

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И.В. Сусоева, Т.Н. Вахнина, А.А. Титунин

Костромской государственной университет, 156005, Россия, г. Кострома, ул. Дзержинского, д. 17

i.susoeva@yandex.ru

Рассмотрены виды растительных отходов, в том числе мягких отходов деревообработки и неиспользуемых отходов прядения льна и хлопка, которые можно использовать для производства композиционных материалов. Приведены результаты определения химического состава растительных волокон и неиспользуемых отходов их прядения, а также мягких древесных отходов; оценены объемы образования неиспользуемых отходов прядения льняных и хлопковых волокон. Предложен способ утилизации растительных отходов путем производства теплоизоляционных композиционных плитных материалов по технологии изготовления мягких древесноволокнистых плит мокрого способа производства. Приведены результаты определения физико-механических показателей плитных материалов, исследовано влияние соотношения состава наполнителя из дискретных растительных частиц на физико-механические показатели и теплопроводность композиционных плит.

Ключевые слова: отходы, хлопок, лен, опилки, кора, лигнин, целлюлоза, плиты, переработка, физико-механические показатели, коэффициент теплопроводности

Ссылка для цитирования: Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Титунин А.А. Оценка влияния структуры и химического состава растительного наполнителя на свойства композитов теплоизоляционного назначения // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 1. С. 94–101. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-1-94-101

В настоящее время рациональное потребление материальных ресурсов предполагает новый подход к использованию природных материалов. Острой становится проблема утилизации вторичных ресурсов, ее решение позволяет значительно снизить загрязнение биосферы. Государственная политика в области экологического развития России на период до 2030 г. [1] предусматривает решение следующих задач.

1. Предотвращение и снижение текущего негативного воздействия на окружающую среду.

2. Обеспечение экологически безопасного обращения с отходами.

В качестве механизмов решения данных экологических задач необходимо использовать ресурсосберегающие технологии. ГОСТ Р 54098–2010 [2] регламентирует в целях безопасного обращения и более полного использования ресурсного потенциала повторное вовлечение отходов в промышленное производство.

В соответствии с ГОСТ Р 54098–2010 «Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения» отходы производства — остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства. Вторичные материальные ресурсы, для которых в настоящее время отсутствуют условия использования, называются неиспользуемыми отходами. Следует отметить, что неиспользуемые отходы являются значительным ресурсным потенциалом [3].

Цель работы

Цель работы — рассмотреть различные виды растительных отходов, в том числе мягких отходов деревообработки и неиспользуемых отходов прядения льна и хлопка, которые можно использовать для производства композиционных материалов, оценить объемы их образования, определить их химический состав, предложить способ утилизации растительных отходов.

Во всем мире рассматриваются возможности экологически безопасной утилизации растительных отходов [4–9]. Разрабатываются различные направления использования растительных отходов, в числе которых — производство этанола [10], целлюлозы [11–15], теплоизоляционных плит [16–18], однако на переработку отправляются в основном отходы в виде измельченных стеблей однолетников. Вопросы вовлечения неиспользуемых растительных отходов в хозяйственный оборот не решены до настоящего времени.

Биомасса растительных отходов состоит из органических полимеров — целлюлозы, гемицеллюлоз, а также из ароматического полимера — лигнина. Следует отметить, что сведения о составе растительного сырья, приводимые в российских и зарубежных публикациях, носят статистически неоднородный характер. Отечественные и зарубежные исследователи оперируют, как правило, результатами определения среднего арифметического для ряда значений того или иного показателя [19], который, в свою очередь зависит от большого числа факторов — вида растительного

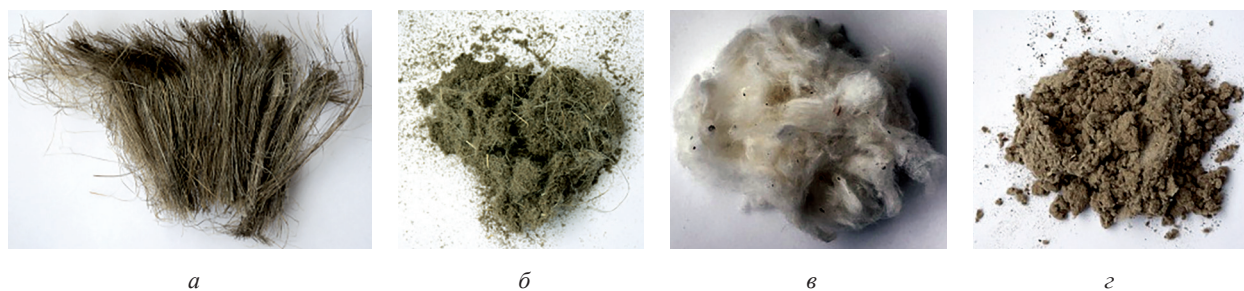


Рис. 1. Внешний вид растительных материалов: *a* — льняное волокно; *b* — отходы прядения льна; *c* — хлопковое волокно; *d* — отходы прядения хлопка

Fig. 1. Visual environment of vegetable materials: *a* — flax; *b* — waste spinning flax; *c* — cotton; *d* — waste cotton spinning

материала, части растения, из которой получен материал, географической зоны и условий произрастания.

По данным Х. Ханджанзаде (Н. Khanjanzadeh) и его коллег, лигноцеллюлозные отходы из стеблей хлопка содержат около 48 % целлюлозы, что близко к содержанию этого биополимера в древесине [14]. При этом исследователи отмечают, что содержание лигнина в древесине лиственных пород составляет от 30 до 35 %, в то время как по данным Б.Н. Уголева [20], содержание лигнина в лиственной древесине 19–24 %.

В публикации Н.И. Хайкира (N.I. Naykir) с коллегами приведено значение содержания целлюлозы в стебле хлопка 41 %, лигнина — 25 %, а в хлопке-сырце содержание целлюлозы 80–95 %, лигнин в хлопковых коробочках не обнаружен [12]. Также К. Верверис (С. Ververis) отмечает, что содержание лигнина и целлюлозы зависит от степени зрелости волокна, причем содержание лигнина в стебле хлопка составляет 15,4 % [15]. В исследовании Д.Л. Бринка (D.L. Brink) выполнен сравнительный химический анализ стеблей хлопчатника, волокна и угаров первичной обработки хлопка [10]. Результаты эксперимента показали отсутствие содержания лигнина и гемицеллюлоз в волокне хлопка, в то время как в стеблях хлопчатника доля лигнина составляет 24 %, а в угарах первичной обработки 20,56 %.

Такой же разброс результатов характерен и для анализа химического состава льна. По данным исследований Д. Воткинса (D. Watkins) и коллег, в льняном волокне содержится около 15 % лигнина [11]. По результатам анализа состава образцов волокна льна, выращенного в разных областях России, выполненного С.А. Кокшаровым с коллегами, содержание целлюлозы (63,3–65,2 %), лигнина (5,5–11,4 %) и других компонентов зависит от региона произрастания, вида льнотресты, зоны стебля [21]. Содержание целлюлозы в стеблях льна менее зависит от территориального признака и зоны стебля, в целом оно больше, чем в стебле хлопка.

На прядильных предприятиях значительную часть отходов составляют неиспользуемые отходы, применительно к типовому прядильному цеху они составляет 150 кг в сутки. Этот вид растительных отходов утилизируется путем вывоза на свалку или сжиганием. Одним из перспективных направлений утилизации отходов растительного сырья может быть их использование для производства композиционных плитных материалов строительного назначения. Существуют разработки этих материалов из древесных отходов и стеблей однолетников, однако данное направление применительно к неиспользуемым отходам прядильных производств в отечественной и зарубежной практике не разрабатывается. Исследования, проводимые в рамках данной работы, направлены на решение задачи утилизации неиспользуемых растительных отходов путем их использования в качестве дополнительного сырьевого ресурса в производстве теплоизоляционных композиционных плит.

Материалы и методы

Значительный разброс данных по составу растительного сырья, а также отсутствие результатов определения состава неиспользуемых отходов обуславливают необходимость экспериментального определения состава отходов прядения хлопка и льна и мягких отходов деревообработки.

В лаборатории кафедры Лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств (КГУ, г. Кострома) выполнено исследование показателей растительных однолетников (льна и хлопка), неиспользуемых отходов прядения хлопковых и льняных волокон [22] и мягких отходов древесины. Внешний вид растительных материалов однолетников представлен на рис. 1.

В табл. 1 представлены результаты физико-химического анализа состава растительных волокон, отходов их переработки [23], мягких отходов древесины. Волокно и отходы однолетников отбирались на льно- и хлопкопрядильных предприятиях, древесные отходы — на деревообрабатывающих предприятиях Костромской области.

Т а б л и ц а 1
Состав растительных материалов, %
The composition of plant materials, %

Растительный материал	Целлюлоза	Лигнин	Зольность
Хлопковое волокно	94,6	0,1	1,4
Льняное волокно	84,8	2,6	0,5
Отходы прядения:			
хлопка	44,0	22,7	17,0
льна	54,0	24,9	5,0
Опилки лиственных пород (береза)	33,6	23,0	0,3
Опилки хвойных пород (сосна)	42,0	25,7	0,3
Кора лиственных пород (береза)	18,0	20,5	3,5
Кора хвойных пород (сосна)	16,5	24,0	5,5

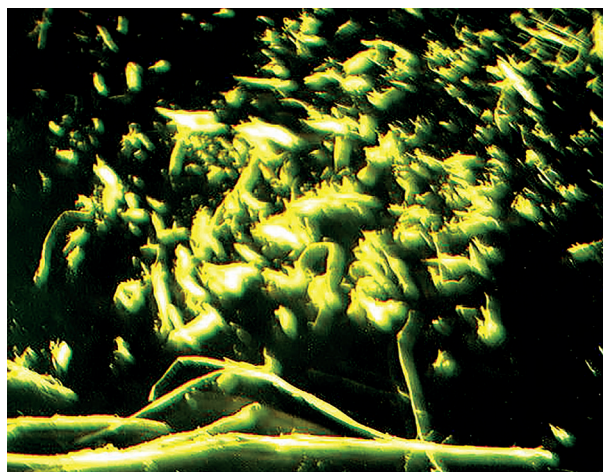
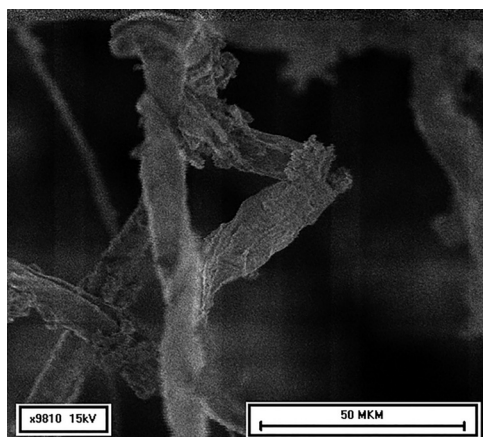
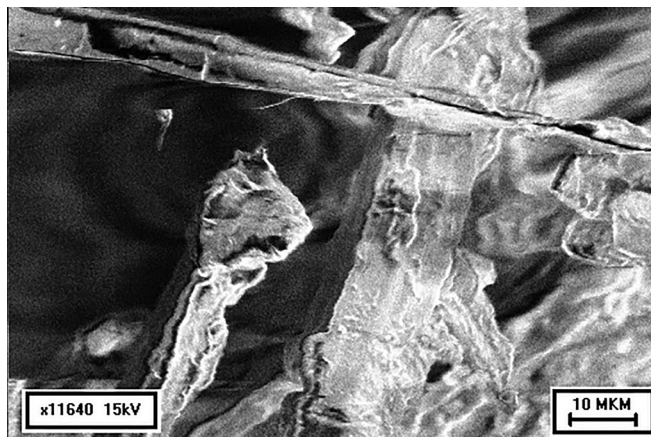


Рис. 2. Фото опилок под микроскопом МБС-10
Fig. 2. Photo of sawdust under a microscope МБС-10



a



b

Рис. 3. Фото отходов прядения волокна под микроскопом МС 20.1: а — льняного; б — хлопкового
Fig. 3. Photos of spinning waste fiber under microscope MS 20.1: a — flax; б — cotton

Т а б л и ц а 2
Физико-механические показатели композиционных плит из отходов прядения
Physical and mechanical properties of composite plates from spinning waste

Физико-механические показатели	Значения показателей при расходе связующего, %								
	0	2	4	8	12	16	20	24	30
Средняя плотность, кг/м ³	<u>262</u> 267	<u>264</u> 270	<u>266</u> 274	<u>268</u> 279	<u>271</u> 274	<u>270</u> 270	<u>269</u> 275	<u>270</u> 270	<u>266</u> 266
Средняя прочность при статическом изгибе, Мпа	<u>0,15</u> 0,30	<u>0,20</u> 0,34	<u>0,26</u> 0,38	<u>0,33</u> 0,43	<u>0,38</u> 0,47	<u>0,43</u> 0,49	<u>0,44</u> 0,53	<u>0,45</u> 0,56	<u>0,49</u> 0,60
Разбухание по толщине, %	<u>25,0</u> 18,8	<u>22,5</u> 16,0	<u>20,8</u> 15,0	<u>18,7</u> 13,4	<u>17,6</u> 12,2	<u>16,9</u> 10,9	<u>16,1</u> 10,0	<u>15,6</u> 9,2	<u>13,9</u> 8,3
Водопоглощение, %	<u>226</u> 203	<u>215</u> 197	<u>209</u> 189	<u>200</u> 180	<u>191</u> 169	<u>182</u> 160	<u>171</u> 152	<u>163</u> 144	<u>150</u> 130
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	<u>0,081</u> 0,049	<u>0,083</u> 0,050	<u>0,084</u> 0,051	<u>0,085</u> 0,052	<u>0,086</u> 0,053	<u>0,087</u> 0,054	<u>0,088</u> 0,055	<u>0,089</u> 0,056	<u>0,090</u> 0,058

Примечание. Над чертой — для плит из хлопка, под чертой — для плит из льна.

Т а б л и ц а 3

**Физико-механические показатели плит из отходов прядения хлопка
и льна с добавкой мягких отходов древесины**

**Physic-mechanical indicators of plates from spinning waste of cotton
and flax with the addition of soft waste wood**

Физико-механические показатели	Значения показателей при расходе связующего, %								
	0	2	4	8	12	16	20	24	30
<i>С добавкой 50 % от массы наполнителя опилок лиственных пород (береза)</i>									
Средняя плотность, кг/м ³	<u>267</u> 277	<u>270</u> 279	<u>273</u> 278	<u>271</u> 280	<u>270</u> 279	<u>268</u> 279	<u>263</u> 279	<u>267</u> 268	<u>261</u> 267
Средняя прочность при статическом изгибе, Мпа	<u>0,13</u> 0,27	<u>0,18</u> 0,33	<u>0,23</u> 0,37	<u>0,30</u> 0,40	<u>0,35</u> 0,45	<u>0,39</u> 0,48	<u>0,42</u> 0,52	<u>0,44</u> 0,55	<u>0,46</u> 0,57
Разбухание по толщине, %	<u>26,1</u> 19,9	<u>22,9</u> 16,7	<u>21,7</u> 15,6	<u>19,7</u> 14,3	<u>18,7</u> 13,4	<u>18,1</u> 12,0	<u>17,2</u> 11,2	<u>16,1</u> 10,5	<u>14,9</u> 9,4
Водопоглощение, %	<u>232</u> 209	<u>220</u> 203	<u>214</u> 195	<u>206</u> 186	<u>196</u> 175	<u>186</u> 166	<u>175</u> 158	<u>167</u> 150	<u>155</u> 134
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	<u>0,081</u> 0,05	<u>0,084</u> 0,051	<u>0,084</u> 0,051	<u>0,086</u> 0,052	<u>0,087</u> 0,053	<u>0,088</u> 0,054	<u>0,089</u> 0,055	<u>0,09</u> 0,056	<u>0,091</u> 0,058
<i>С добавкой 50 % от массы наполнителя опилок хвойных пород (сосна)</i>									
Средняя плотность, кг/м ³	<u>265</u> 273	<u>268</u> 275	<u>272</u> 279	<u>275</u> 274	<u>271</u> 279	<u>268</u> 274	<u>264</u> 270	<u>270</u> 278	<u>267</u> 273
Средняя прочность при статическом изгибе, Мпа	<u>0,13</u> 0,28	<u>0,18</u> 0,32	<u>0,23</u> 0,36	<u>0,30</u> 0,42	<u>0,35</u> 0,45	<u>0,39</u> 0,50	<u>0,41</u> 0,53	<u>0,43</u> 0,55	<u>0,46</u> 0,58
Разбухание по толщине, %	<u>26,0</u> 20,7	<u>23,4</u> 17,3	<u>22,0</u> 16,0	<u>19,9</u> 15,0	<u>19,0</u> 14,0	<u>18,4</u> 12,3	<u>17,4</u> 11,9	<u>16,7</u> 11,1	<u>15,5</u> 10,0
Водопоглощение, %	<u>234</u> 210	<u>223</u> 205	<u>217</u> 197	<u>210</u> 188	<u>199</u> 178	<u>189</u> 169	<u>178</u> 161	<u>169</u> 154	<u>157</u> 139
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	<u>0,081</u> 0,051	<u>0,084</u> 0,051	<u>0,085</u> 0,052	<u>0,086</u> 0,053	<u>0,086</u> 0,054	<u>0,087</u> 0,055	<u>0,088</u> 0,056	<u>0,089</u> 0,058	<u>0,090</u> 0,058
<i>С добавкой 50 % от массы наполнителя коры лиственных пород (береза)</i>									
Средняя плотность, кг/м ³	<u>277</u> 273	<u>279</u> 275	<u>274</u> 279	<u>278</u> 275	<u>273</u> 270	<u>278</u> 276	<u>273</u> 271	<u>279</u> 276	<u>274</u> 272
Средняя прочность при статическом изгибе, Мпа	<u>0,13</u> 0,27	<u>0,19</u> 0,34	<u>0,24</u> 0,35	<u>0,32</u> 0,41	<u>0,36</u> 0,44	<u>0,40</u> 0,48	<u>0,42</u> 0,52	<u>0,44</u> 0,54	<u>0,46</u> 0,59
Разбухание по толщине, %	<u>26,4</u> 20,2	<u>23,7</u> 17,0	<u>22,4</u> 15,9	<u>20,1</u> 14,6	<u>19,3</u> 13,6	<u>18,7</u> 12,5	<u>17,6</u> 11,5	<u>17,0</u> 10,9	<u>14,5</u> 9,7
Водопоглощение, %	<u>234</u> 210	<u>221</u> 206	<u>214</u> 198	<u>206</u> 189	<u>197</u> 179	<u>188</u> 170	<u>177</u> 162	<u>169</u> 155	<u>156</u> 138
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	<u>0,082</u> 0,051	<u>0,085</u> 0,051	<u>0,085</u> 0,053	<u>0,086</u> 0,054	<u>0,088</u> 0,056	<u>0,088</u> 0,056	<u>0,089</u> 0,057	<u>0,090</u> 0,058	<u>0,091</u> 0,059
<i>С добавкой 50 % от массы наполнителя коры хвойных пород (сосна)</i>									
Средняя плотность, кг/м ³	<u>273</u> 270	<u>275</u> 272	<u>270</u> 278	<u>275</u> 274	<u>272</u> 271	<u>279</u> 278	<u>275</u> 273	<u>270</u> 270	<u>276</u> 277
Средняя прочность при статическом изгибе, Мпа	<u>0,13</u> 0,27	<u>0,18</u> 0,34	<u>0,24</u> 0,37	<u>0,31</u> 0,42	<u>0,36</u> 0,45	<u>0,4</u> 0,49	<u>0,42</u> 0,51	<u>0,43</u> 0,55	<u>0,46</u> 0,59
Разбухание по толщине, %	<u>26,9</u> 20,9	<u>24,4</u> 18,0	<u>23,0</u> 16,7	<u>20,7</u> 15,4	<u>19,9</u> 14,1	<u>19,3</u> 12,9	<u>18,0</u> 12,0	<u>17,2</u> 11,4	<u>15,2</u> 10,5
Водопоглощение, %	<u>235</u> 211	<u>223</u> 206	<u>218</u> 199	<u>211</u> 191	<u>201</u> 179	<u>191</u> 170	<u>180</u> 162	<u>171</u> 154	<u>159</u> 140
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	<u>0,083</u> 0,051	<u>0,085</u> 0,052	<u>0,085</u> 0,053	<u>0,086</u> 0,054	<u>0,087</u> 0,055	<u>0,088</u> 0,056	<u>0,088</u> 0,057	<u>0,090</u> 0,058	<u>0,091</u> 0,059
<i>Примечание. Над чертой — для плит из хлопка, под чертой — для плит из льна.</i>									

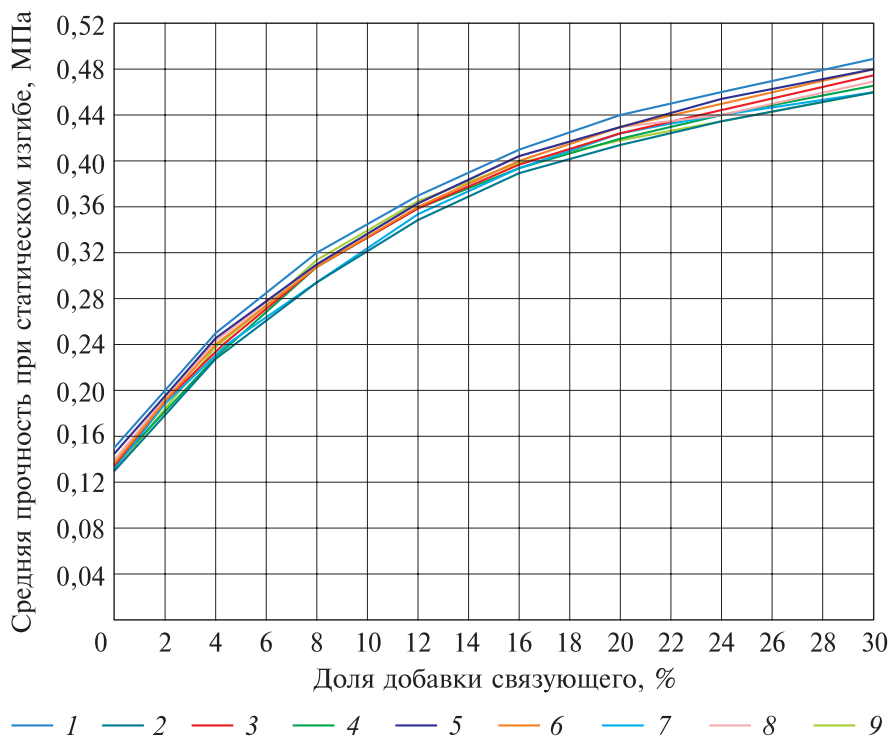


Рис. 4. Влияние доли связующего (СФЖ) на прочность при статическом изгибе материалов из неиспользуемых отходов производства хлопкового волокна: 1 — без добавки мягких отходов древесины; 2 — с добавкой 20 % опилок лиственных пород (береза); 3 — с добавкой 50 % опилок лиственных пород (береза); 4 — с добавкой 20 % опилок хвойных пород (сосна); 5 — с добавкой 50 % опилок хвойных пород (сосна); 6 — с добавкой 20 % коры лиственных пород (береза); 7 — с добавкой 50 % коры лиственных пород (береза); 8 — с добавкой 20 % коры хвойных пород (сосна); 9 — с добавкой 50 % коры хвойных пород (сосна)

Fig. 4. The effect of the share of the binder (PP) on the strength during static bending of materials from unused cotton fiber production waste: 1 — without the addition of soft waste wood; 2 — with the addition of 20 % sawdust hardwood (birch); 3 — with the addition of 50 % sawdust hardwood (birch); 4 — with the addition of 20 % softwood sawdust (pine); 5 — with the addition of 50 % coniferous sawdust (pine); 6 — with the addition of 20 % hardwood bark (birch); 7 — with the addition of 50 % hardwood bark (birch); 8 — with the addition of 20 % of coniferous bark (pine); 9 — with the addition of 50 % coniferous bark (pine)

Содержание целлюлозы в образцах растительных материалов определялось азотно-спиртовым методом [23, 24], содержание лигнина определялось стандартным сернокислым методом (ГОСТ 11960–79). Зольность образцов растительных материалов определяли методом прокаливания в муфельной печи до полного удаления всего углерода [23, 24].

Фотографии растительных отходов, выполненные авторами с использованием микроскопов МБС-10 и МС 20.1, представлены на рис. 2, 3.

Из растительных отходов, включая мягкие отходы деревообработки, были изготовлены образцы композиционных плитных материалов теплоизоляционного назначения. Композиционный материал изготавливался средней плотности 260–280 кг/м³, расход связующего (смолы фенолоформальдегидной марки СФЖ-3014) варьировался от 2 до 30 % массовых частей. Образцы материала сушились при 100 °С. Результаты определения показателей композитов представлены в табл. 2, 3 и на рис. 4.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования выявили значительные различия в химическом составе волокон однолетних и пылевидных отходов их прядения. Содержание целлюлозы, лигнина и зольность для отходов деревообработки, полученные в данном исследовании, соответствуют средним значениям показателей для древесины [20, 25].

Значительное повышение зольности в пылевидных отходах прядения растительных волокон обусловлено загрязнением минеральными веществами: отходы прядения транспортируются в пылевую камеру в общем потоке отходов уборки цехов. Изменение соотношения «целлюлоза — лигнин» объясняется наличием в пылевидных отходах прядения большого количества измельченных стеблей, коробочек и других отходов однолетних. Для измельченных стеблей однолетних и коробочек характерно более высокое содержание лигнина, близкое к значению показателя для древесины.

Разнообразие химического состава и геометрических характеристик мягких растительных отходов приводит к значительному разбросу физико-механических показателей плит, изготовленных из этих наполнителей. Следует отметить, что химический состав и геометрия растительных отходов оказывают комплексное влияние на показатели композиционных плит, изготовленных из данных наполнителей.

Растительные отходы с большим содержанием целлюлозы обеспечивают при сопоставимых значениях прочих факторов более высокие значения физико-механических показателей плит. Влияет и содержание в растительных материалах лигнина. Более высокое количество лигнина дает большее количество гидроксидов фенилпропановых единиц, что способствует образованию дополнительных связей с полимерной матрицей. Однако, учитывая незначительный разброс в содержании лигнина в растительных материалах, влияние доли лигнина на физико-механические показатели является более сглаженным, чем влияние доли целлюлозы.

Увеличение зольности ухудшает физико-механические показатели, однако это объясняется не содержанием минеральных компонентов в структуре растительной клетки, а засоренностью материала в процессах сбора и транспортировки отходов. С увеличением массовой доли связующего влияние вида материала наполнителя на значения физико-механических свойств композиционных плит оказывается менее значимым, поскольку более существенным становится влияние доли полимерной матрицы. На коэффициент теплопроводности вид наполнителя влияет меньше, чем массовая доля связующего, это объясняется более высокой теплопроводностью полимеров в сравнении с данным показателем для растительных материалов.

Выводы

Таким образом, определены виды растительных отходов, включая неиспользуемые отходы прядения льна и хлопка, которые можно использовать для производства композиционных материалов, изучены химические свойства растительных волокон и их отходов; определены физико-механические показатели и коэффициент теплопроводности плитных материалов из растительных отходов.

Для всех видов растительных наполнителей увеличение доли добавки связующего приводит к повышению прочности материала, причем более прочными являются композиционные материалы из пылевидных отходов переработки льна.

Список литературы

[1] Распоряжение Правительства Российской Федерации № 2423-р. О плане действий по реализации Основ государственной политики в области экологического

развития Российской Федерации на период до 2030 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902388109> (дата обращения 01.09.2018).

- [2] ГОСТ Р 54098–2010. Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200086000> (дата обращения 30.08.2018).
- [3] Титунин А.А., Каравайков В.М., Вахнина Т.Н. Эколого-экономические аспекты безотходных технологий переработки лесных ресурсов. М.: Новые технологии, 2007. 60 с.
- [4] Вахнина Т.Н. Использование мягких отходов переработки древесины для производства древесно-стружечных плит // Сборник трудов IV Международной научно-экологической конференции: Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства, Краснодар, КубГАУ, 24–25 марта 2015. Краснодар: КубГАУ, 2015. С. 359–363.
- [5] Способ изготовления плит из стеблей однолетних растений: Патент 1825734 Российская Федерация, МПК В27N3/04,3/02 / Негматов С.С., Абдраимов И., Хван Б.Н., Маллаев Д.Э., Казаков Б.Т.; заявитель и патентообладатель Ташкентский политехнический институт. № 4789913/15, заявл. 13.11.1989, опубл. 07.07.1993, бюл. № 25.
- [6] Аккерман А.С., Антакова В.Н., Бабайлов В.Е. Плитные материалы и изделия из древесины и одревесневших растительных остатков без добавления связующих. М.: Лесная промышленность, 1976. 360 с.
- [7] Соломатов В.И., Черкасов В.Д., Ерофеев В.Т. Строительные биотехнологии и биокомпозиты. М.: МИИТ, 1998. 166 с.
- [8] Титунин А.А., Вахнина Т.Н. Исследование эксплуатационных показателей древесных композиционных материалов с использованием вторичного древесного сырья // Научно-технический журнал. Вестник МГСУ, 2011. № 7. С. 641–645.
- [9] Титунин А.А., Ибрагимов А.М., Угрюмов С.А., Зайцева К.В., Вахнина Т.Н. Развитие межотраслевых связей при использовании природных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2015. № 5 (358). С. 227–233.
- [10] Brink D.L. Making alcohol from cotton gin waste and cotton stalks // *Proceedings of the Symposium Cotton Gin Trash Utilization Alternatives*. Hanford: University of California Cooperative Extension, 1981, pp. 20–27.
- [11] Watkins D., Nuruddin M., Hosur M., Tcherbi-Narteh A., Jeelani S. Extraction and characterization of lignin from different biomass resources // *J. Mater Res Technol*, 2015, no. 4, pp. 26–32.
- [12] Haykir N.I., Bahcegul E., Bicak N., Bakir U. Pretreatment of cotton stalk with ionic liquids including 2-hydroxy ethyl ammonium formate to enhance biomass digestibility // *Industrial Crops and Products*, 2012, no. 41, pp. 430–436.
- [13] Hoffenauf Besserang // *Holz- und Kunststoffverarb*, 2001, v. 37, no. 7, pp. 45–46.
- [14] Khanjanzadeh H., Bahmani A.A., Rafiqhi A., Tabarsa T. Utilization of bio-waste cotton (*Gossypium hirsutum* L.) stalks and underutilized paulownia (*paulownia fortunei*) in wood-based composite particleboard // *African J of Biotechnology*, 2012, v. 11(31), pp. 8045–8050.
- [15] Ververis C., Georghiou K., Christodoulakis N., Santas P., Santas R. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and the suitability for paper production // *Industrial Crops and Products*, 2004, no. 19, pp. 245–254.
- [16] Арбузов В.В. Композиционные материалы из лигниновых веществ. М.: Экология, 1991. 208 с.

- [17] Wenlong W., Gardner D.J., Baumann M.G. Volatile organic compound emissions during hot-pressing of southern pine particleboard: panel size and trade-off between press time and temperature // *Forest Prod. J.*, 2012, no. 4, pp. 24–30.
- [18] Zubehör: Möbel und Innenausbau // *Holz- und Kunststoffvererb: Internationale Fachzeitschrift für Unternehmen und Führungskräfte*, 2011, no. 9, pp. 48–52.
- [19] Волинский В.Н. Взаимосвязь и изменчивость показателей физико-механических свойств древесины. Архангельск: АГТУ, 2006. 196 с.
- [20] Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. М.: Лесная промышленность, 1989. 296 с.
- [21] Кокшаров С.А., Алеева С.В., Кудряшова Т.А., Кудряшов А.Ю. Свойства льняного волокна селекционного сорта льна-долгунца «А-93» с опытных участков в Тверской и Костромской областях // *Химия растительного сырья*, 2008. № 3. С. 51–54.
- [22] Ибрагимов А.М., Вахнина Т.Н., Сусоева И.В. Опыт использования пылевидных лигноцеллюлозных отходов текстильных предприятий в качестве наполнителя для строительных композиционных материалов // *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2015 году: Сборник научных трудов РААСН / под ред. А.В. Кузьмина. М.: АСВ, 2016. 483–488 с.*
- [23] Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Свиридов А.В. Химический состав и способ утилизации отходов производства хлопковых и льняных волокон // *Химия растительного сырья*, 2017. № 3. С. 211–220.
- [24] Азаров В.И., Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Экология, 1991. 320 с.
- [25] Новый справочник химика и технолога. Ч. 2: Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ / под ред. Ю.В. Поконовой. СПб.: Мир и Семья, Профессионал, 2005. 1142 с.

Сведения об авторах

Вахнина Татьяна Николаевна — канд. техн. наук, доцент КГУ, t_vachnina@mail.ru

Сусоева Ирина Вячеславовна — канд. техн. наук, доцент КГУ, i.susoeva@yandex.ru

Титунин Андрей Александрович — д-р техн. наук, профессор КГУ, titunin62@mail.ru

Поступила в редакцию 22.10.2018.

Принята к публикации 21.12.2018.

ASSESSMENT OF STRUCTURE AND CHEMICAL COMPOSITION VEGETABLE FILLER INFLUENCE ON COMPOSITES PROPERTIES OF HEAT-INSULATING PURPOSE

I.V. Susoeva, T.N. Vachnina, A.A. Titunin

Kostroma State University, 17, Dzerzhinsky st., 156005, Kostroma, Russia

i.susoeva@yandex.ru

In article types of vegetable waste, including soft waste of a woodworking and irretrievable dust-like waste of spinning of a flax and cotton which can be used for production of composite materials are considered. Results definitions of the chemical composition of vegetable fibers and irretrievable waste of their spinning and also soft wood waste are given; volumes of formation of irrevocable waste of spinning of linen and cotton fibers are estimated. The way of utilization of vegetable waste by production of heat-insulating composite slabby materials on manufacturing techniques of soft fiber boards of a wet way of production is offered. Results definitions of physic-mechanical indicators of slabby materials are given, influence of a ratio of composition of filler from discrete vegetable particles on physicomechanical indicators and heat conductivity of composite plates is investigated.

Keywords: waste, cotton, linen, sawdust, bark, lignin, cellulose, plates, processing, physical-mechanical properties, coefficient of thermal conductivity

Suggested citation: Susoeva I.V., Vachnina T.N., Titunin A.A. *Otsenka vliyaniya struktury i khimicheskogo sostava rastitel'nogo napolnitelya na svoystva kompozitov teploizolyatsionnogo naznacheniya* [Assessment of structure and chemical composition vegetable filler influence on composites properties of heat-insulating purpose]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 94–101. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-1-94-101

References

- [1] *Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii № 2423-r: O plane deystviy po realizatsii Osnov gosudarstvennoy politiki v oblasti ekologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 g.* [Order of the Government of the Russian Federation No. 2423-r. About the action plan for realization of Bases of state policy for ecological development of the Russian Federation until 2030]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902388109> (accessed 01.09.2018).
- [2] *GOST 54098–2010. Resursosberezhenie. Vtorichnye material'nye resursy. Terminy i opredeleniya* [State standard specification. Resource-saving. Secondary material resources. Terms and definitions]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200086000> (accessed 30.08.2018).

- [3] Titunin A.A., Karavaykov V. M., Vakhnina T. N. *Ekologo-ekonomicheskie aspekty bezotkhodnykh tekhnologiy pererabotki lesnykh resursov* [Ekologo-ekonomichesky aspects of waste-free technologies of processing of forest resources]. Moscow: Novye tekhnologii, 2007, 60 p.
- [4] Vakhnina T.N. *Ispol'zovanie myagkikh otkhodov pererabotki drevesiny dlya proizvodstva drevesno-struzhechnykh plit* [Use of soft waste of processing of wood for production of wood-shaving plates] Sbornik trudov IV Mezhdunarodnoy nauchno-ekologicheskoy konferentsii: Problemy rekul'tivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva, Krasnodar, KubGAU, 24–25 marta 2015. Krasnodar: KubGAU, 2015, pp. 359–363.
- [5] Negmatov S.S., Abdairaimov I., Khvan B.N., Mallaev D.E., Kazakov B.T. *Sposob izgotovleniya plit iz stebley odnoletnikh rasteniy* [Way of production of plates from stalks of annual plants] Pat. 1825734 Rossiyskaya Federatsiya, MPKB27N3/04,3/02, zayavitel' i patentoobladatel' Tashkentskiy politekhnicheskii institut. № 4789913/15, zayavl. 13.11.1989, opubl. 07.07.1993, bul. no. 25.
- [6] Akkerman A.S., Antakova V.N., Babaylov V.E. *Plitnye materialy i izdeliya iz drevesiny i odresnevshikh rastitel'nykh ostatkov bez dobavleniya svyazuyushchikh* [Slabby materials and products from wood and the lignified vegetable remains without addition of binding]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1976, 360 p.
- [7] Solomatov V.I., Cherkasov V.D., Erofeev V.T. *Stroitel'nye biotekhnologii i biokompozity* [Construction biotechnologies and biocomposites]. Moscow: MIIT, 1998, 166 p.
- [8] Titunin A.A., Vakhnina T.N. *Issledovanie ekspluatatsionnykh pokazateley drevesnykh kompozitsionnykh materialov s ispol'zovaniem vtorichnogo drevesnogo syr'ya* [Research of operational indicators of wood composite materials with use of secondary wood raw materials] // Nauchno-tekhnicheskii zhurnal Vestnik MGSU, 2011, no. 7, pp. 641–645.
- [9] Titunin A.A., Ibragimov A.M., Ugryumov S.A., Zaytseva K.V., Vakhnina T.N. *Razvitiye mezhotraslevykh svyazey pri ispol'zovanii prirodnykh materialov* [Development of interindustry communications when using natural materials]. Izvestiya vysshihkh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti, 2015, no. 5 (358), pp. 227–233.
- [10] Brink D.L. Making alcohol from cotton gin waste and cotton stalks. In Proceedings of the Symposium Cotton Gin Trash Utilization Alternatives. Hanford: University of California Cooperative Extension, 1981, pp. 20–27.
- [11] Watkins D., Nuruddin M., Hosur M., Tcherbi-Narteh A., Jeelani S. Extraction and characterization of lignin from different biomass resources. *J. Mater Res Technol*, 2015, no. 4, pp. 26–32.
- [12] Haykir N.I., Bahcegul E., Bicak N., Bakir U. Pretreatment of cotton stalk with ionic liquids including 2-hydroxy ethyl ammonium formate to enhance biomass digestibility. *Industrial Crops and Products*, 2012, no. 41, pp. 430–436.
- [13] Hoffenauf Besserang. *Holz- und Kunststoffverarb*, 2001, v. 37, no. 7, pp. 45–46.
- [14] Khanjanzadeh, H., Bahmani A.A., Rafiqi A., Tabarsa T. Utilization of bio-waste cotton (*Gossypium hirsutum* L.) stalks and underutilized paulownia (*paulownia fortunei*) in wood-based composite particleboard. *African J. of Biotechnology*, 2012, v. 11(31), pp. 8045–8050.
- [15] Ververis C., Georghiou K., Christodoulakis N., Santas P., Santas R. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and the suitability for paper production. *Industrial Crops and Products*, 2004, no. 19, pp. 245–254.
- [16] Arbuzov V.V. *Kompozitsionnye materialy iz ligninnykh veshchestv* [Composite materials from the ligninnykh of substances]. Moscow: Ekologiya, 1991, 208 p.
- [17] Wenlong W., Gardner D.J., Baumann M.G. Volatile organic compound emissions during hot-pressing of southern pine particleboard: panel size and trade-off between press time and temperature. *Forest Prod. J.*, 2012, no. 4, pp. 24–30.
- [18] Zubehör: Möbel und Innenausbau. *Holz- und Kunststoffverarb*: Internationale Fachzeitschrift für Unternehmen und Führungskräfte, 2011, no. 9, pp. 48–52.
- [19] Volynskiy V.N. *Vzaimosvyaz' i izmenchivost' pokazateley fiziko-mekhanicheskikh svoystv drevesiny* [Interrelation and variability of indicators of physicomechanical properties of wood]. Arhangel'sk, AGTU, 2006, 196 p.
- [20] Borovikov A.M., Ugolev B.N. *Spravochnik po drevesine* [Reference book on wood]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1989, 296 p.
- [21] Koksharov S.A. Aleeva S.V., Kudryashova T.A., Kudryashov A. Yu. *Svoystva l'nyanogo volokna selektsionnogo sorta l'na-dolguntsa «A-93» s opytnykh uchastkov v Tverskoy i Kostromskoy oblastiakh* [Properties of linen fiber of a selection grade of a fiber flax «A-93» from skilled sites in the Tver and Kostroma regions]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 3, pp. 51–54.
- [22] Ibragimov A.M., Vakhnina T.N., Susoeva I.V. *Opyt ispol'zovaniya pylevidnykh lignotsellyuloznykh otkhodov tekstil'nykh predpriyatiy v kachestve napolnitelya dlya stroitel'nykh kompozitsionnykh materialov* [Experience of use dust-like the lignotsellyuloznykh of waste of the textile enterprises as filler for construction composite materials] *Fundamental'nye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2015 godu: Sbornik nauchnykh trudov RAASN*. Ed. Kuz'min A.V. Moscow: ASV, 2016, pp. 483–488.
- [23] Susoeva I.V., Vakhnina T.N., Sviridov A.V. Susoeva I.V., Vakhnina T.N., Sviridov A.V. *Khimicheskii sostav i sposoby utilizatsii otkhodov proizvodstva khlopkovykh i l'nyanykh volokon* [The chemical composition and method utilization of production waste cotton and linen fibers]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 3, pp. 211–220.
- [24] Azarov V.I., Obolenskaya A.B., El'nitskaya Z.P., Leonovich A.A. *Laboratornye raboty po khimii drevesiny i tsellyulozy* [Laboratory work on chemistry of wood and cellulose]. Moscow: Ekologiya, 1991, 320 p.
- [25] *Novyy spravochnik khimika i tekhnologa. Syr'e i produkty promyshlennosti organicheskikh i neorganicheskikh veshchestv* [New reference book by the chemist and technologist. Raw materials and products of the industry of organic and inorganic substances] Ed. Yu.V. Pokonova, p. 2. Saint Petersburg: Mir i Sem'ya, Professional, 2005, 1142 p.

Authors' information

Vakhnina Tat'yana Nikolaevna — Cand. Sci. (Tech.), Associated Professor of the Kostroma state University, t_vakhnina@mail.ru

Susoeva Irina Vyacheslavovna — Cand. Sci. (Tech.), Associated Professor of the Kostroma State University, i.susoeva@yandex.ru

Titunin Andrej Aleksandrovich — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Kostroma State University, titunin62@mail.ru

Received 22.10.2018.

Accepted for publication 21.12.2018.