

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра полимеров на базе ООО «АКРИПОЛ»

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ И  
СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ ТИПА  
«ХОЛОДНЫЙ ФАРФОР»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 412 группы

направления 04.03.01 – Химия

Института химии

Васильевой Дарьи Николаевны

Научный руководитель:

доцент, к.х.н.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Шмаков С.Л.

Зав. кафедрой:

д.х.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Шиповская А.Б.

Саратов 2018

## Введение

**Актуальность работы.** В настоящее время широкое развитие получило домашнее художественное творчество, включая лепку различных изделий из полимерной глины. Многие находят в этом самовыражение, средство для релаксации после напряжённого трудового дня, составляют компанию своим детям, лепящим из традиционного пластилина. Однако полимерная глина не всегда доступна и достаточно дорога. Её лепные свойства невозможно варьировать, подгонять под свои нужды, под специфику изготавливаемых изделий.

Одним из альтернативных материалов является так называемый «холодный фарфор», который был изобретён в Аргентине в начале XX века. Он состоит из крахмала, поливинилацетата, глицерина, вазелина, возможны и другие компоненты. Этот материал быстро завоевал популярность среди любителей заниматься лепкой. Его бесспорным достоинством является нетоксичность. На сегодняшний день «холодный фарфор» — самый доступный, дешёвый и безвредный материал для лепки. У него гладкая однородная текстура, он очень пластичен и удобен в использовании. В отличие от пластилина материал на воздухе становится твёрдым — это также является одним из его достоинств. Правда, хорошо из него лепятся только тонкие детали. Более толстые детали при высыхании покрываются трещинами, теряя свой первоначальный вид. [1]

Рассмотрим основные составляющие исследуемой композиции.

Её полимерной основой является крахмал — природный полисахарид, состоящий из двух гомополисахаридов, амилозы и амилопектина, цепи которых построены из остатков  $\alpha$ -D-глюкопиранозы [2], но структурно и функционально различаются. Содержание амилозы в крахмале обычно колеблется от 20 до 30 масс. %, остальную часть составляет амилопектин [3]. Соотношение амилозы и амилопектина в крахмале зависит от вида растения и стадии его развития[4]. В работе

использовали кукурузный крахмал, в котором содержание амилопектина больше, чем в обычном картофельном. Холодный фарфор из него получался более пластичным [5-6]. Крахмал также функционирует как склеивающий агент.

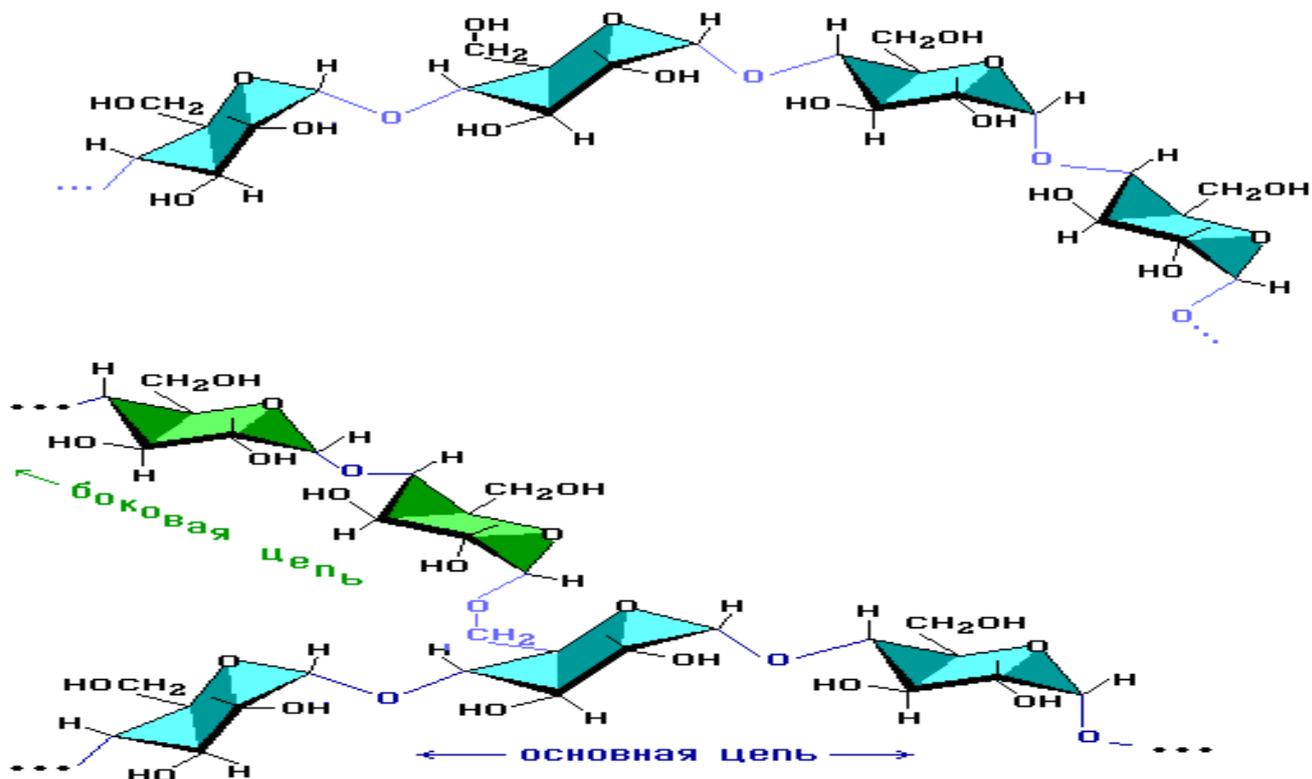


Рисунок 1 – конформация кресло молекулы амилозы и амилопектина.

В качестве пластификатора и загустителя в составе используется глицерин, простейший трёхатомный спирт[7]. При варьировании состава было принято решение заменить глицерин на этиленгликоль (т.к. он обладает малой проникаемостью через кожу [8]) и, отдельно, на полиэтиленгликоль (нетоксичен, используется в медицине [9]), чтобы наблюдать за изменением механических и эластичных свойств результирующего материала.

Загустителем в композиции является вазелин — мазеобразная жидкость без запаха и вкуса. Он частично играет роль и пластификатора. В работе использовали вазелин с норковым жиром, для улучшения пластичности.[10]

Для увеличения прочности и повышения когезии в состав входит водная дисперсия поливинилацетата.

Лимонную кислоту добавляли как естественный консервант, она предотвращала появление грибков и плесени при хранении.[11]

**Цель данной работы** - определить оптимальное содержание каждого компонента в указанной полимерной системе, чтобы уменьшить или исключить недостатки материала. Для достижения вышеуказанной цели были поставлены следующие **задачи**:

-изготовление «холодного фарфора» с различным содержанием: крахмала при прочих равных условиях; 2. глицерина при прочих равных условиях; 3. с заменой глицерина двухатомными спиртами, такими как этиленгликоль и полиэтиленгликоль.

-изучение механических свойств полученных образцов «холодного фарфора»: эластичность, твердость по Бринеллю, предел прочности при разрыве, модуль Юнга.

-на основе проделанной работы определить оптимальную рецептуру полимерной композиции «холодный фарфор».

В качестве объектов исследования было изготовлено 20 образцов «холодного фарфора» по определенной методике.

**Структура и объем работы.** Выпускная квалификационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, обсуждения результатов, выводов и списка используемых источников, включающего 33 наименования. Работа изложена на 57 листах машинописного текста, содержит 21 рисунок, 10 таблиц.

## **Основное содержание работы**

### **1.Методика изготовления «холодного фарфора».**

В термостойкую ёмкость поочередно поместили отмеренное количество жидких компонентов, затем сухих и перемешали до образования однородной массы. Затем поместили стеклянную тару в микроволновую печь на полную мощность (800 W) на 1 минуту. После чего перемешали и поставили еще два раза по 30 секунд, каждый раз перемешивая, до тех пор, пока не образуется

однородный упругий комок. Постепенно масса стала более густой и плотной. Далее перенесли «фарфор» на холодную поверхность и разминали до однородной консистенции.

### **Измерение критерия твёрдости по Бринеллю**

Стальной шар с диаметром  $D$  вдавливали в исследуемый образец под действием нагрузки  $P$ , приложенной перпендикулярно к поверхности образца в течении заданного времени. После чего измеряют диаметр отпечатка  $d$ .

В работе проводили измерение материала с различным содержанием компонентов на твердость.

На первом этапе исследования при варьировании крахмала было установлено, что самым твёрдым оказался образец №1а, самым мягким – №5а. Следовательно, можно сделать вывод о том, что чем больше крахмала в системе, тем он тверже.

На втором этапе исследования при варьировании пластификатора (глицерин) видно, что самым твёрдым оказался образец №5б, самым мягким – №2б. Это говорит о том, что оптимальное содержание глицерина в системе должно быть не менее 6масс.%.

На третьем этапе при замене глицерина на этиленгликоль и полиэтиленгликоль оказалось, что самым твёрдым оказался образец №3в, самым мягким – №10г. Выявили, что значимых различий в качестве материала не наблюдается, разницы в том, какой использовать пластификатор, нет. Поэтому для бытового приготовления можно оставить глицерин, который продаётся в аптеках.

### **Изучение crack-свойств «холодного фарфора».**

Для лепки важно такое свойство материала, как трещиностойкость. Однако в литературе не нашлось методик её оценки, подходящих в нашем случае. Поэтому ввели понятие крэк-свойства (от англ. Crack – трещина), то есть свойства материала покрываться трещинами, или «растрескиваться» после затвердевания. Его оценивали качественно, по пятибалльной шкале:

- 1- Трещин нет
- 2- Мало заметная деформация
- 3- Трещины средней глубины
- 4- Глубокие трещины
- 5- Сильно деформированное изделие

При исследовании данного свойства, все объекты были стандартизированы: шар материала определенного диаметра.

В результате исследования определили, что содержание крахмала в образцах №1а, №2а, №3а недопустимо, т.к. композиция сильно деформировалась в силу неравномерной усадки при высыхании. Отсюда можно сделать вывод, что оптимальное содержание крахмала в образце №4(60 г) при прочих равных условиях системы.

Образец №3б (15 мл глицерина) был практически без трещин.

Практически все образцы, кроме 4в, 5в, 9г, 10г, были гладкими, однородными, не покрывались трещинами в процессе высыхания и усадки. Остальные были немного деформированы, имели на своей поверхности неровности и шероховатости.

### **Определение прочности «холодного фарфора» при растяжении**

Прочность при разрыве изучали на приборе Instron 3840 (Германия) с использованием образцов в виде пластин одинакового размера. Динамометрический датчик имел допустимую нагрузку 500 Н. Для выявления роли релаксации задавали несколько скоростей перемещения траверсы (5мм/мин, 10мм/мин и 50мм/мин). Испытание заканчивали при полном разрушении образца. Прибор записывал и выдавал информацию об удлинении образца, скорости перемещения траверсы и испытанном образцом сопротивлении.

Таблица 1 – Результаты измерений прочности образцов 1, 2, 6, 7(с двухатомными спиртами) и 3б, 4б(с глицерином) ХФ при разрыве.

№ образца	Скорость растяжения, мм/мин	Напряжение при разрыве G, кПа	Модуль Юнга, кПа
1г	5	23,97	149,15
	10	19,83	162,11
	50	24,91	216,95
2г	5	17,78	100,48
	10	18,99	118,09
	50	15,36	96,87
3б	5	11,59	110,12
	10	14,08	87,79
	50	16,62	112,03
4б	5	18,15	232,49
	10	9,73	164,75
	50	14,14	207,96
6в	5	17,22	110,58
	10	19,76	135,57
	50	26,17	177,01
7в	5	17,83	105,04
	10	22,9	152,43
	50	29,81	188,97

В результате, по полученным кривым напряжение-деформация, сделали вывод о релаксации «холодного фарфора» при растяжении, проявляющемся в увеличении предельной деформации при снижении скорости растяжения. Это явление характерно для мягких полимерных материалов. При растяжении с низкой скоростью макромолекулы полимерной основы успевают ориентироваться вдоль направления приложения силы, образец растягивается, и только после этого начинают рваться межмолекулярные связи. При растяжении с высокой скоростью такой ориентации произойти не успевает, и материал разрушается раньше.

## **Заключение**

1. Изготовлено 20 образцов «холодного фарфора» с различным содержанием компонентов.

2. Изучены механические свойства полученных образцов «холодного фарфора» - твёрдость по Бринеллю, стек-свойства, модуль упругости, относительная деформация.

3. На основе полученных данных определено оптимальное содержание крахмала -31масс.%, многоатомных спиртов: глицерина – 6-9масс %, этиленгликоля и полиэтиленгликоля— 3–6 масс.% в исходном составе «холодного фарфора».

4. В качестве пластификатора можно использовать любой из изученных спиртов, значительной и видимой разницы нет. По соображениям нетоксичности следует предпочесть полиэтиленгликоль.

## Список используемых источников

1. Даяй:Холодный фарфор [http://day-ya.blogspot.ru/p/blog-page\\_05.html](http://day-ya.blogspot.ru/p/blog-page_05.html) (дата обращения 12.04.2018).
2. Simi Chandroth Kalyad, Abraham Tholath Emilia (Chemical Sciences and Technology Division, National Institute for Interdisciplinary Science and Technology (NIIST), Council of Scientific and Industrial Research (CSIR), Thiruvananthapuram, India). J. Agr. and Food Chem. 2008. 56, № 24, с. 12105-12113.
3. Эфиры целлюлозы и крахмала: синтез, свойства, применение: матер. 10-й Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием, 5–8 мая / под ред. В.А. Бондаря. Суздаль, 2003. 320 с.
4. Закирова А.Ш., Канарская З.А., Михайлова О.С. Биодegradуемые плёночные материалы // Биодegradуемые плёночные материалы на основе природных, искусственных и химически модифицированных полимеров. с. 210.
5. Doane, W. M. Opportunities and challenges for new industrial uses of starch. Cereal Food World 1994, 39 (8),p. 556-563.
6. Roöper, H.; Koch, H. The role of starch in biodegradable thermoplastic materials. Starch 1990, 42 (4), 123-130.
7. Lide, D.R. CRC Handbook of Chemistry and Physics 88TH Edition 2007-2008. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL 2007, p. 3-268
8. Дьяконов Г.С., Клинов А. В., Малыгин А.В., Нургалиева А.А., Вестник Казанского технологического университета , 3. 2009. 197-202 с.
9. Commission Regulation (EU) No 231/2012 of 9 March 2012 laying down specifications for food additives listed in Annexes II and III to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council Text with EEA relevance

10. Красносельских Т.В., Михеев Г.Н. Основы наружной терапии болезней кожи. // в кн. Основы наружной терапии болезней кожи. Васкулиты кожи / Под ред. Е.В. Соколовского. — СПб.: Сотис, 1999. 191 с.
11. Singh, N.B.; A.K. Singh, S. Prabha Singh (1986). «Effect of citric acid on the hydration of portland cement». Cement and Concrete Research 16 (6): 911–920.