



Объектом исследования являлись образцы бумаги ( $80 \text{ г/м}^2$ ) и картона ( $340 \text{ г/м}^2$ ), изготовленные из проклеенной 1%-ной макулатурной массы и отличающиеся содержанием сильноосновного катионного полиэлектролита СА МХ ДМАПА, а также последовательностью введения в нее гидродисперсии ТМВС-2Н и сульфата алюминия. Макулатурную массу со степенью помола  $40^\circ\text{ШР}$  получали путем размола в лабораторном ролле  $40,0 \text{ г}$  макулатуры марки МС-1 в присутствии  $4000 \text{ г}$  воды. Содержание 2%-ной гидродисперсии ТМВС-2Н и 5%-ного раствора сульфата алюминия в макулатурной массе было постоянным и составляло  $1,65$  и  $0,66 \text{ г}$  соответственно. Содержание (Р) 1%-ного раствора СА МХ ДМАПА увеличивали от нуля до  $11,0 \text{ г}$ , т. е. Р повышали до  $0,05\%$  от абс. сух. волокна. Химикаты в макулатурную массу вводили тремя способами:

1-й – гидродисперсия ТМВС-2Н → сульфат алюминия → СА МХ ДМАПА;

2-й – гидродисперсия ТМВС-2Н → СА МХ ДМАПА → сульфат алюминия;

3-й – СА МХ ДМАПА → гидродисперсия ТМВС-2Н → сульфат алюминия.

Образцы бумаги и картона, содержащие выбранные химикаты и представляющие собой микрогетерогенные системы, изготавливали на листоотливном аппарате «Rapid Ketten» (фирма «Ernst Naage», Германия). После обезвоживания их сначала сушили при температуре  $105^\circ\text{C}$  в течение  $4 \text{ мин}$ , а затем для спекания и плавления проклеивающих комплексов их термообработывали при температуре  $125^\circ\text{C}$  в течение  $1 \text{ мин}$  [9]. Гидрофобность образцов бумаги и картона характеризовали поглощением воды путем одностороннего их смачивания ( $Y_1, \text{ г/м}^2$ ) и степенью проклейки по штриховому методу ( $Y_2, \text{ мм}$ ), которые определяли по ГОСТам 12605-82Е и 6658-75Е соответственно. Прочностные показатели образцов бумаги и картона оценивали согласно стандарту SCAN P38 на разрывной машине (фирма «Lorentzen & Wettre», Швеция) и характеризовали влагопрочностью ( $Y_3, \%$ ) и разрывной длиной ( $Y_4, \text{ м}$ ). Кроме того, по методике [10] определяли содержание волокна в регистровой воде ( $C, \text{ мг/л}$ ) в зависимости от последовательности введения химикатов в макулатурную массу, а также степень удержания волокна ( $\text{СТУ}_в, \%$ ) и проклеивающих комплексов ( $\text{СТУ}_к, \%$ ) в структуре бумаги и картона. Значения  $\text{СТУ}_к$  и  $N_0$  рассчитывали по формулам:

$$\text{СТУ}_к = 6,56 \cdot 10^{-8} (N_0 / (d_0 P_0)) (d_v l_v / M_0^2)^2, (\%)$$

$$N_0 = 266,6 (d_v / d_0) (\rho_0 P_0 / l_v),$$

где  $N_0$  – количество проклеивающих комплексов, образовавшихся при коллоидно-химическом взаимодействии частиц дисперсной фазы гидродисперсии ТМВС-2Н и гидроксокомплексами алюминия, шт.;  $P_0$  – содержание гидродисперсии ТМВС-2Н в микрогетерогенной системе, % от абс. сух. волокна ( $P_0 = 1,5$ );  $d_0$  – средний диаметр проклеивающих комплексов, м;  $d_v$  и  $l_v$  – диаметр и длина волокна соответственно, м;  $M_0$  – масса образца бумаги (картона), г;  $\rho_0$  – плотность проклеивающих комплексов,  $\text{кг/м}^3$  ( $\rho_0 = 1005 \text{ кг/м}^3$ ).

Зависимость изменения свойств бумаги  $Y_i = f(P)$  при различной последовательности введения химикатов в макулатурную массу показана на рис. 1. Зависимость  $C = f(P)$  представлена на рис. 2, а зависимости  $\text{СТУ}_в = f(P)$  и  $\text{СТУ}_к = f(P)$  – на рис. 3.

Из рис. 1 следует, что содержание полиэлектролита СА МХ ДМАПА (Р) в микрогетерогенной системе и последовательность введения в нее химикатов оказывают существенное влияние на  $Y_1$ – $Y_4$ . Получено, что при введении в макулатурную массу химикатов по способу 1 (гидродисперсия ТМВС-2Н → сульфат алюминия → СА МХ ДМАПА), когда содержание СА МХ ДМАПА в микрогетерогенной системе составляет  $P = 0,01$  (рис. 1, а), образцы бумаги обладают высокими показателями качества, так как  $Y_1 = 16,2 \text{ г/м}^2$ ,  $Y_2 = 2,4 \text{ мм}$ ,  $Y_3 = 2,26$  и  $Y_4 = 5100 \text{ м}$ . Эти данные свидетельствуют о том, что в микрогетерогенной системе, содержащей гидродисперсию ТМВС-2Н и сульфат алюминия, сначала протекает коагуляционный процесс с образованием проклеивающих комплексов и последующей адгезией их на поверхности волокон, а затем (после введения СА МХ ДМАПА) начинается флокуляция, улучшающая структурообразование проклеенной макулатурной массы. Уменьшение содержания волокна в регистровой воде с  $11,8$  до  $0,2 \text{ мг/л}$  (рис. 2) можно объяснить повышением степени его удержания в структуре бумаги от  $94,3$  до  $99,5\%$  (рис. 3, а) за счет протекающего флокуляционного процесса, а улучшение гидрофобности образцов бумаги – увеличением степени удержания проклеивающих комплексов от  $70,4$  до  $94,5\%$  (рис. 3, б)

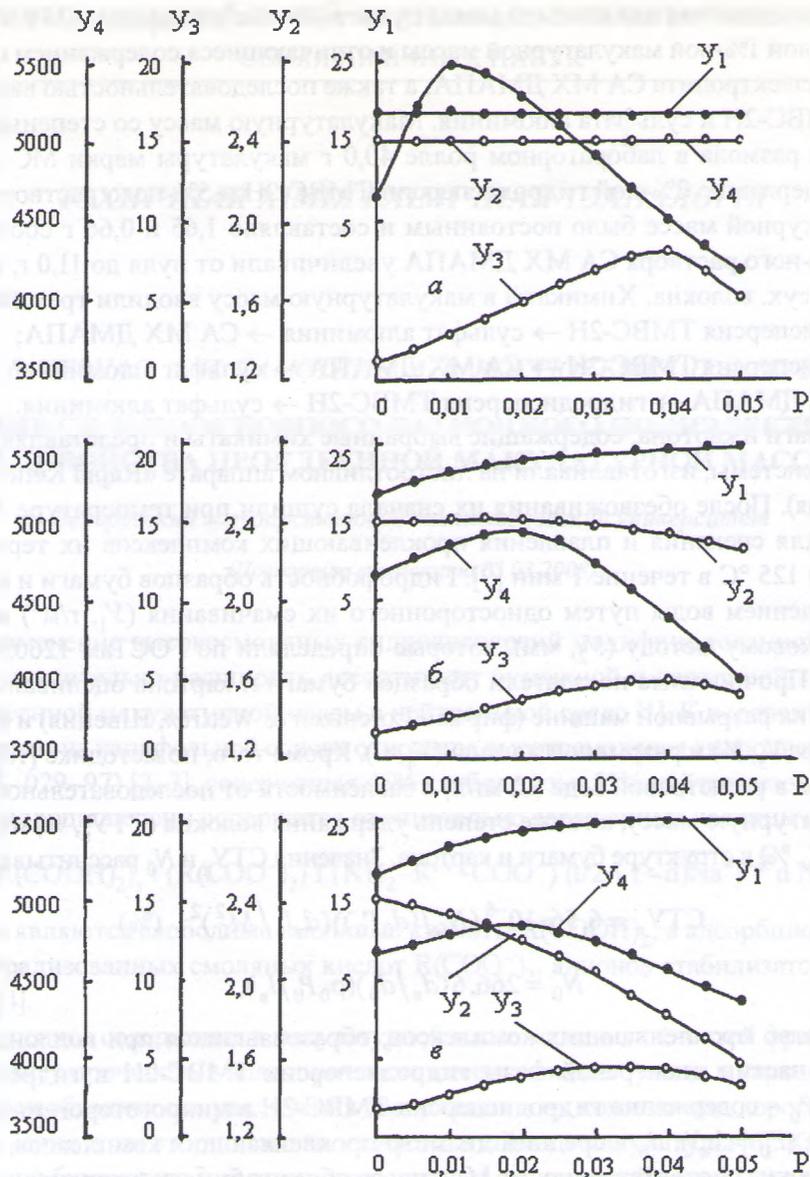


Рис. 1. Качество образцов бумаги ( $Y_1$ - $Y_4$ ) в зависимости от расхода СА МХ ДМАПА ( $P$ , % от абс. сух. волокна) и очередности введения химикатов в волокнистую суспензию: а – способ 1; б – 2; в – способ 3

за счет протекающего коагуляционного процесса. Установлено, что в исследуемом диапазоне содержания СА МХ ДМАПА в проклеенной макулатурной массе, когда  $0,005 < P < 0,050$ , введение его по способу 2 является нецелесообразным из-за повышения  $Y_1$  от 17,0 до 36,7 г/м<sup>2</sup> и снижения  $Y_2$  с 2,4 до 1,2 мм.

Однако при  $P = 0,02$ , как видно из рис. 1, б, образцы бумаги и картона обладают высокими прочностными свойствами, так как возрастают  $Y_3$  от 2,6 до 4,5% и  $Y_4$  от 4600 до 4900 м. Вероятно, это можно объяснить преобладанием процесса флокуляции над процессом коагуляции. Поэтому введение химикатов в макулатурную массу по способу 2 (ТМВС-2Н → → СА МХ ДМАПА → сульфат алюминия) является целесообразным в том случае, когда к прочностным свойствам бумаги и картона предъявляются повышенные требования, а их гидрофобность может находиться на

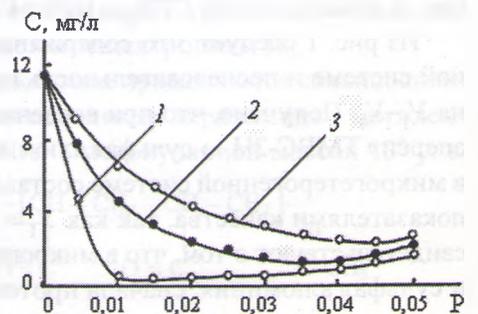


Рис. 2. Содержание волокна ( $C$ , мг/л) в регистровой воде в зависимости от расхода СА МХ ДМАПА ( $P$ , % от абс. сух. волокна) и очередности введения химикатов в волокнистую суспензию: 1 – способ 1; 2 – 2; 3 – способ 3

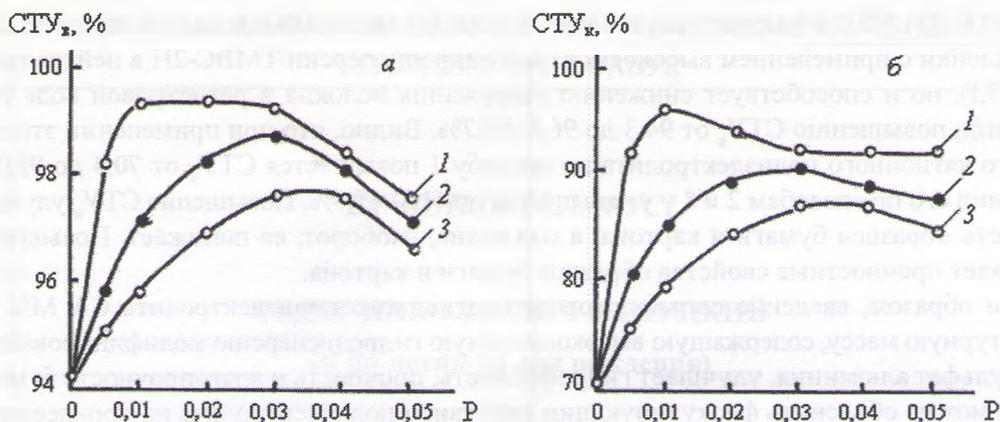


Рис. 3. Степень удержания волокна (СТУ<sub>в</sub>, %) (а) и частиц клевого осадка (СТУ<sub>к</sub>, %) (б) в зависимости от содержания СА МХ ДМАПА ( $P$ , % от абс. сух. волокна) и очередности введения химикатов в волокнистую суспензию: 1 – способ 1; 2 – 2; 3 – способ 3

среднем уровне. Увеличение влагопрочности образцов бумаги и картона, содержащих СА МХ ДМАПА, когда  $P = 0,02$ , можно объяснить повышением прочности структурированной сетки вследствие увеличения степени флокуляции проклеенной макулатурной массы.

Установлено, что применение СА МХ ДМАПА по способу 3 может быть рекомендовано для макулатурной массы с повышенным содержанием в ней мелковолокнистой фракции. Из рис. 1, в следует, что при  $0,005 < P \leq 0,010$  показатели качества образцов бумаги и картона не отличаются от качества исходных образцов, не содержащих СА МХ ДМАПА, когда  $P = 0$ , а при  $0,03 < P \leq 0,05$  повышаются  $U_3$  от 2,6 до 5,2% и  $U_4$  от 4600 до 4950 м. Поэтому при  $P = 0,05$  разрывная длина достигает максимальных значений ( $U_4 = 4950$  м), в то время как  $U_1 = 25,0$  г/м<sup>2</sup> и  $U_2 = 2,2$  мм. Поэтому этот способ применения СА МХ ДМАПА является целесообразным с целью повышения прочности слабосклеенных видов бумаги.

В таблице представлены данные о влиянии способов введения химикатов в макулатурную массу при оптимальном содержании СА МХ ДМАПА ( $P_{\text{опт}}$ , % от абс. сух. волокна) в микрогетерогенной системе на рН проклеенной макулатурной массы перед ее обезвоживанием, содержание волокна в регистровой воде ( $C$ , мг/л), степень удержания волокна (СТУ<sub>в</sub>, %) и проклеивающих комплексов (СТУ<sub>к</sub>, %) в структуре бумажного листа.

**Влияние способов применения химикатов на  $P_{\text{опт}}$ , рН,  $C$ , СТУ<sub>в</sub>, СТУ<sub>к</sub> и свойства образцов бумаги**

| $P_{\text{опт}}$  | рН  | $C$  | СТУ <sub>в</sub> | СТУ <sub>к</sub> | $U_1$ | $U_2$ | $U_3$ | $U_4$ |
|---|-----|------|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| Исходные образцы бумаги без применения СА МХ ДМАПА<br>(гидродисперсия ТМВС-2Н → сульфат алюминия) |     |      |                  |                  |       |       |       |       |
| –   | 7,2 | 11,8 | 94,3             | 70,4             | 17,0  | 2,4   | 2,6   | 4600  |
| Применение химикатов по способу 1<br>(гидродисперсия ТМВС-2Н → сульфат алюминия → СА МХ ДМАПА)    |     |      |                  |                  |       |       |       |       |
| 0,01  | 7,0 | 9,4  | 96,5             | 93,0             | 16,2  | 2,4   | 2,26  | 5100  |
| Применение химикатов по способу 2<br>(гидродисперсия ТМВС-2Н → СА МХ ДМАПА → сульфат алюминия)    |     |      |                  |                  |       |       |       |       |
| 0,02  | 7,1 | 5,5  | 97,4             | 65,6             | 36,7  | 1,2   | 4,5   | 4900  |
| Применение химикатов по способу 3<br>(СА МХ ДМАПА → гидродисперсия ТМВС-2Н → сульфат алюминия)    |     |      |                  |                  |       |       |       |       |
| 0,03  | 6,8 | 4,0  | 98,7             | 61,3             | 25,0  | 2,2   | 5,2   | 4950  |

В этой таблице приведены такие свойства образцов бумаги, как поглощение воды (впитываемость при одностороннем смачивании) ( $U_1$ , г/м<sup>2</sup>), степень проклейки по штриховому методу ( $U_2$ , мм), влагопрочность ( $U_3$ , %) и разрывная длина ( $U_4$ , м). Установлено, что качество образцов картона на 20–40% выше, чем для образцов картона. Откуда видно, что дополнительное введе-

ние СА МХ ДМАПА в макулатурную массу позволяет не только проводить процесс канифольной проклейки с применением высокосмоляной гидродисперсии ТМВС-2Н в нейтральной среде (рН 6,8–7,1), но и способствует снижению содержания волокна в регистровой воде от 11,8 до 4,0–9,4 мг/л, повышению  $СТУ_{\text{в}}$  от 94,3 до 96,5–98,7%. Видно, что при применении этого сильноосновного катионного полиэлектролита по способу 1 повышается  $СТУ_{\text{к}}$  от 70,4 до 93,0%, а при применении его по способам 2 и 3 – уменьшается до 61,3–65,6%. Повышение  $СТУ_{\text{к}}$  улучшает гидрофобность образцов бумаги и картона, а снижение, наоборот, ее понижает. Повышение  $СТУ_{\text{в}}$  увеличивает прочностные свойства образцов бумаги и картона.

Таким образом, введение сильноосновного катионного полиэлектролита СА МХ ДМАПА в макулатурную массу, содержащую высокосмоляную гидродисперсию модифицированной канифоли и сульфат алюминия, улучшает гидрофобность, прочность и влагопрочность бумаги и картона, что можно объяснить флокулирующим действием полиэлектролита на проклеенную макулатурную массу. Изменение последовательности введения химикатов в макулатурную массу ухудшает гидрофобность образцов бумаги и картона из-за активного участия полиэлектролита в процессе флокуляции, замедляющим электролитную коагуляцию гидродисперсии модифицированной канифоли.

### Литература

1. Черная Н. В., Ламоткин А. И. Проклейка бумаги и картона в кислой и нейтральной средах. Мн., 2003. С. 345.
2. Патент 2816 (РБ). МКИ D 21 H 11/00, 17/62, C 09 J 193/04. Бумажная масса / А. И. Ламоткин, Н. В. Черная, А. А. Комаров, В. Л. Колесников. Заявл. 22.08.1997; Оpubл. 31.12.1998.
3. Черная Н. В. // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2006. № 1. С. 111–115.
4. Черная Н. В. Проклейка бумаги и картона гидродисперсиями модифицированной канифоли в режиме гетероадагуляции пептизированных частиц: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Мн., 2007.
5. Швец Л. В., Лапин В. В., Тесленко В. В. // Сб. тр. ЦННИБ. Исследования в области производства бумаги. М., 1975. № 10. С. 60–67.
6. Фляте Д. М. Свойства бумаги. М., 1970. С. 456.
7. Лапин В. В., Капанчан А. Т., Клименко В. М. // Сб. тр. ЦННИБ. Исследования в области химии бумаги. М., 1980. № С. 4–11.
8. Черная Н. В., Ламоткин А. И. // Тез. докл. IV науч.-техн. конф. «Ресурсосберегающие экотехнологии: возобновление и экономия энергии, сырья и материалов». г. Гродно, 11–13 октября 2000 г. С. 64.
9. Черная Н. В., Ламоткин А. И., Эмелло Г. Г., Жолнерович Н. В. // Материалы. Технологии. Инструменты. 2001 Т. 6, № 4. С. 90–93.
10. Лабораторный практикум по целлюлозно-бумажному производству / Под ред. С. Ф. Примакова, В. П. Миловзорова, М. С. Кухникова, И. М. Царенко. М., 1980.

*N. V. CHERNAYA, A. I. LAMOTKIN, A. V. KOSTYUKEVICH, P. A. CHUBIS*

#### THE EFFECT OF HIGHY BASIC CATIONIC POLYELECTROLYTE UPON PAPER-FORMING PROPERTIES OF SIZED WASTE PAPER MASS

#### Summary

It has been shown that hydrophobic properties and strength of paper and board are improved with introduction of modified resin hydrodispersion TMVS-2N, aluminium sulphate and strong-founded polyelectrolyte SA MX DMAPA in waste paper mass.