

Реологическое общество им. Г.В. Виноградова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Ордена Трудового Красного Знамени

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева

Российской академии наук

26 СИМПОЗИУМ ПО РЕОЛОГИИ

ПРОГРАММА И МАТЕРИАЛЫ



10-15 сентября 2012 г.

г. Тверь

УДК 52 135:541.186/6

В сборнике помещены программа и материалы 26 Симпозиума по реологии, организованного Институтом нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Московским государственным университетом им. М.В. Ломоносова, Реологическим обществом им. Г.В. Виноградова. Тематика докладов охватывает широкий круг актуальных проблем реологии полимеров, дисперсных, биомедицинских и пищевых сред, а также физико-химической механики гетерофазных систем.

Сборник представляет интерес для научных работников, студентов высших учебных заведений, аспирантов, врачей-практиков, инженерно-технического персонала, связанного с формированием полимерных материалов, композитов и производством пищевых продуктов.

*Ответственный редактор
член-корреспондент РАН, профессор*

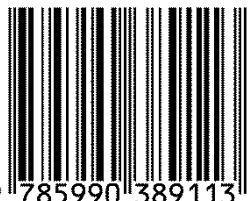
В.Г. Куличихин

*Редактор-составитель:
кандидат технических наук*

Л.И. Иванова

*© Институт нефтехимического синтеза
им. А.В. Топчиева РАН*

ISBN 978-5-9903891-1-3



9 785990 389113

ОГЛАВЛЕНИЕ

Оргкомитет.....	18
Программа.....	19
Пленарные доклады.....	28
Волков В.С.	
«Анизотропия реологических свойств полимеров»	
“Anisotropy of rheological properties of polymers”	28
Гамлицкий Ю.А.	
«Механизм и структурно-молекулярное описание явления усиления наполненных эластомеров»	
“Mechanism and structural and molecular description of the phenomenon of reinforcement filled elastomers”	29
Елюхина И.В., Хомяков А.А.	
«Экспериментальное моделирование движения аппаратов при высоких числах Рейнольдса»	
“Experimental simulation of vehicle movement at high Reynolds numbers”	31
Крашенинников А.И.	
«Дилатансия в материаловедении»	
“Rheological dilatation in materials technology”	33
Малкин А.Я.	
«Расплавы полимеров: вязкость, молекулярно-массовое распределение и релаксационные свойства»	
“Polymer melts: viscosity, MMD and relaxation properties”	34
Мирошников Ю.П.	
«Обратная кинетика смешения в расплавах тройных смесей полимеров, инициированная фазовой самосборкой»	
“Phase self-assembly driven inverse kinetics of mixing in melts of ternary polymer blends”	35

Носков Б.А.

«Конформационные переходы белков на границе жидкость-газ по данным дилатационной поверхностной реологии»

“Conformation transitions at the liquid-gas interface as studied by dilational surface rheology”37

Патлажан С.А., Кравченко И.В.

«Гидродинамическая неустойчивость и реология двухслойных систем вязких и степенных жидкостей в процессе сдвигового течения»

“Hydrodynamic instability and rheology of two-layer systems of viscous and power-law fluids subjected to shear flow”38

Пышнограй Г.В.

«Мезоскопический подход в механике ньютоновских и неньютоновских сред»

“Mezoscopic approach in the mechanics of Newtonian and non-newtonian media”40

Семаков А.В.

«Фазовое разделение растворов полимеров при деформировании»

“The phase separation of polymer solutions under deformation”42

Турусов Р.А.

«Реология тел с подвижными границами»

“Rheology substances with dynamic inerfases”42

Урьев Н.Б.

«Разрывы сплошности, слоистый характер течения и проблема достижения максимальной текучести структурированных дисперсных систем»

“Continuum ruptures, layered character of flow and the concern of achieving maximal fluidity of structurized dispersed systems”44

Фирсов Н.Н.

«Структурный анализ деформационного поведения сосудистой стенки»

“Structure analysis of the deformation behavior of blood vessel wals”46

Ямпольская Г.П.

«Реологические свойства ленгмюровских мономолекулярных слоев»

“Rheological properties of Langmuir monolayers”47

Устные доклады	49
Алтухов Ю.А., Самойлов В.С., Пышнограй И.Г., Пышнограй Г.В. «Моделирование 3D профиля скорости нелинейной вязкоупругой жидкости в канале с квадратным сечением» “3D velocity profile modeling of nonlinear viscoelastic fluid flow in the channel with square section”.....	49
Аль Джода Х.Н.А., Пышнограй Г.В., Шиповская А.Б. «Моделирование процесса формования пленок из раствора полимера».....	50
Афонин Г.Л., Пышнограй Г.В. «Согласование расходных характеристик потоков нелинейной вязкоупругой среды в канале с прямоугольным сечением и изменением ширины» “Matching the flow rate flows characteristics of nonlinear viscoelastic medium in rectangular channel with a change in the width”.....	51
Артамонов А.В., Черных В.Я. «Управление двухскоростным способом замеса пшеничного теста» “Control at two-speed method of mixing wheat dough”.....	53
Баранов В.В., Баранов В.В., Калашникова И.С., Самсонова Н.Н., Тверитин А.Л. «Капилляроскопический/капилляроспектрометрический способы визуализации агрегатов и параметризации уровня агрегации капиллярной крови» “Capillaroscopic/capillarspectrometric methods for visualization of aggregates; parameterization of the levels of capillary blood aggregation”.....	55
Баранова О. А., Хижняк С. Д., Пахомов П. М. «Исследование ранних этапов формирования супрамолекулярных структур на основе l-цистеина и серебра» “Study of early stages of supramolecular structures based on L-cysteine and silver forming”.....	57
Беркович А.К., Карпушкин Е.А., Сергеев В.Г. «Реологическое изучение взаимодействия компонентов и структурообразования в дисперсиях ПАН/УНТ/ДМСО» “Rheometry of PAN/CNT/DMSO dispersions reveals components interaction and structure formation”.....	58

Бирюкова Л.С., Рехтина И.Г., Максимов Д.П., Ершова Л.И.

«Иммунный и гиперагрегационный (эритроцитарный) патогенические механизмы при почечной недостаточности у больных миеломной болезнью»

“The immune and hyperaggregation (erythrocyte) pathogenetic mechanisms of renal failure in patients with multiple myeloma”59

Богословский А.В., Галкин В.М., Гендрина И.Ю.

«Механическое сопротивление гелеобразующей жидкости»

“Mechanical resistance of gel-producing liquid”60

Быкова Н.Ю., Черных В.Я.

«Оценка технологических свойств ржаной обойной муки по реологическим свойствам клейстеризованной водно-мучной суспензии и ржаного теста»

“Assessment of technological properties of a rye oboyny flour on rheological properties of kleysterizovanny water flour suspension and rye dough”61

Васильев Г.Б., Миронова М.В., Литвинова Е.Г.

Фазовое поведение и реологические свойства растворов поли-1-триметилсилил-1-пропина

Phase behavior and rheology of poly(1-trimethylsilyl-1-propyne) solutions63

Возняковский А.П., Калинин А.В., Неверовская А.Ю.

«Влияние допирования уретановых полимеров алмазными наночастицами на прочностные свойства»

“The effect of urethane polymers doping with diamond nanoparticles on strength characteristics”65

Волкова Н.В., Медведева В.В., Емельянов Д.Н.

«Морфологическая структура, реологические и механические свойства ПВХ-композиций, наполненных смесью наполнителей различной природы»

Morphological structure, rheological and mechanical properties of the PVC-compositions filled with a mixture fillers of different nature”67

Gebbink M.F.B.G.

“Tissue-type plasminogen activator-mediated plasminogen activation and contact activation, implications in and beyond haemostasis”69

Гончар А.Н., Гриншпан Д.Д., Цыганкова Н.Г., Макаревич С.Е., Савицкая Т.А., Шеймо Е.В.

«Особенности реологического поведения совместных растворов целлюлозы и хитозана в ортофосфорной кислоте»

“Rheological behavior features of cellulose/chitosan solutions in ortophosphoric acid”70

Горбунова И.Ю., Зюкин С.В., Коротеев В.А., Кербер М.Л., Казаков С.И.

«Изучение влияния термопластичных модификаторов на кинетику процесса отверждения эпоксидных олигомеров в широком диапазоне температур»

“Influence of thermoplastic modifiers on cure kinetics of epoxy oligomers

in wide range of temperature”72

Гусев А.С., Макарова М.А., Зинович С.А., Пышнограй Г.В.

«Многомодальное приближение в структурно-кинетической теории текучих полимерных сред»

“Multimodal approximation in structural and kinetic theory of fluid polymer media”74

Ганиев Р.Ф., Кислогубова О.Н., Касилов В.П., Малюкова Е.Б., Фомин В.Н.

«Применение волновой технологии для получения высоковязкой композиции»

“The wave technology for preparation of high viscous composition”75

Гусева М.А., Герасин В.А., Гаришин О.К., Шадрин В.В., Плехов О.А.

«Теплофизические аспекты деформирования полиэтилена»

“Thermophysical aspects of polyethylene deformation”76

Добжицкий А.А., Евтушенко А.М., Крашенинникова И.Г.

«Структурные изменения в майонезе при температурном воздействии»

“Structural changes in the mayonnaise with the temperature effect”78

Ершова Л.И., Алексанян М.Ж., Титова Л.П., Бугарь И.Ю.

«Прогнозирование эффективности трансфузий эритроцитной массы»

“Forecasting of efficiency red cell transfusion”80

Задымова Н.М., Аршакян Г.А., Потешнова М.В., Куличихин В.Г.

«Реологические свойства растворов полимеров и множественных эмульсий масло₁/вода/масло₂ на их основе»

“The rheological properties of polymer solutions and of multiple emulsions oil₁/water/oil₂ on the basis of these solutions”82

- Ибрагимов Т.Р., Королев А.А., Викторова Е.Н., Канатьева А.Ю., Курганов А.А.
 «Монолитные капиллярные колонки на основе ДМЭГ со структурой,
 оптимальной для разделения синтетических полимеров»
 “Monolithic capillary columns based on DMEG with structure optimized
 for separation of synthetic polymers”84
- Иванов В.С.
 «Относительная вязкость слабого раствора двух реагирующих между собой
 полимеров»
 “Relative viscosity of weak solution for two interacting polymers”85
- Иванов В.С.
 «Системный анализ результатов измерения тангенциального сдвига»
 “Systems analysis of tangential shear measurement”87
- Ильин С.О.
 «Реологическое проявление аномального структурообразования в разбавленных
 полимерных растворах»
 “Rheological evidence of the anomalous structure formation in dilute polymer solutions”89
- Ионова В.Г., Костырева М.В., Шабалина А.А, Варакин Ю.Я., Горностаева Г.В.,
 Суслина З.А.
 «Значение гемореологических механизмов в обеспечении адекватного
 функционирования кровоснабжения головного мозга на фоне формирования
 различных по генезу атеросклеротических поражений МАГ у пациентов с
 артериальной гипертонией и начальными признаками хронической
 цереброваскулярной патологии»
 “The value of hemorheological mechanisms in providing adequate blood flow to the
 brain against the background of formation of different by their genesis atherosclerotic
 lesions observed for patients with hypertension and initial symptoms of cerebrovascular
 pathology”90
- Кербер М.Л., Коротеев В.А., Зюкин С.В., Арина М.П., Горбунова И.Ю.
 «Изучение влияния термопластичных модификаторов на свойства эпоксидных
 связующих и композитов на их основе»
 “Influence of thermoplastic modifiers on properties of epoxy binders and composites”92

Кабанов А.А., Урьев Н.Б.

«Исследование вязкости дисперсных систем методами компьютерного моделирования»
 “Investigation of the viscosity of disperse systems by the computer simulation methods”93

Каранец А.О., Соловьев М.Е.

«Моделирование локальной динамики фрагментов цепей и узлов сетчатых карбоцепных эластомеров»
 “Modeling local dynamics of chain fragments and knots in network carbochain elastomers”94

Климович Л.Г., Самсонова Н.Н.

«Роль тканевого активатора плазминогена в фибринолизе, в деструкции протеиновых агрегатов с прошитой β -структурой и в клиренсе патологических белков»
 “The role of tissue activator of plasminogen in fibrinolysis, in destruction of protein aggregate with stitched β -structure and in clearance of pathological proteins”95

Корохин Р.А., Солодилов В.И., Горбаткина Ю.А., Отегов А.В.

«Реологические характеристики эпоксидной смолы, модифицированной дисперсными наполнителями различной природы»
 “Rheological properties of epoxy resin modified with disperse fillers of different nature”96

Корячкин В.П., Корячкина С.Я., Матвеева Т.В., Сапронова Н.П.

«Реологические свойства новых видов крекерного теста»
 “Rheological properties new types of dough for crackers”97

Ковылин С.В., Емельянов Д.Н.

«Влияние анионактивного ПАВ на вязкость ПВХ пластизолей»
 “Influence of the anionic surfactant on PVC plastisols viscosity”99

Коробко Е.В., Билык В.А., Журавский Н.А.

«Оценка влияния температуры и постоянного электрического поля на реологические характеристики электрореологической жидкости»
 “Estimation of influence of temperature and constant electric field on rheological characteristics of the electrorheological fluid”101

- Костерева Т.А., Ромашкова К.А., Кручинина Е.В., Кононова С.В.
 «Фуллерен содержащие пленки на основе (дифенилоксидамида-N-фенилфталимид)а:
 физико-химические свойства в зависимости от реологических характеристик
 формовочных растворов»
 “Fulleren containing films based on diphenyloxideamide-N-phenylphthalamideimide:
 physico-chemical properties as dependent on the characteristics of forming solution”103
- Котомин С.В., I-Ta Chang, E. Sancaktar, D. Iarikov
 «Микромеханика и трибология нанокомпозитов полистирол – монтмориллонит»
 “Micromechanics and tribology of polystyrene/momtmorillonite”104
- Королев А.А., Викторова Е.Н., Ширяева В.Е., Ибрагимов Т.Р., Попова Т.П.,
 Курганов А.А.
 «Влияние природы порогена на пористость и проницаемость монолитных колонок»
 “Impact of porogen nature on porosity and permeability of monolithic columns”105
- Ловкис З.В., Шепшелев А.А., Арнаут С.А., Коробко Е.В., Виланская С.В.,
 Журавский Н.А.
 «Реологические свойства послеспиртовой барды в условиях непрерывной
 деформации сдвига»
 “Rheological properties of distillery dregs in conditions of continuous shear deformation”107
- Ломовской В.А., Бартенева А.Г., Саунин Е.И., Абатурова Н.А., Ломовская Н.Ю.,
 Хлебникова О.А., Галушко Т.Б., Саков Д.М.
 «Области локальной неупругости в поливиниловом спирте»
 “Local inelasticity regions for polyvinyl alcohol”109
- Макаров И.С., Голова Л.К., Кузнецова Л.К., Ребров А.В., Куличихин В.Г.
 «Особенности течения растворов целлюлозы в N-метилморфолин- N-оксиде в
 каналах с переходными сечениями»
 “Some peculiarities of flow of cellulose solutions in N-methyl morpholine oxide through
 channels with variable cross-sections”111
- Маклакова А.А., Воронько Н.Г., Деркач С.Р.
 «Реология комплексных гелей желатины с ионными полисахаридами»
 “Rheology of complex gelatin gels with ionic polysaccharides”112

- Мельник И.А., Готфрид А.А., Резанова Н.М., Цебрено М.В., Цебрено И.А.
 «Реологические свойства расплавов смесей полипропилен/сополиамид/углеродные нанотрубки»
 “Rheological properties of mixture melts polypropylene/copolyamide/carbon nanotubes”113
- Менделеев Д.И., Герасин В.А., Антипов Е.М.
 «Модификация метода ГОСТ 28157-89 для определения условий горения высоконаполненных пористых систем на основе полиэтилена»
 “Improving GOST 28157-89 for estimation of burning conditions of polyethylene based highly loaded porous systems”115
- Меняшев М.Р., Сивов Н.А., Мартыненко А.И., Герасин В.А.
 «Биоцидные полимеры, синтезированные из новых мономеров, их свойства и нанокомпозиты с ММТ, модифицированные этими полимерами»
 “Biocidal polymers synthesized from new monomers, their properties and nanocomposites with MMT modified by these polymers”117
- Миронова М.В., Кармишина Н.А.
 «Совместимость гибридных органо-неорганических частиц с полимерной матрицей»
 “Compatibility of hybrid organic-inorganic particles with polymer matrix”119
- Миронова М.В., Филиппова Т.Н., Смирнова Н.М., Тихонюк Л.Д., Пахманова О.А., Антонов С.В.
 «Совместимость полиэтилена и полипропилена с нефтяными фракциями»
 “Solubility of polyethylene and polypropylene with oil fractions”120
- Михалевич С.И., Ещенко А.В., Виланская С.В.
 «Реологические показатели крови и плазмы беременных женщин с метаболическим синдромом в процессе проведения терапии низкомолекулярными гепаринами в разных trimestрах»
 “Rheological characteristics of the blood and plasma of pregnant women with metabolic syndrome in process of low molecular weight heparin therapy in different terms”121
- Молодова А.А., Волкова Н.В., Емельянов Д.Н.
 «Влияние вязкости растворов акриловых сополимеров на пропитку ими целлюлозной ткани»
 “Influence of viscosity solutions of acrylic copolymers on impregnation of cellulosic fabrics”123

- Наумова Г.М., Фадюкова О.Е., Кошелев В.Б., Луговцов А.Е., Самсонова Ю.С.,
Приезжев А.В., Ченг Ч.Л., Переведенцева Е.В.
«Изменение микрореологических параметров эритроцитов при инкубации
проб цельной крови с углеродными наночастицами»
“Alteration of microrheological parameters of erythrocytes resulting from incubation
of blood samples with carbon nanoparticles”125
- Несын Г.В., Ширяев А.М.
«Самоорганизация молекул ПАВ с образованием наночастиц нитевидной формы,
активных в снижении гидродинамического сопротивления»
“Self-assembly of the surfactants into thread-like nanoparticles which cause the water
drag reduction”127
- Николаев Л.К., Денисенко А.Ф., Николаев Б.Л., Круподеров А.Ю.
«Кинетика реологических свойств кулинарного жира «Фритюрный»
“Kinetics of the rheological properties of culinary fat “Fryer””128
- Николаев Л.К., Круподёров А.Ю., Николаев Б.Л.
«Особенности реологического поведения сыра плавленого «Сыр с луком»»
“Features reological behavior cheese Parmesan «Cheese and onions””130
- Никольский В.Г., Красоткина И.А., Кочетова О.Е.
«Исследование реологических характеристик дорожных битумов»
“The study of the rheological characteristics of bitumen ”132
- Новосадов В.С., Колужный О.Ю., Зырянов П.С.
«Моделирование реологии получения макро гетерогенных антифрикционных
композиционных материалов (МГ АКМ) из сферических частиц»
“Modeling the rheology of obtaining macro heterogeneous antifrictional composites
(МНАС) of spherical particles”133
- Новосадов В.С., Колужный О.Ю., Зырянов П.С.
«Особенности жидкофазной технологии получения макрогетерогенных
антифрикционных композиционных материалов (МГ АКМ) из сферических частиц»
“Features of liquid-phase technology for macro heterogeneous antifrictional (МНАС)
composites of spherical particles”135

Новосадов В.С.

«Смачивание в неравновесных условиях. Прохождение через минимум динамических значений $\sigma_{\text{тж}}^d$ »

“Wetting in nonequilibrium conditions. Passing through a minimum of dynamical values σ_{sl}^d ”137

Новосадов В.С., Еделев Д.А.

«Физико-химические процессы взаимодействия твердых и жидких фаз. Движущие силы растекания, адгезия, смачивание»

“Physico-chemical processes of interaction of solid and liquid phases. The dynamics force of spreading, adhesion, wetting”139

Орехов В.А., Викторова Е.Н., Канатьева А.Ю. Королев А.А., Курганов А.А.

«Конформационные переходы полистиролов и их влияние на профиль элюирования полимеров при разделении на монолитных капиллярных колонках»

“Conformational transitions of polystyrene and their influence on the elution profile of polymers on monolithic capillary columns”141

Проценко Павел, Тимошенко Вадим, Боченков Владимир

«Проявление анизотропии смачивания в двухкомпонентных системах металлический расплав / твердый металл (металлоид)»

“Anisotropy of wetting in binary metallic systems”142

Пупченков Г.С.

«Реологически модифицируемые жидкости для гидроабразивной чистки стальных поверхностей»

“Rheological modified liquids for hydroabrasive cleaning steel surfaces”144

Родичева Н.В., Черных В.Я.

«Влияние дозировок порошка из столовой свеклы на реологические свойства ржаного теста и качество готового хлеба»

“Influence of dosages of powder from a table beet on rheological properties of rye dough and quality of ready bread”145

Рыкова С.Ю., Гафарова М.Э., Хохлова М.Д., Любин Е.В., Скрыбина М.Н., Федянин А.А., Соколова И.А.

«Влияние ингибиторов интегрина $\alpha_{\text{IIb}}\beta_3$ на кинетику агрегации эритроцитов»

“Influence of integrin $\alpha_{\text{IIb}}\beta_3$ inhibitors on erythrocyte aggregation”147

- Сабекия Ж.Д., Ершова Л.И., Баркая В.С., Лиховецкая З.М., Цветаева Н.В.
 «Сладж-синдром при усилении эритродиереза в клинике и экспериментк»
 “Sludge-syndrome with increasing erythrodiereis in clinical and experimental”148
- Савельева В.С., Пахомов П.М.
 «Изучение устойчивости цистеин-серебряного раствора и гидрогелей на его основе»
 “Study of the stability of cysteine/Ag solution and hydrogels based on this complex”149
- Свистков А.Л., Пелевин А.Г., Шадрин В.В.
 «Двухуровневая феноменологическая модель эластомерного нанокompозита»
 “Two-level phenomenological model of elastomer nanocomposite”150
- Синева Т.А., Кулезнев В.Н., Севрук В.Д.
 «Реологические свойства при сдвиговом и продольном деформировании трубных марок полиэтилена высокой плотности»
 “Rheological properties in shear and elongational deformation of the pipe grades of high density polyethylene”152
- Скворцова З.Н., Путина А.И., Лопатина Л.И.
 «Деформационные свойства полиамида-6 в присутствии растворов электролитов»
 “Deformation properties of polyamide-6 in the presence of polyelectrolyte solutions”153
- Скворцов И.Ю., Семаков А.В.
 «Термоградиентная установка для исследования термодинамических свойств прядильных растворов»
 “Temperature gradient device for studying the thermodynamic properties of dopes”155
- Смирнова С.Ю., Соловьев М.Е., Курганова Е.А., Кошель Г.Н.
 «Окисление и гелеобразование полихлоропрена в растворах»
 “Oxidation and gelation in solutions of polychloroprene”156
- Спиридонова В.М., Пахомов П.М.
 «Реологические свойства супрамолекулярного гидрогеля на основе L-цистеина и нитрата серебра»
 “Rheological properties of supramolecular hydrogel based on L-cysteine and nitrate silver”...157

Станкевич В.С., Коновалов К.Б., Полякова Н.М.

«Прогнозирование величины эффекта снижения турбулентного сопротивления
потока жидкости в магистральном трубопроводе»

“Prediction of drag reduction effect value in industrial pipeline”158

Стрелец Л.А., Богословский А.В., Алтунина Л.К.

«Предельное напряжение сдвига парафинистых нефтей»

“Yield-point values of paraffin oils”160

Суриков П.В., Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Н.

«Реологические свойства дисперсий на основе олигомеров»

“Rheological properties of oligomer based dispersions”161

Тимошенко Вадим, Боченков Владимир, Проценко Павел

«Анизотропия растекания расплава свинца по поверхности монокристаллической
меди: молекулярно-динамическое моделирование и эксперимент»

“Spreading anisotropy for molten lead / monocrystalline copper system: molecular
dynamics simulation and experiment”162

Томилина А.В., Молодова А.А., Емельянов Д.Н.

«Реологическое поведение гидрофобно-модифицированных акриловых
сополимеров в водных растворах»

“Rheological behavior of hydrophobically modified acrylic copolymers in aqueous
solutions”164

Трифонов О.М., Бореiko Н.П., Кабанова Р.З.

«Пластификаторы для полистирола»

“Polystyrene plasticizers”165

Урьев Н.Б., Борисов А.О.

«Растекание структурированных дисперсных систем»

“The spreading of structured disperse systems”167

Урьев Н.Б., Емельянов С.В., Ижик А.П., Кочнев В.И., Кабанов А.А., Титов К.А.,
Погуляйко В.А., Котов С.В.

«Реологические свойства серо-битумных композиций»

“Rheological properties of sulphur-containing-bituminous compositions”169

Черных В.Я.

«Управление операциями формования упруго-пластичных пищевых сред»

“Management of operations of formation of elastic and plastic food environments”171

Чистова М.В., Черных В.Я., Бойко Б.Н., Думская Н.С.

«Влияние физико-химических свойств инулина на параметры замеса пшеничного теста и качество хлеба»

“Influence of inulin properties on wheat dough mixing and bread quality”174

Чувахин С.В.

«Реологические свойства гранулированного чая»

“Rheological properties of granulated tea”176

Шабанов М.П., Майданник В.А., Ямпольская Г.П.

«Моделирование трансмукозальной доставки белка при специфических реологических свойствах контейнеров белков и мукозы (дисперсии муцина)»

“Modeling of transmucosal protein delivery at specific rheological properties of containers and mucosa (mucin dispersions)”177

Шабеко А.А., Семаков А.В., Френкин Э.И., Тур Д.Р., Куличихин В.Г.

«Электроактивные полимерные пленки на основе полифосфазена»

“Poly(phosphazene) based electroactive polymer films”178

Шехирев Михаил, Гусев Сергей, Проценко Павел, Сафронова Татьяна,

Путляев Валерий

«Спекание в системах гидроксиапатит /(NaCl , KCl и CaCl_2) : влияние химических взаимодействий и термодинамических параметров границ раздела фаз»

“Sintering in hydroxyapatite/(NaCl , KCl and CaCl_2) systems : influence of interfacial reactivity and thermodynamics”179

Шумский В.Ф., Бабич О.В., Гетманчук И.П.

«Влияние органического и неорганического компатибилизаторов на формирование смеси ПММА-ПУ. Реокинетика и морфология»

“Influence of organic and inorganic compatibilizers on formation of PMMA/PU mixtures. Rheokinetics and morphology”181

Ярустовский М.Б., Абрамян М.В., Самсонова Н.Н., Плющ М.Г., Климович Л.Л.

«Коррекция реологических параметров крови методами селективного липафереза у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями»

“Corrections of rheological parameters of blood by the methods of selective lipoferez for patients with cardiovasculat deseases”183

Гусев Сергей, Гаршев Алексей, Проценко Павел

«Влияние структуры гексагонального BN на смачиваемость расплавом NaCl»

“Influence of hexagonal BN structure on wettability by NaCl melt”185

СПИСОК АВТОРОВ.....187

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель:

Куличихин В.Г.

Члены оргкомитета:

Волков В.С.

Иванова Л.И.

Ионова В.Г.

Кулезнев В.Н.

Малкин А.Я.

Мачихин С.А.

Мирошников Ю.П.

Рожков А.Н.

Самсонова Н.Н.

Семаков А.В.

Столин А.М.

Траскин В.Ю.

Урьев Н.Б.

Френкин Э.И.

Черных В.Я.

Проведение 26 Симпозиума по реологии поддержано:

- Российский фонд фундаментальных исследований
- Отделением химии и наук о материалах РАН
- Целевой Программой Президиума РАН «Поддержка молодых ученых»
- Thermo Electron (Karlsruhe) GmbH – HAAKE

ПРОГРАММА

Утреннее заседание

9⁰⁰-13³⁰Вторник, 11 сентября 2012 г

Председатели: Куличихин В.Г.,
Малкин А.Я.

9 ⁰⁰ -9 ³⁰	Открытие Симпозиума
9 ³⁰ -10 ⁰⁰	Малкин А.Я. Расплавы полимеров: вязкость, молекулярно-массовое распределение и релаксационные свойства Polymer melts: viscosity, MMD and relaxation properties
10 ⁰⁰ -10 ³⁰	Семаков А.В. Фазовое разделение растворов полимеров при деформировании The phase separation of polymer solutions under deformation
10 ³⁰ -10 ⁴⁵	Миронова М.В., Кармишина Н.А. Совместимость гибридных органо-неорганических частиц с полимерной матрицей Compatibility of hybrid organo- inorganic particles with polymeric matrix
10 ⁴⁵ -11 ⁰⁰	Перерыв
11 ⁰⁰ -11 ¹⁵	Ильин С.О. Реологическое проявление аномального структурообразования в разбавленных полимерных растворах Rheological evidence of the anomalous structure formation in dilute polymer solutions
11 ¹⁵ -11 ³⁰	Беркович А.К., Карпушкин Е.А., Сергеев В.Г. Реологическое изучение взаимодействия компонентов и структурообразования в дисперсиях ПАН/УНТ/ДМСО Rheometry of PAN/CNT/DMSO dispersions reveals components interaction and structure formation
11 ³⁰ -11 ⁴⁵	Котомин С.В., I-Ta Chang, E. Sancaktar, D. Iarikov Микромеханика и трибология нанокompозитов полистирол – монтмориллонит Micromechanics and tribology of polystyrene/montmorillonite
11 ⁴⁵ -12 ⁰⁰	Шабeko А.А., Семаков А.В., Френкин Э.И., Тур Д.Р., Куличихин В.Г. Электроактивные полимерные пленки на основе полифосфазена Poly(phosphazene) based electroactive polymer films
12 ⁰⁰ -12 ¹⁵	Синева Т.А., Кулезнев В.Н., Севрук В.Д. Реологические свойства при сдвиговом и продольном деформировании трубных марок полиэтилена высокой плотности Rheological properties in shear and elongational deformation of the pipe grades of high density polyethylene
12 ¹⁵ -12 ³⁰	Гусева М.А., Герасин В.А., Гаришин О.К., Шадрин В.В., Плехов О.А. Теплофизические аспекты деформирования полиэтилена Thermophysical aspects of polyethylene deformation
12 ³⁰ -12 ⁴⁵	Филиппова Т.Н., Миронова М.В., Смирнова Н.М., Тихонюк Л.Д., Пахманова О.А., Антонов С.В. Совместимость полиэтилена и полипропилена с нефтяными фракциями Compatibility of polyethylene and polypropylene with oil fractions

12 ⁴⁵ -13 ⁰⁰	Г.Б. Васильев, М.В. Миронова, Е.Г. Литвинова Фазовое поведение и реологические свойства растворов поли-1-триметилсилил-1-пропина Phase behavior and rheology of poly(1-trimethylsilyl-1-propyne) solutions
13 ⁰⁰ -13 ¹⁵	Макаров И.С., Голова Л.К., Кузнецова Л.К., Ребров А.В., Куличихин В.Г. Особенности течения растворов целлюлозы в N-метилморфолин- N-оксиде в каналах с переходными сечениями Some peculiarities of flow of cellulose solutions in N-methyl morpholine oxide through channels with variable cross-sections
13 ¹⁵ -13 ³⁰	Меняшев М.Р., Сивов Н.А., Мартыненко А.И., Герасин В.А. Биоцидные полимеры, синтезированные из новых мономеров, их свойства и нанокompозиты с ММТ, модифицированные этими полимерами Biocidal polymers synthesized from new monomers, their properties and nanocomposites with MMT modified by these polymers
13 ³⁰ -14 ³⁰	Обед

Вечернее заседание

Вторник, 11 сентября 2012 г.

14³⁰ – 19⁰⁰

Председатели **Мирошников Ю.П.,**
 Кербер М.Л.

14 ³⁰ -15 ⁰⁰	Фирсов Н.Н. Структурный анализ деформационного поведения сосудистой стенки Structure analysis of the deformation behavior of blood vessel walls
15 ⁰⁰ -15 ³⁰	Мирошников Ю.П. Обратная кинетика смешения в расплавах тройных смесей полимеров, инициированная фазовой самосборкой Phase self-assembly driven inverse kinetics of mixing in melts of ternary polymer blends
15 ³⁰ -15 ⁴⁵	Кербер М.Л., Коротеев В.А., Зюкин С.В., Арина М.П., Горбунова И.Ю. Изучение влияния термопластичных модификаторов на свойства эпоксидных связующих и композитов на их основе Influence of thermoplastic modifiers on properties of epoxy binders and composites
15 ⁴⁵ -16 ⁰⁰	Горбунова И.Ю., Зюкин С.В., Коротеев В.А., Кербер М.Л., Казаков С.И. Изучение влияния термопластичных модификаторов на кинетику процесса отверждения эпоксидных олигомеров в широком диапазоне температур Influence of thermoplastic modifiers on cure kinetics of epoxy oligomers in wide range of temperature
16 ⁰⁰ -16 ¹⁵	Шумский В.Ф., Бабич О.В., Гетманчук И.П. Влияние органического и неорганического компатибилизаторов на формирование смеси ПММА-ПУ. Реокинетика и морфология Influence of organic and inorganic compatibilizers on formation of PMMA/PU mixtures. Rheokinetics and morphology.
16 ¹⁵ -16 ³⁰	Скворцов И.Ю., Семаков А.В. Термоградиентная установка для исследования термодинамических свойств прядильных растворов Temperature gradient device for studying the thermodynamic properties of dopes
16 ³⁰ -16 ⁴⁵	Перерыв

16 ⁴⁵ -17 ⁰⁰	Гончар А.Н., Гриншпан Д.Д., Цыганкова Н.Г., Макаревич С.Е., Савицкая Т.А., Шеймо Е.В. Особенности реологического поведения совместных растворов целлюлозы и хитозана в ортофосфорной кислоте Rheological behavior features of cellulose/chitosan solutions in ortophosphoric acid
17 ⁰⁰ -17 ¹⁵	Костерева Т.А., Ромашкова К.А., Кручинина Е.В., Кононова С.В. Фуллерен содержащие пленки на основе (дифенилоксидамида-N-фенилфталимид)а: физико-химические свойства в зависимости от реологических характеристик формовочных растворов Fulleren containing films based on diphenyloxideamide-N-phenylphthalamideimide: physico-chemical properties as dependent on the characteristics of forming solution
17 ¹⁵ -17 ³⁰	Трифонов О.М., Борейко Н.П., Кабанова Р.З. Пластификаторы для полистирола Polystyrene plasticizers
17 ³⁰ -17 ⁴⁵	Корохин Р.А., Солодилов В.И., Горбаткина Ю.А., Отегов А.В. Реологические характеристики эпоксидной смолы, модифицированной дисперсными наполнителями различной природы Rheological properties of epoxy resin modified with disperse fillers of different nature
17 ⁴⁵ -18 ⁰⁰	Менделеев Д.И., Герасин В.А., Антипов Е.М. Модификация метода ГОСТ 28157-89 для определения условий горения высоконаполненных пористых систем на основе полиэтилена Improving GOSR 38157-89 for estimation of burning conditions of polyethylene based highly loaded porous systems
18 ⁰⁰ -18 ¹⁵	Возняковский А.П., Калинин А.В., Неверовская А.Ю. Влияние допирования уретановых полимеров алмазными наночастицами на прочностные свойства The effect of urethane polymers doping with diamond nanoparticles on strength characteristics
18 ¹⁵ -18 ³⁰	Ковылин С.В., Емельянов Д.Н. Влияние анионактивного ПАВ на вязкость ПВХ пластизолов Influence of the anionic surfactant on PVC plastisols viscosity
18 ³⁰ -18 ⁴⁵	Коробко Е.В., Билык В.А., Журавский Н.А. Оценка влияния температуры и постоянного электрического поля на реологические характеристики электрореологической жидкости Estimation of influence of temperature and constant electric field on rheological characteristics of the electrorheological fluid
18 ⁴⁵ -19 ⁰⁰	Савельева В.С., Пахомов П.М. Изучение устойчивости цистеин-серебряного раствора и гидрогелей на его основе Study of the stability of cysteine/Ag solution and hydrogels based on this complex

Утреннее заседание

9⁰⁰-13⁰⁰

Среда, 12 сентября 2012 г

Председатели: Волков В.С.,
Патлажан С.А.

9 ⁰⁰ -9 ³⁰	Волков В.С. Анизотропия реологических свойств полимеров Anisotropy of rheological properties of polymers
----------------------------------	---

$9^{30}-10^{00}$	Патлажан С.А., Кравченко И.В. Гидродинамическая неустойчивость и реология двухслойных систем вязких и степенных жидкостей в процессе сдвигового течения Hydrodynamic instability and rheology of two-layer systems of viscous and power-law fluids subjected to shear flow
$10^{00}-10^{30}$	Гамлицкий Ю.А. Механизм и структурно-молекулярное описание явления усиления наполненных эластомеров Mechanism and structural and molecular description of the phenomenon of reinforcement filled elastomers
$10^{30}-10^{45}$	Свистков А.Л., Пелевин А.Г., Шадрин В.В. Двухуровневая феноменологическая модель эластомерного нанокомпозита Two-level phenomenological model of elastomer nanocomposite
$10^{45}-11^{00}$	Перерыв
$11^{00}-11^{15}$	Новосадов В.С. Смачивание в неравновесных условиях. Прохождение через минимум динамических значений $\sigma_{\text{тж}}^d$ Wetting in nonequilibrium conditions. Passing through a minimum of dynamical values σ_{sl}^d
$11^{15}-11^{30}$	Смирнова С.Ю., Соловьев М.Е., Курганова Е.А., Кошель Г.Н. Окисление и гелеобразование полихлоропрена в растворах Oxidation and gelation in solutions of polychloroprene
$11^{30}-11^{45}$	Ломовской В.А., Бартенева А.Г., Саунин Е.И., Абатурова Н.А., Ломовская Н.Ю., Хлебникова О.А., Галушко Т.Б., Саков Д.М. Области локальной неупругости в поливиниловом спирте Local inelasticity regions for polyvinyl alcohol
$11^{45}-12^{00}$	Каранец А.О., Соловьев М.Е. Моделирование локальной динамики фрагментов цепей и узлов сетчатых карбоцепных эластомеров Modeling local dynamics of chain fragments and knots in network carbochain elastomers
$12^{00}-12^{15}$	Богословский А.В., Галкин В.М., Гендрина И.Ю. Механическое сопротивление гелеобразующей жидкости Mechanical resistance of gel-producing liquid
$12^{15}-12^{30}$	Иванов В.С. Относительная вязкость слабого раствора двух реагирующих между собой полимеров Relative viscosity of weak solution for two interacting polymers
$12^{30}-12^{45}$	Кабанов А.А., Урьев Н.Б. Исследование вязкости дисперсных систем методами компьютерного моделирования Investigation of the viscosity of disperse systems by the computer simulation methods
$12^{45}-13^{00}$	Алтухов Ю.А., Самойлов В.С., Пышнограй И.Г., Пышнограй Г.В. Моделирование 3D профиля скорости нелинейной вязкоупругой жидкости в канале с квадратным сечением 3D velocity profile modeling of nonlinear viscoelastic fluid flow in the channel with square section
$13^{00}-14^{00}$	Обед

Председатели**Гамлицкий Ю.А.
Пышнограй Г.В.**

14 ⁰⁰ -14 ³⁰	Крашенинников А.И. Дилатансия в материаловедении Rheological dilatation in materials technology
14 ³⁰ -15 ⁰⁰	Пышнограй Г.В. Мезоскопический подход в механике ньютоновских и неньютоновских сред Mezoscopic approach in the mechanics of Newtonian and non-Newtonian media
15 ⁰⁰ -15 ¹⁵	Ионова В.Г., Костырева М.В., Шабалина А.А, Варакин Ю.Я., Г.В. Горностаева, Суслина З.А. Значение гемореологических механизмов в обеспечении адекватного функционирования кровоснабжения головного мозга на фоне формирования различных по генезу атеросклеротических поражений МАГ у пациентов с артериальной гипертонией и начальными признаками хронической цереброваскулярной патологии The value of hemorheological mechanisms in providing adequate blood flow to the brain against the background of formation of different by their genesis atherosclerotic lesions observed for patients with hypertension and initial symptoms of cerebrovascular pathology
15 ¹⁵ -15 ³⁰	Ершова Л.И., Алексанян М.Ж., Титова Л.П., Бугарь И.Ю. Прогнозирование эффективности трансфузий эритромаcсы Forecasting of efficiency red cell transfusion
15 ³⁰ -15 ⁴⁵	Сабекия Ж.Д., Ершова Л.И., Баркая В.С., Лиховецкая З.М., Цветаева Н.В. Сладж-синдром при усилении эритродиереза в клинике и эксперименте Sludge-syndrome with increasing erythrodieresis in clinical and experimental
15 ⁴⁵ -16 ⁰⁰	Бирюкова Л.С., Рехтина И.Г., Максимов Д.П., Ершова Л.И. Иммунный и гиперагрегационный (эритроцитарный) патогенические механизмы при почечной недостаточности у больных миеломной болезнью The immune and hyperaggregation (erythrocyte) pathogenetic mechanisms of renal failure in patients with multiple myeloma
16 ⁰⁰ -16 ¹⁵	Перерыв
16 ¹⁵ -16 ³⁰	Рыкова С.Ю., Гафарова М.Э., Хохлова М.Д., Любин Е.В., Скрыбина М.Н., Федянин А.А., Соколова И.А. Влияние ингибиторов интегрина $\alpha_{\text{IIb}}\beta_3$ на кинетику агрегации эритроцитов Influence of integrin $\alpha_{\text{IIb}}\beta_3$ inhibitors on erythrocyte aggregation
16 ³⁰ -16 ⁴⁵	Баранов В.В., Баранов В.В., Калашникова И.С., Самсонова Н.Н., Тверитин А.Л. Капилляроскопический/капилляроспектрометрический способы визуализации агрегатов и параметризации уровня агрегации капиллярной крови Capillaroscopic/capillarspectrometric methods for visualization of aggregates ; parameterization of the levels of capillary blood aggregation
16 ⁴⁵ -17 ⁰⁰	Ярустовский М.Б., Абрамян М.В., Самсонова Н.Н., Плющ М.Г., Климович Л.Л. Коррекция реологических параметров крови методами селективного липафереза у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями Corrections of rheological parameters of blood by the methods of selective lipoferez for patients with cardiovascular diseases

17 ⁰⁰ -17 ¹⁵	Наумова Г.М., Фадюкова О.Е., Кошелев В.Б., Луговцов А.Е., Самсонова Ю.С., Приезжев А.В., Ченг Ч.Л., Переведенцева Е.В. Изменение микрореологических параметров эритроцитов при инкубации проб цельной крови с углеродными наночастицами Alteration of microrheological parameters of erythrocytes resulting from incubation of blood samples with carbon nanoparticles
17 ¹⁵ -17 ³⁰	Михалевич С.И., Ещенко А.В., Виланская С.В. Реологические показатели крови и плазмы беременных женщин с метаболическим синдромом в процессе проведения терапии низкомолекулярными гепаринами в разных триместрах Rheological characteristics of the blood and plasma of pregnant women with metabolic syndrome in process of low molecular weight heparin therapy in different terms
17 ³⁰ -17 ⁴⁵	Климович Л.Г., Самсонова Н.Н. Роль тканевого активатора плазминогена в фибринолизе, в деструкции протеиновых агрегатов с прошитой β -структурой и в клиренсе патологических белков The role of tissue activator of plasminogen in fibrinolysis, in destruction of protein aggregate with stitched β -structure and in clearance of pathological proteins

Утреннее заседание

9⁰⁰ – 13⁴⁵

Четверг, 13 сентября 2012 г.

Председатели **Урьев Н.Б.**
 Ямпольская Г.П.

9 ⁰⁰ -9 ³⁰	Урьев Н.Б. Разрывы сплошности, слоистый характер течения и проблемы достижения максимальной текучести структурированных дисперсных систем Continuum ruptures, layered character of flow and the concern of achieving maximal fluidity of structurized dispersed systems
9 ³⁰ -10 ⁰⁰	Ямпольская Г.П. Реологические свойства ленгмюровских мономолекулярных слоев Rheological properties of Langmuir monolayers
10 ⁰⁰ -10 ³⁰	Носков Б.А. Конформационные переходы белков на границе жидкость-газ по данным дилатационной поверхностной реологии Conformation transitions at the liquid-gas interface as studied by dilational surface rheology
10 ³⁰ -10 ⁴⁵	Задымова Н.М., Аршакян Г.А., Потешнова М.В., Куличихин В.Г. Реологические свойства растворов полимеров и множественных эмульсий масло ₁ /вода/масло ₂ на их основе The rheological properties of polymer solutions and of multiple emulsions oil ₁ /water/oil ₂ on the basis of these solutions
10 ⁴⁵ -11 ⁰⁰	Перерыв
11 ⁰⁰ -11 ¹⁵	Маклакова А.А., Воронько Н.Г., Деркач С.Р. Реология комплексных гелей желатины с ионными полисахаридами Rheology of complex gelatin gels with ionic polysaccharides
11 ¹⁵ -11 ³⁰	Скворцова З.Н., Путина А.И., Лопатина Л.И. Деформационные свойства полиамида-6 в присутствии растворов электролитов Deformation properties of polyamide-6 in the presence of polyelectrolyte solutions

$11^{30}-11^{45}$	Стрелец Л.А., Богословский А.В., Алтунина Л.К. Пределное напряжение сдвига парафинистых нефтей Yield-point values of paraffin oils
$11^{45}-12^{00}$	Суриков П.В., Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Н. Реологические свойства дисперсий на основе олигомеров Rheological properties of oligomer based dispersions
$12^{00}-12^{15}$	Урьев Н.Б., Емельянов С.В., Ижик А.П., Кочнев В.И., Кабанов А.А., Титов К.А., Погуляйко В.А., Котов С.В. Реологические свойства серо-битумных композиций Rheological properties of sulphur-containing-bituminous compositions
$12^{15}-12^{30}$	Шабанов М.П., Майданник В.А., Ямпольская Г.П. Моделирование трансмукозальной доставки белка при специфических реологических свойствах контейнеров белков и мукозы (дисперсии муцина) Modeling of transmucosal protein delivery at specific rheological properties of containers and mucosa (mucin dispersions)
$12^{30}-12^{45}$	Несын Г.В., Ширяев А.М. Самоорганизация молекул ПАВ с образованием наночастиц нитевидной формы, активных в снижении гидродинамического сопротивления Self-assembly of the surfactants into thread-like nanoparticles which cause the water drag reduction
$12^{45}-13^{00}$	Пупченков Г.С. Реологически модифицируемые жидкости для гидроабразивной чистки стальных поверхностей Rheological modified liquids for hydroabrasive cleaning steel surfaces
$13^{00}-13^{15}$	Спиридонова В.М., Пахомов П.М. Реологические свойства супрамолекулярного гидрогеля на основе L-цистеина и нитрата серебра Rheological properties of supramolecular hydrogel based on L-cysteine and nitrate silver
$13^{15}-13^{30}$	Волкова Н.В., Медведева В.В., Емельянов Д.Н. Морфологическая структура, реологические и механические свойства ПВХ-композиций, наполненных смесью наполнителей различной природы Morphological structure, rheological and mechanical properties of the PVC-compositions filled with a mixture fillers of different nature
$13^{30}-13^{45}$	Баранова О. А., Хижняк С. Д., Пахомов П. М. Исследование ранних этапов формирования супрамолекулярных структур на основе L-цистеина и серебра Study of early stages of supramolecular structures based on L-cysteine and silver forming

Утреннее заседание

$9^{00} - 13^{30}$

Пятница, 14 сентября 2012 г.

Председатели

Турусов Р.А.
Елюхина И.В.

$9^{00}-9^{30}$	Турусов Р.А. Реология тел с подвижными границами Rheology of substances with dynamic interfaces
-----------------	--

$9^{30}-10^{00}$	Елюхина И.В., Хомяков А.А. Экспериментальное моделирование движения аппаратов при высоких числах Рейнольдса Experimental simulation of vehicle movement at high Reynolds numbers
$10^{00}-10^{15}$	Станкевич В.С., Коновалов К.Б., Полякова Н.М. Прогнозирование величины эффекта снижения турбулентного сопротивления потока жидкости в магистральном трубопроводе Prediction of drag reduction effect value in industrial pipeline
$10^{15}-10^{30}$	Артамонов А.В., Черных В.Я. Управление двухскоростным способом замеса пшеничного теста Control at two-speed method of mixing wheat dough
$10^{30}-10^{45}$	Быкова Н.Ю., Черных В.Я. Оценка технологических свойств ржаной обойной муки по реологическим свойствам клейстеризованной водно-мучной суспензии и ржаного теста Assessment of technological properties of a rye oboyny flour on rheological properties of kleysterizovanny water flour suspension and rye dough
$10^{45}-11^{00}$	Перерыв
$11^{00}-11^{15}$	Добжицкий А.А., Евтушенко А.М., Крашенинникова И.Г. Структурные изменения в майонезе при температурном воздействии Structural changes in the mayonnaise with the temperature effect
$11^{15}-11^{30}$	Черных В.Я. Управление операциями формования упруго-пластичных пищевых сред Management of operations of formation of elastic and plastic food environments
$11^{30}-11^{45}$	Ибрагимов Т.Р., Королев А.А., Викторова Е.Н., Канатьева А.Ю., Курганов А.А. Монолитные капиллярные колонки на основе ДМЭГ со структурой, оптимальной для разделения синтетических полимеров Monolithic capillary columns based on DMEG with structure optimized for separation of synthetic polymers
$11^{45}-12^{00}$	Родичева Н.В., Черных В.Я. Влияние дозировок порошка из столовой свеклы на реологические свойства ржаного теста и качество готового хлеба Influence of dosages of powder from a table beet on rheological properties of rye dough and quality of ready bread
$12^{00}-12^{15}$	Орехов В.А., Викторова Е.Н., Канатьева А.Ю., Королев А.А., Курганов А.А. Конформационные переходы полистиролов и их влияние на профиль элюирования полимеров при разделении на монолитных капиллярных колонках Conformational transitions of polystyrene and their influence on the elution profile of polymers on monolithic capillary columns
$12^{15}-12^{30}$	Чувахин С.В. Реологические свойства гранулированного чая Rheological properties of granulated tea
$12^{30}-12^{45}$	Чистова М.В., Черных В.Я., Бойко Б.Н., Думская Н.С. Влияние физико-химических свойств инулина на параметры замеса пшеничного теста и качество хлеба Influence of inulin properties on wheat dough mixing and bread quality
$12^{45}-13^{00}$	Корячкин В.П., Корячкина С.Я., Матвеева Т.В., Сапронова Н.П. Реологические свойства новых видов крекерного теста Rheological properties new types of dough for crackers
$13^{00}-13^{15}$	Николаев Л.К., Денисенко А.Ф., Николаев Б.Л., Круподеров А.Ю. Кинетика реологических свойств кулинарного жира «Фритюрный» Kinetics of the rheological properties of culinary fat "Fryer"

13^{15} - 13^{30}	Ловкис З.В., Шепшелев А.А., Арнаут С.А., Коробко Е.В., Виланская С.В., Журавский Н.А. Реологические свойства послеспиртовой барды в условиях непрерывной деформации сдвига Rheological properties of distillery dregs in conditions of continuous shear deformation
13^{30} - 14^{30}	Обед

Вечернее заседание $14^{30} - 15^{15}$ *Пятница, 14 сентября 2012 г.***Председатели****Френкин Э.И.**

14^{30} - 14^{45}	Кочетова О.Е., Никольский В.Г., Красоткина И.А. Исследование реологических характеристик дорожных битумов. The study of the rheological characteristics of bitumen.
14^{45} - 15^{00}	Проценко Павел, Тимошенко Вадим, Боченков Владимир Проявление анизотропии смачивания в двухкомпонентных системах металлический расплав / твердый металл (металлоид) Anisotropy of wetting in binary metallic systems
15^{00} - 15^{15}	Тимошенко Вадим, Боченков Владимир, Проценко Павел Анизотропия растекания расплава свинца по поверхности монокристаллической меди: молекулярно-динамическое моделирование и эксперимент Spreading anisotropy for molten lead / monocrystalline copper system : molecular dynamics simulation and experiment

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ**АНИЗОТРОПИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРОВ****Anisotropy of rheological properties of polymers***Волков В. С.**ИНХС РАН, Москва**E-mail: vsvolk@mail.ru*

Рассмотрены вопросы термодинамического обоснования анизотропной вязкоупругости растворов и расплавов гибкоцепных полимеров. Анизотропия их реологических свойств обусловлена способностью гибких цепных молекул или образованных ими комплексов ориентироваться в потоке [1].

Представлен термодинамический подход к построению реологических уравнений состояния с анизотропными временами релаксации. Он базируется на расширенной необратимой термодинамике, которая не использует принцип локального равновесия. Это позволяет учесть взаимосвязь главных релаксационных процессов в полимерах.

Исследована трансверсально-изотропная вязкоупругость полимерных жидкостей и дана их классификация. Проанализированы новые физические эффекты, связанные с анизотропией их реологических свойств. Рассмотрены течения, которые наиболее целесообразно использовать для определения материальных характеристик растворов и расплавов полимеров.

Литература

1. Волков В. С. // Высокомолек. соедин. А. 2012. Т. 54. № 8, С. 1-9.

МЕХАНИЗМ И СТРУКТУРНО-МОЛЕКУЛЯРНОЕ ОПИСАНИЕ ЯВЛЕНИЯ УСИЛЕНИЯ НАПОЛНЕННЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Mechanism and structural and molecular description of the phenomenon of reinforcement filled elastomers

Гамлицкий Ю.А.

ООО «Научно-технический центр «НИИШП», 105118, Москва, ул. Буракова, 27

gamlit48@mail.ru

Предложена молекулярно-феноменологическая модель явления усиления. В основе модели лежит представление о наличии на поверхности частиц активного наполнителя тонкого слоя каучуковой матрицы, находящейся в псевдостеклообразном состоянии, которое по мере удаления от поверхности наполнителя переходит в высокоэластическое состояние. При деформировании композита наиболее натянутые макромолекулы не рвутся, как в сетке химических узлов ненаполненной резины, а вытягиваются из псевдостеклообразного слоя по механизму, близкому к явлению вынужденной эластичности (хладотекучести). На основе модели получают естественное объяснение все эффекты, характеризующие явление усиления. Эти эффекты следующие.

- Значительное повышение уровня прочностных и усталостных характеристик, в том числе износостойкости.
- Повышение гистерезисных потерь.
- Ярко выраженный эффект Патрикеева – Маллинза.
- Ярко выраженный эффект Пейна.
- Увеличение жёсткости, или геометрическое усиление (кривая растяжения идёт выше).

В настоящее время существует достаточно большое число теорий и моделей, пытающихся объяснить природу, эффекты и молекулярные механизмы явления усиления. К ним можно отнести работы Патрикеева Г.А., Александрова А.П. и Лазуркина А.С., Mullins L., Липатова Ю.С., G. Kraus, A.R. Payne, J.B. Donnet, A. Medalia, Печковской К.А., Лыкина А.С., Лазоренко М.В., Мошева В.В., Ляпиной Л.А., Згаевского В.Э., Свисткова А.Л., Никитина Ю.Н., Раздьяконовой Г.И., Meng-Jiao Wang, Бухиной М.Ф., Dannenberg Е.М., и ряда других (см., напр., [1 – 10]). Однако до настоящего времени не существовало единой внутренне непротиворечивой модели и её трактовки, позволяющей объяснить все основные особенности механического поведения наполненных активным наполнителем резин по сравнению с ненаполненными резинами и наполненными неактивными наполнителями.

Мы будем исходить из того, что в основе повышения прочностных характеристик лежит условие равенства натяжений активных цепей сетки, которые держат приложенную

нагрузку. Другими словами, плотность функции распределения цепей по натяжениям должна быть близкой к δ -образной. Также будем использовать хорошо установленный факт о наличии вокруг частиц наполнителя тонкого жёсткого слоя каучуковой матрицы, которая из-за сил притяжения находится в псевдостеклообразном состоянии [1].

Основная гипотеза, предложенная нами [2, 3], заключается в том, что при деформировании резины наиболее натянутые цепи не рвутся, как в случае сетки химических узлов, а переходят из псевдостеклообразного состояния пограничного слоя в высокоэластическое по механизму, аналогичному для явления вынужденной эластичности (хладотекучести). Это обеспечивает почти равномерное натяжение всех активных цепей сетки, причём натяжение цепей близко к их прочности ($\sim 7 \cdot 10^{-9}$ н). Тем самым повышается предельная нагрузка, которую может выдержать ансамбль цепей сетки. Расчёт прочности ансамбля цепей, имеющих разные функции распределения по натяжениям, приведён в работе [3]. Показано, что при реальных параметрах вулканизационной сетки максимальная условная прочность может достичь 45 МПа.

Процесс перехода части псевдостеклообразного слоя в высокоэластическое состояние при удалении от поверхности частицы активного наполнителя не является релаксационным в том смысле, что при снятии нагрузки «вытянутые» из псевдостеклообразного слоя макромолекулы не возвращаются обратно (как и в случае вынужденной эластичности). Переход в исходное состояние возможен только при повышении температуры, что подтверждается экспериментально. Это лежит в основе объяснения эффекта Патрикеева – Маллинза [4]. Остальным эффектам также даётся объяснение.

Литература

1. Meng-Jiao Wang. Effect of Polymer-Filler and Filler-Filler Interactions on Dynamic Properties of Filled Vulcanizates. Rubber Chem. Technol., Rubber Reviews, 1998, v.71, №3, p.520-589.
2. Гамлицкий Ю.А., Басс Ю.П. К описанию явления усиления наполненных эластомеров. – Инженерно-физический журнал, 2003, т. 76, № 5, с. 101-105
3. Гамлицкий Ю.А., Швачич М.В. Прочность резины. Модель и расчет. Высокомолекулярные соединения, Серия А, 2005, т. 47, № 4, с. 660-668
4. Патрикеев Г.А. В кн.: Общая химическая технология. Т. 2. Под ред. С.И. Вольфковича. Государственное научно-техническое издательство химической литературы. – М. – Л., 1946 г., с. 407-409.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АППАРАТОВ ПРИ ВЫСОКИХ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА

Experimental simulation of vehicle movement at high Reynolds numbers

Елюхина И.В.¹, Хомяков А.А.²

¹ Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76

² ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, Санкт-Петербург, Московское ш., 44

I. Elyukhina, Inna.Elyukhina@gmail.com; A. Khomyakov, albertall@yandex.ru

Для надежного проектирования кораблей и судов с требуемыми ходовыми качествами и прогнозирования их тактических и технико-экономических характеристик необходимо с достаточной точностью знать сопротивление воды движению в натурных условиях и характеристики течения вблизи корпуса, в т.ч. течения в пограничном слое и вязкостном следе. Эти параметры определяются на основе модельных экспериментов в опытовых бассейнах. Полное динамическое подобие сил и потоков, формирующихся при турбулентном обтекании гладкой поверхности корпуса модели и натуре может быть обеспечено при одновременном удовлетворении двум критериям подобия: Фруда Fr и Рейнольдса Re . Обычно в опытовом бассейне можно реализовать только равенство чисел Fr и поэтому традиционный подход отнесен к методам частичного моделирования, при использовании которого принимается гипотеза о независимости волнового и вязкостного сопротивлений. Первое из них находится непосредственно по результатам модельных испытаний, а второе, как и характеристики вязкостного потока (пограничного слоя и следа), уточняется с использованием решений полуэмпирической теории пограничного слоя, т.е. возникает проблема масштабного эффекта.

Известным примером приложения полимерных добавок в т.ч. в вопросах движения надводных и подводных аппаратов в жидкости служит управление турбулентным пограничным слоем в части снижения энергозатрат за счет уменьшения гидродинамического трения корпуса путем введения их раствора на поверхность обшивки. В настоящей работе слабые растворы высокомолекулярных полимеров используются в ином ракурсе, а именно для моделирования обтекания аппаратов, соответствующего натурным числам Рейнольдса ($Re \sim 10^9$), в буксировочных бассейнах (при $Re \sim 10^6$), т.е. создания гидродинамического подобия между ходовыми испытаниями и модельными экспериментами. Некоторые теоретические аспекты проблемы систематизированы в [1], а здесь приводятся результаты экспериментального обоснования методики.

Введение растворов полимеров ведет к уменьшению турбулентного сопротивления трения, а повышение поверхностной шероховатости – к его росту. Варьирование этими

экспериментальными условиями (рис. 1) дает возможность воспроизвести полномасштабное движение и промоделировать натурные тесты при более низких Re в терминах ряда гидродинамических факторов. Проводится сопоставимый анализ данных по полям скоростей и локальному коэффициенту поверхностного трения при течениях в трубе (специализированном гидродинамическом стенде [2]), в опытовых бассейнах [3] и при ходовых испытаниях. Обсуждаются различные варианты создания распределения напряжений трения по длине модели, эквидистантного распределению, получаемому в чистой воде. Предлагаются рекомендации по практической реализации в буксировочных бассейнах этого способа моделирования течений вязкой жидкости при дискретном вводе раствора полимера в пограничный слой модели аппарата.

Работа частично поддержана РФФИ (10-08-00536, 10-01-96042-урал).

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов О.П., Пашин В.М., Седов Л.И. Полное одновременное моделирование вязкостного и волнового сопротивления в опытовом бассейне. XXXIII Крыловские чтения. СПб. 1997.
2. Elyukhina I., Khomyakov A. Simulating the full-scale sea trials in the towing tanks using polymer drag reduction. J. Phys.: CS. 2011. V. 318. 6 p.
3. <http://www.ksri.ru/>

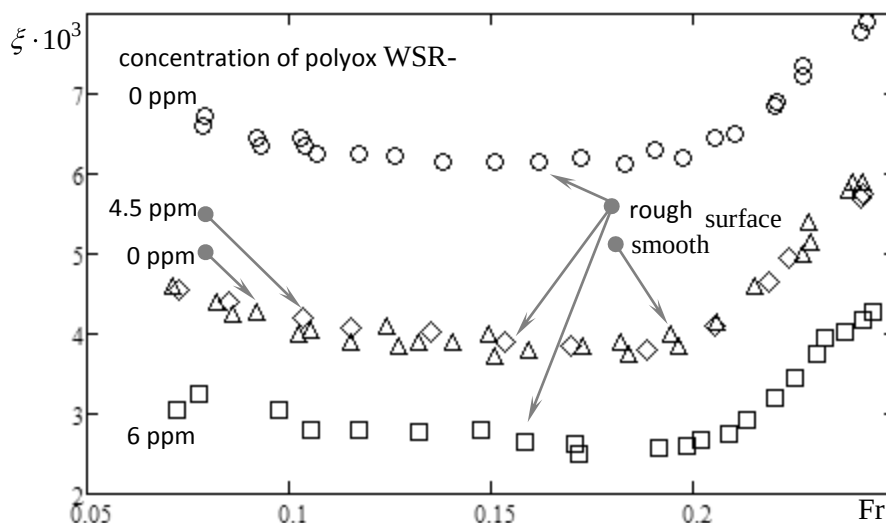


Рис. 1. Зависимость полного сопротивления от Fr для модели класса танкера «Прага»

ДИЛАТАНСИЯ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ**Rheological dilatation in materials technology***Крашенинников А. И.**Московский Государственный Университет Приборостроения и Информатики**Москва, Стромынка 20*

При получении полимерных композиционных материалов с дискретным наполнителем приходится сталкиваться с явлением дилатансии, когда действие на систему напряжения сдвига приводит к ее упрочнению, повышению вязкости. Проявление дилатансии полимерных дисперсных систем многообразно. Но всегда это связано с определенными структурными изменениями, которые можно использовать для придания материалу нужных свойств. Например:

1. Получаем токопроводящий полимерный композиционный материал (ПКМ). Матрица формируется из отверждаемой смолы (ЭД-20). Наполнитель - порошок никеля. Электропроводность ПКМ зависит от развитости межчастичных непосредственных контактов. Этому может способствовать формирование структуры по типу рейнольдсовой дилатансии. Деформирует дилатантную систему до полной остановки и фиксирует это состояние путем химического отверждения матрицы. Предварительно были проведены компьютерные исследования системы, определены параметры процесса. Затем был проведен эксперимент. Оказалось, что композиция, содержащая 35% (масс.) сферических частиц никеля, 59,9% смолы ЭД-20, 5,1% дибутилфталата и полученная при действии сдвиговых напряжений имеет удельную электропроводность больше на 4 десятичных порядка по сравнению с композицией того же состава, но полученной обычным способом, без сдвига. Если в этой композиции заменить никель на порошок керамики ЦТС мы получаем эластичный пьезоэлектрик. В условиях действия сдвига и дилатансии его пьезомодуль увеличивается в 5 раз с 11 до 56 мВ/м, что весьма значительно.

2. Вариант обратимой дилатансии был использован при гидродинамической обработке металлоконструкций с целью подготовки их к защите от коррозии путем нанесения на них противокоррозионных покрытий. Обратимая дилатансия была получена у воды, содержащей растворимый полимер (полиоксиэтилен, полиакриламид или карбоксиметилцеллюлозу) и бентонит в количествах, не превышающих 1%. Наличие дилатансии позволило снизить давление струи, улучшить качество очистки поверхности, повысить производительность труда и добиться многих других преимуществ перед иными известными способами. Технология запатентована.

3. Нередко дилатантная аномалия может повлиять и на оценку технологических свойств ПКМ. Химически отверждаемые ПКМ с высокой концентрацией крупных частиц наполнителя имеют такой важный показатель как «живучесть» - время в течении которого композиция сохраняет способность к переработке. Обычно это определяется соответствующими реокинетическими исследованиями. Однако, в ряде случаев (и они не редки), если переработка материалов требует повышения температуры, то система может потерять седиментационную устойчивость, и начнет деформироваться по механизму рейнольдсовой дилатансии, показывая беспрецедентно высокие значения вязкости. В результате может быть сделан ошибочный вывод о «живучести» системы.

**РАСПЛАВЫ ПОЛИМЕРОВ: ВЯЗКОСТЬ, МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОЕ
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И РЕЛАКСАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА**
Polymer melts: viscosity, MMD and relaxation properties

Малкин А.Я.

ИНХС РАН

Излагается концепция механизма неньтоновского течения расплавов полимеров как следствия изменения их релаксационного спектра под воздействием сдвиговых деформаций. Количественной основой модели является представление о переходе из текучего в вынужденное высокоэластическое состояние тех или иных релаксационных мод при определенном соотношении между их временем релаксации и скоростью сдвига. Такая модель естественным образом объясняет роль молекулярно-массового распределения. Результаты расчетов (выполненных А.В. Семаковым) прекрасно согласуются с экспериментальными данными для широкого круга полимеров. Модель может быть использована для решения обратной задачи при заданной форме ММР.

**ОБРАТНАЯ КИНЕТИКА СМЕШЕНИЯ В РАСПЛАВАХ ТРОЙНЫХ СМЕСЕЙ
ПОЛИМЕРОВ, ИНИЦИИРОВАННАЯ ФАЗОВОЙ САМОСБОРКОЙ**
Phase self-assembly driven inverse kinetics of mixing in melts of ternary polymer blends

Мирошников Ю.П.

*Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В.
Ломоносова (МИТХТ). Москва 117571, проспект Вернадского, 86*

Получение смесей полимеров и создание на их основе новых материалов является одним из магистральных направлений современной технологии переработки полимеров. Особое внимание в последние годы уделяется разработке многокомпонентных и многофазных смесей, морфология которых, образуемая в процессе смешения, оказывает сильное влияние на конечные свойства композиций. Так, в трехкомпонентных несовместимых смесях полимеров, состоящих из матрицы 2 и двух дисперсных (внутренних) фаз 1 и 3 различают два типа взаимного расположения фаз. Один из них представлен независимыми дисперсиями компонентов 1 и 3 в матрице, а второй демонстрирует капсулирование внутренних фаз. Возможность образования того или иного типа морфологии в процессе смешения в расплаве можно уверенно прогнозировать на основе уравнения (правила) Гаркинса-Хоббса:

$$\theta_{31} = \sigma_{12} - \sigma_{32} - \sigma_{13}; \quad \theta_{13} = \sigma_{32} - \sigma_{12} - \sigma_{31} \quad (1)$$

где θ_{ij} – коэффициенты растекания, а σ_{ij} – соответствующие межфазные натяжения при температуре смешения. Если $\theta_{13} < 0$ и $\theta_{31} < 0$, образуются независимые дисперсии внутренних фаз 1 и 3 в матрице 2 (рис. 1а); при $\theta_{13} > 0$ или $\theta_{31} > 0$ фаза 1 капсулирует фазу 3 (рис. 1б) или фаза 3 капсулирует фазу 1 (рис. 1в) соответственно с образованием композиционных частиц типа ядро-оболочка.

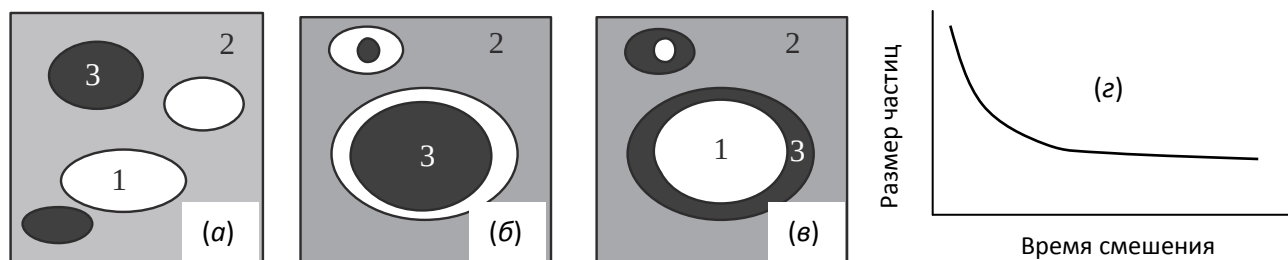


Рис. 1. Типы морфологии в трехфазных смесях полимеров (а – в) и традиционная кинетика смешения для бинарных смесей и тройных смесей полимеров с независимым распределением дисперсных фаз (z)

Настоящая презентация посвящена исследованию кинетики смешения и особенностям формирования фазовой морфологии в расплавах трехкомпонентных смесей полимеров, характеризующихся капсулированием внутренних фаз (рис. 1б,в). Смешение полимеров проводили с использованием трех различных вариантов последовательности подачи компонентов в смеситель (режим смешения, РС). Некоторые свойства изученных

модельных смесей на основе полиметилметакрилата (ПММА), полистирола (ПС), полибутилентерефталата (ПБТ) и поликарбоната (ПК) при $T=235\text{ }^{\circ}\text{C}$ приведены в таблице.

Смесь №	Дисперсная фаза 1	Матрица 2	Дисперсная фаза 3	Эфф. вязкость (кПа·с) 1/2/3	Коэффициенты растекания (мН/м)	
					θ_{13}	θ_{31}
I	ПММА	ПС	ПБТ	1.6/0.4/0.2	+ 0,15	- 6,2
II	ПММА	ПС	ПК	1.6/0.4/5.4	+ 0,28	- 0,7

Морфологию композиций анализировали с использованием трансмиссионной (ТЭМ) и сканирующей (СЭМ) электронной микроскопии и компьютерного анализа изображений.

Обнаружен неожиданный эффект, состоящий в том, что в отличие от традиционной кинетики смешения (рис. 1з), характерной для всех бинарных смесей и тройных композиций с независимым распределением фаз, увеличение продолжительности смешения сопровождалось значительным ростом размера композиционных частиц (рис.2).

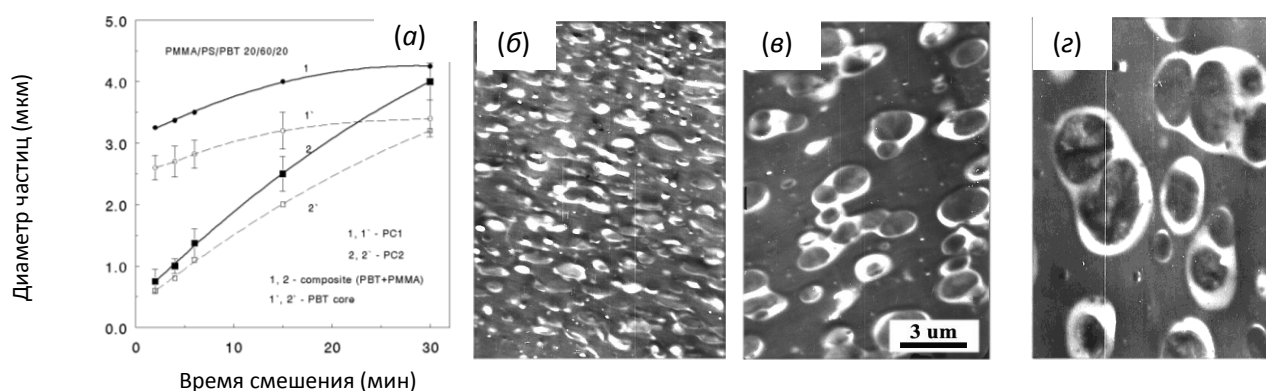


Рис. 2. (а) - кинетика смешения системы I ПММА/ПС/ПБТ 20/60/20: режим смешения PC1 (кривые 1, 1') и PC2 (2, 2'); диаметр композиционных частиц (1, 2) и только ядер (1', 2'). (б – г) - ТЭМ микрофотографии смесей (PC2) после 4 (б), 15 (в) и 30 (г) минут смешения

В качестве примера на рис. 2 представлены кинетические кривые смешения для системы I, в которой фаза ПММА (светлые участки) капсулирует капли ПБТ, а также микрофотографии, иллюстрирующие кривую 2 на рис. 2а.

Обсуждаются механизм этого явления, в основе которого лежат термодинамические эффекты фазовой самосборки, приводящие к укрупнению частиц, а также влияние режима смешения. Подчеркивается важная роль кинетических и реологических факторов, свойственных капсулированным смесям, и определяющих скорость перехода от неравновесных высокодисперсных к равновесным (более грубодисперсным) морфологиям.

**КОНФОРМАЦИОННЫЕ ПЕРЕХОДЫ БЕЛКОВ НА ГРАНИЦЕ ЖИДКОСТЬ - ГАЗ
ПО ДАННЫМ ДИЛАТАЦИОННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ РЕОЛОГИИ**
**Protein Conformation Transitions at the Liquid-Gas Interface as Studied by Dilational
Surface Rheology**

Носков Б.А.

*Санкт-Петербургский государственный университет, химический факультет,
Университетский пр. 22, 198504, Санкт-Петербург, borisanno@rambler.ru*

Развертывание белковых глобул на поверхности жидкости было предметом интенсивных исследований в последнее десятилетие. Однако результаты различных авторов часто противоречат друг другу, что может быть связано с недостаточной чувствительностью существующих экспериментальных методов. Недавно было показано, что конформационные переходы в адсорбционных пленках макромолекул могут приводить к возникновению локальных максимумов на кинетических зависимостях дилатационных поверхностных реологических свойств [1-2]. В частности, в случае растворов β -казеина два локальных максимума динамической поверхностной упругости могут быть связаны с образованием петель и хвостов в поверхностном слое за счет различных частей молекулы белка [1]. В данной работе этот подход применен для исследования разрушения глобулярной структуры белка в поверхностном слое. При адсорбции глобул различных белков динамическая поверхностная упругость монотонно увеличивается с возрастом поверхности, достигая высоких значений (70 – 80 мН/м). Однако в случае растворов смесей белков с различными денатурантами (гидрохлорид гуанидина, мочевины, ионные ПАВ) кинетические зависимости становятся немонотонными, если концентрация денатуранта превышает некоторое критическое значение, указывая на разрушение третичной структуры белка. Процессы развертывания лизоцима, бычьего сывороточного альбумина и β -лактоглобулина в поверхностном слое происходят при различных концентрациях денатурантов, соответствующих различным поверхностным давлениям. С другой стороны, поверхностное давление, соответствующее разрушению третичной структуры, не зависит от химической природы денатуранта и оказывается характеристической величиной для данного белка.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Проект № 11-03-00801-а).

Литература:

- [1] B.A. Noskov *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 15, 229 (2010).
- [2] B.A. Noskov, G. Loglio, R. Miller *Adv. Colloid Interface Sci.* 168, 179 (2011).

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ И РЕОЛОГИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ СИСТЕМ ВЯЗКИХ И СТЕПЕННЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ СДВИГОВОГО ТЕЧЕНИЯ

Hydrodynamic instability and rheology of two-layer systems of viscous and power-law fluids subjected to shear flow

Патлажан С.А.¹ и Кравченко И.В.²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, ул. Косыгина 4, 119991 Москва, sapat@yandex.ru

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики Российской академии наук, 119991 Москва, ул. Косыгина 4, 142432 Черноголовка Московской области, просп. Семенова 1,

В докладе обсуждаются результаты численного моделирования гидродинамической устойчивости двухслойных систем несжимаемых вязких и степенных жидкостей при сдвиговом течении и их взаимосвязь с эволюцией эффективной вязкости. Особое внимание уделено исследованию закономерностей развития межфазных возмущений на границе раздела фаз. Анализируется влияние межфазного скольжения на особенности формирования морфологии расплавов несовместимых полимеров.

Неустойчивое течение простого сдвига приводит к формированию вязких пальцев [1]. Установлено, что структура последних зависит от отношений вязкости m и толщины n слоев. (см. Рис. 1). Такая зависимость проявляется в возможности формирования капли на конце вязкого пальца при условии $m > 1$ and $n < 1$.

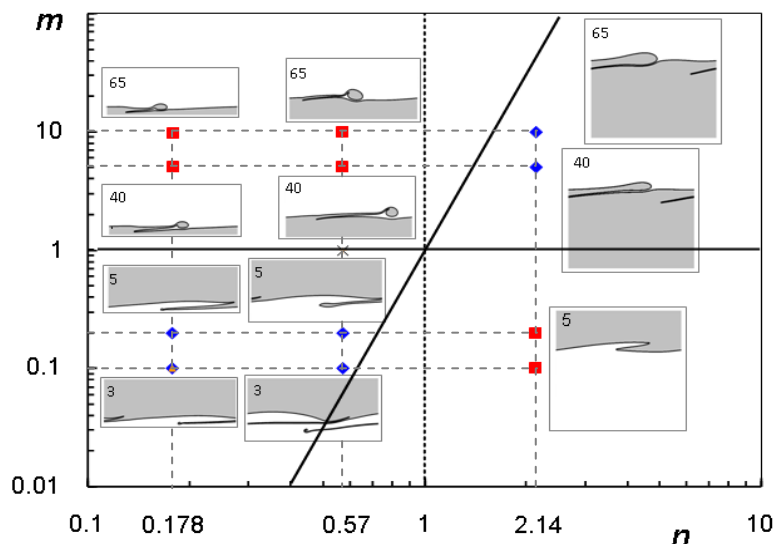


Рис 1. Диаграмма динамических состояний двухслойной системы при разных отношениях вязкостей и толщины слоев. Числа на рисунках соответствуют безразмерному времени.

Межфазное натяжение стимулирует развитие капиллярных волн на границе вязких пальцев, которые, в конечном счете, приводят к их распаду на множество мелких капель

(рис. 2) Показано, что увеличение отношения вязкости слоев приводит к уменьшению критического удлинения вязких пальцев. Данный эффект лежит в основе механизма эмульсификации межфазной границы рассматриваемых систем.

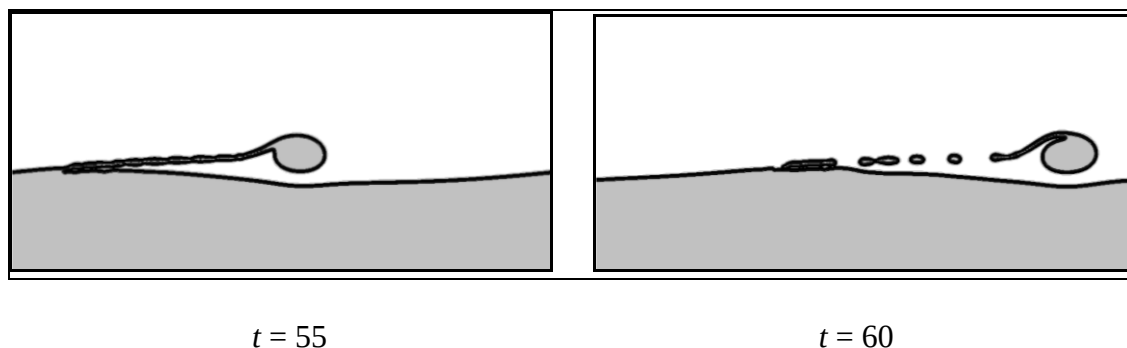


Рис 2. Развитие капиллярной неустойчивости вязкого пальца.

Установлено, что межфазное скольжение приводит к увеличению скорости роста вязких пальцев: чем сильнее скольжение, тем больше скорость приращения длины вязких пальцев. На практике этот эффект может приводить к увеличению адгезии несовместимых полимеров за счет их механического сцепления [2]. Похожий эффект был установлен также на примере степенных жидкостей при граничном условии прилипания слоев.

Показано, что изменение эффективной вязкости двухслойной системы коррелирует с особенностями эволюции морфологии, обусловленной развитием гидродинамической неустойчивости среды в процессе сдвигового течения.

Литература

- [1] J. Li and Y. Renardy “Numerical study of two immiscible liquids at low Reynolds number”, SIAM Review, 42 417 (2000).
- [2] S.A. Patlazhan, I.V. Kravchenko “Influence of interfacial slip on mechanical adhesion of immiscible polymers”, *Journal of Adhesion Science and Technology*. 25, 1425-1434 (2011).

МЕЗОСКОПИЧЕСКИЙ ПОДХОД В МЕХАНИКЕ НЬЮТОНОВСКИХ И НЕНЬЮТОНОВСКИХ СРЕД

Mezoscopic approach in the mechanics of Newtonian and non-newtonian media

Пышнограй Г.В.

Алтайская государственная педагогическая академия

Email: pyshnograi@mail.ru

Система уравнений динамики текучих полимерных сред записана на основе законов сохранения и реологического определяющего соотношения, для получения которого были использованы принципы статистической механики, примененные к суспензии нелинейных невзаимодействующих релаксаторов. Если при течении полимерной среды интересоваться только самыми медленными релаксационными процессами, то очень удобной оказывается модель "гантели" – две броуновские частицы, связанные упругой силой. При этом анизотропию подвижности рассматриваемой макромолекулы можно задать с помощью тензорного коэффициента трения. Далее можно записать диффузионное уравнение для функции распределения, исходя из уравнения Смолуховского, которое описывает диффузию бусинок гантели относительно друг друга, и после подстановки его в уравнения динамики гантели, можно получить релаксационные уравнения для корреляционных моментов. Так как форму и ориентацию гантелей в потоке можно охарактеризовать тензором гирации, то после преобразований получаем замкнутое реологическое определяющее соотношение.

Следует отметить, что эта реологическая модель была получена ранее как нулевое приближение по имеющимся малым параметрам, связанным с внутренней вязкостью и последствием окружения, и является обобщением структурно-феноменологической модели Покровского–Виноградова.

На основе полученной реологической модели были численно исследованы стационарные визкозиметрические функции: вязкость, первая и вторая разности нормальных напряжений при простом сдвиге и вязкость при одноосном растяжении как функции постоянного градиента скорости. Было рассчитано течение в круглой трубе, что позволило уточнить поправки к закону Пуазейля и описать различия движения ньютоновской и полимерной жидкостей. Также исследовалось влияние молекулярного веса на сдвиговую и продольную вязкости. Заметим, что если удовлетворять условию независимости асимптотического поведения сдвиговой вязкости от молекулярного веса, то можно получить связь между введенными в уравнениях динамики макромолекулы параметрами анизотропии.

В работе рассмотрены одномерные движения между параллельными плоскостями и в бесконечной трубе под действием постоянного перепада давления. При этом получен

непараболический профиль скорости и найдена зависимость между удельным расходом и перепадом давления. Произведено сравнение полученных зависимостей с экспериментальными данными и установленными ранее приближенными аналитическими зависимостями.

Также в работе рассмотрена задача об охлаждении и растяжении пленки после выхода из экструдера. Для этого необходимо к уравнениям динамики сплошной среды добавить уравнение сохранения энергии и учесть температурную зависимость коэффициента начальной вязкости и начального времени релаксации. При этом удалось рассчитать распределение температуры, профиля скорости и составляющих тензора напряжений в зависимости от коэффициентов теплообмена и температуропроводности для различных типов граничных условий. Полученные результаты не противоречат наблюдаемым на практике.

Все это позволяет перейти к расчетам более сложных двух- и трехмерных течений. В качестве такого течения выбрано течение в канале с квадратным сечением. Система уравнений сохранения записана в предположении отсутствия вторичных течений и представляет собой систему семи дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка. В результате решения этой системы были найдены профиль скорости и составляющие тензора напряжений как функции точки пространства и реологических параметров полимерной жидкости. При этом были рассмотрены два типа граничных условий (прилипание и проскальзывание) и проведено сравнение расчетов.

В работе исследованы, обоснованы и выбраны методы и средства моделирования течения сплошной среды в каналах с заданной микрогеометрией неровностей стенок. Исследована, обоснована и выбрана схема построения вычислительной решетки и способов описания мезоскопических граничных условий, их влияния на точность результата и трудоемкость вычислений.

Разработана методика мезоскопического моделирования течения сплошной среды в каналах с заданной микрогеометрией неровностей поверхности стенок, включающая мезоскопическое описание граничных условий по скорости и давлению.

Разработан программный модуль для дискретного геометрического моделирования канала с заданной микрогеометрией неровности поверхности стенок, позволяющий учитывать как результаты измерения естественной микрогеометрии поверхности, так и результаты искусственного моделирования регулярной микрогеометрии поверхности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №01-12-00033) и ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» ГК № 07.514.12.4034.

ФАЗОВОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРОВ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ

The phase separation of polymer solutions under deformation

Семаков А.В.

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН

119991 Москва, Ленинский пр. 29, e-mail: sav@ips.ac.ru

Центральная тема доклада - исследование фазового распада струйных течений растворов полимеров, инициированного деформацией растяжения. Изучение этого критического явления, впервые описанного С.Я. Френкелем с коллегами [1, 2] как "*ориентационная катастрофа*", весьма актуально для развития его теории и связанных с ним экспериментальных приложений.

В докладе изложены новые экспериментальные методики реализации фазового разделения концентрированных растворов полимеров при сдвиге, растяжении и комбинации этих видов деформации, а также методики визуализации процесса фазового разделения и реологических измерений, выполненных непосредственно в процессе фазового распада.

Показано, что главным фактором фазового разделения растворов гибкоцепных полимеров при деформировании является их упругость и высказана гипотеза о тесной связи этого критического явления с возникновением *упругой неустойчивости* растворов полимеров при деформировании. Изложен механизм возникновения упругой неустойчивости, связанный со *специфической неафинной трансформацией* сетки зацеплений при больших деформациях.

Проанализированы условия возникновения различных видов *релеевской неустойчивости*, возникающих при растяжении струй. В частности, обсуждены условия возникновения капиллярной неустойчивости раствора полимера на начальном участке нераспавшейся струи и капиллярной неустойчивости растворителя, выделяющегося при фазовом распаде.

В докладе приведены новые экспериментальные данные по формированию струй при растяжении концентрированных растворов в среде растворителя. В этой связи обсуждается вопрос о растворимости высокоориентированных струй.

Рассмотрены также новые технологические возможности *механотропного* способа получения волокон, основанного на фазовом разделении *концентрированных* растворов полимеров при деформировании.

Автор выражает благодарность А.Я. Малкину и В.Г. Куличихину за полезные обсуждения проблемы.

1. С.Я. Френкель, В.Г. Баранов, Н.Г. Белькевич, Ю.Н. Панов. Ориентационный механизм образования твердой фазы в растворах полимеров, подверженных воздействию продольного гидродинамического поля // Письма в редакцию, Высокомолек. соед. Т.6, №10, 1964.
2. С.Я. Френкель, С.А. Агранова, В.Г. Алдошин, В.Г. Баранов, Л.Н. Коржавин, Ю.Н. Панов, Т.И. Самсонова. Об ориентационном механизме образования твердой фазы в умеренно концентрированных растворах полимеров // Украинский физический журнал, Т.7, №2, 1967, С. 282-289.

РЕОЛОГИЯ ТЕЛ С ПОДВИЖНЫМИ ГРАНИЦАМИ**Reology substances with dynamic interfaces.***Турусов Р.А.**Институт химической физики Российской академии наук*rob-turusov@yandex.ru

В работе излагаются физические результаты решения трех задач о движении вязкой жидкости и формировании напряженного состояния твердого тела, образующегося при фронтальном твердении жидкости. В основу решения задач положена развиваемая автором теория механических явлений при движении фронта фазового перехода, в частности, отверждения (твердения).

Первая задача – движение вязкой (полимерной) жидкости в тонком дискообразном зазоре при движении фронта ее отверждения по радиусу. Исследуется возможность формирования разрывов жидкости.

Вторая задача исследует силовое взаимодействие (притяжение или отталкивание) двух растущих в вязкой жидкости (и за ее счет) твердых тел, например, надмолекулярных образований. Выведен закон этого взаимодействия.

Третья задача – о кинетике напряженного состояния и движении растущей твердой коры первоначально жидкого шара (расплав из смеси различных веществ). Т.е. фронт твердения движется снаружи внутрь шара. Учитывается влияние гравитации.

В заключение предлагается модель деформирования пористого материала, поры которого заполнены жидкостью (модель работы кости в организме). Стенки пор подвижны и упруги.

РАЗРЫВЫ СПЛОШНОСТИ, СЛОИСТЫЙ ХАРАКТЕР ТЕЧЕНИЯ И ПРОБЛЕМА ДОСТИЖЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕКУЧЕСТИ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Continuum ruptures, layered character of flow and the concern of achieving maximal fluidity of structurized dispersed systems

Н.Б. Урьев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН)

РФ, 119071, Москва ГСП-1, Ленинский проспект, 31, корп. 4.

С позиций классической реологии описание процесса течения структурированных дисперсных систем с возрастающей скоростью сдвига предполагает континуальный характер распределения скоростей по зазору при измерениях в ротационных приборах с коаксиальными цилиндрами. При этом предполагается, что разрушение коагуляционной структуры дисперсии носит изотропный характер, степень разрушения возрастает с ростом скорости сдвига, а в области наименьшего уровня ньютоновской вязкости реализуется предельное разрушение структуры (по П.А. Ребиндеру).

Такой механизм течения подтвержден многочисленными исследованиями на примерах модельных суспензий, образованных монодисперсных сферическими частицами твердой фазы с лиофильной по отношению к дисперсионным жидким средам поверхностью.

Однако, как было показано еще в 1967 году [1], при деформировании с возрастающей скоростью высококонцентрированных структурированных водных дисперсий гидроалюмосиликатов, а в последующем суспензий коалинита, бентонита и других систем, их деформация сопровождается возникновением разрывов сплошности структуры, не «залечиваемых» по мере увеличения скорости деформации [2,3]. В результате возникновения разрывов в деформируемой дисперсии образуются два слоя структуры, разделенные прослойкой жидкой дисперсионной среды, иммобилизируемой из этих слоев. Последующее течение реализуется по жидкотекучему слою, континуум распределения скоростей нарушается и объемного изотропного разрушения структуры не происходит. Характер разрушения структуры с разрывом сплошности представлен на рис.1. Теория этого явления рассмотрена в [4].

Аналогичное явление обнаружено с помощью специально разработанной

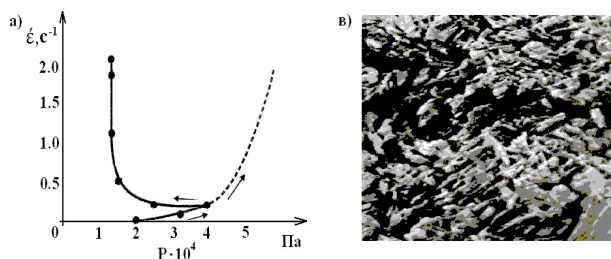


Рис. 1

методики и при деформации малоконцентрированных дисперсий, образованных частицами анизотропной формы или с наличием на поверхности частиц лиофильно-лиофобной мозаичности в полярных и неполярных жидких средах. В этом случае объемная структурная сетка распадается на агрегаты из частиц и множественные чередующиеся твердообразные и жидкотекучие слои, ориентированные в направлении сдвиговой деформации [5-7], рис. 2. Теория этого явления рассмотрена в [6,8], а результаты его компьютерного моделирования (рис. 3) – в [9].



Рис. 2

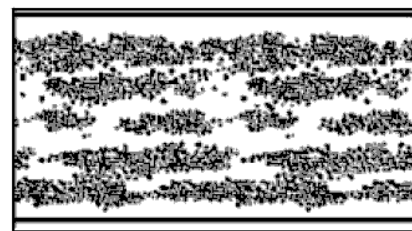
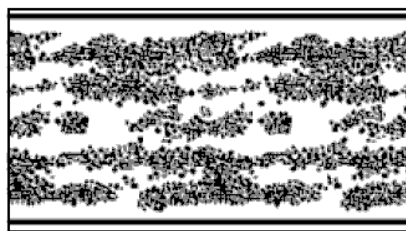


Рис. 3

В работах [1, 5-7] показано, что воздействия ортогональной к направлению непрерывного сдвига осцилляции устраняет разрывы сплошности, а в сочетании с модифицированием поверхности частиц адсорбционными слоями ПАВ, устойчивыми к инерционной коагуляции частиц – позволяет изотропно разрушить структуру, достичь наименьшую ньютоновскую вязкость и соответствующую ей максимальную текучесть. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №12-03-00473.

Литература:

1. Урьев Н. Б., Михайлов Н.В. Коллоидный цементный клей и его применение в строительстве. М.: Стройиздат, 1967г. 175 стр.
2. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. М.: Химия, 1980г. 320 стр.
3. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988г. 256 стр.
4. Урьев Н.Б., Потанин А.А., Текучесть суспензий и порошков, М.:Химия, 1992.
5. Uriev N.B., Colloids and Surfaces, V.87, №3, p.1 (1994).
6. Урьев Н.Б., Успехи химии, т.73, №1, с.39 (2004).
7. Урьев Н.Б., Физико-химия поверхности и защита материалов, т.46, № с.3 (2010).
8. Uriev N.B., Ladyzhensky I. Ya., Colloids and Surfaces, V.108, №3, p.1 (1996).
9. Uriev N.B., Kuchin I.V., Advances in Colloid and Interface Science, V.134-135, p.249 (2007).

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ

Structure analysis of the deformation behavior of blood vessel wals

Н.Н.Фирсов

Российский государственный исследовательский медицинский университет.

Исследование механических свойств мягких биологических тканей производится достаточно интенсивно и еще 30 лет назад публиковались подробные обзоры. Прогресс в этих исследованиях связан с разработкой общего количественного подхода к описанию существенно нелинейных кривых напряжение-деформация мягких биологических тканей. Аппроксимация степенными полиномами подвергалась справедливой критике, во-первых, потому что степень полинома должна быть очень высокой, а во-вторых, из-за невозможности придать коэффициентам физический смысл. Поэтому экспоненциальная форма закона напряжение-деформация предложенная Фанг Я. Ч. была адекватна изучаемому объекту. Однако одноэкспоненциальная форма закона Фанга не всегда бывает точной, а самое главное, не отражает микроскопическую структуру описываемого объекта, который состоит из коллагена, эластина и гладкой мышцы. Хотя Фанг Я. Ч. добавил к основному уравнению еще линейную функцию для эластина, это не дало возможности описывать объекты с преимущественным содержанием гладкой мышцы. Разложение кривой деформация-напряжение в экспоненциальный ряд позволяет разделить вклады всех трёх составляющих сосудистой стенки: коллагена, эластина и гладкой мышцы. На достаточно большом материале переживающих сосудов было показано, что каждая из составляющих характеризуется своим предэкспоненциальным множителем и своим показателем экспоненты. Для таких органов, как мочеточник, состоящий в основном из гладкомышечной ткани, экспоненты относящиеся к коллагену и эластину отсутствуют.

В различных фармакологических и физиологических исследованиях не удавалось получить стандартизованное состояние объекта, т.к начальное напряжение определяется механическим состоянием гладкой мышцы. Поэтому производились эксперименты на изолированных сегментах брюшной аорты кроликов и сравнивались кривые построенные для максимального напряжения возникающего после ступенчатого растяжения образца и после релаксации. Деформация образца производилась при непрерывной электростимуляции вызывающей тоническое сокращение гладких мышц сосудов. Такая же процедура следовала и после отравления гладких мышц сосуда тиомерсалом. Такая методика позволяет получать стандартизованные состояния образцов. В результате предложена трёхэлементная реологическая модель сосудистой стенки с двумя независимо управляемыми активными элементами. Особенностью такого вида экспериментов является невозможность экспоненциального разложения кривой деформация-напряжения и вырождение её в единственную экспоненту, т.к. тоническое напряжение гладкой мышцы объединяет все структуры в единую.

Было показано, что гладкая мышца сосудов оказывает воздействие на нелинейность как параллельной упругости, так и последовательной в трёхэлементной реологической модели. Предлагаемый биомеханический подход перспективен для количественного анализа действия различных препаратов на сосудистую стенку.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛЕНГМЮРОВСКИХ МОНОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СЛОЕВ

Rheological properties of Langmuir monolayers

Г.П. Ямпольская

МГУ им. М.В.Ломоносова, Химический факультет, кафедра коллоидной химии.

Москва, Воробьевы Горы

Yampolckaya@colloid.chem.msu.ru

Мономолекулярные слои (монослои) и пленки на границе вода/воздух - классический объект исследований коллоидной химии - представляют собой необычные молекулярные системы, изучение которых в настоящее время происходит на перекрестке разных наук (физики, химии, биологии, материаловедения, реологии и др.). История исследований монослоев началась в древнейшие времена (использование эффекта растеканием масла по поверхности воды для успокоения морских волн). В 1917 году Ленгмюр разработал метод исследования монослоев, позволяющий определять форму, ориентацию и размер молекул, образующих монослой на асимметричных поверхностях под контролем температуры, состава, плотности упаковки и межфазного окружения. На рис.1 представлена современная ванна Ленгмюра, позволяющая получать термодинамическую характеристику монослоя в виде изотерма «двумерное давление π – площадь монослоя A » (рис. 2).

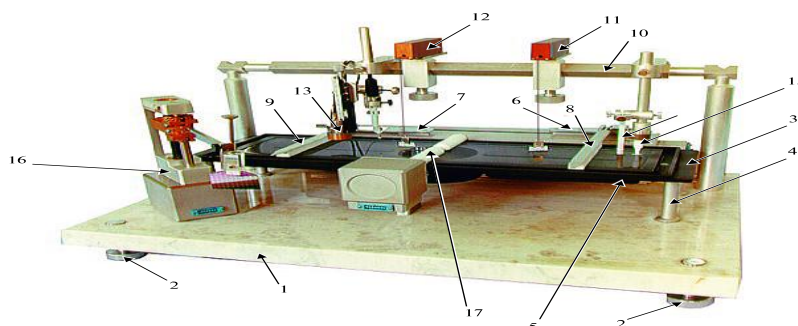


Рис.1. Вид современной ванны Ленгмюра.

Новый этап исследований монослоев начался с работ Г. Куна, заложивших основу молекулярного зодчества – создание на основе пленок Ленгмюра-Блоджетт (ЛБ пленки) молекулярных ансамблей заданной архитектуры. Это привело к исследованию монослоев современными физическими методами и резкому увеличению интереса к системам в связи с практическими применениями. Методы рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей привели к развитию представлений о равновесных свойствах монослоев. Однако в настоящее время особую значимость приобрели исследования реологических свойств монослоев. Устойчивость дисперсных систем связана с динамической эластичностью и

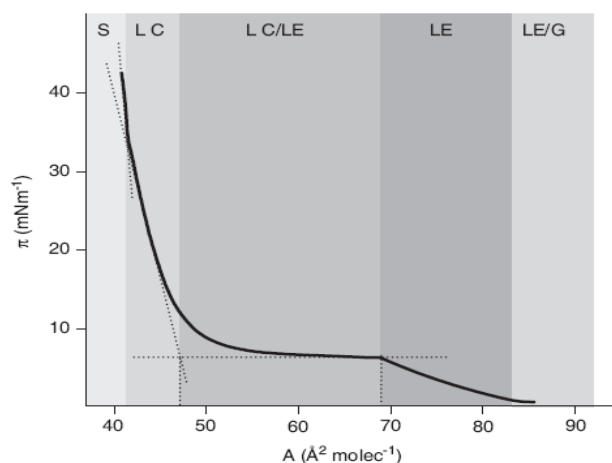


Рис. 2. Типичная изотерма $\pi(A)$, отражающая фазовые переходы при сжатии монослоя

вязкостью поверхностных слоев. Реологические параметры лежат в основе контроля структур монослоя и ЛБ пленок и процессов их реорганизации (рис.2).

В плоскости монослоя возможны два типа движений: поперечное и продольное. Первое контролируется силами гравитации и поверхностного натяжения, второе - градиентами поверхностного натяжения (эффект Марангони). Две моды отвечают плоскости поверхности: сдвиговая и дилатантная. Продольное движение в большей мере определяет механику нерастворимого монослоя. Самым чувствительным к структуре монослоя параметром является поверхностный модуль сдвига. Для оценки сдвиговых реологических параметров используются два подхода: извлечение модулей сдвига из дилатантных измерений и непосредственное проведение экспериментов при наложении сдвиговых нагрузок. Особый интерес представляют исследования в динамическом режиме.

Проанализированы результаты исследований реологических свойств монослоев низкомолекулярных ПАВ, белков и синтетических и природных полимеров, полиэлектролитов, блоксополимеров, а также смесей компонентов, выполненных в последние десятилетия. Определенное внимание уделено оценкам вклада реологических параметров пленок на межфазных границах вода/неполярная фаза в устойчивость эмульсий (стабилизаторы белки, а также ГПЦ ее смеси с лецитином). Кратко рассматриваются способы измерения реологических параметров ленгмюровских монослоев для широкого круга компонентов, образующих монослой.

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ**МОДЕЛИРОВАНИЕ 3D ПРОФИЛЯ СКОРОСТИ НЕЛИНЕЙНОЙ
ВЯЗКОУПРУГОЙ ЖИДКОСТИ В КАНАЛЕ С КВАДРАТНЫМ СЕЧЕНИЕМ
3d velocity profile modeling of nonlinear viscoelastic fluid flow in the channel with
square section**

Алтухов Ю.А.², Самойлов В.С.¹, Пышнограй И.Г.¹, Пышнограй Г.В.²

¹Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул

²Алтайская государственная педагогическая академия, Барнаул

Полимерные материалы и изделия на их основе находят все большее применение на практике. Это связано не только с тем, что они используются в качестве заменителей дерева, металлов, растительных волокон и пр., но и с тем, что полимеры демонстрируют ряд уникальных свойств позволяющих использовать их в качестве матрицы при производстве наноматериалов и нанокомпозитов. Это, в свою очередь, приводит к увеличению мирового производства полимеров и к необходимости разработки новых технологий их переработки. Одним из преимуществ использования полимеров является то, что они легко переходят в вязкотекучее состояние, что существенно упрощает их переработку и повышает актуальность задачи о математическом моделировании динамики полимерных сред находящихся в вязкотекучем состоянии.

При описании течений растворов и расплавов линейных полимеров в различных узлах технологического оборудования важную роль играет формулировка реологического определяющего соотношения, которое устанавливает связь между кинематическими характеристиками потока и внутренними термодинамическими параметрами.

В настоящее время можно отметить наличие устойчивого развития математических методов в области моделирования полимерных жидкостей. Это связано с применением микроструктурного подхода к получению реологических определяющих соотношений и выражается в том, что удалось сформулировать замкнутую систему уравнений динамики и выполнить ряд нетривиальных расчетов на базе этой системы. Достоинствами микроструктурного подхода является возможность проследить связь между макро- и микрохарактеристиками полимерной системы, а его основу составляют уравнения динамики макромолекулы. В случае, когда динамика макромолекулы моделировалась нелинейной гантелью, что соответствует учету только одного, самого медленного релаксационного процесса, была получена простая реологическая модель. Динамика полимерной среды находящейся в вязкотекучем состоянии описана в рамках реологической модели нелинейной вязкоупругой жидкости с одним тензорным внутренним термодинамическим параметром. Система уравнений сохранения записана в предположении отсутствия вторичных течений и представляет собой систему семи дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка. В результате решения этой системы были найдены профиль скорости и составляющие тензора напряжений как функции точки пространства и реологических параметров полимерной жидкости.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ ПЛЕНОК ИЗ РАСТВОРА ПОЛИМЕРА

Аль Джода Х.Н.А¹, Пышинограй Г.В.², Шиповская А.Б.³

¹Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

²Алтайская государственная педагогическая академия

³Саратовский государственный университет

Использование математического моделирования предоставляет ряд преимуществ, к которым можно отнести возможности управления качеством продукции и решения ряда оптимизационных задач производства. Основу такого подхода для полимерных материалов составляет реологическая модель, которая должна быть достаточно простой и вместе с тем отражать все особенности исследуемого процесса, в качестве которого рассмотрим процесс получения полимерной пленки.

В промышленности полимерные пленки преимущественно получают методом экструзии расплава полимера. Данный метод пригоден для формования полимерных материалов, которые при расплавлении не подвергаются термической деструкции.

Для полимеров, температура плавления которых превышает температуру их термического разложения, для получения пленок применяется так называемый метод полива раствора полимера. Данный метод состоит из трех основных стадий: приготовления формовочного раствора полимера определенной концентрации, его полива через фильеру на полированную поверхность (бесконечная лента или барабан), удаление растворителя (испарением или с использованием осадительной ванны). Для снятия внутренних напряжений, а также повышения физико-механических характеристик получаемых пленок в процессе формования применяют термическую обработку, либо одно- или двухосную ориентацию.

Растворная и расплавная технологии получения полимерных пленок имеют как общность основных стадий формования, так и свои особенности. В частности, в не зависимости от способа получения, при фазовом переходе в пленочной структуре происходит неравномерное изменение геометрических размеров образца, что приводит в конечном итоге к появлению “эффекта шейки”. В обоих случаях процесс формования сопровождается фазовыми и релаксационными переходами. При получении пленок расплавленным методом затвердевание жидкой пленочной структуры обусловлено процессами теплопереноса, а растворным – массопереноса. Процесс получения пленки из раствора полимера является изначально более сложным, поскольку система является двухкомпонентной. При этом в условиях формования происходит увеличение концентрации полимера, что приводит к резкому повышению вязкости полимерной системы. Таким образом, при разработке математических моделей процессов формования полимерных пленок необходимо учитывать особенности, присущие каждому способу получения.

В работе математическая модель процесса получения пленки из раствора полимера записана в одномерном приближении, что позволяет достаточно просто найти зависимости концентрации растворителя, геометрических размеров и скорости формирования пленки от расстояния до выхода из фильеры. Сопоставление полученной модели с моделью формования пленки из расплава полимера позволило выявить аналогии и различия между процессами солидификации и испарения растворителя.

**СОГЛАСОВАНИЕ РАСХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКОВ НЕЛИНЕЙНОЙ
ВЯЗКОУПРУГОЙ СРЕДЫ В КАНАЛЕ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМ СЕЧЕНИЕМ С
ИЗМЕНЕНИЕМ ШИРИНЫ**

**Matching the flow rate flows characteristics of nonlinear viscoelastic medium in
rectangular channel with a change in the width**

Г.Л. Афонин, Г.В. Пышиноград

(АлтГТУ им. И.И. Ползунова; Россия, г. Барнаул, пр. Ленина 46)

Описание течений полимерных жидкостей в различных узлах технологического оборудования невозможно без реологического определяющего соотношения, устанавливающего связь между кинематическими характеристиками движения и напряжением. В качестве такого соотношения была выбрана обобщенная реологическая модель Виноградова – Покровского. Данная реологическая модель достаточно подробно опробована на простых течениях. Сравнение рассчитанных на основе модели зависимостей с экспериментальными данными, взятыми из литературных источников, показало качественное соответствие модели реальным течениям растворов и расплавов линейных полимеров.

При этом уже первые расчеты более сложных течений, например, стационарных двумерных, выполненные методом конечных элементов, показали существенные различия в поведении решений по модели и ньютоновской жидкости. При этом стационарные расчеты удавалось провести только для очень малых значений удельного расхода. Для получения решений при больших значениях расхода предполагалось использование найденного ранее приближенного аналитического решения в качестве граничного условия на выходе из канала. Однако это не позволяет получать стационарные решения полной гидродинамической задачи даже для не очень больших градиентов давления, не говоря уже о практически приемлемых значениях. Это может быть связано со многими причинами: неадекватностью модели, погрешностью численного метода, неправильной постановкой граничных условий и т.д.

Чтобы прояснить ситуацию в настоящей работе производится исследование плоскопараллельного течения в канале с изменением ширины. Найдены более точные численные зависимости профиля скорости и компонент тензора напряжений от перепада давления. Показано к каким отличиям приводит разница в отклонении численной от аналитической зависимости при построении профиля продольной скорости, при этом точность рассчитанного профиля скорости оценивалась сравнением с экспериментальными данными. Тем самым найдена причина отсутствия стационарных решений полной гидродинамической задачи при использовании аналитических

выражений в качестве граничных условий на выходе из канала при расчетах двумерных течений.

Также для обеспечения сохранения удельного расхода полимерной жидкости в работе найдены согласованные значения перепада давления на входе в резервуар с перепадом давления на выходе из канала.

Таким образом, в рассмотренном случае плоского течения Пуазейля, система уравнений модифицированной модели Виноградова – Покровского описывает непараболический профиль скорости в зазоре между параллельными пластинами, что подтверждается экспериментальными данными. Найдено отношение градиента давления на входе в резервуар к градиенту давления на выходе при различных значениях ширины канала. Полученные в работе соотношения могут быть использованы при адаптации численных методов двух- и трехмерных течений в качестве граничных условий, а также начального приближения входного и выходного профилей и при моделировании течений полимерных жидкостей в зазоре между параллельными плоскостями, например, при формировании тонких пленок.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 12-01-00033).

УПРАВЛЕНИЕ ДВУХСКОРОСТНЫМ СПОСОБОМ ЗАМЕСА ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

Control at two-speed method of mixing wheat dough

аспирант Артамонов А. В., д.т.н., проф., Черных В. Я.

*ФГБОУ ВПО Московский Государственный Университет Пищевых Производств
125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11*

До последнего времени существующая приборная база для контроля операции замеса пшеничного теста в лабораторных условиях была представлена в основном зарубежными производителями: Brabender - Германия, Chopin - Франция, Haubelt – Бельгия и др. Разработанные ими приборы: «Farinograph», «Mixolab» и «Flourgraph» используются только для определения технологических свойств пшеничной муки и параметров замеса теста.

Разработанный на кафедре «Технология хлебопекарного и макаронного производств» МГУПП прибор «Полиреотест ПРТ-1» (рисунок 1) ориентирован дополнительно на перенос режима замеса пшеничного теста из лабораторных условий в производственные с учетом конструктивных особенностей используемой дискретной тестомесильной машины.



Рисунок 1 - Внешний вид прибора «Полиреотест ПРТ-1»

Рекомендации по режиму замеса пшеничного теста из лаборатории на технологическую линию, в составе которой находится, например, двухскоростная тестомесильная машина «Прима 300», будут осуществляться по удельной интенсивности замеса, которая рассчитывается по формуле:

$$I_{уд i} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_m \cdot M_{кр i}}{(G_T \cdot 1000)}, \text{ кДж/кг} \cdot \text{с};$$

где: n_m - частота вращения месильных органов, с^{-1} ;

$M_{кр}$ - крутящий момент, Н·м;

G_T - масса теста, кг.

Характерная кривая замеса пшеничного теста при двухскоростном режиме на приборе «Полиреотест ПРТ-1» представлена на рисунке 2.

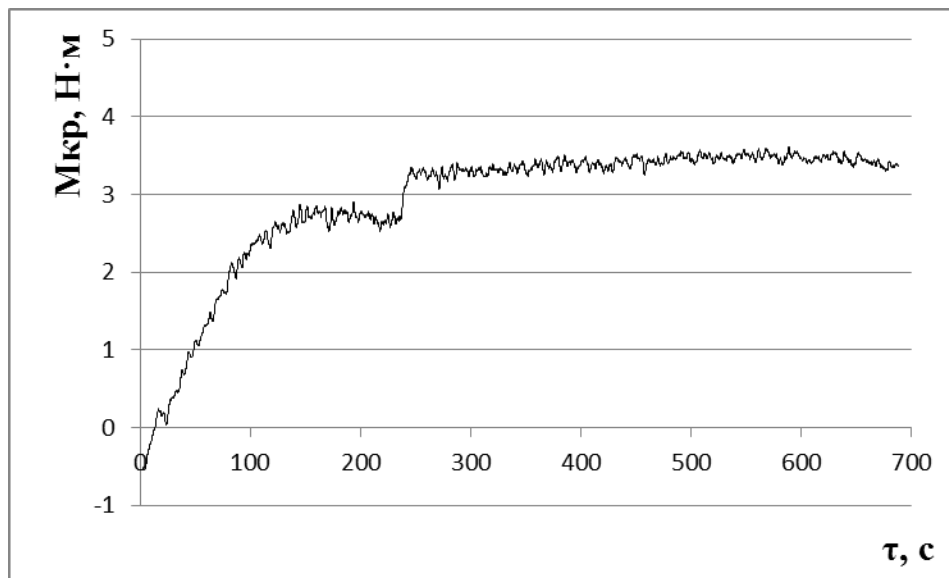


Рисунок 2 – Изменение величины крутящего момента на приводе рабочих органов месильной емкости прибора «Полиреотест ПРТ-1» при реализации двухскоростного режима замеса

Применительно к существующим тестомесильным машинам дискретного действия управление замесом пшеничного теста сводится к:

- установлению водопоглотительной способности муки с учетом рецептуры теста [1];
- определению количества воды и рецептурных компонентов с учетом фактической влажности муки, её водопоглотительной способности и массы замешиваемого теста [2,3];
- установлению кинетики изменения удельной интенсивности замеса теста на приборе «Полиреотест ПРТ-1» при двухскоростном режиме замеса и переносе этой кинетики через потребляемую мощность промышленной тестомесильной машиной, например, «Прима 300», с учетом её конструктивных особенностей.

Литература:

1. Максимов А.С., Черных В.Я. Реология пищевых продуктов.- С-Пб.: ГИОРД, 2006.- 176с.
2. Черных В.Я., Салапин М. Б., Ляковский Ю. П. Применение микро-ЭВМ для контроля и управления процессом производства пшеничного хлеба.- М.: МТИПП, 1988.- 140с.
3. Черных В.Я., Милюкова Е.Д., Шелестова С.И., Белоусова Е.М., Игнатов В.В. Метод определения оптимальной влажности пшеничного теста. Хлебопродукты. N 12, 1989. с. 32-36.

КАПИЛЛЯРОСКОПИЧЕСКИЙ/КАПИЛЛЯРОСПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АГРЕГАТОВ И ПАРАМЕТРИЗАЦИИ УРОВНЯ АГРЕГАЦИИ КАПИЛЛЯРНОЙ КРОВИ

Capillaroscopic/capillarspectrometric methods for visualization of aggregates; parameterization of the levels of capillary blood aggregation

*Баранов В.В., Баранов В.В., **Калашникова И.С., *Самсонова Н.Н. Тверитин А.Л.
Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой
хирургии Росмедтехнологий. *Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.
Бакулева РАМН. **Институт нефтехимического синтеза им. А.Н Топчиева РАН*

В настоящее время в клинической практике определение вязкотекучих свойств крови с помощью определения её вязкости, как правило, не выполняется, вследствие несоответствия действительной вязкости крови измеренной вязкости с помощью вискозиметров. Используют агрегометры, диффрактометры, коагулографы, тромбоэластографы, которые позволяют оценить (не измерить вязкость) вязкотекучие свойства крови.

Но анализ крови - in vitro.

Поэтому кровь в пробах – другая кровь.

Перечисленные способы не позволяют измерить агрегацию эритроцитов капиллярной крови. Оценить «склонность» к агрегации, но не измерить/определить количество агрегатов, уровень агрегации.

Агрегация эритроцитов - функциональное нарушение – идентификатор формирования условий для тромбообразования.

Требования к способу: анализ in vivo; в реальном времени; визуализация агрегатов, количественное определение, в абсолютных единицах, уровня агрегации, реактивность параметра, адекватно отражающего лабильность процессов агрегации; идентификация на уровне функциональных нарушений в системе агрегации/тромбообразования.

Перечисленным требованиям соответствуют способы капилляроскопии /капилляроспектроскопии с помощью капилляроскопов/капилляроспектрометров.

Вязкость крови в сосудах больше 500 мкм при снижении скорости сдвига увеличивается; вязкость крови в капиллярах при увеличении скорости сдвига - уменьшается.

Адекватного определения агрегатов, уровня агрегации эритроцитов капиллярной крови in vivo в настоящее время не существует.

Цель. Создать методики для определения агрегатов, уровня агрегации капиллярной крови in vivo, в реальном времени на основе

капилляроскопической/капилляроспектрометрической визуализации / параметризации капиллярной крови в потоке.

Методы и оборудование. Использовали капилляроскоп, капилляроспектрометр, микрочип Агрегометр. Измеряли диаметры отделов капилляров, скорости кровотока в отделах капиллярного русла, выполнили идентификацию/мониторинг изменения концентрации оксигемоглобина от артериального к венозному отделам капилляра; количество эритроцитарных агрегатов в потоке, количество клеток эритроцитов в агрегате; агрегацию – I (предельное напряжение сдвига).

Результаты исследований. Выполнили исследования крови, капилляроскопически/капилляроспектрометрически микроциркуляции 19 пациентов, страдающих сердечной недостаточностью/524 видеофрагмента/более 25.000 измеренных спектров. Анализ результатов исследований позволил идентифицировать состояния капиллярной крови при которых наблюдали ассоциацию форменных элементов крови, образование эритроцитарных агрегатов на фоне приема антиагрегантов/антикоагулянтов при напряжениях сдвига 5-7.5 Па. Идентифицировали факторы, влияющие на уровень агрегации – количество клеток эритроцитов в агрегате. Составили алгоритм преобразований, обеспечивающий визуализацию клеток эритроцитов в агрегате, подсчет количества форменных элементов крови в одном агрегате программными средствами.

Выводы. Капилляроскопия/ капилляроспектрометрия обеспечивают визуализацию агрегатов, параметризацию уровня агрегации капиллярной крови; скрининг сочетаний антиагрегантов/антикоагулянтов в ранний послеоперационный период по агрегации/уровню агрегации при напряжениях сдвига на уровне значений НОРМА, определенных с помощью устройства микрочип Агрегометр.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАННИХ ЭТАПОВ ФОРМИРОВАНИЯ
СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ L-ЦИСТЕИНА И СЕРЕБРА**
Study of early stages of supramolecular structures based on L-cysteine and silver forming

Баранова О. А., Хижняк С. Д., Пахомов П. М.

*Химико-технологический факультет Тверского государственного университета
Тверь, Садовый переулок, 35*

Исследования, посвященные процессам гелеобразования в системах, где дисперсной фазой являются супрамолекулярные структуры, встречаются в последнее время все чаще. Особенности реологии таких систем уделяется в то же время не очень много внимания. Тем не менее, такие исследования необходимы для развития, как фундаментальной теории гелеобразования, так и для прикладных применений супрамолекулярных гелей. Кроме того, реологические исследования часто помогают получить знания о механизме протекания процесса. Наиболее важными в этом ключе оказываются исследования процессов происходящих на ранних этапах гелеобразования – на этапах образования и роста супрамолекул.

В наших более ранних работах был открыт и исследован ряд супрамолекулярных гелей на основе L-цистеина и серебра. Результаты, касающиеся реологии таких гелей, были представлены на XXV Симпозиуме по реологии. Целью настоящей работы являлось исследовать начальные этапы формирования геля (образование супрамолекул) с помощью реологических и структурных методов, при разных условиях протекания процесса.

В результате проведенных работ было установлено, что процесс структурирования цистеин-серебряного раствора (смесь водных растворов L-цистеина и нитрата серебра в определенном мольном соотношении) до его готовности к гелеобразованию проходит за 1-2 суток при 25 °С. За это время относительная вязкость и средний гидродинамический радиус (измерен методом динамического светорассеяния) достигают своих максимальных значений. Методом UV-vis спектроскопии установлено, что за это время достигается максимальная интенсивность полосы поглощения на 390 нм. Электронная микроскопия показывает изменения в морфологии цистеин-серебряного раствора при его структурировании. Супрамолекулярные структуры находятся в цистеин-серебряном растворе в виде связанных между собой слабыми нехимическими взаимодействиями агрегатов. С ростом температуры происходит деструкция супрамолекул и уменьшение их объема, выражающееся в уменьшении вязкости раствора, в уменьшении размеров агрегатов и потерей раствором способности к гелеобразованию.

РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В ДИСПЕРСИЯХ ПАН/УНТ/ДМСО

Rheometry of PAN/CNT/DMSO dispersions reveals components interaction and structure formation

Беркович А.К., Карпушкин Е.А., Сергеев В.Г.

Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова, Химический факультет, кафедра Высокомолекулярных соединений. Москва, Ленинские горы 1-3.

annber@yandex.ru

Задача получения наполненного ПАН-волокна из растворов, содержащих добавки углеродных нанотрубок, требует детального исследования процессов течения тройных систем УНТ-ПАН-ДМСО, определяя требования к параметрам процесса переработки. Кроме того, результаты реологических испытаний позволяют сделать предположения о природе взаимодействий в этой системе и выявить закономерности процессов структурирования и самоорганизации наноразмерных элементов в ней.

Реологические измерения свойств дисперсии ПАН/УНТ/ДМСО проводили, варьируя состав смеси, напряжение сдвига и температуру. Анализируя кривые течения, для каждой смеси делали вывод о наличии и величине предела текучести, а также определяли наибольшую ньютоновскую вязкость и диапазон скоростей сдвига, в котором измеренная вязкость не зависит от приложенного напряжения. Из данных реометрии при различных температурах были рассчитаны кажущиеся энергии активации вязкого течения.

При фиксированной концентрации ПАН, постепенное увеличение содержания УНТ в дисперсии приводило к росту наибольшей ньютоновской вязкости, при этом форма кривой течения не изменялась. При превышении некоторого предельного соотношения УНТ/ПАН, напротив, поведение системы качественно менялось: вязкость скачкообразно росла, а также увеличивалась энергия активации течения в области ньютоновского поведения дисперсии, что связано с перколяцией УНТ и образованием трехмерной связной сетки по всему объему образца, такие образцы обладают заметным (~ 1 Па) пределом текучести. При достаточно высоком напряжении сдвига пространственная сетка разрушается, и реологические характеристики «концентрированных» дисперсий приближаются к аналогичным свойствам разбавленных дисперсий.

ИММУННЫЙ И ГИПЕРАГРЕГАЦИОННЫЙ (ЭРИТРОЦИТАРНЫЙ) ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПРИ ПОЧЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ У БОЛЬНЫХ МИЕЛОМНОЙ БОЛЕЗНЬЮ

The immune and hyperaggregation (erythrocyte) pathogenetic mechanisms of renal failure in patients with multiple myeloma

Бирюкова Л.С., Рехтина И.Г., Максимов Д.П., Ершова Л.И.

ФГБУ Гематологический научный центр МЗ РФ России. Москва. Россия

Проведены исследования, посвященные фибриллярному гломерулонефриту (ФГ) у больных множественной миеломой (ММ), осложненной тяжелой почечной недостаточностью. Впервые в РФ диагностировано редкое заболевание, связанное с моноклональной секрецией - "кристаллический гистиоцитоз". Получены новые данные по патогенезу ММ, основанные на количественной и качественной характеристике моноклональных легких цепей. Световой и иммунофлуоресцентной микроскопией биоптата почки показаны изменения: в клубочках — очаговая пролиферация мезангиоцитов, очаговое расширение мезангия, очаговое утолщение гломерулярной базальной мембраны (ГБМ), склероз отдельных сосудистых петлей, единичные синехии, склероз и утолщение наружной капсулы. Эпителий извитых канальцев в состоянии белковой дистрофии. В строме очаговый склероз и очаговая лимфогистиоцитарная инфильтрация. При иммунофлуоресцентном исследовании обнаружена фиксация IgG, IgM, IgA гранулярного характера на гломерулярной базальной мембране (ГБМ). Обнаружены каппа цепи в мезангии очагового гранулярного характера на ГБМ.

Установлена зависимость функционирования постоянного сосудистого доступа для гемодиализа у больных с ММ, осложнившейся хронической почечной недостаточностью, терминальной стадией с изменением реологических свойств крови. Развивающийся гиперагрегационный синдром (увеличенная вязкость плазмы, ригидность эритроцитов, агрегация тромбоцитов, эритроцитов, замедление их дезагрегации) способствует тромбированию артерио-венозной фистулы (АВФ). Тромбирование АВФ возникает как в раннем послеоперационном периоде (1-е сутки), так и на фоне проведения химиотерапии с использованием высоких доз дексаметазона и велкейда не зависимо от давности формирования сосудистого доступа. Гиперкоагуляция (удлинение фибринолиза), как правило, обусловлена сопутствующими воспалительными процессами, химиотерапией, что подтверждается данными гистологического исследования биопсийного материала сосудов и свидетельствуют о хроническом воспалении внутрисосудистой стенки артерий и вен (лимфо-гистиоцитарная инфильтрация сосудистых стенок, повышение гомоцистеина, тромбомодулина, эндотелина, гепсидина.). При медикаментозной коррекции текучести крови в пред-, послеоперационном периодах и во время курсов химиотерапии функция сосудистого доступа сохраняется.

МЕХАНИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

Mechanical resistance of gel-producing liquid

А.В. Богословский¹, В.М. Галкин², И.Ю. Гендрина³

¹ИХН СО РАН, ²Томский политехнический университет, ³Томский государственный университет, г. Томск, пр. Академический, 4, bav@ipc.tsc.ru

Ранее было показано, что зависимость механического сопротивления Z гелеобразующей жидкости от времени в измерительном сосуде конечного размера представляет собой периодическую функцию, расстояние между экстремумами которой (в единицах оси абсцисс) связано с изменением модуля упругости. Причиной указанного явления является интерференция испускаемой пробным телом вискозиметра и отраженной от стенки сосуда механических волн. С одной стороны, это приводит к неоднозначной связи между значением вязкости и величиной наблюдаемого сопротивления. С другой – дает возможность оценки динамики упругих характеристик. Для адекватного планирования эксперимента и интерпретации результатов таких измерений нужна информация о возможном влиянии интерференции в измерительных узлах разной геометрической формы.

В предлагаемой работе рассматривается решение волнового уравнения при непрерывном возрастании модуля упругости G .

1. В измерительном узле прямоугольной формы в декартовой системе координат.
2. В измерительном узле с центральной симметрией в цилиндрической системе координат.

$$Z_1 = -i\beta^{-1} \frac{\cos(\beta X_0)}{\sin(\beta X_0)}$$

$$Z_2 = -i\beta^{-1} \frac{J_1(\beta r_0) \tilde{Y}_0(\beta R_0) - J_0(\beta R_0) \tilde{Y}_1(\beta r_0)}{J_0(\beta r_0) \tilde{Y}_0(\beta R_0) - J_0(\beta R_0) \tilde{Y}_0(\beta r_0)}$$

$$\beta = \beta_1 + i\beta_2 = \sqrt{\frac{\rho\omega^2}{G + i\omega\eta}}, \quad \beta_1 = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad \beta_2 = \frac{1}{\delta}$$

ρ , G , η — плотность, модуль сдвиговой упругости, динамическая вязкость геля; λ и δ — длина и глубина проникновения плоской волны; ω — частота; $J_0(z)$ и $Y_0(z)$ — функции Бесселя первого и второго рода. Во втором рассмотренном случае решение не выражается в элементарных функциях.

Литература

Богословский А.В., Журавлева Т.Б., Стрелец Л.А. Интерференционные резонансы при вискозиметрических измерениях // Теоретические и прикладные основы физико-химического регулирования свойств нефтяных дисперсных систем. — Томск, ТГУ, 2001. — с.105-109.

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЖАНОЙ ОБОЙНОЙ МУКИ ПО РЕОЛОГИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ КЛЕЙСТЕРИЗОВАННОЙ ВОДНО-МУЧНОЙ СУСПЕНЗИИ И РЖАНОГО ТЕСТА

Assessment of technological properties of a rye oboyny flour on rheological properties of kleysterizovanny water flour suspension and rye dough

аспирант Быкова Н.Ю., д.т.н., проф., Черных В.Я.

ФГБОУ ВПО Московский государственный университет пищевых производств

125080, г. Москва, Волоколамское шоссе д.11

Показатели качества ржаной муки определяются в соответствии с требованиями, установленными ГОСТ Р 52809-2007 по органолептическим и физико-химическим характеристикам. Однако регламентируемые ГОСТом параметры качества ржаной муки не соответствуют критическим точкам ее технологических свойств, обеспечивающих получение хлеба стабильно высокого качества.

В стандарте приведена только одна наиболее информативная физико-химическая характеристика - это «число падения», раскрывающая технологические свойства муки, в большей степени обусловленные состоянием её углеводно-амилазного комплекса. Полная же оценка хлебопекарных свойств ржаной муки может быть осуществлена с использованием дополнительных физико-химических, в первую очередь, реологических характеристик теста, объективно отражающих состояние всех макрокомплексов ржаной муки, а не только углеводно-амилазного.

Поэтому актуальной задачей для хлебопекарной промышленности является создание многопараметрического инструментального метода контроля хлебопекарных свойств ржаной муки.

Создание современного метода контроля технологических свойств ржаной муки строится на всесторонней оценке реологического поведения как клейстеризованной водно-мучной суспензии, так и ржаного теста. Для определения физико-химических характеристик ржаной муки предлагается использовать информационно-измерительную систему, включающую в свой состав три прибора – «Амилотест АТ-97 (ЧП-ТА)», «Миксолаб» и «Структурометр СТ-1М». Данная информационно-измерительная система позволяет контролировать: «число падения», параметры тестограммы и амилограммы, параметры фаринограммы и миксолабограммы, а также условные и классические реологические характеристики теста: коэффициент динамической (эффективной) вязкости, пластическую деформацию, адгезионное напряжение, предельное напряжение сдвига (пластическую прочность) и др.

Такой подход позволит на основании всестороннего анализа реологического поведения клейстеризованной суспензии и ржаного теста раскрывать состояние всех макрокомплексов ржаной муки (белко-протеиназного, углеводно-амилазного и липид-гидролазно-липосебиназного) и затем выдавать рекомендации по регулированию технологических свойств перерабатываемой партии муки.

С использованием предлагаемого подхода оценки технологических свойств ржаной муки были проанализированы 6 проб ржаной обойной муки, полученной из зерна ржи различных регионов произрастания – Алтай, Волгоград, Новосибирск, Омск, Курск и Пенза. Показатель «числа падения» для проб ржаной обойной муки данных регионов составил 146, 180, 274, 155, 317 и 373с соответственно, поэтому с целью дальнейшего

сравнения их технологических свойств, данный показатель для всех проб муки был приведен к оптимальному значению, равному 175 ± 10 с.

Кроме этого, определение хлебопекарных свойств ржаной обойной муки осуществлялось еще по показателям качества ржаного хлеба после проведения пробной лабораторной выпечки.

Анализ полученных данных показал, что исследуемые пробы ржаной обойной муки, полученные из зерна ржи различных регионов произрастания и приведенные к одинаковой автолитической активности, оцениваемой по «числу падения» и равному 175 ± 10 с, имели значительные отличия по измеряемым реологическим характеристикам ржаного теста и по показателям качества готового хлеба.

Пробы ржаного хлеба, приготовленные из ржаной обойной муки, полученной из зерна ржи, поступившей из двух регионов – Волгоградская область и Алтай, в совокупности имели лучшие физико-химические и органолептические показатели качества. Реологические характеристики ржаного теста, приготовленного из данных проб муки, такие как эффективная вязкость, пластическая деформация, продолжительность релаксации механических напряжений соответственно составили 274 и 279 кПа·с; $3,03$ и $1,24$ мм, а также $36,1$ и $39,7$ с.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что, несмотря на одинаковую оптимальную автолитическую активность всех проб муки, реологические свойства ржаного теста и показатели качества готового хлеба у них существенно отличались. В связи с этим можно сделать вывод, что одной физико-химической характеристики «числа падения», приводимой в ГОСТе недостаточно для объективной оценки хлебопекарных свойств ржаной муки, и что в дополнение необходимо определять реологические характеристики ржаного теста.

Таким образом, было показано, что пробы ржаной обойной муки, полученные из зерна ржи, поступившего из регионов – Волгоградская область и Алтай обладали лучшими технологическими свойствами и установленное значение вязкости ржаного теста $277,0 \pm 2,0$ кПа, может рассматриваться как критическая точка хлебопекарных свойств ржаной обойной муки в дополнение к другой критической точке - «числа падения», равного 175 ± 10 с и поддержание этих критических точек на указанном уровне при переработке зерна ржи на мельнице, позволит получать на хлебозаводах хлеб наилучшего качества.

Список используемой литературы

1. Максимов А.С., Черных В.Я. Реология пищевых продуктов. Лабораторный практикум. СПб.: ГИОРД, 2006, 171 с.
2. Черных В.Я., Ширшиков М.А., Белоусова Е.М., Лущик Т.В. Информационно-измерительная система для оценки хлебопекарных свойств муки. //Хлебопродукты. – 2000, №8, с. 21-25.
3. Черных И.В. Комплексный подход в регулировании состояния углеводно-амилазного комплекса смеси ржаной муки с пшеничной с помощью условной реологической характеристики «числа падения». Сборник материалов «I научно-практической конференции и выставки с международным участием». 25-26 сентября Москва МГУПП 2008

ФАЗОВОЕ ПОВЕДЕНИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ПОЛИ-1-ТРИМЕТИЛСИЛИЛ-1-ПРОПИНА¹

Phase behavior and rheology of poly(1-trimethylsilyl-1-propyne) solutions.

Васильев Г.Б., Миронова М.В., Литвинова Е.Г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева Российской академии наук, 119991 Москва, Ленинский пр., 29

Поли-1-триметилсилил-1-пропин (ПТМСП) является перспективным полимером для получения газоразделительных мембран. Его особенностью является рекордно высокие параметры переноса газов и паров органических веществ. Однако из-за высоких температур стеклования и размягчения, лежащих выше температуры разложения, он не может перерабатываться через расплав, и получение пленок или волокон возможно только через растворы.

Целью настоящей работы являлось исследование совместимости образцов ПТМСП с различной молекулярной массой, но имевших идентичную микроструктуру основных цепей, с некоторыми органическими растворителями (толуол, циклогексан). На основании информации о растворимости сделать обоснованный выбор концентрационного диапазона, включающего как разбавленные, так и концентрированные растворы ПТМСП, подтвержденного реологическими измерениями.

Методом оптической интерферометрии было показано, что компоненты систем ПТМСП-растворитель ограниченно растворяются друг в друге и фазовое состояние системы характеризуется аморфным равновесием с верхней критической температурой смешения, значение которой находится в области температур выше температуры кипения растворителя. Растворимость ПТМСП в толуоле заметно выше, чем в циклогексане. Увеличение молекулярной массы приводит к расширению двухфазной области. Установлено, что растворимость ПТМСП обратно пропорциональна его молекулярной массе и эта зависимость для системы ПТМСП-толуол выражена более ярко, чем для системы ПТМСП-циклогексан.

Исследование реологических свойств растворов показало, что в исследованной области напряжений и скоростей сдвига разбавленные растворы текут как ньютоновские жидкости, когда вязкость постоянна и не зависит от скорости сдвига. Для концентрированных растворов характерно псевдопластическое поведение, т.е. снижение вязкости с ростом скорости сдвига. Такое «неньютоновское» поведение объясняется

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 10-08-00436-а)

формированием в растворе при определенной концентрации устойчивой сетки межмолекулярных зацеплений. Концентрационные зависимости наибольшей ньютоновской вязкости η_0 для данных систем являются подобными соответствующим зависимостям для растворов гибкоцепных полимеров. В области разбавленных растворов $\eta_0 \sim c$. Переход в область концентрированных растворов приводит к росту показателя степени. Так, для растворов ПТМСП в толуоле его величина достигает $\sim 5,9$, однако для систем ПТМСП – циклогексан характерна более слабая концентрационная зависимость η_0 . Эти данные можно трактовать как более быстрый темп формирования физической сетки в растворах ПТМСП в толуоле.

Использование в качестве аргумента безразмерной концентрации $c[\eta]$, где $[\eta]$ – характеристическая вязкость, а в качестве безразмерной функции выражения $\frac{\eta_0 - \eta_s}{\eta_s c [\eta]}$,

где η_s – вязкость растворителя, позволило получить обобщенные концентрационные зависимости вязкости растворов. При дальнейшем усреднении с использованием в качестве аргумента величины $K_m c[\eta]$, где K_m – константа Мартина – величина, характеризующая взаимодействие полимер-растворитель была получена универсальная обобщенная зависимость вязкости от концентрации для гомологического ряда ПТМСП в указанных органических растворителях.

ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ УРЕТАНОВЫХ ПОЛИМЕРОВ АЛМАЗНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА

The effect of urethane polymers doping with diamond nanoparticles on strength characteristics

Возняковский А.П., Калинин А.В, Неверовская А.Ю

ФГУП «НИИ синтетического каучука им. акад. С.В.Лебедева»

ул.Гапсальская 1, Санкт-Петербург, Россия.

Показано, что модификация уретановых полимеров небольшими количествами наноразмерных алмазных частиц приводит к улучшению физико-механических характеристик полимера.

Ключевые слова: наноалмазы, модификация поверхности, полиуретан

В настоящее время задача получения полимерных материалов с новыми свойствами решается, как правило, не путем синтеза, а созданием композиций из уже промышленно выпускаемых компонентов (наполнителя и матрицы). В результате наполнения получают материалы, основные физические свойства которых существенно отличаются от свойств матрицы.

Уретановые эластомеры характеризуются наилучшим комплексом упруго-прочностных параметров среди известных в настоящее время полимеров. В связи с этим долгое время считалось, что разработка композиционных материалов на их основе нецелесообразна. Вероятно, этим обстоятельством обусловлено практически полное отсутствие работ, посвященных созданию нанокомпозитов на основе ПУ.

Целью нашей работы являлось формирование нанокомпозитов на базе промышленно выпускаемых ПУ путем их модификации высокодисперсными углеродами. Ранее нами была разработана методика химической модификации поверхности частиц детонационных наноалмазов (ДНА), приводящая к стабилизации суспензий ДНА в неполярных жидких средах [1]. В данной работе мы исследовали влияние незначительных по массе добавок ДНА на прочностные свойства полимера. Модификация полимеров проводилась непосредственно в процессе синтеза.

Полученные данные приведены в таблице. Анализ данных таблицы показывает, что допирование уретанового полимера модифицирующими добавками ДНА приводит к существенному росту прочности полимера. Важно подчеркнуть, что рост прочностных параметров сопровождается сохранением эластичности; значение относительного удлинения, проходя через небольшой минимум, даже несколько возрастает (рис.1). Следует отметить, что такое сочетание упруго-прочностных параметров не описывается

классической теорией усиления и требует дополнительного исследования влияние

Таблица. Прочностные параметры нанокомпозитов ПУ в зависимости от массовой доли ДНА

ДНА, масс%	-	0,025	0,05	0,1	0,5
σ_{50} , МПа	0,9	0,7	0,9	0,7	1,3
σ_{100} , МПа	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8
σ_{200} , МПа	1,4	1,5	1,6	2	2,1
σ_{300} , МПа	1,7	2	1,9	3,1	3,3
σ , МПа	6,4	10,5	6,1	15,6	16
L, %	610	560	540	430	520
l, %	14	10	11	7	6
Твердость по Шору А, усл.ед.	58	60	61	58	57
Эластичность, %	10	10	10	10	9

наномодификаторов на надмолекулярную структуру полимеров.

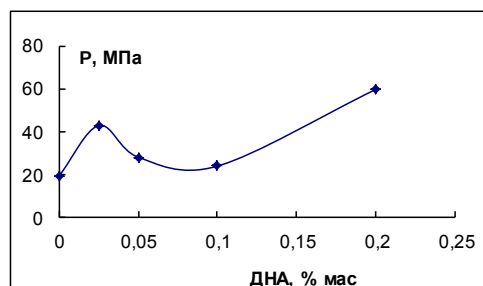


Рисунок 1. Зависимость условной прочности нанокомпозитов от массовой доли ДНА

Поверхностная модификация частиц ДНА обеспечивает седиментационную устойчивость частиц ДНА в полиэфирах на время, достаточное для реакции гидроксильных групп с изоцианатом с образованием высокомолекулярного полимера, что дает возможность легко достичь равномерного распределения нанонаполнителя в объеме образца.

Данный метод введения нанонаполнителя позволяет вводить его, также в сшитые

полиуретаны, наполнение которых через раствор件возможно.

1. Калинин А. В., Возняковский А. П., Агибалова Л.В., Шумилов Ф. А., Колобаева М.М. материалы XXIII Симпозиума «Современная химическая физика», Туапсе 23.09-04.10.2011, С.82.

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА, РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА ПВХ - КОМПОЗИЦИЙ, НАПОЛНЕННЫХ СМЕСЬЮ
НАПОЛНИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ**

**Morphological structure, rheological and mechanical properties of the pvc-compositions
filled with a mixture fillers of different nature**

Волкова Н.В., Медведева В.В., Емельянов Д.Н.

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

603950 г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

Общеизвестно, что при введении дисперсного наполнителя вязкость полимерной композиции резко возрастает, что затрудняет ее переработку. Этот нежелательный эффект может быть уменьшен путем введения различных модификаторов текучести. В данной работе снижение вязкости расплавов наполненного лигнопроизводными (гидролизным лигнином и лигносульфонатом натрия) поливинилхлорида было достигнуто путем использования смесей наполнителей различной природы. В систему наряду с природными полимерами – лигнопроизводными были введены минеральные наполнители: феррохромовый шлак или мел. Использование в качестве наполнителей полимеров технических лигнинов обусловлено двумя обстоятельствами – утилизацией крупнотоннажных отходов целлюлозно-гидролизных производств и, как оказалось, возможностью повысить эксплуатационные характеристики ПВХ-изделий.

Реологические свойства расплавов наполненных композиций определяются в значительной мере структурой, образованной частицами наполнителя. Исследуя морфологическую структуру образцов жестких ПВХ-композитов с помощью электронного и светового микроскопа высокого разрешения, установили, что мел и гидролизный лигнин (ЛГ) располагаются в межглобулярном пространстве поливинилхлорида в виде индивидуальных частиц. Феррохромовый шлак образует крупные несвязанные между собой коагуляты сферической формы. Лигносульфонат натрия (ЛСТ) при температуре переработки плавится и распределяется в межглобулярном пространстве поливинилхлорида в виде пленки, создавая при большом содержании сплошную пространственную структуру. Образование такой структуры приводит к повышению вязкости расплава и прочности наполненной ПВХ-композиции. При использовании в качестве наполнителя поливинилхлорида смеси гидролизного лигнина с феррохромовым шлаком наблюдалось индивидуальное расположение в массе полимера частиц лигнина и коагулятов шлака. Такое распределение компонентов наполнителя сопровождалось аддитивным изменением вязкостных и прочностных свойств композита (Рис.1, кр.5и3, соответственно).

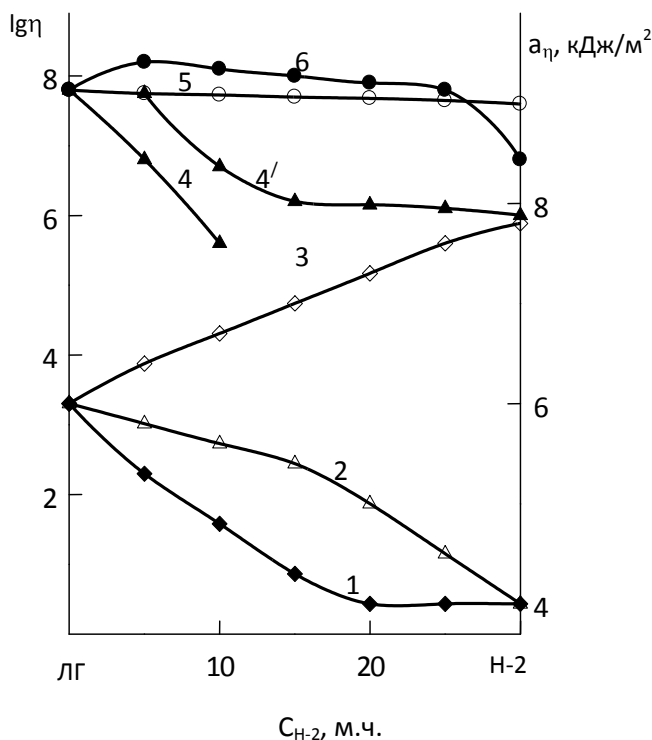


Рис.1. Влияние состава смеси наполнителей на эффективную вязкость (η) расплава (кр.4, 4', 5, 6) и на удельную ударную вязкость (a_{η}) (кр. 1-3) ПВХ-композиций.

Смесь наполнителей: 1,4,4' - ЛГ-мел (Н-2); 2,6 - ЛГ-ЛСТ (Н-2);

3,5 - ЛГ- феррохромовый шлак (Н-2).

Общее содержание смеси наполнителей 30 м.ч. на 100 м.ч. ПВХ.

Вязкость расплава измерена при 180°C и $\tau=24,3 \cdot 10^5$ Па (4,5,6) и $\tau=5,7 \cdot 10^5$ Па (4').

Совместно гидролизный лигнин и лигносульфонат натрия образуют в межглобулярном пространстве поливинилхлорида связанные между собой крупные агломераты. Это сопровождается изменением выше аддитивного значения и вязкости расплава и прочности ПВХ-композиций (Рис.1, кр.6 и 2, соответственно). Мел, имея более мелкие частицы, чем гидролизный лигнин, адсорбируется на поверхности глобул поливинилхлорида и экранирует их от частиц лигнина. Тем самым контакты поливинилхлорид – лигнин заменяются менее прочными контактами мел-лигнин. Это приводит к резкому снижению вязкости расплава (Рис.1, кр.4 и 4') и небольшому уменьшению прочностных характеристик наполненного такой смесью ПВХ-материала (Рис.1, кр.1).

Таким образом было установлено, что использование ЛГ в смеси с мелом позволяет получить на существующем промышленном оборудовании лигнонаполненные ПВХ-материалы с высокими эксплуатационными характеристиками.

TISSUE-TYPE PLASMINOGEN ACTIVATOR-MEDIATED PLASMINOGEN ACTIVATION AND CONTACT ACTIVATION, IMPLICATIONS IN AND BEYOND HAEMOSTASIS

Gebbink M.F.B.G.

Summary. С тех пор как был обнаружен инициатор фибринолиза и хорошо изучена его активация фибрином, тканевой тип плазминогенового активатора (ТАП) и фибринолитическая система в основном ассоциируются с растворением фибриновых сгустков. Однако позже было продемонстрировано, что ТАП активируется разными протеинами, плазмин имеет и другие субстраты, чем фибрин, и что ТАП и плазмин обладают и другими биологическими функциями, независимыми от фибрина и отличающимися от их роли в растворении кровяного сгустка. В настоящем обзоре приводятся данные об активации ТАП фибрином и другими кофакторами, рассматривается роль ТАП в патофизиологии, в частности, в фибринолизе и амилоидозе, при болезни Альцгеймера. Демонстрируются общие структурные элементы, концевая прошитая бета-структура и misfolded протеины, вызывающие активацию ТАП.

Introduction. Чтобы обеспечить специфическую функцию, протеины складываются в уникальную трёхмерную структуру. Её нативное состояние нестабильно и все протеины теряют свой заряд и частично денатурируют. Это обычное свойство белков, влекущее за собой потерю биологической функции. Наибольшей проблемой является то, что такие белки стремятся к агрегации, что ассоциируется с такими патологическими состояниями, как амилоидозы. Одним из специфических типов агрегации является образование фибрилл, и называется амилоидом. Амилоиды, как и различные промежуточные структурные и функциональные продукты, включают амилоидную cross- β -structure, которая характеризуется организацией скирд (куч) β -листы в фибриллах. В последние годы ТАП и две гомологичных сериновых протеиназы- фактор XII (FXII) и активатор фактора роста гепатоцитов (HGFa) были идентифицированы как протеины, распознающие повреждения, но не их нативных предшественников, подтвердив, что фибринолитическая система и система контактной активации играют самостоятельную роль вне гемостаза. В настоящем обзоре в деталях рассматривается активация ТАП и его функции в амилоидозе. Активация FXII раскрывается кратко.

**ОСОБЕННОСТИ РЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ СОВМЕСТНЫХ
РАСТВОРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ХИТОЗАНА В ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЕ**
Rheological Behaviour Features of Cellulose/Chitosan Solutions in Orthophosphoric Acid

Гончар А.Н., Гриншпан Д.Д., Цыганкова Н.Г., Макаревич С.Е., Савицкая Т.А., Шеймо Е.В.

Учреждение Белорусского государственного университета

«НИИ физико-химических проблем»

Минск, 220030, ул. Ленинградская, 14, E-mail: grinshpan@bsu.by

Выяснение причин, определяющих проявление специфического комплекса свойств структурно-смешанных целлюлозно-хитозановых волокон и нитей, требует детального изучения реологического поведения их концентрированных растворов и суспензий в различных температурно-временных режимах, что позволит определить свойства будущего продукта уже на стадии приготовления прядильных растворов.

Разработан способ совмещения целлюлозы и хитозана в ортофосфорной кислоте, позволяющий получать совместные кинетически стабильные 6-10 % прядильные растворы с массовым соотношением полимеров 99:1–70:30 соответственно.

Изучены реологические свойства целлюлозно-хитозановых суспензий и прядильных растворов в ортофосфорной кислоте в условиях установившегося сдвигового течения. Изучение установившегося сдвигового течения прядильных растворов проводили с помощью измерительной системы коаксиальных цилиндров CC8 на реометре R/S Brookfield в режиме контроля скорости сдвига. Определены особенности течения концентрированных совместных растворов целлюлозы и хитозана, которые отличают их от течения классических псевдопластических жидкостей и указывают на появление в системе анизотропии под действием сдвигового деформирования. Полученные результаты согласуются с ранее исследованным реологическим поведением целлюлозных растворов в ортофосфорной кислоте в режиме контроля напряжения сдвига [1], где впервые было зафиксировано появление на кривой зависимости вязкости прядильного целлюлозного раствора от напряжения сдвига промежуточного квазиньютоновского участка, который также обусловлен образованием упорядоченных структур в процессе сдвигового деформирования.

Проведено изучение неустановившегося сдвигового течения прядильных растворов в режиме контроля скорости сдвига. Установлено, что для прядильных растворов целлюлозы и хитозана в ортофосфорной кислоте характерна реопексия – возрастание вязкости (и напряжения сдвига) во времени, обусловленное структурированием системы в процессе сдвигового деформирования с постоянной малой скоростью.

Определены релаксационные характеристики целлюлозно-хитозановых прядильных растворов. Для проведения эксперимента использовалась измерительная система коаксиальных цилиндров CC25 на реометре R/S Brookfield. Три предустановленными измерительными этапами, в выполняемом испытании моделировались следующие условия усилия сдвига: состояние покоя / высокое усилие сдвига / состояние покоя. Определены степени восстановления структуры суспензий и прядильных растворов после их разрушения. Показано, что целлюлозно-хитозановые растворы в отличие от чисто целлюлозного раствора в большей степени проявляют тиксотропные свойства.

Установлена высокая стабильность изменения вязкости и отсутствие расслаивания прядильных целлюлозно-хитозановых растворов во времени.

Литература

[1] D.D. Grinshpan, A.N. Gonchar, N.G. Tsygankova, S.M. Makarevich, T.A. Savitskaya, E.V. Shejmo. Rheological properties of concentrated cellulose solutions and its mixtures with other polymers in orthophosphoric acid // Journal of Engineering Physics and Thermophysics, №3, 2011, pp. 594-598

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА
КИНЕТИКУ ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ ЭПОКСИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ В
ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР**

**Influence of thermoplastic modifiers on cure kinetics of epoxy oligomers in wide range of
temperature**

Горбунова И. Ю., Зюкин С.В., Коротеев В.А., Кербер М. Л., Казаков С.И.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, giy161@yandex.ru

В настоящее время широкое применение в различных отраслях промышленности нашли материалы на основе реакционноспособных олигомеров. Поэтому актуальной задачей является направленное регулирование технологических свойств и эксплуатационных характеристик отверждающихся композиций. Поскольку отвержденные эпоксидные олигомеры являются хрупкими системами, перспективным направлением является их модификация термостойкими термопластами. Их введение позволяет в широких пределах регулировать сопротивление ударным нагрузкам и трещиностойкость композиционных материалов на их основе.

В качестве термопластичных модификаторов можно использовать теплостойкие полимеры, такие как полисульфон, полиэфирсульфон, полиэфиримид, поликарбонат. В зависимости от назначения и требуемых прочностных свойств содержание полимерного модификатора может достигать до 50 мас.ч. На свойства отвержденных эпоксидных полимеров, модифицированных термопластами, влияет ряд факторов: условия совмещения олигомера и полимера, наличие между ними химического взаимодействия; условия отверждения и фазового разделения, если оно происходит; структура отвержденного материала.

В литературе нет единого мнения об оптимальном фазовом составе отвержденных модифицированных эпоксидных полимеров, однако, можно предположить, что явление фазового разделения является одним из условий, необходимых для повышения ударных характеристик. Введение небольшого количества модификаторов (< 10 мас.ч.) не влияет на ударную вязкость отвержденной композиции; возможно, это обусловлено недостаточным количеством или малыми размерами, образовавшейся фазы. Для совместимых систем, роста ударной вязкости не наблюдалось.

Изучение процессов отверждения очень важно при получении связующих и клеевых материалов с заданными свойствами. Особенности процесса структурирования определяют технологию получения, степень отверждения (т.е. неизменность свойств в процессе эксплуатации) и конечные эксплуатационные характеристики материалов.

Поэтому исследование процесса отверждения композиций на основе реакционноспособных олигомеров и их математическое описание является важной задачей. Целью настоящей работы являлось изучение влияния условий отверждения на механизм протекания химической реакции, кинетику процесса образования сетчатых полимеров на основе реакционноспособных, в частности, эпоксидных олигомеров.

В настоящей работе отверждающиеся композиции исследовались различными методами с целью получения информации о структурировании на уровне функциональных групп (ИК-спектроскопия), молекулярном (гель-проникающая хроматография) и макроскопическом (реологические методы) уровнях. Важной задачей было также сравнение экспериментальных данных, полученных различными методами, на различных этапах процесса отверждения.

На основании изучения реокинетики отверждения обнаружен эффект автоторможения реакции, связанный с достижением реакционной системой стеклования и возникающими топологическими затруднениями.

Найдено, что повышение температуры отверждения сдвигает начало автоторможения в область больших конверсий, а при «холодном» отверждении на момент наступления гелеобразования может оказывать влияние лабильная сетка физических связей.

Выявлена и объяснена взаимосвязь характеристических времен процесса структурирования, определенных по различным методикам, с явлениями, регистрируемыми при анализе реокинетических данных.

Показано, что энергия активации отверждения эпоксидных олигомеров в общем случае зависит от степени конверсии. Использование изоконверсионных методов анализа реокинетической информации позволяет построить эти зависимости без применения классических методов аппроксимации на основе кинетических моделей.

МНОГОМОДАЛЬНОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ В СТРУКТУРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ТЕКУЧИХ ПОЛИМЕРНЫХ СРЕД

Multimodal approximation in structural and kinetic theory of fluid polymer media

Гусев А.С.¹, Макарова М.А.¹, Зинович С.А.¹, Пышинограй Г.В.²

*'Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова 'Алтайская
государственная педагогическая академия*

Известно, что поведение полимерных материалов существенно отличается от поведения традиционных объектов изучения, что обусловлено сложностью структуры полимерных материалов, которая совмещает порядок твердых тел и хаос жидкостей. В силу особенностей строения полимерные материалы обладают уникальными свойствами: способностью к большим необратимым деформациям в состоянии высокоэластичности; твердостью и текучестью в зависимости от времени (частоты) деформирования. Исходя из этого, можно сделать вывод, что изучение движения полимерной системы в различных узлах технологического оборудования является важнейшей практической задачей, решение которой требует построения реологического определяющего соотношения, с помощью которого можно описать реологические (механические) свойства полимера. При этом встречающиеся на практике полимеры обладают существенной полидисперсностью и разветвленной структурой. Это приводит к необходимости учета многих релаксационных процессов при записи реологического уравнения состояния. В данной работе для построения реологического определяющего соотношения используется модифицированная реологическая модель Покровского-Виноградова, обобщенная на случай учета нескольких невзаимодействующих мод. Каждая из таких мод соответствует учету в тензоре напряжений вкладов той или иной полимерной фракции, и характеризуется своим временем релаксации и вязкостью. При этом удалось существенно расширить применимость реологической модели по частоте внешнего воздействия на полимер и, таким образом, появляется возможность описания с единых теоретических позиций достаточно медленных течений как полидисперсных линейных, так и разветвленных полимеров.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 12-01-00033).

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛНОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОВЯЗКОЙ КОМПОЗИЦИИ

The wave technology for preparation of high viscous composition

Ганиев Р.Ф., Кислогубова О.Н., Касилов В.П., Малюкова Е.Б., Фомин В.Н.

Научный Центр нелинейной волновой механики и технологии РАН,

119991, Москва, ул.Бардина, д.4

Известно, что перемешивание высоковязких жидкостей (с вязкостью выше 10 Па.с), а также неньютоновских жидкостей, имеющих нелинейные реологические характеристики, представляет существенную проблему. Решение её может быть связано с поиском способа дополнительной передачи энергии рабочей среде, для чего используют различные технологические приёмы. В последнее время наряду с традиционными механическими методами смешения показана эффективность применения для ускорения массообменных процессов сил волновой природы. В основе волновой технологии обработки высоковязких сред лежит формирование в обрабатываемой среде значительных знакопеременных сдвиговых напряжений, создаваемых сочетанием волн сдвиговых деформаций с другими волновыми эффектами и циркуляционным течением среды [1].

Типичными представителями многокомпонентных многофазных дисперсных систем являются косметические кремы. Они могут представлять собой прямую или обратную эмульсию типа масло/вода или вода/масло. В свою очередь масляная фаза этих систем, так же, как и водная, обычно является многокомпонентной. Типичный состав косметического крема приведён в [1]. Обычно такие кремы получают путем длительного перемешивания с использованием лопастных мешалок якорного типа с дополнительной обработкой на диспергаторах типа роторно-пульсационного аппарата. Общее время двухстадийного смешения на установке ПЭ-8100 составляет 35 мин. В данной работе для сравнения была использована установка волнового смешения ВСМ-1, на которой эмульгирование при более низких температурах (65-70°C) осуществлялось в одну стадию в течение 10 мин. Электронно-микроскопическое исследование показывает, что эмульсия (крем), приготовленная с помощью волновой технологии, имеет на порядок более высокий уровень дисперсности (0,5-1,5 мкм), чем образец эмульсии, полученной по традиционной технологии. Устойчивость кремообразных структур оценивалась при обработке в течение 5 мин. на центрифуге (6000 об/мин) - расслоение не наблюдалось. Таким образом, применение волновой технологии позволяет сократить количество операций и время технологического процесса при получении более высокодисперсной и стабильной эмульсии, т.е. косметического крема более высокого качества.

1. Р.Ф.Ганиев, С.Р.Ганиев, В.П.Касилов, А.П.Пустовгар Волновые технологии в инновационном машиностроении.- М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2012. - 92с.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНА

Thermophysical aspects of polyethylene deformation

Гусева М. А.¹, Герасин В. А.¹, Гаришин О.К.², Шадрин В.В.², Плехов О.А.²

1) Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, 119991, Москва,

Ленинский пр., 29, e-mail: guseva@ips.ac.ru, gerasin@ips.ac.ru

2) Институт механики сплошных сред УрО РАН

Хорошо известно, что деформация любых твердых тел (и полимеров в том числе) сопровождается экзо- или эндотермическими явлениями. Важно изучить эти явления и установить их взаимосвязь с механическими характеристиками и структурными изменениями при нагружении, что позволит лучше понять общий механизм деформации.

В настоящей работе изучены теплофизические процессы при упругом и пластическом деформировании трех полиэтиленов разной плотности (низкой, средней и высокой), каждый из которых является типичным представителем в своей группе полимеров. Измерения локальных эндо- и экзо-эффектов в разных участках образца проводили с помощью ИК-тепловизора, одновременно регистрируя диаграммы растяжения испытываемых полимеров.

Полученные результаты свидетельствуют о сильной зависимости величины тепловых эффектов от размера испытываемых образцов и скорости деформирования. На начальном этапе работы было установлено, что «маленькие» образцы (10×3×0.2 мм) практически не разогреваются вследствие интенсивного рассеяния тепла через боковую поверхность, т.е. деформация происходит в условиях, близких к изотермическим. У более объемных образцов относительная доля рассеянного тепла невелика, что позволяет достоверно оценить величину локальных тепловых эффектов на разных этапах нагружения. В связи с этим, дальнейшие измерения были выполнены на «массивных» образцах с размерами 45×7×3.5 мм при скоростях испытания 22.5, 225 и 450 мм/мин.

Установлено, что зависимости температуры от степени деформации качественно сходны для всех исследованных в работе полимеров и состоят из трех основных этапов. На начальной стадии нагружения (область Гуковских деформаций до предела текучести) наблюдается равномерное растяжение образца, сопровождающееся его охлаждением на 0.5-0.8°C (явление термоупругости). При переходе от обратимых деформаций к пластическому течению происходит резкий нагрев (до 70°C) полимера в месте образования шейки. Обнаружено, что величина скачка температуры при одинаковой скорости деформирования зависит от типа полимера и симбатно увеличивается с ростом степени кристалличности. Сделано предположение, что интенсивное тепловыделение в малом объеме образца вблизи фронта «шейки» происходит вследствие ориентационных явлений, увеличения степени кристалличности (рекристаллизации) и конформационных переходов гош-транс в аморфной фазе.

По мере развития пластической деформации плоскость максимального

тепловыделения перемещается по длине образца вместе с фронтом шейки, а температура фибриллизированных участков постепенно понижается. После полной трансформации образца в шейку начинается стадия деформационного упрочнения, на которой вновь фиксируется подъем температуры, но не такой значительный, как при ориентационном превращении. Повышение температуры и выделение тепла на участке усиления, по-видимому, обусловлено преодолением внутреннего трения микрофибрилл при их смещении относительно друг друга.

Для анализа полученных экспериментальных результатов была использована модель распространения шейки, предложенная в работе [С.Л. Баженов, Л.И. Маневич «Критерий устойчивости распространения шейки в полимерах» //Высокомолек. соед., сер.А, 2010, т.52, №2, с.254-261]. Полученная авторами система уравнений описывает изменение температуры и напряжения в переходной зоне полимера при равномерном распространении шейки (стационарный случай) и в автоколебательном процессе. Используя уравнения для стационарного случая, были построены и проанализированы графики распределения температуры по длине образца $T(x)$ для трех исследуемых полимеров, проведено их сопоставление с экспериментальными профилями $T(x)$, а также вычислены значения максимальной температуры в зоне тепловыделения $T_{\max}$ для образцов разного размера в зависимости от скорости растяжения.

Установлено, что модель частично объясняет обнаруженные в эксперименте закономерности. В частности, теория правильно предсказывает увеличение степени разогрева при увеличении предела текучести (степени кристалличности) полимера, качественно верно описывает вид функции распределения температуры по длине образца $T(x)$ для упругодеформированных участков, позволяет объяснить зависимость величины тепловых эффектов от размера деформируемых образцов и скорости нагружения. В подходе, разработанном С.Л. Баженовым, полимер моделируется бесструктурной сплошной средой, не рассматриваются изменения морфологии и не учитываются возможные процессы плавления-рекристаллизации в ходе нагружения. В связи с этим, данный подход не позволяет правильно описать температурный профиль в ориентированной части полимера, существенно отличаются вычисленные и измеренные в эксперименте величины $T_{\max}$ и ширины зоны разогрева.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 12-03-00694-а, 12-03-00636-а)

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МАЙОНЕЗЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Structural changes in the mayonnaise with the temperature effect

аспирант А.А. Добжицкий, д.х.н. А.М. Евтушенко, д.т.н. И.Г. Крашенинникова

Московский Государственный Университет Технологий и Управления им. К.Г.

Разумовского 109004, Москва, ул. Земляной вал, 73.

Растительные масла содержат ряд непредельных жирных кислот, имеющих большое физиологическое значение (линолевую, линоленовую, арахидоновую). Эти же непредельные кислоты делают растительные жиры малоустойчивыми при тепловой обработке. Поэтому употребляют эти масла для приготовления холодных блюд обычно без тепловой обработки. Эмульгирование растительных жиров в процессе изготовления соуса (майонеза) улучшает их усвоение. Однако изменение структуры майонеза под действием температуры исследованы недостаточно.

Целью данной работы было исследование изменения структуры майонеза при температурном воздействии.

В качестве объектов исследования были выбраны майонезы, приготовленные стандартным способом (контрольный майонез) и с добавлением льняной муки 0.24 % (майонез с льняной мукой).

Изменение структуры исследовали на синусоидальном вибровискозиметре SV-10. Температура эксперимента составила 74.5 °С. Добавление льняной муки приводит к увеличению вязкости, что связано со способностью водного раствора льняной муки оказывать, как эмульгирующие, так и структурообразующие свойства. При достижении температуры 74.5°С, происходит уменьшение значения вязкости во времени, (см. рисунок) что связано с процессами коагуляции (разрушение пищевой эмульсии).

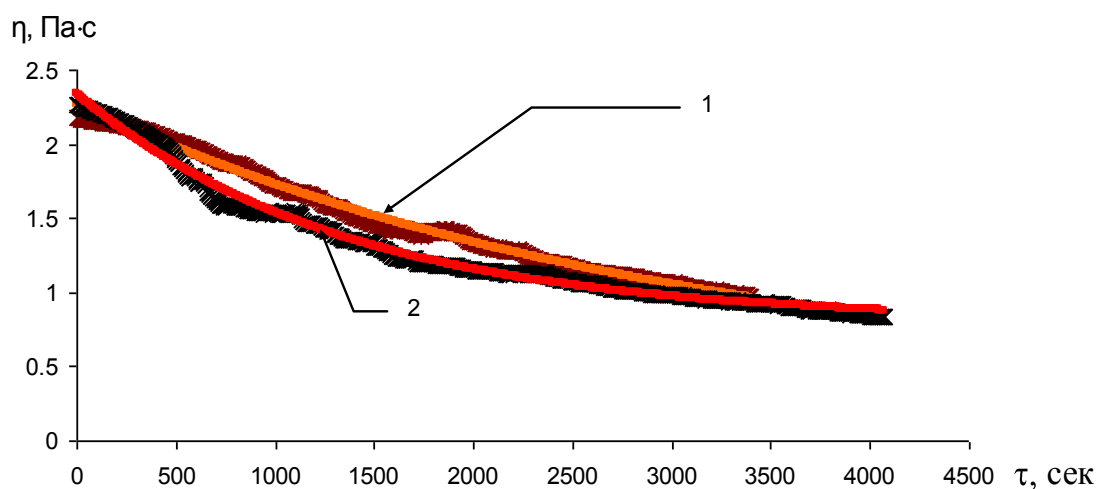


Рисунок – Кинетика изменения вязкости майонеза при $t=74.5\text{ }^{\circ}\text{C}$:
1 - контрольный майонез; 2 - майонез с льняной мукой

Изменение вязкости от времени для данного случая можно представить дифференциальным уравнением первого порядка:

$$-\frac{d\eta}{d\tau} = k \cdot (\eta - \eta_{\infty}), \quad (1)$$

где η , η_{∞} - вязкость в текущий момент времени и вязкость по достижении окончания процесса коагуляции (Па·с), τ - время коагуляции (сек), k - константа скорости процесса (1/сек).

После разделения переменных и интегрирования уравнения, изменение вязкости от времени коагуляции примет следующий вид:

$$\eta = \eta_{\infty} + (\eta_0 - \eta_{\infty}) \cdot e^{-k \cdot \tau}, \quad (2)$$

где η_0 – значение вязкости в начале процесса коагуляции.

Используя метод нелинейного регрессионного анализа были определены константы, характеризующие процесс коагуляции майонезной композиции (таблица). Экспериментальные данные и значения вязкости, полученные расчетным путем с использованием констант таблицы, представлены на рисунке.

Таблица

Константы, характеризующие процесс коагуляции майонезной композиции

Наименование	Контрольный майонез	Майонез с льняной мукой
η_0 , Па·с	2.27	2.34
η_{∞} , Па·с	0.31	0.80
$k \cdot 10^4$, (1/сек)	3.27	7.37
R^2 (величина аппроксимации)	0.99	0.99

Согласно данным таблицы, константа скорости коагуляции для майонеза с льняной мукой выше, чем для контрольного образца, что свидетельствует о более быстрой коагуляции в этой системе. Однако значения η_{∞} у опытного образца выше, чем у контрольного, и это позволяет говорить о том, что вязкость майонеза с льняной мукой после окончания коагуляции будет выше, чем у контрольного, т.е. он будет больше структурирован, и меньше разрушаться при температурном воздействии.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСФУЗИЙ ЭРИТРОМАССЫ**Forecasting of efficiency red cell transfusion**

Ершова Л.И., Алексанян М.Ж., Титова Л.П., Бугарь Н.Ю.

ФГБУ Гематологический научный центр МЗ РФ России. Москва. Россия

На современном этапе развития трансфузиологии показания к переливанию цельной крови ограничены. При разработке схем терапии предусматривается использование компонентов крови. При этом существенное значение имеет оценка лечебной эффективности переливаемых компонентов. Это касается в первую очередь эритромаcсы в связи с возможным появлением и наличием предсуществующего гемолиза, причины которого разнообразны и во многом не ясны.

Так, эритродиерез (гемолиз), являясь стереотипной реакцией системы крови на субпороговое длительное действие экстремальных факторов (острая кровопотеря, механическая, тепловая энергия, химических агенты, в том числе лекарственные препараты, ультразвук, ультрафиолетовое облучение, ускорения, гипоксия гемического, гипоксического происхождения, воздействие канцерогенов, антигенная стимуляция, флогогенные агенты и т.д.) предшествует ее регенерации и рассматривается как один из неспецифических механизмов адаптации, но при его выраженности может существенно снизить эффективность терапевтических гемотрансфузионных мероприятий. В активации гемолиза в экстремальных условиях, кроме изменений эритроцитов *de novo* (олигомеризация мембранных белков, образование "сталков", изменение соотношений изоформ 4.1 а, 4.1. в. протеинов цитоскелета, нарушение гемоглобинсинтетических процессов, снижение уровня внутриклеточного аскорбата, сульфгидрильных групп и липопротеинового комплекса) существенная роль отводится воздействию экзоэритроцитарных факторов (продукты перекисного окисления, способствующие снижению текучести мембраны, лизолецитин, MCP-1 -активатор эритрофагоцитоза, почечнoзависимый компонент. Механизм изменений свойств эритроцитов (уменьшение стромальных фракций с молекулярной массой 180-250 кД, в т.ч. и белок полосы 3) с относительным преобладанием белков молекулярной массы - 38-75 кД (рецепторные белки типа гликофоринов) связан в частности в накоплением в крови гуморальных гемолитических факторов (лизосомальных ферментов, активности комплемента, А-бета-25-35,1-42 пептидов, ретенционной гиперазотемии, олигопептидов средней массы, полиаминов, факторов липоидной природы, тканевых неиммунных гемолизинoв, липополисахаридов бактериального происхождения.) при соответственном снижении антигемолитического потенциала (комплементзависимых механизмов, экзо-,эндогенных химических веществ (трифлуоропиразин, цистеин), плазма-протективного эффекта).

С целью предупреждения (снижения) посттрансфузионного гемолиза, не исключаемого стандартными пробами на совместимость (т.е. не связанного с АВО, резус-конфликтом) предлагается способ прогнозирования эффективности трансфузий эритромассы, количественно учитывающие риск гемолиза вследствие высокой гемолитической активности сыворотки крови при определении показателя устойчивости донорских эритроцитов к гемолитическому воздействию плазмы реципиента.

Принцип метода основан на количественном определении в предтрансфузионном периоде у больного показателя гемолитической активности сыворотки крови (ГС) и коэффициента устойчивости донорских эритроцитов к гемолизирующему воздействию сыворотки реципиента (ДЭ) по параметрам кислотных эритрограмм, адекватно отражающих качество клеток эритроидного ряда с подсчетом индекса суммарной резистентности (СР), являющимся суммой произведений процента гемолизируемых эритроцитов в единицу времени на длительность гемолиза от начала регистрации. По соотношению этих показателей ($СР < 5-6$ у.е.; $ДЭ \leq 1,0$) соответственно прогнозируется эффективность инфузий эритромассы. Показания к определению ГС и ДЭ-плановые трансфузионнозависимые состояния: острая массивная кровопотеря (30-40 % ОЦК), посттравматическая анемия (1-7 сутки), гемолитическая анемия с преимущественно внутрисосудистым гемолизом, нефрогенные анемии с ретенционной гиперазотемией.

Установлена увеличенная гемолитическая активность сыворотки крови в постгеморрагическом периоде у онкологических больных (до 20 у.е.), при гемофилии и идиопатической тромбоцитопенической пурпуре (до 10 у.е.), при хроническом лимфолейкозе, гемолитических (20-25 у.е.), железодефицитных (15-20 у.е.) анемиях. Показано, что неэффективность инфузий эритромассы больным с ХПН уменьшается путем подбора при повышенной ГС донорских эритроцитов, устойчивых к гемолизирующему действию сыворотки больных нефрогенной анемией.

Таким образом, частым осложнением трансфузионной терапии может являться гемолиз, связанный не только с известными иммунными конфликтами реципиента и донора, но и с кумулятивным воздействием гуморальных мембранотропных веществ, диагностика и предупреждение которого снижает риск неэффективных трансфузий эритроцитов. Инфузию ЭК следует проводить трансфузионнозависимым больным под контролем процедур индивидуального подбора качества трансфузируемой эритроцитной среды и гемолитической активности сыворотки реципиента (ГС и ДЭ).

**РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРОВ И
МНОЖЕСТВЕННЫХ ЭМУЛЬСИЙ МАСЛО₁/ВОДА/МАСЛО₂ НА ИХ ОСНОВЕ**
**The rheological properties of polymer solutions and of multiple emulsions oil₁/water/oil₂ on
the basis of these solutions**

Задымова Н.М., Аршакян Г.А., Потешнова М.В., Куличихин В.Г.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический
факультет, 119992, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3.*

Множественные эмульсии (МЭ) являются важными с фундаментальной и практической точек зрения объектами современной коллоидной химии. Эти принципиально термодинамически неустойчивые дисперсные системы имеют сложное строение. Они представляют собой «эмульсию в эмульсии». Дисперсная фаза МЭ является миниэмульсией с размерами частиц, не превышающими 1 мкм. Эмульсии типа масло₁/вода/масло₂ (М₁/В/М₂) используются для пролонгированного выделения маслорастворимых лекарств, защиты их от деградации, получения микрокапсул и т. д. Однако, МЭ никогда ранее не использовались в качестве основы полимерных пленок для трансдермальной доставки лекарств. Получить стабильную эмульсию М₁/В/М₂ сложно, поскольку в олеофильных средах отсутствуют традиционные факторы устойчивости дисперсных систем (электростатическое отталкивание двойных электрических слоев, структурно-механический барьер и т. п.), что объясняет ограниченное количество исследований МЭ такого типа.

Растворы полиизобутилена (ПИБ) в гептане и полиакрилата (ПА) в этилацетате использованы в качестве внешней дисперсионной среды (М₂) множественных эмульсий. Оба полимера относятся к классу адгезивов, чувствительных к давлению (АЧД). Внутренней дисперсной фазой (М₁) во всех случаях был гептан. Миниэмульсии (М₁/В) стабилизированы Твином 80 и гидроксипропилцеллюлозой.

Реологические свойства растворов полимеров и МЭ на их основе изучены с помощью реометра RheoStress1 (“ThermoHaake”, Германия) с термостатируемой измерительной ячейкой конус–плоскость. Использовали три режима испытаний: стационарное течение с контролируемой скоростью деформации; ползучесть (при постоянном напряжении сдвига $\tau_c = 1$ Па) и восстановление (при снятии нагрузки $\tau_c = 0$); воздействие осциллирующего напряжения сдвига ($\tau = \tau_0 \sin(\omega t)$) с угловой частотой ω и постоянной амплитудой $\tau_0 = 0.5$ Па).

Повышение концентрации полимера в растворе приводит к изменению его реологических свойств от ньютоновских до вязкоупругих, что обусловлено формированием пространственной сетки зацеплений макромолекул. Для растворов $C > 30$ об. % применима реологическая модель Бюргерса. Реологические свойства МЭ в основном определяются свойствами внешней дисперсионной среды. МЭ на основе высококонцентрированных растворов ПИБ и ПА являются неньютоновскими жидкостями, обладающими вязкоупругими свойствами. Стабильность МЭ возрастала по мере увеличения концентрации полимера. Вязкоупругие свойства внешней дисперсионной среды являются одним из ключевых факторов стабилизации МЭ. Вместе с тем, обнаружена корреляция между наличием у МЭ таких реологических свойств и способностью формировать полимерные пленки на гидрофобной подложке.

Эмульсия $M_1/V/M_2$ на основе ПИБ, содержащая гидрофобное лекарство (фелодипин) во внутренней дисперсной фазе M_1 , использована в качестве «премикса» для получения полимерной пленки с хорошей адгезией к коже. Пленка выделяла фелодипин в течение 90 часов.

На основе множественной эмульсии, стабилизированной полиакрилатом и содержащей в водной прослойке терапевтически важный белок (лизоцим), получены адгезивные пленки для пролонгированного выделения лизоцима с сохранением его ферментативной активности.

Реологические исследования послужили базисом нового подхода к получению универсальных трансдермальных пленок на основе множественных эмульсий $\text{масло}_1/\text{вода}/\text{масло}_2$, стабилизированных полимерными АЧД. Эти пленки могут быть использованы для пролонгированной доставки как гидрофобных, так и гидрофильных лекарственных веществ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-08-00492-а).

МОНОЛИТНЫЕ КАПИЛЛЯРНЫЕ КОЛОНКИ НА ОСНОВЕ ДМЭГ СО СТРУКТУРОЙ, ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

**Monolithic capillary columns based on DMEG with structure optimized for separation of
synthetic polymers.**

Ибрагимов Т.Р., Королев А.А., Викторова Е.Н., Канатьева А.Ю., Курганов А.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им.

А.В.Топчиева Российской академии наук.

119991 Москва, Ленинский проспект 29.

В капиллярных колонках, варьируя различные условия полимеризации, получены полярные монолиты на основе диметакрилатэтиленгликоля (ДМЭГ). Для приготовленных монолитных колонок получены калибровочные кривые с использованием узких фракций полистирольных стандартов, и показано, что все монолиты обладают бимодальной пористой структурой. Отмечено, что рабочий свободный объем приготовленных монолитных колонок, т.е. та часть свободного объема колонки, которая участвует в разделении полимеров, сильно зависит от условий полимеризации. Так, наибольшую величину рабочего свободного объема удастся получить при проведении полимеризации при температуре 75 °С, а более высокая или более низкая температура вызывают уменьшение рабочего свободного объема. Столь же узкие пределы параметры синтеза монолитов оптимальной структуры отмечены для продолжительности полимеризации, состава полимеризационной смеси, природы порогена. Последний параметр оказывает особенно сильное влияние на объем рабочей доли свободного пространства колонки, и монолит оптимальной структуры удастся приготовить с использованием в качестве порогена нонанола. Колонки с оптимальной структурой монолита способны разделять до 16 полистирольных стандартов в диапазоне молекулярных масс от 8 миллионов Da до 258 Da. Калибровочные кривые были аппроксимированы теоретической зависимостью, предложенной Порре и др. [1], и учитывающей вклад в разделение полимеров не только эксклюзионного, но и гидродинамического механизмов. В результате аппроксимации были найдены такие характеристики пористости монолитов, как радиусы проходных и непроходных пор и соответствующие им доли свободного пространства, а также прослежена их корреляция с условиями синтеза.

1. Stegeman G., Kraak J. C., Poppe H. J. Chromatogr. A 550, 721 – 739 (1991)

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЯЗКОСТЬ СЛАБОГО РАСТВОРА ДВУХ РЕАГИРУЮЩИХ МЕЖДУ СОБОЙ ПОЛИМЕРОВ

Relative viscosity of weak solution for two interacting polymers

Иванов В.С.

Московский государственный университет пищевых производств

E-mail: ivsci@rambler.ru

Среди пищевых материалов имеется большое количество многокомпонентных биополимеров, растворимых в воде. После введения малых количеств пищевых биополимеров в рецептуру растворимых пищевых продуктов они могут вступать в химические реакции, изменяя реологические свойства пищевых полуфабрикатов и готовых продуктов.

В коллоидной химии вязкость раствора полимера до его массовой концентрации порядка 20 % удовлетворительно описывается уравнением Мартина:

$$\mu - \mu_0 / c\mu_0 = [\mu] \cdot \exp K_M \cdot [\mu] \cdot c \quad ,$$

где: μ – вязкость раствора; μ_0 – вязкость растворителя; c – массовая концентрация полимера в растворе; $[\mu]$ – характеристическая вязкость; K_M – постоянная Мартина.

Вывод уравнения для определения вязкости раствора двух, взаимодействующих между собой полимеров, делался при условии, что массовая концентрация каждого из полимеров может изменяться от нуля и до c_H , но их суммарная концентрация (массовая концентрация навески) всегда остаётся равной c_H :

$$c_H = c_A + c_B = c_{AH} \quad ,$$

где: c_H – массовая концентрация навески; c_A – массовая концентрация полимера **A**; c_B – массовая концентрация полимера **B**.

Вводим относительные переменные:

$$x = \frac{c_B}{c_H} \quad \text{и} \quad y = \frac{\mu_{A+B} - \mu_0}{\mu_{AH} - \mu_0} \approx \frac{\mu_{A+B}}{\mu_{AH}} .$$

Принимаем, что исследование начинается, когда массовая концентрация полимера **A** равна массовой концентрации навески ($c_{AH} = c_H$) и при каждом последующем измерении приготавливается раствор с прибавлением полимера **B** за счёт уменьшения количества полимера **A**. Тогда полимер **B** реагирует без остатка и уравнение для определения относительной вязкости принимает вид:

$$y_1(x) = \left(1 - \frac{n+1}{n}x\right) \cdot \exp\left(-a_1 \frac{n+1}{n}x\right) + a_5 \frac{n+1}{n}x \cdot \exp\left(a_4 \frac{n+1}{n}x - a_1\right) .$$

При концентрации $x_p = n/(n+1)$ полимеры **A** и **B** прореагируют полностью и в растворе будет только продукт их реакции, а относительная вязкость будет равна

$$y_{1p} = a_5 \cdot \exp a_4 - a_1 \quad .$$

После дальнейшего увеличения массовой концентрации полимера **B** полимер **A** будет реагировать без остатка и уравнение для определения относительной вязкости принимает вид:

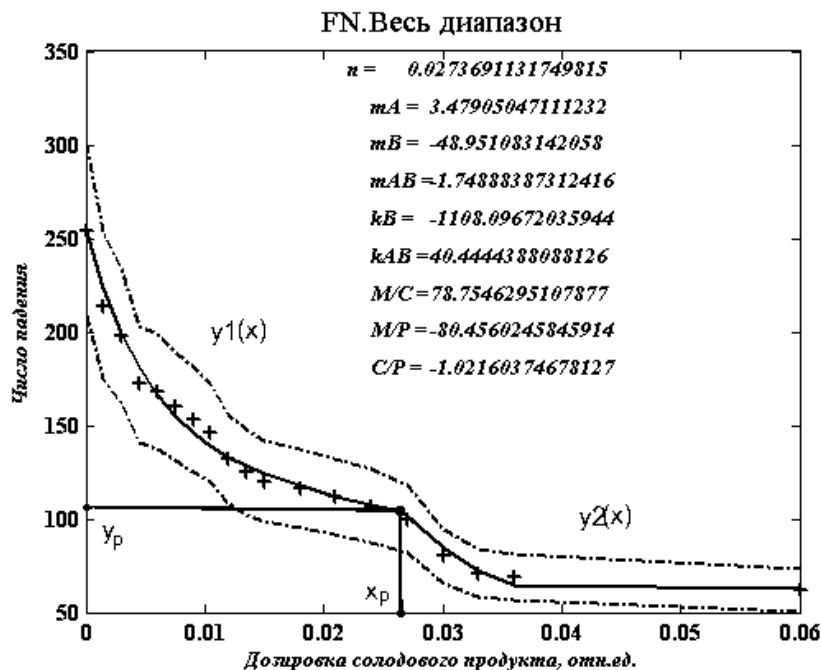
$$y_2(x) = [x - n \cdot 1 - x] \cdot a_3 \cdot \exp a_2 \cdot [x - n \cdot 1 - x] - a_1 + a_5 \cdot 1 - x \cdot n + 1 \cdot \exp [a_4 \cdot 1 - x \cdot n + 1 - a_1] .$$

После компьютерной обработки экспериментальных данных получаем численные значения коэффициентов n и $a_1 - a_5$. Для примера на рисунке показан график изменения относительной вязкости водного раствора муки и солода в зависимости от добавки солода. На поле графика также распечатаны результаты математического моделирования и численные значения соотношений между свойствами исследованных комплексных биополимеров:

$$mA = K_A \mu_A c_H , \quad mB = K_B \mu_B c_H , \quad mAB = K_{AB} \mu_{AB} c_H ,$$

$$kB = \frac{\mu_B}{\mu_A} , \quad kAB = \frac{\mu_{AB}}{\mu_A} , \quad M/C = \frac{K_A}{K_B} , \quad M/P = \frac{K_A}{K_{AB}} , \quad C/P = \frac{K_{AB}}{K_A} .$$

Эти соотношения будут положительными, если объекты сравнения действуют в одном направлении (только увеличивают или только снижают вязкость раствора), и отрицательными, если действуют в разных направлениях (один увеличивает, а другой снижает вязкость раствора).



СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО СДВИГА

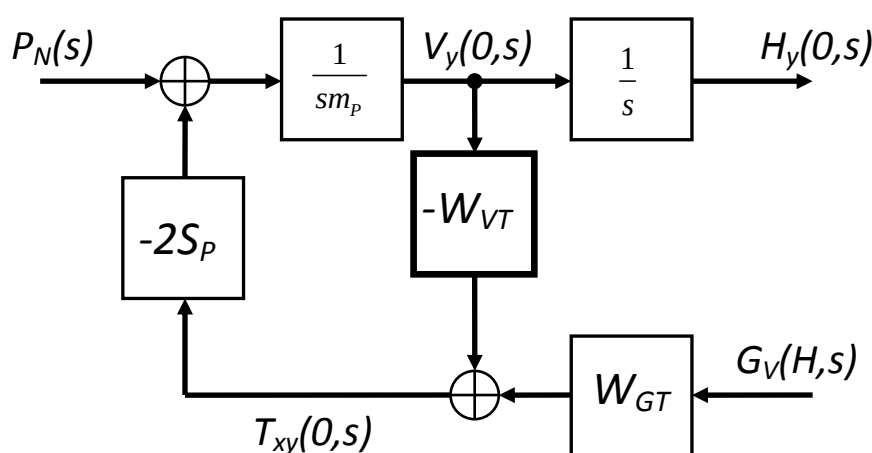
Systems analysis of tangential shear measurement

Иванов В.С.

Московский государственный университет пищевых производств

E-mail: ivsci@rambler.ru

При любых измерениях физических свойств реальных материалов на результаты измерения влияют и сами измерительные приборы. Чрезвычайно важно учитывать влияние динамических свойств приборов на результаты, получаемые при записи изменения физических параметров во времени. Был выполнен системный анализ процесса измерения тангенциального сдвига на приборе Вейлера-Ребиндера.



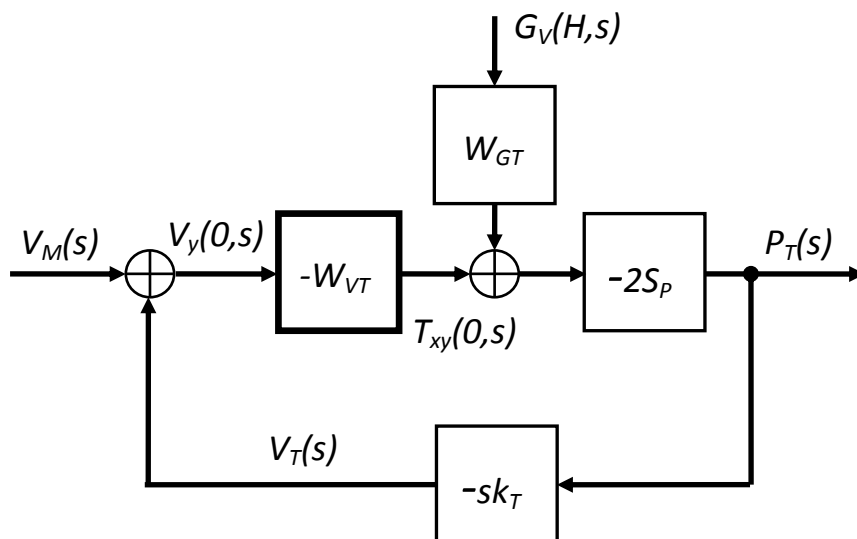
На рисунке показана структурная схема динамических процессов, происходящих при измерении на приборе Вейлера-Ребиндера с грузом $P_N(s)$ и с учётом

влияния предыдущих процессов течения в пищевом материале $G_V(H,s)$, не завершившихся к моменту нагружения. На основе использования результатов динамического анализа плоскопараллельного течения [1] в соответствии со структурной схемой были получены перемещения рифлёной или тонкой пластинки $H_y(0,s)$ в зависимости от свойств пищевого материала и параметров прибора, как в общем виде, так и для случая движения под действием постоянного груза после установившегося состояния пищевого материала. В этом частном случае для большинства пищевых материалов можно использовать формулу:

$$h_y \ t = \frac{4\eta D^2 \Psi^2 V_\infty}{G_{\Pi} \ 11 + D^2} \cdot \left\{ 3\sigma\tau + \lambda \ 3\sigma - 1 - \exp\left(\frac{-0,5\tau}{1+3\mu}\right) \cdot \left[\lambda \ 3\sigma - 1 \cdot \operatorname{ch}\left(\frac{0,5\tau D}{1+3\mu}\right) - 0,5\lambda \ 1 + D^2 - 6\sigma \cdot \operatorname{sh}\left(\frac{0,5\tau D}{1+\mu}\right) \right] \right\}$$

$$\text{где } \tau = \lambda n_p t = n_{\Pi} t, \quad D = \sqrt{1 - \frac{12\sigma \ 1 + 3\mu}{\lambda}}.$$

В формуле использованы относительные параметры, включающие различные сочетания реологических свойств и параметров прибора и позволяющие проводить математическое моделирование работы прибора Вейлера-Ребиндера в математических пакетах Maple, MATLAB, MathCAD и т.п.

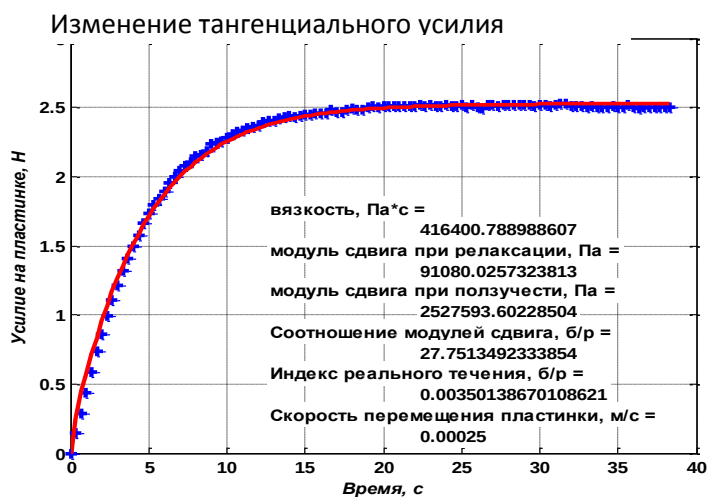


На следующем рисунке показана структурная схема динамических процессов в приборе Вейлера-Рейбиндера с принудительным вертикальным перемещением кюветы для исследуемого пищевого материала.

Здесь также учитывается начальное неравновесное состояние пищевого материала. Определена зависимость регистрируемого усилия на рифлёной или тонкой пластинке от реологических свойств пищевого материала и параметров прибора, как в общем виде, так и в случае движения пластинки с постоянной скоростью после равновесного состояния пищевого материала. В этом частном случае для большинства пищевых материалов можно использовать формулу:

$$p_T \quad t = \frac{2S_p \eta v_M}{H} \cdot \left\{ 1 - \left(1 - \frac{1}{3\sigma} \right) \cdot e^{-\frac{\tau}{\lambda}} - e^{-0,5\tau} \left[\frac{1}{3\sigma} \cos \left(\tau \sqrt{\frac{3\sigma}{\lambda\xi}} \right) - \frac{1}{\sqrt{3\sigma\lambda\xi}} \cdot \sin \left(\tau \sqrt{\frac{3\sigma}{\lambda\xi}} \right) \right] \right\}.$$

Использование этой формулы для обработки экспериментальных данных позволяет определять реологические свойства пищевых материалов, отделяя влияние измерителя усилий, используемого в приборе Вейлера-Рейбиндера.



1. Иванов В.С. Плоскопараллельное течение несжимаемого обобщённого реологического тела //25 Симпозиум по реологии. Программа и материалы конференции. – Осташков: ИНХС им. А.В.Топчиева РАН, 2010. – С. 116-117.

**РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ АНОМАЛЬНОГО
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В РАЗБАВЛЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ РАСТВОРАХ**
Rheological evidence of the anomalous structure formation in dilute polymer solutions

Ильин С.О.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В.

Топчиева Российской академии наук

119991, Москва, Ленинский пр-т, 29

Показан эффект необычного структурирования в растворах тройного сополимера акрилонитрила, метилакрилата и итаконата натрия. Разбавленные растворы терполимера в диметилсульфоксиде при комнатной температуре демонстрируют аномальновязкое гелеподобное поведение. В области низких значений сдвиговых напряжений они способны к течению с высокой вязкостью, а при повышении приложенного усилия, в некоторой узкой области напряжений, происходит тиксотропное разрушение структуры раствора с переходом к течению системы с низкой вязкостью. В противоположность этому, концентрированные растворы (с концентрацией терполимера выше 18 мас. %), а также растворы, приготовленные в диметилформамиде или водном растворе роданида натрия, оказываются ньютоновскими жидкостями. Выявлено, что плато максимальной ньютоновской вязкости, характерное для разбавленных растворов, является артефактом, связанным с методом испытаний. Кроме того сдвиговая вязкость этих систем неэквивалентна комплексной вязкости вследствие неупругой природы неньютоновского поведения. В результате бифуркации, из-за двух возможных состояний характерных для разбавленных растворов, возможно возникновение автоколебаний кажущейся вязкости во времени при деформировании растворов с постоянной скоростью. Обнаружено, что структурирование макромолекул полимера в диметилсульфоксиде происходит при температурах ниже 40°C. В этих условиях даже в предельно разбавленных растворах (0.01 мас. %) происходит образование кластерных ассоциатов из макромолекул со средним гидродинамическим радиусом порядка 2 мкм. Обсуждены возможные механизмы формирования структурной сетки в разбавленных растворах.

**ЗНАЧЕНИЕ ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ
АДЕКВАТНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ ГОЛОВНОГО
МОЗГА НА ФОНЕ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПО ГЕНЕЗУ
АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ МАГ У ПАЦИЕНТОВ С
АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ И НАЧАЛЬНЫМИ ПРИЗНАКАМИ
ХРОНИЧЕСКОЙ ЦЕРЕБРОВАСКУЛЯРНОЙ ПАТОЛОГИИ**

**The value of hemorheological mechanisms in providing adequate blood flow to the brain
against the background of formation of different by their genesis atherosclerotic lesions
observed for patients with hypertension and initial symptoms of cerebrovascular pathology**

Ионова В.Г., Костырева М.В., Шабалина А.А., Варакин Ю.Я., Горностаева Г.В.,

Суслина З.А.

Артериальная гипертензия (АГ), являясь одним из наиболее распространенных, значимых и поддающихся модификации факторов риска развития цереброваскулярных заболеваний (ЦВЗ). АГ способствует развитию хронической церебральной ишемии, посредством формирования комплекса деструктивных, адаптивных и репаративных процессов на всех уровнях кровообращения от микроциркуляторного русла до магистральных артерий головы (МАГ), в частности, в виде утолщения комплекса интима - медиа или атеросклеротических бляшек. Формирующаяся при этом дисфункция эндотелия в МАГ характеризуется многообразием морфологических проявлений, развивающихся на фоне длительно существующих разнообразных патохимических сдвигов широкого спектра метаболических процессов, связанных с функциональным состоянием эндотелия при АГ. В формировании указанных выше поражений МАГ большую роль играют гемодинамические воздействия на эндотелий, тесно связанные с особенностями реологического поведения в потоке эритроцитов.

Цель настоящего исследования направлена на изучение особенностей реологии эритроцитов у больных с начальными признаками хронической цереброваскулярной патологии (НПХЦВП), развивающихся на фоне АГ с учетом данных о количественных сдвигах биохимических маркеров, характеризующих, как развитие дисфункции эндотелия в сосудистой системе, обеспечивающей кровоснабжение головы, так и состояние обменных процессов на разных этапах и формах атерогенеза МАГ.

В исследование включались больные АГ с негрубой хронической цереброваскулярной патологией и клиническими симптомами НПХЦВЗ или первичной дисциркуляторной энцефалопатии (ДЭ), с наименее выраженными ее формами -ДЭ I и II стадий. Нами обследовано 119 больных с НПХЦВП, формирующейся на фоне АГ. Средний возраст пациентов, наблюдавшихся в лаборатории эпидемиологии и профилактики заболеваний нервной системы ФБГУ Научного центра неврологии РАМН, составил $58,7 \pm 8,1$ лет. В зависимости от наличия и степени выраженности атеросклеротического поражения МАГ, визуализируемого с помощью ультразвукового дуплексного сканирования (УДС) все больные с НПХЦВП при АГ были разделены на 3 группы, в первую из которых ($n=43$) вошли пациенты АГ с клиническими проявлениями НПХЦВП при отсутствии патологии в МАГ. Вторую подгруппу ($n=20$) составили больные АГ с НПХЦВП, у которых, по данным ультразвукового дуплексного сканирования МАГ, выявлялось утолщение комплекса интима-медиа (КИМ). У пациентов с АГ и НПХЦВП третьей подгруппы ($n=28$) в МАГ определялись гемодинамически незначимые атеросклеротические бляшки, которые сужали просвет сосуда не более, чем на 30%. Группу сравнения составили практически здоровые люди ($n=28$), данные обследования которых использовались в качестве контроля.

Реологические характеристики эритроцитов оценивались на лазерном оптическом анализаторе красных клеток «LORCA»- Нидерланды.

При анализе реологических характеристик у пациентов всех обследуемых групп выявлены однонаправленные изменения реологических показателей эритроцитов. Значения индекса деформации практически не отличались от нормы во всех группах. Превышение показателя конечной амплитуды процесса эритроцитарной агрегации в потоке (Amp) в первой группе было минимальным, составляя 1%, а в двух других - 13%.

Обращает внимание наличие ускоренного образования одномерных агрегатов - «монетных столбиков» - Tf на 30%, ($p < 0.05$) у пациентов 1-ой группы с АГ и 3-ей - с АГ и наличием гемодинамически незначимых атеросклеротических бляшек в МАГ. Тогда как, во 2-й группе (с КИМ) скорость образования Tf возрастала лишь на 11%. Отмечено статистически значимое ($p < 0,05$) ускорение образования и трехмерных агрегатов (Ts), которое в большей мере проявлялось в 1-ой и 2-ой группах, где Ts укорочено – на 40%. Тогда как у пациентов 3-ей группы процесс агрегации развивался несколько медленнее - на 31%. Значения индекса агрегации эритроцитов (AI), характеризующие количественную вовлеченность красных клеток в процесс агрегации, превосходили контрольный уровень, максимально - на 51% ($p < 0,05$) в группе с КИМ, на 37% в группе с АГ ($p < 0,05$), и на 35% - в третьей ($p < 0,05$).

Наиболее существенно повышен - показатель γ -dis с -1, который отражает способность эритроцитарных агрегатов быстро разрушаться в условиях постоянно меняющихся сдвиговых напряжений в потоке, тем самым, обеспечивая оптимизацию кровотока на всех уровнях кровообращения от микроциркуляции до крупных магистральных сосудов. Во всех обследованных нами группах больных с АГ и НПХЦВП наблюдается значимое, в сравнении с нормой, замедление процесса разрушения эритроцитарных агрегатов. При этом, несомненный интерес представляет факт наличия максимального, более чем в двое, превышения контрольных значений γ dis с -1 - 212%, $p < 0,05$, у пациентов 2-й группы. Тогда как у пациентов 3-ей группы, с наличием атеросклеротических бляшек в МАГ, показатель γ -dis с-1, тоже существенно превышал контрольные значения на 168% ($p < 0,05$), что на 44% ниже, чем во 2-й группе. В 1-ой же группе пациентов с АГ, у которых, по данным ультразвукового дуплексного сканирования отсутствовали признаки наличия атеросклеротического поражения МАГ, тоже выявлялось менее выраженное статистически значимое превышение контрольных значений γ dis с-1 (на 138%, $p < 0,05$). Анализ результатов корреляционного анализа, отражающего характер взаимодействия между собой отдельных гемореологических характеристик, выявил существенные межгрупповые различия.

Установленные особенности реологического поведения эритроцитов у пациентов с АГ и НПХЦВП расцениваются, как проявление функционирования важнейшего механизма оптимизации кровообращения при артериальной гипертензии, который обеспечивается процессом физиологической гемодилюции в артериальном русле сосудистой системы. Причиной декомпенсации действия данного механизма у пациентов с АГ и НПХЦВП, осложненных развитием структурных поражений в МАГ, может стать возникновение стаза в микроциркуляторном русле, как следствие существенного роста прочности эритроцитарных агрегатов, развитию которой способствуют повышения в крови концентраций проатерогенных фракций липидов, факторов воспаления и даже наличие умеренной гипергомоцистемии. В этих условиях, особое значение принадлежит сохранности функционирования компенсаторных гемореологических механизмов, которые обеспечивают оптимальность на всех уровнях кровообращения от микроциркуляции до МАГ.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА
СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ И КОМПОЗИТОВ НА ИХ ОСНОВЕ**
Influence of Thermoplastic Modifiers on Properties of Epoxy Binders and Composites

Кербер М.Л., Коротеев В.А., Зюкин С.В., Арина М.П., Горбунова И.Ю.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,

kerber.k@yandex.ru

Модификация термореактивных связующих различного типа позволила решить ряд проблем, связанных с приданием композиционным материалам комплекса специфических свойств.

Одним из направлений модификации эпоксидных олигомеров является использование термопластичных полимеров. Наибольший интерес представляет при этом изменение прочностных (ударных) характеристик и теплостойкость.

Важнейшим фактором, определяющим возможность реализации улучшенных характеристик является совместимость. Как было показано в проведенных исследованиях, фазовое разделение в процессе отверждения является залогом достижения высоких ударных характеристик.

Рассмотрены особенности процессов отверждения эпоксидных олигомеров, модифицированных различными термопластами — поликарбонатом, полисульфоном, полиэфиримидом, полиариленэфиркетонном, а также некоторые свойства отвержденных полимеров.

Впервые для модификации эпоксидных полимеров использована смесь термопластов, взятых в различных соотношениях. Выявлено наличие оптимального соотношения модификаторов (1:3), которое обеспечивает получение более высоких показателей ударной вязкости.

Методом пропитки расплавом полученных образцов намоточных стеклопластиков на исходном олигомере и модифицированных связующих. Показано, что использование смеси модифицирующих термопластов позволяет реализовать более высокие характеристики стеклоармированных композитов, чем при введении индивидуальных модификаторов. Высказано предположение о возможных причинах такого влияния.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТИ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Investigation of the viscosity of disperse systems by the computer simulation methods.

Кабанов А.А., Урьев Н.Б.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН)

РФ, 119071, Москва ГСП-1, Ленинский проспект, 31, корп. 4.

Физико-химическая динамика дисперсных систем рассматривает динамические процессы, протекающие в совокупности частиц дисперсных фаз, связанных за счет взаимодействий в пространственную молекулярную сетку; механизмы образования и распада таких структур в условиях динамических воздействий; образование, эволюцию и разрушение агрегатов из частиц дисперсных фаз и т.д.

Теоретический анализ данных процессов основан на построении микрореологических моделей, описывающих процессы взаимодействия частиц и образование (разрушение) структур. Создаваемые микрореологические модели удобно проверять, создавая компьютерные модели, учитывающие все вышеуказанные процессы. Такой подход позволяет изучить свойства дисперсных систем не проводя сложные эксперименты. Кроме того, компьютерная модель позволяет провести ряд исследований, недоступных для реального эксперимента.

В работе рассмотрены основные модели сдвигового течения дисперсий в динамических условиях. Обсуждены достоинства и недостатки компьютерного моделирования дисперсных систем.

Построена модель сдвигового течения дисперсных систем в динамических условиях. Рассмотрены результаты компьютерного моделирования свойств дисперсных систем с использованием построенной модели. Показано, что созданная модель позволяет адекватно воспроизводить свойства реальных систем. С помощью построенной модели проведены исследования вязкости дисперсных систем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №12-03-00473

Литература:

1. Урьев Н.Б., Кучин И.В., Успехи химии, т.75, 36 (2006).
2. Урьев Н.Б., Потанин А.А., Текучесть суспензий и порошков, М.:Химия, 1992.
3. Дерягин Б.В., Абрикосова И.И., Лифшиц Е.М., УФН, т.73, 381, (1958).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ФРАГМЕНТОВ ЦЕПЕЙ И УЗЛОВ СЕТЧАТЫХ КАРБОЦЕПНЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Modeling local dynamics of chain fragments and knots in network carbochain elastomers

Каранец А.О., Соловьев М.Е.

Ярославский государственный технический университет

alexreal@gmail.com, soloviev56@gmail.com

В большинстве классических теорий динамических свойств макромолекул в качестве исходной концепции при построении уравнений движения используется положение о гауссовой субцепи в качестве первичной структурной единицы макромолекулы. При этом влияние конкретной химической структуры полимера на динамические характеристики самой субцепи не рассматривается. Экспериментальное исследование динамических характеристик полимера на масштабах меньших длины субцепи также затруднительно. Вместе с тем мелкомасштабные высокоскоростные релаксационные процессы играют важную роль в химической кинетике и в процессах разрушения полимеров.

В настоящей работе методом Ланжевеновской динамики исследованы релаксационные характеристики линейных и сшитых цепей карбоцепных эластомеров при растяжении. В качестве объектов исследования изучены ассоциаты линейных коротких цепей (до 20 звеньев) полиизопрена и полибутадиена. Моделирование деформации макромолекул проводилось при разных температурах (от 200 до 400K), а также сшитых химическими поперечными связями атомами кислорода и серы, причем исследовалась также сшивка серным мостиком. К концам связанных цепей прикладывался растягивающий потенциал и моделировалось растяжение макромолекул. В качестве результатов расчета определялась деформация цепи и анализировалась зависимость деформации от времени растяжения. Для оценки времен релаксации было предложено аппроксимировать зависимость двойной экспоненциальной функцией вида

$$\varepsilon^i = \varepsilon_{\infty}^{i-1} + \varepsilon_{\infty}^i \left[\alpha \left(1 - \exp \left(\frac{-t}{\tau_1^i} \right) \right) + (1 - \alpha) \left(1 - \exp \left(\frac{-t}{\tau_2^i} \right) \right) \right], \text{ где } \varepsilon^i - \text{деформация на } i\text{-м шаге}$$

нагружения, ε_{∞}^i - равновесная деформация на i -м шаге нагружения, τ_1^i , τ_2^i - короткое и длинное времена релаксации на i -м шаге нагружения, α - коэффициент для оценки доли вклада каждого из времен релаксации в множители уравнения. Параметры уравнения α и τ_1^i, τ_2^i были рассчитаны методом наименьших квадратов. Далее были построены равновесные кривые нагружения по точкам f^i от ε^i , где f^i - сила, соответствующая равновесной деформации, и зависимости каждого из времен релаксации от деформации τ_1^i, τ_2^i от ε^i .

Показано, что с увеличением приложенного усилия происходит уменьшение обоих времен релаксации, то есть имеет место нелинейная вязкоупругость, причем сокращается относительный вклад короткого времени. Тип химической поперечной связи между цепями оказывает влияние на оба времени релаксации, причем это влияние является специфическим для каждого типа эластомера.

**РОЛЬ ТКАНЕВОГО АКТИВАТОРА ПЛАЗМИНОГЕНА В ФИБРИНОЛИЗЕ, В
ДЕСТРУКЦИИ ПРОТЕИНОВЫХ АГРЕГАТОВ С ПРОШИТОЙ В-
СТРУКТУРОЙ И В КЛИРЕНСЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ БЕЛКОВ**

**The role of tissue activator of plasminogen in fibrinolysis, in destruction of protein
aggregate with stitched β -structure and in clearance of pathological proteins**

Климович Л.Г., Самсонова Н.Н.

Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН

В настоящее время хорошо известна роль фибриногена и фибрина в формировании вязкости крови. Регуляция уровня этих полимеров в крови происходит при активации фибринолиза тканевым активатором плазминогена (tPA). Каталитическая эффективность tPA, сама по себе низкая, возрастает более чем в 100 раз в присутствии фибрина. Это происходит путём связывания tPA и плазминогена с фибрином в тройной комплекс. С этого момента фибрин действует не только как субстрат, но функционирует как кофактор, ускоряющий свою деструкцию. Известны три основных ингибитора tPA: ингибиторы активатора плазминогена 1 и 2 (PAI-1 и PAI-2) и мозговой специфический нейросерпин. tPA принимает участие и в других физиологических и патологических процессах, не требующих фибрина: в ремоделировании тканей, атеросклерозе, артрите и др. Но наиболее важным оказалось, то, что tPA, экспрессируясь в мозге, может включаться в клеточную миграцию нейронов и в их функционирование при болезни Альцгеймера. Имеются данные об активации tPA не только фибрином, но и другими кофакторами, такими, как агрегаты белков с неправильным сложением (protein misfolding), в частности амилоидом. Рассматривается роль в деструкции амилоидов, устанавливаются общие структурные элементы с фактором XII и активированным фактором роста гепатоцитов (HGF α), и разрабатывается гипотеза о роли контактной активации свёртывания в процессах удаления устаревших белков. Таким образом, изучение роли tPA в деструкции и клиренсе патологических белков может изменить наши подходы к регуляции реологических свойств крови.

**РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ,
МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДИСПЕРСНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ РАЗЛИЧНОЙ
ПРИРОДЫ**

Rheological properties of epoxy resin modified with disperse fillers of different nature

*Корохин Р.А., Солодшов В.И., Горбаткина Ю.А., Отегов А.В. Федеральное
государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им.
Н.Н.Семенова РАН, 119991, Москва, ул. Косыгина, д. 4*

С помощью ротационного вискозиметра Реотест-2 (конус-плоскость) была измерена вязкость (η) эпоксидной смолы ЭД-20 в интервале температур 20-80°C. Смолу модифицировали аэросилом марки А-380 и техническим углеродом марки УМ-66 (сажей). Концентрация обоих наполнителей в олигомере составляла 1-5 мас. %. Для равномерного распределения частиц в смоле использовали высокоскоростную (~2000 об/мин) мешалку; температура диспергирования во всех случаях составляла 50-60°C. Показано, что вид кривых вязкость - скорость сдвига ($\eta - \dot{\gamma}$), как правило, меняется при изменении температуры (Т) и состава композиции. Во всех случаях наполнения смолы, с увеличением Т характер течения жидкости меняется от ньютоновского к псевдопластичному. Лишь при высоких степенях (5 мас. %) содержания дисперсных частиц (как аэросила, так и сажи) на всем интервале температур жидкость имеет псевдопластичный характер течения. При введении 1 мас. % как сажи, так и аэросила, при комнатной температуре, вязкость связующих на 10-15% ниже, чем у немодифицированного олигомера. Эффект зависит от формы (природы) частиц: падение вязкости больше при добавлении пластинчатых частиц сажи. При других концентрациях вязкость заметно возрастает на всем интервале температур.

При V выше 150 с⁻¹ вязкость практически перестает зависеть скорости сдвига. Для этих участков была рассчитана энергия активации вязкого течения (U). Во всех случаях с ростом концентрации наполнителя U падает примерно на 20% по сравнению с "чистой" ЭД-20.

Полученные результаты позволили выбрать технологические параметры для изготовления намоточных стеклопластиков, обладающих малой пористостью и высоким содержанием волокна.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВЫХ ВИДОВ КРЕКЕРНОГО ТЕСТА

Rheological properties new types of dough for crackers

Д.т.н., проф. Корячкин В.П., д.т.н.проф., Корячкина С.Я., к.ю.н. Матвеева Т. В.,
асп. Сапронова Н.П.

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный
комплекс»

Аспирант кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного
производства»

302030, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Особенностью современного этапа развития пищевой промышленности является разработка качественно новых продуктов питания, дополнительно обогащенных физиологически функциональными ингредиентами, максимально соответствующих потребностям организма человека [1].

Реометрию образцов теста, приготовленных по рецептуре крекера «Заказной», проводили на капиллярном вискозиметре с внесением добавок: кукурузной и овсяной муки с заменой муки пшеничной согласно рецептуре в количестве 10 %, 20 %, 30 %, 40 % и 50 %.

По результатам экспериментов исследования сдвигового течения крекерного теста с овсяной мукой были построены кривые течения – зависимости касательного напряжения θ от скорости сдвига D (Рис. 1-2).

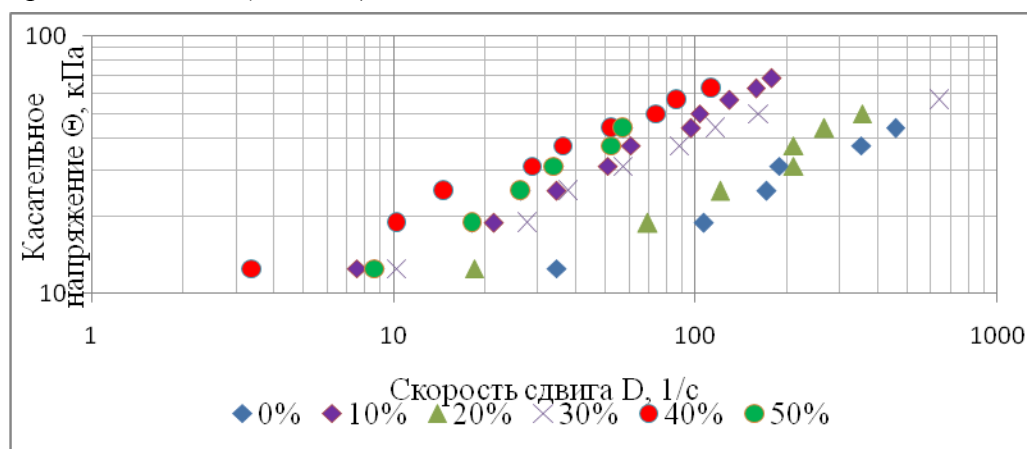


Рисунок 1 – Кривые течения образцов крекерного теста $\lg \theta = \lg \theta(\lg D)$ с внесением кукурузной муки в количестве: 10, 20, 30, 40 и 50 %

Характер кривых течения исследованных образцов теста позволил выбрать реологическое уравнение состояния для описания сдвигового течения крекерного теста:

$$\theta = \frac{\theta_0}{\theta_o} + kD^n \quad (1)$$

На рисунке 2 кривая течения $\lg \theta = \lg \theta(\lg D)$ контрольного образца крекерного теста не содержащего овсяную муку, изображена с линией тренда, кривизна которой обращена выпуклостью к оси скорости сдвига $\lg D$. При этом кривые течения $\lg \theta = \lg \theta(\lg D)$ всех других образцов крекерного теста, содержащих овсяную муку в количестве 10, 20, 30, 40 и

50 %, имеют графики с противоположной кривизной, обращенной к оси касательного напряжения $\lg D$.

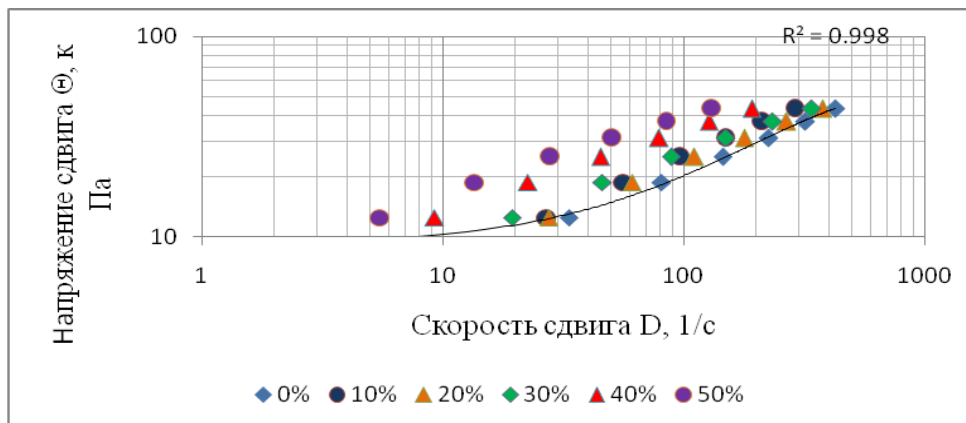


Рисунок 2– Экспериментальные точки кривых течения $\lg \theta = \lg \theta(\lg D)$ образцов кекерного теста, содержащих овсяную муку в количестве: 0 (контроль), 10, 20, 30, 40 и 50 %

Кривые течения $\lg \theta = \lg \theta(\lg D)$ образцов кекерного теста с содержанием овсяной муки были описаны трехпараметрическим реологическим уравнением состояния Гершеля-Балкли вида:

$$\theta = -\frac{\theta_0^2}{\theta_o} + kD^n \quad (2)$$

На рисунках 3,4 представлена суммарная оценка качества кекера с содержанием кукурузной и овсяной муки

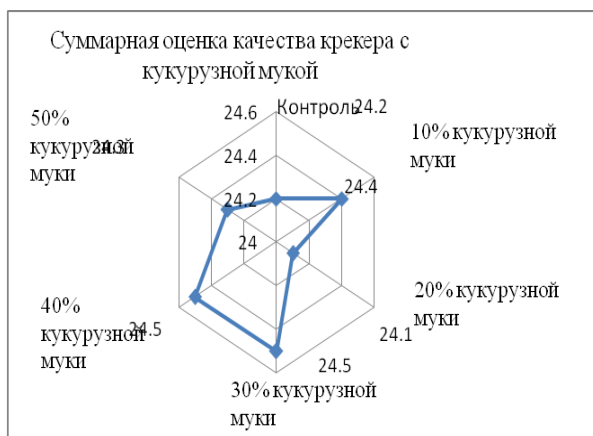


Рис 3 – Суммарная оценка качества кекеров с кукурузной мукой

Оптимальным выбран образец кекера с 50 % кукурузной муки.

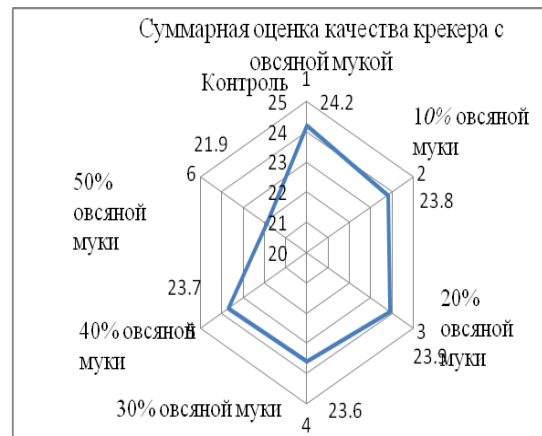


Рис 4 – Суммарная оценка качества кекеров с овсяной мукой

Установлено оптимальное количество внесения в тесто для кекеров овсяной муки взамен пшеничной в количестве 30 % - 40 %.

Литература

1. Матвеева, Т.В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры: монография / Т.В. Матвеева, С.Я. Корячкина. – Орел: ФГОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК», 2011. – 343 с.

ВЛИЯНИЕ АНИОНАКТИВНОГО ПАВ НА ВЯЗКОСТЬ ПВХ ПЛАСТИЗОЛЕЙ.**Influence of the anionic surfactant on PVC plastisols viscosity.**

Ковылин С.В., ФГБОУ ВПО, «Нижегородский Государственный Университет им. Н.И.Лобачевского», г. Н.Новгород, пр. Гагарина, 23.

Емельянов Д.Н., ФГБОУ ВПО, «Нижегородский Государственный Университет им. Н.И.Лобачевского», г. Н.Новгород, пр. Гагарина, 23.

Изучена зависимость вязкостных свойств ПВХ пластизоль от содержания поверхностно-активного вещества - додецилбензолсульфоната (ДДБС) в ПВХ пластизоле. Установлен дилатантно-тиксотропный характер течения пластизоль.

Объектом исследования служили: пастообразующий гомополимер ПВХ, пластификатор - промышленный ди-2-этилгексилфталат (ДОФ), поверхностно-активное вещество – эмульгатор ДДБС (додецилбензолсульфонат натрия).

Приготовление пластизоль происходило путём смешения ПВХ с пластификатором на пропеллерной мешалке в течение 10 мин. с последующим вакуумированием при перемешивании в течение 20 мин при остаточном давлении 0,04 кг/см².

Перед исследованиями пастообразующий гомополимер ПВХ проходил специальную подготовку. На поверхности этого полимера находился эмульгатор ДДБС, используемый как поверхностно-активное вещество при полимеризации ВХ. Вначале было необходимо удалить эмульгатор с его поверхности, а затем вводить строго заданное его количество в пластизоль. С этой целью было проведено экстрагирование ДДБС из исходного образца ПВХ по ранее отработанной методике [1].

Составы исследуемых пластизоль на основе ПВХ следующие: ПВХ – от 62,5 до 60,9 мас.%, ДДБС от 0 до 1,6 мас.%, ДОФ – 37,5 мас.%.

Реологические исследования проводили с помощью ротационного вискозиметра «Вискотестер VT550» производства фирмы НААКЕ. Прибор работал под управлением компьютера, измерение и обработка данных производилась автоматически.

Температура измерений 25°C.

На рис. представлены кривые течения пластизоль с различным содержанием ДДБС. Видно, что течение пластизоль носит дилатантно-тиксотропный характер.

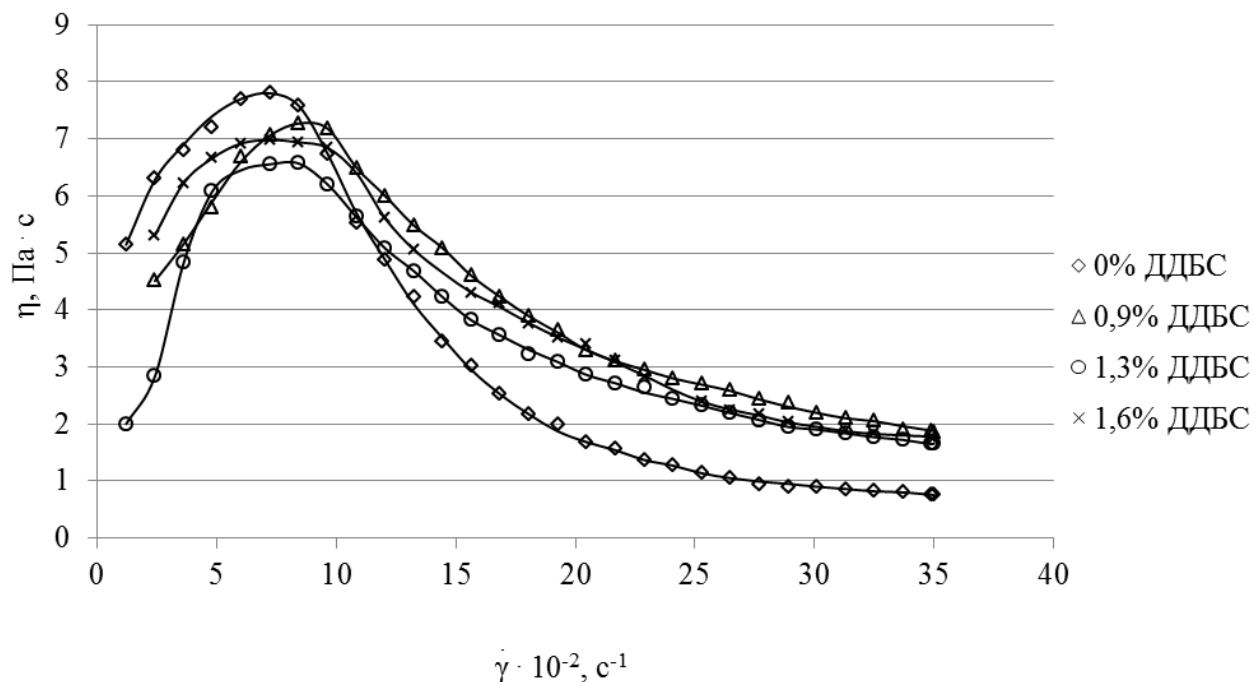


Рис.

Из всех представленных кривых особо выделяется кривая системы без ДДБС. Дилатантный пик у неё выражен отчётливее, чем у других, а вязкость в области больших скоростей сдвига значительно ниже. Это говорит о том, что этот пластизоль обладает худшей текучестью, что связано с отсутствием адсорбционного слоя ПАВ и, следовательно, увеличением взаимного трения частиц ПВХ в потоке. Однако уже добавка 0,5% ДДБС приводит к улучшению текучести: наблюдается некоторое уменьшение пика дилатансии. Дальнейшее увеличение концентрации ДДБС практически не влияет на зависимость вязкости от скорости сдвига: наблюдается близость кривых. Этот факт, вероятно, объясняется наличием насыщенного адсорбционного слоя ПАВ на поверхности частиц ПВХ. Избыточное количество ДДБС в дисперсионной среде пластизоля не оказывает значительного влияния на вязкость пластизоля.

Таким образом, отсутствие ДДБС ухудшает текучесть пластизоля.

Значительное количество (свыше 0,5% от массы ПВХ) поверхностно-активного вещества не влияет на вязкость пластизоля из-за насыщения адсорбционного слоя.

Литература:

[1] Ковылин С.В., Березов Л.В. Деп. ВИНТИ. Черкассы, 1989. № 8. С.135.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОРЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ

Estimation of influence of temperature and constant electric field on rheological characteristics of the electrorheological fluid

Е. В. Коробко, В. А. Билык, Н. А. Журавский

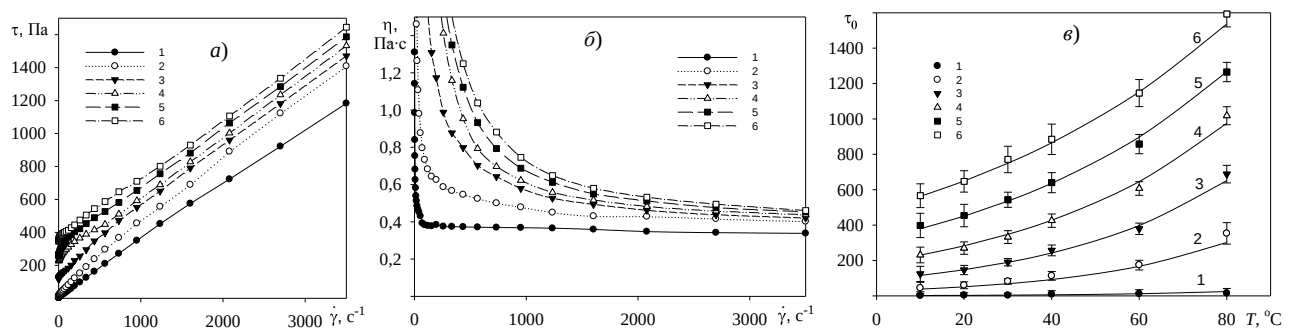
Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

Беларусь, г. Минск, ул. П.Бровки, 15, e-mail: snowsoft@tut.by

Введение. Создание новых усовершенствованных составов электрореологических жидкостей (ЭРЖ) требует проведения исследований их реологических характеристик для оценки возможности практического применения в конкретных устройствах и технологиях [1]. Целью данной работы являются экспериментальное исследование реологических характеристик ЭРЖ, определение адекватной реологической модели и зависимости ее параметров от температуры T и напряженности электрического поля E для получения расчетных оценок расходно-напорных и теплообменных характеристик при течении в трубах и каналах различной геометрии.

Оборудование и методика измерений. Определены кривые течения и статический предел текучести состава двухкомпонентной ЭРЖ [2], разработанного в лаборатории реофизики и макрокинетики Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси на реометре «Physica MCR 301» фирмы Anton Paar с высоковольтной измерительной ячейкой HVS/ERD180, которая представляет собой систему коаксиальных цилиндров (диапазон скоростей сдвига $1\text{--}3500\text{ с}^{-1}$).

Результаты экспериментального исследования и обсуждение. Зависимости напряжения сдвига и кажущейся вязкости ЭРЖ от скорости сдвига и предела текучести от температуры при $E=0\text{--}2,5\text{ кВ/мм}$ представлены на рисунке 1.



1 – $E=0\text{ кВ/мм}$; 2 – 0,5; 3 – 1; 4 – 1,5; 5 – 2; 6 – 2,5.

Рисунок 1 – Зависимости напряжения сдвига (а) и кажущейся вязкости (б) ЭРЖ от скорости сдвига при $T=20^\circ\text{C}$ и статического предела текучести (в) от температуры при различных величинах E

С ростом температуры от 10 до 80°C предел текучести τ_0 увеличивается примерно в 2,8 раза (от 566 до 1600 Па) при максимальной величине $E=2,5\text{ кВ/мм}$ и примерно в 7,8 раза (от 45 до 353 Па) при $E=0,5\text{ кВ/мм}$ (рисунок 1, в). Зависимость кажущейся вязкости

ЭРЖ от скорости сдвига при различных температурах и напряженностях электрического поля представлена на рисунке 2.

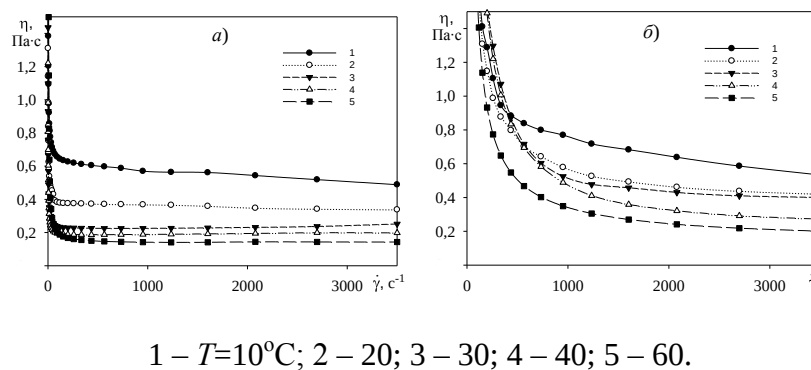


Рис 2 – Зависимость кажущейся вязкости ЭРЖ от скорости сдвига при $E=0$ (а) и 1 кВ/мм (б)

Экспериментально полученные зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига при различных E (рисунок 1) и T можно описать реологической моделью Шведова-Бингама $\tau(E, T, \dot{\gamma}) = \tau_0(E, T) + \mu(E, T)\dot{\gamma}$ при зависимости предела текучести τ_0 и пластической вязкости μ от E и T в виде $\tau_0(E, T) = A_1 \exp[A_2 T]$ и $\mu(T, E) = A_3 \exp[A_4 E]$, где $A_1(E) = 70,347 \cdot E^2 + 18,389 \cdot E + 1,423$, $A_2(E) = 0,0355 \cdot \exp(-0,362 \cdot E)$, $A_3(E) = 8,221 + 5,253 \cdot E$ и $A_4(E) = 3,2 + 8,342 \cdot E$ – эмпирические коэффициенты. Благодаря увеличению τ_0 с ростом температуры кажущаяся вязкость ЭРЖ уменьшается незначительно (не более 3-х раз) при скоростях сдвига более 500 с⁻¹ и различных величинах E (рисунок 2) несмотря на существенное снижение пластической вязкости μ . Погрешность модели для исследуемого состава ЭРЖ в диапазоне скоростей сдвига 1–3500 с⁻¹ при $E=0$ –2,5 кВ/мм и $T=10$ –80°C составила не более 16%.

Заключение. Определены реологические характеристики ЭРЖ (напряжение сдвига, кажущаяся вязкость, предел текучести) в диапазоне величин напряженностей электрического поля $E=0$ –2,5 кВ/мм и температур $T=10$ –80°C. Предложена реологическая модель Шведова-Бингама с зависимостью параметров от T и E . Установлено, с ростом температуры предел текучести увеличивается, а кажущаяся вязкость уменьшается, что необходимо учитывать при расчетной оценке работы управляемых гидравлических устройств на основе ЭРЖ.

Литература

1. Dixon, J.C. The Shock Absorber Handbook: Second Edition / J.C. Dixon. – New York: John Wiley and Sons, 2007. – 427 pp.
2. Adaptive fluids for electrorheological dampers and their damping characteristics / E. Korobko [et al.] // Vibroengineering 2009: proc. of the 8th Intern. conf. – Kaunas: Technologija, 2009. – P. 27–30.

**ФУЛЛЕРЕН СОДЕРЖАЩИЕ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ (ДИФЕНИЛОКСИДАМИДА-
N-ФЕНИЛФТАЛИМИДА): ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМОВОЧНЫХ
РАСТВОРОВ**

**Fulleren containing films based on diphenyloxideamide-N-phenylphthalamideimide:
physico-chemical properties as dependent on the characteristics of forming solution**

Костерева Т.А., Ромашкова К.А., Кручинина Е.В., Кононова С.В.

*Учреждение Российской академии наук Институт высокомолекулярных соединений РАН,
Санкт-Петербург*

Пленки на основе (дифенилоксидамида-N-фенилфталимид)а (ПАИ) успешно используются в качестве мембран при разделении водно-органических или органических смесей жидкостей [1].

Модификация пленок ПАИ наночастицами, в том числе неорганическими нанотрубками, вызывает изменение их проницаемости и селективности в процессах перапарации [2]. Известно, что структурно-морфологические, а, следовательно, и транспортные характеристики полимерных или композиционных пленок, являются следствием структуры концентрированных растворов, из которых они формируются [3]. Ранее было показано, что введение фуллерена в раствор ПАИ может оказывать влияние на реологические свойства последнего. С этой точки зрения интересно было изучить зависимость физико-химических характеристик фуллерен содержащих пленок ПАИ от реологических свойств формовочных растворов.

В настоящей работе была предпринята попытка сопоставить изменения реологических характеристик формовочных растворов с различной концентрацией фуллерена и свойства изготовленных из них мембран. Определение сдвиговой вязкости дает непосредственную характеристику раствора. Были определены вязкости исходного раствора ПАИ, композиции, приготовленной смешиванием раствора ПАИ с фуллереном, а также композиции, полученные в результате синтеза ПАИ в растворе фуллерена. Изучено изменение вязкости растворов во времени, влияние на вязкость формовочных растворов фуллеренов различного способа получения. Сравнение полученных характеристик с физико-химическими, в том числе транспортными, свойствами пленок позволяют сделать предположение о характере взаимодействия полиамидоимидных молекул с фуллереном и структурировании полимера под его воздействием.

1. Yu. P. Kuznetsov, S. V. Kononova, K. A. Romashkova, V. V. Kudryavtsev, V. A. Gusinskaya. The asymmetric polymer pervaporation membrane, Russian Patent N 2126291 C1, 20.02.1999, priority: 26.11.1996
2. С. В. Кононова, Э. Н. Корыткова, Т. П. Масленникова, К. А. Ромашкова, Е. В. Кручинина, И. Л. Потокин, В. В. Гусаров. Полимер-неорганические нанокомпозиты на основе ароматических полиамидоимидов, эффективные в процессах разделения жидкостей // Журнал общей химии. - 2010. - Т. 80, вып. 6. - С. 966-972
3. Кестинг, Р. Е. Синтетические полимерные мембраны / – М. : Химия, 1991. – 336 с.

МИКРОМЕХАНИКА И ТРИБОЛОГИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ ПОЛИСТИРОЛ - МОНТМОРИЛЛОНИТ

Micromechanics and tribology of polystyrene/montmorillonite

Котомин С.В.¹, Chang1-Ta², Sancaktar E.² and Iarikov D.³

¹ *Лаборатория реологии полимеров ИХХС РАН, Москва, Россия*

² *Polymer Engineering, University of Akron, Akron, OH, USA*

³ *Chemical Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA*

Атомно-силовая микроскопия является относительно новым и эффективным методом исследования свойств полимеров и полимерных нанокомпози́тов. Одним из вариантов использования АСМ для этих целей является фрикционная микроскопия, при которой изучаются трибологические характеристики поверхности компози́тов. Целью настоящей работы было изучение микромеханических и фрикционных свойств полимерных нанокомпози́тов на основе полистирола и силикатного наполнителя - монтмориллонита Cloisite 20A (ММТ). Микромеханические свойства исследовали с помощью наноиндентора HYSITRON, фрикционную микроскопию проводили на АСМ Asylum MPF 3D с кантилевером из нитрида кремния.

Микромеханические свойства нанокомпози́тов свидетельствуют о снижении модуля, прочности и микротвердости при введении до 10 мас.% ММТ с минимальным значением при содержании 1-3% ММТ. В отличие от микромеханических данных, для макромеханических испытаний при содержании ММТ 1% наблюдается локальный максимум модуля упругости. Можно предположить, что разнонаправленное изменение поверхностного модуля и модуля на растяжение связано с анизодиметрией наполнителя ОММТ и его ориентацией в образцах. Если для образцов, испытываемых на растяжении, характерна ориентация анизодиметричных микрочастиц в направлении нагружения образца, то при микромеханических испытаниях нагружение образца происходит перпендикулярно ориентации ММТ и поэтому наблюдаются низкие значения модуля.

Нанофрикционные испытания свидетельствуют о наличии максимума в значениях трения при наполнении 1% ММТ, что соответствует минимуму для показателей микротвердости и поверхностного модуля. Заметным оказывается различие и в коэффициенте трения поверхности образца при перемещении кантилевера в продольном и в поперечном направлениях, что открывает возможность оценки ориентации наполнителя по степени анизотропии коэффициента трения.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ПОРОГЕНА НА ПОРИСТОСТЬ И ПРОНИЦАЕМОСТЬ МОНОЛИТНЫХ КОЛОНОК

Impact of porogen nature on porosity and permeability of monolithic columns

Королев А.А., Викторова Е.Н., Ширяева В.Е., Ибрагимов Т.Р., Попова Т.П., Курганов А.А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена трудового
Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской
академии наук (ИНХС РАН). 119991 Москва, Ленинский проспект 29*

Монолитные макропористые сорбенты синтезируют непосредственно в хроматографической колонке. В процессе синтеза в структуре макропористого монолита формируется система взаимосвязанных макропор. Для увеличения внутренней поверхности монолита в его структуре дополнительно к макропорам создают мезопоры. Создание такой бипористой структуры достигается за счет применения при синтезе монолита двух или поликомпонентного порообразователя. Один из компонентнов порообразователя является «хорошим» растворителем, а второй – осадителем («плохой» порообразователь). Механизм формирования пористой структуры у макропористых полимеров подробно исследован и описан в наших публикациях и других исследователей. В настоящей работе описываются свойства монолитов, синтезированных в присутствии только «плохого» порообразователя, т.е. однокомпонентного порогена – алифатического спирта, а также монолитов, полученных с двухкомпонентным порогеном – алифатический спирт – мезителен. Сравнение свойств указанных двух групп монолитов, а также монолитов изученных ранее (спирт-толуол) позволяет сделать вывод об активном участии хорошего порогена в формировании структуры не только мезопор, но и макропор. Для получения *in situ* монолитного полимера модифицированный капилляр заполняли смесью ДВБ, порогена и инициатора полимеризации. Порогенами служили нормальные спирты C_7 – C_{10} . Несколько колонок были получены с использованием смешанного порогена: алканол C_9 или C_{12} и мезителен. Свойства и характеристики исследованных монолитных сорбентов представлены в таблице 1 и 2. Из табл.1 видно, что отсутствие «хорошего» порообразователя (толуол или мезителен) приводит к получению монолитов с более высокой проницаемостью (B_0), примерно на порядок. Хотя полная пористость колонки (ϵ_v) не зависит от состава порогена (табл. 2), рабочий объем колонки (табл. 1) зависит от того, был ли в составе полимеризационной смеси «хороший» пороген (толуол) или нет. Мезителен обладает большим молярным объемом и можно было ожидать увеличения размера непроходных пор. Однако размер как непроходных, так и проходных пор практически не изменился. Наибольшим рабочим объемом и, соответственно, высокой эффективностью разделения обладает монолит С9Т-42, для получения которого было увеличено содержание мономера с 40% до 42%.

Таблица 1. Свойства монолитных макропористых сорбентов

Моно-лит	Порообразователь		Проницае- мость $V_0 \times 10^{10} \text{ см}^2$	Доля про- ходных пор, φ^*	Доля непро- ходных пор. 1- φ^{**}	Рабочая доля свободного объема
	хороший	плохой				
C7	-	толуол	2,1(1)	0,189	0,11	0,24
C8T	толуол	октанол	0,31(1)	0,83	0,17	0,34
C8	-	октанол	11(2)	0,90	0,10	0,23
C9T	толуол	нонанол	0,23(1)	0,82	0,18	0,49
C9	-	нонанол	26(1)	0,89	0,11	0,16
C10T	толуол	деканол	0,35(1)	0,87	0,13	0,44
C10	-	деканол	69(4)	0,89	0,11	0,15
C11T	толуол	ундеканол	3,6(2)	0,89	0,11	0,33
C12T	толуол	додеканол	19(1)	0,87	0,13	0,24
C9M	мезитилен	нонанол	0,22(1)	0,86	0,14	0,49
C12M	мезитилен	додеканол	16(2)	0,90	0,10	0,21
C9T-42	толуол	ноналон	0,10(1)	0,80	0,19	0,58

* и ** - в свободном пространстве монолита

Радиусы проходных пор R_n (табл.2), найденные в результате аппроксимации также согласуются с отмеченными выше свойствами монолитных колонок. Исключение «хорошего» порогена приводит к увеличению размера проходных пор в 2-5 раз.

Таблица 2. Характеристики пористости монолитов

Моно-лит	Гравиметрический метод и калибровочные зависимости _s				Аппроксимация экспериментальных данных	
	ε_v *	ε_s **	Ψ ***	ε_e ****	R_n , мкм *****	R_o , мкм*****
C7	0,84(2)	0,16	0,37	0,75	0,52(6)	1,5(2)
C8T	0,73(4)	0,17	0,31	0,61	0,18(4)	3,0(1)
C8	0,81(4)	0,19	0,30	0,73	1,0(1)	1,2(4)
C9T	0,79(5)	0,21	0,40	0,65	0,22(2)	1,7(4)
C9	0,75(5)	0,25	0,25	0,67	0,7(2)	1,2(3)
C10T	0,76(5)	0,24	0,29	0,66	0,26(1)	1,4(2)
C10	0,77(2)	0,23	0,28	0,68	4,0(5)	1,6(8)
C11T	0,72(4)	0,28	0,22	0,64	0,76(8)	2,0(3)
C12T	0,79(4)	0,21	0,32	0,69	1,38(7)	1,5(4)
C9M	0,75(5)	0,25	0,30	0,64	0,26(2)	2,0(5)
C12M	0,74(3)	0,26	0,22	0,67	2,1(2)	2,0(1)
C9T-42	0,62(4)	0,38	0,25	0,50	0,17(10)	1,3(2)

*-полная пористость колонки ;**-доля твердого полимера в колонке; ***-доля непроходных пор в объеме колонки; ****- доля проходных пор в объеме колонки; *****- размер проходных пор; *****-размер непроходных пор

Оптимальная структура монолитов достигается при использовании двухкомпонентного порогена, представляющего смесь нонанола и мезитилена или толуола. Такой же эффект вызывает увеличение длины алкильной цепи спирта. В то же время объем микро- и мезопор в структуре монолита практически не зависит от содержания в составе порогена «хорошего» растворителя и размера его молекулы.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОСЛЕСПИРТОВОЙ ЗЕРНОВОЙ БАРДЫ В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СДВИГА

Rheological Properties of Distillery Dregs in Conditions of Continious Shear Deformation

Ловкис З. В.^{}, Шеншелев А. А.^{*}, Арнаут С. А.^{*}, Коробко Е. В.^{**}, Виланская С. В.^{**},*

*Журавский Н. А.^{**}*

^{}РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», 220037, Беларусь г. Минск, ул. Козлова, 29; E-mail: info@belproduct.com*

*^{**}Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси», 220072, Беларусь, г. Минск, ул. П.Бровки, 15; E-mail:*

vilan@hmti.ac.by

Одной из важнейших проблем повышения эффективности спиртового производства является комплексное использование материальных ресурсов путем совершенствования технологических процессов, внедрения безотходной технологии, расширения переработки вторичных ресурсов и утилизации отходов. Наиболее полное использование отходов позволяет экономить полноценное сырье, лучше организовать защиту окружающей среды от загрязнения. Как известно, на спиртовых заводах ежегодно образуется огромное количество вторичных сырьевых ресурсов. Значительное место среди них занимает послеспиртовая зерновая барда – быстроокисляющаяся жидкость, которая, тем не менее, обладает питательной ценностью. В настоящее время на спиртовых предприятиях Республики Беларусь сложилась критическая ситуация с утилизацией послеспиртовой барды. Малый срок хранения послеспиртовой барды и неравномерность ее потребления в течение года вызывают необходимость либо направлять ее на очистные сооружения, либо сливать на поля орошения и в водоемы, что приводит к загрязнению воздушного и водного бассейна. Поэтому вопрос рационального использования послеспиртовой зерновой барды становится все более актуальным.

Одним из направлений решения данного вопроса является создание нового оборудования и совершенствование технологических процессов переработки послеспиртовой барды на основе определения ее реологических свойств.

С этой целью исследованы четыре состава разных концентраций послеспиртовой зерновой барды из ржи, полученной на Бобруйском гидролизном заводе (Беларусь). Массовая концентрация сухого вещества (рожь) составляла 18, 20, 22 и 27 %.

Реологические измерения выполнены на вискозиметре Rheotest 2.1 в диапазоне температур $t=20-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ и диапазоне скоростей сдвига $\dot{\gamma}=3-437.4\text{ c}^{-1}$. Использовалась измерительная ячейка, состоящая из двух коаксиальных цилиндров. Задавалась скорость

вращения внутреннего цилиндра, определяющая скорость сдвига в жидкости. Измерялся момент сил, действующий на цилиндр, по которому рассчитывалось напряжение сдвига.

Согласно результатам экспериментов реологическое поведение послеспиртовой зерновой барды из ржи может быть описано моделью Гершеля–Балкли (Herschel–Bulkley): $\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n$, где τ – напряжение сдвига, Па; τ_0 – предельное напряжение сдвига, Па; $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, с^{-1} ; K – показатель консистенции, $\text{Па}\cdot\text{с}^n$; n – индекс течения.

Зависимости вязкости от температуры показали, что в диапазоне 20–70 °С происходит ее снижение для концентрации 27 %; при дальнейшем возрастании температуры происходит ее увеличение, что вызвано фазовым переходом. Изменения параметров модели Гершеля–Балкли для послеспиртовой зерновой барды из ржи с концентрацией 27 % в зависимости от температуры в диапазоне температур 20–80 °С могут быть аппроксимированы полиномами 4-ой степени: $\tau_0 = 2\text{E-}06t^4 - 0.0004t^3 + 0.0354t^2 - 1.2896t + 17.627$ (Па), $K = 3\text{E-}06t^4 - 0.0007t^3 + 0.0578t^2 - 2.1376t + 32.006$ ($\text{Па}\cdot\text{с}^n$), $n = -2\text{E-}07t^4 + 4\text{E-}05t^3 - 0.0026t^2 + 0.0792t - 0.5376$.

Диапазоны параметров модели Гершеля–Балкли для послеспиртовой зерновой барды из ржи с концентрацией 27 % в диапазоне температур 20–80 °С составляют:

$$\tau_0 = 0.04\text{--}2.92 \text{ (Па)}, K = 0.58\text{--}7.27 \text{ (Па}\cdot\text{с}^n), n = 0.29\text{--}0.57.$$

Зависимость напряжения сдвига от концентрации при температуре 20 °С в диапазоне концентраций 18–27 % является убывающей. Изменение параметров модели Гершеля–Балкли для послеспиртовой зерновой барды из ржи в зависимости от концентрации в этих условиях можно аппроксимировать полиномами 2-ой степени:

$$\tau_0 = -445.05C^2 + 220.02C - 24.072 \text{ (Па)}, K = -752.26C^2 + 397.41C - 45.226 \text{ (Па}\cdot\text{с}^n), \\ n = -1.5946C^2 + 1.1994C + 0.0779 \text{ (} n \text{ – индекс течения при концентрации } C \text{)}.$$

Диапазоны параметров модели Гершеля–Балкли для послеспиртовой зерновой барды из ржи при температуре 20 °С в диапазоне концентраций 18–27 % составляют:

$$\tau_0 = 0.96\text{--}2.92 \text{ (Па)}, K = 1.77\text{--}7.27 \text{ (Па}\cdot\text{с}^n), n = 0.24\text{--}0.29.$$

Полученные зависимости могут быть использованы для расчета расходно-напорных характеристик течения продуктов в технологических трубопроводах и элементах аппаратов для определения оптимальных режимов транспортировки продуктов, разработки научно обоснованных рекомендаций по расчету рабочих параметров процессов.

ОБЛАСТИ ЛОКАЛЬНОЙ НЕУПРУГОСТИ В ПОЛИВИНИЛОВОМ СПИРТЕ**Local inelasticity regions for polyvinyl alcohol.**

*Ломовской В.А., Бартенева А.Г., Саунин Е.И., Абатурова Н.А., Ломовская Н.Ю.,
Хлебникова О.А., Галушко Т.Б., Саков Д.М.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физической химии и электрохимии
им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ РАН)*

Детальное рассмотрение физико-механических и физико-химических характеристик поливинилового спирта (ПВС) вызвано тем, что данный материал используется как основной компонент в химической реакции получения нового полимерного сорбционного материала - поливинилформалья.

Получаемые поливинилформалевые системы могут иметь различную сорбционную емкость при извлечении воды из углеводородных топлив, в частности авиационных керосинов.

Однако в ходе эксплуатационных испытаний пористых поливинилформалевых фильтров выяснилось, что при поглощении определенного количества воды фильтрующий элемент переходит из твердого состояния в высокоэластическое, что нежелательно. Для расширения области работоспособности данного материала и было проведено исследование

влияния каждого из компонентов в синтезе поливинилформалья. В частности изучалось изменение температурной зависимости вязкости от воздействия ионизирующего облучения и физико-механические характеристики высушенных образцов ПВС методом внутреннего трения.

Экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что облучение в дозах 10 и 100 кГр не оказывает значительного влияния на изменение вязкости в зависимости от температуры

Исследования вязкости необлученных и облучённых водных растворов от скорости сдвига показывают, что эти растворы отвечают поведению жидкостей с неньютоновским течением (для всех концентраций). Это свидетельствует о том, что напряжение сдвига, возникающее при течении, зависит от скорости сдвига по нелинейному закону, т.е. вязкость η раствора ПВС зависит от скорости сдвига.

Химическая структура ПВС представлена в основном составными звеньями вида 1,3- гликоль с небольшим количеством 1,2- гликоля. Структура ПВС обуславливает образование большого числа водородных связей в жидкой фазе, не рвущихся при высушивании раствора или кристаллизации. В высушенных образцах ПВС водородные связи осуществляются за счёт гидроксильных групп, причём они могут возникать как между отдельными макромолекулами, так и между звеньями одной макромолекулярной цепи. Внутримолекулярные водородные связи обуславливают конформацию макромолекулы.

Рентгеноструктурные исследования ПВС показывают, что в структуре этого полимера содержится множество упорядоченных областей различной формы и размеров, внутри которых жёсткие участки соседних цепей более или менее правильно взаимоориентированы. Таким образом, в ПВС наряду с аморфной фазой присутствуют и упорядоченные кристаллические структуры. Электронная микроскопия и эксперименты по светорассеянию водных растворов ПВС позволили сделать вывод о том, что при высушивании этих гомогенных систем концентрация раствора постепенно повышается и

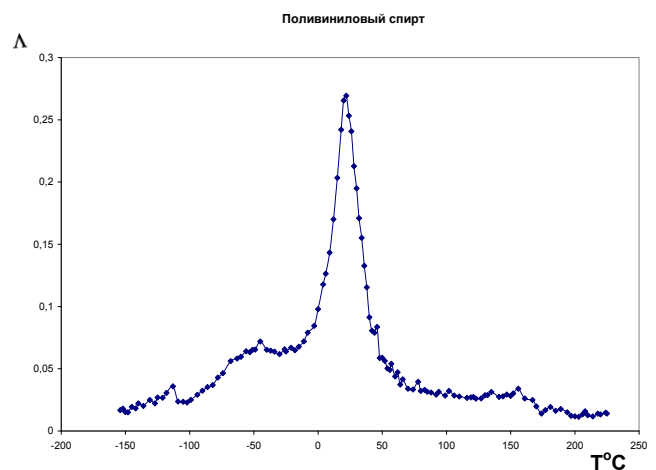
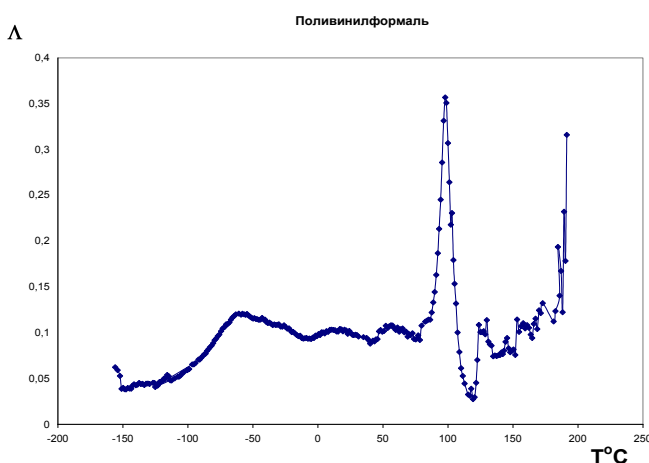
раствор попадает в область метастабильного состояния, в которой начинается процесс разделения на две дисперсные фазы. Высушивание такой коллоидно-дисперсной системы приводит ее к твердому агрегатному состоянию, имеющему, как минимум, две структурные подсистемы. Высушенные образцы ПВС теряют текучесть, поэтому исследование влияния различных видов и доз облучения на реологические характеристики данной полимерной системы возможно с использованием статических или динамических методов внешнего деформирующего воздействия. Для этого использовались методы внутреннего трения, позволяющие исследовать реакцию данной системы на внешнее воздействие в широком температурно-частотном интервале. Высушенные образцы ПВС размером 50x5x1 мм подвергались деформированию как в крутильном режиме (свободно-затухающие колебания с частотой порядка 1 Гц), так и в режиме вынужденных нерезонансных изгибных колебаний (диапазон частот от 10^{-2} до 10^2 Гц).

На спектре внутреннего трения в режиме крутильных свободно-затухающих колебаний обнаружили два пика потерь: - низкоинтенсивный пик I при $T = -50^{\circ}\text{C}$ ($\nu = 1$ Гц) и высокоинтенсивный II пик, для которого $\lambda_{\text{maxII}} = 0.27$ при $T = 21^{\circ}\text{C}$ ($\nu = 1$ Гц). Эти пики потерь накладываются на фон внутреннего трения, который имеет малую интенсивность ($\lambda = 0,02$), не изменяющуюся в интервале температур от -150°C до 230°C .

Таким образом, твердое агрегатное состояние системы ПВС состоит из трех структурных подсистем, которые квазинезависимо реагируют на внешнее деформирующее воздействие. Фон потерь при $T > 50-60^{\circ}\text{C}$ может быть связан с высокоэластической деформацией.

Температурное смещение интенсивного пика потерь при изменении частоты внешнего воздействия (метод ДМА) свидетельствуют о релаксационном механизме внутреннего трения в данной области.

Методом крутильных свободно-затухающих колебаний исследовались также образцы пористого поливинилформаль, полученные при химической реакции взаимодействия поливинилового спирта с формальдегидом в присутствии концентрированной серной кислоты. На спектре внутреннего трения поливинилформаль обнаруживается 4 пика потерь, сохраняется низкоинтенсивный пик потерь при $T = -50^{\circ}\text{C}$, высокоинтенсивный пик смещается в область температур 100°C , кроме того появляются два низкоинтенсивных пика в области температур 15°C и 50°C .



ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ РАСТВОРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В N-МЕТИЛМОРФОЛИН-N-ОКСИДЕ В КАНАЛАХ С ПЕРЕХОДНЫМИ СЕЧЕНИЯМИ
Some peculiarities of flow of cellulose solutions in N-methyl morpholine oxide through channels with variable cross-sections

Макаров И.С., Голова Л.К., Кузнецова Л.К., Ребров А.В., Куличихин В.Г.

Институт нефтехимического синтеза РАН

Исследовали течение 16 % растворов целлюлозы в N-метилморфолин-N-оксиде при 120-130 °С в каналах с изменяющимися сечениями. При этом был обнаружен новый эффект. Установлено, что при расширении канала, оканчивающегося узкой фильерой, образуется поток со структурой «ядро-оболочка». Исследование потока методом поляризационной микроскопии и РСА показало, что, периферийная часть потока оптически изотропна, а центральная часть потока, которая проходит через цилиндрический слой изотропного раствора, представляет оптически анизотропную фазу раствора, которая возникает, по всей видимости, вследствие кристаллизации растворителя. Такой характер потока наблюдается при различных геометрических сочетаниях каналов. Высказано предположение, что изменение фазового состава раствора, т.е. формирование более обогащенной полимером периферийной фазы и кристаллизация растворителя в более обедненной полимером центральной части струи, обусловлено действием больших растягивающих напряжений, возникающих при резком изменении сечения канала, вследствие чего раствор подвергается действию преимущественно одноосного растяжения, а не сдвига. В итоге центральное ядро потока скользит по наружной оболочке. Обнаруженный эффект чувствителен к величине давления, создающего течение через переходные каналы и фильеры и к геометрии канала. Полученные целлюлозные волокна отличаются нетрадиционно высокими деформационными свойствами.

РЕОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕЛЕЙ ЖЕЛАТИНЫ С ИОННЫМИ ПОЛИСАХАРИДАМИ

Rheology of complex gelatin gels with ionic polysaccharides

Маклакова А.А., Воронько Н.Г., Деркач С.Р.

Мурманский государственный технический университет, Мурманск

Системы, содержащие смеси биополимеров, являющихся структурообразователями, в настоящее время находят широкое применение в пищевых технологиях при создании различных продуктов функционального назначения. Примером таких систем являются смеси желатины с ионными полисахаридами, которые при определенных концентрациях, pH и температуре образуют водорастворимые макромолекулярные комплексы. Комплексообразование в подобных системах определяет свойства и структуру формирующихся комплексных гелей. В ряду показателей и количественных параметров, характеризующих технологические процессы, связанные с получением и применением гелей, в том числе для производства пищевых продуктов, важное место занимают реологические свойства.

В работе исследованы реологические параметры низкоконтрированных комплексных гелей желатины ($C_{\text{ж}}=1\div 2\%$) с ионным полисахаридом, в качестве последнего были использованы анионный полисахарид k-каррагинан и катионный полисахарид хитозан. Вязкостные свойства гелей определены методом ротационной вискозиметрии в широком диапазоне скоростей сдвига. Результаты реологических измерений аппроксимированы моделями Гершеля-Балкли и Кэссона, определены пределы текучести. Показано, что для комплексных гелей существует некоторое «критическое» массовое соотношение компонентов полисахарид/желатина в системе, превышение которого приводит к резкому росту значений эффективной вязкости и предела текучести по сравнению с аналогичными характеристиками геля желатины (без полисахарида) с явной тенденцией дальнейшего увеличения реологических параметров при больших концентрациях полисахарида.

Реологические свойства объясняются структурными особенностями гелей, сформированных макромолекулярными комплексами желатины с каррагинаном и желатины с хитозаном. Методами тензиометрии, спектрофотометрии, дисперсии светорассеяния и капиллярной вискозиметрии исследованы поверхностные и объемные свойства комплексов. Методом сканирующей электронной микроскопии изучены структурные особенности комплексных гелей. Показано, что в условиях превышения найденного «критического» массового соотношения полисахарид/желатина резко меняются свойства (ζ -потенциал, размер частиц) макромолекулярных комплексов.

Работа проведена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект 10-03-00310-а).

**РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ СМЕСЕЙ
ПОЛИПРОПИЛЕН/СОПОЛИАМИД/УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ**
Rheological properties of mixture melts polypropylene/copolyamide/carbon nanotubes

Мельник И.А., Готфрид А.А., Резанова Н.М., Цебренько М.В., Цебренько И.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна. 01011, ул. Немировича-Данченко, 2, Киев, Украина.

В настоящее время пристальное внимание ученых всего мира направленно на изучение наносостояния веществ, разработку нанотехнологий и наноматериалов на их основе анализ литературы свидетельствует, что нанотехнологии являются одной из наиболее перспективных отраслей высоких технологий 21-ого столетия, основанных на знаниях, а не на использовании природных ресурсов или их переработке [1].

Одним из перспективных нанонаполнителей являются углеродные нанотрубки (УНТ), так как они обладают комплексом уникальных механических, теплофизических, электрических свойств.

В литературе имеются многочисленные сведения о получении полимерных композитов, синтетических волокон с использованием УНТ в качестве армирующих добавок. Однако в опубликованных работах отсутствуют сведения о закономерностях формования и свойствах нанонаполненных микроволокон. Речь идет о микроволокнах, которые образуются при переработке расплавов смесей полимеров [2].

Целью данной работы было исследование особенностей реологического поведения и процессов структурообразования при течении расплавов смесей полимеров, содержащих УНТ.

Объектом исследования служили смеси полипропилен/сополиамид (ПП/СПА) с соотношением компонентов 20/80, 30/70, 40/60 масс. %. В качестве наполнителя использовали трехслойные УНТ, так как они меньше агрегируются и лучше диспергируются в расплаве смеси полимеров. Содержание УНТ составляло 0,05; 0,1; 0,5; 1; 5 масс. % от массы ПП.

Для исследования влияния добавок УНТ на вязкость расплавов смесей ПП/СПА использовали капиллярный вискозиметр МВ-2. Об эластичности расплавов смесей судили по величине разбухания «В» экструдатов, подвергнутых отжигу для полной релаксации накопленных высокоэластичных деформаций. О способности расплава к продольной деформации судили по величине максимально возможной фильерной вытяжке $F_{\max}$. Для оценки микрореологических процессов, имеющих место при течении как расплавов исходных, так и нанонаполненных смесей, проводили количественный микроскопический анализ остатков после экстракции матричного полимера из экструдатов смесей. При этом определяли типы образовавшихся структур, их количество, размеры, числовую и

массовую долю. Для оценки стабильности жидких струй ПП в матрице СПА изучали кинетику их распада с обработкой данных по теории Томотики.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие заключения.

- Использованные добавки УНТ в количестве 0,05-3 масс. % не препятствуют деформации капель и слиянию струй ПП в продольном направлении с образованием струй микроволокон непрерывной длины. Специфическое волокнообразование в нанонаполненных смесях ПП/СПА улучшается: возрастает до 98 масс. % доля ПП, которая идет на волокнообразование, уменьшается диаметр микроволокон, дисперсия их распределения по диаметрам, замедляются миграционные процессы полимера дисперсной фазы к стенкам формирующего отверстия.
- Предложена и экспериментально подтверждена рабочая гипотеза о механизме влияния наноразмерных частиц УНТ на стабильность жидких струй полимера дисперсной фазы в матрице другого полимера. Механизм действия нанотрубок состоит в стабилизации жидких струй (микроволокон) меньшего, чем обычно диаметра, путем препятствия росту амплитуды разрушающего возмущения и снижения межфазного натяжения от 0,99 мН/м для исходной смеси до 0,32 мН/м – для смеси с добавкой УНТ. Соответственно возрастает время распада жидких ПП струй.
- При введении УНТ в расплав смеси ПП/СПА имеет место тенденция к росту эффективной вязкости, то есть эффект наполнения проявляется слабо. Таким образом, влияние волокнообразования на вязкость расплава смеси с добавками УНТ преобладает.
- Подтверждена универсальная зависимость вязкости в приведенных координатах Виноградова-Малкина от концентрации УНТ и температуры, что свидетельствует о подобии релаксационных спектров исследованных композиций.
- Получены ПП микроволокна, наполненные углеродными нанотрубками с комплексом новых свойств: повышенной прочностью и начальным модулем, бактерицидностью.

Литература

1. Пул.Ч., Оуэнс Ф. Мир наноматериалов и технологий. Нанотехнологии/ перевод с англ. под ред. Головина Ю.И. - М.: Техносфера. - 2004. - 327 с.
2. Цебренько М.В. Ультратонкие синтетические волокна. - М.: Химия. - 1991. - 214 с.

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ГОСТ 28157-89 ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ГОРЕНИЯ ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫХ ПОРИСТЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА.

Improving GOST 28157-89 for estimation of burning conditions of polyethylene based highly loaded porous systems

Менделеев Д.И., Герасин В.А., Антипов Е.М.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН, 119991, Москва, Ленинский пр., 29.

В настоящее время одним из наиболее универсальных практических способов определения горючести полимерных систем является национальный стандарт ГОСТ 28157–89 (аналог стандартов UL-94, ASTM D635-10 и ASTM D3801-10). В существующем виде он позволяет классифицировать пластмассы и наполненные системы по категории негорючести, однако дискретность классификации не позволяет определять эффективность наполнителя как антипирена и предсказывать необходимый состав композиции для получения заведомо нужного класса. В статьях по наполненным композитам, в том числе и нанокompозитам, применение этого метода сводится лишь к определению класса негорючести наработанных композиций (например [Нц, 2004]), а заключение об эффективности наполнителя делается по другим критериям (например по пиковой скорости тепловыделения — [Lewin, 2011]). Кроме того, системы, негорючие за счет сильного коксования по поверхности [Patel, Hull, Moffatt, 2011] могут давать противоречивые категории (от ПВ–0 до ПВ–2).

Существующие работы, основанные на теоретическом описании горения [Karpov, Galat, Bulgakov, 2007; Ris de, 1969] или связывающие класс горючести наполненных систем по ГОСТ 28157–89 с результатами, полученными на микромасштабном калориметре сгорания [Lyon, Walters, 2007], тоже обладают рядом ограничений для практического применения. Как правило, в них выводят граничные условия лишь для высшей категории (ПВ–0), а также рассматривают ненаполненные системы или системы с малым содержанием непористого наполнителя. В связи с этим, получаемые критерии относят к единице массы композита, что не позволяет применять их в случае систем с пористым наполнителем или наполнителем отличной от полимера плотности.

В настоящей работе для совершенствования метода ГОСТ 28157-89 предлагается:

а) использовать видеорегистрацию испытания для точного определения режима горения.

б) для изучения влияния нанонаполнителя-соантипирена на горючесть системы и его синергии с антипиреном вместо перехода в категорию ПВ-0 использовать более чувствительный к его присутствию переход материала из горючего в категорию ПГ

в) В качестве критерия оценки эффективности использовать соответствующее переходу в категорию ПГ значение полной удельной теплоты сгорания как на единицу массы (q_m), так и на единицу объема (q_v) композита, с непосредственным измерением плотности и пористости образца перед проведением испытания.

Зависимости горючести композитов от состава изучены на трёх системах:

- 1) ПЭ марки 15803–020 (ПТР=2, $\rho=0,893 \text{ г/см}^3$, $\Delta H_{\text{сг}}=43,5 \text{ кДж/г}$) — **36–76% масс**, антипирен — 5 μ гидроксид магния ($\rho=2,35 \text{ г/см}^3$, $\Delta H_{\text{сг}}=-1,3 \text{ кДж/г}$) — **24–61% масс**, соантипирен — органоментмориллонит ($\rho=2,6 \text{ г/см}^3$, $\Delta H_{\text{сг}}=20,7 \text{ кДж/г}$) — **0–7% масс**.
- 2) ПЭ марки 15803–020 (ПТР=2, $\rho=0,893 \text{ г/см}^3$, $\Delta H_{\text{сг}}=43,5 \text{ кДж/г}$) — **25–60% масс**, Инертный наполнитель — 50 μ диатомит ($\rho_{\text{ист}}=2,2 \text{ г/см}^3$, $\Delta H_{\text{сг}}=0 \text{ кДж/г}$) — **40–75% масс**,
(в т.ч. модифицированный трифенилфосфатом ($\rho_{\text{ист}}=1,33 \text{ г/см}^3$, $\Delta H_{\text{сг}}=28,4 \text{ кДж/г}$) для снижения пористости (с 86% до 10–40%).
- 3) Низковязкий ПЭ марки 277–73 (ПТР=5–7, $\rho=0,905 \text{ г/см}^3$, $\Delta H_{\text{сг}}=43,5 \text{ кДж/г}$) — **25–49% масс**,
Инертный наполнитель — 5 μ диатомит ($\rho_{\text{ист}}=2,2 \text{ г/см}^3$, $\Delta H_{\text{сг}}=0 \text{ кДж/г}$) — **51–75% масс** (пористость 86–92%, в т.ч. модифицированный солями Fe).

Для первой системы получены следующие критерии горючести:

Категория	q_m , Дж/г	q_v , Дж/см ³	Наполнение, не менее
ПГ	23,6 $\pm$ 0,5	29,4 $\pm$ 0,1	$\omega(\text{Mg}(\text{OH})_2) = (47,5\pm 1)\% - 0,535 \cdot \omega(\text{ММТ})$
ПВ–0	17,5 $\pm$ 0,6	24,5 $\pm$ 0,3	$\omega(\text{Mg}(\text{OH})_2) = (60,2\pm 1)\% - 0,535 \cdot \omega(\text{ММТ})$

Вклад соантипирина в снижение горючести композита пропорционален его вкладу в общую теплоту сгорания образца — синергии с антипиреном (по [Lewin, 2011]) не наблюдается. Эффективность соантипирина почти вдвое ниже, чем эффективность антипирина при значительно более высокой стоимости, поэтому его применение необоснованно. Хотя пористость всех образцов <5%, критерий q_v позволяет более точно определять границы категорий.

Для второй системы полученный на образцах со сниженной пористостью критерий принадлежности категории ПГ — $q_m < 18,6 \pm 0,6 \text{ кДж/г}$ не соответствует результатам на некоторых высокоплотных образцах с 70% немодифицированного диатомита ($q_m = 13,8$), и не может быть использован для прогноза горючести. С учётом этих результатов система удовлетворяет критерию $q_v < 22,8 \pm 0,6 \text{ кДж/см}^3$. В наблюдаемом диапазоне наполнений категория ПВ-0 не достигнута.

В третьей системе критерий ПГ — $q_m < 20,5 \pm 0,7 \text{ кДж/г}$, ПВ — $q_m < 10,8 \pm 0,1 \text{ кДж/г}$, что соответствует массовой доле диатомита по загрузке 55,0 $\pm$ 0,8% и 76,5 $\pm$ 0,1% и не зависит от плотности образца. Модификация диатомита железным купоросом в отношении масс 10/3 позволяет снизить наполнение до 71,6% (что означает снижение количества вводимого в систему диатомита на 22%) при сохранении категории ПВ-0.

Большее значение q_m для системы 1 обусловлено активным характером наполнителя и отличиями процесса деструкции компонент. Отмечено влияние ПТР полиэтиленовой матрицы, приводящее к различным значениям q_m , соответствующих категории ПГ во 2 и 3 системах.

Достоинством предложенного метода исследования является простота и дешевизна его внедрения в исследовательские лаборатории, сертифицированные для испытаний по ГОСТ 28157–89, ГОСТ 15139–69 и ГОСТ 15973–82 или аналогичным стандартам.

**БИОЦИДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ, СИНТЕЗИРОВАННЫЕ ИЗ НОВЫХ МОНОМЕРОВ,
ИХ СВОЙСТВА И НАНОКОМПОЗИТЫ С ММТ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ
ЭТИМИ ПОЛИМЕРАМИ***

**Biocidal polymers synthesized from new monomers, their properties and nanocomposites
with MMT modified by these polymers**

Меняшев М. Р., Сивов Н. А., Мартыненко А. И., Герасин В. А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Ордена Трудового
Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН, 119991,
Москва, Ленинский пр., 29.*

Создание новых полимерных материалов, обладающих биоцидными свойствами представляет собой важное направление в современной химии высокомолекулярных соединений. Эта задача стала особенно актуальной в последние годы, когда широкое распространение устойчивых ко многим бактерицидным веществам штаммов и возможность их эпидемического распространения является серьёзной проблемой.

В качестве биоцидных добавок в полимеры ранее часто использовали низкомолекулярные вещества и их смеси. Их существенными недостатками являются высокая стоимость, токсичность, непродолжительный срок действия и узкий спектр антимикробного действия. В связи с этим необходимым становится поиск средств, обеспечивающих блокировку сразу нескольких факторов устойчивости патогенных микроорганизмов и не обладающих недостатками, присущими низкомолекулярным добавкам. Для решения этой задачи перспективным представляется использование полимеров, которые могут оказать комбинированное воздействие на бактериальную клетку, а также являются более эффективными и менее опасными для человека по сравнению с низкомолекулярными биоцидными веществами, традиционно используемыми для защиты от микроорганизмов.

Важный аспект этой проблемы - разработка новых биоцидных полимеров, и исследование количественных физико-химических закономерностей процессов их образования, нахождение возможностей для регулирования их строения, структуры, распределения химических звеньев в макромолекулах, молекулярных масс и свойств, в том числе и биоцидных.

Однако в процессе получения ныне используемых полимеров с биоцидными свойствами существует ряд технологических недостатков, таких как необходимость ведения реакции поликонденсации при высоких температурах (до 180°C), необходимость использования высокотоксичного сырья (бромциан), а также сложность контроля молекулярной массы конечного продукта, в силу ступенчатого механизма реакции.

Альтернативным направлением поиска эффективного и технологичного полимерного биоцидного препарата явился путь синтеза нового мономера, из которого возможно получать высокомолекулярный биоцидный препарат по реакции, протекающей по механизму радикальной полимеризации. Поэтому были разработаны новый одностадийный способ синтеза мономеров метакрилатгуанидина и метакрилоилгуанидина, а также двухстадийный способ синтеза метакрилоилгуанидин гидрохлорида. Методами спектроскопии ядерного магнитного резонанса и элементного анализа определены состав и строение полученных мономеров. Изучена кинетика полимеризации мономеров методом ЯМР-спектроскопии. Определены оптимальные условия полимеризации мономеров, исследованы свойства полимеров (температура плавления, температура разложения, относительная вязкость, характеристическая вязкость) в зависимости от условий проведения синтеза. Доказано наличие у полимера биоцидных свойств. Полученные полимеры являются перспективным, благодаря ряду технологических преимуществ (менее высокие температуры синтеза, простота процесса, простота регулирования молекулярной массы, отсутствие высокотоксичных исходных веществ).

Получены нанонаполнители на основе слоистых силикатов, модифицированных синтезированными полимерами. Приготовлены нанокомпозиты с этими наполнителями, изучены их механические и биоцидные свойства.

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-03-00636)*

СОВМЕСТИМОСТЬ ГИБРИДНЫХ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ С ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕЙ

Compatibility of hybrid organic-inorganic particles with polymer matrix

М.В. Миронова¹, Н.А. Кармишина²

¹*Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН*

119991 Москва, Ленинский проспект, 29

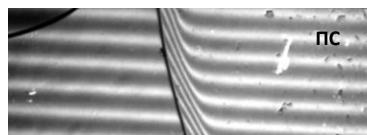
²*Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН*

117393 Москва, ул. Профсоюзная, 70

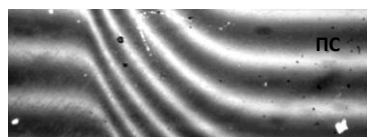
В работе были изучены три представителя класса макромолекул-частиц – молекулярный силиказоль, карбосилановый дендример и полиорганосилсесквиоксан [1]. Исследуемые макромолекулярные объекты являются перспективными нанонаполнителями полимерных систем. Они сочетают в себе свойства неорганических частиц и органических соединений, что обусловлено наличием кремниевого «ядра» и органической «оболочки». Варьирование природы концевых групп позволяет совмещать неорганические кремниевые частицы с полимерными матрицами различного химического состава.

Целью данной работы было изучение совместимости макромолекул-частиц с полимерной матрицей, природа которой близка к природе «оболочек» частиц. В качестве объектов исследования были выбраны частицы с фенилэтильными концевыми группами $-(\text{CH}_2)_2-\text{C}_6\text{H}_5$) и полистирольная (ПС) матрица.

Методом оптической интерферометрии исследовали взаимодиффузию в системах силиказоль–ПС, дендример–ПС и силсесквиоксан–ПС. Данный метод позволяет визуально регистрировать скорость и глубину взаимопроникновения компонентов и строить диаграммы фазового состояния [2].



а



б

Рис.1. Интерферограммы зоны взаимодиффузии системы ПС-силиказоль.

Для ряда исследуемых систем при температурах, близких температуре стеклования полимера (80-90°C) регистрируется проникновение макромолекул-частиц в матрицу, т.е. частичное совмещение компонентов (рис.1а). При дальнейшем увеличении температуры (до 150-180°C) наблюдается полное совмещение матрицы и макромолекул-частиц (фазовая граница исчезает (рис.1б).

Реологические свойства бинарных систем оказываются чувствительными к их фазовому состоянию.

Список литературы

1. Музафаров А.М., Василенко Н.Г., Татарина Е.А., Игнатьева Г.М., Мякушев В.М., Обрезкова М.А., Мешков И.Б., Воронина Н.В., Новожилов О.В. Макромолекулярные нанообъекты – перспективное направление химии полимеров // Высокомолек. соед. А. 2011. Т. 53. № 7. С. 1217.
2. Чалых А.Е. Диффузия – метод исследования полимерных систем // Высокомолек. соед. С. 2001. Т. 43. № 12. С. 2304.

СОВМЕСТИМОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНА И ПОЛИПРОПИЛЕНА С НЕФТЯНЫМИ ФРАКЦИЯМИ

Solubility of polyethylene and polypropylene with oil fractions

*Миронова М.В., Филиппова Т.Н., Смирнова Н.М., Тихонюк Л.Д., Пахманова О.А.,
Антонов С.В..*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного
Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева Российской академии
наук 119991, Москва, Ленинский проспект, 29*

Переработка и утилизация полимерных отходов в настоящее время остаётся одной из нерешённых задач химической промышленности. Несмотря на различные существующие подходы к решению этой проблемы (сжигание, захоронение в почву, термическое разложение, вторичная переработка) поиск новых путей остаётся актуальным. Одно из возможных решений задачи – каталитический крекинг полимерных отходов с последующим превращением их в бензин и топливные масла. Перспективным вариантом такого подхода является совместный крекинг полимерных отходов и нефтяных фракций, выступающих в качестве растворителя. Этот процесс возможно реализовать на существующих установках каталитического крекинга. В связи с этим исследование условий растворения полимеров в нефтяных фракциях приобретает важное практическое значение.

Целью данной работы было изучение совместимости полиэтилена высокого давления (ПЭ) и полипропилена (ПП) с лёгким (ЛГ) и тяжёлым газойлями (ТГ) каталитического крекинга. Указанные нефтяные фракции характеризуются весьма сложным составом, причем в ЛГ преобладает легкая ароматика (температуры кипения 200-320°C), а в ТГ – тяжелая (полиядерная) ароматика (температуры кипения более 320°C).

Методом оптической интерферометрии исследовали взаимодиффузию в системах ПЭ-ЛГ, ПЭ-ТГ, ПП-ЛГ, ПП-ТГ. Данный метод позволяет визуально наблюдать проникновение компонентов друг в друга и строить диаграммы фазового состояния. В результате работы было установлено, что для систем на основе лёгкого газойля характерно кристаллическое равновесие (депрессия температуры плавления полимера). Для систем с тяжёлым газойлем наблюдается аморфное равновесие. Данные микроинтерферометрии были подтверждены исследованиями по прямому растворению ПЭ и ПП в нефтяных фракциях. Фазовый переход в этих системах приводит к характерному изменению формы кривых течения, получаемых ротационной вискозиметрией.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства
образования и науки РФ (Госконтракт 16.515.12.5004)*

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ И ПЛАЗМЫ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕРАПИИ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫМИ ГЕПАРИНАМИ В РАЗНЫХ ТРИМЕСТРАХ

Rheological Characteristics of the Blood and Plasma of Pregnant Women with Metabolic Syndrome in a Process of Low Molecular Weight Heparin Therapy in Different Terms

Михалевич С.И.¹, Ещенко А. В.¹, Виланская С. В.²

¹Государственное учреждение образования «Белорусская Медицинская Академия
последипломного образования», 220072, г. Минск, ул. П.Бровки, 3;

eshenkoanastasiya@mail.ru

²Государственное научное учреждение «Институт тепло - и массообмена имени
А.В.Лыкова НАН Беларуси», 220072, г. Минск, ул. П.Бровки, 15; E-mail: vilan@hmti.ac.by

Метаболический синдром (МС) представляет сочетание артериальной гипертензии (АГ), абдоминально-висцерального ожирения, дислипидемии, инсулинорезистентности, патологии гемостаза. Увеличение тромбогенной угрозы при МС связано с: 1) гиперагрегацией тромбоцитов; 2) гиперкоагуляцией (увеличение уровня фибриногена и активности факторов свёртывания крови); 3) гипофибринолизом. С целью профилактики акушерских и тромбозных осложнений применяют низкомолекулярные гепарины (НМГ). Критерии диагностики МС при беременности (таблица 1).

Таблица 1– Критерии диагностики МС при беременности

Основные критерии	1. Инсулинорезистентность
	2. Дислипидемия-повышение уровня триглицеридов >1,7 ммоль /л; снижение уровня ЛПВП <1.1 ммоль /л;
	3. Артериальная гипертензия - (АД >130/85 мм рт. ст.)
Дополнительные критерии	ИМТ >25 кг /м ² ; возраст старше 40 лет; ГСД в анамнезе, синдром поликистозных яичников; семейный анамнез АГ, ИБС или СД 2 типа; малоподвижный образ жизни; ишемическая болезнь сердца.

Приведены результаты впервые выполненного экспериментального исследования влияния терапии НМГ в разных триместрах на реологические свойства крови (антикоагулянт цитрат натрия) и плазмы 45 беременных женщин с МС, которые прошли 2-х недельный курс терапии НМГ (Фрагмин) в составе комплексного лечения. Измерения вязкости образцов крови (плазмы) проведены на реометре Brookfield LVDV-III Ultra CP (шпиндель CPE-40, чашка CPE-44Y, объем пробы 0.5 мл) с термостатом Brookfield TC-102 при температуре 37±0.5°C: для крови – в диапазоне скоростей сдвига $\dot{\gamma} = 37.5\text{--}525\text{ с}^{-1}$, для плазмы – в диапазоне скоростей сдвига 225–525 с⁻¹. Показатели гематокрита, гемоглобина и СОЭ определены по результатам общего анализа крови, а фибриногена – из коагулограммы. Для описания реологических свойств крови использована степенная модель: $\tau = K\dot{\gamma}^n$, или кажущаяся вязкость $\eta = \tau / \dot{\gamma} = K(\dot{\gamma})^{n-1}$, где τ – напряжение сдвига, мПа; η – вязкость, мПа·с; K – показатель консистенции, мПа·сⁿ; n – индекс течения; $\dot{\gamma}$ – градиент скорости сдвига, с⁻¹. Для описания реологических свойств плазмы применена

ньютоновская модель: $\tau = \mu \dot{\gamma}$. Для единообразного сопоставления полученных значений, данные по η для крови приведены к единому стандартному показателю гематокрита ($Ht=40\%$) по методике, представленной в [1]. Были получены средние значения параметров реологических моделей для крови и плазмы (таблица 2).

Таблица 2 – Средние значения параметров реологических моделей для крови и плазмы при 37°C

	Параметры степенной модели для крови*				Плазма, μ , мПа·с	
	K , мПа·с ⁿ		n		до	после
	до	после	до	после		
1	5.33±0.73	5.71±0.61	0.914±0.023	0.909±0.009	1.164±0.049	1.162±0.027
2	5.38±0.55	5.16±0.50	0.915±0.031	0.935±0.009	1.367±0.294	1.225±0.068
3	5.07±0.54	4.85±0.58	0.922±0.018	0.921±0.028	1.178±0.051	1.218±0.087

* приведены к показателю гематокрита 40%

Рассчитаны индексы агрегации и деформируемости эритроцитов: $ИАЭ^* = \frac{\eta_{20}}{\eta_{100}^*}$, $ИДЭ^* = \frac{\eta_{100}^*}{\eta_{200}^*}$, где η_{20}^* , η_{100}^* , η_{200}^* – вязкости крови ($Ht=40\%$) при скоростях сдвига $\dot{\gamma}=20, 100, 200 \text{ с}^{-1}$, мПа·с (таблица 3). Определена эффективность доставки кислорода в ткани по индексу транспорта кислорода: $ТО_2^* = \frac{Ht^*}{\eta_{225}^*}$; $Ht^*=40\%$, η_{225}^* – вязкость крови ($Ht=40\%$) при скорости сдвига $\dot{\gamma}=225 \text{ с}^{-1}$, мПа·с (таблица 3).

Таблица 3–Средние значения индексов: агрегации эритроцитов, деформируемости эритроцитов, транспорта кислорода

	ИАЭ*		ИДЭ*		ТО ₂ *	
	до	после	до	после	до	после
1	1.150±0.043	1.158±0.016	1.062±0.017	1.065±0.006	12.156±0.877	11.564±0.658
2	1.149±0.058	1.112±0.019	1.061±0.023	1.047±0.008	11.933±1.223	11.234±1.654
3	1.133±0.033	1.139±0.049	1.055±0.013	1.057±0.019	12.108±0.786	12.849±2.459

* приведены к показателю гематокрита 40%

В результате проведенных исследований установлено:

1) кривые течения крови во всех исследуемых группах описываются степенной реологической моделью, а плазма крови – ньютоновской моделью в исследуемом диапазоне скоростей сдвига; 2) в первом триместре достоверно значимые различия ($p<0.05$) не выявлены в исследуемых показателях; во втором триместре достоверно значимые различия ($p<0.05$) выявлены в снижении вязкости плазмы, СОЭ, показателя гематокрита и показателя консистенции, в увеличении индекса течения; в третьем триместре достоверно значимые различия ($p<0.05$) выявлены в снижении показателя консистенции, СОЭ и фибриногена; во всех трех триместрах не выявлены достоверно значимые различия ($p<0.05$) в индексах: агрегации эритроцитов, деформируемости эритроцитов, транспорта кислорода.

1. Виланская С.В., Мансуров В.А., Митьковская Н.П. Реологические свойства цельной крови ревматологических больных // ИФЖ. 2000. Т. 73, № 4. С.792–794.

ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ РАСТВОРОВ АКРИЛОВЫХ СОПОЛИМЕРОВ НА ПРОПИТКУ ИМИ ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ ТКАНИ

Influence of viscosity solutions of acrylic copolymers on impregnation of cellulosic fabrics.

Молодова А.А., Волкова Н.В., Емельянов Д.Н.

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина 23, Российская Федерация*

Процессы капиллярного впитывания жидкостей широко распространены в природе, а пропитка волокнистых материалов применяется в промышленности (пропитка тканей, бумаги растворами и дисперсиями полимеров). Специфической, но весьма распространенной областью использования процесса капиллярного впитывания растворов природных и синтетических полимеров является реставрация и консервация памятников культуры и истории из различных пористых и ослабленных со временем материалов. Выбор концентрации пропитывающего раствора и растворителя полимера при этом проводится чисто эмпирически путем проб и ошибок. Задача наших исследований состояла в научном обосновании процесса пропитки целлюлозной ткани растворами поли(мет)акрилатов исследовали по самопроизвольному поднятию жидкости в ткань во времени контролируя скорость проникновения и равномерность распределения полимера в ткани. Объектами исследования служили полибутилметакрилат (ПБМА) и акриловые сополимеры состава 85БМА-10ВА-5БА (СПЛ).

Т.к. ткань является капиллярно-пористой системой, необходимо было выявить закономерности её укрепления за счет пропитки растворами акриловых полимеров. Проникновение растворов полимеров в пористое тело подчиняется закону поднятия жидкости в капилляры и может быть описана уравнением Уошбурна ($dh/dt = (2\sigma \cdot r \cdot \cos\theta / 8\eta h)$), согласно которому скорость поднятия ($V=dh/dt$) жидкости в капилляр обратно пропорциональна вязкости (η) этой жидкости (σ -поверхностное натяжение жидкости; r -радиус капилляра; θ -краевой угол натекания; h -высота поднятия).

Из данных рис.1 (кр. 1, 2) следует, что скорость капиллярного поднятия растворов полимеров в ткань практически не зависит от состава сополимеров, а зависит от их молекулярной массы (ММ) (рис.1, кр. 2,3), а также от "качества" растворителя (рис.1, кр. 1,4). Чем меньше молекулярная масса сополимера, тем выше скорость пропитки ткани раствором сополимера. Скорость поднятия раствора ПБМА в ткань из хорошего растворителя – этилацетата выше, чем из плохого – изопропилового спирта, хотя, как видно из рисунка 2, вязкость разбавленного раствора ПБМА в этилацетате (ЭА) больше чем в изопропиловом спирте (ИПС).

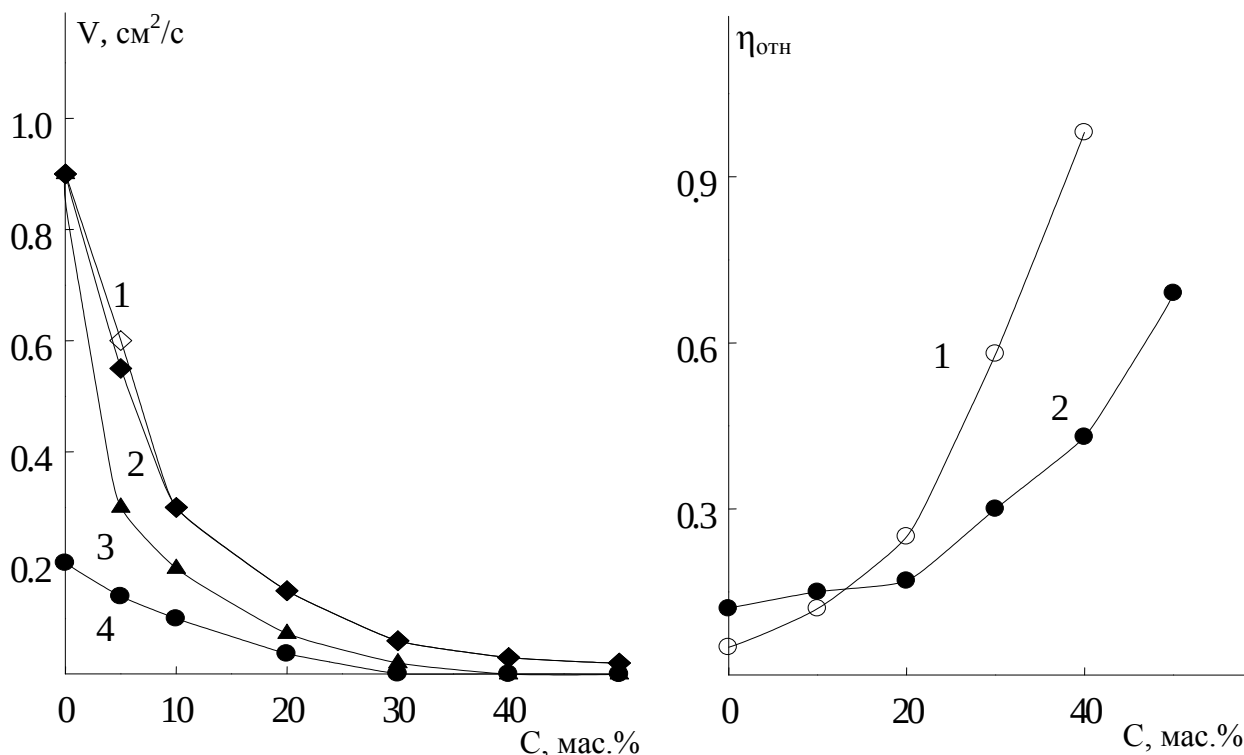


Рис.1. Влияние концентрации (C) растворов полимеров в этилацетате (1-3) и изопропиловом спирте (4) на скорость (V) их капиллярного поднятия в ткань.

Полимеры: 1 и 4 - ПБМА ($MM=1,6 \cdot 10^4$); 2 и 3 - 85БМА-10ВА-5БА с MM , равной соответственно $1,5 \cdot 10^4$ и $11,5 \cdot 10^4$.

Рис.2. Зависимость вязкости ($\eta_{отн}$) от концентрации (C) растворов ПБМА ($MM=1,6 \cdot 10^4$) в: 1- изопропиловом спирте; 2 – этилацетате.

Чтобы выяснить причину, отклонения от уравнения Уошборна, изучено влияние размера макро клубков в растворе на скорость капиллярного впитывания. Установлено, что в изопропиловом спирте макро клубок сополимера находится в более плотно-сжатом состоянии, чем в этилацетате. А как известно, более набухший клубок под действием капиллярного давления впитывания способен менять форму, вытягиваться и ориентироваться по потоку и следовательно быстрее и глубже проникать в твердое пористое тело. Кроме того, в плохом растворителе за счет структурообразования вязкость концентрированного полимерного раствора возрастает с увеличением концентрации быстрее, чем в хорошем.

Следовательно, для пропитки тканей необходимо использовать низкоконцентрированные растворы сополимеров в хорошем растворителе. Из таких растворов полимер более глубоко проникает в поры волокон ткани, укрепляя их и, следовательно, защищая ткань от разрушения.

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ИНКУБАЦИИ ПРОБ ЦЕЛЬНОЙ КРОВИ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

Alteration of microrheological parameters of erythrocytes resulting from incubation of blood samples with carbon nanoparticles

*Наумова Г.М.¹, Фадюкова О.Е.¹, Кошелев В.Б.¹, Луговцов А.Е.², Самсонова Ю.С.²,
Приезжев А.В.², Ченг Ч.Л.³, Переведенцева Е.В.³*

¹*Факультет фундаментальной медицины и* ²*Физический факультет Московского
государственного университета имени М.В. Ломоносова*

(Москва, 119991, Россия, Ленинские горы, 1),

³*Физический факультет Национального Донг-Хва университета
(Хуалинь, Шоуфенг, 97401, Тайвань)*

Значительную часть в реологии биологических систем занимает реология крови, которая во многом определяется микрореологическими параметрами эритроцитов, составляющих большинство форменных элементов крови. Эти параметры чувствительны как к отклонениям состояния организма от нормы в связи с заболеваниями, так и к разнообразным целенаправленным или случайным внешним воздействиям. В последние годы вследствие быстрого развития нанотехнологий разработано много наночастиц для биомедицинских применений. В частности, значительный прогресс достигнут в изучении углеродных наночастиц, таких как наноалмазы и фуллерены и показана перспективность их применения в биомедицине. Они не проявляют цитотоксичности, способны к люминесценции, что весьма важно для визуализации и диагностики. С их помощью можно адресно транспортировать лекарственные препараты и пр. Предполагается, что сами наноалмазы и фуллерены или их конъюгаты (например, с лекарствами) должны вводиться в организм человека через кровеносную систему. Однако наночастицы в кровотоке могут изменить микрореологические свойства крови (агрегацию и деформируемость эритроцитов), и как следствие, микроциркуляцию и состояние организма в целом. Целью данной работы является исследование влияния наноалмазов и фуллеренов, обладающих различными размерами и свойствами поверхности, в разных концентрациях на способность эритроцитов крыс деформироваться в сдвиговом потоке и агрегировать в пробе крови *in vitro*.

Лабораторные животные - белые беспородные крысы, содержались при свободном доступе к воде и пище, в соответствии с нормами санитарно-эпидемиологического и ветеринарного законодательства. Отбор крови у животных проводился при анестезии хлоралгидратом (400мг/кг, внутривенно).

Для измерений был использован лазерный агрегометр-деформометр эритроцитов «РеоАДВ-КФ» (ООО «РеоМедЛаб», Россия). Его работа основана на методах лазерной эктацитометрии и агрегометрии. Метод лазерной эктацитометрии заключается в получении дифракционных картин на сильно разбавленной в изотоническом растворе высокомолекулярного полиэтиленоксида суспензии эритроцитов в покое и в сдвиговом потоке при различных скоростях сдвига. По форме этих картин определяется индекс деформируемости (ИД) эритроцитов. Метод лазерной агрегометрии основан на регистрации кинетики интенсивности обратного диффузного светорассеяния от образца цельной крови при спонтанной агрегации эритроцитов. В результате обработки кинетической кривой определяются характерные времена образования линейных (T1) и трехмерных (T2) агрегатов.

На образцах свежей крови крыс, стабилизированной ЭДТА, исследовано влияние наноалмазов (размеры 5-100 нм, концентрации 30-100 мкг/мл) и фуллерена (концентрации 0.1-5 мг/мл) на деформационные (ИД) и агрегационные (T1 и T2) характеристики эритроцитов крыс *in vitro*. Получены концентрационные зависимости этих параметров при инкубации наноалмазов с цельной кровью в течение 40 – 60 минут. Показано, что при определённых концентрациях наночастицы влияют как на деформируемость, так и на кинетику агрегации эритроцитов в экспериментах *in vitro*. Понижение индекса деформируемости становилось очевидным при высоких концентрациях наночастиц. Так, для фуллеренов в концентрации 5 мг/мл ИД эритроцитов крыс значимо ($p < 0.05$) уменьшался на $9 \pm 3 \%$ на всем диапазоне сдвиговых напряжений. Также показано статистически значимое увеличение времени T1 на $35 \pm 17\%$ при инкубации ФЛ с кровью крыс в концентрациях 5-25 мг/мл.

Полученные *in vitro* результаты показывают необходимость дальнейшего изучения влияния углеродных наночастиц на реологические свойства крови в экспериментальных исследованиях *in vivo* перед тем, как делать обоснованные заключения о возможности применения этих частиц в медицинской практике.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 12-02-01329-а)

**САМООРГАНИЗАЦИЯ МОЛЕКУЛ ПАВ С ОБРАЗОВАНИЕМ НАНОЧАСТИЦ
НИТЕВИДНОЙ ФОРМЫ, АКТИВНЫХ В СНИЖЕНИИ
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ**
**Self-assembly of the Surfactants into Thread-like Nanoparticles which Cause the Water
Drag Reduction**

Несын Г.В., Ширяев А.М.

ООО «НИИ Транспорта нефти и нефтепродуктов»

115419 г. Москва, 2-й Верхний Михайловский проезд, 9 строение 5

В работе дан обзор одного из успешных применений эффекта Томса , - использование ПАВ в системах местного теплоснабжения и кондиционирования. Применение ПАВ позволяет экономить до 70 % электроэнергии, потребляемой насосом, что в общем балансе затрат на теплоснабжение составляет от 7 до 10%. Мицеллы ПАВ в отличие от полимеров способны восстанавливать свою структуру после прохождения насоса, что позволяет использовать их в замкнутых системах рециркуляции.

Термодинамика образования нитевидных мицелл, активных в снижении гидродинамического сопротивления, а также их структурные превращения обсуждается в терминах модели свободной энергии Тенфорда и Нагараджана, а также теории упаковки мицелл Израилешвили. Рассмотрено влияние химической природы молекул ПАВ на их поведение в турбулентном режиме течения, проведено сопоставление с реологическими свойствами умеренно концентрированных растворов (сдвиговая зависимость вязкости, разница нормальных напряжений, структуры индуцированные сдвигом). Анализируется влияние различных факторов на динамику самоорганизации молекул ПАВ.

Обсуждаются возможности традиционных экспериментальных методов исследования растворов ПАВ наряду с применяемыми относительно недавно (например, криогенная электронная микроскопия (cryo-ТЕМ)) для изучения взаимосвязи наноструктуры мицелл и эффекта Томса.

КИНЕТИКА РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КУЛИНАРНОГО ЖИРА «ФРИТЮРНЫЙ»

Kinetics of the rheological properties of culinary fat «Fryer »

Николаев Л.К., Денисенко А.Ф., Николаев Б.Л., Круподёров А.Ю.

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Институт холода и биотехнологий.

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д.9.

В процессе приготовления кулинарного жира «Фритюрный» имеют место тепловые процессы и затраты энергии на вращение перемешивающих устройств и перемещение продукта по трубопроводам. Протекание процессов зависит от ряда факторов, в том числе от эффективной вязкости кулинарного жира.

Эффективная вязкость кулинарного жира на различных стадиях производственного процесса существенно различается. Поэтому при определении оптимальных условий работы оборудования или при разработке его новых видов необходимо иметь сведения об эффективной вязкости продукта на различных стадиях его обработки. При этом в процессе обработки кулинарных жиров нередко происходит разрушение дисперсной системы различной степени, в результате чего структурно-механические свойства продукта претерпевают значительные изменения. Эти изменения оказывают влияние на работу оборудования, на энергозатраты и на другие показатели.

Кулинарные жиры относятся к структурированным дисперсным системам, которые обладают свойствами псевдопластичной среды. Поэтому вязкостные свойства кулинарных жиров в процессе их производства зависят не только от состава продукта и его температуры, а также и от величины градиента скорости. Численное значение градиента скорости обуславливается частотой вращения перемешивающего устройства, его геометрическими и конструктивными параметрами.

Поведение продуктов, обладающих свойствами псевдопластичной среды, к которой относятся и кулинарные жиры, характеризуется следующим. По мере возрастания градиента скорости уменьшается эффективная вязкость продукта.

Эффективная вязкость исследуемого кулинарного жира «Фритюрный» исследовали при различных значениях температуры продукта и градиента скорости.

Результаты исследований приведены на рис.1, на котором приведены вязкостно-скоростные характеристики при температурах кулинарного жира 24,1; 26,2; 28,1; 30,0; 35,0 и 34,2 °С. Градиент скорости изменялся от 0,167 до 437 с⁻¹.

Существенное влияние градиента скорости на уменьшение эффективной вязкости продукта наблюдается при малых значениях градиента скорости - от 0,167 до 4,5 с⁻¹. Так при температуре 30,0 °С и возрастании градиента скорости от 0,167 до 4,5 с⁻¹ эффективная вязкость кулинарного жира уменьшается от 564 до 68 Па·с, т.е. более чем в 8,3 раза. Аналогичное влияние градиента скорости на эффективную вязкость продукта наблюдается при температурах 24,1; 26,2 и 28,1 °С. Однако, уже при температуре кулинарного жира 34,2 °С эффективная вязкость его значительно уменьшается и при возрастании градиента скорости от 40,5 до 437,4 с⁻¹ эффективная вязкость кулинарного жира уменьшается от 0,269 до 0,116 Па·с. Малые значения эффективной вязкости кулинарного жира «Фритюрный» при температуре его 34,2 °С объясняются массовым плавлением триглицеридов, что ведёт к существенному разрушению структуры продукта.

Полученные данные по исследованию реологических характеристик кулинарного жира «Фритюрный» позволили выявить степень влияния градиента скорости и температуры продукта на его эффективную вязкость и могут быть использованы для расчёта расходуемой энергии и определения теплообменной поверхности оборудования.

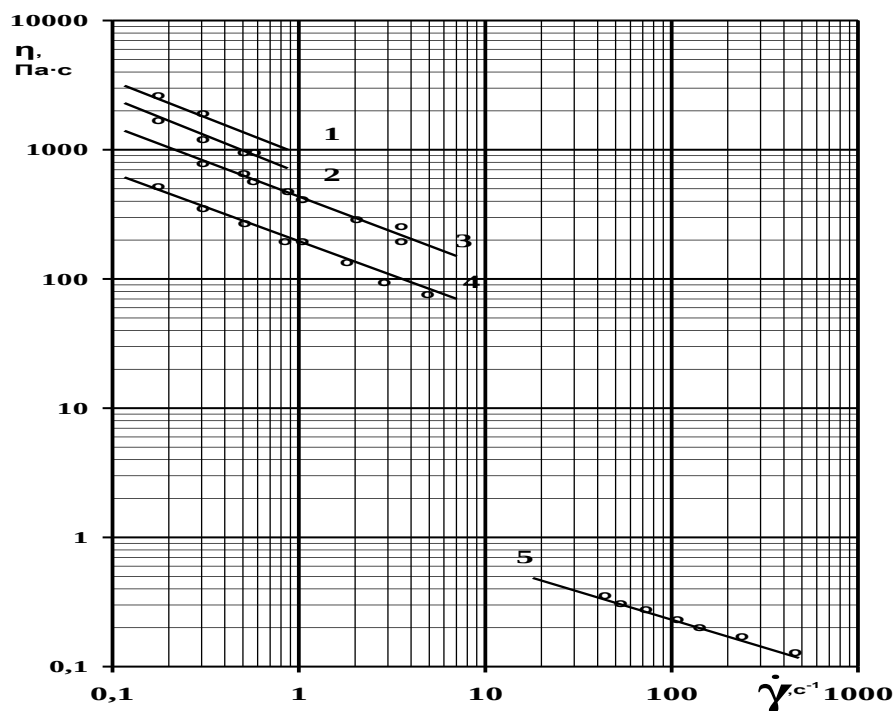


Рис.1. Вязкостно-скоростные характеристики кулинарного жира «Фритюрный» при температурах в °С: 1-24,1; 2-26,2; 3-28,1; 4-30,0; 5-34,2.

ОСОБЕННОСТИ РЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ СЫРА ПЛАВЛЕНОГО «СЫР С ЛУКОМ»

Features reological behavior cheese Parmesan «Cheese and onions»

Николаев Л.К., Круподёров А.Ю., Николаев Б.Л.

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Институт холода и биотехнологий.

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д.9.

Определение оптимальных условий работы оборудования, используемого при производстве плавленых сыров, включая транспортирование сырья по трубопроводам. Необходимо осуществлять с учётом реологических характеристик плавленых сыров, среди которых одной из определяющих является эффективная вязкость, оказывающая большое влияние как на протекание тепловых процессов, так и на расходуемую энергию.

Если учесть, что эффективная вязкость плавленых сыров при изменении температуры продукта и градиента скорости изменяется в сотни раз, то становится очевидным учёт эффективной вязкости плавленого сыра от указанных параметров при определении оптимальных условий работы оборудования.

Плавленые сыры, как и многие другие пищевые продукты, относятся к структурированным продуктам, которые обладают свойствами псевдопластичной среды.

При производстве многих пищевых продуктов, они подвергаются различным видам тепловой обработки – подогреванию, пастеризации, стерилизации и охлаждению.

Наряду с тепловой обработкой продуктов имеет место механическая обработка их. При этом может значительно изменяться градиент скорости. В особенности это наблюдается при перемешивании.

С учётом отмеченного приводим результаты исследований вязкостных свойств сыра плавленого «Сыр с луком». Эффективную вязкость сыра плавленого «Сыр с луком», содержащего 55% жира исследовали при температурах: 20,1; 25,0; 30,0; 35,0; 40,1; 50,0; 60,0; 70,0 и 79,9 °C.

Результаты экспериментальных исследований, обработанных в виде вязкостно-скоростных характеристик сыра плавленого «Сыр с луком» представлены на рис.1.

Вязкостные свойства сыра существенно изменяются с возрастанием градиента скорости во всём интервале температур, имевших место при проведении исследований, т.е. от 20 до 80 и °C. Однако, в большей степени эффективная вязкость сыра уменьшается при увеличении градиента скорости, когда температура продукта более низкая. Так, при температуре плавленого сыра: 20,1 °C возрастании градиента скорости от 0,167 до 1,5 с⁻¹ эффективная вязкость продукта уменьшается от 8500 до 1230 Па·с, т.е. в 6,9 раза. При

температуре сыра $60,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и увеличении градиента скорости также от $0,167$ до $1,5\text{ с}^{-1}$ эффективная вязкость продукта уменьшается от 124 до $47,6\text{ Па}\cdot\text{с}$, т.е. в $2,6$ раза. Ещё в меньшей степени уменьшается эффективная вязкость с возрастанием градиента скорости при температуре сыра равной $79,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Другим фактором оказывающим влияние на вязкостные свойства плавленого сыра является температура его. При более высоких значениях градиента скорости эффективная вязкость плавленого сыра уменьшается в меньшей степени. Отмеченное различие в уменьшении эффективной вязкости можно объяснить большим разрушением структуры продукта при более высоких значениях градиента скорости. Приводимые данные по вязкостным свойствам сыра плавленого «Сыр с луком» окажутся полезными при расчётах оборудования, применяемого для производства плавленых сыров.

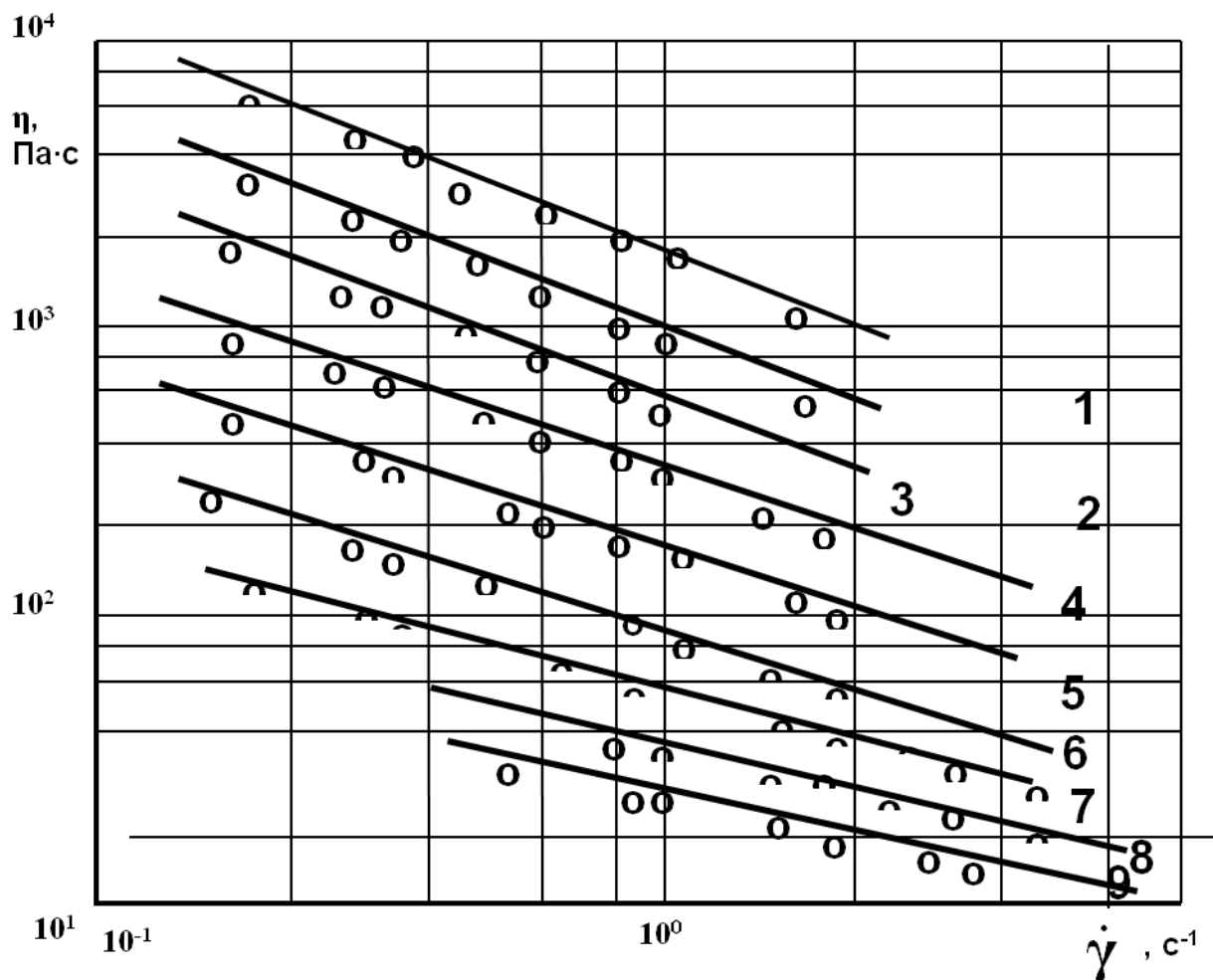


Рис.1. Вязкостно-скоростные характеристики сыра плавленого «Сыр с луком» при температурах в $^{\circ}\text{C}$: 1-20,1; 2-25,0; 3-30,0; 4-35,0; 5-40,1; 6-50,0; 7-60,0; 8-70,0; 9-79,9.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ.

The study of the rheological characteristics of bitumen.

Никольский В.Г., Красоткина И.А., Кочетова О.Е.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ИХФ РАН), г. Москва, Россия

Т.В. Дударева ООО «УНИКОМ», г. Подольск, Россия

Возросшая интенсивность движения на дорогах, пробки и увеличение доли тяжелых грузовиков в общем потоке - это проблема, с которой в последние 10-20 лет столкнулись многие страны. Следствием этого является, в частности, высокая скорость образования колеи в дорожном покрытии. Одной из основных причин, вызывающих колееобразование является неправильный подбор битумного вяжущего. В последние годы в США разработаны стандарты, в которых во главу угла поставлены реологические свойства битума, и при выборе вяжущего для строительства дорог учитываются не только климатические особенности региона, но и предполагаемая интенсивность движения.

В российские стандарты реологические характеристики битумов не входят. В данной работе приводятся данные по исследованию реологических свойств отечественных дорожных битумов по системе Superpave (США) и в соответствии с российскими действующими нормативными документами.

Проведены исследования по изучению вязкостных характеристик дорожных битумов в широком интервале температур и скоростях сдвига, определению PG класса по классификации Superpave. Изучена устойчивость к колееобразованию и циклическим деформациям.

Весь этот комплекс реологических показателей позволяет прогнозировать поведение битума в процессе эксплуатации дорожного покрытия.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАКРО ГЕТЕРОГЕННЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (МГАКМ) ИЗ СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ.

Modeling the rheology of obtaining macro heterogeneous antifrictional composites (МНАС) of spherical particles.

Новосадов В.С. Колужный О.Ю. Зырянов П.С.

(Московский государственный университет пищевых производств.

Волоколамское ш. д.11)

Задачей исследования является разработка технологии получения втулок из износостойкого композиционного материала (КМ), в частности, на примере карамелеобкаточной машины, методами жидкофазной технологии (пропитка каркаса сферических частиц расплавами бронз и латуней). Экспериментально установлено, что пористость не обусловлена материалом, дисперсностью или формой частиц металлических порошков. При существенно различном химическом составе частиц порошки характеризуются не значительной разницей в пористости.

Интересно определить, насколько данные по практической пористости согласуются с расчетными. Для этого необходимо вычислить объем пустот, образуемых одинаковыми по размеру шариками при обычной их упаковке в контейнере. Теоретически установлено, что минимальное количество пустот образуется двумя типами упаковки; гранецентрированной кубической и компактной гексагональной с координационным числом 12.

Зависимость теоретической плотности различно уложенных шаров от их координационного числа близка к линейной, что позволяет определять число контактов частиц и способы их упаковки для различных порошков. Например, засыпка сферических частиц с пористостью более 40% характеризуется координационным числом, близким к восьми, указывая на весьма рыхлую упаковку и сравнительную неустойчивость такого конгломерата. Следует отметить, что в исходной засыпке (пористость 44,7%) значительную долю составляют фракции с координационным числом z менее 6 – самого низкого значения, возможного в правильной замкнутой упаковке. Это предполагает образование некоторыми частицами арок или мостиков. По – видимому, такая засыпка представляет собой сочетание участков с простой кубической упаковкой ($z=6$), с объемноцентрированным кубом ($z=8$), и небольшой долей других. Участки с плотной упаковкой здесь полностью отсутствуют и не обнаруживаются также при утряске, когда z_{cp} возрастает до 8,6, а пористость достигает 42,6%. Лишь при утряске до максимальной плотности (пористость равна 37,2%) участки с плотной упаковкой (координационное число 12) охватывают около $\frac{1}{4}$ всех шариков. Если разрывы в упаковке и мостики легко образуются в системах из шариков, можно ожидать, что они еще чаще будут встречаться при неправильной форме частиц. Для слюды или чешуйчатых порошков пористость

нередко достигает 90%. Взаимное перемещение равноостных частичек с грубой (шероватой) поверхностью при утряске так же ограничено, и это приводит к более высокой пористости.

Дать точное геометрическое определение понятия «поры» достаточно трудно. Обычно под порами понимают пустые промежутки, распределенные в твердом теле. Поры в пористом теле могут быть сообщающимися друг с другом и не сообщающимися. Иногда взаимосоединяющуюся часть порового пространства называют эффективным поровым пространством.

Пористость Π_v обычно определяется как отношение объема пор $V_{\text{пор}}$ к объему тела $V_{\text{тел}}$ ($\Pi_v = V_{\text{пор}}/V_{\text{тел}}$). Наряду с объемной пористостью вводится понятие поверхностной пористости, или просветности Π_s как отношение эффективной площади пор $A_{\text{пор}}$ к общей площади поверхности $A_{\text{тел}}$ ($\Pi_s = A_{\text{пор}}/A_{\text{тел}}$). Поверхностная пористость Π_s иногда называется просветом. В первом приближении можно считать $\Pi_v = \Pi_s = \Pi$.

Наряду с пористостью можно ввести и другие геометрические характеристики пористого тела. Часто используются кривые распределения пор по радиусам $F(r)$, а для зернистых сред — кривые распределения частиц по размерам (кривая гранулометрического состава). Иногда принимают распределение частиц по размерам логарифмически нормальным и характеризуют его двумя параметрами: средним размером (диаметром частиц) d и дисперсией D . В большинстве исследований ограничиваются указанием одного характерного размера: пор d или зерен l .

Общая площадь частиц равна:

$$S_{\text{общ}} = \xi \pi \sum d_s^2 = \xi \pi N d_{\text{см}}^2, \quad (1)$$

где $d_{\text{см}}$ — средний диаметр частиц; $\xi = S_v / \pi d^2$ — размерный фактор; S_v — полная поверхность частиц в единице объема.

Общий объем твердых частиц:

$$V_s = \frac{1}{6} \pi \sum d_s^3 = \frac{1}{6} \pi N d_{\text{вм}}^3, \quad (2)$$

где $d_{\text{вм}}$ — средний объемный диаметр (поверхность частицы на единицу ее объема).

Заключение: 1. Плотная укладка сферических частиц является важнейшим фактором получения КМ с требуемым комплексом физико-механических свойств. 2. Для получения максимально плотной укладки необходимо соблюдать кратность размеров шаров размерам формы, а так же особенности засыпки послойное размещение шаров с последующим уплотнением частиц в форме. 3. Установлено, что наиболее оптимальной является пропитка снизу, т.к. исключает всплытие шаров в расплав бронзы и появление газовых пузырей.

ОСОБЕННОСТИ ЖИДКОФАЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАКРОГЕТЕРОГЕННЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (МГАКМ) ИЗ СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ.

Features of liquid-phase technology for macro heterogeneous antifrictional (МНАС) composites of spherical particles.

Новосадов В.С., Колужный О.Ю., Зырянов П.С.

*(Московский государственный университет пищевых производств,
Волоколамское ш. 11)*

Целью исследований является отработка основных технологических параметров формирования износостойкого композиционного материала, состоящего из сферических частиц (шариков) стали ШХ-15 и матрицы (бронза, латунь). Для разработки технологии и моделирования кинетических закономерностей массопереноса (растворение и диффузия атомов расплавов в твердую фазу) необходимо: изучить особенности укладки в форму шаров разного диаметра. Определить насыпную плотность и плотности после пропитки. Определить минимальные и максимальные размеры пор (в безразмерных параметрах) и абсолютных размеров в зависимости от диаметра шаров и размеров каверн:

Пористость сред зависит не от радиуса частиц, а от укладки, то есть от угла ν . (Рис. 1) При кубической укладке $\Pi_v = 47,64\%$, а при гексагональной – $25,95\%$. В первом случае радиус наиболее узких проходов, соединяющих соседние поры между собой (радиус окружности, вписанной между четырьмя соседними частицами) равен $0,41R$ (R – радиус сферической частицы). Радиус поры в наиболее широкой части равен $0,73R$. При гексагональной укладке каждая частица соприкасается с 12 соседними частицами. Поры имеют двоякую форму: тетраэдрическую и ромбоэдрическую, причем число последних в 2 раза больше первых. Радиус наиболее узких проходов равен $0,155R$. Радиус наиболее широких проходов составляет $0,288R$ для тетраэдрической поры и $0,414 R$ для ромбоэдрической. На долю тетраэдрических пор приходится $7,37\%$ объема, а на поры ромбоэдрические — $18,58\%$. Если считать, что наибольшая высота капиллярного подъема жидкости определяется поперечниками узких проходов, то максимальный капиллярный потенциал равен:

$$\psi_c = h_{\text{макс}} g = \frac{2\sigma \cos\theta}{\rho_l B R}, \quad (1)$$

где $\sigma = \sigma_{lv}$ - поверхностное натяжение расплава, B — постоянная, зависящая от вида укладки и способа подвода жидкости (влияние капиллярного гистерезиса). Если поглощение жидкости происходит снизу и сухим телом, то надо брать радиус наиболее широкой поры; если поглощение происходит сверху или тело было предварительно смочено, то надо брать радиус наиболее узкой части поры.

В точке контакта сферических частиц по мере поступления жидкости образуется скопление жидкости в форме двояковогнутой линзы.

Средняя кривизна такой поверхности равна:

$$\overline{\left(\frac{1}{r}\right)} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right), \quad (2)$$

что соответствует вогнутой поверхности, так как $r_2 < r_1$. Такое скопление жидкости называется жидкостной манжеткой, а жидкость стыковой (пендулярной). Капиллярное давление стыковой жидкости при полном смачивании ($\cos\theta = 1$) равно:

$$p_c = 2\sigma \overline{\left(\frac{1}{r}\right)} = \frac{\sigma}{R} K, \quad (3)$$

где K — постоянная, зависящая от угла ν .

Предположим, что мениски, ограничивающие элементы стыковой жидкости, не сомкнулись, и кривизна соединяющей их пленки равна кривизне поверхности частиц (шариков). При этом участки пленки малы по сравнению с размерами частиц и менисков. Обозначим толщину шейки элемента стыковой жидкости через δ , а радиус свободных от жидкости просветов пор через R_0 , тогда будем иметь:

$$\delta = R - R_0; \quad R_0/R = \frac{2}{\sqrt{3}} - 1, \quad (4)$$

В этом случае равновесие между пленочной и стыковой жидкостью будет существовать при условии, если $p_c = \wp = 6\sigma/R$ т.е. когда пленка может развивать положительное расклинивающее давление $\wp$.

При увеличении жидкости участки пленки исчезают и мениски смыкаются. Для сохранения равновесия между пленкой и мениском должно соблюдаться условие $\wp = \frac{\sigma}{R} (1 - \sqrt{3})^{-1}$ т. е. наличие отрицательного расклинивающего давления; изменение знака $\wp$ обычно не наблюдается, т. е. равновесие между пленочной и стыковой жидкостью невозможно.

Заключение: 1. Максимальная плотная упаковка достигается при укладке сферических частиц в плоскую форму кратную размерам частиц. 2. Теоретическая пористость при гексагональной укладке ($P_v=25\%$) меньше экспериментальной ($P_v=38\%$) на 13%, что обусловлена краевыми эффектами. 3. При однослойной укладке в щелевую плоскую форму максимальная плотность достигается при вертикальной укладке с послойной засыпкой и утрамбовкой. 4. Для уменьшения пористости и повышения механических и триботехнических свойств при плоской укладке эффективно использовать сферические частицы разного диаметра. 5. Время насыщения при растворении сферических частиц не превышает двух минут при наличии пор и каверн $\sim 1,5$ мм. 6. Для получения капиллярнопористого тела и композита повышенной износостойкости эффективно применение шаров диаметром 1 мм.

СМАЧИВАНИЕ В НЕРАВНОВЕСНЫХ УСЛОВИЯХ. ПРОХОЖДЕНИЕ ЧЕРЕЗ МИНИМУМ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ $\sigma_{ТЖ}^d$

Wetting in nonequilibrium conditions. Passing through a minimum of dynamical
values σ_{sl}^d

проф., д.х.н. Новосадов В.С.

(Московский государственный университет пищевых производств.

Волоколамское ш. д.11)

Определение условий прохождения через минимум динамических значений межфазного натяжения $\sigma_{ТЖ}^d$ в неравновесных условиях смачивания, растекания имеет фундаментальное значение в физической химии контактных и поверхностных явлений. В случае неравновесного растекания жидкой фазы по твердой движущая сила растекания $F_{дв}$ и динамические значения адгезии определяет величина $\sigma_{ТЖ}^d$. В том случае, когда условие химического равновесия при постоянной температуре и давлении не удовлетворяется, фазы системы твердое тело-жидкость-пар будут взаимодействовать через границу раздела для достижения состояния химического равновесия. В этот период будут непрерывно изменяться динамические значения σ_{sl}^d и θ^d . Массоперенос через границы раздела можно условно рассматривать как химическую адсорбцию от одной фазы к другой в межфазной области. Перенос массы сопровождается уменьшением свободной энергии системы. Однако в самом начале процесса взаимодействия при возникновении межфазной границы раздела химической реакцией охватывается только межфазная область и, таким образом, соответствующее первоначальное уменьшение свободной энергии системы обусловлено уменьшением свободной энергии только в межфазной области.

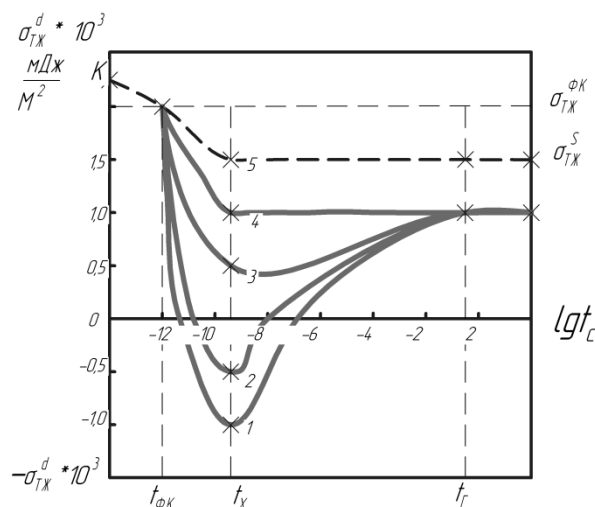


Рис.1. Изменения динамического межфазного натяжения $\sigma_{тжс}^d$ в процессе химической реакции при одностороннем растворении атомов твердой фазы в расплаве. Обозначения: 1,2,3 – динамические значения $\sigma_{тжс}^d$ при взаимодействии ненасыщенных фаз, 4,5 – изменения $\sigma_{тжс}^d$ при взаимодействии фаз, находящихся в химическом равновесии. Остальные обозначения в тексте.

Рассмотрим по стадиям последовательность изменения значений $\sigma_{тжс}^d$ и W_A^d (Рис.1).

1. На стадии физического контакта при $t = t_{\text{фк}} = 10^{-12}$ с имеем начальную стадию взаимодействия - стадию формирования физического контакта (завершения действия дальнедействующих и близкодействующих сил). На этой стадии $W_A^d(t_0) = W_A^{\text{фк}}$ имеет минимальное значение, а $\sigma_{\text{мжс}}^{\text{фк}}$ - максимальное (рис.6, кривая 5).

2. В процессе протекания химической реакции при необратимом процессе смачивания, как при взаимодействии равновесных фаз, так и для систем, далеких от равновесия при $t = t_x = 10^{-9} \dots 10^{-8}$ с происходит формирование межфазной границы шириной ~ 2 нм. Для случая взаимодействия насыщенных фаз величина $\sigma_{\text{мжс}}^{\text{фк}}$ снижается до статических значений $\sigma_{\text{мжс}}^s$ (кривая 5 на рис.6), а величина $W_A^d = W_A^s$. В этом случае W_A^s не является работой адгезии в обратимом процессе взаимодействия, а определяет, как уже отмечалось ранее, энергию взаимодействия двух конденсированных фаз в условиях равенства химических потенциалов ($\mu_T = \mu_X$).

3. В случае взаимодействия фаз, далеких от равновесия $\mu_T - \mu_X = \Delta\mu$ формирование межфазной границы сопровождается значительным уменьшением динамических значений $\sigma_{\text{мжс}}^d$ до $\sigma_{\text{мжс}}^{\text{min}}$. Величина $\sigma_{\text{мжс}}^{\text{min}}$ может быть отрицательной, достигая -1200 мДж/м². Соответственно, в этом случае энергия адгезии и движущая сила растекания достигает максимальных значений (нисходящие ветви кривых 1, 2, 3 на рис.1).

4. В процессе дальнейшего протекания массопереноса через межфазную границу динамические значения $\sigma_{\text{мжс}}^d$ стремятся к равновесным статическим значениям $\sigma_{\text{мжс}}^s$ (восходящие ветви кривых 1, 2, 3 на рис.6). Концентрация на межфазной границе $C_2(t)$ в случае одностороннего растворения достигает величины C_2^p . Расплав в области межфазной границы становится насыщенным атомами твердой фазы, приводя к изменению движущих сил до периметра смачивания. При полном насыщении расплава наступает стадия химического равновесия.

Заключение. 1. Впервые получены выражения для определения динамических значений $\sigma_{\text{мжс}}^d$ и W_A^d от времени для неравновесных систем в модели одностороннего растворения. 2. Определено изменение динамических значений межфазного натяжения $\sigma_{\text{мжс}}^d$ в случае одностороннего растворения, начиная со стадии физического контакта.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТВЕРДЫХ И
ЖИДКИХ ФАЗ. ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ РАСТЕКАНИЯ, АДГЕЗИЯ, СМАЧИВАНИЕ**
**Physico-chemical processes of interaction of solid and liquid phases. The
dynamics force of spreading, adhesion, wetting.**

проф., д.х.н. Новосадов В.С. проф., д.м.н., д.э.н. Еделев Д.А.

(Московский государственный университет пищевых производств.

Волоколамское ш. д.11)

Для моделирования и управления технологическими процессами, связанными с особенностями реологических свойств пищевых органических и неорганических продуктов, а так же при соединении материалов и синтезе композитов, необходим анализ физико-химических закономерностей взаимодействия твердых и жидких фаз. В частности, необходимо определение движущих сил смачивания, капиллярного течения и растекания жидкости по поверхности твердых и жидких фаз. Поверхностные явления играют также определяющую роль в процессах экстракции и капиллярной пропитки твердых тел растворами. Большое значение имеет анализ понятия адгезии и закономерности изменения динамических значений поверхностных натяжений на всех трех границах.

Проанализированы основные уравнения молекулярной теории капиллярности и условия их использование при необратимых процессах смачивания. Даны определения явлений: смачивание, растекание и адгезия с позиций современных представлений физической химии. Рассмотрены условия использования уравнений Юнга, Дюпре, Лапласа и Кельвина при необратимых процессах взаимодействия твердых и жидких конденсированных фаз. Юнгом (1804 г.) получены уравнения: $\cos\theta = \frac{2W_A}{W_K} - 1$;

при $W_K = 2\sigma_{жг}$ имеем $W_A = \sigma_{жг}(1 + \cos\theta)$ (1) и $\cos\theta = (\sigma_{тг} - \sigma_{тж}) / \sigma_{жг}$; или $K = \cos\theta$ (2),

где K – коэффициент смачивания, характеризующий интенсивность смачивания в равновесных условиях, $\sigma_{тг}$ и $\sigma_{жг}$ поверхностные натяжения твердых и жидких фаз на границе с газом (или другой жидкостью, что не принципиально), $\sigma_{тж}$ межфазное натяжение, θ – краевой угол смачивания, W_A и W_K – работа адгезии и когезии жидкости. Из (1) и (2) также следует выражение для определения $F_{\text{дв}}$ – движущей силы растекания:

$$F_{\text{дв}} = \sigma_{тг} - \sigma_{тж} = \sigma_{жг} \cos\theta \quad (3).$$

В соответствии с формализмом уравнения (2) коэффициент смачивания $K = \cos\theta$ имеет разрешение для θ только в случае, если $-1 \leq K \leq 1$ при $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$.

Дюпре (1869 г.) вывел уравнение для работы обратимого отделения жидкости от поверхности твердого тела W_A – работы адгезии $W_A = \sigma_{тг} + \sigma_{жг} - \sigma_{тж} = \sigma_{жг}(1 + \cos\theta)$ (4).

Уравнение (4) определяет изменение свободной энергии системы при переходе из состояния контакта твердая фаза – жидкость в состояния твердая фаза – газ и жидкая фаза – газ в результате обратимого изотермического процесса разделения. Этот тип контакта

называется *обратимой адгезией*, при которой поверхности могут быть разделены на фазы, оставаясь при этом неизменными. Уравнения Юнга, Дюпре и Лапласа выведены в условиях *обратимого изотермического процесса* и определяются действием *межмолекулярных сил*, т.е. когда $W_K > W_A$. При необратимых процессах (смачивание, растекание) $W_A > W_K$. Из анализа уравнения (1) следует, что W_A не может быть больше

W_K , т.к. $\cos\theta$ не может быть больше единицы. На это противоречие, рассмотренное нами ранее, в литературе, как нам известно, практически не обращают внимание. Формулы Юнга (1) и (2) получены как проекция на ось ОХ общего суммарного вектора поверхностных натяжений σ_{ij} в равновесных условиях и не отражает вертикальную составляющую этого вектора. Наличие вертикальной составляющей твердого тела (упругая и пластическая деформация) вызывает искривление контактных поверхностей тонких подложек. Из рассмотрения векторов сил следует, что три поверхностных натяжения ни при какой форме капли не могут прийти в равновесие, так как $\sigma_{тг}$ и $\sigma_{тж}$ лежат в одной плоскости и направлены одна против другой, а третья $\sigma_{жг}$ расположена под углом. Поэтому имеется нескомпенсированная сила, приложенная к контуру капли и направленная вертикально вверх. Выпуклая поверхность капли создает капиллярное давление Лапласа, которое прижимает ее к плоской поверхности. Для того, чтобы капиллярное давление было уравновешено по всей поверхности, ограничивающей каплю, необходимо формирование лунки под ней таким образом, чтобы все три силы вдоль контура были скомпенсированы.

Заключение 1. Уравнение Юнга не учитывает вертикальную составляющую вектора $\sigma_{жг}$ и корректность его использования для неравновесных систем требует специального анализа. В условиях равновесия это уравнение не может быть использовано при необратимых процессах смачивания и растекания, так как $\cos\theta$ не может быть больше единицы. 2. Для систем, далеких от равновесия ($\Delta\mu \neq 0$) использование уравнений Юнга и Дюпре корректно только для анализа динамических значений - $\sigma_{тж}^d$, W_A^d и θ^d на стадии быстрого растекания. 3. Физический смысл понятия W_A^H в случае неравновесного растекания отличается от понятия работы адгезии W_A , используемой в рамках молекулярной теории капиллярности. В неравновесных системах W_A^H и характеризует энергию межатомного взаимодействия двух конденсированных фаз в области межфазной границы.

КОНФОРМАЦИОННЫЕ ПЕРЕХОДЫ ПОЛИСТИРОЛОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОФИЛЬ ЭЛЮИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРОВ ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ НА МОНОЛИТНЫХ КАПИЛЛЯРНЫХ КОЛОНКАХ

Conformational transitions of polystyrene and their influence on the elution profile of polymers on monolithic capillary columns

В.А. Орехов, Е.Н. Викторова, А.Ю. Канатьева, А.А. Королев, А.А. Курганов

*Федеральное государственное Бюджетное учреждение науки Ордена Трудового
Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева Российской
академии наук (ИНХС РАН), Ленинский пр-т, д.29*

Полимеры в растворе из-за броуновского движения принимают структуру клубка. Когда достигается определенное критическое значение скоростного градиента, клубок полимера разматывается. Этот структурный переход из клубка в вытянутое состояние влияет на профиль элюирования полимерных молекул и приводит к расщеплению пиков [1, 2]. Данный эффект наблюдается для полимеров с молекулярной массой выше 1×10^6 Da, и сопровождается изменением механизма удерживания от механизма эксклюзионной хроматографии к механизму слаломной хроматографии [3]. Недавно этот эффект был исследован в условиях ВЭЖХ сверхвысокого давления [4]. В данной работе описывается поведение полистирольных стандартов сверхвысокой молекулярной массы в процессе их разделения на монолитных капиллярных колонках. Благодаря высокой эффективности монолитных колонок и возможности варьировать скорость потока растворителя в широких пределах, впервые на хроматограмме удалось наблюдать два отдельных пика, которые с изменением скорости элюента плавно переходили друг в друга и не могли быть полностью разделены во всем диапазоне изученных скоростей. Изменения, наблюдаемые на этих хроматограммах, аналогичны изменениям профиля элюирования сорбатов, описанным в “реакционной хроматографии” [5]. Зависимость относительного удерживания первого пика (менее удерживаемый) от линейной скорости потока элюента описывается полиномом второй степени, в то время как для второго пика эта зависимость носит сигмоидальный характер. Соответственно, удержание второго пика быстро достигает предельного уровня, в то время как удержание первого пика в пределах изученного диапазона скоростей элюента неограниченно возрастает. Используя математические модели, разработанные для “реакционной хроматографии” [5], была предпринята попытка оценить константы равновесия и термодинамические параметры перехода клубок - вытянутая конформация для полистирольных стандартов сверхвысокой молекулярной массы.

1. DeGennes P.G., J. Chem. Physics 60, 5030 (1974)
2. Liu Y., Radke W., Pasch H., Macromolecules 38, 7476 (2005)
3. Uliyanchenko E., Schoenmakers P.J., Van der Wal S., J. Chromatogr. A 1218, 1509–1518 (2011)
4. Uliyanchenko E., Van der Wal S., Schoenmakers P.J., J. Chromatogr. A 1218, 6930 (2011)
5. Trapp O., Electrophoresis 31, 786 (2010)

**ПРОЯВЛЕНИЕ АНИЗОТРОПИИ СМАЧИВАНИЯ В ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ
СИСТЕМАХ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ РАСПЛАВ / ТВЕРДЫЙ МЕТАЛЛ
(МЕТАЛЛОИД)**

Anisotropy of wetting in binary metallic systems

Проценко Павел, Тимошенко Вадим, Боченков Владимир

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3

Явление анизотропии смачивания (образование различных равновесных краевых углов смачивания жидкой фазой В различных граней монокристаллической подложки А) в двухкомпонентных системах обсуждается в литературе с конца XIX века. К настоящему моменту получено значительное количество экспериментальных данных, представленных в обзорных работах [1,2]. Данное исследование посвящено анализу анизотропии смачивания в двухкомпонентных системах металлический расплав / твердый металл (или металлоид). В работе обсуждаются литературные данные, результаты собственных исследований на модельных системах Pb / Cu и Cu / Si, а также данные, полученные методом молекулярно динамического моделирования. В рамках данного исследования рассмотрены два основных момента, связанных с анизотропией смачивания:

1. Какие физико-химические факторы могут оказать влияние на измерение краевого угла в металлической системе и, соответственно, исказить данные по анизотропии смачивания?
2. Как корректно интерпретировать данные по анизотропии смачивания в рамках представлений об анизотропии поверхностной и межфазной энергии?

Первый вопрос интенсивно изучался в течение нескольких последних десятилетий и тщательно разобран в работе [3]. Основными источниками систематических ошибок при измерении краевого угла являются адсорбция примесей (в первую очередь кислорода) из газовой фазы и растворение материала подложки в расплаве. Известно, что оба эти процесса могут проявляться по-разному на различных гранях монокристалла. Поэтому экспериментально наблюдаемая анизотропия смачивания может быть усилена за счет этих явлений. К сожалению, большая часть экспериментальных данных была получена без учета возможной анизотропии адсорбции загрязнений или растворения подложки. Такие данные не могут быть использованы для анализа анизотропии смачивания. Именно отсутствие надежных литературных данных стимулировало экспериментальные и молекулярно-динамические исследования в системах Pb/Cu и Cu/Si.

Следующая сложность заключается в том, как анализировать данные по анизотропии смачивания в рамках классического уравнения Юнга. На основании экспериментально измеренной величины краевого угла смачивания можно рассчитать

только разность между поверхностными энергиями газ / твердое тело и жидкость / твердое тело. Данные необходимо дополнять информацией об анизотропии межфазной энергии, которые можно получить из анализа равновесной формы включения легкоплавкого компонента внутри твердого поликристалла.

Предложенный подход был применен к данным, полученным на системе Pb/Cu. Краевые углы полученные и в эксперименте, и в моделировании практически не проявляют анизотропии (краевой угол постоянный в пределах нескольких градусов). Межфазная энергия на границе раздела расплав / кристалл также характеризуется слабой анизотропией [4]. Таким образом можно сделать вывод об отсутствии анизотропии поверхностной энергии на границе раздела твердое / газ, несмотря на различную структуру адсорбционных слоев свинца на поверхности различных граней меди по данным молекулярно динамического моделирования.

Работа поддержана РФФИ в рамках проекта 11-08-01244-а. Молекулярно-динамическое моделирование проводили на суперкомпьютере СКИФ-МГУ.

1. Yu. Z. Povstenko. *Mat. Metody i Fiziko-Mekhanicheskie Polya*. 1990, 31:8-16.
2. D. Chatain. *Annu. Rev. Mater. Res.* 2008. 38:45–70
3. Eustathopoulos N., Nicholas M., Drevet B. *Wettability at High Temperatures*. Netherlands, Elsevier, 1999. 418 p.
4. L. Felberbaum, *Microstructure and embrittlement of leaded copper alloys*, 2005, PhD Thesis, Lausanne, EPFL

**РЕОЛОГИЧЕСКИ МОДИФИЦИРУЕМЫЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ
ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ЧИСТКИ СТАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**
Rheological modified liquids for hydroabrasive cleaning steel surfaces.

Пупченков Г.С.

*Московский Государственный Университет Приборостроения и Информатики,
107966 Москва, ул.Стромынка, д.20*

Всем известно, что большинство ответственных конструкций изготавливаются из черных сплавов. Это мосты, опоры ЛЭП, краны и другие подъемные механизмы, различные конструкции на железной дороге, в коммунальном хозяйстве и промышленности, а также разнообразные виды транспорта. Также не является секретом и то, что черные сплавы подвержены коррозии, в результате чего портится внешний вид конструкции, она теряет эксплуатационные качества, прочность, надежность и в конечном итоге может разрушиться причинив значительный ущерб. Для осуществления антикоррозионной защиты на металлоконструкции наносятся разнообразные грунты и краски. Однако, прежде необходимо тщательно подготовить поверхность металла под покраску, т.е. удалить имеющиеся химические отложения, ржавчину, старую краску или другие трудноудаляемые загрязнения. Необходимо отметить, что чем тщательнее и качественнее будет проведена очистка поверхности, тем дольше прослужит нанесенное покрытие. Всем этим требованиям в полной мере соответствует метод абразивоструйной обработки с применением в качестве рабочего тела жидкости, обладающей эффектом сложного реологического поведения – дилатансией.

В докладе представлены результаты работы по исследованию суспензий на основе бентонитовых глинопорошков и водорастворимых полимеров. Исследовались суспензии бентонита БЕНТОКОН Супер-200 10,15%, суспензии саригюжского бентонита (БС) 10,15%; суспензии БС и БЕНТОКОН Супер-200, стабилизированные добавками ПОЭ и ПАА.

Исследование суспензии БЕНТОКОН Супер-200 10,15% и суспензии саригюжского бентонита (БС) 10,15% проводились на ротационном вискозиметре “Реотест-2”. Исследования суспензий БС и БЕНТОКОН Супер-200, стабилизированных добавками ПОЭ WSR-301 и ПАА проводились на вискозиметре Brookfield Engineering Laboratories LVDV и RVDV.

В результате исследований были получены данные о структурно-механических и реологических характеристиках рабочих суспензий на основе бентонитовых глинопорошков БЕНТОКОН (греческое месторождение о. Милос) в концентрациях от 1% до 10% по массе, стабилизированных добавками высокомолекулярных полимеров ПАА (молекулярная масса 12 млн) и ПОЭ (молекулярная масса 4 млн) в концентрациях от 0,1% до 2,5% по массе.

ВЛИЯНИЕ ДОЗИРОВОК ПОРОШКА ИЗ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЖАНОГО ТЕСТА И КАЧЕСТВО ГОТОВОГО ХЛЕБА

Influence of dosages of a powder from a table beet on rheological properties of rye dough and quality of ready bread

аспирант Родичева Н. В., д.т.н., проф. Черных В. Я.

*ФГБОУ ВПО Московский государственный университет пищевых производств
125080, г. Москва, Волоколамское шоссе д.11*

В соответствие с принятой Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации от 2010 года, планируется рост производства функциональных пищевых продуктов. В связи с этим увеличение производства ржаного и ржано-пшеничного хлеба с измененным химическим составом будет способствовать выполнению принятых соответствующих программ.

Необходимый химический состав хлебобулочных изделий из ржаной муки может формироваться за счет внесения, например, продуктов переработки овощей, в частности, столовой свеклы. Выбор продуктов переработки столовой свеклы при производстве ржаного хлеба связан с особенностями её химического состава, в который входят витамины группы В, РР, пантотеновая и фолиевая кислоты, макро и микроэлементы, такие как калий, кальций, фосфор, железо, цинк. Также в свекле содержатся такие физиологически важные вещества, как бетанин и бетаин, способствующие снижению кровяного давления, улучшению жирового обмена, предупреждению атеросклероза.

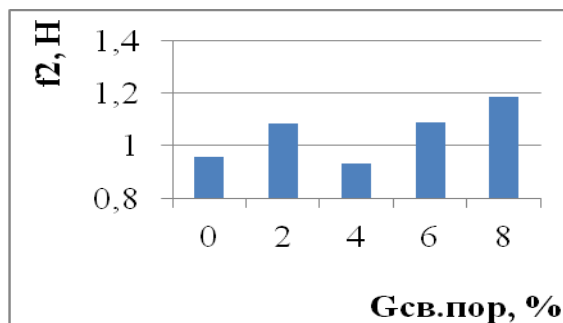
Кроме этого, порошок из столовой свеклы может являться ингредиентом, позволяющим регулировать определенные технологические свойства основного сырья, обуславливающие реологические свойства полуфабрикатов и показателей качества готового хлеба

Поэтому целью настоящей работы является исследование влияния дозировки порошка из столовой свеклы на реологические свойства ржаного теста и качество готового хлеба.

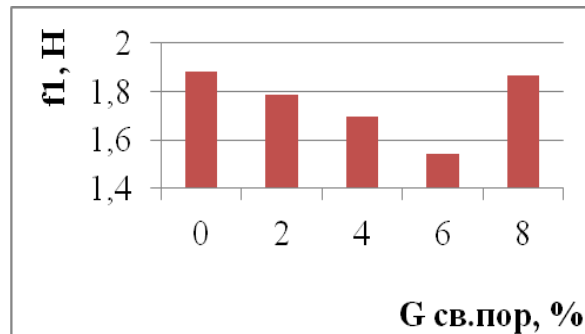
Исследования проводили с использованием:

- информационно-измерительной системы на базе прибора «Амилотест АТ-97 (ЧП-ТА)», позволяющей определять кинетику и динамику реологического поведения клейстеризованной суспензии муки и модельных смесей (ржаная мука и порошок из столовой свеклы с различными дозировками).
- информационно-измерительной системы на базе прибора «Do-corder С3», позволяющей определять реологические свойства ржаного теста во время замеса;
- информационно-измерительной системы на базе прибора «Структурометр СТ-2» позволяющей определять комплекс реологических характеристик теста и мякиша хлеба;

На первом этапе, были проведены исследования влияния дозировки порошка из столовой свеклы на состояние углеводно-амилазного комплекса ржаной муки. На рис. 1. приведено влияние дозирования порошка на изменение максимальной вязкости амилозы (1а) и амилопектина (1б), определяемых с помощью математической обработки амилограмм. [2]



а



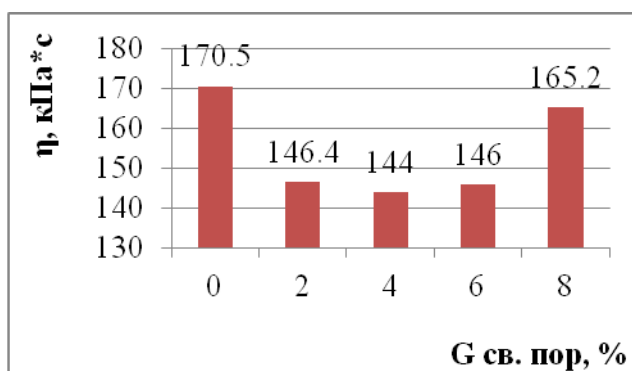
б

Рисунок 1 - Изменение максимальной вязкости амилозы (f2) и амилопектина (f1) в зависимости от дозировки свекольного порошка.

Амилопектин, являясь разветвленным полисахаридом с большей чувствительностью отражает изменение структуры зерен крахмала в зависимости от действия на них тех или иных технологических факторов, например, связанных с протеканием ферментативного или кислотного гидролиза. Минимальное значение вязкости амилопектина (рис. 1б) соответствовало дозировке вносимой добавки равное 6%.

Одной из основных технологических операций процесса производства хлебобулочных изделий является замес теста. Нами контролировалась вязкость ржаного теста после замеса с различными дозировками свекольного порошка (рис.2.), при этом консистенция ржаного теста после замеса всегда составляла 250 ± 10 е.Ф., а титруемая кислотность – 5,5-6,0 град. С внесением дозировок свекольного порошка значения таких параметров как время образования и стабильность теста при замесе ржаного теста увеличивалась, что обусловлено химическим составом вносимой овощной добавки, в состав которой входит пектин.

Рисунок 2 – Изменение вязкости ржаного теста после замеса в зависимости от дозировки свекольного порошка.



Как видно из рисунка 2, с внесением различных дозировок свекольного порошка показатель вязкости ржаного теста изменяется по параболическому закону.

По физико-химическим показателям качества ржаного хлеба с внесением свекольного порошка в количестве 6%, его пористость и удельный объем не уступали контрольным пробам и они находились в пределах 58-62% и 1,5-1,8 см³/г соответственно.

Таким образом, установлено влияние дозировки порошка из столовой свеклы на реологические свойства ржаного теста и качество готового хлеба, при этом дозировка порошка в количестве 6%, обеспечила получение хлеба с заданными показателями качества и обладающим функциональными свойствами.

Литература

1. Черных В.Я., Ширшиков М.А. Регулирование состояния углеводно-амилазного комплекса хлебопекарной муки (учебное пособие). – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2003. – 185с.

2. Черных И.В. Определение оптимальной кислотности ржаного теста при производстве хлебобулочных изделий.// Хранение и переработка сельхозсырья. 2008, №3, стр. 29-32.

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ ИНТЕГРИНА $\alpha_{IIb}\beta_3$ НА КИНЕТИКУ АГРЕГАЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ

Influence of integrin $\alpha_{IIb}\beta_3$ inhibitors on erythrocyte aggregation

С.Ю. Рыкова¹, М.Э. Гафарова¹, М.Д. Хохлова², Е.В. Любин², М.Н. Скрыбина²,
А.А. Федянин² И.А. Соколова¹

¹Институт механики МГУ, Мичуринский пр. 1, 119192 Москва

²Физический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова,
Ленинские Горы 1/2, 119991 Москва

Течение крови на уровне микрососудов во многом зависит от способности эритроцитов к обратимой агрегации, механизмы которой остаются спорными. Агрегацию эритроцитов (АЭ) объясняют неспецифическими механизмами, однако, в последние годы получены убедительные свидетельства связи основного стимулятора АЭ, фибриногена с неизвестным эритроцитарным рецептором, чувствительным к действию ингибиторов интегрин $\alpha_{IIb}\beta_3$. Целью данного исследования явилось изучение возможности реализации этого специфического механизма в процессе нормальной АЭ.

Объектом исследования явились пробы крови здоровых добровольцев, а также суспензии их эритроцитов в нативной плазме и в плазме, лишаемой тромбоцитов. Свойства крови и суспензий модифицировали с помощью ингибиторов связывания фибриногена (ИСФ) с интегрином $\alpha_{IIb}\beta_3$ – моноклональных антител CRC64 (50 мг/л; в контроле – PS10, 50 мг/л) и их F(ab')₂-фрагментов (20 мкг/мл). Кинетику спонтанной АЭ изучали методом регистрации обратного светорассеяния (при гематокрите 40%), а взаимодействие отдельных пар эритроцитов – методом оптического пинцета в его двулучевой модификации.

Результаты исследования выявили разные типы реакции отдельных пар эритроцитов на ИСФ, однако, в концентрированных суспензиях, как и в цельной крови, реакция была однотипной. При этом в 70%-100% случаев ИСФ вызывали замедление АЭ на 20%-60%, сопровождаемое небольшим возрастанием эффективного размера агрегатов. У лиц с нормальной гидродинамической прочностью эритроцитарных агрегатов ее показатели не менялись под действием ИСФ. Качественное и количественное соответствие результатов, полученных в суспензиях эритроцитов в плазме без тромбоцитов и в цельной крови, позволило объяснить выявленные эффекты действием ИСФ на сами эритроциты. Поскольку взаимодействие фибриногена с неизвестным эритроцитарным рецептором ускоряет АЭ, но не увеличивает размер и прочность агрегатов, не исключено, что специфические механизмы АЭ ответственны, скорее, за адаптивные, чем за патологические процессы.

Таким образом, нормальная эритроцитарная агрегация осуществляется благодаря не только неспецифическим механизмам, но и вследствие связывания фибриногена с неизвестным рецептором на мембране эритроцитов, что приводит к ускорению процесса взаимодействия клеток.

Авторы благодарят проф. А.В. Мазурова, ФГУ, Российский Кардиологический научно-производственный комплекс, который предоставил использованные в работе ИСФ.

СЛАДЖ-СИНДРОМ ПРИ УСИЛЕНИИ ЭРИТРОДИЕРЕЗА В КЛИНИКЕ И ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Sludge-syndrome with increasing erythrodiuresis in clinical and experimental

Сабекия Ж.Д.², Еришова Л.И.¹, Баркая В.С.², Лиховецкая З.М.¹, Цветаева Н.В.¹

ФГБУ Гематологический научный центр МЗ РФ России. Москва. Россия¹

Научно-исследовательский институт экспериментальной патологии и терапии

Академии наук Абхазии. Сухум. Абхазия²

При гемолитической анемии (ГА) нами установлено снижение вязкости крови олигоцитемического характера, коррелирующее с низким показателем гематокрита. Но микрореологические свойства крови были существенно нарушены: снижение деформируемости эритроцитов - в 4-8 раз (в 50% случаев индекс ригидности был повышен в 15-20 раз), показателя деформации эритроцитов - почти вдвое. Интегральная кислотная резистентность эритроцитов - значительно повышена, в основном, за счет высокостойких ригидных форм эритроцитов, что является подтверждением усиления эритродиереза с преимущественно внутриклеточным механизмом разрушения при соответствующей стимуляции красного ростка кроветворения и выбросе молодых форм эритроцитов. При исследовании агрегационно – дезагрегационных свойств эритроцитов в 70% случаев наблюдалось ускорение агрегации эритроцитов (образование линейных агрегатов -T1, скорости агрегации- Kt), несмотря на сниженную вязкость плазмы, в сочетании с замедленным распадом гидродинамически прочных мелких (β) и крупных агрегатов эритроцитов (Ia 2.5). Для дальнейшего изучения механизма эритродиереза и реологии крови проведены опыты по созданию модели с химическим индуцированным гемолизом на обезьянах *Macacus rhesus*. Установлено развитие ГА, констатируемой по снижению уровня гемоглобина, эритроцитов, гематокрита и повышение количества ретикулоцитов уже через 24 часа после введения препарата. Максимальная интенсивность эритродиереза наблюдалась на 7-9 сутки эксперимента при соответствующей активации эритропоэза, отражающегося не только в увеличении молодых клеток эритроидного, но и других ростков кроветворения, при соответственно сниженной вязкости крови и увеличенной ригидности эритроцитов. Таким образом, при ГА наблюдаются разнонаправленные процессы, характеризующие реологию крови: кажущееся улучшение макрореологии крови, судя по вискозиметрическим показателям при существенно нарушенной текучести крови в зоне микроциркуляции: увеличенная ригидность, сниженные деформационные характеристики эритроцитов, гиперагрегационный синдром (сладж), зависимый преимущественно от изменения физико-химических свойств эритроцитов, исследование которых в перспективе на впервые полученной модели гемолиза (*Macacus rhesus*) позволит комплексно оценить состояние агрегатного состояния крови и эритродиеретического звена, выявить механизмы изменения микрогемореологических свойств.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЦИСТЕИН-СЕРЕБРЯНОГО РАСТВОРА И ГИДРОГЕЛЯ НА ЕГО ОСНОВЕ

Study of the stability of cysteine/Ag solution and hydrogels based on this complex

Савельева В.С., Пахомов П.М.

Супрамолекулярные гидрогели являются перспективными материалами для различных отраслей науки и техники, таких как оптоэлектроника, медицина и др. Изучаемые в работе гидрогели относятся к классу супрамолекулярных гелей с экстремально низкой концентрацией дисперсной фазы. Свойства таких систем могут иметь ряд особенностей, например тиксотропия. Физические объяснения подобных явлений изучены недостаточно и требуют углубленных исследований. Одной из подобных систем является гидрогель на основе цистеина и нитрата серебра. Уникальность системы заключается также и в том, что исходные компоненты являются биологически активными и нетоксичными для человеческого организма.

Цель работы заключалась в исследовании вязкости цистеин-серебряного раствора (ЦСР) и гидрогеля на его основе с помощью синусоидального вибровязкозиметра SV-10 компании A&D. Используемый метод измерения вязкости основан на методе камертонной вибрации, где двесенсорные пластины вибрируют в среде с постоянной частотой 30 Гц.

Эксперимент проводился следующим образом: свежеприготовленный ЦСР или гидрогель на его основе помещали в кювету для измерений и проводили считывание данных в течении 90 мин с интервалом между измерениями 10 мин. В связи с тем, что исследуемые образцы являются тиксотропными, их помещали в темное место на, 5 10, 12 и 24 дня для восстановления исходного состояния.

В процессе работы установлено, что вязкость цистеин-серебряного раствора максимальна на начальном этапе измерений, т.е. в течении первых 10 мин, затем вязкость раствора резко падает до постоянных значений. В течение всего исследуемого периода измерений (12 дней) ЦСР оказался не способным восстановить исходную структуру до первоначальных значений.

В свою очередь, экспериментальные данные, полученные для гидрогеля на основе ЦСР и Na_2SO_4 , показали, что вязкость гидрогеля полностью восстанавливает свои значения до исходных за 12 дней, а через 24 дня покоя вязкость исследуемого образца становится даже больше, чем в момент начала проведения измерений, т.е. до приложения какой-либо нагрузки.

В настоящее время ведется работа по изучению влияния других электролитов и водорастворимых полимеров на вязкость исследуемой системы, для получения более прочной сетки геля.

ДВУХУРОВНЕВАЯ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛАСТОМЕРНОГО НАНОКОМПОЗИТА

Two-level phenomenological model of elastomeric nanocomposites

Свистков А. Л., Пелевин А. Г., Шадрин В. В.

ИМСС УрО РАН, 614013, Пермь, ул. Академика Королева, 1

Для моделирования вязкоупругих свойств эластомерных нанокомпозиов, появляющихся в них остаточных деформаций и эффекта размягчения предложен новый вариант двухуровневой феноменологической модели. Построена она с использованием следующих посылок:

1. Для описания механического поведения эластомерной матрицы использовался потенциал свободной энергии, который предложен физиками и справедливость которого проверена в экспериментах на одноосное нагружение, одноосное сжатие, простой сдвиг, кручение. Физический смысл трех констант в потенциале известен из литературных источников. Одна из них учитывает плотность химических сшивок, вторая – плотность топологических скользящих узлов, третья – растяжимость полимерных цепей.

2. Для перехода от моделирования свойств эластомерной матрицы к моделированию равновесных свойств эластомерного нанокомпозиата предложено использовать дополнительное слагаемое в потенциале свободной энергии для учета влияния неоднородности полей напряжений в эластомерном связующем. Эффективные деформации связующего на структурном уровне материала (правый тензор растяжения нанокомпозиата) связан с помощью степенной зависимости с деформациями материала на макроскопическом уровне (с правым тензором растяжения связующего) и с помощью тензоров структурного поворота.

3. Для построения определяющих уравнений среды использовано мультипликативное разложение градиента деформации. При этом полагалось, что тензор поворота пластического течения и тензор поворота вязкого течения равны единичному тензору.

Установлено, что термодинамическая согласованность параметров макроскопического и структурного уровней в модели выполняется автоматически. Накопленная энергия и скорость диссипации энергии, вычисленная с помощью параметров макроскопического уровня, совпадает с соответствующими величинами, вычисленными с помощью параметров структурного уровня. Несжимаемость компонентов материала на структурном уровне автоматически приводит к несжимаемости материала на макроскопическом уровне. Замкнутому циклу деформирования материала на

макроскопическом уровне соответствует замкнутый цикл деформирования связующего на структурном уровне нанокомпозита.

Предложенная модель использована для описания свойств эластомерных нанокомпозитов на основе одного бутадиен-стирольного связующего и разных видов наполнителей (активных и неактивных) и разных их объемных содержаний. Результаты исследований позволили установить неожиданный факт: обнаружена пропорциональная зависимость между параметром междууровневой связи (степенью правого тензора растяжений материала, стоящей в зависимости между макроскопическим правым тензором растяжения и правым тензором эффективных растяжений связующего) и константой упругости в дополнительном слагаемом выражения свободной энергии (которая учитывает влияние неоднородности поля напряжений связующего). Причем коэффициент этой пропорциональности является одним и тем же для всех материалов, независимо от объемной доли наполнителя и от его активности. Таким образом, для перехода от моделирования свойств эластомера без наполнителя к моделированию равновесных свойств эластомерного нанокомпозита нужно найти значение только одной новой константы. Из экспериментов на динамическом механическом анализаторе температурной зависимости эффекта Пейна были установлены значения параметра, близкие по смыслу к “энергии активации” взаимодействия полимера с наполнителями и бутадиен-стирольным каучуком. Оказалось, что используемый нами параметр междууровневой связи для разных материалов хорошо коррелирует с найденными значениями “энергии активации”. Обнаружена также корреляция между параметром междууровневой связи и величиной остаточной деформации материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ НШ-5389.2012.1, РФФИ 12-08-00740-а, программы РАН 12-С-1-1015.

**РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИ СДВИГОВОМ И ПРОДОЛЬНОМ
ДЕФОРМИРОВАНИИ ТРУБНЫХ МАРОК ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОЙ
ПЛОТНОСТИ**

**Rheological properties in shear and elongational deformation of the pipe grades of high
density polyethylene.**

Синёва Т.А., Кулезнёв В.Н., Севрук В.Д.

*Московский государственный университет тонких химических технологий
им. М. В. Ломоносова, (МИТХТ им. М. В. Ломоносова), Москва, пр. Вернадского 86*

В работе рассмотрено реологическое поведение при сдвиговом и продольном деформировании трубных марок полиэтилена высокой плотности (ПЭ) моно- и бимодального строения, имеющих различные величины минимальной длительной прочности MRS. Для определения MRS проводят испытания труб на стойкость к внутреннему давлению и экстраполируют полученные данные на 50 лет. MRS мономодального ПЭ равно 6,3 МПа, а бимодального – 10 МПа.

Сдвиговое деформирование осуществляли на капиллярном вискозиметре постоянного давления MB-3M, используя набор капилляров, позволяющих измерять не только зависимость вязкости от напряжения и скорости сдвига, а также скольжение в канале и потери давления на входе в капилляр.

Показатель текучести расплава ПТР, которым, в настоящее время, принято характеризовать реологические свойства расплавов полимеров представляет собой одну точку на зависимости вязкости от напряжения сдвига и не может отражать всей картины сложного деформирования расплава полимера в процессе получения трубы, кроме того нет взаимосвязи между величиной ПТР и величиной MRS.

В работе показано, что ПЭ63 и 100 имеют близкие кривые течения. Также исследовали изменение потерь давления от длины капилляра с различным отношением длины к диаметру L/D . Экстраполяция получаемых зависимостей по трем капиллярам с максимальным отношением 30/1 на нулевую длину капилляра приводит к отрицательным значениям потерь давления, что, возможно, связано с изменением механизма деформирования. Если величина L/D не превышает 20, то экстраполяция дает положительные величины.

Поскольку в процессе получения трубы полимер подвергается не только сдвиговому, но и продольному деформированию, то мы исследовали поведение ПЭ и при данном виде деформирования. Обнаружены существенные различия при растяжении образцов при температурах выше температуры плавления расплава, которые характеризовали величиной показателя растяжения расплава ПРР, представляющий собой время растяжения образца до 7-кратного удлинения. При этом предельные значения достигаемой обратимой деформации близки между собой у исследованных марок ПЭ. Однако, если мы сравним между собой эти марки по величине обратимой деформации за определенный промежуток времени, то она у них существенно различается. Учитывая, что время экструзии трубы определяется технологией и мало меняется, различие в величине эластической деформации за определенный промежуток времени может в значительной мере влиять на эксплуатационные характеристики труб.

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИАМИДА-6 В ПРИСУТСТВИИ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Deformation properties of polyamide-6 in the presence of polyelectrolyte solutions

Скворцова З.Н., Путина А.И., Лопатина Л.И.

Химический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова,

119991 г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр.3

Изделия на основе гидрофильных полимеров часто находятся в контакте с водными средами, в результате чего изменяются физико-химические и механические свойства полимеров. Для прогнозирования сроков службы полимерных изделий в условиях контакта с водой и водными растворами необходимо понимание механизма взаимодействия жидкости с полимером (транспортные процессы при проникновении жидкости в полимер, физико-химическое взаимодействие, возможная деструкция полимера и т.д.) Проведенные ранее в нашей лаборатории исследования механических свойств гидрофильных полимеров природного происхождения (целлофана, целлюлозы) показали, что степень воздействия водных растворов на прочность полимера может значительно изменяться в зависимости от электролитного состава раствора — от практически десятикратного снижения прочности в чистой воде до всего 30%-ного в растворах с низким значением коэффициента активности воды [1]. В литературе есть также указания на то, что степень воздействия воды на механические свойства полимеров так называемого промежуточного типа — между гидрофильными и гидрофобными, — также может меняться при растворении в ней электролитов [2-3]. Большое число исследований проведено на полиамидах (ПА), из которых наиболее подвержен действию воды ПА-6.

В данной работе механические свойства ПА-6 изучались после выдерживания в атмосфере различной влажности, в контакте с водой и водными растворами солей. Установлена однозначная корреляция между кинетикой и степенью пропитки ПА-6 водными растворами различного состава и активностью воды в этих растворах. Доказано, что внедрение растворов в полимер происходит путем диффузии, внедрение воды — по смешанному механизму: путем диффузии и вязкого течения.

Образцы испытывали на растяжение с постоянной скоростью деформации (50 и 100 мм/мин) на разрывной машине РМ-50К. Механические испытания показали, что наблюдаются 3 возможных варианта деформации образцов: хрупкое разрушение, пластическая деформация и довольно необычный и редко встречающийся — автоколебательное распространение шейки. Пластическое течение наблюдалось у образцов, выдержанных в атмосфере средней и высокой влажности ($>40\%$), а также выдержанных в воде или в растворах со значением активности $a_w > 0.5$. В образцах,

пропитанных растворами хлоридов лития и магния ($a_w < 0.3$), а также в образцах, выдержанных при низкой влажности, наблюдалось или хрупкое разрушение, или автоколебания. В конечном счете механические характеристики ПА-6 при данных условиях испытаний определяются влагосодержанием образцов. При влагосодержании образцов от 0 до 2% модуль упругости и предел вынужденной эластичности не отличаются от значений, полученных для сухих образцов, при повышении содержания воды до 5% происходит резкое падение этих величин, и для более влажных образцов механические характеристики соответствуют полностью пластифицированным образцам. Это соответствует результатам работы [4], в которой прослеживается подобная зависимость сегментальной подвижности макромолекул ПА-6 от содержания воды.

Выявлены условия, при которых в образцах ПА-6 наблюдается автоколебательное распространение шейки. Показано, что обнаруженные в работе два типа автоколебаний – с возникновением кавитационных полостей и без них, – также связано с различной активностью воды в пропитывающих растворах.

Литература

1. Анкудинова А.М., Скворцова З.Н., Траскин В.Ю., Перцов А.В. // Докл. РАН. 2004. Т.397. №5. С. 633.
2. More A.P., Donald A.M. // Polymer. 1993. V. 34. N 24. P. 5093.
3. Wyzgoski M., Novak G. // Journ. of Material Science. 1987. V. 22. P.1715.
4. Yokouchi M. // Journal of Polymer Science: Polymer Physics Edition, 1984. V. 22, P.1635.

**ТЕРМОГРАДИЕНТНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРЯДИЛЬНЫХ РАСТВОРОВ**
Temperature gradient device for studying the thermodynamic properties of dopes

Скворцов И.Ю., Семаков А.В.

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН

119991 Москва, Ленинский пр. 29, email: iskvortsov@ips.ac.ru

В настоящей работе приводится описание разработанной авторами установки, предназначенной для количественного исследования закономерностей изменения фазовых границ при визуальном контроле протекающих процессов.

Установка, названная термоградиентной, состоит из двух элементов Пельтье, термостатируемых жидкостным термостатом, на которых закреплена термоизолированная алюминиевая пластина. В центре и на краях пластины размещаются термопары К-типа.

Эта установка позволяет реализовывать различные температурные градиенты в требуемом диапазоне при достаточно однородном температурном поле.

На пластину помещается рабочий раствор и путем изменения тока, поступающего на элементы Пельтье, создается необходимый градиент температуры. Визуальные наблюдения позволяют определять температурные границы равновесной и предельной вынужденной кристаллизации растворителя, выделившегося при фазовом разделении.

Эксперименты, проведенные на этой установке, позволили определить значения бинодали и спинодали с погрешностью менее 1°C для систем ПАН-ДМСО и рефферные точки бинодали и спинодали в системах ПАН-ДМСО-вода.

В настоящее время планируется расширение возможностей установки путем измерения вязкоупругих свойств и оценки прядомости растворов при заданных температурно-концентрационных условиях.

Отметим, что простота и дешевизна установки позволяют рекомендовать ее для использования при входном контроле свойств применяемых прядильных растворов на производстве.

ОКИСЛЕНИЕ И ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЕ ПОЛИХЛОРОПРЕНА В РАСТВОРАХ**Oxidation and gelation in solutions of polychloroprene**

Смирнова С.Ю., Соловьев М.Е., Курганова Е.А. Кошель Г.Н.

Ярославский государственный технический университет

eol1n@rambler.ru, soloviev56@gmail.com

Хлоропреновые каучуки широко применяются в составе эластомерных клеев в качестве адгезивов для крепления резин к различным субстратам. В процессе приготовления клея и его хранения эластомер подвергается окислению, что в свою очередь, отражается на эксплуатационных характеристиках клея и адгезионного соединения. По сравнению с каучуками общего назначения (полиизопреном, полибутадиеном) окисление полихлоропрена является сравнительно малоизученным и практически не исследованы реакции, протекающие при окислении полихлоропрена в растворе в их взаимосвязи с реологическими характеристиками.

В настоящей работе проведено квантово-химическое моделирование реакций, протекающих на начальной стадии окисления полихлоропрена, и исследовано изменение реологических свойств растворов полихлоропрена в толуоле в процессе окисления.

Установлено, что существенную роль в процессе окисления полихлоропрена играет реакция дегидрохлорирования, которая протекает уже на начальной стадии окисления. Выделяющийся в ходе реакции хлористый водород оказывает влияние как на кинетику распада образующихся в ходе окисления каучука гидропероксидов, так и на вязкость раствора. Вязкость раствора не монотонным образом изменяется в ходе реакции. Уже на начальных стадиях окисления происходит быстрое уменьшение вязкости, после чего наблюдается образование геля. Исследование структуры геля показало, что он не связан с химическим сшиванием макромолекул, а возникает в результате сильных межмолекулярных взаимодействий, предположительно ассоциацией гидропероксидных групп. Гель полностью растворяется при небольших добавках соединений, разрушающих эти ассоциаты, например, спиртов. При дальнейшем окислении каучука в растворе вязкость начинает возрастать и образовавшийся ранее физический гель полностью растворяется. Этот процесс протекает симбатно с увеличением концентрации выделившегося хлористого водорода, который, по-видимому, принимает участие в разрушении ассоциатов.

Исследование влияния на кинетику окисления и гелеобразования антиоксиданта и катализатора окисления N-гидроксифталимида подтвердило рассмотренный выше механизм образования физического геля.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОГО ГИДРОГЕЛЯ НА ОСНОВЕ L-ЦИСТЕИНА И НИТРАТА СЕРЕБРА

Rheological properties of supramolecular hydrogel based on L-cysteine and nitrate silver

Спиридонова В.М., Пахомов П.М.

Тверской государственный университет

Получение новых гелей, изучение их строения и процессов гелеобразования является актуальной проблемой прикладной и фундаментальной науки. Этот интерес обусловлен широкой распространенностью гелей в живой и неживой природе, применением гелеобразующих материалов в технологических процессах и быту. Среди гелеобразующих систем особый интерес представляют супрамолекулярные гидрогели. Супрамолекулярные гели образуются благодаря различным типам слабых межмолекулярных взаимодействий (водородным связям, электростатическим, Ван-дер-Ваальсовым и донорно-акцепторным взаимодействиям), а переходы раствор–золь–гель в таких системах инициируется изменением pH, температуры. Гидрогели, исследуемые в настоящей работе, принадлежат к классу супрамолекулярных гелей с экстремально низкой концентрацией дисперсной фазы. Для таких систем наряду с пластической формосохранемостью часто наблюдается явление обратимой тиксотропии. Говоря о гелях, мы обычно имеем в виду системы с внутренней структурой, которая разрушается под действием приложенной силы в пределе текучести и, именно это является причиной падения кажущейся вязкости. Таким образом, этот переход обычно рассматривается, как объемный эффект. Целью работы стало: исходя из рассмотренного выше понимания гелеобразования, обсудить результаты систематического исследования реологии исследуемых гидрогельных систем, рассмотреть влияние различных факторов на физико-химические свойства и морфологию гелей, а также предположить структуру образующихся супрамолекулярных гидрогелей.

Реологические исследования выполняли на ротационном реометре Physica MCR 301 производства Anton Paar GmbH в следующих режимах деформирования:

- динамический малоамплитудный режим, в диапазоне угловых частот от 0.5 до 250 с⁻¹;
- измерение амплитудной зависимости модуля упругости путем сканирования по величине амплитуды при постоянной частоте 6.28 с⁻¹;
- измерение кривой течения в диапазоне напряжений сдвига от 0.01 до 40,0 Па.

Полученные результаты показали, что гели, сформированные в водных растворах систем L-цистеин/AgNO₃ в присутствии различных электролитов, являются вязкопластичными средами с дуализмом реологических свойств. Гидрогели ведут себя как твердоподобные материалы, (модуль упругости не зависит от частоты), но могут течь при очень низких напряжениях. Их кажущаяся вязкость падает на несколько десятичных порядков в узком диапазоне напряжений (что типично для вязко-пластичных материалов). Установлено, что количественные параметры гидрогелей зависят от их состава, но во всех случаях гелеобразование возможно при концентрациях реагирующих веществ, не превышающих 0,036 масс. %. Более того, существование гелевой структуры можно наблюдать при чрезвычайно низкой концентрации дисперсной фазы, вплоть до 6·10⁻⁴ масс. % Исследована совместимость исследуемого гидрогеля с поливиниловым спиртом, поливинилпирролидоном, нитроксимексидолом, цефатоксимом натриевой соли. Показано, что введение данных веществ повышает абсолютные значения реологических параметров (предел текучести и модуль упругости).

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭФФЕКТА СНИЖЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ В МАГИСТРАЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДЕ

Prediction of drag reduction effect value in industrial pipeline

Станкевич В.С., Коновалов К.Б., Полякова Н.М.

ГОУ ВПО НИ ТПУ, Томск, пр. Ленина, 30, konoko@mail.tpu.ru

Явление снижения турбулентности транспортируемой по трубопроводу жидкости при введении в поток небольших добавок полимеров (эффект Томса) известно более полувека и широко используется в трубопроводном транспорте углеводородного сырья. Эффект от применения антитурбулентных присадок (АТП) может достигать 80 % [1], однако этот показатель зависит от конкретных условий эксплуатации и качества присадки. Поэтому прогнозная оценка реальной ситуации применения АТП представляет интерес, поскольку позволяет не проводить опытно-промышленные испытания и экономить значительные средства.

Теоретической основой возможности прогнозирования поведения АТП в реальных условиях является связь объемного расхода перекачиваемой по трубопроводу жидкости с гидродинамическими параметрами течения и физико-химическими характеристиками системы полимер-перекачиваемая среда, а именно: величиной напряжения сдвига на стенке трубы, концентрацией и молекулярной массой полимера, являющегося основой используемой АТП, плотностью, вязкостью и термодинамическим качеством перекачиваемой углеводородной жидкости по отношению к полимеру.

Из модельных представлений поведения макромолекулярных клубков в турбулентном потоке [1] следует, что определяющим фактором для снижения турбулентности потока жидкости является напряжение сдвига на стенке трубопровода при соблюдении необходимого для проявления эффекта Томса условия, что число Рейнольдса, связывающее скорость потока, вязкость и плотность перекачиваемой жидкости, выше порогового значения, и имеет место турбулентный режим течения.

На основе математической модели [2], описывающей эффект снижения турбулентности потока при введении в него полимерной АТП, была разработана программа расчета дозировки АТП для достижения заданной производительности и/или величины снижения турбулентности потока в среде программирования Delphi 7 на языке Turbo Pascal.

Исходными данными для расчета являются параметры трубопровода и течения, свойства перекачиваемой жидкости, а также результаты лабораторного тестирования АТП на лабораторной установке (турбулентном реометре). Для того, чтобы последние не расходились с показателями снижения турбулентности в магистральном трубопроводе,

необходимо в лабораторной установке воспроизвести условия течения (а именно, число Рейнольдса и напряжение сдвига), реально существующие в трубопроводе.

Основными параметрами трубопровода являются внутренний диаметр трубы, длина участка, на котором действует АТП, перепад высот (если он имеется), давление нагнетания и давление в конце участка трубопровода (на приеме). Основным параметром течения является расход жидкости, реально существующий на данном трубопроводе. Для проведения расчетов в этом же окне требуется указать желаемое увеличение расхода при введении АТП. Необходимо указать также плотность перекачиваемой жидкости, ее кинематическую вязкость и данные лабораторного тестирования используемой АТП на турбулентном реометре, т.е. показатели снижения сопротивления углеводородной жидкости в зависимости от концентрации АТП в растворе.

После введения исходных данных программа осуществляет расчет, результаты которого выводятся в отдельном окне, где указывается величина снижения турбулентности потока (%), содержание присадки в нефти или нефтепродукте (ppm) и скорость введения присадки в трубопровод (кг/ч) для достижения заданной производительности.

С помощью разработанной программы можно рассчитать варианты увеличения производительности при различных перепадах давления в начале и конце трубопровода, требуемые для этого расходы присадки и скорость закачки ее в трубопровод и выбрать оптимальные для разных условий.

Проведенные опытно-промышленные испытания [3] показали, что расхождения между прогнозной оценкой и реальными результатами применения АТП составляют не более 15%.

Список литературы:

1. Антитурбулентная присадка LP_{TM}100. Для применения в сырой нефти. URL: www.liquidpower.com/en/Russian/ProductsandSolutions (дата обращения 07.05.2012).
2. Манжай В.Н., Несын Г.В. Эффект Томса: модельные представления о ламинарном подслое турбулентного потока // Тезисы докл. XVII Междунар. регион. симпозиума по реологии. – Саратов, 1994. – С.56.
3. Несын Г.В., Манжай В.Н., Гареев М.М., Полякова Н.М. и др. Промышленные испытания полимерной добавки «ВИОЛ» // Нефтяное хозяйство. – 1995. – №5-6. – С.81-82.

ПРЕДЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ СДВИГА ПАРАФИНИСТЫХ НЕФТЕЙ**Yield-point values of paraffin oils**

Стрелец Л.А., Богословский А.В., Алтунина Л.К.

Институт химии нефти СО РАН, пр. Академический 4, Томск.

Растворенные в нефти парафины склонны к образованию сетчатой объемной структуры. Образец при этом приобретают свойства твердообразного тела, характерным признаком которого является предельное (статическое) напряжение сдвига τ_0 . В то же время, в какой то мере являясь твердым телом, такого рода объекты транспортируются с помощью рассчитанных на жидкость технологических аппаратов. При этом возрастает величина пускового момента двигателей насосов и для адекватной эксплуатации системы в таких режимах нужна информация о текучести перекачиваемых объектов в области температуры застывания.

В указанных условиях исследованы несколько нефтей разных месторождений, отличающихся содержанием парафина и смолисто-асфальтовых веществ. Работа выполнена на реометре «Реостресс» RS 600 фирмы Нааке. Для определения τ_0 использовали метод экстраполяции кривых течения и метод контролируемой деформации.

В первом случае опыт проводится с минимально возможной скоростью сдвига, которая возрастала по логарифмическому закону от 0.2 с^{-1} до 20.0 с^{-1} . Полученные данные в виде зависимости напряжения от скорости сдвига описывали с использованием реологической модели Кэссона.

Во втором случае проводили измерения при плавном увеличении деформации образца вплоть до начала течения.

Границы текучести, определенные методом контролируемой деформации, привязаны к конкретному режиму деформирования и зависят от использованной скорости движения. Они отличаются от результатов, полученных методом экстраполяции кривых течения. Как правило - в большую сторону. Экстраполяция результатов метода контролируемой деформации к нулевой скорости движения приводит к уменьшению значений, сближая результаты обоих методов. В некоторых случаях достигается вполне удовлетворительное соответствие - нефть Фестивального месторождения ($T_z 25,5^\circ\text{C}$) при 20°C $\tau_{01} = 5,8 \text{ Па}$, $\tau_{02} = 6,6 \text{ Па}$, нефть Майского месторождения ($T_z 19,5^\circ\text{C}$) при 10°C $\tau_{01} = 8,63 \text{ Па}$, $\tau_{02} = 10,5 \text{ Па}$. Очевидно, для технологических целей следует использовать значения, полученные в режиме движения, соответствующем ожидаемым условиям эксплуатации объекта. При рассмотрении образцов как вещества на уровне коллоидной структуры, можно адекватно использовать результаты экстраполяции кривых течения.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСИЙ НА ОСНОВЕ ОЛИГОМЕРОВ**Rheological properties of oligomer based dispersions**

Суриков П.В., Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Н.

Московский государственный университет тонких химических технологий

имени М.В. Ломоносова, 119571, Москва, пр. Вернадского, д. 86,

МИТХТ им. М.В. Ломоносова, e-mail: plastmassy@mitht.ru

Повсеместное распространение композиционных конструкционных материалов на основе олигомеров придает важное практическое значение исследованиям реологического поведения исходных компонентов материалов и дисперсий на их основе.

В данной работе рассмотрены основные закономерности реологического поведения дисперсий на примере суспензий и эмульсий на основе олигоэпоксидов и олигоэфиров, в том числе дисперсий с частицами нанометровых размеров. Показаны общие закономерности роста и падения вязкости исследованных суспензий и эмульсий, определяемые гидродинамикой течения, термодинамикой взаимодействия компонентов и поверхностных явлений.

Наблюдаемые для исследованных эмульсий с каплями микронных размеров рост и падение вязкости с увеличением концентрации дисперсной фазы задается гидродинамическими эффектами, связанными с соотношением поверхностных натяжений компонентов эмульсии. Продемонстрировано селективное распределение между фазами эмульсии минерального наполнителя, определяемое смачиваемостью поверхности наполнителя жидкими компонентами эмульсии. Отмечаемое экстремальное падение вязкости от содержания в олигомерах и низкомолекулярных жидкостях частиц наполнителя нанометровых размеров детерминируется тепловым (броуновским) движением указанных частиц. Показано, что прочность и модуль упругости полученных из олигомеров композитов, содержащих наполнитель нанометрового размера, напротив, экстремально возрастают в области малых концентраций наполнителя ($<0,1\%$). Это позволяет предположить, что основным фактором, определяющим физико-механические свойства подобных композитов, являются дисперсии неагрегированных частиц наполнителя.

Результаты работы по установлению основных факторов, определяющих реологическое поведение суспензий на основе олигомеров, могут служить основой для разработки технологии получения гибридных композиционных материалов на основе олигомеров, в том числе и с частицами наполнителя нанометровых размеров.

**АНИЗОТРОПИЯ РАСТЕКАНИЯ РАСПЛАВА СВИНЦА ПО ПОВЕРХНОСТИ
МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ МЕДИ: МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ**

**Spreading anisotropy for molten lead / monocrystalline copper system: molecular
dynamics simulation and experiment**

Тимошенко Вадим, Боченков Владимир, Проценко Павел

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3

Методом дозированной капли исследовано растекание расплава Pb по поверхности меди. Эксперименты проводили при 450°C в вакууме и в газовой смеси He-H₂. В качестве подложек использовались монокристаллы меди с ориентацией (100) и (110), а также поликристаллические образцы. Изображение профиля растекающейся капли фиксировали при помощи высокоскоростной видеосъемки.

Моделирование растекания проводили методом классической молекулярной динамики (пакет программного обеспечения LAMMPS) с использованием многочастичного потенциала, полученного в рамках метода погруженного атома (EAM) [1]. Размер симуляционной ячейки составлял 115 x 115 нм. В качестве начальной конфигурации рассматривалась капля Pb сферической формы диаметром 16 нм. Моделирование проводили на гранях (100), (110), or (111) медной монокристаллической пластины.

По литературным данным анизотропия растекания (существенное отклонение формы линии смачивания от окружности) достаточно часто наблюдается при смачивании металлическими расплавами (например, в системах Au/Si [2] и Ag/Si [3]). Ранее нами было показано на системе Cu/Si, что это явление может быть обусловлено анизотропией растворения подложки в расплаве и при нанесении насыщенного раствора на подложку наблюдается линия смачивания в форме окружности. Цель данной работы – определить, можно ли наблюдать анизотропию растекания металлического расплава по гладкой металлической подложке в отсутствии растворения или образования интерметаллических соединений.

На каждую подложку были последовательно нанесены 2 капли расплава. Первая капля была нанесена сразу после выхода системы на заданную температуру. Вторая капля была нанесена после нагрева подложки с первой каплей до 520°C в течении 10 минут и последующего охлаждения до 450 °C. Показано, что кинетика растекания существенно отличается для первой и второй капли: в случае второй капли процесс растекания

завершается за ~ 10 мс, а первая капля растекается намного медленнее (время растекания превышает 100 с).

Анизотропия растекания наблюдалась только на поверхности (110) и только для первой капли. Линия смачивания принимала эллиптическую форму, вытянутую вдоль оси [100]. Во всех остальных случаях наблюдалась форма линии трехфазного контакта близкая к окружности.

Интерпретация экспериментальных результатов проведена с привлечением данных молекулярно-динамического моделирования. Показано, что растекание капли сопровождается образованием пленки-прекурсора толщиной в несколько атомных слоев перед линией смачивания. На поверхностях (100) и (111) форма фронта распространения пленки-прекурсора близка к окружности, а на поверхности (110) прекурсор распространяется намного быстрее в направлении [100]. При этом форма капель на поверхности прекурсоров была близка к сферической.

Работа поддержана РФФИ в рамках проекта 11-08-01244-а. Молекулярно-динамическое моделирование проводили на суперкомпьютере СКИФ-МГУ.

1. J.J. Hoyt, J.W. Garvin, E.B. Webb III, and M. Asta. *Model. Simul. Mater. Sci. Eng.* 2003. V. 11. 287.
2. B. Ressel, K. C. Prince, S. Heun, Y. Homma, *J. Appl. Phys.*, 2003, **93**(7), p 3886-3892
3. А.П. Вяткин, У.М. Кулиш, в сборнике «Поверхностные явления в расплавах и возникающих из них твердых фазах», Нальчик, 1965, с. 620-627

**РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ГИДРОФОБНО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ
АКРИЛОВЫХ СОПОЛИМЕРОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ**

Rheological behavior of hydrophobically modified acrylic copolymers in aqueous solutions

Томилина А.В., Молодова А.А., Емельянов Д.Н.

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина 23, Российская Федерация*

Благодаря повышенной способности к самопроизвольной организации в водной среде амфифильные сополимеры давно привлекают внимание исследователей. Показано, что в водной среде гидрофобные группы таких полимеров способны ассоциировать друг с другом и образовывать мицеллоподобные домены, в которых гидрофобные группы формируют ядро домена, а гидрофильные, экранируя ядро, оболочку. При этом гидрофобные группы амфифильных сополимеров в водной среде могут образовывать как внутримолекулярные, так межмолекулярные домены, состоящие из звеньев разных молекул. Такие домены могут играть роль сшивок между полимерными цепями, что сильно сказывается на характере их течения, приводит к резкому увеличению вязкости и образованию физического геля.

Целью данной работы было синтезировать и изучить влияние строения и состава на реологические свойства водных растворов гидрофобно-модифицированных (ГМ) акриловых сополимеров.

Для этого методом гетерогенной радикальной полимеризации в растворе хлороформа были синтезированы сополимеры акриловой кислоты (АК) с метилакрилатом (МА), этилакрилатом (ЭА), бутилакрилатом (БА), 2-этилгексилакрилатом (ЕГА) и гептилакрилатом (ГА) с различным содержанием эфирных звеньев от 1 до 20 мол.% и молекулярной массой от 0,8 до $1 \cdot 10^{-5}$.

Исследование зависимости вязкости от концентрации полученных растворов показало, что с увеличением содержания гидрофобного фрагмента и с увеличением его длины значительно возрастает вязкость полимерного раствора. А также происходит смещение критической концентрации перехода системы из вязконьютоновского в структурно-вязкое реологическое состояние в область меньших значений.

Изменяется также и характер течения. Растворы сополимеров АК – МА, АК – ЭА и АК-БА являются псевдопластическими жидкостями, вязкость которых снижается с увеличением скорости сдвига. С увеличением длины гидрофобного фрагмента, т.е. при переходе от бутилакрилата к гексилакрилату и 2-этилгексилакрилату, на кривых течения появляется предел текучести и сильно возрастает модуль упругости полимерных систем.

ПЛАСТИФИКАТОРЫ ДЛЯ ПОЛИСТИРОЛА

Polystyrene plasticizers

Трифорова О.М., Борейко Н.П., Кабанова Р.З.

ОАО «Нижнекамскнефтехим», г. Нижнекамск

Одним из важнейших методов структурной модификации полимерных веществ является их пластификация. Практический прием пластификации заключается во введении в полимер различных веществ (пластификаторов) с целью изменения вязкости системы, увеличении гибкости макромолекул и подвижности надмолекулярных структур. Пластификаторами являются высококипящие мало летучие жидкости, не испаряющиеся при переработке полимеров и остающиеся в изделиях, или твердые вещества, имеющие невысокую температуру плавления и расплавляющиеся при переработке.

В процессе производства полистирола (ПС) в качестве пластификатора используются белые минеральные масла – это общее название масел, применяемых в фармакопии и парфюмерии.

Существуют строгие требования к белому маслу, используемому в качестве пластификатора в производстве полистирола для пищевой промышленности.

В настоящей работе изучены особенности полимеризации стирола в присутствии разных пластификаторов (табл. 1) и влияние их на свойства синтезированного полимера.

Таблица 1- Сопоставительные характеристики масел

Наименование показателя	Базовый образец	Вазелиновое масло		Косметическое масло №3
		Образец №1	Образец №2	
Кинематическая вязкость при 40°C, мм ² /с	75,5	52,3	71,4	36,4
Кинематическая вязкость при 50°C, мм ² /с	44,5	32,0	43,2	23,1
Кинематическая вязкость при 100°C, мм ² /с (расчетная)	9,4	6,9	9,1	5,6
Плотность при 20°C, г/см ³	0,876	0,870	0,873	0,865
Показатель преломления n_d^{20}	1,474	1,474	1,474	1,474
Летучесть: Температура отгона при 10 мм рт.ст. : 1 % об 2,5 % об	266 -	245 254	265 268	241 243

Оценку влияния пластификаторов с разными температурно-вязкостными показателями на процесс полимеризации осуществляли путем измерения:

- вязкости в процессе гомополимеризации стирола и сополимеризации стирола с полибутадиеном на ротационном вискозиметре Брукфильда DV-П + PRO фирмы «BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, INC» (США) при температурах 110°C и 120°C, скорости вращения шпинделя 30 об/мин;

- конверсии стирола в процессе синтеза ударопрочного полистирола (УППС) на лабораторной установке при температуре 120°C.

Опытами показано, что скорость полимеризации стирола и сополимеризации стирола с каучуком не зависит от вязкости минерального масла и снижается при использовании пластификатора с менее глубокой степенью очистки (образцы 1-3). Инверсия фаз происходит при одинаковой конверсии мономера, соответствующей вязкости среды ~ 2500 сПз.

Оценку влияния различных масел на характеристики полистирола проводили по содержанию гель-фракции, молекулярно-массовым и температурным характеристикам.

Для исследования температурных характеристик использовали методы ТГА и ДСК (табл.2).

Таблица 2 – Влияние пластификатора на температуру разложения (воздух, 5 град/мин) и стеклования синтезированных образцов УППС

Наименование пластификатора, используемого в опытах	Температура потери массы, °С			Температура стеклования, °С
	1%	2%	5%	
Базовый образец	347,4	352,1	361,8	94,2
Вазелиновое масло образец №1	327,5	337,1	353,2	77,3
Вазелиновое масло образец №2	330,0	338,1	354,6	88,0
Косметическое масло образец №3	330,3	340,2	354,1	-

Анализ полученных результатов показал сопоставимые значения эффективности прививочной сополимеризации и молекулярно-массовых характеристик всех образцов. Температура потери 1-5 % массы полистирола синтезированного с маслами № 1-3 практически одинакова и несколько выше при использовании базового образца.

Изменение температуры стеклования полимера (ΔT_c), являющейся критерием эффективности пластификатора, наибольшее при использовании образца № 2.

Установлено, что показатели качества, заложенные в требованиях к пластификаторам (кинематическая вязкость, плотность, показатель преломления, летучесть), являются важными, но не ключевыми.

РАСТЕКАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ**The spreading of structured disperse systems**

Урьев Н.Б., Борисов А.О.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН)

РФ, 119071, Москва ГСП-1, Ленинский проспект, 31, корп. 4

Свойства структурных взаимодействий дисперсных систем определяются совокупностью контактов между частицами и интенсивностью механических воздействий на дисперсные структуры. Существенное значение при этом имеет способность дисперсных систем к самопроизвольному агрегированию, что сопровождается появлением предельного напряжения сдвига, ростом вязкости и уменьшением текучести [1,2]. С коллоидно-химической точки зрения в основе этого процесса лежит межмолекулярное взаимодействие, описанное в общем (макроскопическом) подходе Лифшица, или феноменологическом (микроскопическом) подходе Гамакера и теории Лондона [3]. Далее, по известной концентрации дисперсной фазы в дисперсионной среде, и известной зависимости взаимодействия частиц (агрегатов) в системе, можно построить модель агрегированной системы [2]. Для этого можно, например, использовать представление об агрегате как об однородной шаровой структуре, с набором эффективных параметров, определяющим размер, плотность, проницаемость (для дисперсионной среды) и устойчивость агрегата. Динамика агрегатов в среде определяется концентрацией дисперсной фазы: при умеренной концентрации (до 40%, как в [4]) используется представление о системе как совокупности частиц (агрегатов), движущихся в некоторой среде с эффективной вязкостью (теория среднего поля), которая учитывает как вязкость собственно дисперсионной среды, заполняющей пространство между агрегатами, так и объем агрегатов. При высокой (от 40%) концентрации нужно использовать теорию смазки, и становится необходим учет механических столкновений агрегатов. По этим данным определяется вид тензора вязких напряжений для системы, и, таким образом, характер движения частиц фазы (и агрегатов — структур) в среде - ньютоновский или неньютоновский (в предположении, что дисперсионная среда представлена ньютоновской жидкостью), и, соответственно, способ описания данной системы — системой уравнений Навье-Стокса [5] или способами, основанными на методе Максвелла [6].

Эти представления использованы при построении элементов теории растекания структурированных (неньютоновских) дисперсных систем по твердым поверхностям по аналогии с таковой для ньютоновских жидкостей, но с учетом наличия объемной структуры [7]. Во-первых, различают статический и динамический режимы растекания. В первом случае система на твердой поверхности находится в поле тяжести (приложена вертикальная сила), а во втором, кроме вертикальной силы, имеет место напряжение

сдвига (горизонтальное). Во-вторых, растекание, кроме поверхностных явлений на границе раздела фаз твердой поверхности и структурированной системы (играющих решающую роль при растекании ньютоновских жидкостей), в превалирующей степени определяется объемными структурно-реологическими свойствами системы: степенью разрушения коагуляционной структуры (агрегатов), разрывами сплошности и, как следствие, значением эффективной вязкости (или эффективной текучести).

Таким образом, растекание структурированных дисперсий имеет смысл рассматривать в различных областях пространства параметров теории: от сильно структурированного состояния, характеризуемого наибольшей эффективной вязкостью и низкой скоростью сдвига до минимально структурированного состояния (разрушения агрегатов) с наименьшей вязкостью и высокой скоростью сдвига, с учетом эффектов, имеющих место на границе раздела фаз дисперсии и твердой подложки (например, пористая структура поверхности, шероховатость), и возможности послойного стекания дисперсий из-за возникновения разрывов сплошности. При этом имеет место однозначное соответствие между кинетикой распада коагуляционной структуры (при заданной скорости сдвига и возникающем распределением плотности, в частности, в результате седиментации) и временем и скоростью растекания дисперсии, а также краевыми углами и радиусами растекания.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-03-00473.

1. Урьев Н.Б.// Успехи химии. 2004. Т. 73. № 1. с.39.
2. Урьев Н.Б., Потанин А.А. Текучесть суспензий и порошков. - М.: Химия, 1992. - 256с.
3. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. – М.: Наука. 1986. - 399с.
4. Потанин А.А.// Физико-химические основы регулирования структурно-реологических свойств и устойчивости высококонцентрированных водоугольных суспензий в процессе трубопроводного гидротранспортирования. Сборник научных трудов. - М.: НПО «Гидротрубопровод». 1989. с.44
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. - М.: Наука, 1988. - 736с.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. - М.: Наука, 1987. - 248с.
7. Урьев Н.Б.// Физикохимия поверхности и защита материалов. 2010. Т. 46. № 3. с.227.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРО-БИТУМНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Rheological properties of sulphur-containing-bituminous compositions

Урьев Н.Б.¹, Емельянов С.В.¹, Ижик А.П.¹, Кочнев В.И.¹, Кабанов А.А.¹, Титов К.А.¹,
Погуляйко В.А.², Котов С.В.²

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН)

РФ, 119071, Москва ГСП-1, Ленинский проспект, 31, корп. 4.

2. ОАО «Средневожский научно-исследовательский институт по нефтепереработке»

(ОАО «СвНИИ НП»), РФ, 446200, Самарская обл., г. Новокуйбышевск

Необходимость и целесообразность введения серы в битумные вяжущие обусловлены несколькими факторами. Во-первых, как известно [1], серо-битумные вяжущие (СБВ) обладают лучшим комплексом эксплуатационных характеристик по сравнению с битумом, на основе которого их изготавливают. Во-вторых, очевидно стремление производителей битумсодержащих материалов путем введения различных добавок (органической или неорганической природы) сохранить цены на конечную продукцию ввиду удорожания исходного сырья (битума) из-за роста цен на нефть. В-третьих, имеющиеся в России и постоянно пополняемые запасы серы, получаемой как продукт переработки нефти и газа, создают угрозу экологической безопасности. Поэтому применение серы в производстве СБВ и других битумсодержащих материалов позволит комплексно подойти к решению существующих в данной области вопросов.

Исследованы СБВ, отличающиеся по типу битумной основы и содержанию серы (до 25%), с использованием ротационных вискозиметров HAAKE RS-1 и Реотест 2 в температурном интервале от 80°C до 140°C в диапазоне скоростей от 0,6 с⁻¹ до 437 с⁻¹, а также на автоматическом коническом пластометре МП-2С в температурном интервале от 0°C до 80°C.

В ходе работы установлено, что поведение СБВ в указанном температурном интервале в широком диапазоне скоростей сдвига соответствует ньютоновским жидкостям (рис.1), и только при высоких скоростях сдвига (300 – 400 с⁻¹) для некоторых систем наблюдалось отклонение от линейности, характерное для псевдопластичных жидкостей.

Показано, что введение серы в композиции приводит к снижению вязкости в сравнении с базовым битумом.

Изменение предельного напряжения, определенного на коническом пластометре МП-2С, битумных композиций в зависимости от количества введенной серы имеет для ряда композиций экстремальную зависимость (рис.3).

В ходе выполнения работы был установлен следующий факт. При определенном значении частоты деформации модуль накопления претерпевает экстремальное изменение. Подобное явление наблюдается вблизи частоты 10с^{-1} ($\lg \omega = 1$ (с^{-1})) (рис. 3) и оно интересно еще и тем, что через короткий интервал частот зависимость модуля накопления возвращается к своему традиционному ходу. Данное искажение на кривой $G'=f(\omega)$ следует связать с составом и структурой СБВ. Однако на данный момент однозначно ответить на вопрос о природе изменений модуля накопления затруднительно.

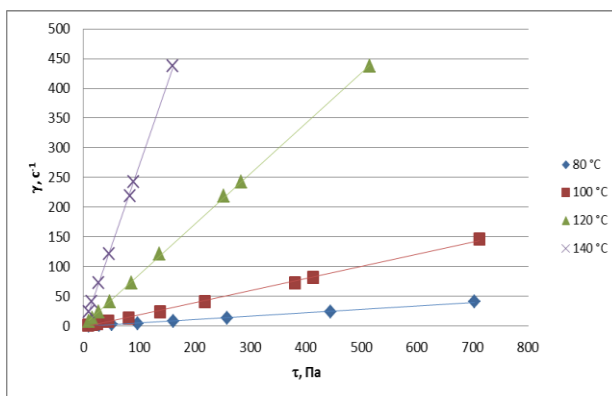


Рис.1 Зависимость напряжения сдвига от градиента скорости сдвига СБВ при различных температурах

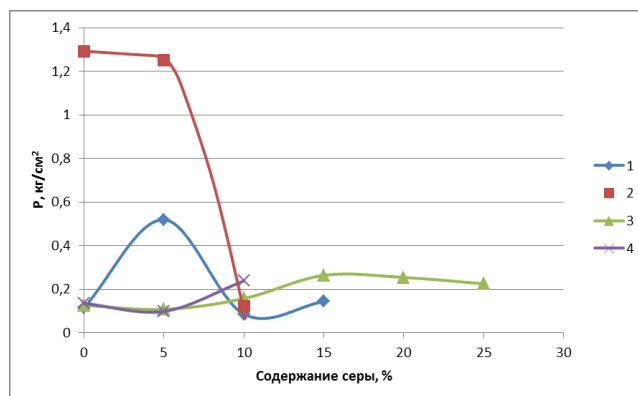


Рис.2 Зависимость предельного напряжения сдвига для исследованных композиций СБВ от содержания серы при 20 °C: 1 – СБВ 1, 2 – СБВ 2, 3 – СБВ 3, 4 – СБВ 4

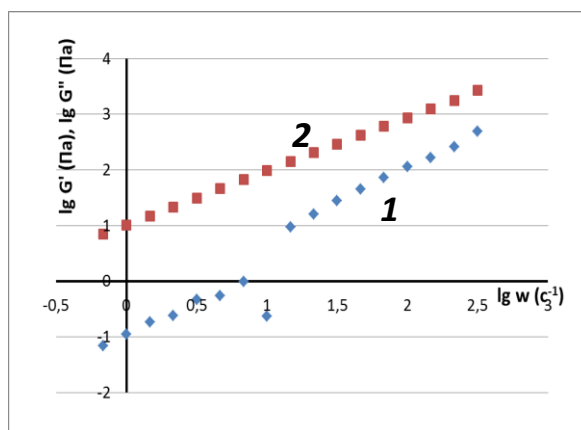


Рис. 3. Зависимость модулей накопления (1) и потерь (2) от частоты деформации СБВ 2 при 80 °C и амплитуде 10' в двойных логарифмических координатах

1. Иваньски М., Урьев Н.Б. Асфальтобетон как композиционный материал. М.: Техполиграфцентр, 2007. - 668с.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №12-03-00473

УПРАВЛЕНИЕ ОПЕРАЦИЯМИ ФОРМОВАНИЯ УПРУГО-ПЛАСТИЧНЫХ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Management of operations of formation of elastic and plastic food environments

д.т.н., проф., Черных В.Я.

ФГБОУ ВПО Московский государственный университет пищевых производств

125080, г. Москва, Волоколамское шоссе д.11

Технологические операции производства пищевых продуктов характеризуются многокомпонентностью исходного сырья, разной интенсивностью механического или теплового воздействия, различным соотношением дисперсионной среды и дисперсной фазы, разнообразием протекающих физических, коллоидных, биохимических и микробиологических процессов, обуславливающих определенное реологическое поведение полуфабрикатов при реализации той или иной операции и получение специфических показателей текстуры готовых изделий.

При протекании технологических операций формования, связанных с затратой механической энергии необходимо в оперативном режиме исходя из реологического состояния пищевой среды подбирать необходимую интенсивность деформационного воздействия на неё, посредством установления оптимальных значений частоты вращения рабочих органов формующих машин и оптимальной продолжительности протекания каждой из технологической операций, входящих в стадию формования.

Модельной системой проявляющей упруго-пластично-вязкие свойства при формовании было выбрано хлебопекарное пшеничное тесто, обладающее высокой динамичностью изменения своих реологических свойств за счет протекания коллоидных, биохимических и микробиологических процессов, связанных с жизнедеятельностью микроорганизмов – дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий.

Деформация тестовой заготовки при формообразовании носит упругий, упруго-пластичный и пластичный характер и является основным фактором, определяющим изменение физико-механических свойств поверхностного слоя заготовки при формовании. Она обуславливает протекание внешнего трения, приводит к изменению площади фактического контакта и физического рельефа поверхности, вызывает ряд явлений, оказывающих решающее влияние на значение сил трения и степень уплотнения поверхностных слоев обрабатываемой массы. Пластическое деформирование тестовой заготовки зависит от продолжительности действия нормальной нагрузки. Следовательно, при наличии трения наблюдается связь между силой трения и реологическими свойствами соприкасаемых тел [1].

При производстве массовых хлебобулочных изделий, например, батанообразных изделий на стадии формования присутствуют операции округления тестовых заготовок, их вальцевания и закатки, а при производстве слоеных сдобных изделий присутствует только операция многократного складывания и вальцевания пласта пшеничного теста с маргарином.

Для контроля реологических свойств тестовых заготовок в процессе их формования была разработана информационно-измерительная система на базе прибора Do-Corder DCE-330, которая позволяет подключать различные насадки для округления, вальцевания и закатки [2].

В виде примера (см. рисунок 1) представлена информационно-измерительная система для исследования операции округления тестовых заготовок, а на рисунке 2 - характерная кривая изменения величины крутящего момента на приводе диска данного округлителя при реализации данной технологической операции.

Как видно из графика, кривая имеет ярко выраженный экстремум максимум, после которого наблюдается спад – уменьшение величины крутящего момента и линейный участок – платофазу, на котором величина крутящего момента существенно не меняется. Поэтому округление тестовой заготовки можно разделить на три этапа: на первом этапе (участок кривой №1) скачкообразное увеличение крутящего момента связано с попаданием тестовой заготовки в округлитель и зацеплением ее с плоскостями несущего (дискового) и формующего рабочих органов, которые на первоначальном этапе изменяя форму тестовой заготовки и нарушая сплошность её поверхности приводят к небольшому увеличению крутящего момента за счет прилипания, т.е. появления сил адгезии, далее на втором этапе (участок кривой №2) идет изменение формы тестовой заготовки, она становится более шарообразной и её площадь контакта с формующими органами постепенно уменьшается, что приводит при одном и том же адгезионном напряжении к снижению величины крутящего момента на приводе округлителя.



Рис.2. Прибор Do-Corder DCE-330 с насадкой для округления тестовых заготовок

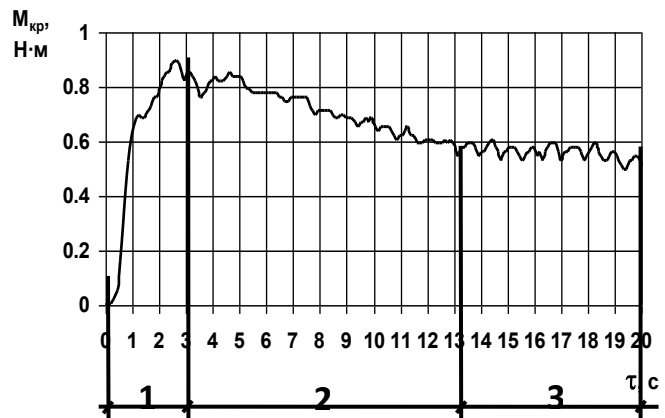


Рис.3. Характерная кривая изменения крутящего момента на приводе формующего органа в процессе округления тестовой заготовки.

Когда тестовая заготовка приобрела форму шара то величина крутящего момента на приводе несущего органа округлительной машины остается на одном и том же уровне, т.е. появляется платофаза (начало участка №3 – момент готовности тестовой заготовки

при округлении). Незначительное уменьшение крутящего момента на участке 3 может связано с уменьшением вязкости теста вследствие перехода механической энергии в тепловую.

Далее используя соответствующие технологические насадки были получены кинетические и динамические кривые операций вальцевания и закатки тестовых заготовок, а также их слоения с маргарином, позволившие установить оптимальные режимы формирования структуры тестовых заготовок при производстве батона нарезного и слоеных сдобных изделий.

Таким образом, предлагается методология управления технологическими операциями округления, вальцевания, закатки и слоения пшеничного теста (тестовых заготовок), за счет установления рациональной частоты вращения рабочих органов формующих машин и оптимальной продолжительности протекания соответствующих формующих операций. На основании проведенных исследований установлено, что изменение количества механической энергии, затрачиваемой на формирование структуры тестовых заготовок при округлении, вальцевании и закатке имеет один и тот же характер в зависимости от частоты вращения рабочих органов формующих машин.

Литература:

1. Ткаченко И.П. Исследования процессов формования тестовых заготовок в округлительных машинах. Киев.: дисс. на соиск. ст. к.т.н., 1974.
2. Черных В.Я., Максимов А.С., Лебедев А.В. Управление реологическими свойствами упруго-пластично-вязких пищевых сред при формовании (с.216-236). Теоретические основы пищевых технологий: В 2-х книгах. Книга 1.- М.: КолосС, 2009. – 608с.:ил.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНУЛИНА НА ПАРАМЕТРЫ ЗАМЕСА ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА И КАЧЕСТВО ХЛЕБА

Influence of inulin properties on wheat dough mixing and bread quality

М.В. Чистова¹, В.Я. Черных¹, Б.Н. Бойко², Н.С. Думская²

*¹ФБГОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств»,
125080, г.Москва, Волоколамское шоссе, д.11*

²Институт биологического приборостроения РАН, 142290, Московская обл., г.Пушино.

Многочисленные исследования показывают, что потребление продуктов, имеющих в своем составе инулин, способствует стимулированию минерального обмена, увеличивая усвоение кальция, избирательной стимуляции роста бифидо- и лактобактерий, и даже уменьшению риска развития рака кишечника. Применение инулина при производстве хлеба способствует повышению водопоглотительной способности муки, увеличению выхода готовых изделий, снижению технологических затрат – упека и усушки [1,2].

Целью настоящего исследования являлось изучение физико-химических свойств коммерческого препарата инулина Beneo HP (Orafti, Бельгия) и его влияния на протекание стадии замеса пшеничного теста.

Для исследования теплофизических свойств, а также для определения содержания инулина в препарате применяли дифференциальный сканирующий микрокалориметр ДСМ 10м, производства ИБП РАН [3]. Установлено, что в порошке инулина Beneo HP присутствуют две фракции: со степенью полимеризации 14 и 20. Процентное содержание данных фракций составляет 55% и 44% соответственно. Рассчитанное по удельной энергии плавления общее содержание кристаллического инулина в порошке составляет 99% по остаточной «сухой» массе. Удельная энергия и степень полимеризации определялись по температуре вершины пика на основании данных, приведенных в [4].

Замес теста осуществляли с помощью прибора «Do-Corder C3» в тестомесильной емкости S300, в которую вносили все рецептурные компоненты. Количество воды, необходимое для замеса теста определяли исходя из консистенции теста 640-650 е.ф. Частота вращения месильных органов в процессе замеса теста составляла 63 об/мин. Момент готовности теста в процессе замеса определяли по экстремальному максимальному значению крутящего момента на приводе месильных органов. На рисунке 1 показана кинетика замеса пшеничного теста без инулина (1) и с его внесением (2).

Для определения рациональной продолжительности замеса пшеничного теста с инулином проводили выпечку изделий по вариантам: А – продолжительность замеса 2 мин, Б – 8 мин, В – 16 мин, Г – 30 мин. Было установлено, что проба хлеба с инулином, приготовленная по варианту А обладала наилучшими показателями качества.

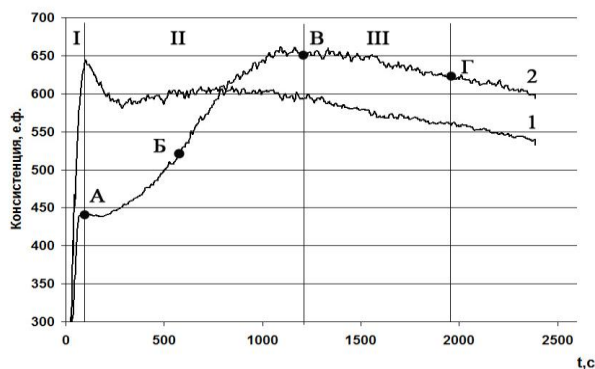


Рисунок 1 – Кинетика консистенции пшеничного теста при замесе без инулина (1) и с его внесением (2)

При исследовании влияния дозировки воды на реологические свойства пшеничного теста с инулином и качество хлебобулочных изделий было установлено, что пробы хлеба с инулином, обладавшие к моменту готовности консистенцией 450-500 е.ф., имели наилучшие показатели качества.

Таким образом, в данной работе исследованы теплофизические свойства коммерческого препарата инулина Beneo HP; разработаны технологические рекомендации производства пшеничного хлеба с инулином, предусматривающие замес пшеничного теста с установленной дозировкой инулина с консистенцией теста 480-500 е.ф., в течение 110-120 с и его созревании в течение 90-110 мин, окончательную расстойку тестовых заготовок – 40-60 мин и выпечку хлеба при $t = 220-230^{\circ}\text{C}$ в течение 24-26 мин.

Список использованной литературы

1. Biedrzycka E., Bielecka M., Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. Trends in Food Science and Technology. - 2004. – vol.15. p.170–175.
2. Causey J.L., Feirtag J.M., Gallaher D.D., Tunland B.C., Slavin J.L. Effects of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men. Nutrition Research.- 2000.- vol.20(2). – p.191-201.
3. Бойко Б.Н. Прикладная микрокалориметрия: отечественные приборы и методы. М.: Наука – 2006. – 119 с.
4. Blecker C., Chevalier J.-P., Fougnyes C., Van Herck.-C. J., Deroanne C., Paquot M. Characterisation of different inulin samples by DSC. – Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. - 2003. - vol.71. – p. 215-224.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРАНУЛИРОВАННОГО ЧАЯ**Rheological properties of granulated tea***Чувахин С.В.**Московский государственный университет пищевых производств**125080, Москва, Волоколамское ш., 1*

Решение задачи экономии сырьевых ресурсов, сокращение потерь и отходов, повышение качества чая, возможно путём освоение техники и технологии производства гранулированного чая из не пользующихся спросом мелкодисперсных фракций чайного сырья (высевка, крошка). Разрабатываемое технологическое оборудование должно обеспечить повышение биологической ценности черного и зеленого чая, которые являются наиболее потребляемыми. Ключевыми технологическими процессами при этом являются смешение высева и крошки, увлажнение полученной смеси обогащающими или нейтральными связующими жидкостями.

Целью работы явилось исследование структурно-механических характеристик ингредиентов гранулированного чая и их смеси при условиях их деформирования близких к реализуемым в оборудовании. Был разработан прибор, в котором реализовано плоско-параллельное течение частиц высева и крошки. Результаты исследования реологических характеристик компонентов при разных значениях влажности показали, что они относятся к псевдопластическим телам. Индекс течения меньше единицы и практически не изменяется, а коэффициент консистенции уменьшается с увеличением влажности. При влажности $65 \pm 1,3 \%$ эффективная вязкость испытываемых материалов одинакова. Следовательно, с точки зрения создания наилучших условий их смешения необходимо, чтобы влажность высева и крошки поддерживалась на этом уровне.

Исследования реологических характеристик смеси увлажненных ингредиентов на ротационном вискозиметре "Реотест-2". Эксперименты проводили для различных значений соотношений компонентов. Индекс течения был практически постоянен, а коэффициент консистенции был минимальным при соотношении компонентов 1:1. Следовательно, с энергетической точки зрения смешение высева и крошки целесообразно проводить при соотношении массовых долей смешиваемых компонентов, равной единице.'

Опыты в условиях одноосного сжатия показали, что мгновенный модуль принимает минимальное значение при соотношении компонентов 1:1, а остаточная деформация с ростом напряжения увеличивается. Следовательно, гранулирование целесообразно вести при максимально возможном давлении.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСМУКОЗАЛЬНОЙ ДОСТАВКИ БЕЛКА ПРИ СПЕЦИФИЧЕСКИХ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ КОНТЕЙНЕРОВ БЕЛКОВ И МУКОЗЫ (ДИСПЕРСИИ МУЦИНА)

Modeling of transmucosal protein delivery at specific rheological properties of containers and mucosa (mucin dispersions)

Шабанов М.П., Майданник В.А., Ямпольская Г.П.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Химический факультет, кафедра коллоидной химии

Использование белков в фармацевтических целях затруднительно в связи с неоптимизированной доставкой в место назначения в организме. Пероральное администрирование неприемлемо из-за расщепления белка протеолитическими ферментами желудочно-кишечного тракта, при трансдермальной доставке лекарственные вещества (ЛВ) должны быть низкомолекулярными ($M \leq 500$ Да), трансмукозальная доставка (ТМД) в настоящее время считается перспективной для доставки белков (природные ЛВ). Причем из многочисленных форм контейнеров белка, описанных в литературе, использование гелей в качестве контейнеров для ТМД вызывает наибольший интерес.

Разработаны трехкомпонентные (вода-АОТ-лимонен) лиотропные системы. Показано, что эти системы способны включать белок (лизоцим, М.м. 14.5 кДа) – четырехкомпонентные системы (вода-АОТ-лимонен-лизоцим). Таким образом, системы могут рассматриваться как контейнеры белка. Методом поляризационной микроскопии показано, что все лиотропные системы представлены лиотропными ЖК фазами. Для моделирования реологических свойств мукозы использовали дисперсии муцина, поскольку из литературы известно, что муцин регулирует многочисленные функции мукоз, в основном, отвечая за гель-золь переходы. Используемый в работе муцин охарактеризован методами КУРЛС и ИК спектроскопии.

Для конкретизации результатов по моделированию ТМД изучены реологические свойства всех систем в стационарном и динамическом режимах.

Лиотропные ЖК фазы в зависимости от температуры и концентрации белка в них классифицированы как гели, слабые и критические гели. По реологическим свойствам дисперсии муцина в воде pH~2,3 представляют собой высокоэластичные слабые гели. Эта система выбрана в качестве модели мукозы в модельном эксперименте по проверке проницаемости белка. В качестве контейнера белка в этом случае выбрана ЖК фаза, обладающая свойствами критического геля. Прохождение белка через модельную «мукозу» определяли по поглощению в УФ спектре при длине волны (290 нм) поглощения лизоцима. Доказана возможность ТМД белка для модельных систем с выбранными реологическими свойствами. Высказано мнение, что дальнейшее исследование модельных систем при вариации реологических свойств контейнеров и дисперсий муцина позволит оптимизировать ТМД белков.

ЭЛЕКТРОАКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ ПОЛИФОСФАЗЕНА

Poly(phosphazene) based electroactive polymer films

Шабеко А.А.¹, Семаков А.В.¹, Френкин Э.И.¹, Тур Д.Р.² Куличихин В.Г.¹

¹ *Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, magst@mail.ru*

² *Институт элементоорганических соединений им. Несмеянова РАН*

Полифосфазены – фторсодержащие полимеры неорганической природы. Большой научный и практический интерес представляют их электрофизические свойства, обусловленные особенностями электронного строения полимера, такими как: делокализация электронных состояний основной цепи; высокое значение дипольного момента атомных группировок вдоль цепи, наличие электроотрицательных атомов фтора в боковых функциональных группах молекулы. Высокомолекулярный ($M > 10^7$) полибистрифторэтоксифосфазен (ПФ), высокой химической однородности (99,99% основных звеньев), узкого молекулярномассового распределения ($M_w/M_n < 1,2$), синтезированный в ИНЭОС РАН, поляризуется при деформировании и способен длительное время сохранять электрический заряд.

Допирование ПФ солями лития позволяет существенно увеличить пьезоотклик пленок и получить материалы с пьезомодулем, значительно превышающем пьезомодуль такого полимерного пьезоэлектрика как ПВДФ. На основе таких ПФ-пленок были созданы прототипы высокочувствительных сенсорных устройств.

В постоянном электрическом поле происходит дополнительная поляризация ПФ-пленок с образованием остаточного электрического заряда при температурах как выше температуры перехода в мезоморфное состояние (80°C), так и ниже. При этом остаточный потенциал пленок, созданный за счет внешнего электрического поля, также удерживается длительное время. Изменяя направление внешнего электрического поля можно управлять величиной и направлением поля электрета.

Иными словами, пленки ПФ можно использовать для записи сенсорной информации и для регистрации внешних электрических полей.

ПФ-пленки обладают электрострикцией. При воздействии напряжения пленки деформируется так, что деформация пропорциональна квадрату приложенного электрического поля. Это позволило создать на основе ПФ-пленки, допированной солью Li, активатор - электромеханическое устройство, способное изгибаться под действием приложенного напряжения.

**СПЕКАНИЕ В СИСТЕМАХ ГИДРОКСИАПАТИТ /(NaCl , KCl и CaCl_2):
ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ГРАНИЦ РАЗДЕЛА ФАЗ**

**Syntering in hydroxyapatite/(NaCl , KCl and CaCl_2) systems: influence of interfacial
reactivity and thermodynamics**

*Михаил Шехирев², Сергей Гусев¹, Павел Проценко¹, Татьяна Сафронова¹, Валерий
Путляев^{1,2}*

¹*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*

²*Факультет наук о Материалах МГУ имени М.В. Ломоносова*

119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3

Керамика на основе гидроксиапатита (ГАП , $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)(\text{OH})_2$) – хорошо известный перспективный материал для протезирования костной ткани. Получение высококачественной керамики на основе ГАП спеканием является сложной и до конца не решенной к настоящему моменту задачей. Используя жидкофазное спекание можно заметно улучшить микроструктуру и прочность фосфатной керамики. Важнейшими факторами, определяющими качество полученной жидкофазным спеканием керамики, являются возможность протекания химических реакций на границе раздела фаз, смачиваемость керамики спекающей добавкой, термодинамические характеристики границ раздела фаз в формирующейся системе. В литературе рассмотрены различные спекающие добавки для керамики на основе ГАП [1]. Наиболее интересными представляются биосовместимые хлориды [2]. Целью настоящей работы является изучение влияния характера химических взаимодействий керамического материала со спекающей добавкой и термодинамических характеристик границ раздела фаз в системе на эффективность спекания

Порошок ГАП был получен методом осаждения из раствора при $T = 60^\circ\text{C}$ и $\text{pH} = 9$ из растворов $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Порошки NaCl , KCl или CaCl_2 были добавлены перед стадией механического помола в количестве 5%.

Избыточную свободную поверхностную энергию твердого ГАП в присутствии паров соответствующего галогенида $\sigma_{\text{тг}}$ определяли из соотношения Гиббса-Смита $\sigma_{\text{гз}} = 2\sigma_{\text{тг}}\cos(\psi/2)$, где $\sigma_{\text{гз}}$ – избыточная свободная поверхностная энергия границы зерна, выходящей на поверхность образца и ψ - двугранный угол термического травления, формирующийся вдоль выхода соответствующей границы зерна на поверхность образца. Геометрические характеристики канавок термического травления были получены измерены при помощи атомно-силовой микроскопии, профили канавок были обработаны в рамках модели термического травления, развитой в работах Маллинза [3].

Показано, что среди изученных хлоридов наибольшее влияние на поверхностную энергию гидроксиапатита оказывают пары NaCl ($\sigma_{\text{гз}}/\sigma_{\text{тг}} = 0.35 \pm 0.05$ и $\sigma_{\text{гз}}/\sigma_{\text{тг}} = 0.93 \pm 0.09$ для ГАП отожженного при 830 °С на воздухе и в парах NaCl соответственно). Межфазная энергия на границе раздела расплав галогенида / ГАП была оценена на основании уравнения Юнга с учетом наблюдающегося во всех изученных системах полного растекания и в предположении о нулевом коэффициенте растекания. Добавление NaCl и KCl приводит к формированию анизотропных вискеров, затрудняющих спекание керамики, а добавление CaCl_2 позволяет получить однородную керамику, так как по-видимому на границе раздела расплав / ГАП протекает реакция, ведущая к образованию нового продукта.

Данная работа была поддержана РФФИ (гранты №№ 09-03-01078, 10-03-00866, 11-08-01244, 11-03-12179-офи-м-2011).

1. W. Suchanek et al. Biomaterials, 1997, 10, p. 923-933
2. T.V. Safronova et al. Journal of the European Ceramic Society, 2009, 29, p. 1925-1932
3. W.W. Mullins. J. of Applied Physics, 1957, 28, 3, p. 1957

**ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО И НЕОРГАНИЧЕСКОГО
КОМПАТИБИЛИЗАТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СМЕСИ ПММА – ПУ.
РЕОКИНЕТИКА И МОРФОЛОГИЯ**

**Effect of organic and nonorganic compatibilizers on a formation of the PMMA – PU
blends. Rheokinetics and morphology**

Шумский В.Ф., Бабич О.В., Гетманчук И.П.

*Институт химии высокомолекулярных соединений НАН Украины,
02160 Киев, Украина*

Смешение несовместимых полимеров приводит, как правило, к материалам со слабой межфазной адгезией и бедными механическими характеристиками. Одним из классических методов увеличения поверхностной адгезии между фазами является использование третьего компонента – компатибилизатора, которым обычно является блок-сополимер, включающий фрагменты молекул обоих смешиваемых полимеров. В последние годы была предложена новая концепция компатибилизации путем использования неорганических наночастиц. Мы предлагаем использовать в качестве новой компатибилизирующей добавки разработанный в нашем институте **олигомерный азиоинициатор (ОАИ)**, молекула которого состоит из фрагмента полиуретановой цепи и групп, способных инициировать радикальную полимеризацию метилметакрилата.

В докладе представлены результаты исследования реокинетики формирования *in situ* смеси полиметилметакрилата (ПММА) и сшитого полиуретана (ПУ) состава 70/30, 80/20 и 90/10 (мас. %) и морфологии полученных материалов. Компатибилизаторами были аэросил (А, 3 мас.%) с $S_{уд} = 300 \text{ м}^2/\text{г}$ (случай I) и **ОАИ** (случай II). В качестве инициатора полимеризации ММА использовали смесь азо-бис-изобутиронитрила и **ОАИ**. Количество последнего варьировали изменением соотношения двух инициаторов. Реакции одновременного получения ПММА и ПУ проводили при 60 (I) и 80°C (II).

В обоих случаях суммарный процесс изменения вязкости при формировании бинарной полимерной смеси ПММА–ПУ носит экстремальный характер. После возрастания вязкости наблюдается ее падение до минимума (в области, предположительно соответствующей фазовому разделению смеси). Затем вязкость возрастает вплоть до гелевой точки, что хорошо согласуется с изменением вязкости при формировании других смесей, описанных в литературе.

Сопоставление времени начала индуцируемого химической реакцией фазового разделения, определенным реологическим методом и методом светорассеяния (система в покое), показало, что под действием сдвигового поля фазовое разделение происходит

позже, чем в недеформируемой системе. Возможной причиной наблюдаемого улучшения совместимости в деформируемых системах может быть разрушение зародышей новой фазы в интенсивном механическом поле.

Сравнение температурных зависимостей констант скорости обеих реакций, времени гелеобразования и начала фазового разделения показало, что эти зависимости удовлетворительно описываются уравнением Аррениуса. При этом углы наклона температурных зависимостей указанных характеристик одновременно протекающих реакций практически одинаковые, что может быть следствием их взаимосвязанности и согласованности.

Введение небольших добавок аэросила в исходную реакционную мономерную смесь при ультразвуковом перемешивании обеспечивает наноразмерные агрегаты наполнителя и их однородное распределение в бинарной полимерной матрице. Избыточное рассеяние нанокомпозита обусловлено исключительно вкладом нанонаполнителя, который после введения в полимерную матрицу практически полностью сохраняет особенности своей структурной организации (данные SAXS). Все это приводит к образованию полимерного композиционного материал ПММА/ПУ+А с лучшим диспергированием ПУ в ПММА, что определяется реокинетикой процесса формирования смеси и отражается на морфологии конечных продуктов и их физико-механических свойствах.

Установлено, что при увеличении концентрации **ОАИ** (случай **II**) скорость реакции уменьшается (увеличивается время гелеобразования), вследствие снижения скорости инициирования. Реакция проходит при малых временах в гомогенной, а затем при увеличении времени – в гетерогенной фазе. Показано, что при использовании **ОАИ** изменяется уровень гетерогенности полученной смеси, особенно это заметно при его небольшой концентрации. Проведенные исследования показали эффективность использования олигомерного азоинициатора как компатибилизатора при формировании *in situ* смеси: образуются полимерные композиционные материалы с лучшим диспергированием одного компонента в матрице другого, что определяется реокинетикой процесса и отражается на морфологии и механических характеристиках конечных продуктов. При этом удастся избежать некоторых трудностей, возникающих при использовании в качестве компатибилизаторов неорганических нанонаполнителей.

КОРРЕКЦИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРОВИ МЕТОДАМИ СЕЛЕКТИВНОГО ЛИПАФЕРЕЗА У ПАЦИЕНТОВ С СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Corrections of rheological parameters of blood by the methods of selective lipoferez for patients with cardiovasculat deseases

Ярустовский М. Б., Абрамян М. В., Самсонова Н. Н., Плющ М. Г., Климович Л.Л.

(НЦ ССХим. А. Н. Бакулева РАМН)

Снижение летальности от сердечно-сосудистых заболеваний связывают с коррекцией нарушений липидного обмена. Повышение уровней атерогенных липопротеидов, липопротеида(а), триглицеридов, фибриногена ответственно за развитие синдрома гипервязкости и прогрессирование атеросклеротических процессов в сосудах разных бассейнов.

Целью исследования явилась оценка эффективности селективного липафереза при коррекции гиперлипидемии и гипервязкости.

Материалы и методы. *Процедуру Н.Е.Л.Р.-терапии* (гепарин-индуцированная липид-преципитация) проводили на аппарате Plasmate Futura (B|BRAUN, Германия). Отсепарированная на плазмофилт্রে плазма проходит через преципитирующий филтър, на котором в присутствии ацетатного буфера (рН 4,85) и концентрированного раствора гепарина (300000ЕД/Зл) происходит осаждение атерогенных фракций липидов и фибриногена. Затем плазма проходит через адсорбер гепарина и диализатор для восстановления рН. Скорость насоса крови поддерживалась в пределах 70-80 мл/мин, скорость плазменного насоса - 25-27% от кровотока. Антикоагуляция проводилась гепарином в дозе 15-25 ЕД/кг/час (АСТ - 180-220сек).

Каскадная реофилтрация - сепарация на мембранных плазмофилтрах с различной проницаемостью. На одном из них происходит отделение плазмы и эритроцитарной массы, а на другом - селективное удаление атерогенных субстанций (ЛПНП, Лп(а), триглицериды, фибриноген). Скорость насоса крови поддерживалась 60-70 мл/мин, скорость плазменного насоса - 20-25мл/мин. Антикоагуляция - гепарином в дозе 25-40 ЕД/кг/час (АСТ - 180-220сек).

Обследовано **17** пациентов с мультифокальным атеросклерозом до и после процедур реваскуляризации миокарда (ангиопластика и стентирование). У шестерых пациентов проводили процедуры Н.Е.Л.Р.-терапии, а у одиннадцати - каскадной реофилтрации, частотой 1 раз в 4-6 недель. В комплекс лечения у всех пациентов была включена гиполипидемическая терапия. **Показанием** для проведения процедур селективного липафереза явились: толерантная к консервативной терапии гиперлипидемия с высоким

индексом атерогенности, гиперЛп(а)емия, выраженная гиперфибриногенемия, синдром гипервязкости.

Результаты. Осложнений при проведении процедур отмечено не было. На фоне программного лечения методами селективного липафереза у исследуемых пациентов наблюдалось повышение порога толерантности к физической нагрузке. Пациенты субъективно отмечали улучшение самочувствия, повышение работоспособности, отсутствие сонливости.

При проведении процедур уровень фибриногена снижался на 50-65%. Положительная динамика уровней атерогенных и неатерогенных фракций липидов была подтверждена на денситограмме электрофореза липопротеидов (рис.1), концентрация общего холестерина и ЛПНП уменьшается на 60-70%. Снижение показателя Лп(а) за одну процедуру - 65-75%. После процедур липафереза отмечались снижение и нормализация показателей вязкости

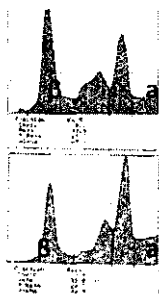


Рис.1

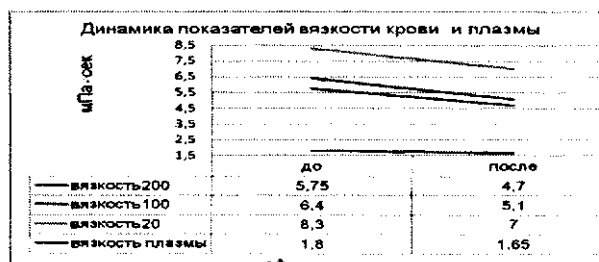


рис.2

плазмы и крови при различных скоростях сдвига (рис 2).

Таким образом, процедуры селективного липафереза могут быть рекомендованы для включения в комплекс лечения пациентов с мультифокальными атеросклеротическими поражениями сосудов, с сопутствующими дислипидемиями.

«Коррекция реологических параметров крови методами селективного липафереза у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями»

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО BN НА СМАЧИВАЕМОСТЬ РАСПЛАВОМ NaCl

Influence of hexagonal BN structure on wettability by NaCl melt

Сергей Гусев¹, Алексей Гаршев², Павел Проценко¹

¹Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

²Факультет Наук о Материалах МГУ имени М.В. Ломоносова

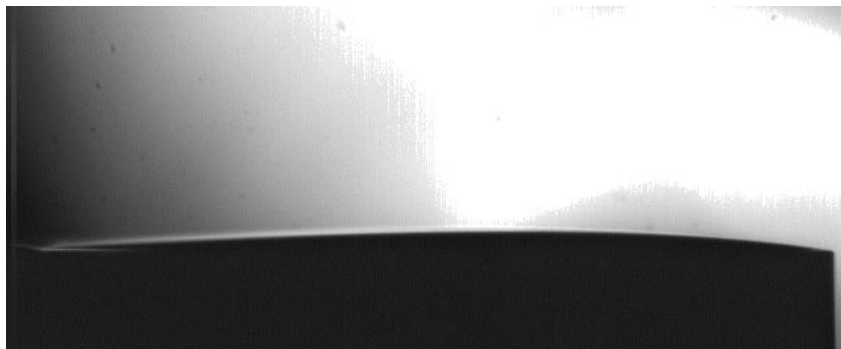
119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3

Гексагональный нитрид бора (α -BN) - хорошо известный материал, находящий широкое применение в различных областях современной промышленности. Он структурно изоморфен графиту, легко обрабатывается и используется для изготовления покрытий, электрических изоляторов, при легировании полупроводников, а также как смазка и добавка к косметическим средствам. Наряду с этим керамика на основе α -BN обладает высокой (по сравнению с графитом) стойкостью к окислению, что позволяет применять ее в металлургии для изготовления деталей находящихся в соприкосновении с расплавленным металлом. Уникальным свойством α -BN является его высокая коррозионная устойчивость в контакте с расплавами галогенидов различных металлов. Она обусловлена отсутствием химических реакций и плохой смачиваемостью керамики на основе гексагонального нитрида бора такими расплавами. В связи с этим α -BN находит применение в качестве материала контейнеров для исследования рентгеновской адсорбции в расплавах галогенидов редкоземельных элементов [1] и для изготовления тонких капилляров, позволяющих дозировать расплавы щелочных галогенидов и переносить их на подложку при изучении смачивания [2]. При этом следует отметить, что количественные измерения краевых углов смачивания и исследования кинетики растекания в системах типа галогенид металла / α -BN не проводились. Целью настоящей работы было определить влияние типа гексагонального нитрида бора и условий эксперимента на краевой угол смачивания и закономерности растекания в системе α -BN / NaCl.

Эксперименты проводили классическим методом лежащей капли: кристалл NaCl нагревали в трубчатой печи и регистрировали процесс плавления и затем параметры смачивания (диаметр основания капли и краевой угол) при помощи цифровой видеосистемы. Эксперименты проводили на воздухе и в восстановительной атмосфере. В качестве подложки использовались 2 типа α -BN: полученный горячим прессованием материал марки AX05 (Saint Gobain) и пиролитически осажденный PBN LD. Оба

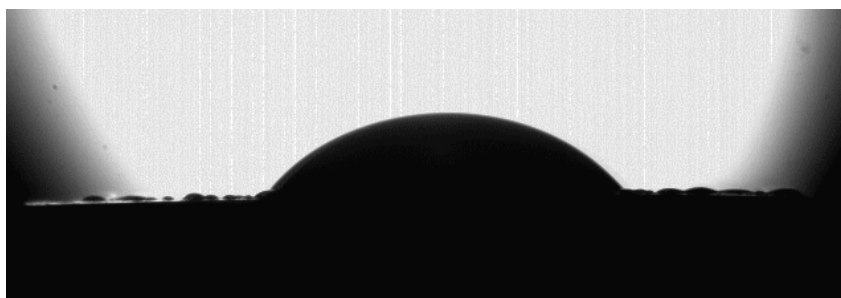
материала представляют собой гексагональный нитрид бора высокой частоты и не содержат заметных количеств оксидных загрязнений.

Исследованные материалы демонстрируют различную смачиваемость хлористым натрием. Так на воздухе расплав полностью растекается до окончания процесса плавления кристалла NaCl по поверхности PBN (краевой угол близок к нулю), а краевой угол на поверхности AX05 близок к 50° после 1 часа выдержки при 850°C .



NaCl / α -BN PBN

$T = 843^\circ\text{C}$, 6 мин



NaCl / α -BN AX05

$T = 850^\circ\text{C}$, 59 мин

Рентгеновский анализ образцов AX05 и PBN (при вращении образца на угле максимальной интенсивности дифракции) показал отсутствие выраженной текстуры в обоих материалах. При этом образец PBN в значительной степени аморфизован по сравнению с AX05. Предполагается, что наблюдаемое резкое различие в смачиваемости связано с различной скоростью окисления поверхности α -BN в рассмотренных материалах

Работа поддержана РФФИ в рамках проекта 11-08-01244-а.

1. A.-L. Rollet, C. Bessada, Y. Auger, P. Melin, M. Gailhanou, D. Thiaudiere, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 226 (2004) 447–452.
2. S. Gusev, M. Shekhirev, T. Safronova, V. Putlayev, P. Protsenko. Wetting of hydroxyapatite by molten NaCl and CaCl₂. Mechanism of spreading and thermodynamics of interfaces (готовится к печати)

СПИСОК АВТОРОВ

<i>Абатурова Н.А.</i>	109	<i>Горбаткина Ю.А.</i>	96
<i>Абрамян М.В.</i>	183	<i>Горбунова И.Ю.</i>	72, 92
<i>Алексанян М.Ж.</i>	80	<i>Горностаева В.Г.</i>	90
<i>Алтунина Л.К.</i>	160	<i>Готфрид А.А.</i>	113
<i>Алтухов Ю.А.</i>	49	<i>Гриншпан Д.Д.</i>	70
<i>Аль Джода Х.Н.А.</i>	50	<i>Гусев А.С.</i>	74
<i>Антипов Е.М.</i>	115	<i>Гусев С.</i>	179, 185
<i>Антонов С.В.</i>	120	<i>Гусева М.А.</i>	76
<i>Аринина М.П.</i>	92		
<i>Арнаут С.А.</i>	107	<i>Денисенко А.Ф.</i>	128
<i>Артамонов А.В.</i>	53	<i>Деркач С.Р.</i>	112
<i>Аршакян Г.А.</i>	82	<i>Добжицкий А.А.</i>	78
<i>Афонин Г.Л.</i>	51	<i>Думская Н.С.</i>	174
<i>Бабиц О.В.</i>	181	<i>Евтушенко А.М.</i>	78
<i>Баранов В.В.</i>	55	<i>Еделев Д.А.</i>	139
<i>Баранов В.В.</i>	55	<i>Елюхина И.В.</i>	31
<i>Баранова О.А.</i>	57	<i>Емельянов Д.Н.</i>	67, 99, 123, 164
<i>Баркая В.С.</i>	148	<i>Емельянов С.В.</i>	169
<i>Бартенева А.Г.</i>	109	<i>Ершова Л.И.</i>	59, 80, 148
<i>Беркович А.К.</i>	58	<i>Ещенко А.В.</i>	121
<i>Билык В.А.</i>	101		
<i>Бирюкова Л.С.</i>	59	<i>Журавский Н.А.</i>	101, 107
<i>Богословский А.В.</i>	60, 160		
<i>Бойко Б.Н.</i>	174	<i>Задымова Н.М.</i>	82
<i>Борейко Н.П.</i>	165	<i>Зинович С.А.</i>	74
<i>Борисов А.О.</i>	167	<i>Зырянов П.С.</i>	133, 135
<i>Боченков В.</i>	142, 162	<i>Зюкин С.В.</i>	72, 92
<i>Бугарь Н.Ю.</i>	80		
<i>Быкова Н.Ю.</i>	61	<i>Iarikov D.</i>	104
		<i>Ибрагимов Т.Р.</i>	84, 105
<i>Варакин Ю.А.</i>	90	<i>Иванов В.С.</i>	85, 87
<i>Васильев Г.Б.</i>	63	<i>Ижик А.П.</i>	169
<i>Викторова Е.Н.</i>	84, 105, 141	<i>Ильин С.О.</i>	89
<i>Виланская С.В.</i>	107, 121	<i>Ионова В.Г.</i>	90
<i>Возняковский А.П.</i>	65		
<i>Волков В.С.</i>	28	<i>Кабанов А.А.</i>	93, 169
<i>Волкова Н.В.</i>	67, 123	<i>Кабанова Р.З.</i>	165
<i>Воронько Н.Г.</i>	112	<i>Казаков С.И.</i>	72
		<i>Калашикова И.С.</i>	55
<i>Gebbink M.F.B.G.</i>	69	<i>Калинин А.В.</i>	65
<i>Галкин В.М.</i>	60	<i>Канатьева А.Ю.</i>	84, 141
<i>Галушко Т.Б.</i>	109	<i>Кандырин Л.Б.</i>	161
<i>Гамлицкий Ю.А.</i>	29	<i>Каранец А.О.</i>	94
<i>Ганиев Р.Ф.</i>	75	<i>Кармишина Н.А.</i>	119
<i>Гаришин О.К.</i>	76	<i>Карпушкин Е.А.</i>	58
<i>Гаршев А.</i>	185	<i>Касилов В.П.</i>	75
<i>Гафарова М.Э.</i>	147	<i>Кербер М.Л.</i>	72, 92
<i>Гендрина И.Ю.</i>	60	<i>Кислогубова О.Н.</i>	75
<i>Герасин В.А.</i>	76, 115, 117	<i>Климович Л.Г.</i>	95, 183
<i>Гетманчук И.П.</i>	181	<i>Ковылин С.В.</i>	99
<i>Голова Л.К.</i>	111	<i>Колужный О.Ю.</i>	133, 135
<i>Гончар А.Н.</i>	70	<i>Кононова С.В.</i>	103

<i>Коновалов К.Б.</i>	158	<i>Наумова Г.М.</i>	125
<i>Коробко Е.В.</i>	101, 107	<i>Неверовская А.Ю.</i>	65
<i>Королев А.А.</i>	84, 105, 141	<i>Несын Г.В.</i>	127
<i>Коротеев В.А.</i>	72, 92	<i>Николаев Б.Л.</i>	128, 130
<i>Корохин Р.А.</i>	92	<i>Николаев Л.К.</i>	128, 130
<i>Корячкин В.П.</i>	97	<i>Никольский В.Г.</i>	132
<i>Корячкина С.Я.</i>	97	<i>Новосадов В.С.</i>	133, 135, 137, 139
<i>Костерева Т.А.</i>	103	<i>Носков Б.А.</i>	37
<i>Костырева М.В.</i>	90		
<i>Котов С.В.</i>	169	<i>Орехов В.А.</i>	141
<i>Котомин С.В.</i>	104	<i>Отегов А.В.</i>	96
<i>Кошелев В.Б.</i>	125		
<i>Кошель Г.Н.</i>	156	<i>Патлажан С.А.</i>	38
<i>Кочетова О.Е.</i>	132	<i>Пахомов П.М.</i>	57, 149, 157
<i>Кочнев В.И.</i>	169	<i>Пахманова О.А.</i>	120
<i>Кравченко И.В.</i>	38	<i>Переведенцева Е.В.</i>	125
<i>Красоткина И.А.</i>	132	<i>Пелевин А.Г.</i>	150
<i>Крашенинников А.И.</i>	33	<i>Плехов О.А.</i>	76
<i>Крашенинникова И.Г.</i>	78	<i>Плющ М.Г.</i>	183
<i>Круподеров А.Ю.</i>	128, 130	<i>Погуляйко В.А.</i>	169
<i>Кручинина Е.В.</i>	103	<i>Полякова Н.М.</i>	158
<i>Кузнецова Л.К.</i>	111	<i>Попова Т.П.</i>	105
<i>Кулезнев В.Н.</i>	152, 161	<i>Потешнова М.В.</i>	82
<i>Куличихин В.Г.</i>	82, 111, 178	<i>Приезжев А.В.</i>	125
<i>Курганов А.А.</i>	84, 105, 141	<i>Проценко П.</i>	142, 162, 179, 185
<i>Курганова Е.А.</i>	156	<i>Пупченков Г.С.</i>	144
		<i>Путина А.И.</i>	153
<i>Литвинова Е.Г.</i>	63	<i>Путляев В.</i>	179
<i>Лиховецкая З.М.</i>	148	<i>Пышнограй Г.В.</i>	40, 49, 50, 51, 74
<i>Ловкис З.В.</i>	107	<i>Пышнограй И.Г.</i>	49
<i>Ломовская Н.Ю.</i>	109		
<i>Ломовской В.А.</i>	109	<i>Ребров А.В.</i>	111
<i>Лопатина Л.И.</i>	153	<i>Резанова Н.М.</i>	113
<i>Луговцов А.Е.</i>	125	<i>Рехтина И.Г.</i>	59
<i>Любин Е.В.</i>	147	<i>Родичева Н.М.</i>	145
		<i>Ромашкова К.А.</i>	103
<i>Майданник В.А.</i>	177	<i>Рыкова С.Ю.</i>	147
<i>Макаревич С.Е.</i>	70		
<i>Макаров И.С.</i>	111	<i>Sancaktar E.</i>	104
<i>Макарова М.А.</i>	74	<i>Сабекия Ж.Д.</i>	148
<i>Маклакова А.А.</i>	112	<i>Савельева В.С.</i>	149
<i>Максимов Д.П.</i>	59	<i>Савицкая Т.А.</i>	70
<i>Малкин А.Я.</i>	34	<i>Саков Д.М.</i>	109
<i>Малюкова Е.Б.</i>	75	<i>Самсонова Н.Н.</i>	55, 95, 183
<i>Мартыненко А.И.</i>	117	<i>Самсонова Ю.С.</i>	125
<i>Матвеева Т.В.</i>	97	<i>Самойлов В.С.</i>	49
<i>Медведева В.В.</i>	67	<i>Сапронова Н.П.</i>	97
<i>Мельник И.А.</i>	113	<i>Саунин Е.И.</i>	109
<i>Менделеев Д.И.</i>	115	<i>Сафронова Т.</i>	179
<i>Меняшев М.Р.</i>	117	<i>Свистков А.Л.</i>	150
<i>Миронова М.В.</i>	63, 119, 120	<i>Севрук В.Д.</i>	152
<i>Мирошников Ю.П.</i>	35	<i>Семаков А.В.</i>	42, 155, 178
<i>Михайлович С.И.</i>	121	<i>Сергеев В.Г.</i>	58
<i>Молодова А.А.</i>	123, 164	<i>Синева Т.А.</i>	152
		<i>Сивов Н.А.</i>	117

<i>Скворцов И.Ю.</i>	155	<i>Хижняк С.Д.</i>	57
<i>Скворцова В.Н.</i>	153	<i>Хлебникова О.А.</i>	109
<i>Скрябина М.Н.</i>	147	<i>Хомяков А.А.</i>	31
<i>Смирнова Н.М.</i>	120	<i>Хохлова М.Д.</i>	147
<i>Смирнова С.Ю.</i>	156		
<i>Соколова И.А.</i>	147	<i>Цветаева Н.В.</i>	148
<i>Солодшов В.И.</i>	96	<i>Цебренько И.А.</i>	113
<i>Соловьев М.Е.</i>	94, 156	<i>Цебренько М.В.</i>	113
<i>Спиридонова В.Н.</i>	157	<i>Цыганкова Н.Г.</i>	70
<i>Станкевич В.С.</i>	158		
<i>Стрелец Л.А.</i>	160	<i>Chang I-Ta</i>	104
<i>Суриков П.В.</i>	161	<i>Ченг Ч.Л.</i>	125
<i>Суслина З.А.</i>	90	<i>Черных В.Я.</i>	53, 61, 145, 171, 174
		<i>Чистова М.В.</i>	174
<i>Тверитин А.Л.</i>	55	<i>Чувахин С.В.</i>	176
<i>Тимошенко В.</i>	142, 162		
<i>Титов К.А.</i>	169	<i>Шабалина А.А.</i>	90
<i>Титова Л.П.</i>	80	<i>Шабанов М.П.</i>	177
<i>Тихонюк Л.Д.</i>	120	<i>Шабеко А.А.</i>	178
<i>Томилина А.В.</i>	164	<i>Шадрин В.В.</i>	76, 150
<i>Трифонов О.М.</i>	165	<i>Шеймо Е.В.</i>	70
<i>Тур Д.Р.</i>	178	<i>Шепиелев А.А.</i>	107
<i>Турусов Р.А.</i>	43	<i>Шехирев М.</i>	179
		<i>Ширяев А.М.</i>	127
<i>Урьев Н.Б.</i>	44, 93, 167, 169	<i>Ширяева В.Е.</i>	105
		<i>Шиповская А.Б.</i>	50
<i>Фадюкова О.Е.</i>	125	<i>Шумский В.Ф.</i>	181
<i>Федянин А.А.</i>	147		
<i>Филиппова Т.Н.</i>	120	<i>Ямпольская Г.П.</i>	47, 177
<i>Фирсов Н.Н.</i>	46	<i>Ярустовский М.Б.</i>	183
<i>Фомин В.Н.</i>	75		
<i>Френкин Э.И.</i>	178		