

УДК 676.05

**ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ДРЕВЕСНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ЦЕХА ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА В СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**Васильев С. Б., проф., д.т.н., Городничина М. Ю., асп.,  
Колесников Г. Н., проф., д.т.н., Симонова И. В., доц., к.т.н.,  
Сюнев В. С., проф., д.т.н.**

Петрозаводский государственный университет  
(Петрозаводск, Россия), e-mail: servas@psu.karelia.ru, laftmar@onego.ru, siounev@petsu.ru

**PROCESSING OF WASTE OF THE WOOD AND PREPARATORY SHOP OF PULP AND PAPER MILL IN CONSTRUCTION MATERIALS**

**Vasilyev S. B., Prof., D.Sc., Gorodnichina M. Yu., postgraduate,  
Kolesnikov G. N., Prof., D.Sc., Simonova I. V., Assoc. Prof., PhD,  
Siounev V. S., Prof., D.Sc.**

Petrozavodsk State University  
(Petrozavodsk, Russia)

The processing of timber on pulp and paper mills inevitably leads to the formation of a large amount of waste. At present, these wastes are mainly incinerated. The efficiency of the incineration process is not high. As an effective way of sawdust, bark, gravel and screenings utilization it is proposed to use them for the wood-concrete composition manufacturing. The study demonstrated the possibility of such use of waste. It is established that the composite strength depends on the wood filler type and composition. The composites have strength in the range from 0.38 MPa to 4.48 MPa, which makes it possible to use them as structural and heat-insulating building materials.

Древесно-подготовительный цикл целлюлозно-бумажного производства включает в себя операции раскряжёвки круглых лесоматериалов на балансы, очистки их от коры в коробдирочном барабане и измельчение в рубительной машине на щепу. В результате этих операций образуются отходы в виде опилок, коры, содержащей большое количество заболонной древесины, скопа и отсева [1 – 3, 9, 14]. Эти отходы в настоящее время после доизмельчения и обезвоживания сжигают для получения тепловой энергии.

Анализ свойств существующих древесно-цементных композиций, а также ранее проведенные нами исследования [4 – 8, 10 1– 13] показали, что отходы окорки и производства щепы, будучи использованы при производстве конструктивных и теплоизоляционных строительных материалов, могут обеспечить их высокие физико-механические свойства.

В ходе проведенных работ объектом исследования являлись отходы переработки круглых лесоматериалов в балансы и технологическую щепу в условиях древесно-подготовительного цеха целлюлозно-бумажного комбината. Конкретно это были три вида отходов: отходы окорки смешанные с опилками, образовавшимися при раскряжёвке круглых лесоматериалов круглыми пилами измельченные в дезинтеграторе и обезвоженные в коротжимном прессе (далее по тексту «кора»), а также скоп и отсев. Кора и отсев были проанализированы с целью установления их фракционного состава по крупности частиц. В результате было установлено, что кора имеет следующий состав по массовым долям фракционный: остаток на сите с отверстиями диаметром 30 мм – 0,00 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 20 мм – 7,17 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 10 мм – 38,46 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 5 мм – 27,26 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 3 мм – 17,42 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 2 мм – 6,86 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 1 мм – 2,22 %, остаток на поддоне – 0,61 %. Фракционный состав отсева был следующим: остаток на сите с отверстиями диаметром 30 мм – 0,00 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 20 мм – 0,00 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 10 мм – 38,46 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 5 мм – 1,67 %, остаток на сите с от-

верстиями диаметром 3 мм – 45,67 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 2 мм – 13,73 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 1 мм – 17,97 %, остаток на поддоне – 1,49 %. Скоп представлял собой сгусток мелких кусочков коры древесины, уловленный сеткой фильтра для корусодержащей воды от окорочных барабанов. Для исследования со сгустителя отбиралась спрессованная масса толщиной около 20 мм и влажностью 78,1% [8]. Фракционный состав скопа не определялся.

Исследования проводились в два этапа. На первом – определялся состав смеси, позволяющий получить наиболее прочные образцы для каждого вида отходов. На втором – при изготовлении образцов в качестве наполнителя использовалась комбинация отходов. В ходе исследования использовались образцы в форме куба с ребром 70 мм. Распалубка образцов производилась через 24 часа. Через 28 суток образцы испытывались на прочность при осевом сжатии по направлению формования.

Испытаны полученных после выдержки образцов проводились с использованием электромеханической испытательной машине SHIMADZU AG 50kN X. Нагрузка прикладывалась вдоль оси симметрии образца, скорость смыкания плит испытательной машины – 10 мм/мин. Образцы нагружались по направлению формования смеси до разрушения или деформации 10 мм.

По результатам первого этапа исследований было установлено, что соотношение масс древесного наполнителя и цемента оказывает значимое влияние на прочность древесно-цементного композита. При определении прочности методом сжатия наилучшее значение (8419,81 Н) при использовании скопа в качестве наполнителя получено для смеси содержащей 32 % скопа, 42 % цемента, 21 % воды, 1 %  $AL_2(SO_4)_3$  и 4 %  $Na_2O(SiO_2)_n$  в массовых долях от общей массы смеси. В случае использования коры в качестве наполнителя наилучшее значение (4466,60 Н) достигнуто при использовании смеси содержащей 18 % скопа, 42 % цемента, 35 % воды, 1 %  $AL_2(SO_4)_3$  и 4 %  $Na_2O(SiO_2)_n$  в массовых долях от общей массы смеси. В случае использования отсева в качестве наполнителя наилучшее значение (15295,91 Н) достигнуто при использовании смеси содержащей 16 % скопа, 42 % цемента, 37 % воды, 1 %  $AL_2(SO_4)_3$  и 4 %  $Na_2O(SiO_2)_n$  в массовых долях от общей массы смеси.

На втором этапе исследования в качестве наполнителя при изготовлении образцов использовались смеси коры и скопа, коры и отсева, а также скопа и отсева. При использовании комбинации скопа и коры в качестве наполнителя было установлено, что повышение доли коры ведет к повышению прочности образца. Наилучший результат для этого показателя был достигнут когда наполнитель содержал 25 % скопа и 75 % коры и составил 8484,74 Н. Наихудший – был достигнут когда наполнитель содержал 75 % скопа и 25 % коры и составил 6702,00 Н.

При использовании комбинации отсева и скопа в качестве наполнителя было установлено, что уменьшение доли скопа ведет к повышению прочности образца. Наилучший результат для этого показателя был достигнут когда наполнитель содержал 75 % отсева и 25 % скопа и составил 25818,72 Н. Наихудший – был достигнут когда наполнитель содержал 75 % скопа и 25 % отсева и составил 8626,72 Н.

Исследование на образцах содержащих в качестве наполнителя комбинацию коры и отсева показало, что уменьшение доли коры ведет к повышению прочности образца. Наилучший результат для этого показателя был достигнут когда наполнитель содержал 75 % отсева и 25 % коры и составил 17719,80 Н. Наихудший – был достигнут когда наполнитель содержал 75 % коры и 25 % отсева и составил 10675,10 Н.

Полученные результаты и их сравнение с нормативными показателями для арболитов позволяют сделать заключение о том, что все образцы, испытанные в ходе исследования, соответствуют разным классам арболита по прочности на сжатие. Установлено что образцы, изготовленные с использованием в качестве наполнителя коры, скопа, отсева, а также смеси коры и скопа по прочности соответствуют классам В 0,35, В 0,75, В 1, теплоизоляционного арболита. Определено что образцы, содержавшие в качестве древесного наполнителя смеси,

состоящие из 75 % коры и 25 % отсева, 50 % отсева и 50% скопа, 50 % коры и 50 % отсева, 25 % коры и 75 % отсева, 75 % отсева и 25% скопа, также как и образцы из отсева по прочности при осевом сжатии соответствуют конструкционным арболитам классов В 1,5, В 2,0, В 2,5 В 3,5.

По итогам исследования можно сформулировать следующие выводы:

1. Отходы древесно-подготовительного производства ЦБК по своему виду, составу и физическим свойствам соответствуют древесному сырью, используемому в настоящее время для изготовления материалов на основе древесно-цементной смеси.
2. Максимальное значение прочности 4,48 МПа, полученное в ходе исследования, достиг образец с наполнителем в виде смеси отсева и скопа (процентное соотношение 75/25), превосходит наименьшее значение конструкционного арболита класса В 3,5 на 27 %.
3. Наименьшее значение прочности 0,38 МПа, полученное в ходе исследования, достиг образец с наполнителем в виде коры, превосходит наименьшее значение теплоизоляционного арболита класса В 0,35 на 8,6 %.
4. Образцы, в которых в качестве наполнителей использовались скоп, кора и отсев не уступают по прочности арболиту. Меняя процентное соотношение наполнителей в тесте, можно получать материал необходимой прочности.
5. Использование различных видов измельченной древесины для изготовления строительных материалов на основе древесно-цементной смеси является выгодным и актуальным производством.

Перспективы дальнейшей разработки темы диссертации связаны с безотходным производством. Предприятия, на которых образуются отходы, могут параллельно производить строительный материал для своих нужд. Кроме того, изучая зависимость фрактальной размерности от прочности образцов, можно в дальнейшем использовать оптические методы оценки однородности образцов на производствах наряду с акустическими.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А. А. Анализ технологических операций получения древесной щепы / А. А. Андреев, Н. А. Доспехова, В. С. Копарев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2012. № 81. С. 374 – 389.
2. Васильев С. Б. Влияние технологических параметров на выход щепы / С. Б. Васильев, Л. А. Девятникова, Ю. В. Никонова, М. И. Зайцева // Научные труды SWorld. 2014. Т. 8. № 1. С. 21 – 27.
3. Васильев С. Б. О влиянии характеристик загрузочного устройства рубительной машины и измельчаемого баланса на качество щепы / С. Б. Васильев, Г. Н. Колесников // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8 – 5. С. 973 – 974.
4. Васильев С. Б. Об эффективности использования отходов переработки древесины как сырья для получения строительных материалов в сочетании с неорганическими добавками / С. Б. Васильев, И. В. Симонова, М. Ю. Городничина // Инновационные научные исследования: теория, методология, практика сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2016. С. 15-20.
5. Васильев С. Б. Оптические оценки анизотропии древесного композита / С. Б. Васильев, В. Б. Ефлов, В. С. Копарев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. по материалам междунар. заочной науч.-практ. конф. – Воронеж, 2014. Т. 2, № 4. С. 213 – 216.

6. Васильев С. Б. Параметры ситового анализа отсева, образовавшегося при производстве технологической щепы / С. Б. Васильев, С. А. Титова, А. В. Питухин, М. Ю. Городничина // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 11–4. С. 664 – 667.
7. Васильев С. Б. Учет реперных изображений для обработки образцов древесных композитов / С. Б. Васильев, В. Б. Ефлов, В. С. Копарев // *Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции: сб. ст. по материалам регион. науч.-практ. конф., 18 апреля 2014 г. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2014. С. 56 – 61.*
8. Городничина М. Ю. Влияние фракционного состава отсева на прочностные характеристики материала из древесно-цементного композита / М. Ю. Городничина, С. А. Титова, И. О. Цулая, С. Б. Васильев // *Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сб. статей по материалам международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО "Петрозаводский государственный университет". 2015. С. 56 – 60.*
9. Доспехова Н. А. Повышение эффективности переработки лесоматериалов в измельчаемую древесину технологического назначения / Н. А. Доспехова, В. С. Копарев // *Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сб. ст. по материалам науч.-практ. конф., 23 – 28 июня 2013 г. – Петрозаводск, 2013. – С. 15 – 19.*
10. Копарев В. С. Перспективы использования скопа в качестве сырья для производства древесно-цементной композиции / В. С. Копарев // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. по материалам междунар. заочной науч.-практ. конф. – Воронеж, 2014. Т. 2, № 3 – 2 (8–2). – С. 92 – 95.*
11. Модель разрушения древесностружечных плит при растяжении перпендикулярно пласти / Питухин А. В., Васильев С. Б., Колесников Г. Н. [и др.] // *Ученые записки ПетрГУ*. 2013. № 6 (135). С. 68 – 72.
12. Титова С. А., Васильев С. Б. Влияние размера древесных частиц заполнителя на теплопроводность древесно-цементного композита // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 5 – 1. С. 53 – 57.
13. Переработка отходов древесно-подготовительного цикла целлюлозно-бумажного комбината в древесно-цементный материал / В. С. Копарев, С. Б. Васильев, М. В. Филичкина, Г. Н. Колесников. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2016. 103 с.
14. Филичкина М. В. Отходы древесно-подготовительного цикла производства газетной бумаги, как сырьё для изготовления древеснокомпозиционных материалов / М. В. Филичкина, В. С. Копарев, С. Б. Васильев // *Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сб. статей по материалам международной научно-практической конференции*. 2015. С. 66 – 81.