

УДК 676.014.42

**Т. О. Щербакова, Н. В. Черная, Н. В. Жолнерович**  
Белорусский государственный технологический университет

### **ВЛИЯНИЕ СОСТАВА БУМАЖНОЙ МАССЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО НАПОЛНИТЕЛЯ**

Эффективность применения синтетического наполнителя (сульфита бария, имеющего средний размер частиц 1,05–1,27 мкм) изменяется в зависимости от состава наполненной и проклеенной бумажной массы. Снижение размера частиц от 1,0–5,0 до 1,05–1,27 мкм позволяет повысить степень удержания наполнителя в структуре бумаги и, следовательно, увеличить зольность бумаги, снизить содержание взвешенных веществ в подсеточной воде в два раза, что можно объяснить протеканием процесса наполнения в режиме гетероадагуляции. Установлен предпочтительный состав бумажной массы, из которой можно получить бумагу с высокими показателями (зольность, белизна, впитываемость при одностороннем смачивании, разрывная длина). Бумажная масса должна быть получена следующим образом. Для максимального сохранения механической прочности волокон целесообразно последовательно вводить в волокнистую суспензию гидроксид бария на стадии роспуска (процесс диспергирования) и сульфит натрия на стадии размола (процесс внешнего и внутреннего фибриллирования). Расход компонентов соответствует их стехиометрическому соотношению для протекания реакции образования сульфита бария в количестве 10% от а. с. в., затем добавляется сульфат алюминия (расход 0,8% от а. с. в.) и синтетическое проклеивающее вещество на основе димеров алкилкетенов АКД (расход 0,4% от а. с. в.), для обеспечения показателя впитываемости при одностороннем смачивании не более 20 г/м<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** сульфит бария, фибриллирование, бумага, прочность, электролит, проклеивающее вещество, зольность, белизна, гидрофобность.

**T. O. Shcherbakova, N. V. Chernaya, N. V. Zholnerovich**  
Belarussian State Technological University

### **THE INFLUENCE OF PAPER MASS COMPOSITION ON EFFECTIVENESS OF APPLYING SYNTHETIC FILLERS**

Efficiency of application of synthetic filler (barium sulfite, having an average particle size of 1.05–1.27 μ) increases the management of structure of the sized filled pulp. Reducing the particle size from 1.0–5.0 to 1.05–1.27 μ increases the degree of filler retention in the paper structure and, therefore, increases the ash content of the paper and decreases twice the content of suspended solids in the water sub grid. It is possible to explain by the filling process in the heteroadagulation mode. The preferred pulp composition is set to obtain paper with high indices (ash content, brightness, absorbency at unilateral wetting, breaking length). The pulp should be obtained in the following manner. For maximum preservation of the mechanical strength of the fibers it is advisable to sequentially introduce into the fibrous pulp slurry barium hydroxide at defibering stage (dispersion process), and sodium sulfite at the grinding stage (the process of internal and external fibrillation). The components are taken in stoichiometric ratio to obtain a finely divided filler in amount 10% a. d. f.; then aluminum sulfate (0.8% of the flow rate a. d. f.) is added and synthetic sizing agent based on dimers of alkyl ketenes AKD (0.4% of the flow rate a. d. f.), to provide absorbency index under one-sided wetting no more than 20 g/m<sup>2</sup>.

**Key words:** barium sulfite, fibrillation, paper, strength, electrolyte, sizing agent, the pH of the pulp, ash, whiteness, hydrophobicity.

**Введение.** Необходимость применения природных наполнителей, например сульфита бария [1], в композиции высококачественных видов бумаги обусловлена следующими причинами: во-первых, возможность частичной замены первичного (целлюлозного) волокнистого сырья, во-вторых, придание бумаге необходимых печатных свойств. Однако крупнодисперсные частицы природных наполнителей являются неоднородными, что способствует проведению процесса наполнения в режиме

гомокоагуляции, когда происходит неравномерное распределение и недостаточно прочная фиксация частиц наполнителей на поверхности волокон, а также снижение механической прочности бумажного листа.

Замена природного наполнителя (сульфита бария) на синтетический, который впервые предложено нами получать путем химического взаимодействия двух соединений, позволит, по нашему мнению, сместить процесс наполнения из традиционного режима гомокоагуляции в более

эффективный режим гетероадагуляции, сопровождающийся равномерным распределением и прочной фиксацией мелкодисперсных частиц наполнителей на поверхности волокон и, как следствие, максимальное сохранение первоначальной прочности волокон.

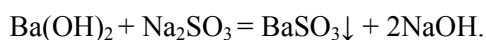
Изучение особенностей процесса наполнения бумажной массы новым высокодисперсным синтетическим наполнителем (сульфитом бария) вместо природного представляет научный и практический интерес [2–5].

Цель работы – изучение влияния состава бумажной массы на эффективность применения синтетического наполнителя (сульфита бария).

**Основная часть.** Работу проводили в три этапа: на первом – получали синтетический наполнитель (сульфит бария) и определяли размер частиц дисперсной фазы наполнителя; на втором – исследовали влияние расхода электролита (сульфата алюминия) на pH наполненной волокнистой суспензии и содержание взвешенных веществ в подсеточной воде, а также на зольность и белизну образцов бумаги; на третьем – изучали влияние расхода проклеивающих веществ (АКД и ТМ) на белизну и гидрофобность образцов бумаги.

В исследованиях использовали следующие волокнистые полуфабрикаты и химикаты. В качестве волокнистого сырья применяли целлюлозу сульфатную беленую из листовых пород древесины (ТУ 5411-029-00279195-2006), для получения нового высокодисперсного соединения, используемого для наполнения волокнистой суспензии, применяли гидроксид бария ГОСТ 4107–78 (первый компонент) и сульфит натрия ГОСТ 5644–75 (второй компонент). В качестве электролита применяли сульфат алюминия (ГОСТ 12966–85), а в качестве проклеивающих веществ – синтетическое вещество на основе димеров алкилкетенов АКД марки «Ультрасайз 200» (ТУ 2499-004-88593806-2010) и укрепленный клей-пасту марки ТМ (ТУ РБ 00280198-017-95).

На первом этапе для получения синтетического наполнителя (сульфита бария) использовали растворы гидроксида бария и сульфита натрия. В водной (дисперсионной) среде протекала реакция:



Процесс наполнения начинался введением на стадии роспуска (процесс диспергирования) в 1%-ную волокнистую суспензию 10%-ного раствора первого компонента (гидроксида бария  $\text{Ba(OH)}_2$ ), а на стадии размола (процессы внешнего и внутреннего фибриллирования) – второго компонента (сульфит натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ). Перемешивание полученной дисперсной сис-

темы осуществляли в течение 150 с. Количество введенных первого и второго компонентов соответствовало 10%-ному содержанию наполнителя в бумажной массе. Степень помола волокнистой суспензии составляла 40°ШР [6–9]. На втором этапе после наполнения бумажной массы вводили электролит (сульфат алюминия), расход которого увеличивали от 0 до 1,0% от абсолютно сухого волокна (а. с. в.); при этом изучали изменение pH дисперсной системы и определяли содержание взвешенных веществ в подсеточной воде, а также белизну и зольность полученных образцов бумаги. На третьем этапе после введения необходимых количеств электролита добавляли расчетные количества проклеивающего вещества, расход которого изменяли от 0 до 0,8% от а. с. в.

Из полученных бумажных масс изготавливали образцы бумаги массой одного метра квадратного 80 г на листоотливном аппарате марки Rapid-Ketten (фирма Ernst Haage, Германия). Белизну бумаги определяли на спектрофотометре «Колир» (Украина) по СИЕД 65/10. Зольность и впитываемость при одностороннем смачивании образцов бумаги определяли по стандартным методикам [1].

На первом этапе получали синтетический сульфит бария и определяли средний размер его частиц по стандартной методике [1] путем изучения скорости их осаждения в соответствии с законом Стокса

$$r = K \cdot \sqrt{v}, \quad (1)$$

где  $r$  – средний размер частиц, мкм;  $K$  – постоянная величина, равная 0,537;  $v$  – скорость движения частицы, м/с.

Установлено, что размеры частиц полученного наполнителя находятся в интервале 1,05–1,27 мкм, который значительно меньше, чем у природного (1,00–5,00 мкм).

При выполнении второго этапа использовали для определения кислотности бумажной массы электронный мембранный pH метр марки HI 8314 (фирма Hanna Instruments, Румыния)

Для определения содержания взвешенных веществ в подсеточной воде фильтрат  $V$ ,  $\text{дм}^3$ , когда  $V = 0,7 \text{ дм}^3$ , оставшийся после обезвоживания наполненной бумажной массы, фильтровали, используя колбу Бунзена, воронку Бюхнера, насос и предварительно высушенный до постоянной массы ( $m_1$ , мг) взвешенный фильтр («синяя» лента). Затем его с осадком высушивали в сушильном шкафу до постоянной массы ( $m_2$ , мг) при температуре  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Содержание взвешенных веществ в подсеточной воде  $B$ ,  $\text{мг/дм}^3$ , рассчитывали по формуле

$$B = (m_2 - m_1) / V. \quad (2)$$

Установленные зависимости влияния расхода электролита (сульфата алюминия) на pH наполненной бумажной массы и содержание взвешенных веществ в подсеточной воде представлены на рис. 1 и 2.

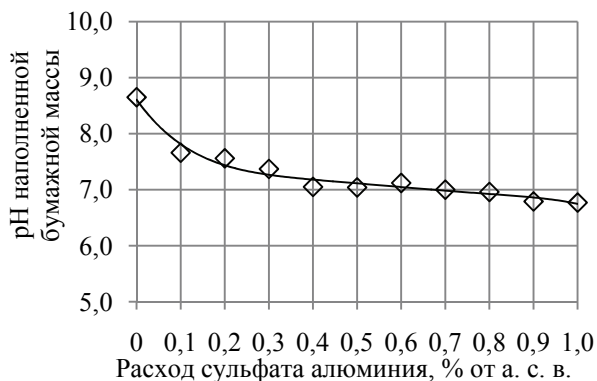


Рис. 1. Влияние расхода сульфата алюминия на pH наполненной волокнистой суспензии

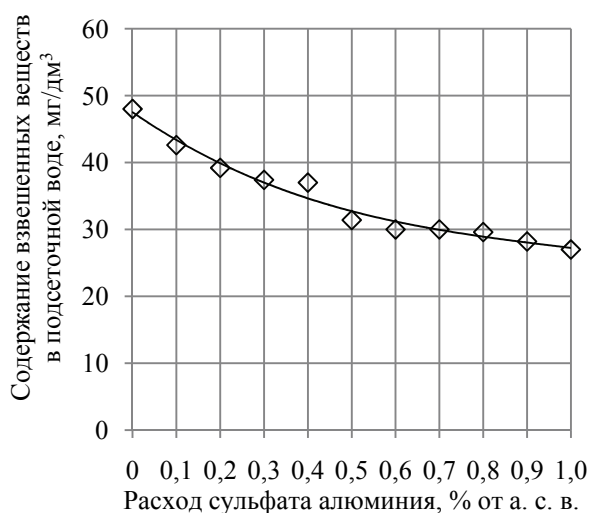


Рис. 2. Влияние расхода сульфата алюминия на содержание взвешенных веществ в подсеточной воде

Из рис. 1 и 2 видно, что увеличение расхода электролита от 0 до 0,8% от а. с. в. способствует снижению pH от 8,7 до 7,0. Такой технологический прием позволяет изменить pH наполненной бумажной массы от щелочной среды до нейтральной, что должно, по нашему мнению, способствовать повышению эффективности последующего процесса проклейки.

Сопоставительный анализ данных, представленных на рис. 1 и 2, свидетельствует о том, что смещение pH наполненной бумажной массы из щелочной среды в нейтральную сопровождается снижением содержания взвешенных веществ в 2 раза. Получено, что сульфат алюминия проявляет роль не только «регулятора» кислотности наполненной бумажной

массы, но и оказывает на нее флокулирующее действие. Предпочтительный расход электролита (сульфата алюминия) составляет 0,8% от а. с. в.

Зольность и белизна образцов бумаги, полученных из наполненной бумажной массы, в зависимости от расхода сульфата алюминия представлены на рис. 3 и 4.

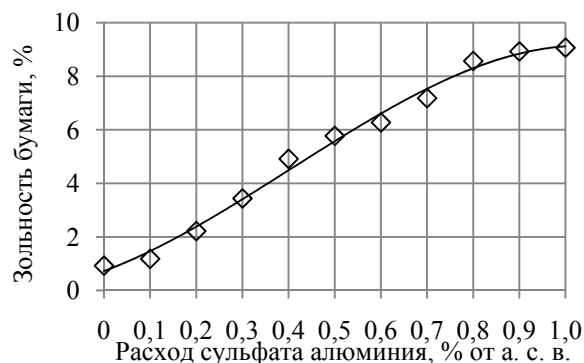


Рис. 3. Влияние расхода сульфата алюминия на зольность бумаги

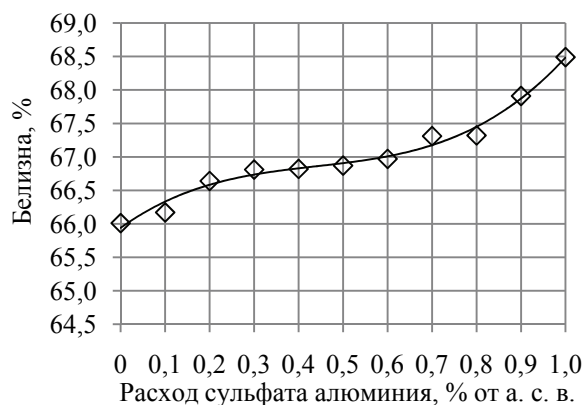


Рис. 4. Влияние расхода сульфата алюминия на белизну бумаги

При увеличении расхода сульфата алюминия от 0 до 1% от а. с. в., что свидетельствует о повышении степени удержания синтетического наполнителя (сульфата бария) от 58–62% до 95–98%. Об этом свидетельствует повышение зольности от 1 до 9% и белизны от 66 до 68%. Положительно достигаемые эффекты объясняются присутствием сульфата алюминия в количестве 0,8% от а. с. в.

При выполнении третьего этапа работы, изучали влияние расхода проклеивающего вещества (АКД/ТМ) на белизну и гидрофобность образцов бумаги. Наполненная бумажная масса содержала сульфат алюминия (расход 0,8% от а. с. в.). Влияние расхода проклеивающих веществ на pH наполненной бумажной массы, белизну и впитываемость при одностороннем смачивании образцов бумаги представлены на рис. 5–7.

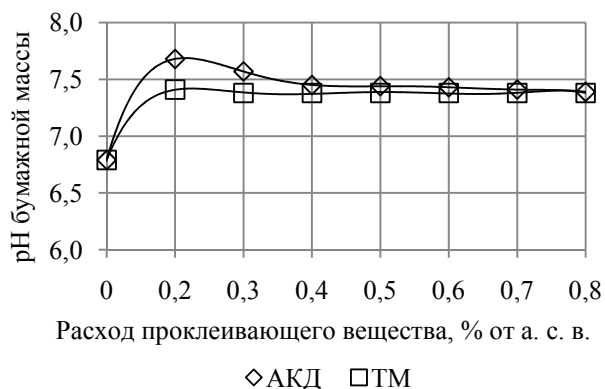


Рис. 5. Влияние вида и расхода проклеивающего вещества на pH наполненной бумажной массы

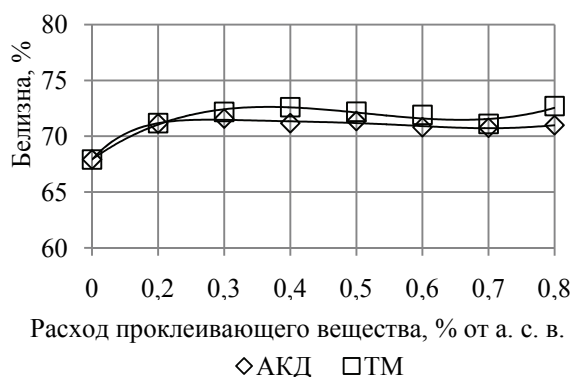


Рис. 6. Влияние вида и расхода проклеивающего вещества на белизну образцов бумаги

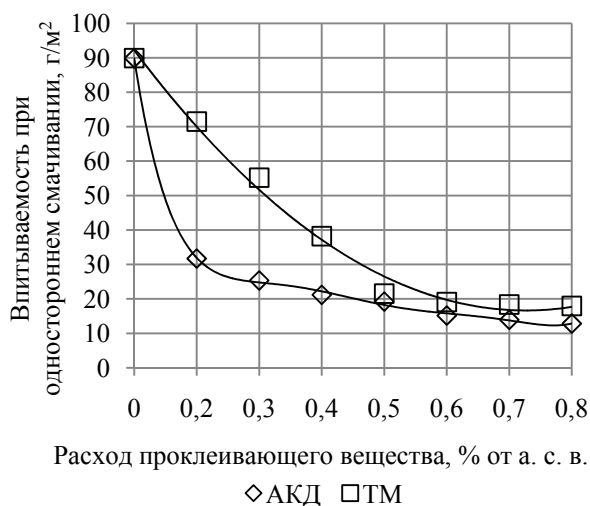


Рис. 7. Влияние вида и расхода проклеивающего вещества на впитываемость при одностороннем смачивании образцов бумаги

Полученные зависимости (рис. 5–7) свидетельствуют о повышении эффективности процесса проклейки наполненной бумажной массы за счет снижения ее pH перед введением в нее как синтетического проклеивающего вещества (АКД), так и природного (ТМ). Сопоставимые высокие значения показателя «впитываемость при одностороннем смачивании» (не превышающее  $20 \text{ г/м}^2$ ) достигаются при расходах: АКД – 0,4% от а. с. в. и ТМ – 0,8% от а. с. в. При этом значение pH наполненной бумажной массы составляло 7,3.

Разработанный технологический режим применения синтетического наполнителя в технологии бумаги обеспечивает белизну 73%, впитываемость при одностороннем смачивании  $20 \text{ г/м}^2$ , а также максимальное сохранение прочности бумажного листа (разрывная длина превышает 6000 м).

**Закключение.** Установлены особенности использования в технологии бумаги нового высокодисперсного соединения (сульфита бария): последовательность введения химикатов (гидроксид бария, сульфит натрия, сульфат алюминия, синтетическое проклеивающее вещество на основе димеров алкилкетенов АКД) в волокнистую суспензию, их расходы и pH полученной бумажной массы. Эффективность применения синтетического наполнителя повышается, когда бумажная масса имеет определенный компонентный состав и ее получают следующим образом. На стадии роспуска в 1%-ную волокнистую суспензию вводят 10%-ный раствор гидроксида бария, а на стадии размола в распушенную волокнистую суспензию – сульфит натрия. Количество введенных компонентов соответствует 10% от а. с. в. В наполненную волокнистую суспензию вводят раствор сульфата алюминия (расход 0,8% от а. с. в.), а на следующем этапе добавляют синтетическое проклеивающее вещество на основе димеров алкилкетенов АКД (расход 0,4% от а. с. в.). Бумажная масса имеет нейтральную среду (pH 7,3). Изготовленные из полученной наполненной и проклеенной бумажной массы образцы обладают высокими показателями качества: впитываемость при одностороннем смачивании и белизна составляют  $15,2 \text{ г/м}^2$  и 73% соответственно. При этом максимально сохраняется первоначальная прочность бумажного листа (разрывная длина более 6000).

### Литература

1. Технология целлюлозно-бумажного производства: в 3 т. / редкол.: П. Осипов (гл. ред.) [и др.]. СПб.: Политехника, 2002–2006. Т. 2: Производство бумаги и картона. Ч. 2: Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит / М. Остреров [и др.]. 2006. 499 с.
2. Фляте Д. М. Свойства бумаги. М.: Лесная промышленность, 1988. 440 с.
3. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1976. 512 с.
4. Поверхностные явления и дисперсные системы: лабораторный практикум для студентов химико-технологических специальностей / А. А. Шершавина [и др.]. Минск: БГТУ, 2005. 106 с.

5. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебник для вузов. М.: Химия, 1988. 464 с.

6. Особенности проклейки наполненной бумажной массы в присутствии полиэлектролита / Т. О. Щербакова [и др.] // Труды БГТУ. 2014. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С. 120–123.

7. Энергосберегающая технология наполнения бумаги и картона синтетическими соединениями / Т. О. Щербакова [и др.] // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: материалы Междунар. научн.-техн. конф., Минск, 26–28 нояб. 2014 г.: в 2 ч. Минск: БГТУ, 2014. Ч. 2. С. 112–115.

8. Щербакова Т. О., Черная Н. В. Особенности получения синтетических высокодисперсных соединений и их применения для наполнения бумаги // Материалы. Технологии. Инструменты. 2014. Т. 19. № 4. С. 67–70.

9. Свойства бумаги в зависимости от расхода синтетического наполнителя / Т. О. Щербакова [и др.] // Труды БГТУ. 2013. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С. 173–175.

### References

1. *Tekhnologiya tsellulozno-bumazhnogo proizvodstva: v 3 t. T. 2: Proizvodstvo bumagi i kartona. Ch. 2: Osnovnyye vidy i svoystva bumagi, kartona, fibry i drevesnykh plit. In 2 vol. Vol. 2: Manufacture of paper and cardboard.* St Petersburg, Polytekhnik Publ, 2002–2006. 499 p.

2. Flyate D. M. *Svoystva bumagi* [Properties of paper]. Moscow, Lesnaya promyshlennost Publ., 1988. 440 p.

3. Voyutskiy S. S. *Kurs kolloidnoy khimii* [Course of colloid chemistry]. Moscow, Khimiya Publ. 1976. 512 p.

4. Shershavina A. A. *Poverkhnostnye yavleniya i dispersnyye sistemy: laboratornyy praktikum dlya studentov khimiko-tekhnologicheskikh spetsialnostey* [Laboratory workshop for students of chemical and technological professions]. Minsk, BGTU Publ. 2005. 106 p.

5. Frolov Yu. G. *Kurs kolloidnoy khimii. Poverkhnostnye yavleniya i dispersnyye sistemy: uchebnyy dlya vuzov* [Surface phenomena and disperse systems: Textbook for high schools]. Moscow, Khimiya Publ. 1988. 464 p.

6. Scherbakova T. O., Chernaya N. V., Chubis P. A., Zholnerovich N. V., Savanovich O. Yu. Features sizing filled pulp in the presence of a polyelectrolyte. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 4, Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 120–123 (in Russian).

7. Scherbakova T. O., Chernaya N. V., Zholnerovich N. V., Shpak S. I. [Energy saving technology filling paper and paperboard syntehtic compounds] *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (Resurso- i energosberegayushchie tekhnologii i oborudovanie, ekologicheski bezopasnye tekhnologii)* [Materials of International Scientific and Technological Conference (Resource- and energysaving technologies and their use for filling paper)]. Minsk, 2009, pp. 112–115 (in Russian).

8. Scherbakova T. O., Chernaya N. V. Peculiarities of synthetic finely compounds and their use for filling paper. *Materialy. Tekhnologii. Instrumenty* [Materials. Technology. Tools], 2014, vol. 19, no. 4, pp. 67–70 (in Russian).

9. Scherbakova T. O., Zholnerovich N. V., Chernaya N. V., Muraveyko P. V. Paper properties depending on the flow rate of synthetic filler. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2013, no. 4, Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 173–175 (in Russian).

### Информация об авторах

**Щербакова Татьяна Олеговна** – магистр технических наук, аспирант кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: t\_scherbakova@mail.ru

**Черная Наталья Викторовна** – профессор, доктор технических наук, заведующая кафедрой химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь).

**Жолнерович Наталья Викторовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь).

### Information about the authors

**Shcherbakova Tatyana Olegovna** – M. Sc. Engineering, Department of Chemical Processing of Wood. Belarussian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: t\_scherbakova@mail.ru

**Chernaya Natalya Viktorovna** – D. Sc. Engineering, professor, Head of the Department of Chemical Processing of Wood. Belarussian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

**Zholnerovich Natalya Viktorovna** – Ph. D. Engineering, assistant professor, Department of Chemical Processing of Wood. Belarussian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

Поступила 23.02.2015