

**И.В. Захаров, Н.Л. Захарова, А.В. Канарский, Я.В. Казаков,
А.В. Попов, Д.А. Дулькин**

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОНА К СТАРЕНИЮ ПРОПИТКОЙ БИОМОДИФИЦИРОВАННЫМ ГЛЮТЕНОМ

Введение. Бумага и картон со временем изменяют свои первоначальные свойства. Происходит естественный процесс изменения свойств материалов – старение. Как правило, он является результатом действия совокупности различных факторов.

Старением называют процесс необратимого изменения свойств бумаги и картона при его хранении и использовании. Скорость старения бумаги и картона зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются световые условия среды, температурно-влажностные условия среды, химический состав среды, биологический фактор, свойства волокнистых полуфабрикатов и других компонентов в составе бумаги и картона. Первые четыре фактора относят к факторам внешней среды, в которых эксплуатируется картон, последний – к внутренним факторам. Свет – наиболее мощный и быстросействующий фактор внешней среды, вызывающий разрушение бумаги и картона в очень короткие сроки. Особенно опасен свет, содержащий ультрафиолетовые лучи, т. е. прямой солнечный свет.¹ Световое старение вызывают и обычные источники искусственного освещения: сильнее – люминесцентные лампы, слабее – лампы накаливания. Интенсивность светового старения взаимосвязана с температурой и быстро увеличивается при повышении влажности воздуха и загрязнении атмосферы химически активными веществами. Следует отметить, что после устранения источника излучения, световое старение продолжается некоторое время в темноте за счет поглощённой бумагой и картоном световой энергии. Если свет активизирует и вызывает старение в период воздействия на бумагу и картона, то тепло инициирует старение этих материалов постоянно. Интенсивность теплового старения увеличивается с повышением температуры. В [Youping и др., 2013] рассмотрено термическое старение бумажной

¹ ОСТ 55.6–85. Документы на бумажных носителях. Правила государственного хранения. Технические требования. М., 1986.

изоляции. Выявлено, что температура эксплуатации изоляционного картона значительно влияет на скорость старения.

Влажность воздуха – второй важнейший фактор условий хранения бумаги и картона. В воздухе всегда присутствуют пары влаги, обеспечивая естественную равновесную влажность материалам. В [Wang и др., 2012] показано влияние температуры и относительной влажности на стабильность иммобилизованных на бумаге антител. Стабильность антител снижается с повышением температуры, однако также уменьшается с увеличением относительной влажности. В [Plooу, 1981] рекомендованы значения относительной влажности и температуры для хранения бумаги и картона.

Третий фактор старения картона – это химический состав среды. Воздух всегда содержит кислород и различные агрессивные аэрозоли (газообразные, жидкие и твердые примеси). Поглощаясь бумагой и картоном они вызывают химические разрушения этих материалов.² Поглощение бумагой и картоном агрессивных химических веществ из воздуха и их воздействие увеличиваются с ростом влажности. Химическое старение бумаги и картона интенсифицируется на свету и при повышении температуры.

Бумага и картон являются прекрасным субстратом для микроорганизмов и кормом для насекомых и грызунов, вызывающих старение этих материалов биоповреждением, которое существеннее других естественных факторов старения бумаги и картона.³ Интенсивность биоповреждений бумаги и картона обусловлена ферментативной активностью микроорганизмов, которая зависит от влажности, рН и температуры окружающей среды, а также от доступности субстрата. Поэтому устойчивыми к биостарению являются бумага и картон из хлопковых, льняных и других волокон однолетних растений.

Устойчивость к старению бумаги и картона повышается при повышении температуры пропитки крахмалом и белками в нейтральной среде [Puydak, 1965]. Бумага и картон из гидрофобных волокнистых материалов термически стабильны и стойки к биоповреждениям, что обусловлено снижением активности ферментов [Rastogi и др., 2015].

В [Михайлова и др., 2016; Михайлова и др., 2015] показана целесообразность использования ферментов для модификации крахмала, используемого для пропитки бумаги и картона. Однако не рассматривается влияние ферментов на возможность естественного старения бумаги и картона при их хранении.

² Реставрация документов на бумажных носителях: метод. пособие / Главрехив, ВНИИДАД. М., 1989.

³ Обеспечение защиты архивных документов на бумажных носителях и помещений архивов от биологических вредителей: метод. рекомендации. Минск, 2006.

Цель исследования – изучение физико-механических и деформационных характеристик картона, пропитанного биомодифицированным глютенем при естественном старении.

Задачи исследования:

- определить изменения физико-механических и деформационных свойств при хранении картона, пропитанного глютенем, предварительно обработанного ферментными препаратами;
- определить изменения физико-механических и деформационных свойств при хранении картона, пропитанного глютенем, предварительно обработанного аминокислотой.

В экспериментальной части исследования использовались следующие вещества:

глютен, по ГОСТ Р53511 (производитель ООО «Миранда»), с массовой долей белка в пересчете на сухое вещество 70%. Глютен обрабатывали гидролазами протеолитического действия – нейтраза 1,5 мг и ксиланазного – пентопан моно БГ, пентопан 500 БГ, фунгамил супер АХ, трансферазой – трансглютаминаза и аминокислотой – L-цистеин;

нейтраза 1,5 мг (Novozymes A/S), активность 1,5 AU/г (AU = единицы активности Ансона). Это нейтральная протеаза, полученная производством очищенного генетически немодифицированного штамма *Bacillus amyloliquefaciens*. Нейтраза 1,5 мг характеризуется коричневым цветом, является сыпучим микрогранулятом, не распыляется. Средний размер частиц составляет 300 мк.

пентопан 500 БГ (Novozymes A/S), активность 2700 FXU /г (FXU = единицы активности ксиланазы). Это очищенный ферментный препарат, производимый штаммом *Humicola insolens*. Препарат содержит ксиланазу и гемицеллюлазу, обеспечивающих модификацию некрахмальных полисахаридных фракций пшеничной муки. Пентопан 500 БГ стандартизированный с использованием пшеничной муки с узкими параметрами размера частиц является сыпучим агломерированным гранулятом светлокоричневого цвета, не распыляется. Средний размер частиц составляет 150 мкм в диапазоне 50–212 мкм;

пентопан моно БГ (Novozymes A/S). Это 1,4 β-ксиланаза, выделенная из *Thermomyces lanuginosus*/грибов вида *Aspergillus oryzae*. Преимущество ксиланазы, по сравнению с традиционными гемицеллюлазами, заключается в том, что она нацелена на ключевые функциональные субстраты без внесения нежелательных побочных действий;

аминокислота L-цистеин (E920) (Wenda). Это L-изомер α-амино-β-тиопропионовой кислоты/2-амино-3-меркаптопропановой кислоты) – алифатическая серосодержащая аминокислота;

фунгамил супер АХ (Novozymes A/S), активностью 60 FAU/ч: (FAU = единицы активности грибной α -амилазы) – это смесь ферментных препаратов грибной амилазы и пентозаназы. Препарат предназначен для гидролиза крахмала и модификации некрахмальных полисахаридов. Ферменты получены глубинной ферментацией селективированных генетически модифицированных штаммов *Aspergillus oryzae* и *Humicola insolens*. Фунгамил Супер АХ стандартизированный, с использованием пшеничной муки с узкими параметрами размера частиц является сыпучим агломерированным гранулятом светло-коричневого цвета, не распыляется. Средний размер частиц составляет 150 мк в диапазоне 50–212 мк;

трансглутаминаза (Wenda) с активностью 1000 ед. – натуральный ферментный препарат, с белком сыворотки создает устойчивую и стабильную белковую решетку в продукте. Внутри этой решетки «блокируется» сыворотка, что позволяет не только заметно увеличить выход, но и значительно снижает синерезис во время хранения.

Картон для плоских слоев гофрированного картона толщиной 200 мкм пропитывали с одной стороны биомодифицированным глютенем. Варианты пропитанных образцов картона:

1 и 2 – с пропиткой (5,1 и 4,5% масс. абс. сух. в-ва соответственно) биокаталитически обработанным глютенем в щелочной среде, где в качестве фермента использована нейтраз 1,5 мг;

3 и 4 – с пропиткой (4,8% масс. абс. сух. в-ва) в щелочной среде, фермент – пентопан 500 БГ;

5 и 6 – с пропиткой (4,4 и 4,3% масс. абс. сух. в-ва) в щелочной среде, фермент – пентопан моно БГ;

7 и 8 – с пропиткой (2,6% масс. абс. сух. в-ва) в щелочной среде, фермент – фунгамил супер АХ;

9 и 10 – с пропиткой (3,8 и 3,6% масс. абс. сух. в-ва соответственно) в щелочной среде, аминокислота – L-цистеин;

11 и 12 – с пропиткой (4 и 4,1% масс. абс. сух. в-ва соответственно) в щелочной среде, фермент – трансглутаминаза;

13 и 14 с пропиткой (4,6 и 4,1% масс. абс. сух. в-ва соответственно) в щелочной среде, ферменты – трансглутаминаза и пентопан 500 БГ, аминокислота – L-цистеин (в равных частях).

Методика исследования. Прочностные характеристика картона определяли в сухом и влажном состояниях непосредственно после пропитки (нечетные варианты) и хранения в течение четырех месяцев (четные варианты).

Для оценки физико-механических и деформационных свойств волокнистых материалов использовались стандартные методы. Толщину опре-

деляли микрометром по ГОСТ 27015 в нескольких точках. За результат принято среднее значение. Жесткость при изгибе определяли на приборе Messmer Buchel 116 – BD по ГОСТ ISO 2493. Разрушающую нагрузку и удлинение определяли при обработке индикаторных диаграмм нагрузка–удлинение, полученных при испытании на растяжение на разрывной машине «Тестсистема 101» в соответствии с ГОСТ Р ИСО 1924-2 «Бумага и картон. Метод определения прочности при растяжении. Часть 2. Метод растяжения с постоянной скоростью». Влагопрочность при кратковременном смачивании определяли по ГОСТ 13525.7 «Бумага и картон. Методы определения влагопрочности».

Испытывались образцы картона шириной 15 мм, с продольным (MD) и поперечным (CD) направлениями волокон. При испытаниях на растяжение рабочая длина образцов составляла 50 мм.

Сопrotивление сжатию определялось по методу SCT (Shortspan Compression Test) – сопротивление торцевому сжатию образца по длине образца.

Зависимость предела прочности δ при растяжении Δl от деформации вариантов картона и зоны деформаций (У – упругая, ЗУ – замедленно-упругая, П – пластичности) определялись по методике [Кзаков, 2015].

Результаты исследования. Результаты определения деформационных и прочностных характеристик исследованных образцов картона в сухом состоянии представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что с течением продолжительности хранения картона в сухом состоянии увеличивается:

- жесткость на сжатие для вариантов картона, пропитанного глютенном, обработанным пентопаном моно БГ на 15,6% (MD) и на 11,8% (CD), L-цистеином на 13,4% (MD) и пентопаном 500 БГ на 16,1% (CD);
- напряжение при растяжении для вариантов картона, пропитанного глютенном, обработанным фунгамиллом супер АХ на 12,5% (CD) и смесью пентопана, L-цистеина и трансглутаминазы на 21,7% (MD);
- удлинение при растяжении для вариантов картона, пропитанного глютенном, обработанным нейтразой на 74,6% (MD), L-цистеином на 32% (MD) и 12,9% (CD), трансглутаминазой на 20,2% (CD) и смесью пентопана 500, L-цистеина и трансглутаминазы на 48,6% (MD);
- составляющая упругой зоны деформации для вариантов картона, пропитанного глютенном, обработанным пентопаном 500 БГ на 11,2% (MD) и фунгамиллом на 27,9% (MD) и нейтразой на 31% (CD);
- составляющая замедленно-упругой зоны деформации для вариантов картона, пропитанного глютенном, обработанным нейтразой на 20% (MD);

Таблица 1

Характеристики вариантов картона в сухом состоянии**Characteristics of samples of paperboard in the dry state**

Вариант	SCT, SSV, кН/м		δ , МПа		Δl , мм		MD			CD		
	MD	CD	MD	CD	MD	CD	Зоны деформаций, %					
							У	ЗУ	П	У	ЗУ	П
1	6,48	3,29	80,0	24,6	1,14	3,16	25,3	62,4	12,2	5,8	78,0	16,2
2	6,25	3,17	87,0	24,7	1,99	3,24	11,8	74,9	13,3	7,6	68,0	24,4
3	6,65	2,86	89,4	26,1	2,10	3,51	14,2	72,2	13,6	6,0	72,9	21,1
4	6,78	3,32	89,4	25,4	2,10	3,18	15,8	68,2	16,0	6,0	74,2	19,8
5	5,58	2,79	87,2	27,0	1,97	2,74	14,2	72,2	13,6	6,7	72,7	20,7
6	6,45	3,12	87,2	27,0	1,97	2,74	14,2	72,2	13,6	6,7	72,7	20,7
7	6,12	2,94	82,7	23,2	1,70	3,30	12,2	74,3	13,5	8,9	70,7	20,4
8	6,31	2,97	85,0	26,1	1,92	3,51	15,6	68,7	15,8	6,0	72,9	21,1
9	5,83	2,94	74,6	22,9	1,53	2,93	14,0	73,8	12,2	7,0	73,4	19,6
10	6,61	3,01	87,2	23,8	2,02	2,80	12,4	73,6	14,0	7,6	69,1	23,3
11	6,73	2,85	86,6	23,5	1,97	3,16	13,3	77,3	9,3	8,2	74,0	17,8
12	6,76	2,98	89,4	25,0	2,04	3,80	13,8	69,3	16,9	6,4	64,0	29,6
13	6,67	3,03	72,9	23,0	1,44	3,12	14,4	73,1	12,5	6,5	70,0	23,5
14	6,15	3,07	88,7	22,5	2,14	3,34	13,6	71,3	15,1	6,4	76,7	16,9

– составляющая пластичной зоны деформации для вариантов картона, пропитанного глютенем, обработанным смесью пентопан 500, L-цистеин и трансглутаминазы на 20,8% (MD), трансглутаминазой на 81% (MD) и нейтразой на 50,6% (CD).

Результаты определения деформационных и прочностных характеристик исследованных образцов картона во влажном состоянии представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что с течением продолжительности хранения картона во влажном состоянии увеличивается:

– напряжение при растяжении для вариантов картона, пропитанного глютенем, обработанным пентопаном моно БГ на 10,5% (MD) и на 16,4% (CD), нейтразой – на 11,2 (MD), смесью пентопана 500, L-цистеина и трансглутаминазы – на 29,2% (MD), фунгамиллом на 22,3% (CD) и L-цистеином на 17% (CD);

Таблица 2

Характеристики вариантов картона во влажном состоянии

Characteristics of samples of paperboard in the wet state

Вариант	δ , МПа		Δl , мм		MD			CD		
	MD	CD	MD	CD	Зона деформаций, %					
					У	ЗУ	П	У	ЗУ	П
1	17,10	6,19	0,75	2,26	10,5	78,0	11,5	10,5	78,5	11,0
2	19,02	6,24	0,85	1,89	66,0	24,0	10,0	69,6	21,8	8,7
3	18,80	5,31	0,87	1,86	10,0	84,7	5,3	12,0	82,2	5,8
4	20,77	6,18	0,92	1,80	66,2	25,1	8,7	72,7	17,6	9,8
5	21,20	5,56	1,01	2,47	25,8	64,2	10,0	13,6	77,8	8,7
6	19,04	6,80	0,92	2,79	51,1	39,8	9,1	5,1	87,1	7,8
7	20,95	6,01	1,19	2,69	19,6	67,1	13,3	8,7	84,0	7,3
8	21,21	7,03	1,01	2,18	54,7	36,2	9,1	68,7	21,6	9,8
9	19,88	6,48	1,12	2,05	38,2	48,8	13,0	72,7	18,4	8,9
10	21,36	6,30	1,02	2,13	22,2	68,0	9,8	60,9	30,2	8,9
11	20,10	6,68	0,90	2,63	48,9	42,4	8,7	12,7	76,7	10,7
12	16,62	6,78	0,95	2,14	42,7	48,2	9,1	72,2	18,2	9,6
13	13,70	6,02	0,75	2,27	72,0	18,2	9,8	65,8	28,0	6,2
14	17,7	4,84	0,98	1,9	50,5	40,9	8,4	71,8	19,1	9,1

– удлинение при растяжении для вариантов картона, пропитанного глютенем, обработанным нейтразой на 13,3% (MD), смесью пентопана, L-цистеина и транслугутиназы – на 30,7% (MD), и фунгамиллом на 13% (CD);

– составляющая упругой зоны деформации для вариантов картона, пропитанного глютенем, обработанным нейтразой в 6 раз (MD и CD), пентопаном 500 БГ в 6 раз (MD и CD), фунгамиллом в 2 раза (MD) и в 7,9 раза (CD) и транслугутиназой в 5,7 раз (CD);

– составляющая замедленно-упругой зоны деформации для вариантов картона, пропитанного глютенем, обработанным L-цистеином в 1,4 раза (MD) и 1,64 раза (CD) и смесью пентопана, L-цистеина и транслугутиназы в 2,25 раза (MD);

– составляющая пластичной зоны деформации для вариантов картона, пропитанного глютенем, обработанным пентопаном 500 БГ в 1,64 раза (MD) и 1,69 раза (CD), фунгамиллом в 1,34 раза (CD) и смесью пентопана, L-цистеина и транслугутиназы в 1,47 раза (CD).

Выводы. Продолжительность хранения влияет на физико-механические и деформационные характеристики картона, пропитанного биомодифицированным глютенем. И зависит от количества ферментного препарата и его расхода, используемого для обработки глютенa.

Установлено, что пропитка биомодифицированным глютенем картона в процессе его хранения увеличивает:

- величину напряжения при растяжении картона, при обработке глютенa смесью пентопана 500 БГ, L-цистеина и трансглутаминазы, в сухом и влажном состояниях до 30%;
- величину удлинения при растяжении в сухом состоянии при обработке глютенa нейтразой – до 70%, во влажном – трансглутаминазой – до 30%;
- величину жесткости при обработке глютенa пентопаном моно БГ – до 16%;
- составляющую упругой зоны деформации картона в сухом состоянии при обработке глютенa нейтразой – до 30%, во влажном состоянии при обработке глютенa фунгамилом – до 790%;
- составляющую замедленно-упругой зоны деформации в сухом состоянии при обработке глютенa нейтразой – до 20%, во влажном состоянии при обработке глютенa смесью пентопана, L-цистеина и трансглутаминазы – до 225%;
- составляющую пластичной зоны деформации в сухом состоянии при обработке глютенa трансглутаминазой – до 81%, во влажном состоянии при обработке глютенa пентопаном 500 БГ – до 169%.

Библиографический список

Youping Tu, Jingjing Chen, Dinghua Liu, Yiyang Zhou, Wei Wang. Study on TSC characteristics of aged insulation cardboard in oil-immersed transformer // *Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP)*, October 20–23 2013. Shenzhen, China. 2013. P.194–197. DOI: 10.1109/CEIDP.2013.6747452

Wang J., Yiu B., Obermeyer J., Filipe C.D., Brennan J.D., Pelton R. Effects of temperature and relative humidity on the stability of paper-immobilized antibodies // *Biomacromolecules*. 2012. Vol. 13(2). P. 559–564.

Plooy A. The influence of moisture content and temperature on aging rate of paper // *Appita*. 1981. Vol. 34. P. 287–282.

Fibrous cellulosic products. Пат. 3166466А США, H01M10/42, D21H17/00, D21H17/28, D21H11/14, D21H11/00, D21H17/22. Puydak R. Патентообладатель Mc Graw Edison Co; заявл. 28.06.1962; опубл.19.01.1965.

Rastogi V.K., Samyn P. Bio-Based Coatings for Paper Applications // *Coatings*, 2015. Vol. 5(4). P. 887–930

Михайлова О.С., Крякунова Е.В., Канарский А.В. Казаков Я.В., Манахова Т.Н., Дулькин Д.А. Влияние биомодифицированного картофельного крахмала на де-

формационные и прочностные свойства картона // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. Вып. 4. С. 157–164.

Михайлова О.С., Кржакунова Е.В., Канарский А.В., Казаков Я.В., Дулькин Д.А. Влияние ферментативной обработки крахмала картофельного на физико-механические свойства бумаги // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т 18. № 4. С. 203.

Казаков Я.В. Характеристики деформативности как основополагающий критерий в оценке качества целлюлозно-бумажных материалов: автореф. дис. ... д-ра тех. наук. Архангельск, 2015. 47 с.

References

Youping Tu, Jingjing Chen, Dinghua Liu, Yiyang Zhou, Wei Wang. Study on TSC characteristics of aged insulation cardboard in oil-immersed transformer. *Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP)*. October 20–23 2013. Shenzhen, China. 2013, pp.194–197. DOI: 10.1109/CEIDP.2013.6747452

Wang J., Yiu B., Obermeyer J., Filipe C.D., Brennan J.D., Pelton R. Effects of temperature and relative humidity on the stability of paper-immobilized antibodies. *Biomacromolecules*, 2012, vol. 13(2), pp. 559–564.

Plooy A. The influence of moisture content and temperature on aging rate of paper. *Appita*, 1981, vol. 34, pp. 287–282.

Fibrous cellulosic products. Pat. 3166466A USA, H01M10/42, D21H17/00, D21H17/28, D21H11/14, D21H11/00, D21H17/22. Robert C Puydak; patentoobladatel' Mc Graw Edison Co; zajavl. 28.06.1962; opubl.19.01.1965.

Rastogi V.K., Samyn P. Bio-Based Coatings for Paper Applications. *Coatings*, 2015, vol. 5(4), pp. 887–930.

Mihajlova O.S., Krjakunova E.V., Kanarskij A.V. Kazakov Ja.V., Manahova T.N., Dul'kin D.A. Vlijanie biomodificirovannogo kartofel'nogo krahmala na deformacionnye i prochnostnye svojstva kartona [The effect of biomodification potato starch on the deformation and strength properties of the paperboard] *Izvestia vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2016, vyp. 4, pp. 157–164. (In Russ.)

Mihajlova O.S., Krjakunova E.V., Kanarskij A.V., Kazakov Ja.V., Dul'kin D.A. Vlijanie fermentativnoj obrabotki krahmala kartofel'nogo na fiziko-mehaniicheskie svojstva bumagi [The effect of enzyme treatment of potato starch on the physico-mechanical properties of paper]. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*, 2015, is. 18, no. 4, p. 203 (In Russ.)

Kazakov Ja.V. Harakteristiki deformativnosti kak osnovopolagajushhij kriterij v ocenke kachestva celljulozno-bumazhnyh materialov [Characteristics of deformability as a fundamental criterion in assessing the quality of pulp and paper products]. avtoref. dis. ... d-ra teh. nauk. Arhangel'sk, 2015. 47 s. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 28.09.2017 г.

Захаров И.В., Захарова Н.Л., Канарский А.В., Казаков Я.В., Попов А.В., Дулькин Д.А. Повышение устойчивости картона к старению пропиткой биомодифицированным глютенем // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2018. Вып. 222. С. 216–227. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.222.216-227

Цель исследования заключается в повышении физико-механических и деформационных свойств и устойчивости картона к старению пропиткой биомодифицированным глютенем. Определяли изменения физико-механических и деформационных свойств в процессе хранения картона, пропитанного глютенем, предварительно обработанным ферментными препаратами и L-цистеином. Для оценки физико-механических и деформационных свойств волокнистых материалов использовались стандартные методы. Глютен пшеничный обрабатывался ферментными препаратами и L-цистеином для получения биополимера с необходимыми реологическими свойствами и пригодного для нанесения на картон. Приведена возможность применения белковых веществ как вторичных ресурсов в переработке пшеницы и ферментативной обработки белков с дальнейшим нанесением их на картон. Показано влияние естественного старения картона, пропитанного биомодифицированным глютенем, на его физико-механические и деформационные свойства. Установлено специфическое влияние ферментных препаратов и аминокислоты, которыми обрабатывался глютен, на физико-механические и деформационные свойства картона. Установлено, что при хранении картона происходит увеличение таких показателей, как напряжение при растяжении картона, пропитанного глютенем, модифицированным гетерогенной по составу смесью пентопана 500 БГ, L-цистеина и трансглутаминазы в сухом и во влажном состояниях; относительное удлинение при растяжении в сухом состоянии картона, пропитанного глютенем, модифицированным нейтразой, во влажном состоянии картона, пропитанного глютенем, модифицированным трансглутаминазой; жесткость на сжатие картона, пропитанного глютенем, модифицированным пентопаном моно. Практическая значимость обусловлена повышением срока эксплуатации картона. Направление дальнейших исследований связано с повышением деформационных и физико-механических характеристик картона при поверхностной обработке биомодифицированными растительными биополимерами.

Ключевые слова: старение, картон, ферментативная обработка, пропитка.

Zakharov I.V., Zakharova N.L., Kanarsky A.V., Kazakov Ya.V., Popov A.V., Dulkan D.A. Increase of stability of cardboard to aging impregnation biomodification gluten. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehneskoj Akademii*, 2018, is. 222, pp. 216–227 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2018.222.216-227

The aim of this work is the improvement of physical-mechanical and deformation properties and stability of cardboard to aging impregnation biomodification gluten. For this purpose we determined the changes in physical-mechanical and deformation properties during storage of a cardboard impregnated with gluten pre-treated enzyme preparations and L-cysteine. For assessment of physical-mechanical and deformation properties of fibrous materials using standard methods. Wheat gluten was treated with enzyme preparations and L-cysteine to obtain a biopolymer with the desired rheological properties and is suitable for application to the cardboard. In article given the possibility of the use of proteins as a secondary resource in the processing of wheat and enzyme treatment of the proteins with further applying them to the cardboard. In article shows the effect of natural aging of the cardboard, impregnated biomodification gluten on physical-mechanical and deformation properties. Established a specific influence of enzyme preparations and amino acids, which were processed gluten on physical-mechanical and deformation properties of cardboard. It is established that during storage of the cardboard there is an increase in indicators such as: tensile strength of a cardboard impregnated with gluten, modified with a heterogeneous composition of a mixture pentopan 500 BG, L-cysteine and transglutaminase in dry and in wet condition; elongation under tension in a dry condition of a cardboard impregnated with gluten, modified neutrase in wet cardboard, impregnated gluten, modified transglutaminase; stiffness in compression of a cardboard impregnated with gluten, modified pentopan mono. The practical importance due to the increasing lifetime of the cardboard. The direction for future research is connected with the increase of deformation and physical-mechanical characteristics of paperboard in surface biomodification plant biopolymers.

Key words: aging, cardboard, enzymatic treatment, impregnation.

ЗАХАРОВ Иван Васильевич – аспирант Казанского национального исследовательского технологического университета.

420015, ул. Толстого, д. 8, г. Казань, Россия. E-mail: zaharvv1991@mail.ru

ZAKHAROV Ivan V. – PhD student of Kazan national research technological University.

420015. Tolstoy str. 8. Kazan. Russia. E-mail: zaharvv1991@mail.ru

ЗАХАРОВА Наталья Леонидовна – аспирант Казанского национального исследовательского технологического университета

420015, ул. Толстого, д. 8, г. Казань, Россия. E-mail: zaharvv1991@mail.ru

ZAKHAROVA Natalya L. – PhD student of Kazan national research technological University

420015. Tolstoy str. 8. Kazan. Russia. E-mail: nlzaharova@mail.ru

КАНАРСКИЙ Альберт Владимирович – профессор Казанского национального исследовательского технологического университета, доктор технических наук.

420015, ул. Толстого, д. 8, г. Казань, Россия. E-mail: alb46@mail.ru

KANARSKY Albert V. – DSc (Technical), Professor, Kazan national research technological University

420015. Tolstoy str. 8. Kazan. Russia. E-mail: alb46@mail.ru

КАЗАКОВ Яков Владимирович – доцент Северного (Арктического) федерального университета, доктор технических наук.

163000, Северной Двины наб., д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: j.kazakov@mail.ru

KAZAKOV Yakov V. – DSc (Technical), associate professor, Northern (Arctic) Federal University.

163000. Northern Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: j.kazakov@mail.ru

ПОПОВ Антон Валерьевич – аспирант Северного (Арктического) федерального университета.

163000, Северной Двины наб., д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: anton.popov92@list.ru

ПОПОВ Anton V. – PhD student of the Northern (Arctic) Federal University.

163000. Northern Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: anton.popov92@list.ru

ДУЛЬКИН Дмитрий Александрович – профессор Северного (Арктического) федерального университета, доктор технических наук.

163000, Северной Двины наб., д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: dmdulkin@yandex.ru

DULKIN Dmitry Aleksandrovich – DSc (Technical), professor of the Northern (Arctic) Federal University.

163000. Northern Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: dmdulkin@yandex.ru