



## О БУМАГООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВАХ РАЗНЫХ ВИДОВ ВТОРИЧНОГО ВОЛОКНА

**А.М. Идиатуллин, Н.А. Тараканова, И.С. Идиатуллина, И.В. Любавина**  
*ООО «Технобум-2», Правдинский, Московская обл., Россия*

*Исследованы бумагообразующие свойства шести видов макулатуры, таких как гофроящики, офисная бумага, газеты, книги, и журналы из мелованной бумаги. Проанализированы распределение по размерам частиц, мутность, катионная потребность, содержание растворенного крахмала, другие свойства исходной бумажной массы. Исследована скорость обезвоживания, свойства подсеточной воды. Изучены основные прочностные свойства отливок, склонность к проклейке АКД.*

## ABOUT THE PAPER FORMING PROPERTIES OF DIFFERENT KINDS OF SECONDARY FIBERS

**A.M. Idiatullin, N.A. Tarakanova, I.S. Idiatullina, I.V. Ljubavina**  
*"Technoboom-2" Ltd., Pravdinsky, Moscow region, Russia*

*The paper forming properties of six kinds of secondary fibers have been studied, such as old corrugated containers, office paper, newspapers, books, and coated paper magazines (in the process of making paper hand sheets). Particle size distribution, turbidity, cationic demand, dissolved starch levels and other properties of the original pulp have been analyzed. The rate of dewatering and the properties of white water have been investigated. Basic paper strength properties and susceptibility to AKD sizing have been studied too.*

### **Цель работы**

В настоящей работе была поставлена задача изучить, как влияют наиболее типичные виды макулатуры на процесс отлива, основные прочностные показатели и проклейку картона и бумаги, чтобы дать возможность специалистам и производителям оценивать влияние композиции по волокну на процессы отлива, физико-механические показатели и проклейку картона из вторичного волокна.

### **Порядок проведения исследований, подготовка образцов.**

Исследования проводились в лаборатории ООО «Технобум-2», созданной в 1995 г. на базе лаборатории отдела химии и химической технологии ОАО «Центральный НИИ Бумаги».

Для приготовления шести видов бумажной массы были использованы шесть видов макулатуры: 1) гофроящики из картона и бумаги на 70 % состоящие из первичного волокна; 2) гофроящики полностью из вторичного волокна; 3) бумага офисная, запечатанная на принтере; 4) книжная бу-



мага (смесь разных книг на недорогой бумаге); 5) газеты; 6) журналы «7 дней» из мелованной бумаги.

Макулатуру распускали и подвергали легкому размолу в аппарате ЦРА до полного диспергирования на волокна, разбавляли до 1 % и далее проводили испытания исходной массы. Потом изготавливали бумажные отливки на аппарате Рапид-Кеттен и испытывали их на показатели прочности и проклейки. Испытания проводили как с добавлением АКД и катионного крахмала, так и с клеем АКД без катионного крахмала.

#### **Методы испытаний.**

Время обезвоживания бумажной массы определяли на аппарате Шоппер-Риглера, замеряя время истечения разных объемов подсеточной воды 200, 300, 400, 500 мл. Мутность массы и подсеточной воды определяли на приборе турбидиметре фирмы «HANNA».

Концентрацию растворенного крахмала определяли по методике ООО «Технобум-2» на фотометре «Smart» фирмы «La Motte».

Катионную потребность массы определяли по методике ООО «Технобум-2» на приборе «Mutek PCD-03».

Для исследования распределения по размерам частиц бумажную массу анализировали на лазерном дифракционном анализаторе размера частиц «Analysette 22» фирмы «Fritch», который позволяет анализировать частицы в диапазоне от 0,01 мкм до 3,0 мм.

Энергию связей волокон определяли на приборе «Scott Bond Tester», другие физико-механические показатели бумажных отливок определяли на известных приборах соответствующего назначения.

#### **Результаты исследований и обсуждение.**

Все основные результаты исследований представлены в табл. 1 и 2. В табл. 1 показаны свойства исходной бумажной массы каждого вида, а также свойства массы и подсеточной воды при обезвоживании.

В качестве катионного крахмала использовали катионный крахмал среднего качества – кукурузный со степенью замещения 0,040 моль/моль.

Результаты исследования бумажной массы на состав частиц на лазерном анализаторе «Analysette 22» представлены графически. Из-за ограничения объема публикации здесь приводятся графики распределения частиц лишь для двух видов макулатурой массы – гофроящиков из первичного картона и мелованной бумаги на рис.1,2 и табл.3. В целом сравнивая распределение частиц для разных видов макулатуры на графиках рис.1-6 в различных видах бумажной массы можно отметить:



Таблица 1. Свойства исходной бумажной массы, подача химикатов и результаты испытаний факторов обезвоживания бумажной массы без катионного крахмала и с катионным крахмалом

Характеристика	Расход крах- мала, кг/т	Гофроящики (первич.)	Гофроящики (вторичн.)	Офисная с печатью	Книжная макулатура	Газетная	Мелованная («7 дней»)
Свойства исходной бумажной массы							
Степень помола, °ШР		17,5	29	24,5	32	61	71
Средний размер частиц, мкм		116,8	107,1	108,5	88	94,8	70,6
Зольность, %		3,2	6,5	21,9	4,7	1,0	37,0
Мутность 1%-ной массы, FTU		295	513	1360	437	440	3540
Концентрация растворенного крахмала, мг/л		159	222	119	9,5	10,1	136
Катионная потребность, мкг-экв/л		688	640	520	704	560	1440
Свойства бумажной массы после добавления химикатов: АКД (6 кг/т) и катионного крахмала (5 кг/т)							
Время обезвоживания объема, с							
200 мл	–	1,8	3,4	2,5	4,6	17,6	35,8
	5	1,5	5,2	3,2	5,4	14,2	22,9
300 мл	–	3,7	9,7	8,2	11,1	40,8	85,7
	5	3,8	12,2	8,5	11,6	31,7	54,5
400 мл	–	7,3	18,8	17,3	20,3	74,6	168,4
	5	7,5	21,9	17,8	20	56,7	101,8
500 мл	–	12,7	32,8	29,7	33,9	125,2	263,8
	5	13,1	35,8	31	32,4	92,7	170,6
Мутность подсеточной воды, FTU	–	91	154	706	127	112	572
	5	56	82	370	71	76	356

- наибольший средний размер частиц отмечается у макулатуры из первичного волокна – 116,8 мкм (рис. 1), а наименьший у мелованной бумаги 70,6 мкм (рис.2);

- наибольшее количество мелких частиц размером менее 10 мкм, что характерно для наполнителей и пигментов, отмечается у мелованной бумаги, где отмечается максимальная зольность.

- наибольшая доля самых мелких частиц менее 1 мкм отмечается у мелованной бумаги (1,6 %) и у офисной бумаги (1,0 %), у других видов массы доля этих частиц в несколько раз меньше;



Таблица 2. Влияние подачи химикатов на результаты испытаний прочностных показателей бумажных отливок (масса 100 г/м<sup>2</sup>)

Характеристика	Расход крах- мала, кг/т	Гофроящички (первич.)	Гофроящички (вторичн.)	Офисная с печатью	Книжная макулатура	Газетная	Мелованная («7 дней»)
Свойства бумажной массы							
Степень помола, °ШР	–	17,5	29	24,5	32	61	71
Зольность, %	5	17,5	29	24,5	32	61	71
Свойства лабораторных отливок после добавления химикатов: АКД (6 кг/т) и катионного крахмала (5 кг/т)							
Энергия связей, Scott, Дж/м <sup>2</sup>	–	246,4	311,7	374,6	150,1	144,6	119,3
	5	443,5	511,2	498,5	211,2	198,5	166,9
Индекс, %	–	100	126,5	152	60,9	58,7	48,4
	5	180	207,5	202,3	85,7	80,6	67,7
Разрушающее усилие, Н	–	73,0	75,4	73,8	52,3	58,9	43,6
	5	81,7	82,6	75,6	51,6	60,6	41,7
Индекс, %	–	100	103,3	101,1	71,6	80,7	59,7
	5	111,9	113,2	103,6	70,7	83,0	57,1
Относительное сопротивление продавливанию, кПа	–	279	307	318	138	132	94
	5	352	349	354	158	164	109
Индекс, %	–	100	110	114	49,5	47,3	33,7
	5	126,2	125,1	126,9	56,6	58,8	39,1
Относительное сопротивление сжатию кольца, кгс	–	21,4	20,5	20,3	18,9	17,6	17,1
	5	21,8	20,9	19,3	19,6	20,0	18,2
Индекс, %	–	100	95,8	90,2	88,3	82,2	79,9
	5	101,9	97,7	94,9	91,6	93,5	85
Кобб <sub>60</sub> , г/м <sup>2</sup>	–	203,6	52,0	41,8	187,9	163,1	113,5
	5	47,9	22,7	23,1	52,1	151,3	109,5

В целом результаты анализа распределения по размеру частиц дают представление о распределении частиц для разных видов макулатуры. Однако, размеры частиц для волокон, существенно отличаются от привычного представления о размере волокон, как об их длине. И если для шарообразных или кубических частиц средний размер по методу светорассеяния будет достаточно близким реальному среднему размеру частицы, то в случае вытянутых частиц, таких как волокна целлюлозы, определяемый размер частицы это некий средний размер между длиной, и диаметром (толщиной, шириной) и реально определяемый размер в несколько раз ниже, чем фактическая длина волокон.

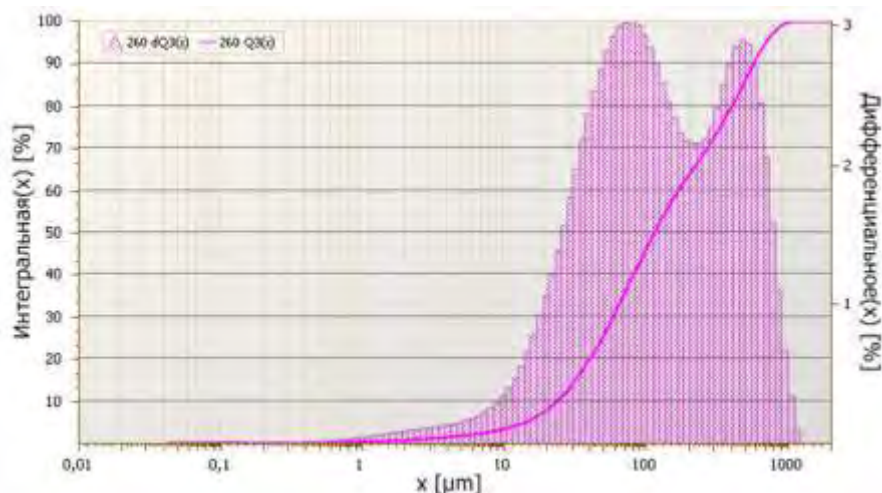


Рис. 1. Распределение частиц по размерам макулатуры из гофроящиков из первичного сырья

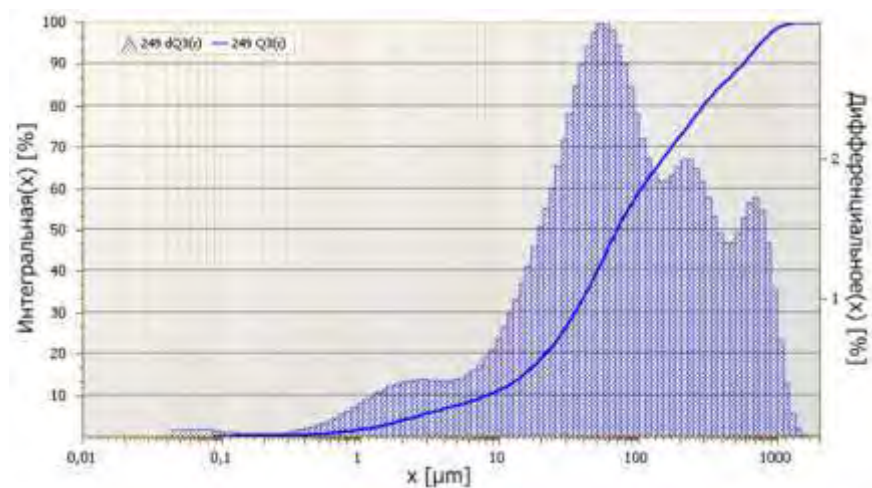


Рис.2. Распределение частиц по размерам в массе мелованной макулатуры

Таблица 3. Распределение частиц по размерам для макулатурной массы по результатам исследования на лазерном анализаторе “Analysette 22”

Доля частиц (по объёму), %	Размер, <, мкм		Размер, <, мкм	Доля частиц, %	
	Гофро- ящики	Мелованная макулатура		Гофро- ящики	Мелованная макулатура
10	24,3	8,1	1	0,3	1,6
20	41,2	22,0	5	1,7	7,7
30	59,7	35,6	10	3,3	11,3
40	83,1	50,6	50	25,4	39,6
50	<b>116,8*</b>	<b>70,6*</b>	100	45,8	59,2
60	173,3	103,8	200	63,3	73,0
70	271,8	171,3	500	86,1	89,4
80	405,1	285,6	700	94,9	94,8
90	574,7	525,3	1000	99,5	99,0
100	1357,4	1571,3	1500	100	100

\* – средний размер



Обратимся теперь к анализу других результатов, представленных в табл. 1. Некоторые результаты представлены в виде диаграмм рис. 3-8.

Из табл.1 видно, что наибольший средний размер частиц 116,8 мкм и одновременно самая низкая степень помола 17,5 °ШР отмечается у гофро-ящиков из первичного картона. И, наоборот, у мелованной макулатуры отмечается наиболее высокая степень помола 71 °ШР и одновременно самый малый средний размер частиц 70,6 мкм. Другие виды макулатуры занимают промежуточное положение, как по размеру частиц, так и по степени помола.

На рис. 3 представлена интересная взаимосвязь между зольностью и мутностью различных видов бумажной массы.

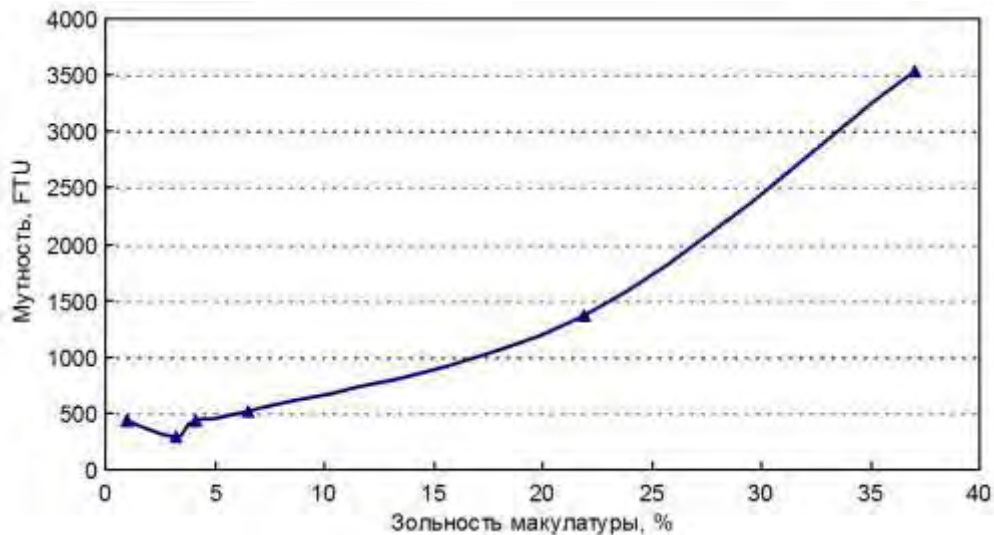


Рис.3. Взаимосвязь зольности и мутности бумажной массы из разных видов макулатуры

Видна хорошая корреляция между зольностью и мутностью бумажной массы. Это связано с тем, что наполнители, создающие зольность, имеют более высокий коэффициент преломления света, чем волокна целлюлозы и их вклад в эффект рассеяния света, который создает мутность, существенно выше, чем у волокон. Можно также отметить, что для газетной бумаги, где была отмечена минимальная зольность (1 %), мутность не самая низкая. Это можно объяснить тем, что, древесная масса (ТММ, ХТММ) обладает наибольшей светорассеивающей способностью в сравнении с другими видами волокнистых полуфабрикатов. В целом, мутность важный и не сложный показатель. Контролируя его, можно получить данные о качестве бумажной массы и ее зольности.



Далее на рис. 4 представлена диаграмма, отражающая содержание растворенного и диспергированного крахмала в бумажной массе. Его источники в макулатуре, основном, следующие:

- 1) натуральный крахмал из клеевых швов гофроящиков;
- 2) энзимированный или окисленный крахмал из состава поверхностной проклейки картона и бумаги;
- 3) модифицированный крахмал из мелованных покрытий бумаги.

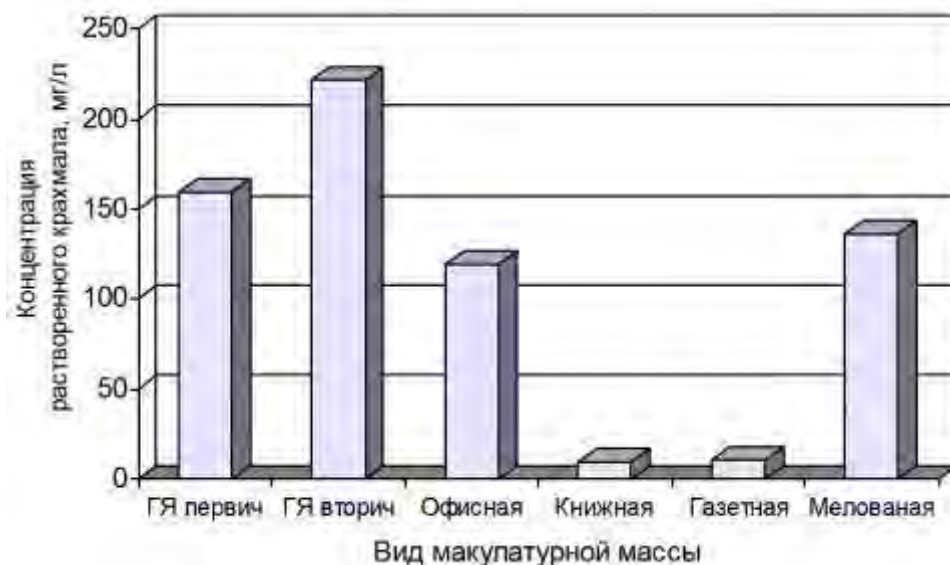


Рис. 4. Концентрация растворенного крахмала в бумажной массе из различных видов макулатуры

Этот растворенный и диспергированный крахмал оказывает следующее влияние в бумажной массе:

- способствует развитию микроорганизмов и процессам порчи бумажной массы;
- является источником анионных загрязнений, и в процессе порчи анионный заряд крахмала и катионная потребность массы усиливаются;
- повышает вязкость водной среды, за счет чего снижается скорость обезвоживания массы на сеточном столе и производительность БДМ.
- стабилизирует частицы мелочи и наполнителя, что ухудшает процесс удержания наполнителя и мелочи при отливе бумаги, а также вызывает дополнительные трудности при очистке сточных вод;
- не способствует упрочнению бумаги, а напротив, обволакивает волокна микропленкой сильно гидролизованного крахмала, которая в сухом состоянии является слабой и хрупкой и может даже препятствовать формированию полноценных водородных связей между волокнами целлюлозы.



По результатам наших исследований на некоторых фабриках концентрация растворенного крахмала в бумажной массе достигает 1200 мг/л. В пересчете это означает, что при концентрации массы 1 % содержание растворенного крахмала составляет 120 кг на 1 т бумаги. Многовато.

В силу указанных факторов контроль содержания растворенного крахмала в массе дает много полезной технологической информации.

На диаграмме рис. 5 показано время обезвоживания 500 мл различных видов бумажной массы на аппарате Шопер-Риглера.



Рис. 5. Время обезвоживания бумажной массы из различных видов макулатуры (исходной и с добавлением катионного крахмала)

Видно, что время обезвоживания массы из первичного картона составляет 12,7 с, массы из газетной бумаги 125,2 с, то есть в 10 раз больше, а для мелованной бумаги 263,4 с, что более чем в 20 раз больше. Таким образом, именно эти виды макулатуры – газетная и мелованная создают наибольшие трудности при обезвоживании массы на КДМ, БДМ. На диаграмме 5 также видно, что, что время обезвоживания после добавления катионного крахмала практически во всех случаях уменьшилось.

Далее на рис. 6 показана мутность подсеточной воды при обезвоживании различных видов бумажной массы. Этот параметр, как уже указано выше, также можно контролировать на производстве и он дает представление не только о составе макулатуры, но также об удержании волокна при отливе бумаги и степени зациклованности оборотной воды. Он также может быть использован как экспресс-метод оценки удержания. На диаграмме рис. 6 виден еще один выраженный эффект – эффект снижения мутности подсеточной воды, который оказывает катионный крахмал. Это следствие эффекта коагуляции и удержания мелочи.





Перейдем к показателям прочности разных видов бумажной массы. В табл. 2 показана величина энергии связи волокон у бумажных отливок из различных видов бумажной массы. Наибольшая энергия связей волокон в данном эксперименте отмечалась у офисной бумаги  $375 \text{ Дж/м}^2$ , несколько ниже у вторичного картона  $311 \text{ Дж/м}^2$  и лишь потом у первичного картона  $246 \text{ Дж/м}^2$ . Это можно объяснить тем, что макулатура из первичного картона, имеет очень низкую степень помола ( $17,5 \text{ }^\circ\text{ШР}$ ). В целом показатель энергии связей волокон (по Скотту), пожалуй, самый чувствительный показатель к прочности межволоконных связей и упрочняющим добавкам.

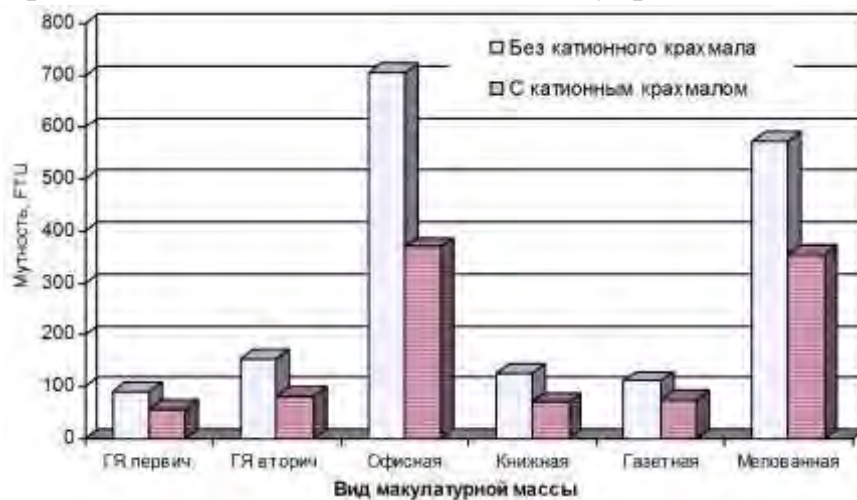


Рис. 6. Мутность подсеточной воды при отливе бумаги из различных видов макулатуры (без и с катионным крахмалом)

О других, показателях, характерных для тестлайнера и флютинга. В табл. 2 приводятся не только значения самих показателей, но и индекс – относительная величина показателя по отношению к показателям у отливок из макулатуры первичного гофрокартона. Показатели последних приняты за 100 %. Такой подход позволяет рассчитать средний индекс прочности (средний из трех), с учетом всех трех показателей – разрушающего усилия, сопротивления продавливанию и сопротивления сжатию кольца.

Мы считаем, что расчет подобного индекса, объединяющего несколько физико-механических показателей - более объективный подход к сравнению прочностных показателей картона или бумаги. Так как известно, что при росте одного показателя другой показатель может не расти или даже снижаться.

На диаграмме рис. 7 видно, что наибольший индекс прочности по трем показателям на уровне 100-103 % отмечается сразу у трех видов макулатуры – гофроящиков первичного, вторичного картона, и офисной бумаги.

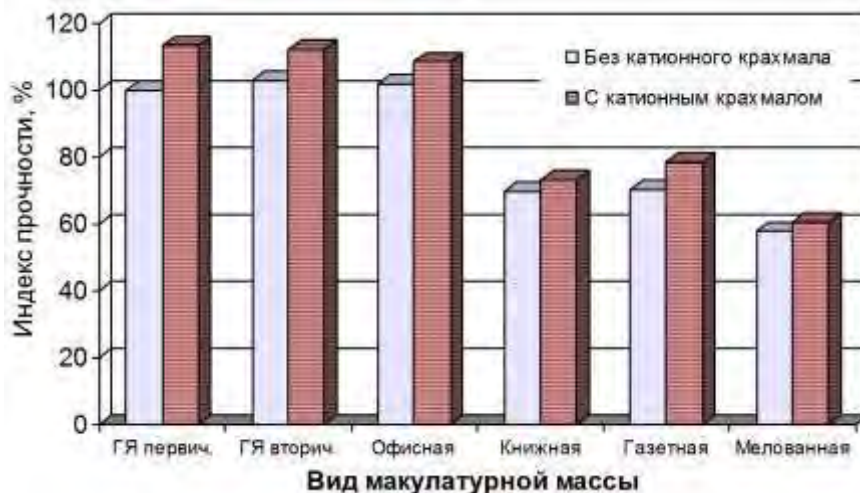


Рис. 7. Средний относительный индекс прочности (по трем показателям) бумажных отливок из различных видов макулатуры без и с добавлением катионного крахмала

Самый низкий индекс у мелованной бумаги 57,8 %, то есть почти в 2 раза ниже, чем у первичного гофрокартона. Несколько выше индекс у газетной макулатуры 70,1 % и книжной макулатуры 69,8 %. Видно также, что после добавления 5 кг/т катионного крахмала показатели возросли, и наибольший индекс прочности и его прирост оказался у отливок из макулатуры первичного картона 113,3 %, чуть ниже у макулатуры из вторичного картона 112 % и офисной бумаги 108,5 %. Наиболее низкий прирост показателей оказался у мелованной бумаги – рост индекса прочности с 57,8 % до 60,4 %, то есть менее, чем на 2,6 %. Отчасти это можно объяснить тем, что с добавлением катионного крахмала возросло удержание и зольность, и повышенная зольность уменьшила эффект упрочняющего действия катионного крахмала.

На последнем из рис. 8 показана диаграмма, отражающая эффективность проклейки отливок из разных видов макулатуры. На диаграмме видно, что при отсутствии катионного крахмала удовлетворительно проклеиваются лишь отливки из макулатуры вторичного картона и офисной бумаги. Это легко объяснить, так как именно эти виды бумаги уже имели проклейку нейтральными клеями АКД и частично её сохранили. Другие виды отливок имеют очень высокую впитываемость, то есть клей АКД без удерживающих добавок по сути дела не работает. Картина меняется при добавке катионного крахмала, который способствует фиксации и удержанию клея АКД. Однако и здесь остается неудовлетворительной проклейка у бумажных отливок из макулатуры газетной и мелованной бумаги.

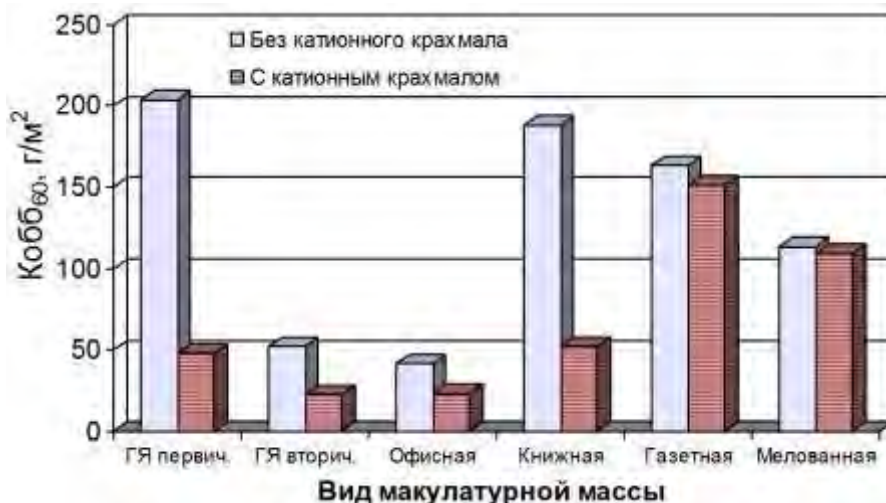


Рис. 8. Впитываемость воды отливок из различных видов макулатуры. Проклейка АКД (без и с катионным крахмалом)

### Выводы:

1. Проведены исследования бумагообразующих свойств шести видов бумажной массы, таких как макулатура из гофроящиков из первичного и вторичного волокна, офисная бумага, макулатура из книг, из газет и из журналов на мелованной бумаге.

2. Изучены основные свойства бумажной массы. Исследовано распределение частиц по размерам в бумажной массе в диапазоне от 0,01 мкм до 2000 мкм. Изучены такие показатели, как степень помола, зольность, содержание растворенного крахмала, мутность, катионная потребность. Исследованы показатели обезвоживания бумажной массы, физико-механические показатели отливок, способность макулатуры к проклейке клеем АКД. Показано влияние катионного крахмала.

3. Отмечено, что дополнительный контроль мутности и содержания растворенного крахмала в бумажной массе и подсеточной воде дают много полезной информации и позволяют оценивать удержание, зольность, степень загрязненности бумажной массы вредным растворенным крахмалом.

4. Для более объективной оценки показателей прочности картона и бумаги предложено использовать средний относительный индекс прочности, учитывающий одновременно несколько разных физико-механических показателей картона или бумаги.

*Благодарность.* Авторы выражают благодарность руководству ООО «Биовет-Фермент» за предоставленную возможность проведения исследований бумажной массы на анализаторе частиц "Analysette 22".