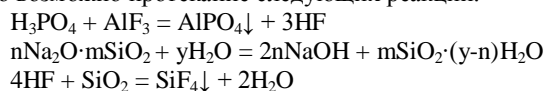


наполнителей бумажных масс. В качестве такого сырья интерес представляют кремнегель и фосфогипс – отходы, которые образуются в производственном цикле на ОАО «Гомельский химический завод». Кремнегель является рентгеноаморфным соединением, содержащим % мас.: SiO<sub>2</sub> – 35,9, H<sub>2</sub>O – 61,0 и 2,7 – AlF<sub>3</sub> в виде раствора, адсорбированного на поверхности SiO<sub>2</sub>. Частицы кремнегеля образуют агломераты различной формы с размером 4 – 8 мкм. Фосфогипс представляет собой дигидрат сульфата кальция в виде пластинчатых кристаллов шириной 10 – 30 мкм и длиной 40 – 80 мкм. Фосфогипс содержит % мас.: CaO – 27,3, SO<sub>3</sub> – 40,3, H<sub>2</sub>O – 29,9, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,4 и 0,1 – F.

Целью данной работы является разработка состава и способа получения композиционного наполнителя на основе кремнегеля и фосфогипса. Использование вторичного сырья обусловлено его низкой стоимостью и сравнительно высоким качеством. Для устранения примесей в виде водорастворимых соединений фтора и фосфора в состав наполнителя вводили жидкое стекло. В системе кремнегель – фосфогипс – жидкое стекло возможно протекание следующих реакций:



В результате химических превращений соединения фтора и фосфора переходят в нерастворимую форму, вследствие этого уменьшается их содержание в жидкой фазе, и соответственно в сточных водах.

Наполнитель получали периодическим способом. Для оптимизации состава наполнителя, содержащего кремнегель и фосфогипс, использовали метод математического планирования. Были выбраны следующие входные переменные параметры: соотношение между содержанием кремнегеля и фосфогипса ( $x_1$ ), содержание сухого вещества в суспензии ( $x_2$ ) и значение pH суспензии ( $x_3$ ). Согласно матрице планирования фосфогипс и кремнегель в заданных количествах смешивали в реакторе с водой до требуемой массовой доли сухих веществ. Далее при интенсивном перемешивании суспензию выдерживали в течение 15 минут и медленно добавляли жидкое стекло до заданного значения pH.

В качестве выходного показателя использовали объем осадка при отстаивании суспензии в цилиндре объемом 25мл в течение 1 часа. По объему осадка можно определить устойчивость суспензии и косвенно оценить размер частиц осадка. Чем меньше частицы осадка, тем медленнее они оседают и, следовательно, осадок занимает больший объем. Известно [2], что с уменьшением размера частиц увеличивается степень удержания наполнителя и равномерность распределения частиц по поверхности волокна в бумажной массе. Кроме того уменьшение скорости оседания частиц твердой фазы суспензии позволяет снизить энергозатраты на ее приготовление и транспортировку, а также уменьшить отложение твердой фазы в трубопроводах.

Для упрощения регрессионного анализа объема осадка при отстаивании суспензии в цилиндре 25 мл в течение 1 часа ( $V_{ос}$ ) переводили в объемную долю осадка в суспензии ( $y$ ) по формуле

$$y = \frac{V_{ос}}{25} \cdot 100\%.$$

Согласно матрице планирования был проведен регрессионный анализ данных и получено уравнение зависимости объемной доли осадка ( $y$ ) от соотношения между фосфогипсом и кремнегелем ( $x_1$ ), и значения pH суспензии ( $x_3$ ) при постоянной массовой доле сухого вещества ( $x_2$ ):

$$y = 0,6675 + 0,0023 \cdot x_1 - 0,0842 \cdot x_3 - 0,0001 \cdot x_1^2 + 0,0069 \cdot x_3^2 + 0,0003 \cdot x_1 \cdot x_3;$$

Исходя из уравнения регрессии, максимальная объемная доля осадка наблюдается при следующих параметрах: содержание фосфогипса в смеси с кремнегелем,  $x_1 = 15$  % мас., значение pH суспензии  $x_2 = 9,0$ .

Получен наполнитель с содержанием фосфогипса в смеси с кремнегелем,  $x_1 = 15$  % масс., и значением pH суспензии  $x_2 = 9,0$ . На основе данного наполнителя, а также мела и каолина были изготовлены опытные образцы бумаги. Качественные показатели полученных образцов бумаги с указанными наполнителями находятся приблизительно на одинаковом уровне. Следует отметить, что степень удержания и белизна бумаги при использовании композиционного наполнителя выше, чем при использовании наполнителей на основе мела и каолина. Исходя из этого, можно сделать вывод, что наполнитель, полученный в системе кремнегель – фосфогипс – жидкое стекло может быть использован для наполнения бумаги и картона без снижения качества конечной продукции. Применение вторичного сырья в данном случае позволяет уменьшить себестоимость, а также в ряде случаев повысить стоимостные и качественные показатели бумаги.

#### Литература

1. Производство бумаги и картона [www.calculate.ru](http://www.calculate.ru)
2. Производство бумаги. [www.slovari.yandex.Ru](http://www.slovari.yandex.Ru)

УДК 676.017.028.3

#### Исследование влияния химических добавок на процесс размола волокнистой суспензии при изготовлении бумаги и картона

Процесс размола играет важную роль при производстве высококачественных видов бумаги и картона, т.к. волокна становятся гибкими, пластичными, увеличивается их адсорбционная поверхность и им сообщается определенная степень гидратации, что благоприятно влияет на бумагообразующие свойства волокон [1].

Размол волокнистых материалов в целлюлозно-бумажной промышленности связан с высоким расходом электрической энергии. Большое внимание уделяется мероприятиям, которые ведут к снижению расхода энергии при размоле волокнистого сырья. Одним из перспективных мероприятий является введение в волокнистую суспензию химических добавок, которые ускоряют размол и придают бумаге необходимые свойства [2]. К ним, на наш взгляд, относятся: акриловый водорастворимый полимер ВРП-3 (ТУ РБ 00280198.024-99), крахмал (ТУ 9187-076-00334735-01) и гидроксид натрия NaOH (ГОСТ 4328-77).

В результате введения химических добавок на стадии размола происходит сокращение времени достижения нужной степени помола и, как следствие, уменьшение расхода энергии на процесс размола и увеличения производительности бумаго- и картоноделательного оборудования [3].

Цель работы – изучение влияния химических добавок (акриловый водорастворимый полимер ВРП-3, крахмал, гидроксид натрия NaOH) на скорость процесса размола и физико-механические показатели качества бумаги и картона.

Для достижения поставленной цели были изготовлены образцы бумаги массой 80 г/м<sup>2</sup> и картона массой 340 г/м<sup>2</sup>. В качестве волокнистого полуфабриката при проведении исследования использовали целлюлозу белёную сульфатную из лиственных пород древесины (ТУ 5411-029-00279195-2006).

Расход химических добавок (акриловый водорастворимый полимер ВРП-3, крахмал, гидроксид натрия NaOH) составлял 1,05% от а. с. в. Концентрация растворов химических добавок составляла 0,5 %.

Размол целлюлозы проводили с использованием лабораторного размалывающего комплекта ЛКР-1 при частоте вращения двигателя мельницы 1600 об/мин и межножевом зазоре 0,2 мм. Размол осуществлялся до степени помола волокнистой суспензии 50°ШР.

Образцы бумаги массой 80 г/м<sup>2</sup> получали на листоотливном аппарате «Rapid-Ketten» (фирма «Ernst Haage», Германия). Физико-механические показатели образцов бумаги оценивали разрывной длиной, разрушающим усилием в сухом состоянии, сопротивлением разрыву, удлинением, поглощением энергии при разрыве, модулем Юнга и жесткостью [4]. Эти показатели определяли по ISO 1924-2 на разрывной машине фирмы «Lorentzen & Wettre» (Швеция).

Зависимость степени помола волокнистой суспензии от времени размола с использованием химических добавок и без добавок представлена на рис. 1.

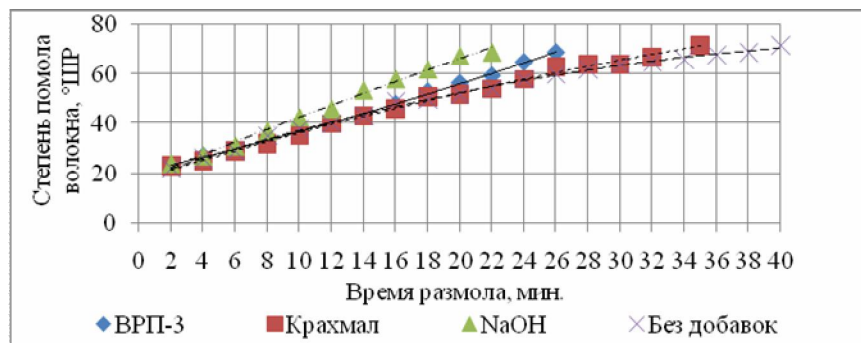


Рисунок 1 – Изменение степени помола волокна в процессе размола целлюлозы в зависимости от химической добавки

Результаты испытаний изготовленных образцов бумаги приведены в таблице 1.

Таблица 1– Показатели качества бумажных образцов

Химическая добавка	Показатели качества						
	Разрушающее усилие в сухом состоянии $R_{сух}$ , Н	Сопротивление разрыву, кН/м	Разрывная длина РД, км	Удлинение, мм	Поглощение энергии при разрыве, Дж/м <sup>2</sup>	Модуль Юнга, ГПа	Жёсткость, кН/м
ВРП-3	79,25	5,29	6,12	1,87	68,97	5,13	709,10
Крахмал	80,75	5,38	6,35	2,30	86,10	5,05	631,75
NaOH	53,37	3,56	5,68	1,69	38,7	5,47	608,56
Без добавок							
–	72,20	4,82	6,33	1,79	62,88	5,52	674,37

Как видно из рисунка 1 и таблицы 1, введение химических добавок ускоряет процесс размола и увеличивает физико-механические показатели качества бумаги и картона. Так, наиболее быстро целлюлоза размалывается с использованием в качестве химической добавки NaOH. Степень помола волокнистой массы 50°ШР достигается в течение 13 минут. Время размола при введении водорастворимого акрилового полимера ВРП-3 составляет 17 минут, что меньше, чем при добавлении NaOH, но превышает время размола при использовании в качестве добавки крахмала (19 мин). Аналогичные зависимости получены нами при изготовлении образцов картона. Отличие состояло в том, что физико-механические показатели образцов картона превышали на 15-20 % по сравнению с образцами бумаги.

Лучшие физико-механические показатели качества достигаются при введении водорастворимого акрилового полимера ВРП-3. Так как при введении NaOH механическая прочность снижается (так разрывная длина уменьшается с 6,33 м до 5,68 м). Это связано с тем, что происходит деструкция и удаление гемицеллюлоз из целлюлозного волокна. Показатели качества при введении крахмала отличаются незначительно от показателей качества образцов бумаги при введении водорастворимого акрилового полимера ВРП-3 (приблизительно на 1%), но при этом скорость размола ниже. Также использование химических добавок при размоле вызывает снижение белизны бумаги. Меньше всего на белизну влияет водорастворимый полимер ВРП-3.

Таким образом на основании исследований можно сделать вывод о том, что для сокращения времени размола и достижения наилучших показателей качества бумаги рекомендуется применять водорастворимый акриловый полимер ВРП-3. Использование этой добавки позволит снизить расход энергии на процесс размола на 3–5%, что имеет важное практическое и экономическое значение.

#### Литература

1. Фляте, Д.М. Технология бумаги. / Д.М. Фляте. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 440 с.
2. Иванов, С.Н. Технология бумаги / С.Н. Иванов. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 695 с.
3. Фляте, Д.М. Свойства бумаги / Д.М. Фляте. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 680 с.
4. Черная, Н.В. Технология бумаги и картона: методическое пособие по лабораторным занятиям / Н.В. Черная, Н.В. Жолнерович. – Минск: БГТУ, 2006. – 58 с.

УДК 546.14,35,77.01:549.464.1(476)

#### Исследование распределения микроэлементов брома, рубидия и молибдена в белорусском карналлите и продуктах его переработки

Студенты гр. 6 фак. ХТиТ Нева А.А., Слукская Ю.Н.  
 Научный руководитель – Пинаев Г.Ф.  
 Белорусский государственный технологический университет  
 г. Минск

Карналлит - минерал, сложный водный хлорид магния и калия состава  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ . Обычны незначительные примеси Br, Li, Rb, Cs, а также механических частиц глинистых минералов, гематита, водных окислов железа и др.

Карналлит является источником хлористого калия и хлорида магния или бишофита для получения магnezияльных цементов, кристаллического бишофита ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ).

По данным геологов Республика Беларусь располагает значительными запасами карналлита (> 300 млн.т). Добычу карналлита в РБ целесообразно осуществлять методом подземного растворения [1]. Карналлит может быть применен для получения калийных удобрений и производных продуктов магния, которые применяются в медицине, строительстве, текстильной промышленности.