделеева, Россия 125047, г. Москва, Миусская площадь, д.9
e-mail: mishinalizaa@gmail.com*

С помощью химического полирования можно обрабатывать поверхность изделий, обладающих сложной формой и труднодоступными для механического полирования участками. Для химического полирования металлов интерес представляют обратные микроэмульсии, так как в их каплях водной фазы содержится реагент, способный растворять металл. Благодаря этому появляется возможность более точно контролировать процесс, поскольку металл растворяется медленнее, чем при реакции с водным раствором реагента. Ранее была показана возможность применения обратных микроэмульсий додецилсульфата натрия для химического полирования нержавеющей стали [1].

В данной работе была изучена кинетика химического полирования нержавеющей стали марки 08X18H10 с помощью микроэмульсии в системе додецилсульфат натрия – н-бутанол – керосин – водный раствор соляной кислоты. Процесс химического полирования проводили путем погружения стальной пластинки в микроэмульсию при температурах 40–80°C в течение времени от 5 до 25 минут без перемешивания и при перемешивании 50–100 об/мин. После полирования поверхность стали очищали от компонентов микроэмульсии последовательным промыванием в ацетоне, водном растворе соды 20 г/л и кипящей воде. Поверхность стали анализировали на микроинтерферометре МИИ-4, по полученным интерферограммам рассчитывали среднее арифметическое отклонение профиля Ra и наибольшую высоту профиля Rz.

Были подобраны следующие условия для полирования нержавеющей стали: при T=60°C в течение 10 минут при механическом перемешивании со скоростью 70 об/мин, концентрация HCl в водной фазе микроэмульсии 0,3 моль/л. При этом удалось достичь снижения средней шероховатости поверхности на 23–30%, наибольшая высота профиля снижалась на 20–26%. Результаты полирования хорошо воспроизводятся, в том числе при исследовании с помощью атомно-силовой микроскопии.

Литература

1. Тюлягин П.Е., Мишина Е.С., Полякова А.С., Мурашова Н.М., Мурадова А.Г. Разработка метода химического полирования нержавеющей стали марки 08X18H10 с помощью наноструктурированной среды // Журнал неорганической химии. 2023. Т. 68. №. 5. С. 682-693.

МИКРОЭМУЛЬСИИ ЛЕЦИТИНА С ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТОЙ И МАСЛАМИ ТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Нгуен Х. Т., Черякова Е.И., Мурашова Н. М.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Миусская пл., 9,
Москва, Российская Федерация, 125047.

Email: ng.huutung27@gmail.com,

Обратные микроэмульсии лецитина относятся к перспективным наноструктурированным системам для трансдермальной доставки биологически активных веществ, их преимуществом является биосовместимость. Растительные масла тропических растений, например кокосовое масло, масло гака и эфирное масло куркумы, используются в пищевых продуктах, косметике и фармацевтических продуктах. Эти масла обладают широким спектром действия, включая антиоксидантные, противораковые, противовоспалительные, противомикробные, иммуномодулирующие свойства. Благодаря своей биологической активности они могут улучшить свойства микроэмульсий лецитина [1].

В работе показана возможность получения микроэмульсий в системе лецитин олеиновая кислота – вазелиновое масло – кокосовое масло или масло гака – эфирное масло куркумы – вода, максимальное содержание воды в микроэмульсии составляет 4,4 мас.%. Максимальное содержание воды в микроэмульсиях с маслом кокоса существенно ниже, чем в аналогичных микроэмульсиях с маслом гака, где оно составляет примерно 7 мас.%. Продемонстрирована устойчивость предложенных микроэмульсий масел кокоса и гака к нагреванию до 60 °С и последующему охлаждению, а также к замораживанию и оттаиванию: гидродинамический диаметр капель составлял величины 6 – 9 нм и практически не менялся. Вязкости микроэмульсий этих двух растительных масел также близки, составляла величины 0,06 – 0,08 Па·с при 25 °С и 0,04 – 0,05 Па·с при 37 °С. Методом диализа показано, что скорость высвобождения водорастворимого красителя Родамина С из микроэмульсий с маслами гака и кокоса в физиологический раствор находится в диапазоне 15-20 мг/(м²·ч). Полученные результаты открывают новые возможности для применения растительных масел с целью создания биосовместимых микроэмульсий для фармацевтики и косметики.

Литература

Мурашова Н.М., Нгуен Х.Т. Микроэмульсии лецитина с маслом гака и эфирным маслом куркумы // Коллоидный журнал. 2023. Т. 85. № 2. С. 191-199.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕГРЕГАЦИИ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ГРАНИЦАХ ЗЕРЕН СПЛАВА СИСТЕМЫ Fe-Cr-Al НА ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ С КИСЛОРОДОМ И ВОДОРОДОМ¹

Неласов И.В.¹, Манохин С.С.¹, Седов И.В.¹, Ю.Р. Колобов^{1,2}

¹*ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН, Черноголовка, Россия*

²*МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, г. Москва, Россия*

e-mail: nelasov@icp.ac.ru

С использованием метода Монте-Карло в рамках модели погруженного атома проведено исследование зернограницной сегрегации алюминия и хрома на границах зерен железа для сплава Fe-23%Cr-4%Al, который используется в качестве матрицы конвертора в экспериментальной установке для высокотемпературной некаталитической конверсии углеводородных газов. Установлено, что при температурах до 1200К сегрегация хрома на границах зерен сохраняется, в отличие от оценки, проведенной в рамках методологии CALPHAD. Такая оценка предсказывает растворение частиц фазы хрома при температуре выше 800 К и выходом хрома в объем зерен. Молекулярная динамика предсказывает сохранение повышенной концентрации хрома в границах зерен вплоть до температуры 1200К. Получено экспериментальное подтверждение наличия частиц хрома на границах зерен после отжига при 1000°C в течении 2500 часов и после эксплуатации исследуемого сплава в условиях проведения процесса некаталитической конверсии углеводородных газов.

С использованием метода функционала электронной плотности было исследовано взаимодействие кислорода и водорода с примесями замещения хромом и алюминием в модельных структурах на основе ОЦК железа. На основании проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что для исследуемой системы примеси хрома и алюминия не могут оказывать существенное влияние на растворимость водорода. Хром и алюминий в железе, за счёт возникновения ковалентной связи с кислородом, эффективно связывают его с образованием оксидов, что обуславливает формирование наблюдаемых экспериментально цепочек частиц дисперсных оксидов на границах зерен.

¹Работа в части, связанной с изучением взаимодействия атомов сплава методами компьютерного моделирования, выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 22-13-00324), в части, связанной с исследованием структуры сплава, при поддержке госзадания (номер госрегистрации АААА-А19-119022690098-3)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИКАЛЬНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ВИНИЛОВЫХ МОНОМЕРОВ В ПРИСУТСТВИИ СВЕРХРАЗВЕТВЛЕННОГО ПОЛИЭФИРПОЛИОЛА VOLTORN

И.И. Нечаев¹, Ю.С. Миргород¹, Э.Т. Мустафаев¹, В. И. Гомзяк^{1,2}

¹*Институт тонких химических технологий им. М. В. Ломоносова, МИРЭА – Российский технологический университет 119454, Москва, проспект Вернадского, 78*

²*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» 123182, Москва, площадь Академика Курчатова, 1
e-mail: nech.ya@yandex.ru*

Одной из современных тенденций химии высокомолекулярных соединений является повышенное внимание к исследованию макромолекул сложной архитектуры: дендримерам, многолучевым звездам, полимерным щеткам, сверхразветвленным полимерам, характеризующимся высокой плотностью мономерных звеньев на единицу объема. Это делает их уникальными материалами и обеспечивает широкую область применения, включая направленную доставку лекарственных веществ. Еще одной перспективной областью применения таких соединений является использование их в качестве экологически безопасных поверхностно-активных веществ, например, в радикальной полимеризации виниловых мономеров, с целью получения полимерных суспензий, используемых в биотехнологии и медицине.

Основной целью представленной работы является исследование возможности использования сверхразветвленных биоразлагаемых полиэфиров в качестве стабилизаторов (ПАВ) при радикальной полимеризации виниловых мономеров, а также получение устойчивых полимерных суспензий в присутствии этих соединений. В работе представлены результаты исследования полимеризации виниловых мономеров в эмульсиях, стабилизированных производными сверхразветвленного биоразлагаемого полиэфирполиола Voltorn. Изучено влияние условий синтеза на кинетические закономерности полимеризации. Результаты проанализированы в сравнении с данными, полученными для традиционно используемых низкомолекулярных ПАВ при радикальной полимеризации виниловых мономеров.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ПОЛИМЕР-ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ

Никулова У.В., Чалых А.Е.

*ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: ulianan@rambler.ru*

Теория Флори-Хаггинса позволяет предсказывать положение бинодальных и спинодальных кривых в широком диапазоне температур и концентраций на основании ограниченных данных по растворимости компонентов при смешении полимеров с растворителями, олигомерами, полимерами, сополимерами.

Нами была предложена новая численная методика расчета бинодальных кривых, основанная на концентрационных зависимостях химических потенциалов компонентов и построения обобщенных фазовых диаграмм [1]. Используемый подход позволяет работать как с системами с верхней критической температурой смешения (ВКТС), так и с нижней критической температурой смешения (НКТС), рассматривать сложные случаи как, например, наличие большой разницы в молекулярных массах двух компонентов или при наличии комплексообразования между компонентами. Методика была апробирована для построения обобщенных фазовых диаграмм для различных систем – с НКТС (ПС–ПВМЭ, ПС–ПВКЛ), с ВКТС (ПС–ПЭ, ПС–ПМА, ПС–ПЭА, ПС–ПБА, ПС–ПЭГА, ПС–ПММА), сложное фазовое равновесие с двумя НКТС (ПВМЭ–вода), при смешении полимера с сополимером (ПС–сополимеры стирола и бутилакрилата, ПС–сополимеры стирола и метилакрилата). Особое внимание для ряда систем уделялось как взаимодиффузии компонентов, так и формированию фазовых структур и кинетике их изменения.

Разработанная методика легла в основу созданного программного обеспечения PhaDiag для прогнозирования диаграмм фазового состояния [2].

Литература

1. Chalykh A.E., Nikulova U.V., Gerasimov V.K. // *Polymers*. 2022. 14(13). 2524. <https://doi.org/10.3390/polym14132524>
2. Никулова У.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022661504 «Программное обеспечение PhaDiag для анализа и прогнозирования диаграмм фазового состояния». Правообладатель ФГБУН ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН. Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений 22.06.2022.

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ МЕДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ СМАЧИВАНИЕМ НА ИХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА¹

**Омран Ф.Ш.¹, Каминский В.В.², Емельяненко К.А.¹,
Емельяненко А.М.¹, Бойнович Л.Б.¹**

¹ ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4119071 Россия

² ФГБУ РНЦРР Минздрава России, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.86, 117997 Россия

e-mail: duckyfriedrich@gmail.com

Бактериальные инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи (ИСМП), являются одной из острых проблем современного здравоохранения. Перспективным направлением решения этой проблемы является разработка материалов, которые либо обладают бактерицидным действием по отношению к возбудителям ИСМП, либо препятствуют передаче попадающих на их поверхность бактерий при контактах пациентов и персонала. В данной работе исследована антибактериальная эффективность применения для поверхностей касания медных поверхностей с различной смачиваемостью. В качестве образцов использовались подложки из меди марки М1М трех видов - контрольные, супергидрофильные и супергидрофобные. Для создания иерархической шероховатости поверхность текстурировали импульсным лазером. Супергидрофобность получали путем осаждения на текстурированную поверхность гидрофобизирующего агента - фтороксисилана. Было изучено влияние на антибактериальную эффективность загрязнения поверхностей как потожиловыми выделениями при контактах с людьми, так и поддерживающими жизнедеятельность бактерий веществами на примере пептонного раствора. Также исследована возможность замены объемного медного материала на менее дорогие с напыленным медным покрытием. Результаты тестирования показали, что бактерицидная эффективность по отношению к штамму *Staphylococcus aureus* как контрольных медных и супергидрофильных медных пластин, так и напыленных медных пленок оказывается близкой к 100% и практически не изменяется после загрязнения пептонным раствором или потожиловыми выделениями. Супергидрофобные медные поверхности обладают меньшей бактерицидной эффективностью, но благодаря эффекту несмачиваемости и низкой адгезии клеток к такой поверхности, дольше остаются неконтаминированными и тем самым также способствуют снижению передачи инфекций через изготовленные из них поверхности касания.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ №23-73-30004 и РФФИ №20-53-56066.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНИХ КОНСТАНТ ДИССОЦИАЦИИ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ ГЕМОГЛОБИНА ПО АДсорбЦИИ ПРОТОНОВ И ГИДРОКСИД-ИОНОВ

Павлова Е.Ю., Дмитриева И.Б., Чухно А.С.

*ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России, 197022, Россия, г. Санкт-Петербург, ул.
Профессора Попова, д. 14, лит. А
e-mail: ekaterina.rodionova@pharminnotech.com*

Белки, имеющие огромное значение для живых организмов, имеют сложное строение, а их функционирование напрямую зависит от внешних условий. Основными потенциал-образующими ионами для белковых систем являются протоны и гидроксид-ионы. Свойства белковых систем в водных растворах зависят от рН и ионной силы растворов, количества и расположения кислотных и основных функциональных групп. На примере гемоглобина – одного из важнейших белков крови, ответственного за перенос кислорода и углекислого газа, а также буферные свойства крови, проводится определение количества кислотных и основных групп, доступных для адсорбции протонов и гидроксид-ионов и рассчитываются средние значения констант диссоциации этих групп.

Из результатов потенциометрического титрования водных растворов бычьего гемоглобина рассчитывается адсорбция протонов и гидроксид-ионов. За счет того, что активные центры могут принимать либо один ион водорода, либо гидроксид-ион полученные зависимости подчиняются уравнению мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. По полученным данным рассчитаны значения предельной адсорбции, соответствующие количеству активных адсорбционных центров гемоглобина. Эти значения совпадают с результатами, полученными методом кондуктометрического титрования. Для активных центров адсорбции проведен расчет степеней диссоциации и методом двойной экстраполяции рассчитаны константы диссоциации. Полученные значения - $pK_{a1} = 6,1$, $pK_{a2} = 9,4$.

Таким образом впервые на основе адсорбционных данных вычислено количество функциональных групп гемоглобина, участвующих в обмене протонами и гидроксид-ионами, рассчитаны средние константы диссоциации этих групп. Значения константы диссоциации основных групп совпадают со значениями для большинства аминокислот, а вот для кислотных – менее кислые, что объясняет существование изоэлектрической точки гемоглобина близко к нейтральным значениям рН, в отличие от слабокислых для большинства аминокислот, в которых количество основных и кислотных групп совпадает.

ТРОЙНОЙ КОМПЛЕКС ПОЛИКАТИОН/ПОЛИАНИОН/Ag₂O КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОКРЫТИЙ С ДВОЙНЫМ БИОЦИДНЫМ ДЕЙСТВИЕМ

Пальцев О.С., Пигарева В.А., Марина В.И., Лукьянов Д.А., Сыбачин А.В.

*МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия 119991, г. Москва, Ленинские Горы, д.1-3;
e-mail: ol.paltsev@yandex.ru*

Биоцидные композиции на основе интерполиэлектролитных комплексов (ИПЭК) представляют практический интерес, так как обладают свободными заряженными группами, обеспечивающими биоцидное действие и адгезию к гидрофильным поверхностям. Гидрофобные области могут позволить повысить адгезию к гидрофобным поверхностям и модифицировать системы с помощью низкомолекулярных соединений, например, оксида серебра Ag₂O. Такая система будет обладать повышенной устойчивостью и двойным биоцидным действием. В данной работе проведено исследование свойств ИПЭК на основе полидиаллилдиметиламмоний хлорида (ПДАДМАХ) и полистиролсульфоната натрия (ПСС), а также их модификация с использованием наночастиц (НЧ) Ag₂O для получения тройного композита ПДАДМАХ/ПСС/Ag₂O.

Исследование взаимодействия ПДАДМАХ с ПСС проводилось с использованием турбидиметрического титрования раствора ПДАДМАХ. Отмечено, что водорастворимые ИПЭК получаются при соотношениях анионных и катионных групп в составе полимеров [ПСС]/[ПДАДМАХ] до значения 0,16. Все исследованные комплексы устойчивы к разделению фаз в широком диапазоне ионной силы растворов.

Включение НЧ в комплекс проводили при помощи ультразвукового диспергирования (УД) крупнозернистого порошка в растворе ИПЭК. С помощью просвечивающей электронной микроскопии установлено, что НЧ имеют средний размер порядка 5-6 нм. Агрегативная устойчивость ПДАДМАХ/ПСС/Ag₂O в растворе оценена с помощью спектрофотометрии и динамического светорассеяния. Система показала достаточную коллоидную стабильность.

Биоцидные свойства системы ПДАДМАХ/ПСС/Ag₂O изучены микробиологическими методами. Образование тройных комплексов с оксидом серебра повышало антибактериальную активность.

Таким образом, учитывая высокую антибактериальную активность и агрегативную устойчивость, тройные системы на основе ИПЭК и НЧ Ag₂O являются перспективным материалом для использования в качестве антибактериальных покрытий.

О ВЛИЯНИИ ВОДЫ НА РАЗВИТИЕ ТРЕЩИН В ГОРНЫХ ПОРОДАХ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА ¹

**Панфилов П.Е.^{1,2}, Коровин Р.Д.¹, Кабанова А.В.¹, Меженев М.Е.^{1,2}, Кочанов
А.Н.³, Зайцев Д.В.^{1,2}**

¹УрФУ, Россия 620000, г. Екатеринбург, проспект Ленина, д.51;

²УГГУ, Россия 620144, г. Екатеринбург, улица Куйбышева, д.30;

³ИПКОН РАН, Россия 111020, г. Москва, Крюковский тупик, д.4

e-mail: peter.panfilov@urfu.ru

Обсуждаются особенности деформационного поведения горных пород и биоминералов в водной среде. В качестве модельных материалов были взяты гранит, серпентинит, песчаник, антрацит, эмаль зубов человека и скорлупа птичьих яиц. Деформационное поведение модельных материалов было описано по результатам испытаний малогабаритных лабораторных образцов в виде дисков, вырезанных из модельных горных пород и эмали зубов, по схемам одноосного сжатия и диаметрального сжатия в воде. Образцы из скорлупы в форме полосок, испытывали по схемам трехточечного изгиба и среза в воде. Трещины изучали при испытаниях по схеме диаметрального сжатия, одноосного сжатия и изгиба. При минимальном уровне растягивающих нагрузок (одноосное сжатие и срез) модельные материалы на макроскопическом масштабе демонстрировали вязкоупругое поведение, как в воде, так и на воздухе. В случае приложения к образцу растягивающих нагрузок, все модельные материалы вели себя хрупко. При испытаниях в воде качественных изменений в поведении модельных материалов, по сравнению с поведением на воздухе, не происходило, но наблюдалось снижение предела прочности. При этом трещины, по росту которых можно получить информацию о деформационном поведении материала на микроскопическом масштабе, показывали вязкоупругое поведение и в воде, и на воздухе. При диаметральном сжатии и изгибе, образцы с трещинами не распадались на части, при остановке нагружения после перегиба кривой «нагрузка-удлинение». При изгибе трещины в скорлупе можно было подрастить, увеличивая стрелу прогиба, при этом при испытании в воде, стела прогиба при подрастании трещин была в два раза меньше, чем при испытании на воздухе.

Деформационное поведение модельных горных пород и биоминералов на макроскопическом уровне определяется долей растягивающих напряжений в схеме нагружения и меняется от хрупкого при изгибе и диаметральном сжатии до вязкоупругого при одноосном сжатии и срезе. На микроскопическом масштабе, поведение модельных материалов было аттестовано как вязкоупругое при всех схемах нагружения. Влияние водной среды не приводит к качественным изменениям в деформационном поведении модельных материалов, независимо от происхождения, а особенности ее влияния на деформационное поведение модельных материалов можно объяснить эффектом Ребиндера.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-29-00253.

ЭВОЛЮЦИЯ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗА ПРЕКУРСОРА КЕРАМИКИ СИСТЕМЫ ЦИРКОНАТА-ТИТАНАТА СВИНЦА

Парамонова Н.Д., Данилов Е.А.

АО «НИИГрафит», 111524, Россия, Москва, ул. Электродная, 2
e-mail: paramonova-nd@mail.ru

Пьезокерамика системы $PbTiO_3$ - $PbZrO_3$ (ЦТС) получила широкое распространение в различных областях применения [1]. Одним из перспективных методов получения пьезокерамики является золь-гель, поскольку при этом обеспечивается чистота получаемых материалов, возможность точного контроля стехиометрии, сниженные потери при испарении свинца [2].

Гель-прекурсор ЦТС получали золь-гель методом путем гидролиза смешанного раствора ацетата свинца (II), н-пропоксида циркония (IV) и изопроксида титана (IV) в 2-метоксиэтаноле дистиллированной водой. Исследовали распределения частиц по размерам (динамическое светорассеяние, Zetasizer Nano S), вязкость (SV-10) и оптические свойства (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) системы как функции времени после прибавления гидролизующего агента и его относительного количества.

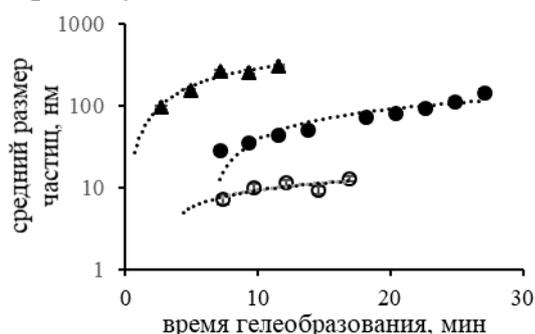


Рис. 1. Зависимость размера первичных частиц от времени после прибавления воды (количество воды 6,7 (○), 10 (●), 13,4 (▲) моль/моль $Zr+Ti$)

Установлено, что количество гидролизующего агента оказывает значительное влияние на скорость гидролиза раствора-прекурсора ЦТС с точки зрения скорости изменения размеров частиц образующегося на первом этапе золя (рисунок 1), эволюции распределений частиц по размерам и оптических свойств коллоидной системы, скорости гелеобразования. Установлено, что изменение соотношения гидролизующий

агент:органические соединения является эффективным управляющим фактором на ранней стадии золь-гель синтеза ЦТС.

Литература

1. Воротилов К.А., Мухортов В.М., Сигов А.С. Интегрированные сегнетоэлектрические устройства. М.: Энергоатомиздат, 2011.
2. Tiwari B., Babu T., Choudhary R.N.P. // International Research Journal on Advanced Science Hub. 2020. 2. №10S. С. 121-126.

РЕФРАКЦИЯ И РАССЕЯНИЕ СВЕТА В ВОДНЫХ ЗОЛЯХ АЛМАЗА**Везо О.С.¹, Войтылов В.В.¹, Войтылов А.В.¹, Петров М.П.¹, Трусов А.А.¹**

¹Санкт-Петербургский государственный университет, физический факультет; 198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Ульяновская 3.
e-mail: m.p.petrov@spbu.ru

Проведены исследования водных дисперсных систем алмаза, содержащей частицы разных размеров электрооптическим, динамического светорассеяния и рефрактометрическими методами. Коллоидные системы для исследований, содержащих частицы разных размеров, были приготовлены из коммерческого образца. Частицы были синтезированы при статических высоком давлении и высокой температуре. Для каждой коллоидной системы были определены функции распределения частиц по размерам. Показатель преломления исследуемых коллоидных систем был определён по углу полного внутреннего отражения и интерферометрическим методом. Для коллоидной системы, основная доля частиц которой имеет размеры 100 – 300 нм, была экспериментально измерена индикатриса рассеяния света, при длине волны падающего света 632 нм. Полученная индикатриса в области углов рассеяния света 15° – 150° совпадает с теоретической, рассчитанной в рамках теории Ми [1]. Зависимость показателя преломления от концентрации частиц была слабой, что соответствует теории [2]. При уменьшении размеров частиц показатель преломления коллоидной системы возрастал. Согласно теории, применимой к малым частицам (молекулярно–оптическая теория растворов), не учитывающей поверхностных свойств частиц инкремент показателя преломления заметно меньше измеренного экспериментально. Различие между измеренными и рассчитанными значениями может быть связано с образованием на поверхности частиц алмаза двойных связей, отвечающих sp^2 -гибридизации атомов углерода. Такие связи, согласно теории, как отдельные, так и образующие цепочки Панди присутствуют на поверхности частиц [3].

Литература

1. Voitylov, A.V., Veso, O.S., Petrov, M.P., Rolich, V.I., Trusov, A.A., & Vojtylov, V.V. Light refraction in aqueous suspensions of diamond particles // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2018. v. 538. p. 417-422.
2. García-Valenzuela A., Barrera R. G., Gutierrez-Reyes E. Rigorous theoretical framework for particle sizing in turbid colloids using light refraction // *Optics Express*. 2008. v. 16. №. 24. p. 19741-19756.
3. Aleksenskii, A.E., Vul', A.Y., Konyakhin, S.V., Reich, K.V., Sharonova, L.V., Eidel'man, E.D. Optical properties of detonation nanodiamond hydrosols // *Physics of the Solid State*. 2012. v. 54. p. 578-585.

РЕАКЦИЯ ПОРФИРИНАТА КОБАЛЬТА С ПОЛИ-4-ВИНИЛПИРИДИНОМ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЛОЯХ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ВОДА-ВОЗДУХ¹

Петрова М.В.¹, Майорова Л.А.^{1,2}, Агеева Т.А.¹, Койфман О.И.^{1,3}

Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Россия

2 Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Москва

3 Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, Иваново, Россия

E-mail: maiorova.larissa@gmail.com

Функциональные полимеры, имеющие боковые заместители, способны вступать в координационное взаимодействие с металлопорфиринами [1]. Ранее был исследован процесс координационной иммобилизации мезо-тетрафенилпорфирината цинка с поли-4-винилпиридином (P4VP). Целью данной работы было изучение возможности проведения реакции P4VP с тетра-(*n*-метоксифенил)порфиринатом кобальта (CoTnMPP) в наноструктурированных слоях на границе раздела вода-воздух.

Слои получали последовательным нанесением растворов в хлороформе P4VP ($C=1.12 \cdot 10^{-7}$ М) и CoTnMPP ($C=6.3 \cdot 10^{-5}$ М) на поверхность воды и сжатием до

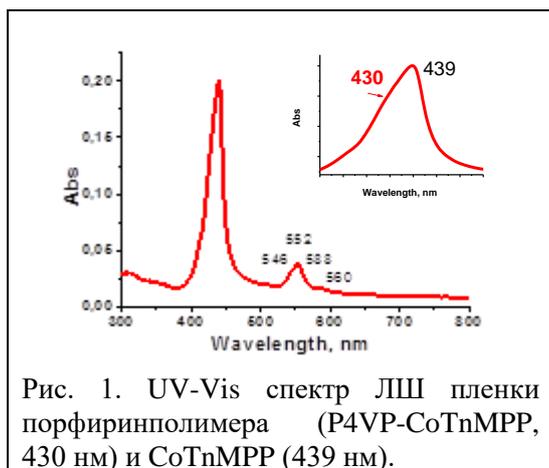


Рис. 1. UV-Vis спектр ЛШ пленки порфиринполимера (P4VP-CoTnMPP, 430 нм) и CoTnMPP (439 нм).

давления 53 mN/m. Анализ изотерм проводили согласно [2]. Тонкие пленки на кварце получали методом Ленгмюра-Шефера. Положение полосы Soret в спектре пленки 439 нм такое же, как и в спектре ЛШ пленки индивидуального CoTnMPP, что указывает на присутствие наноагрегатов CoTnMPP. Вторая полоса Soret в спектре (430 нм, вставка на Рис. 1) свидетельствует о формировании на границе раздела вода-воздух порфиринполимера (P4VP-CoTnMPP).

Литература

[1] Койфман О.И. и др. Функциональные материалы на основе тетрапиррольных макрогетероциклических соединений. Москва 2019.

[2] (a) Maiorova L. *BioNanoScience* 2018, 8, 81; (б) Petrova M.V., *MHC* 2014, 267; (в) Pisani M. *MCLC* 2017, 649, 2; (г) Vu T.T. *MHC* 2018, 11, 286; (д) Berezina N.M. *MHC* 2019, 12, 282.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (20-12-00175-п, исследования), ИГХТУ и Министерства науки и высшего образования РФ (FZZW -2023-0009, синтез исследуемых соединений).

АДСОРБЦИЯ ФЕНОЛОВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НА АКТИВНОМ УГЛЕ МЕКС-О

Подолова Е.А.¹, Ханина М.А.², Лежнина М.Г.², Афанасьев А.О.¹

¹Московский политехнический университет (филиал в г. Электросталь), 144000, Россия, г. Электросталь, ул. Первомайская, д.7 podolina70@mail.ru

²Государственный гуманитарно-технологический университет, 147261, Россия, г. Орехово-Зуево, ул. Зеленая, д.22

Активные угли (АУ) различных марок издавна применяют для очистки воды от вредных веществ, в том числе от фенола и его производных. Современные АУ получают из различного сырья, в том числе из отходов сельскохозяйственных растений. Так, например, АУ МеКС получают из косточки абрикоса и применяют как эффективный гемо- и энтеросорбент.

Целью данной работы является исследование физико-химических закономерностей процесса адсорбции фенолов из водных растворов на активном угле МеКС-О в статических условиях.

Экспериментально определены морфология поверхности, макро- и микро-элементный состав АУ МеКС. На основании данных низкотемпературной адсорбции азота рассчитаны порометрические характеристики АУ: удельная поверхность и суммарный объем микро- и мезопор.

Изучена адсорбция фенола, алкил-, гидроксил- и нитропроизводных из водных растворов на АУ МеКС в статических условиях (турбулентное перемешивание на смесителе Vortex). Для выяснения механизма сорбции фенолов на АУ МеКС построены изотермы сорбции и их линеаризация. Сорбция всех изученных фенолов протекает по механизму физической сорбции и соответствует изотермам Ленгмюра (теория мономолекулярной адсорбции (ТМА)). Полученные изотермы адсорбции математически обработаны и получены значения предельной адсорбции фенолов по линейным координатам Ленгмюра и Дубинина-Радушкевича, адсорбционный коэффициент Ленгмюра, константа Генри, изменение энергии Гиббса, максимальная степень заполнения микро- и мезопор.

Полученные диаграммы десорбции фенолов, показывают, что при использовании в качестве элюента бинарной смеси вода-этанол, вода-ацетонитрил или метанол, выход фенолов составляет 75-80 %, а время элюирования составляет 60 мин.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ПОДЛОЖКИ НА ТОПОЛОГИЮ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СЛОЕВ PbS

Поздин А.В.¹, Маскаева Л.Н.^{1,2}

¹ УрФУ, Россия 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19;

² УрИГПС МЧС России, Россия 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22
e-mail: andrej.pozdin@yandex.ru

В связи с развитием тонкопленочных технологий, позволяющих создавать новые структуры с уникальными свойствами, актуальным становится исследование состояния поверхности подложки, определяющей морфологию и функциональные свойства наносимых пленок PbS. В связи с этим, настоящая работа посвящена исследованию шероховатости поверхности пленок PbS, химически осажденных из цитратно-аммиачной реакционной смеси на обезжиренные подложки из монокристаллического кремния с ориентацией (111), ситалла и предметного стекла.

Исследование микрорельефа поверхности обсуждаемых пленок проведено при помощи сканирующего зондового микроскопа Ntegra Prima II в полуконтактном режиме в условиях комнатной температуры. Результаты количественной обработки АСМ-изображений с помощью программного продукта Gwyddion-2.55, заключающейся в оценке амплитудных среднестатистических параметров шероховатости поверхности PbS (среднеквадратичная шероховатость, R_q максимальная высота профиля поверхности R_z и коэффициент асимметрии R_{sk}) и фрактальной размерности D_c , приведены в таблице 1.

Табл. 1. Характеристика микрорельефа поверхности пленок PbS в зависимости от материала подложки

Параметр микрорельефа	Тип подложечного материала		
	Кремний (111)	Ситалл	Предметное стекло
R_q , нм	56.2	58.8	71.8
R_z , нм	346.3	379.3	468.4
R_{sk}	0.48	0.36	0.23
D_c	2.18	2.25	2.27

Анализ значений параметров шероховатости пленок PbS показывает, что среднеквадратичная шероховатость R_q и максимальная высота профиля поверхности R_z увеличиваются от кремния (111) и ситалла к предметному стеклу в 1.3–1.2 раза, а коэффициент асимметрии (скошенности) уменьшается в 2–1.5 раза. Необходимо учитывать, что большая шероховатость поверхности пленок и наличие на ней микронеровностей изменяет их толщину и вызывает локальное изменение электрофизических и функциональных свойств пленок сульфида свинца.

ВЛИЯНИЕ ПАВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭМУЛЬСИЙ ГЕРБИЦИДА

Дзарданов Д.В., Полунина И.А.

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071 Россия, Москва, Ленинский проспект, д. 31, корп. 4
e-mail: dzardanov.phyche.ac.ru*

Основной способ внесения агрохимикатов для предотвращения потерь урожая зерна и борьбы с сорняками заключается в опрыскивании сельскохозяйственных культур водными эмульсиями гербицидов. Однако узкие, направленные вверх листья злаковых сорняков затрудняют фиксацию на них каплей гербицидов. Наличие ПАВ в рецептуре рабочих растворов гербицидов влияет на смачивание поверхности листьев сорняков, растекание и удерживание на них каплей гербицидов. С целью повышения эффективности разрабатываемых гербицидов были проведены физико-химические исследования взаимодействия эмульсий на основе граминицида (рис.) и различных адьювантов с модельной поверхностью, имитирующей гидрофобную поверхность листовой пластинки.

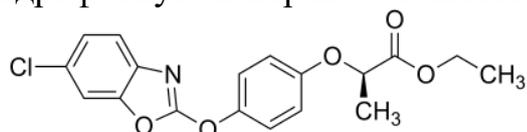


Рис. Граминицид

Установлено, что наибольшую биологическую активность проявляют растворы граминицида с адьювантом № 1 (смесь метилированных и этилированных растительных масел с ПАВ и сахарами),

который замедляет высыхание эмульсии. Нанесение на поверхность листа рабочих растворов (при концентрациях до 0.1%) сопровождается снижением величины поверхностного натяжения и ростом разности краевых углов натекания и оттеkania, что характеризует способность препарата к удерживанию на поверхности листа. Таким образом, разработанный препарат может успешно фиксироваться, а затем абсорбироваться в кутикулу листа и перераспределяться в тканях растения. Показано существенное влияние концентрации и природы компонентов эмульсий гербицида на динамический гистерезис краевого угла, а также биологическую эффективность препарата. Предварительная оценка физико-химических свойств рабочих растворов гербицидов может быть использована для выбора ПАВ и внешних адьювантов еще до проведения биологических испытаний.

Таким образом, совместное применение гербицидов с растворами ПАВ изменяет физико-химические характеристики рабочей жидкости, уменьшает расход средств защиты растений и снижает экологическую нагрузку на обрабатываемые сельскохозяйственные угодья.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭПОКСИДОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИСУЛЬФОНОМ И АКТИВНЫМ РАЗБАВИТЕЛЕМ

Пономаренко А.Д., Колосов Д.А., Хасбиуллин Р.Р., Шапагин А.В.

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, г. Москва
ponomarenhik@gmail.com*

При разработке современных связующих полимерных композиционных материалов (ПКМ) принципиальное значение имеют как эксплуатационные свойства материала, так и технологические характеристики на стадии его получения. При модификации термопластом эпоксидных связующих ПКМ для формирования фазовой структуры, обеспечивающей необходимый комплекс физико-механических и теплофизических свойств, необходимо помнить, что при пропитке волокнистого наполнителя принципиальное значение имеет вязкость связующего. Для ее снижения используют активные разбавители, которые вступают в химическую реакцию при отверждении многокомпонентного связующего. В этой связи актуальной является задача прогнозирования фазовой структуры сложных четырехкомпонентных систем, а также регулирования основных эксплуатационных характеристик композиционных матриц посредством изменения типа фазовой структуры, размера и состава структурных элементов.

В качестве объектов исследования использовали диановый эпоксидный олигомер марки ЭД-20 (ООО «СИПО», Россия), алкил глицидиловый эфир С12-С14 (ООО «СИПО», Россия) и полисульфон марки ПСК-1 (АО «Институт пластмасс», Россия), отвердитель диаминодифенилсульфон ДДС (ООО «АВА ПРОВАЙДИНГ, Россия).

Методом оптической интерферометрии исследованы диффузионные зоны при сопряжении компонентов системы и их смесей. Построены изотермические сечения тройной фазовой диаграммы. Показано, что данная система относится к классу систем с аморфным расслоением и характеризуется верхней критической температурой смешения. Исследована эволюция фазовой диаграммы в процессе отверждения. Рассчитаны коэффициенты взаимодиффузии, имеющие значение при разработке технологии получения исследуемых смесей. Получены СЭМ-изображения систем с различным соотношением компонентов и температур отверждения. Показана корреляция фазовой структуры конечных систем с фазовой диаграммой в исходном состоянии и с ее изменением при отверждении. Методом одноосного растяжения и трехточечного изгиба исследованы физико-механические характеристики отвержденных модифицированных систем. Установлено влияние типа фазовой структуры, размеров и состава фаз на показатели деформационно-прочностных испытаний. Методом дифференциальной сканирующей калориметрии получены зависимости температур стеклования отвержденных гетерогенных систем. Показана корреляция температур стеклования с температурно-концентрационными параметрами исследуемых смесей. На основании полученных данных разработан подход к прогнозированию структуры и основных свойств реакционноспособных многокомпонентных полимерных систем.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВНОЙ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ И ИОННОЙ СИЛЫ НА СТАБИЛЬНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ СЕЛЕНА, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ KOLIPHOR HS 15¹

Рехман З.А., Блинова А.А., Блинов А.В., Гвозденко А.А., Голик А.Б.

ФГАОУ ВО Северо-Кавказский федеральный университет, Россия 355017, г. Ставрополь,
ул. Пушкина, д.1;
e-mail:zafrehman1027@gmail.com

Наноразмерный селен вызывает большой интерес в научном мире благодаря своим антибактериальным, антиоксидантным, терапевтическим свойствам [1]. Наночастицы селена, ввиду своей неустойчивости в водной среде, стабилизируются различными веществами: биополимеры, поверхностно-активные вещества, незаменимые аминокислоты [2]. В данной работе исследовали влияние pH и ионной силы на стабильность наночастиц селена, стабилизированных Koliphor HS 15.

Наночастицы селена получали методом химического восстановления в водной среде. Исследование радиуса частиц проводили методом динамического рассеяния света на приборе *Photocor-Complex* (ООО «Антек-97», Российская Федерация).

В результате исследования было установлено, что изменение pH не влияет на средний гидродинамический радиус полученных частиц: размер сохраняется в диапазоне от 23 до 26 нм. Наночастицы обладают высокой агрегативной устойчивостью во всём диапазоне активной кислотности среды.

В свою очередь, обнаружено, что катионы Na^+ , Ba^{2+} , Fe^{3+} и анион Cl^- не оказывают влияния на средний гидродинамический радиус частиц, а анионы SO_4^{2-} и PO_4^{3-} обладают коагулирующим действием в соответствии с правилом Шульце-Гарди. Так, средний радиус частиц увеличивается вплоть до 2500 нм при максимальной концентрации PO_4^{3-} .

Литература

1. Boroumand S. et al. Selenium nanoparticles: synthesis, characterization and study of their cytotoxicity, antioxidant and antibacterial activity // *Materials Research Express*. – 2019. – Т. 6. – №. 8. – С. 0850d8.
2. Blinov A. V. et al. Investigation of the Effect of Dispersion Medium Parameters on the Aggregative Stability of Selenium Nanoparticles Stabilized with Catamine AB // *Micromachines*. – 2023. – Т. 14. – №. 2. – С. 433.

¹ Работа выполнена за счёт гранта Российского научного фонда № 23-16-00120, <https://rscf.ru/project/23-16-00120/>.

НОВЫЕ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ АКВАЗОЛЕЙ СЕРЕБРА И ИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Романовская Г.И.¹, Королева М.В.¹

¹ГЕОХИ РАН, Россия 119991, г. Москва, улица Косыгина, д.19
e-mail: gromanovskaya@yandex.ru

Для повышения чувствительности и селективности люминесцентного метода анализа различных органических и неорганических соединений в водных средах предлагаются новые материалы на основе супрамолекулярных структур. Данные структуры состоят из наночастиц серебра и агрегатов из молекул ионных поверхностно-активных веществ (ПАВ). Они синтезируются путем дополнительного введения в аквазол серебра, с наночастицами, стабилизированными цитрат-ионами, раствора катионного ПАВ - бромиды цетилтриметиламмония (ЦТМА), либо введением анионного ПАВ – додецилсульфата натрия в аквазол с наночастицами серебра, стабилизированными молекулами ЦТМА. Образование различных агрегатов из молекул соответствующих ионных ПАВ на противоположно заряженных поверхностях наночастиц происходит самопроизвольно за счет нековалентных взаимодействий. При концентрациях вводимых ПАВ меньше значений ККМ ($2 \cdot 10^{-5} \text{M} \div 5 \cdot 10^{-4} \text{M}$) на поверхностях наночастиц из молекул адсорбированного ПАВ образуется монослой (гемимицеллы). Головная группа молекулы ПАВ у такого агрегата направлена к противоположно заряженной поверхности наночастиц, а ее углеводородный «хвост» направлен в раствор. При вводимых концентрациях ПАВ больше значений ККМ ($1 \cdot 10^{-3} \text{M} \div 1 \cdot 10^{-2} \text{M}$) между углеводородными «хвостами» адсорбированных молекул ПАВ происходят гидрофобные взаимодействия, приводящие к образованию из них бимолекулярного слоя (адмицеллы). В адмицеллах молекулы ПАВ второго слоя оказываются ориентированными гидрофильной (полярной) частью от поверхности НЧ серебра, а поверхность НЧ становится заряженной противоположно исходной

Природу образованных мицеллоподобных структур (агрегатов) из молекул ПАВ определяли по изменению спектров флуоресценции мономерных молекул пирена, внедренных в эти агрегаты за счет солубилизации, с последующим образованием различных ассоциатов пирена.

Полученные супрамолекулярные структуры можно использовать как для извлечения органических соединений за счет гидрофобных взаимодействий, так и для сорбции гидрофильных ионных компонентов за счет ионных взаимодействий или за счет образования ковалентных связей. Расположение анализируемых соединений вблизи НЧ серебра позволяет проводить определение их содержаний на уровне значительно ниже ПРК.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА СУСПЕНЗИОННУЮ ПОЛИМЕРИЗАЦИЮ – ЭКСПЕРИМЕНТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ¹

Рощин Д. Е., Торкунов М.К., Шиянова К.А., Патлажан С. А.

ФИЦ ХФ РАН, Россия 119991, г. Москва, ул. Косыгина, д.4

e-mail: roschin.d.e@mail.ru

Суспензионная полимеризация является важным методом синтеза полимеров и композиционных материалов с заданными свойствами. Для создания микроэмульсий часто используется ультразвук. Если в качестве одного из компонентов эмульсии используется вода, то под действием ультразвука в кавитационных пузырьках возможно образование пероксидных и водородных радикалов [1], которые способны влиять на ход радикальной полимеризации. Для успешного моделирования и проектирования полимеризационных процессов в ультразвуковом поле необходимо понимать степень влияния на кинетику полимеризации формирующихся радикалов, образующихся в воде.

В данном сообщении представлено теоретическое и экспериментальное исследование неизотермической суспензионной полимеризации бутилметакрилата, в которой в качестве диспергатора использовался источник ультразвука. Установлено, что средний размер формирующихся под действием ультразвука капель лежит в диапазоне 10-20 микрометров, что позволило использовать чисто кинетический подход для моделирования полимеризации, без учета процессов диффузии радикалов вглубь капель мономера [2]. Предложена кинетическая модель, учитывающая реакцию между гидроксильными радикалами и молекулами мономера, а также цепными радикалами. Установлена средняя концентрация гидроксильных радикалов и продемонстрировано их влияние на кинетику полимеризации и молекулярно-массовые характеристики формирующегося полимера. Показано, что предложенная кинетическая модель хорошо согласуется с экспериментальными данными по кинетике суспензионной полимеризации бутилметакрилата.

Литература

1. *Ashokkumar M., Sunatiro D., Kentish S., Mawson R., Simons L., Vilku K., Versteeg C.* // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2008. Т. 9. № 2. С. 155–160.
2. *Roshchin D. E., Patlazhan S. A., Berlin A. A.* // European Polymer Journal. 2023. Т. 190. С. 112002

¹ Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и образования России FFZE - 2022-0010

ДЗЕТА-ПОТЕНЦИАЛ КОЛЛОИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ PbS ПРИ ГИДРОХИМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Сальникова У.Н.¹, Бельцева А.В.¹, Маскаева Л.Н.^{1,2}, Марков В.Ф.^{1,2}

¹ *Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, 620002, Россия, Екатеринбург, ул. Мира, 19.;*

² *Уральский институт ГПС МЧС России, 620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22
e-mail: stupid.moon.raccoon@gmail.com*

Для обеспечения высоких фотоэлектрических характеристик пленок сульфида свинца, получаемых гидрохимическим осаждением, одним из распространенных приемов является введение в реакционную смесь, так называемых оксидантов, веществ, имеющих как окислительные, так и восстановительные свойства. Вводимые добавки оказывают существенное влияние на кинетику формирования осаждаемой сульфидной фазы и, следовательно, на функциональные свойства получаемых слоев.

В настоящей работе для оценки кинетических особенностей коллоидно-химического процесса на начальном этапе осаждения пленок PbS при введении в реакционную смесь сенсibiliзирующих добавок $K_2Cr_2O_7$ и NH_4I впервые были измерены значения дзета-потенциала наночастиц сульфида свинца в базовой реакционной системе “ $Pb(CH_3COO)_2 - Na_3Cit - NH_4OH - CH_4N_2S$ ”, а также в присутствии допантов. Измерения проведены на приборе Photocor compact-Z в стеклянной кювете при 25 °С с углом рассеяния 20° непосредственно после слияния реагентов и через 90 минут синтеза при 353 К.

Анализ результатов исследования коллоидных систем при использовании приведенных составов свидетельствует о сравнительно незначительном влиянии добавок $K_2Cr_2O_7$ и NH_4I в пределах $10^{-3} - 10^{-4}$ и 0.15 моль/л соответственно на дзета-потенциал частиц в первые минуты процесса. Во всех случаях ζ находится в интервале от – 1.25 до –11.2 мВ. Однако к 90-ой минуте процесса ситуация существенно изменяется. Так, если в отсутствие легирующих добавок дзета-потенциал частиц PbS отрицателен, составляя – 44.94 - –33.50 мВ, то введение в систему 10^{-3} моль/л $K_2Cr_2O_7$ обеспечивает ему положительные значения, достигающие 16.19 мВ. В свою очередь аналогичное влияние добавки йодида аммония проявляется в несколько меньшей степени (ζ повышается до 3.48 мВ). Совместное присутствие добавок незначительно отражается на этой величине. Выявленные изменения связаны, вероятно, с заменой потенциалопределяющего иона частиц и позволяют оценить влияние допантов на механизм формирования фоточувствительных пленок PbS.

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА ДЗЕТА-ПОТЕНЦИАЛ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА¹

**Саман Д.Г.¹, Дзеранов А.А.^{1,2,3}, Бондаренко Л.С.¹, Тропская Н.С.^{1,2},
Кыдралиева К.А.¹.**

¹МАИ, Россия 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4;

²НИИ СП им. Н.В.Склифасовского, Россия 129090, г. Москва, Б. Сухаревская площадь, д.3

³ФИЦ ХФ и МХ РАН, Россия 142432, Черноголовка, проспект академика Семенова, д.1

e-mail: saman_d@mail.ru

Задачи интернализации (проникновения в клетки) лекарственных препаратов путем внутриклеточной доставки наночастиц (НЧ) должны включать исследования их поверхностного заряда, так как электростатические взаимодействия отрицательно заряженных компонентов клеточной мембраны будут влиять на проникновение НЧ в цитозоль. Продемонстрировано [1], что флуоресцентно меченые молекулы НЧ гликопротеина муцина с присоединенными частично комплементарными друг другу молекулами ДНК в полилизиновой оболочке лучше проникают в раковые клетки линии HeLa, чем в хитозановой, имеющим высокий дзета-потенциал +21,7 мВ по сравнению с +2,3 мВ для покрытых полилизином НЧ, что мешает их полноценному проникновению за счет связывания с отрицательно заряженной клеточной мембраной.

В настоящей работе исследованы в широком интервале рН дзета-потенциалы НЧ Fe₃O₄, модифицированных гуминовой и аскорбиновой кислотами (ГК, АК) в качестве прооксидантных агентов соответственно в мезопористой матрице железосодержащего металлоорганического координационного полимера MIL88b (МОКП). Модификация наночастиц магнетита привела к смещению рН изоэлектрических точек систем в щелочную область с рН 2,2 и 2,3 до рН=6,5 ($\zeta \in [+15; -30]$ мВ) и рН=7,5 ($\zeta \in [+10; -40]$ мВ) для ГК и АК соответственно вследствие наличия в структуре матрицы МОКП положительно заряженных Fe³⁺ и Fe²⁺. Система МОКП-АК-Fe₃O₄ имеет меньший положительный дзета-потенциал на участке рН $\in [2; 7]$ в сравнении с МОКП-ГК-Fe₃O₄ вследствие восстановления АК ионов Fe³⁺ в составе магнетита и матрицы МОКП. Выбранные препараты представляют интерес для использования в качестве ферроптоз-индуцирующих агентов, а полученные данные по дзета-потенциалам в широком интервале рН, включая физиологические, позволит прогнозировать электрокинетическое поведение наночастиц в биологических системах организма.

Литература

1. Kimna C., Lutz T. M., Yan H., Song J., Crouzier T., Lieleg O. // ACS Nano. 2020. 15. № 2. С. 2350–2362.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда, проект № 22-73-10222

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА МИКРОГЕЛЕВЫХ ДИСПЕРСИЙ ПОЛИ-N-ИЗОПРОПИЛАКРИЛАМИДА

Самотина И.Ю., Кущев П.О., Шестаков А.С.

ФГБОУ ВО ВГУ, Россия 394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1
irinasamotina@yandex.ru

Получена серия микрогелей поли-N-изопропилакриламида (p-NIPAM) методом осадительной радикальной полимеризации в водном растворе с использованием N,N'-метилденбисакриламида (МВАА) в качестве сшивающего агента (0.25, 5.0 и 10.0 мол.%) [0]. Приготовлен образец микрогеля (5.0 мол.% МВАА) с использованием додецилсульфата натрия (DDS) в качестве эмульгатора [0].

Таблица. Коллоидные характеристики микрогелевых дисперсий p-NIPAM

Микрогель	Гидродинамический радиус частиц R_h , нм		Содержание фракции после диализа, %
	до диализа	после диализа	
p-NIPAM-0.25	406.7	392.3	95.5
p-NIPAM-5	419.8	446.4	99.8
p-NIPAM-10	200.9	259.3	89.8
p-NIPAM-5 (DDS)	149.1	145.3	100

Динамическим светорассеянием (DLS) определены гидродинамические радиусы частиц R_h (см. табл., x – мольная доля МВАА). Различие в размерах связано с адсорбцией эмульгатора на поверхности полимерных частиц и появлением электростатического фактора устойчивости за счет диссоциации DDS.

Методом микроэлектрофореза измерены ζ -потенциалы частиц, которые составили -0.84 мВ и -6.57 мВ для p-NIPAM-5 и p-NIPAM-5 (DDS) соответственно, что дополнительно подтверждает адсорбцию DDS.

С использованием метода DLS получены кривые сжатия микрогелей при нагревании от 20 до 45°C (рис.).

Литература

- Gawlitza K., Turner S.T., Polzer F., Wellert S., Karg M., Mulvaney P., von Klitzing R. Interaction of gold nanoparticles with thermoresponsive microgels: influence of the cross-linker density on optical properties // Phys. Chem. Chem. Phys. 2013. V. 15. P. 15623-15631.
- McPhee W., Chiu Tam K., Pelton R. Poly(N-isopropylacrylamide) Latices prepared with sodium dodecyl sulfate // J. Colloid Interface Sci. 1993. V. 156. N. 1. P. 24-30.

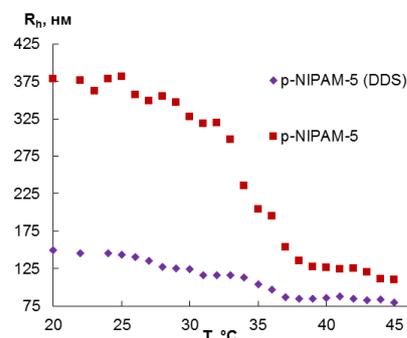


Рис. Кривые изменения гидродинамического радиуса частиц R_h от температуры дисперсии для p-NIPAM-5 и p-NIPAM-5 (DDS)

О ПРОБЛЕМЕ СТАБИЛЬНОСТИ НАНОЧАСТИЦ: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ И АТОМИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ¹

Самсонов В.М., Сдобняков Н.Ю., Богданов С.С., Талызин И.В.,

Васильев С.А., Романов А.А., Савина К.Г., Базулев А.Н.

*ТвГУ, Россия 170002, г. Тверь, Садовый пер., д. 35
samsonoff@inbox.ru*

Проблема стабильности наночастиц и наносистем, включая коллоидные растворы, занимает одно из центральных мест в физике межфазных явлений и коллоидной химии. Даже для свободных наночастиц эта проблема далеко от своего решения. Можно отметить различные проявления стабильности/нестабильности, классификация которых к настоящему времени отсутствует. В частности, можно выделить стабильность формы наночастиц, стабильность/нестабильность мезоскопической и интегральной структуры, стабильность по отношению к спонтанному или индуцированному распаду на отдельные молекулы (атомы) или нанокластеры меньшего размера. В качестве примера стабильности мезоскопической структуры можно отметить стабильность наноструктур ядро-оболочка $A@B$, а в качестве примера нестабильности интегральной структуры – взаимные превращения изомеров металлических наночастиц. В [1] была разработана термодинамическая модель стабильности наночастиц по отношению к спонтанному распаду, который вызывается флуктуациями их объема. В [2] показано, что в большинстве случаев это условие выполняется как для молекулярных нанокластеров, так и для металлических наночастиц. В [3] была сформулирована гипотеза о взаимосвязи между стабильностью/нестабильностью наноструктур ядро-оболочка $A@B$ и спонтанной поверхностной сегрегацией компонента B в наночастицах $A-B$ с исходным однородным распределением компонентов. В [4] был сделан вывод о том, что помимо термодинамической стабильности необходимо учитывать кинетические факторы, роль которых мы изучали с использованием атомистического моделирования.

Литература

1. Samsonov V.M., Sdobnyakov N.Yu., Bazulev A.N. // Surface Science. 2003. V. 532-535. P. 526.
2. Сдобняков Н.Ю., Самсонов В.М., Базулев А.Н., Новожилова Д.А. // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. 2016. Вып. 8. С. 337.
3. Samsonov V.M., Taluzin I.V. et al. // Applied Nanoscience. 2019. V. 9. I. 1. P. 119.
4. Самсонов В.М., Сдобняков Н.Ю. и др. // Известия РАН. Серия физическая. 2021. Т. 85. № 9. С. 1239.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках выполнения ГЗ в сфере научной деятельности (проект № 0817-2023-0006).

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОАГУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КАТИОННЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ОСНОВЕ N,N-ДИАЛЛИЛ-N,N-ДИМЕТИЛАММОНИЙХЛОРИДА В ПРОЦЕССАХ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИОННЫХ КАУЧУКОВ

Сергеев М.В., Никитин К.К., Чурилина Е.В., Никулин С.С.

ФГБОУ ВО ВГУИТ, Россия 394036, г. Воронеж, пр. Революции, д.19

e-mail: churilina1978@mail.ru

Недостатком производства эмульсионных каучуков является загрязнение окружающей среды, связанное с высоким содержанием неорганических солей в сточных водах. Улучшение экологических показателей процесса выделения возможно за счет применения полимерных коагулянтов различной природы, особенно на основе четвертичных солей аммония. Проведена оценка коагулирующей способности сополимеров N,N-диаллил-N,N-диметиламмонийхлорида (ДАДМАХ) с акриламидом (АА) и малеиновой кислотой (МК) при выделении из латексов бутадиен-стирольного и бутадиен-нитрильного каучуков. Полнота коагуляции латекса СКС-30АРК флокулянт ДАДМАХ-МК достигается при расходе $0,3 \text{ кг} \cdot \text{т}^{-1}$ и $0,5 \text{ кг} \cdot \text{т}^{-1}$ для сополимера ДАДМАХ-АА. Снижение агрегативной устойчивости латекса СКН-40СНТ при использовании сополимера ДАДМАХ-АА достигается при расходе $22 \text{ кг} \cdot \text{т}^{-1}$, а при употреблении флокулянта со звеньями МК – $8 \text{ кг} \cdot \text{т}^{-1}$. Большой расход одних и тех же полимерных коагулянтов в случае исследованного бутадиен-нитрильного латекса обусловлен его повышенной устойчивостью из-за непосредственного взаимодействия со средой полярных СN-групп, содержащихся в полимере. Масса образующегося коагулюма снижается с увеличением расхода коагулянтов при уменьшении концентрации дисперсной фазы (разбавление в 2 раза).

Вулканизаты, полученные на основе каучуков, выделенных с помощью сополимеров, соответствуют показателям, которые указаны в ГОСТ 15627-2019. Однако данные продукты характеризуются большей устойчивостью к тепловому старению по сравнению с контрольным образцом (коагулянт NaCl), аналогичные показатели установлены для вулканизатов, выделенных с применением полиакриламида [1].

Литература

1. Патент № 2760489 С1 Российская Федерация, МПК С08F 236/10, С08F 236/06, С08F 36/06. Способ получения бутадиен-стирольного каучука (опубл. 25.11.2021).

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАВНОВЕСНЫХ КАПИЛЛЯРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Сокуров А.А.

*Институт прикладной математики и автоматизации КБНЦ РАН,
360000 Россия, г. Нальчик, ул. Шортанова, д. 89 А,
e-mail: isokuroff@mail.ru*

Изучение физических проблем, связанных с капиллярными менисками в равновесном состоянии, имеет большое теоретическое и прикладное значение. За последние несколько десятилетий результаты их исследований нашли широкое применение в самых разных областях науки и техники. Одной из частых задач, с которой приходится сталкиваться в исследовательской работе с капиллярными менисками, является задача определения равновесных форм, принимаемых менисками во внешних силовых полях. Анализ решения этой задачи во многих случаях позволяет делать важные выводы о процессах, протекающих на границе двух несмешивающихся сред. В частности, наиболее точные экспериментальные методы по определению поверхностного натяжения и краевого угла смачивания предполагают работу с расчетными профилями капель и пузырей.

В качестве математических моделей менисков обычно выступают нелинейные дифференциальные уравнения и их системы. Из-за нелинейности уравнений в общей постановке задача о равновесной форме не имеет аналитических решений за исключением тривиальных случаев отсутствия внешних полей, в связи с чем возникает необходимость в привлечении вычислительных методов. С другой стороны, практически все известные системы компьютерной алгебры и программные среды не имеют специализированных модулей для компьютерного моделирования менисков. Наличие подобных модулей позволило бы, например, в ходе вычислительных экспериментов лучше оценить степень и характер влияния физических параметров моделей на равновесную форму менисков.

В настоящей работе представлен обзор авторского программного комплекса, предназначенного для моделирования основных разновидностей осесимметричных капиллярных менисков. Комплекс реализован в формате пакета расширения, интегрируемой в систему «Wolfram Mathematica». Все его подпрограммы базируются на экономичных численных алгоритмах, что позволяет проводить за короткое время большое число вычислительных экспериментов. Выходные данные представляются в виде графиков и таблиц. В таблицах отображается информация о наиболее важных характеристиках мениска, таких как площадь поверхности, центральная высота, длина профиля, объем и т. п.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФАКТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОЭМУЛЬСИЙ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ

Стешенко А.А., Мурашова Н.М.

*ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,
Россия, Москва, 125047, Миусская площадь, дом 9
e-mail: steshenko.arsenii@gmail.com*

К достоинствам микроэмульсий относятся термодинамическая стабильность, оптическая изотропность, большая межфазная поверхность, способность солюбилизировать водо- и маслорастворимые соединения. Благодаря этому микроэмульсии находят широкий диапазон применений для решения задач химической технологии. Обратные микроэмульсии, содержащие в каплях водный раствор кислоты, можно использовать для химического полирования металлов [1]. Предполагается, что капли микроэмульсии с кислотой более активно взаимодействуют с выступающими неровностями поверхности, что приводит к снижению шероховатости.

Микроэмульсия в системе додецилсульфат натрия (ДСН) – бутнол-1 – керосин – водный раствор HNO_3 является многокомпонентной системой, ее свойства зависят от многих факторов одновременно, поэтому для исследования использовались многофакторные эксперименты следующих классов: отборочный план (screening design) использовался для определения влияния состава микроэмульсии на два отклика - солюбилизационную ёмкость по азотной кислоте и размер капель микроэмульсии; план поверхности отклика (response surface design) использовался для построения численной зависимости между составом микроэмульсии и максимальной солюбилизацией по азотной кислоте.

Было выявлено, что размер капель микроэмульсии не влияет напрямую на солюбилизационную ёмкость по азотной кислоте, но она сильнее всего увеличивается при уменьшении соотношения бутанола к ДСН, а также при уменьшении массовой доли воды и увеличении массовой доли ДСН в микроэмульсии. Плоскость зависимости имеет форму седла с увеличением максимальной солюбилизации при значительном увеличении массовой доли ПАВ и соПАВ и уменьшении массовой доли воды. Полученные данные позволяют выбрать состав микроэмульсии для проведения химического полирования.

Литература

1. Мурашова Н.М., Левчишин С.Ю., Субчева Е.Н., Краснова О.Г., Юртов Е.В. Химическое полирование алюминия с помощью обратных микроэмульсий, содержащих кислоту // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2020. Т.56. №3. С.309-316.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ SiO_2 НА РЕОЛОГИЮ СУСПЕНЗИЙ КСАНТАНОВОЙ КАМЕДИ

Сызранцев В.В.¹, Гацаев З.Ш.¹, Висханов С.С.¹

¹ Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, 364024 г. Грозный, просп. Исаева, 100, Россия
e-mail: vyveliga@mail.ru

Эта работа представляет собой исследование реологических свойств водных растворов ксантановой камеди при допировании ее наночастицами диоксида кремния, полученных плазменно-дуговым методом для определения возможности регулирования основных технологических и физико-химических свойств буровых растворов.

Было показано, что увеличение концентрации камеди до 1 %мас. приводит к росту вязкости примерно в 1.5 раза, а степени псевдопластичности в 1.8 раза. Увеличение концентрации НЧ до 2% мас. увеличивает вязкость в 2.5-3 раза, но степень псевдопластичности увеличивается только лишь на 20%.

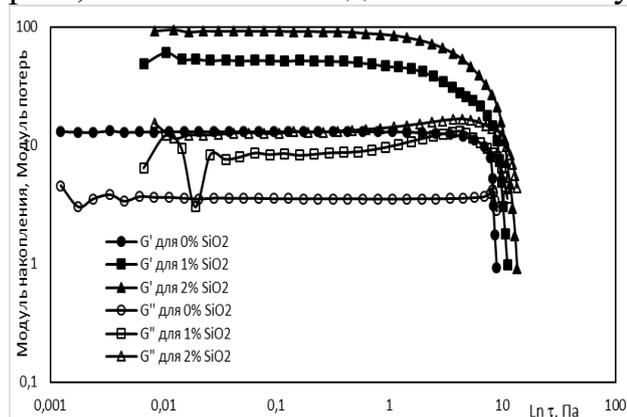


Рис. 1. Модули упругости и потерь для суспензии ксантановой камеди (0.5%) с добавкой наночастиц SiO_2 . Частота 10 рад/с.

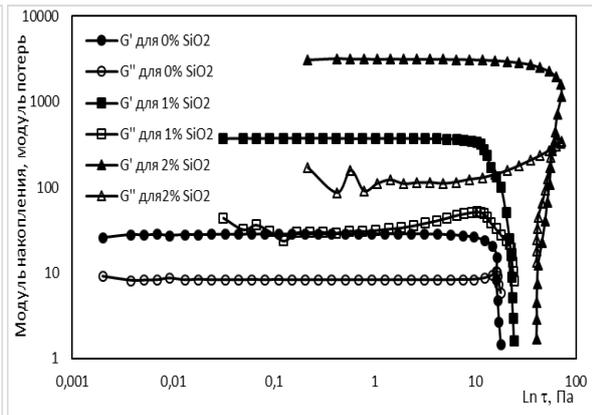


Рис. 2. Модули упругости и потерь для суспензии ксантановой камеди (1%) с добавкой наночастиц SiO_2 . Частота 10 рад/с.

Исследования показали, что модули накопления, модули потерь и величина точки течения растут с ростом концентрации НЧ. В случае 0.5% камеди переход на нелинейный участок происходит плавно, и предел текучести с ростом концентрации НЧ, снижается в 4 раза.

В случае 1% камеди снижение параметров на нелинейном участке здесь происходит резко (хрупкий разрыв). Кроме того, что образец с 1% наночастиц показывает двухэтапное снижение в виде хрупкого разрыва. Образец с 2% наночастиц показывает хрупкий разрыв с обратным участком кривой, характерный для области локальной текучести твердого материала после преодоления его предела прочности.

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛИГНОСУЛЬФОНАТА С ПОВЕРХНОСТЬЮ ТОБЕРМОРИТА¹

Тарарушкин Е.В.¹

¹ НИУ ВШЭ, Россия 109028, г. Москва, Покровский бульвар, д.11,
e-mail: evgeny.tararushkin@yandex.ru

Лигносультфонат широко используется в промышленности в качестве анионных ПАВ, в том числе при производстве бетонных и железобетонных конструкций [1]. Применение лигносультфоната позволяет повысить текучесть бетонной смеси и соответственно снизить количество воды, что положительно сказывается на прочности затвердевшего бетона. Однако остается не выясненным вопрос поведения лигносультфоната в поровом пространстве бетона, а также на поверхностях гидратированных фаз портландцемента.

В настоящей работе делается попытка выяснить поведение растворенного в воде лигносультфоната на поверхности одной и важных гидратированных цементных фаз – гидросиликата кальция (C-S-H) с помощью классического атомистического моделирования. Идеальная структура тоберморита 11Å [2] выбрана в качестве модели C-S-H фазы. В качестве модели лигносультфоната выбрана молекула с формулой C₂₀H₂₄O₁₀S₂. Моделирование проводилось при комнатной температуре.

В результате моделирования определены структурные и динамические свойства водного раствора с молекулами C₂₀H₂₄O₁₀S₂ в поре, сформированной из стенок тоберморита 11Å. Определены центры адсорбции на поверхности тоберморита 11Å. Выяснено, что ассоциация молекул C₂₀H₂₄O₁₀S₂ возможна.

Литература

1. Ruwoldt J. // Surfaces. 2020. № 3. С. 622-648.
2. Hamid S.A. // Zeitschrift flir Kristallographie. 1981. № 154. С. 189-198.

¹ Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОЭМУЛЬСИЙ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ ZnO ИЗ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ШЛАМОВ

Токарев П.О., Мурашова Н.М.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Россия, 125047,
г. Москва, Миусская площадь, 9.
e-mail: ligreyn@mail.ru*

Гальванические шламы образуются в процессах очистки сточных вод гальванических производств реагентными методами. В данной работе предлагается использовать обратную микроэмульсию в системе додецилсульфат натрия – бутанол-1 – керосин – вода – ди-(2-этилгексил)фосфорная кислота для выщелачивания цинка из цинк-содержащих гальванических шламов с последующим синтезом наночастиц оксида цинка в этой микроэмульсии. Ранее такая микроэмульсия была предложена для выщелачивания цветных металлов из оксидного сырья [1].

Была использована микроэмульсия состава, мас. %: вода - 6,7; додецилсульфат натрия - 10,8; бутанол-1 - 25,5; ди-(2-этилгексил)фосфорная кислота - 9,4; остальное – керосин; размер ее капель до и после выщелачивания составлял примерно 4 нм. Эксперимент проводился на образце шлама, содержащем в своём составе 31,0 мас. % Zn, и включал следующие стадии: выщелачивание в течение 10 минут при соотношении твёрдой и жидкой фазы 1:50, температуре 50 °С, скорости перемешивания 1200 об/мин и ультразвуковом воздействии 26,2 Вт; отделение твёрдой фазы центрифугированием при 8000 об/мин в течение 10 минут; добавление 0,5М NaOH в микроэмульсию по каплям при 1200 об/мин и комнатной температуре; перемешивание при тех же условиях ещё 15 минут; отделение наночастиц оксида цинка от микроэмульсии с последовательной промывкой дважды водой, затем единожды ацетоном при воздействии ультразвука, мощностью 26,2 Вт, после каждой промывки осадок отделяли центрифугированием; высушивание 1 ч при 100 °С.

По результатам анализа методом просвечивающей электронной микроскопии полученные наночастицы ZnO имели сферическую форму и узкое распределение по размеру, средний размер был 6 ± 2 нм. На разработанный метод переработки цинк-содержащих гальванических шламов был получен патент РФ № 2799182.

Список литературы

1. Полякова А.С., Мурашова Н.М., Юртов Е.В. Микроэмульсии в системах додецилсульфат натрия – бутанол-1 – экстрагент – керосин – вода для извлечения цветных металлов из оксидного сырья // Журнал прикладной химии. 2020. Т.93. №2. С. 249-256

РОЛЬ ПОЛИМЕРНОГО ПАВ В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА МИКРОГЕЛЯ ПОЛИ-N-ВИНИЛКАПРОЛАКТАМА

Точиллов Д.М., Слепцова О.В.

*ВГУ, Россия 394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1
e-mail: jeffray@mail.ru, slepts@gmail.com*

Полимерные микрогели имеют широкие перспективы применения во многих отраслях, в том числе медицине, биотехнологии, фармакологии и других, так как могут быть использованы в качестве контейнеров для различных наночастиц. Синтезируют микрогели методом гетерофазной радикальной полимеризации с участием ПАВ, которые контролируют процесс зарождения и стабилизируют полимерные частицы. Одним из перспективных водорастворимых неионогенных мицеллообразующих ПАВ, позволяющих добиться высокой биосовместимости микрогелей, является Pluronic P123 – триблоксополимер этиленоксида и пропиленоксида.

В настоящей работе с участием Pluronic P123 в качестве эмульгатора осуществлен синтез микрогеля – водной дисперсии сетчатого термочувствительного поли-N-винилкапролактама (ПВК). Варьируя концентрацию полимерного ПАВ и характер диспергирования исходной эмульсии мономера, удалось подобрать условия получения агрегативно устойчивых коллоидных систем. Методом динамического рассеяния света было установлено, что синтезированные микрогели представляют собой монодисперсные системы. Данный факт подтверждает предполагаемый мицеллярный механизм протекания эмульсионной полимеризации, то есть зарождение и рост частиц ПВК внутри мицелл Pluronic P123. При увеличении концентрации Pluronic P123 выше его ККМ наблюдается уменьшение гидродинамического радиуса частиц ПВК от 150 нм до постоянного значения 50 нм при сохранении монодисперсности, что свидетельствует о влиянии мицеллярной структуры раствора ПАВ на процесс полимеризации. Снимки, полученные просвечивающей электронной микроскопией, подтвердили сферическую форму и наноразмер полимерных частиц, но выявили их сложную морфологию.

Благодаря наличию на поверхности частиц ПВК адсорбционных слоев неионогенного ПАВ Pluronic P123, обеспечивающих неэлектростатический фактор устойчивости, на основе микрогеля ПВК методом химического восстановления синтезирован агрегативно устойчивый серебросодержащий композит. Наноразмер частиц серебра в композите подтвержден методом УФ-видимой спектроскопии.

КОМПОЗИЦИИ АМФОТЕРНЫХ И БАКТЕРИЦИДНЫХ ПАВ ИЗ ГИДРОЛИЗАТОВ БЕЛОКСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДЛЯ БЫТОВЫХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ

Цивадзе А.Ю., Фридман А.Я., Новиков А.К., Полякова И.Я.,
Баринов Р.А., Бардышев И.И., Ташаев А.Б.

ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: bardyshev@phycbe.ac.ru

Разработана композиции амфотерных ПАВ «ЦИФЛАН 3321», как основа современных доступных, нетоксичных, экологически безопасных бытовых чистящих и моющих средств. Для ее синтеза используют щелочные массовые белоксодержащие отходы [1], в которые вводят сульфенол, ОП-10 и формальдегид в соответствующих количествах и реакцию массу обрабатывают паром.

Композиция состоит из аминокетатов глицеридов жирных кислот $[R^i\text{-COO-})_3\text{C}_3\text{H}_{3-i}\text{L}_i$, полисахаридов $[\text{C}_6\text{H}_2\text{O}_2(\text{OH})_3\text{L}_i]_n$, сульфанола $R^i\text{C}_6\text{H}_{5-i}\text{SO}_3\text{L}_i$ и ОП-10 $\text{C}_6\text{H}_{5-i} (\text{C}_i\text{H}_{2i-1})_2[-\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_{10}\text{OH}] \text{L}_i$, где L - $\text{CH}_2\text{-NHCR-COONa}$. Массовое содержание амфотерных ПАВ не менее 20 %, pH 5.8 = 6.2.

На кривых pH-метрического титрования имеются три буферные области pH 8,8 -10.6, pH 5.7- 7.8 и pH 3.2 – 5.0. Первой области отвечает равновесие $(\text{L}_2)^- + \text{H}^+ = (\text{HL}_2)^-$ ($\text{pK} \approx 10$) и $\text{L}^- + \text{H}^+ = \text{HL}$ ($\text{pK} \approx 9.1$), второй - равновесие $(\text{L}_2)^- + \text{H}^+ = (\text{HL}_2)^-$ ($\text{pK} \approx 6.4$), а третьей $\text{HL} + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{L}$. Поверхностное натяжение 0.5% раствора 0.032 (pH = 3.4), 0.030 (pH = 6) и 0.024 (pH = 9) н/м. Кислотная емкость не менее 1 мг-экв/см³, щелочная емкость не менее 6.6 мг-экв/см³. Металлоемкость 5 мг-экв(трилона Б) /г. ЦИФЛАН 3321 относится к веществам четвертого класса опасности, ЛД(50) более 15 г/кг. Амфотерные ПАВ биологически разлагаемые.

Действие ЦИФЛАН 3321 основано на внедрении углеводородных радикалов бифильных соединений в загрязнения и формирования из ацетатов полисахаридов и ОП-10 гидратируемых оболочек.

На основе «ЦИФЛАН 3321» были разработаны рецептуры средств для мытья посуды и для стирки. Содержание «ЦИФЛАН 3321» в пределах 6-10 % в пересчете на сухое вещество. В рецептуры вводят загустители, ароматизаторы, красители и вещества для придания товарного вида. Средства сохраняют работоспособность при разбавлении до 100 раз.

КОМПОЗИЦИИ ПАВ СО СВОЙСТВАМИ КОМПЛЕКСОНОВ**Фридман А.Я., Цивадзе А.Ю., Новиков А.К., Полякова И.Я.,****Баринов Р.А., Бардышев И.И., Ташаев А.Б.***ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;
e-mail: bardyshev@phycbe.ac.ru*

Разработана основа универсального технического моющего на основе композиций поверхностно активных веществ со свойствами комплексонов, в которых иминодиацетатные группировки включены как заместители в структуру глицеридов жирных кислот $[R'-COO-)_3C_3H_{3-i}L_i$, полисахаридов $[C_6H_2O_2(OH)_3L_i]_n$, сульфанола $R/C_6H_5-iSO_3L_i$ и ОП-10 $C_6H_5-i (C_iH_{2i-1})_2[-O(C_2H_4O)_{10}OH]L_i$, (заряд опущен), где L - $CH_2-N(CHR-COO^-)(CH_2-COO^-)$, далее средство.

Средство синтезировано путем щелочного гидролиза белоксодержащих отходов, добавлением сульфанола, ОП-10 и формалина, проработки паром и добавлением натриевой соли монохлоруксусной кислоты и доведения pH до задаваемой величины. В средстве с pH 9. 2 – 10 группировки могут быть виде солей щелочных металлов, с pH 6-8 – в виде цвиттер-ионов, а с pH 4 – 5.5 в - виде аммонийных солей. Производные глицеридов жирных кислот и сульфанола – бифильные вещества, полисахаридов и ОП-10 – смачиватели. Значения констант диссоциации pK и констант устойчивости комплексов металлов коррелируют с соответствующими величинами для этилендиаминтетрауксусной кислоты. Все компоненты - умягчители воды. Поверхностное натяжение 0.25 % в зависимости от pH в пределах 0.019 – 0.027 н/м. Минимальная концентрация для очистки от жировых загрязнений около 0.0008 %. Натурные испытания растворов средства для автоматической и ручной мойки авто-тракторной техники, машинной стрики загрязненного обмундирования, мытья посуды, уборки помещений показали их высокую эффективность.

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЕ «ГЛИНИСТЫЙ ГРУНТ – КАРБИДНЫЙ ИЛ»¹

Соколова Ю.В., Айзенштадт А.М., Фролова М.А.

*САФУ имени М.В. Ломоносова, Россия 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17
e-mail: yu.sokolova@narfu.ru*

Глинистый грунт представляет собой многофазную многокомпонентную алюмосиликатную дисперсную систему, характеризующуюся специфическими свойствами, которые обусловлены не только составом глинистых пород, но и формированием между минеральными частицами грунта коагуляционных и переходных контактов.

Известно, что одним из методов улучшения характеристик глинистых грунтов является введение активных минеральных добавок, способствующих образованию фазовых контактов между частицами грунта в результате протекания пуццолановой реакции. Доказана эффективность применения в качестве такой добавки карбидного ила, представляющего многотоннажный известьсодержащий отход (содержание активного СаО доходит до 56 %). Однако до настоящего времени предполагаемый механизм взаимодействия в системе «глинистый грунт – карбидный ил» основан только на литературных данных и экспериментально не подтверждён.

Целью данной работы являлось исследование механизма структурообразования в дисперсной системе «глинистый грунт – карбидный ил».

По результатам дифференциально-термического анализа (ДТА) отмечается уменьшение интенсивности эндотермического эффекта в диапазоне 460÷470 °С, связанного с разложением гидроксида кальция. Кроме того, наблюдается эндотермический эффект при 750 °С, характерный для гидросиликатов кальция. Результаты ДТА подтверждаются данными рентгенофазового анализа, которые показывают присутствие в реакционной среде гидросиликатов группы тоберморита. Исследование микроструктурных особенностей анализируемых смесей показало уменьшение в конечном продукте удельного объема пор диаметром 4–5 нм, что связано с образованием геля из частичек гидратных новообразований, и увеличение объема пор диаметром более 6 нм, что, по нашему мнению, указывает на образование гелевых и контракционных пор.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного Фонда, проект № 23-13-20013

КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЛОКСОПОЛИМЕРОВ ПОЛИЭТИЛЕНОКСИДА И ПОЛИПРОПИЛЕНОКСИДА

Чалых А.Е.¹, Шульгин А.В.², Грицкова И.А.²

¹ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4;

²РТУ-МИРЭА, Россия 119571, г. Москва, проспект Вернадского, д. 86
e-mail: chalykh@mail.ru

Одной из важных областей полимерного материаловедения, где поверхностно-активные вещества (ПАВ) играют решающую роль, является синтез полимерных суспензий с контролируемым размером и морфологией частиц. Известно, что изменение химической природы, молекулярно-массовых характеристик, конформационного и конфигурационного строения ПАВ позволяет регулировать такие параметрами растворов и дисперсий, как минимальное поверхностное натяжение, критическую концентрацию мицеллообразования, адсорбцию ингредиентов на межфазных границах, поверхностное давление и могут влиять на зарождение, рост и стабильность полимерных частиц. Очевидно, что количественная информация о коллоидно-химических свойствах ПАВ имеет принципиальное значение при решении проблем оптимизации технологии синтеза высокомолекулярных соединений. В настоящей работе мы исследовали свойства блок-сополимеров полиэтиленоксида и полипропиленоксида, которые являются водонерастворимыми и водорастворимыми ПАВ соответственно.

Измерения межфазного натяжения проводили методом висящей капли с помощью прибора Krüss DSA-30, а также с помощью тензиометра K100 MK2/SF/C фирмы «KRÜSS». По полученным концентрационным зависимостям межфазного натяжения были рассчитаны коллоидно-химические свойства ПАВ. Адсорбция ПАВ на границе раздела вода-толуольный раствор ПАВ определялась по избыточной поверхностной концентрации Γ_{\max} , минимальную площадь S_{\min} , приходящаяся на головную группу молекулы ПАВ оценивали предполагая образование насыщенного монослоя на границе раздела фаз, в рамках того же подхода определяли толщину монослоя ПАВ δ , критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ) оценивали стандартным методом тензометрии, поверхностное давление π при ККМ рассчитывали по разности межфазного натяжения на границе толуол/вода и натяжения раствора ПАВ при ККМ, для оценки склонности ПАВ к адсорбции на границе раздела толуол/вода относительно его склонности к образованию мицелл использовали соотношение $\text{ККМ}/C_{20}$.

АЛМАЗНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ С ПОВЕРХНОСТЬЮ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ИОНАМИ МАРГАНЦА¹

**Чижикова А.С.¹, Юдина Е.Б.¹, Panich А.М.², Salti М.², Shames А.І.²,
Алексенский А.Е.¹, Вуль А.Я.¹**

¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26;

² BGU of the Negev, 8410501, Israel, Beer-Sheva, P.O. Box 653;

e-mail: chizhikova@mail.ioffe.ru

Алмазные наночастицы детонационного синтеза (частицы ДНА) с привитыми катионами парамагнитных металлов могут быть использованы в качестве контрастных веществ для магнитно-резонансной томографии [1–4]. Наличие карбоксильных групп на поверхности частицы ДНА позволяет проводить модификацию поверхности ионами металлов в ходе реакции ионного обмена [5].

Целью данного исследования являлось получение водных и водно-солевых суспензий ДНА с поверхностью, модифицированной ионами марганца (ДНА-Mn). Для стабилизации суспензий ДНА-Mn в физиологической среде использовался поливинилпирролидон.

Суспензии ДНА-Mn охарактеризованы методами динамического рассеяния света, лазерного доплеровского электрофореза и ядерного магнитного резонанса.

Авторами показана возможность получения устойчивых к седиментации в физиологических жидкостях (крови, лимфе и т.п.) суспензий ДНА с поверхностью, модифицированной ионами марганца.

Литература

1. Kunuku S., Lin B.-R., Chen C.-H., Chang C.-H., Che, T.-Y., Hsiao T.-Y., Yu H.-K., Chang Y.-J., Liao L.-C., Chen F.-H., Bogdanowicz R., Niu H. // ACS Omega. 2023. № 8. С. 4398–4409.
2. Panich А.М., Salti М., Aleksenskii А.Е., Kulvelis Y.V., Chizhikova А.С., Vul' А. Ya., Shames А. І. // Diam. Rel. Mater. 2023. № 131. P. 109591.
3. Panich А. М., Salti М., Prager О., Swissa Е., Kulvelis Y. V., Yudina Е. В., Aleksenskii А. Е., Goren S. D., Vul' А. Ya., Shames А. І. // Magn. Reson. Med. 2021, № 86. P. 935–942.
4. Hou W., Toh T. B., Abdullah L. N., Yvonne T. W. Z., Lee K. J., Guenther I., Chow E. K.-H. // Nanomedicine: NBM. 2017, № 13, С. 783–793.
5. Алексенский А. Е., Яговкина М. А., Вуль А. Я. // ФТТ. 2004. № 46. С. 668–669.

¹ Работа выполнена в рамках Государственного задания № FFUG-2022-0012.

**КОАГУЛЯЦИЯ ГИДРОЗОЛЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННОГО
ДЕТОНАЦИОННОГО АЛМАЗА В РАСТВОРАХ NaCl¹****Чуйков Н.С., Ермакова Л.Э., Волкова А.В.***СПбГУ, Россия 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб. 7-9;**e-mail: st101521@student.spbu.ru*

Детонационный наноалмаз (ДНА) представляет собой алмазосодержащий материал со средним размером частиц 4-6 нм. В последнее время повышенный интерес к наночастицам ДНА вызван в первую очередь возможностью их применения в медицине, а именно в качестве средств доставки лекарственных препаратов, люминесцирующих бионаномаркеров и контрастных агентов для магнитно-резонансной томографии (МРТ). Помимо неоспоримых преимуществ в виде высокой биосовместимости и низкой цитотоксичности, существует ряд требующих комплексного решения проблем, связанных с использованием дисперсий ДНА, таких как невозпроизводимость физико-химических свойств частиц, полидисперсность, коагуляция наночастиц при изменении солевого фона, кислотности, разбавлении и концентрировании исследуемых дисперсий.

В связи с этим в докладе представлены результаты исследования агрегативной устойчивости полидисперсного водного золя положительно заряженного детонационного алмаза (порошок ДНА был получен путём подрыва смеси тротила и гексогена) с частичной концентрацией $(2.44 \pm 0.19) \times 10^{10}$ частиц/см³ при естественном значении рН ($pH_{ест}$) 5.8 – 6.0 в растворах NaCl различной концентрации и в 10^{-3} М растворе NaCl при различных рН. Установлено, что изоэлектрическая точка в 10^{-3} М растворе NaCl лежит при рН 7. Определены пороги медленной (МК) и быстрой коагуляции (БК) при $pH_{ест}$, составившие 2.5×10^{-3} М и 7.5×10^{-3} М, соответственно. Показано, что для исследованного гидрозоля ДНА характерна весьма узкая область МК, и значение порога БК заметно ниже, чем для типичных ионно-стабилизированных коллоидов. Установлено, что коагуляция гидрозолей ДНА обусловлена главным образом уменьшением вклада ионно-электростатической составляющей энергии парного взаимодействия частиц при уменьшении абсолютной величины дзета-потенциала, но при достаточно высоких концентрациях растворов хлорида натрия ($\geq 3 \times 10^{-2}$ М) и $pH > pH_{ест}$ вклад в устойчивость дисперсий наноалмаза, по-видимому, также вносит наличие граничных слоев воды у поверхности частиц.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда, проект № 23-23-00333. Исследования проведены с использованием оборудования Ресурсных центров Научного парка СПбГУ.

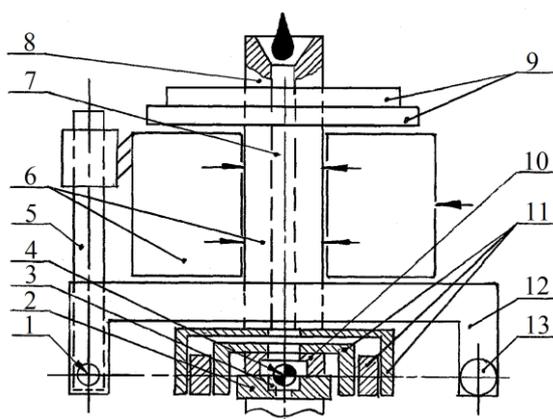
ВИСКОЗИМЕТР "КОЛЬЦЕВАЯ ПЯТА - ПОДПЯТНИК" ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЛЕНОК ЖИДКОСТЕЙ ТОЛЩИНОЙ ~10 МКМ И 0,5МПА

Чхетиани П.Д.¹

¹ИМАШ РАН, Россия 119334, г. Москва, ул. Бардина, 4
e-mail: pavelnew1@yandex.ru

Для исследований реологических характеристик жидкостей используются вискозиметры разнообразных конструкций, объекты испытаний которых имеют толщину многократно превосходящую величину 10 мкм. Между тем в качестве вискозиметра может использоваться пара трения «пята – подпятник», по сути – упорный подшипник скольжения. "Кольцевая пара пята - подпятник" позволяет обеспечить высокие давления и градиенты скорости при условии сколь угодно точного определения величины зазора между рабочими торцами и силы трения могла бы стать основой нового типа прецизионных вискозиметров.

В ИМАШ РАН разработан вискозиметр со схемой трения «кольцевая пята – подпятник», в котором обеспечивается самоустановка подпятника по отношению в вращающейся кольцевой пяте. Это позволяет гарантировать постоянство толщины исследуемой жидкости по всему кольцевому объему. Сила трения, благодаря использованию аэростатических подшипников, может быть измерена практически без паразитных потерь. Наконец, путем регистрации прохождения электрического тока между пятой и контактной площадкой на подпятнике определяется толщина зазора между ними.



1 – шарик, воспринимающий момент сил в зоне трения; 2 – пята; 3 – пространство между пятой и подпятником; 4 – центр самоустановки подпятника по отношению к вращающейся пяте; 5 – рессора; 6 – аэростатический подшипник; 7 – отверстие для подачи исследуемой жидкости в зону трения; 8 – шип аэростатического подшипника; 9 – грузы; 10 – подпятник; 11 – конструкция, укомплектованная шарнирными подшипниками и предназначенная для самоустановки; 12 – п-образная балка, предназначенная для восприятия момента сил в зоне трения; 13 – вихретоковый датчик перемещений п-образной балки.

Фрагмент вискозиметра без аэростатического радиально-упорного подшипника и электродвигателя

ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ НАНОЧАСТИЦ L- И D-АСПАРАГИНАТА ХИТОЗАНА¹

Шипенко К.М.¹, Луговицкая Т.Н.², Шиповская А.Б.¹

¹СГУ им. Н.Г. Чернышевского, Россия 410012, г. Саратов, ул. Астраханская 83

²УРФУ им. Б.Н. Ельцина, Россия 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира 19

e-mail: kshipenok@gmail.com

Обсуждаются процессы структурообразования, протекающие в системе хитозан (CS) + L- или D-аспарагиновая кислота (L-(D-)AspA) + вода при самопроизвольном формировании полимерных наночастиц. Использовали CS со средневязкостной молекулярной массой 200 кДа и степенью деацетилирования 82 мольн.%. Исследовали систему с концентрацией полимера $(0.2-1.2) \cdot 10^{-2}$ М и мольном соотношении [AspA]:[~NH₂] = 0.8–3.0 моль : осново-моль.

Показано, что растворение CS в L-(D-)AspA сопровождается образованием L-(D-)аспарагината хитозана (CS·L-(D-)AspA), молярная электрическая проводимость растворов которого в координатах Кольрауша уменьшается с повышением концентрации полимера вследствие снижения подвижности ионов кислотного остатка под действием электростатического потенциала макроиона. Значения константы и степени диссоциации CS·L-(D-)AspA соответствуют мало диссоциирующим полиэлектролитам, электропроводность которых определяется подвижностью противоионов. Вязкостные свойства указывают на частичную компенсацию зарядов макроцепей посредством формирования ионных пар [~-NH₃⁺] – анион.

Оценка физико-химических свойств во времени выявила нестабильность кислотно-основных, вязкостных и электрохимических свойств исследуемой системы. Установлено, что электропроводность, диэлектрическая проницаемость и приведенная удельная вязкость растворов CS·L-(D-)AspA является сложной функцией ассоциации противоионов с поликатионом, приводящей к фазовой сегрегации полимерного вещества на уровне наночастиц. Гидродинамический диаметр формирующихся наночастиц зависит от концентрации CS и L-(D-)AspA, мольного соотношения [AspA]:[~-NH₂] и стереомерной формы (L- или D-) кислотного остатка.

Наночастицы CS·L-(D-)AspA нетоксичны, гемо- и биосовместимы, а также проявляют высокую ростостимулирующую активность в отношении тест-растений с наилучшим эффектом для наночастиц CS·D-AspA.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №22-23-00320, <https://rscf.ru/project/22-23-00320/>

НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА В ОБРАЩЕННЫХ МИЦЕЛЛАХ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ КАРБОКСИМЕТИЛХИТИНОМ¹

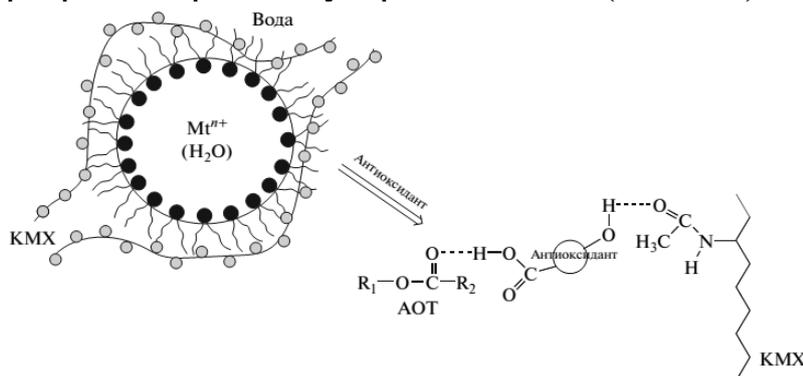
Широкова Л.Н., Александрова В.А.

ИНХС РАН, Россия 119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, д.29;

e-mail: shirokova@ips.ac.ru

Мицеллярный раствор наночастиц серебра в изооктане (“Ланакон”, Россия) использовали в качестве источника наночастиц. Наноразмерные частицы серебра получали радиационно-химическим восстановлением ионов серебра Ag^+ активными восстановительными частицами радиолиза, генерируемыми γ -излучением ^{60}Co в обратно-мицеллярной системе $\text{AgNO}_3\text{-H}_2\text{O}$ -1,4-бис-[(2-этилгексил)окси]-1,4-диоксбутан-2-сульфонат) натрия (АОТ)-изооктан. Доза облучения составляла 10 кГр, степень гидратации $\omega = [\text{H}_2\text{O}]/[\text{АОТ}] = 8.0$.

Для получения нанокомпозитной макромолекулярной системы на основе 6-О-карбоксиметилхитина или КМХ (ММ 8×10^4 и степень карбоксилирования 1.0) и наночастиц серебра разработан одностадийный процесс, исключая стадию получения водной дисперсии наночастиц серебра, используя при этом УЗ-обработку гетерофазной системы (10 мин., частота 44 кГц). Показано, что в присутствии растительного антиоксиданта галловой кислоты (0.5 мас. % по полимеру) возможно образование водородных связей между стабилизирующей оболочкой мицеллы (АОТ), антиоксидантом и полимерной матрицей 0.5 мас. % КМХ. Такое взаимодействие может приводить к дополнительной стабилизации наночастиц серебра в макромолекулярной системе (Схема 1).



где $\text{R}_1 = -\text{CH}_2\text{C}_3\text{H}_6(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$, $\text{R}_2 = -\text{CHSO}_3\text{NaCH}_2\text{COOCH}_2\text{C}_3\text{H}_6(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$.

Схема 1. Образование водородных связей между стабилизирующей оболочкой мицеллы, антиоксидантом и полимерной матрицей КМХ.

¹ Работа выполнена в рамках Госзадания Института нефтехимического синтеза РАН

НИЗКОРАЗМЕРНЫЕ СЕНСОРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ НА ОСНОВЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ФТАЛОЦИАНИНОВ ДЛЯ АНАЛИЗА 3,3',5,5'- ТЕТРАМЕТИЛБЕНЗИДИНА МЕТОДОМ ГИГАНТСКОГО КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ¹

Ширяева О.А.¹, Звягина А.И.², Капитанова О.О.¹, Калинина М.А.²

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, Россия 119234, г. Москва, ул. Колмогорова, 1, стр.3;

² ИФХЭ РАН, Россия 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31, корп. 4
e-mail: ola.shiryayeva@gmail.com

Одной из важных задач аналитической химии является разработка подходов к определению биологически активных соединений, а также мониторингу реакций с их участием. К наиболее перспективным методам анализа относится спектроскопия комбинационного рассеяния. Однако ее применению препятствует ряд затруднений: низкая чувствительность данного метода и низкая или отсутствующая раман-активность многих аналитов в исходной форме. Первая проблема может быть решена с помощью гигантского комбинационного рассеяния, возникающего при использовании плазмонных структур. Решением второго вопроса, в свою очередь, могут являться гетерогенные фотокаталитические реакции окисления с участием синглетного кислорода, приводящие к образованию раман-активного продукта. В качестве подходящего фотокатализатора с высокой активностью могут выступать фталоцианины, обладающие химической и термической устойчивостью. Представляется перспективным совмещение свойств покрытий на основе фталоцианина, как эффективного фотокатализатора, и плазмонных свойств металлических наноструктур, позволяющих использовать спектроскопию ГКР.

В ходе данной работы была продемонстрирована фотокаталитическая активность фталоцианина в реакциях окисления модельных аналитов орто-фенилендиамина и дигидроксиафталина под действием видимого света. Методом послойной жидкостной эпитаксии были получены ультратонкие покрытия на основе оксида графена, ацетата цинка и $ZnPc(COONa)_{16}$. Было показано, что такой способ иммобилизации фталоцианина препятствует деградации катализатора под действием света. Полученные структуры проявляют фотокаталитическую активность (на примере реакции окисления 3,3',5,5'-тетраметилбензидина) при воздействии света с длиной волны, близкой к Q-полосе фталоцианина. Показанная возможность использования спектроскопии ГКР в сочетании с гетерогенными фотокатализаторами открывает новые возможности для детектирования различных соединений с раман-активной формой.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (№ 23-73-00095)

АДСОРБЦИЯ ВАНКОМИЦИНА НА НАНОАЛМАЗАХ ДЕТОНАЦИОННОГО СИНТЕЗА. ВЛИЯНИЕ pH И ИОННОЙ СИЛЫ РАСТВОРА ¹

Шэнь Т., Чернышева М.Г., Бадун Г.А.

*МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 10;
e-mail: chernyshevamg@my.msu.ru*

В настоящее время активно разрабатываются материалы, которые могут быть использованы как носители лекарственных средств. Благодаря высокой удельной и функционально развитой поверхности, а также низкой токсичности и биосовместимости для таких целей потенциально подходят детонационные наноалмазы. В данной работе изучена адсорбция на детонационных наноалмазах ванкомицина, представляющего собой циклический гликопептид и применяемый как антибиотик широкого спектра действия, а также определена прочность удержания вещества в составе адсорбционного комплекса.

Использовали наноалмазы (PlasmaChem, Германия), которые были охарактеризованы методами низкотемпературной адсорбции/десорбции азота, ИК-спектроскопии, динамического светорассеяния и капиллярным электрофорезом. Для определения адсорбции ванкомицина в него была введена тритиевая метка методом термической активации трития.

Адсорбцию ванкомицина проводили из водного раствора, а также 0,028 М фосфатного буфера при pH 6,7 и 2,7 в диапазоне концентраций 0,025 до 1 мг/мл при 25°C в течение 48 ч. Затем осаждали наноалмазы центрифугированием, промывали осадок водой и измеряли радиоактивность супернатанта и осадка.

Найдено, что адсорбция ванкомицина возростала практически линейно с увеличением его концентрации в растворе. Равновесная адсорбция ванкомицина при адсорбции из буфера при обоих значениях pH была выше, чем из воды. Однако адсорбция ванкомицина из воды была практически необратимой и не изменялась в процессе отмывки. При адсорбции из буферного раствора наблюдалось существенное уменьшение содержания ванкомицина при отмывке водой комплекса наноалмаз-ванкомицин. Полученные результаты позволяют предположить, что основным механизмом адсорбции ванкомицина на наноалмазах является образование водородных связей с поверхностными группами.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 22-23-00019.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МЕХАНИЗМ ЭФФЕКТА РЕБИНДЕРА ДЛЯ МЕТАЛЛОВ¹

Яблоков М.Ю., Лушников А.А.²

ИСПМ им. Н.С. Ениколопова РАН, 117393, г. Москва, ул. Профсоюзная, 70.

²*Геофизический центр РАН, 119296, г. Москва, ул. Молодежная, д.3.*

e-mail: yabl1@yandex.ru

Адсорбционное понижение прочности (эффект Ребиндера) открыто достаточно давно, и был достигнут значительный прогресс в его исследовании. Этот эффект до сих пор привлекает внимание ввиду его практической значимости и недостаточной изученности многих его сторон [1]. Особый интерес представляет адсорбционное понижение прочности металлов. В данной работе проведено моделирование эффекта Ребиндера для металлической поверхности, покрытой трещинами, и заполненными другим металлом. Трещины, заполненные металлом, представляются в виде двух плоскостей, разделенных характерным расстоянием L . Энергия взаимодействия двух плоскостей E , согласно подходу Казимира [2], может быть выражена как сдвиг энергии основного состояния колебаний поверхностной плотности заряда двух тел при изменении расстояния между ними от бесконечности до L . Диэлектрическая проницаемость металла в данной модели может быть представлена в виде совместного вклада электронного газа и ионной решетки. Было получено выражение:

$$E = \frac{4\pi^3 \hbar \omega(\infty)}{L^2} \int_0^\infty \left(\sqrt{\frac{1 + \alpha e^{-x}}{1 + \beta e^{-x}}} + \sqrt{\frac{1 - \alpha e^{-x}}{1 - \beta e^{-x}}} - 2 \right) x dx \quad (1)$$

где α , β – комбинации параметров выражения для диэлектрической проницаемости двух металлов в щели и вне ее. Исследуя выражение (1) и построив карту линий уровня этой функции двух переменных $E(\alpha, \beta)$, было обнаружено, что существуют области с положительными и отрицательными значениями энергии взаимодействия. В случае $E > 0$ между телами действуют силы отталкивания, которые приведут к росту трещин на поверхности металла и его разрушению.

Литература

1. Малкин И.А., Попов Д.А.// Физика металлов и металловедение. 2022. Т.123. № 12. С.1313-1324.
2. Мостепаненко, В. М., Трунов, Н. Н.// Успехи физических наук. 1988. Т. 156. № 11. С.385-426.

¹ Работа выполнена при частичной поддержке Министерства науки и образования РФ, номер темы FFSM-2021-0006

Авторский указатель

Абатурова Н.А.	147	Богданов А.В.	99
Абрамов В.А.	148	Богданов С.С.	239
Абушахманова З.Р.	149, 156	Богданова С.А.	148
Аверин А.А.	58	Богданова Ю.Г.	54
Агеев А.И.	26	Богословский А.В.	190
Агеева Т.А.	228	Бойнович Л.Б.	23, 24, 72, 170, 202
Аграновский Е.И.	43	Бондаренко Л.С.	153, 175, 237
Айзенштадт А.М.	249	Борисов К.М.	154
Акентьев А.В.	114	Борисов Р.В.	163
Акентьев В.А.	117	Брандышев П.Е.	38, 155
Акопова Т.А.	104	Бровина С.Д.	125, 156
Александров А.Е.	58	Брюзгин Е.В.	74
Александрова В.А.	255	Будкина В.А.	157
Алексанова Е.А.	156	Будков Ю.А.	38, 155, 160, 183
Алексенский А.Е.	34, 251	Булатников Д.А.	158
Алтынов В.А.	137	Булычев Б.М.	102
Амелюшкин И.А.	78	Буняев В.А.	159
Амерханова С.К.	207	Бурмистрова Н.А.	184
Анучина Н.М.	93	Буховец В.Л.	171
Апель П.Ю.	98	Быков А.Г.	114, 115
Аркадова И.Г.	150	Быстров П.А.	101
Арсланов В.В.	25, 67	Вагнер С.А.	76
Архангельская Е.А.	151	Валеева Ф.Г.	203
Атаманова А.А.	59	Ванг Вейшу	131
Афанасьев А.О.	229	Васенева И.Н.	30
Афзал А.М.	187	Васильев Л.С.	120
Ахатова Г.И.	47	Васильева В.А.	160
Ахунзянов А.А.	99	Васильева П.А.	161
Бабушкин Д.Э.	112	Васильева Э.А.	207
Бадун Г.А.	68, 93, 159, 257	Васянович Е.В.	43
Бадырова Н.М.	152	Везо О.С.	227
Баймуратова Р.К.	153	Веретенников М.Р.	173
Баранник А.А.	83	Верещагин А.Н.	106
Баранчиков А.Е.	194	Висханов С.С.	243
Бардаханов П.С.	139	Вишняков А.М.	79, 81
Бардина М.А.	106	Вовкотруб П.А.	162, 210
Бардышев И.И.	52, 103	Водолажский В.А.	33
Баринов Р.А.	103	Возняковский А.А.	51
Бармин Р.А.	42	Возняковский А.П.	51
Батищев О.В.	103	Войтылов А.В.	227
Безродных Е.А.	91	Войтылов В.В.	227
Белобородов А.А.	33	Волкова А.В.	33, 252
Белоусов М.В.	90	Волошина А.Д.	57, 207
Бельцева А.В.	236	Воробьев С.А.	29, 163
Берулина Л.В.	50	Воронюк И.В.	50
Беспалов Д.В.	145	Восмериков С.В.	21
Благодатских И.В.	91	Вуль А.Я.	36, 251
Блинов А.В.	167, 233	Высоцкий В.В.	101
Блинова А.А.	233		

Вышиванная О.В.	91	Дубровин Е.В.	171
Гавриков М.В.	164, 184, 215	Дударева В.Т.	121
Газарян Д.А.	165	Ежова А.А.	97
Гайнутдинов Р.В.	137	Елисеева Т.В.	50
Галеева А.И.	166	Емельяненко А.М.	24, 72, 170, 202
Галяметдинов Ю.Г.	107, 148, 166	Емельяненко К.А.	72, 170, 222
Гатауллин А.Р.	148	Енакиева Ю.Ю.	69
Гацаев З.Ш.	243	Еняшин А.Н.	191
Гвозденко А.А.	167, 233	Ермакова Е.В.	67
Глухова С.А.	87	Ермакова Л.Э.	33, 252
Глуховской Е.Г.	164, 184, 215	Ермолинский В.Г.	176
Голик А.Б.	167, 233	Естифеева Т.М.	42
Голикова Е.В.	33	Жуков А.Н.	34
Голованова О.А.	49, 145, 168	Жуков А.В.	140
Голубина Е.Н.	169	Завалюева А.С.	60, 178
Голубитченко Т.В.	170	Завьялов С.А.	181, 182
Гомзяк И.В.	220	Загайнов А.В.	43
Горбатова Н.В.	121	Загайнов В.А.	130, 212
Гордеева В.И.	121	Загайнов К.Д.	43
Горельшева А.Л.	121	Загоскин Ю.Д.	85, 86
Горин Д.А.	42	Зайцев Д.В.	135, 136, 225
Горкина Т.Е.	62	Зайцева Е.С.	179
Городецкий А.Е.	171	Залавутдинов Р.Х.	171
Городов С.И.	186	Захаров А.П.	171
Горшкова А.И.	172	Захарова Л.Я.	57, 100, 203, 207
Григорьев Т.Е.	86	Звягина А.И.	58, 69, 256
Григорьева Т.Ф.	21	Земская Л.И.	144
Гриншпан Д.Д.	68	Зеников Г.Р.	92
Грицкова И.А.	97, 250	Зефилов В.В.	180
Гуйван М.Ю.	156	Зиганшина А.Ю.	57, 100
Гусельникова О.А.	63	Зуева И.В.	207
Гуслякова О.И.	211	Иванов В.А.	116
Гуськов В.Ю.	46, 47	Иванов Д.П.	112
Дабижа О.Н.	124	Иванова А.И.	92
Дадашев Р.Х.	44, 174	Иванова О.П.	181, 182
Данилов Е.А.	31, 173, 226	Исаков Н.А.	90
Дарханов Е.В.	31	Ишутин В.А.	126
Девяткина Е.Т.	21	Кабанова А.В.	135, 225
Дементьева О.В.	55	Казакова Р.Р.	99
Демина Т.С.	104	Каликин Н.Н.	38, 183
Демьянцева Е.Ю.	105, 110	Калинин К.Т.	59
Джамбулатов Р.С.	174	Калинина А.М.	64
Джардималиева Г.И.	153, 175	Калинина М.А.	58, 65, 69, 70, 172, 256
Дзарданов Д.В.	231	Калиниченко Г.Л.	42
Дзеранов А.А.	153, 175, 237	Калякин Т.С.	31
Дидейкин А.Т.	36	Каменский М.Н.	169
Дмитриева И.Б.	161, 223	Каминский В.В.	222
Долинный А.И.	28	Кангина О.А.	68
Драник М.С.	140, 141	Капитанова О.О.	256
Дубовицкая А.Н.	60, 178		

Каратышова Т.Я.	184, 215	Красоткина А.И.	121
Карачаров А.А.	163	Кривандин А.В.	181, 182
Каргов С.И.	116	Кривопалова Е.В.	78
Карманов А.П.	51	Крылов Д.И.	67
Карпов Д.В.	163	Крылов Ю.М.	35
Карпов С.И.	60, 178	Крылова А.Г.	50
Карпюк Е.А.	116	Кувайцева М.А.	137
Карцева М.Е.	201	Кудров М.А.	78
Касаткина М.А.	215	Кудряшова Е.В.	61
Кашапов Р.Р.	57, 100	Кузина Е.А.	202
Кашапова Н.Е.	207	Кузнецов А.А.	73
Кеворкянц Р.Э.	79	Кузнецов Д.М.	111, 203
Кидалов С.В.	51	Кузнецов Н.М.	85
Кирш А.А.	185	Кузнецова Д.А.	203
Кирш В.А.	41	Кузнецова Е.В.	59
Киселев В.М.	168	Кузьмин А.О.	112
Киселева Т.Ю.	21	Куклин А.И.	36
Клепикова М.А.	186	Куклина А.А.	135, 136
Клименко И.В.	187, 188	Куксенова Л.И.	204
Климов В.В.	74	Кукушкин С.А.	134
Ключникова Н.В.	186	Кулишов А.А.	89
Клямкин С.Н.	102	Кульвелис Ю.В.	36
Ковалева В.В.	85	Кураева А.Е.	178
Ковалева О.П.	176	Курьяков В.Н.	37, 205, 206
Коваленко А.С.	189	Куулар В.И.	34
Кожевников И.С.	190	Кушназарова Р.А.	111, 207
Кожевникова Н.С.	191	Кущев П.О.	238
Кожунова Е.Ю.	54	Кыдралиева К.А.	153, 175, 237
Козлова М.М.	192	Лебедев В.Т.	36
Койфман О.И.	228	Лебедев-Степанов	89, 208
Колбнева Н.Ю.	77, 193	П.В.	
Колмаков А.Г.	194	Легкий Ф.В.	30, 209
Колмакова А.А.	194	Лежнина М.Г.	229
Колобов Р.Ю.	214, 219	Ли Шайлун	131
Колобов Ю.Р.	195	Липин В.А.	62
Колодкин М.А.	167	Литманович Е.А.	54
Колосов Д.А.	232	Лихацкий М.Н.	29, 163
Колосова О.Ю.	196	Лобанов А.В.	188
Коляганова О.В.	74	Ложечко Е.А.	217
Копаничук И.В.	79	Лозинский В.И.	196
Коровин Р.Д.	225	Ломаев С.Л.	120
Королева М.В.	234	Ломовкин В.В.	162, 210
Костыро Я.А.	197	Ломовская Н.Ю.	147
Котова О.А.	198	Ломовской В.А.	95, 147
Кочанов А.Н.	225	Луговицкая Т.Н.	254
Кочегаров С.С.	199	Лукьянов Д.А.	224
Кравец Л.И.	137	Луцай А.В.	119
Кравченко В.С.	200	Лушников А.А.	258
Кравчинский Д.М.	201	Лясникова М.С.	89
Красовский В.Г.	170	Ляхов Н.З.	21

Мазур Д.А.	160	Никольский Г.В.	121
Майорова Л.А.	228	Никулин С.С.	240
Майорова О.А.	211	Никулова У.В.	221
Максименко В.В.	43, 130, 212	Ниндакова Л.О.	152
Малинкина О.Н.	213	Новаков И.А.	74
Малкин А.И.	22, 132, 151	Новиков А.К.	103, 247, 248
Манохин С.С.	214, 219	Носков А.Б.	117
Мансурова М.Н.	99	Носков Б.А.	90, 114, 115, 118
Марина В.И.	224	Нугманова А.Г.	65, 172
Маркин А.В.	171	Овчинников К.А.	109
Марков В.Ф.	157, 191, 192, 236	Озерский А.В.	214
Мартаков И.С.	30	Ольхин А.С.	81
Масалов В.М.	35	Омран Ф.Ш.	222
Маскаева Л.Н.	157, 191, 192, 230, 236	Орлов В.Н.	91
Массон П.	99	Осипцов А.Н.	26
Мастальгина Е.Е.	125, 149, 156	Павлов Ю.С.	101
Матюшин Д.Д.	48	Павлова Е.Ю.	223
Меженев М.Е.	225	Пальцев О.С.	224
Миляева О.Ю.	114, 118	Панаева М.А.	115
Минаев Н.В.	104	Пантюхов П.В.	149, 156
Минаева Е.Д.	104	Панфилов П.Е.	129, 135, 136, 225
Миргород С.Ю.	220	Панченко А.В.	93
Миргородская А.Б.	111	Парамонова Н.Д.	226
Миронов В.Ф.	99	Парменова О.Н.	142
Миронюк В.Н.	164, 184, 215	Патлажан С.А.	76, 235
Мифтахова Р.Р.	99	Пахомов П.М.	83, 92
Михайлов А.В.	115	Паширова Т.Н.	99
Михайлов В.И.	30	Петров К.А.	207
Михеев И.В.	216	Петров М.П.	227
Михлин Ю.Л.	163	Петрова М.В.	228
Мишина Е.С.	217	Пигарева В.А.	224
Молчанов В.С.	87	Пирязев А.А.	181, 182
Морозов А.О.	78	Пластун В.О.	211
Музафаров А.М.	154	Платова Ю.В.	178
Мурашова Н.М.	108, 217, 218, 242, 245	Плуталова А.В.	54
Мурга З.В.	75	Плюснина И.О.	82
Мустафаев Т.Э.	220	Подлеснова Е.В.	109
Мухин Е.Е.	171	Подложнюк Н.Д.	51
Мушникова С.Ю.	142	Подолова Е.А.	229
Мягконосов Д.С.	32	Поздин А.В.	230
Навроцкий А.В.	74	Полина Г.Р.	177
Нгуен Х.Т.	218	Полунина И.А.	231
Неласов И.В.	219	Полякова А.С.	108
Нечаев И.И.	220	Полякова И.Я.	103, 247, 248
Нижников А.А.	90	Пономаренко А.Д.	232
Никитёнок А.В.	112	Пономарчук А.А.	141
Никитин К.К.	240	Попов А.А.	149
Николаев А.М.	189	Попов А.Д.	126
		Поповецкий П.С.	66
		Попырина Т.Н.	104

Портнов И.В.	200	Серхачева Н.С.	54
Постников А.И.	39	Симонов-Емельянов	95
Постников В.А.	89	И.Д.	
Постников П.С.	63	Ситников П.А.	30, 209
Потёмкин И.И.	200	Скворцова З.Н.	133
Пошвина Т.А.	62	Слепцова О.В.	165, 246
Пресняков К.Ю.	184	Смирнова А.И.	215
Прихожденко Е.С.	211	Смирнова А.И.	164
Проскурина В.Е.	107	Смит Р.А.	105, 110
Проскурнин М.А.	216	Смыков И.Т.	32
Рабчинский М.К.	162, 210	Совык Д.Н.	35
Раздобарин А.Г.	171	Соколов М.Р.	58, 69, 70
Разуваева Ю.С.	57, 100	Соколова Ю.В.	249
Ральченко В.Г.	35	Сокуров А.А.	75, 241
Ратова Д.-М.В.	216	Стафеев И.А.	84
Рафикова А.Р.	118	Степанов И.С.	144
Ревина А.А.	56, 101	Степанов С.В.	144
Рехвиашвили С.Ш.	75	Степко А.С.	89
Рехман З.А.	167, 233	Стешенко А.А.	242
Рогачев А.В.	137	Стовпяга Е.Ю.	34
Роман А.Б.	177	Столярова Д.Ю.	162, 210
Романов А.А.	119	Страхов В.О.	152
Романовская Г.И.	234	Суворова О.В.	101
Ромашева М.М.	105	Сыбачин А.В.	150, 224
Ротанова Ю.К.	117	Сызранцев В.В.	243
Рощин Д.Е.	235	Талызин И.В.	119, 239
Рудаковская П.Г.	42	Тамеев А.Р.	58
Рыбкина Т.В.	171	Тарарушкин Е.В.	244
Рыжков С.Г.	35	Татаринов Д.А.	99
Савельева М.С.	211	Татьяна М.Е.	177
Савенко В.И.	204	Ташаев А.Б.	103
Савин С.С.	35	Телин А.Г.	109
Савицкая Т.А.	68	Тимаков В.А.	126
Сайкова С.В.	29	Тихонов В.Е.	91
Сальников В.В.	57, 100	Тищенко Н.А.	91
Сальникова У.Н.	236	Товбин Ю.К.	122, 179
Саман Д.	175	Токарев П.О.	245
Саман Д.Г.	237	Томашевич Е.В.	29, 163
Самойлов В.М.	31	Торкунов М.К.	235
Самотина И.Ю.	238	Торлопов М.А.	30, 209
Самсонов В.М.	119, 239	Точиллов Д.М.	246
Сапунова А.С.	57, 100	Тропская Н.С.	153, 175, 237
Сафаров Ф.Э.	109	Трофимчук Е.С.	125
Световой В.Б.	39	Трусов А.А.	227
Сдобняков Н.Ю.	239	Трусова Е.А.	187
Седов В.И.	214	Трушков Г.В.	164
Седов И.В.	219	Тудупова Б.Б.	34
Селиванова Н.М.	166	Тумбинский К.А.	69, 70
Сенчихин И.Н.	58	Уваров И.В.	39
Сергеев М.В.	240	Уракаев Ф.Х.	127

Усольцева Н.В.	164, 215	Шилова О.А.	88, 124, 189
Фахреева А.В.	109	Шипенок К.М.	254
Федорова И.А.	35	Шиповская А.Б.	213, 254
Филатова Л.Ю.	94	Широкова Л.Н.	255
Филиппов А.Н.	40	Ширяев А.А.	69
Филиппова О.Е.	87	Ширяева О.А.	256
Флерко М.Ю.	29	Шишмакова Е.М.	55
Флягина И.С.	132	Шиянова К.А.	235
Фомина Ю.С.	86	Шмаков С.Л.	213
Фомичева И.И.	95	Шолохова А.Ю.	48
Фридман А.Я.	103, 247, 248	Шульгин А.В.	250
Фролова М.А.	249	Шэнь Т.	257
Хайдаров Б.Б.	149	Элимханов Д.З.	174
Ханина М.А.	229	Юдина Е.Б.	36, 251
Хасбиуллин Р.Р.	232	Юрасик Г.А.	89
Хассун О.А.	164	Юрк В.М.	157
Хижняк С.Д.	83, 92	Юров В.Ю.	35
Ховенталь П.А.	79	Яблоков М.Ю.	73, 137, 258
Ходан А.Н.	84	Ягудин Л.Д.	140, 141
Холявка М.Г.	60, 178	Якубова О.С.	110
Цивадзе А.Ю.	103, 247, 248	Япрынцев А.Д.	69
Чайникова Д.Н.	142	Ярмоленко М.А.	137
Чалых А.Е.	97, 221, 250	Panich A.M.	251
Чаусов Д.В.	43	Salti M.	251
Чащин И.С.	93	Shames A.I.	251
Чвалун С.Н.	59, 85, 86		
Чермашенцев Г.Р.	216		
Черникова Е.В.	54		
Чернышева М.Г.	68, 93, 159, 257		
Чернышова К.Ф.	56		
Черякова Е.И.	218		
Чижевская С.В.	140		
Чижикова А.С.	34		
Чижикова А.С.	36, 251		
Чикова О.А.	131		
Чудин А.А.	61		
Чуйков Н.С.	252		
Чурилина Е.В.	240		
Чухно А.С.	223		
Чхетиани П.Д.	143, 253		
Шабельникова Я.Л.	91		
Шайхутдинова З.М.	99		
Шапагин А.В.	82, 138, 232		
Шарапова Е.К.	108		
Шарафутдинова Ю.Ф.	47		
Шаров К.И.	138		
Швидченко А.В.	34		
Швидченко А.В.	36		
Шестаков А.С.	238		



СИСТЕМА МИКРОВОЛНОВОГО СИНТЕЗА

Микроволновая система Nova-2 - мономодовая система, предназначена для проведения реакций микроволнового синтеза как при повышенном, так и при атмосферном давлении.

Система Nova-2 может использоваться как в одиночном исполнении с ручной подачей сосудов, так и в системе с автосемплером, с автоматической подачей.

Синтез может проходить в герметичных запаянных ампулах под давлением и в открытых кварцевых сосудах.

В открытых сосудах возможно проведение автоматизированной процедуры микроволновой экстракции любых образцов.

Система ускоренного нагрева.

Система магнитного перемешивания 0-1500 об/мин.

Оptionальная система автосемплера рассчитана на 4 планшета по 24 (10 мл) или 16 (30 мл и 55 мл) контейнеров.



Технические характеристики

Характеристика	Значение
Электропитание	220 В, 50 Гц
Микроволновый нагрев	0 - 500 Вт
Измерение температуры	0- 350 °С
Контроль давления	0 - 4 МПа
Используемые контейнеры - синтез под давлением (до 30атм, 240°С) - синтез при атмосферном давлении	10 мл и 30 мл 55 мл
Количество контейнеров - 10 мл - 30 мл и 55 мл	96 64
Измерение температуры	ИК-датчик

Область применения

- микроволновый синтез органических субстанций
- микроволновый синтез наноструктурированных материалов
- автоматизированная пробоподготовка пищевых продуктов при проведении элементного анализа
- синтез фармацевтических препаратов - получение новых конструкционных материалов.
- испытания различных материалов, в том числе нефти, на воздействие СВЧ излучения.



«NP Vision» / www.npcounter.ru / info@npcounter.ru / +7-926-285-45-84

NP COUNTER

Российский прибор для измерения численной концентрации наночастиц в жидких средах

Прибор NP Counter (ООО «НП ВИЖН», Россия) измеряет численную концентрацию наночастиц в жидких средах прямым методом. В основе его работы лежит принцип ультрамикроскопии, позволяющий визуализировать наночастицы, диспергированные в жидкости. Процесс измерения занимает несколько минут, не требует дорогостоящих расходных материалов и имеет высокую точность и воспроизводимость результатов.

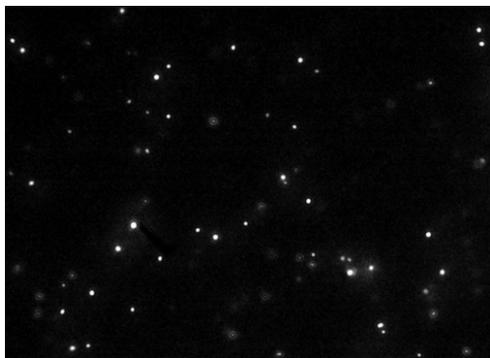


Наночастицы, диспергированные в жидкости, – коллоидная система, довольно часто встречающаяся или как объект исследования, или как готовый продукт. Важный параметр таких дисперсных систем – размер частиц. Экспериментальные методы измерения размеров наночастиц в жидких средах достаточно хорошо развиты (динамическое рассеяние света, дифракционные методы,

анализ траекторий наночастиц). Немаловажным параметром водных дисперсий наночастиц является концентрация. При этом одновременно и универсальных, подходящих для любых типов наночастиц, и удобных в применении, и недорогих по расходным материалам методов определения концентрации наночастиц в жидкости на данный момент не существует.

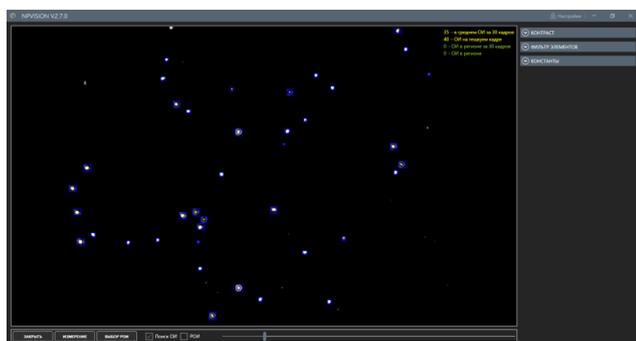
Метод ультрамикроскопии позволяет измерить численную концентрацию наночастиц в жидких средах. Данный экспериментальный метод был разработан Рихардом Зигмонди, получившим в 1925 году за это Нобелевскую премию по химии. Этот метод является разновидностью оптической микроскопии со специальным способом освещения образца при помощи лазера. Луч лазера и оптическая ось наблюдения микроскопа расположены взаимно перпендикулярно. Что позволяет получить в поле зрения микроскопа изображение рассеянного на образце лазерного излучения. Полученное таким образом изображение записывается цифровой камерой в видеофайл для дальнейшего анализа. Для жидкостей содержащих наночастицы такое изображение будет представлять собой светящиеся точки на темном фоне,

каждая из которых – рассеяние света на отдельной частице. Сами наночастицы увидеть данным методом нельзя, наблюдается рассеяние от частиц. Таким образом ограничений, связанных с дифракционным пределом в данном методе нет.



Характерный вид образца при наблюдении методом ультрамикроскопии

Программное обеспечение NP Vision, специально разработанное для этого метода, позволяет по заданным пользователем параметрам найти в каждом кадре видео изображения, соответствующие рассеянию от наночастиц, и подсчитать их. Таким образом, для каждого кадра видео измеряется концентрация частиц. Поскольку наночастицы совершают броуновское движение, и в процессе измерения часть частиц уходит из поля зрения (а часть частиц, напротив, приходит), то измеряется усредненная концентрация наночастиц.

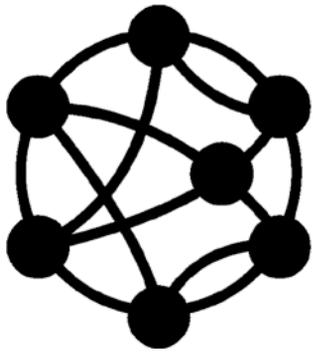


Пример анализа кадра видео программой NP Vision. Светлые точечные объекты на фото – это рассеяние от диспергированных в воде наночастиц SiO₂ R=55 нм. Каждый синий квадрат – результат работы алгоритмов программы по нахождению изображений рассеяния от наночастиц

Для проведения измерений достаточно 1 мл образца. Минимальный размер частиц, концентрацию которых можно измерить, зависит от материала частиц. Для металлических, хорошо рассеивающих лазерное излучение частиц минимальный размер около 5–10 нм. Для частиц из других материалов нижняя граница применимости выше и зависит от рассеивающей способности частиц. Метод применим как к сферическим частицам, так и к наночастицам другой формы.

Образцы с концентрацией частиц 10^7 – 10^9 шт/мл могут быть исследованы без разбавления. Более концентрированные образцы следует предварительно контролируемо разбавить чистым растворителем при помощи дозаторов переменного объема, провести измерения и затем программа рассчитает концентрацию в исходном образце.

В ходе ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ», посвященной 125-летию со дня рождения Петра Александровича Ребиндера, со 2 по 6 октября 2023 года в Москве (ИФХЭ РАН) будет демонстрироваться прибор NP Counter. Участники конференции приглашаются непосредственно посмотреть на процесс измерения и по предварительной записи провести исследования своих образцов. Для тестовых измерений ваших образцов необходимо предварительно прислать заявку в произвольной форме с описанием образцов на электронную почту info@npcounter.ru.

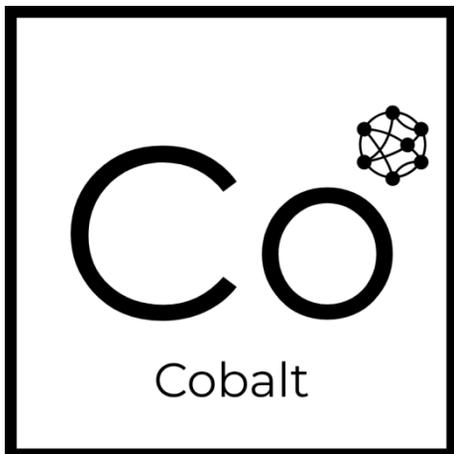


CoLab.ws

> 2000 учёных
> 980 организаций

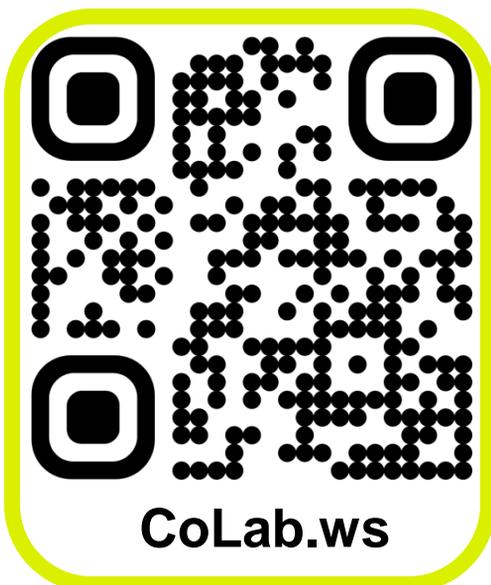
> 230 лабораторий
> 650 конференций

- Персональные рекомендации
- Статистика публикационной активности и цитируемости для пользователей и организаций



Современный поисковик по научным публикациям

- Собственная база метаданных 112 млн. публикаций и 1.5 млрд. цитирований
- Гибкие фильтры и сортировка
- Возможность экспорта данных
- Интеграция с CoLab.ws



О компании: ЭМТИОН – это российская инновационная компания, специализирующаяся на производстве и поставках аналитического и технологического оборудования. Ведущие специалисты компании имеют 15-летний опыт работы в области приборостроения. ЭМТИОН предлагает Заказчикам как отдельные решения, так и комплексное оснащение лабораторий, начиная с этапов проработки концепции и предпроектных работ и заканчивая вводом оборудования в эксплуатацию. Опытные инженеры осуществляют сервис в течении всего срока эксплуатации Оборудования.

Рентгеновская дифрактометрия



- Порошковые и монокристалльные дифрактометры
- Высокопроизводительные детекторы Mythen
- Вращение образца 360°
- Автосменщик до 12 образцов
- Высокоточный гониометр
- Угловой диапазон сканирования -110°/161°
- Минимальный шаг сканирования 0,0001°
- Температурный диапазон от -196°С до 1600°С
- База данных спектров, программа обработки

Электронная микроскопия



- Модели с термоэмиссионными катодами и катодами типа Шоттки
- Энергия электронного луча от 20эВ до 30кэВ
- Увеличение до 1 000 000x
- Разрешение во вторичных электронах до 1 нм
- Опции низкого вакуума и малых ускоряющих напряжений
- Система энергодисперсионного микроанализа (EDS)
- Анализ дифракции отраженных электронов (EBSD) и другие аналитические методы

КР (Рамановская) спектроскопии и микроскопия



- До 5ти автоматически выбираемых лазеров
- Пространственное разрешение до 0,2мкм
- Спектральный диапазон 350-1100 нм
- Спектральное разрешение 0,25 см⁻¹
- Четыре автоматизированные дифракционные решетки
- Возможность комбинации с жидкостными, газовыми, охлаждающими и вакуумными ячейками

Двухколонный (FIB SEM) электронный микроскоп



- Электронная пушка с катодом Шоттки
- Жидкометаллический источник ионов галлия
- Разрешение SE: 0,9 нм@15кВ/1,5нм@1кВ
- Разрешение STEM: 0,8нм@30кВ
- Диаметр ионного луча: 2,5нм@1пА
- Энергия электронного луча от 20эВ до 30кэВ
- Газовые инжекторы для осаждения
- Моторизированный по 5 осям предметный стол: XYZ 140x140x60мм, поворот 360°, наклон -10 ... 80°

Атомно-силовая микроскопия



- Поддержка всех существующих АСМ методик
- Прыжковая микроскопия для количественного нано-механического анализа
- Измерение линейной ВАХ в диапазоне токов от 50пА до 100мкА
- Диапазон сканирования 100x100x10мкм
- Разрешение по оси Z – 0,05 нм
- Опции нагрева, охлаждения, измерения в жидкости, в вакууме, в магнитном поле и др.

Комбинированные АСМ-Раман системы



- Одновременные САМ/Раман исследования, СБОМ
- Зондово-усиленный Раман (TERS, TEFS, TERFS), латеральное оптическое разрешение - до 10нм
- Спектральный диапазон от УФ до ИК
- Одновременное использование до 5-ти лазеров. Автоматизация измерений
- Быстрое сканирование (1000x1000 точек за 3 сек.)
- Спектральное разрешение до 0,1 см⁻¹

ЭМТИОН также предоставляет услуги «Внешнеторгового Агента», позволяющие Заказчикам получить сложное научное оборудование иностранного производства с поставкой «до двери» в РФ. Наша команда выполняет анализ технического задания Заказчика, поиск возможных поставщиков, анализ коммерческих предложений и спецификаций, согласование условий внешнеэкономического контракта, логистику "под ключ", организацию пусконаладочных работ, а также обучение персонала Заказчика.

Лазерная литография



- От настольных лабораторных систем до приборов промышленного применения
- Диаметр обрабатываемых подложек до 300мм
- Минимальный топологический размер $\leq 110\text{нм}$
- Минимальный размер по вертикали $\leq 400\text{нм}$
- Неравномерность края $\leq 30\text{нм}$
- Максимальная скорость 50000мм/с
- Максимальная высота образца 70мм
- Максимальная область экспонирования 300×300×70мм

Электронно-лучевая литография



- Проектирование 2D/3D структур произвольной сложности
- Импорт из форматов: GDS, DXF, CSF, ELM, TIF, BMP
- Автоматическое и полуавтоматическое совмещение слоев
- Моделирование результатов экспонирования
- Активная компенсация ошибок
- PCI карта для управления из компьютера
- Управление быстрым бланкером луча в колонне
- Возможно экспонирование без бланкера

Спектральные эллипсометры



- От 190нм до 25000нм (серия приборов)
- Двойной компенсатор вращения (DRC) для одновременного измерения всех 16 элементов матрицы Мюллера
- Пятипозиционная автоматическая платформа управления образцами
- Обширная база данных и библиотека моделей геометрической структуры

Оптические профилометры



- Быстрое бесконтактное сканирование 2D профиля образца и 3D топографии.
- Измерение шероховатости образца, кривизны поверхности, толщины пленок, анализ дефектов (микротрещины, сколы, царапины) и др.
- Вертикальное z разрешение до 0.1 (PSI)
- Возможность изменения поля зрения за счет использования разных объективов.
- Высокая повторяемость и воспроизводимость измерений

Технологическое оборудование



- Настольные и стационарные технологические установки
- Размер обрабатываемых подложек до 200мм
- Магнетронное и газофазное осаждение металлов и диэлектриков
- Электронно-лучевое напыление металлов (Au, Al, Pd, Ni, Cr, Pt, Mo и др.)
- Плазмохимическое травление и очистка
- Синтез углеродных наноструктур
- Пробоподготовка (напыления покрытий, шлифовка, полировка, ионное утонение и др.)

Вибромагнетометры (VSM)



- Вибромагнетометры с охлаждением жидким азотом
- Диапазон магнитных полей до 9 Тл
- Широкий выбор опций
- Измерение кривой намагниченности, петли гистерезиса и множества других параметров
- Безжидкостные низкотемпературные вибромагнетометры 1.5-400 К