

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-2-204-215>  
УДК: 691.5

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКОПА В КАЧЕСТВЕ ВЯЖУЩЕГО ВЕЩЕСТВА

И.Л. Чулкова, И.А. Селиванов

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»,  
г. Омск, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Потребность в более эффективном и разнообразном применении отходов целлюлозно-бумажной промышленности диктует необходимость поиска новых направлений использования таких отходов в технологиях строительного материаловедения.

**Материалы и методы.** В исследованиях использовался скоп предприятия ООО «Пермский картон» с влажностью после отмычки 300% масс. В настоящее время многие вопросы теории и практики производства материалов из скопа остаются не вполне решёнными, вследствие чего ряд положений заимствуется из теории производства бетона на минеральных заполнителях, а также производства изделий целлюлозно-бумажной промышленностью.

**Результаты.** В силу своего химического и вещественного состава показана возможность применения скопа в технологиях строительного материаловедения в качестве самостоятельного воздушного вяжущего вещества. Исследованиями установлено, что исходная влажность скопа как вяжущего влияет на конечные качественные показатели сухого материала. Так наименьшая плотность сухого материала 350 кг/м<sup>3</sup> наблюдается при исходной влажности смеси в пределах 650% масс. При плотности 350 кг/м<sup>3</sup> гигроскопичность материала составляет 4,3%, усадка от 10 до 25%. Время сушки изделия находится в пределах 11 ч. Нивелирование высокой усадки достигается посредством введения легких заполнителей с шероховатой поверхностью в процессе формования.

**Обсуждение и заключение.** Полученные данные о структуре, составе скопа, а также зависимости и закономерности поведения высококонцентрированной дисперсной системы типа «скоп–вода» показывают возможность применения скопа для производства теплоизоляционных материалов как в качестве основного компонента, так и в композиции с заполнителями в качестве самостоятельного воздушного вяжущего. При этом конечные показатели плотности теплоизоляционных изделий находятся в пределах, установленных нормативными документами

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** скоп, воздушное вяжущее вещество, структурообразование, вещественный и химический состав, технологические свойства, теплоизоляционный материал.

Поступила 14.01.21, принята к публикации 28.04.21.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Чулкова И.Л. Использование скопа в качестве вяжущего вещества / И.Л. Чулкова, И.А. Селиванов. – DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-2-204-215> // Вестник СибАДИ. – 2021. – Т. 18, № 2(78). – С. 204-215.

© Чулкова И.Л., Селиванов И.А., 2021



Контент доступен под лицензией  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-2-204-215>

## USE OF FIBRE WASTE AS A BINDER

**Irina L. Chulkova, Igor A. Selivanov**

*Siberian State Automobile and High University,  
Omsk, Russia*

### ABSTRACT

**Introduction.** The need for a more efficient and varied use of waste from the pulp and paper industry dictates the need to search for new directions for the use of such waste in construction materials science technologies.

**Materials and methods.** In the studies the fibre waste of the Perm Cardboard LLC company with a moisture content after washing of 300% by weight was used. Currently, many issues of theory and practice the production of materials from the fibre waste are not entirely solved, resulting in a number of provisions borrowed from the theory of the production of concrete mineral aggregates, as well as the production of pulp and paper industry.

**Results.** Due to its chemical and material composition, the possibility of using the fibre waste in construction materials science technologies as an independent air binder is shown. The studies have established that the initial moisture content of the fibre waste as a binder affects the final quality indicators of a dry material. Thus, the lowest dry material density of 350 kg/m<sup>3</sup> is observed at the initial humidity of the mixture in the range of 650% by weight. At a density of 350 kg/m<sup>3</sup>, the hygroscopicity of the material is 4.3%, the shrinkage from 10 to 25%. The drying time of the product is within 11 hours. A leveling high shrinkage is achieved by introducing light aggregates with a rough surface during the molding process.

**Discussion and conclusions.** The obtained data on the structure, the composition of the fibre waste, as well as the dependence and regularities of the behavior of a highly concentrated dispersed system of the 'fibre waste-water' type show the possibility of using the fibre waste for the production of thermal insulation materials, both as a main component and in a composition with aggregates as an independent air binder. At the same time, the final density indicators of thermal insulation products are within the limits established by regulatory documents

**KEYWORDS:** fibre waste air binder substance, structure formation, material and chemical composition, technological properties, heat-insulating material

**Submitted 14.01.21, revised 28.04.21.**

**The authors have read and approved the final manuscript.**

**Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.**

*For citation:* Chulkova I.L., Selivanov I.A. Use of fibre waste as a binder. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2021; 18 (2): 204-215. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-2-204-215>

© Chulkova I.L., Selivanov I.A., 2021



Content is available under the license  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

## ВВЕДЕНИЕ

Потребность в более эффективном и разнообразном применении отходов целлюлозно-бумажной промышленности диктует необходимость поиска новых направлений использования таких отходов в технологиях строительного материаловедения.

Основную долю отходов на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности составляет так называемый скоп – осадок первичных отстойников, образующийся при очистке технологических стоков при производстве картона и бумаги.

В частности, на предприятии ООО «Пермский картон» объём образуемого скопа в ежегодном выражении достигает 4,2 тыс. т, что по абсолютно сухому состоянию составляет 1,5 тыс. т. Возврат скопа в основное производство приводит к снижению качества готовой продукции и производительности формующего оборудования, таким образом, повторное применение скопа в технологии бумаги нецелесообразно и поэтому большая часть скопа в настоящее время вывозится в отвалы, загрязняя окружающую среду [1].

Рассмотрение посредством изучения специализированной литературы вопросов, связанных с направлениями использования скопа в технологиях строительного материаловедения, показывает возможность применения скопа как компонента смеси, влияющего на конечные качественные показатели готовых строительных материалов и изделий [2, 3], а также их экологичность [4, 5, 6, 7].

Так, например, применение скопа в качестве вспучивающей и выгорающей добав-

ки при производстве керамики способствует уменьшению плотности и увеличению производительности формующего оборудования<sup>1</sup> [8, 9]. Использование скопа в качестве опудривающей добавки позволяет увеличить интервал вспучивания глинистого сырья на 30–60 °С и снижает насыпную плотность керамзита на 60–100 кг/м<sup>3</sup> [10, 11]. По литературным данным скоп можно применить в качестве волокнистого наполнителя, оказывающего влияние на прочностные показатели изделий<sup>2,3</sup> [12, 13], а также положительно действующего на показатели твёрдости и удельного сопротивления<sup>4</sup>. В ряде литературных источников описывается возможность применения скопа для увеличения пластичности изделий<sup>5</sup> [14], а также для производства теплоизоляционных [15, 16, 17] и изоляционных материалов [18].

Скоп, описанный в специализированной литературе, в силу наличия особенностей структуры, физических свойств, а также соответствующего химического и вещественного состава, включающего целлюлозу, лигнин и каолин, применяется в технологиях строительного материаловедения преимущественно в качестве волокнистого наполнителя.

Каолин в составе скопа влияет на способность волокон взаимодействовать между собой, усложняет процесс их переплетения и дальнейшего взаимодействия. Кроме того, каолин придаёт волокнам термостойкость.

Технология бумаги, используемая на предприятии ООО «Пермский картон», предусматривает обязательную очистку скопа от каолина. Следует предположить, что скоп без каолина обладает иными технологическими

<sup>1</sup> Патент РФ № 2229454 С2 МПК7 C04B33/00, 38/06. Сырьевая смесь для изготовления керамического кирпича / М.И. Бармин, А.Н. Гребёнкин, В.В. Павличенко, В.В. Мельников, Е.Г. Кемпи, А.И. Бойко, Н.С. Черников; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна; заявка №2002111580/03 от 10.11.2003, опубл. 27.05.2004. – Бюл. № 12. – 5 с.

<sup>2</sup> Патент РФ № 2095328 С1 МПК6 C04B28/14, B32B13/08. Состав для изготовления изделий из отходов производства молочной кислоты / Л.В. Новинюк, Д.А. Береженко; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых ароматизаторов, кислот и красителей; заявка № 94041955/08 от 21.11.1994, опубл. 10.11.1997. – Бюл. №6. – 4 с.

<sup>3</sup> Патент РФ № 1106810 А C04B43/12, 43/02. Состав для изготовления теплоизоляционного материала / Б.Л. Красный, Б.С. Тяпкин, С.П. Хайнер, Г.С. Факторович, В.А. Колейкин, Л.Б. Гамза, Л.А. Фокина; заявитель и патентообладатель Экспериментально-конструкторское бюро Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций им. В.А. Кучеренко; заявка №3509392/29-33 от 10.11.82, опубл. 07.08.84. – Бюл. №29. – 8 с.

<sup>4</sup> Заявка № 2006106912 Российская Федерация, МПК C04B26/02. Древесноволокнистая плита, имеющая улучшенную акустику и прочность / Феледжи Джон Мл., Гармэн Роберт С.; заявитель Армстронг уорлд индастриз, инк.; пат. поверенный Г.Б. Егорова; заявл. 04.08.2004; опубл. 10.07.2006, Бюл. № 7; приоритет 07.08.2003, №10/636,405 (США). – 2 с.

<sup>5</sup> Патент РФ № 1106810 А C04B43/12, 43/02. Состав для изготовления теплоизоляционного материала / Б.Л. Красный, Б.С. Тяпкин, С.П. Хайнер, Г.С. Факторович, В.А. Колейкин, Л.Б. Гамза, Л.А. Фокина; заявитель и патентообладатель Экспериментально-конструкторское бюро Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций им. В.А. Кучеренко; заявка №3509392/29-33 от 10.11.82, опубл. 07.08.84. – Бюл. №29. – 8 с.

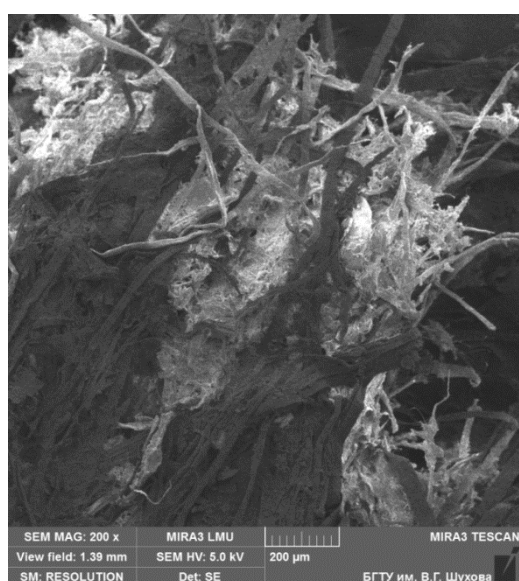


свойствами, проявление и дальнейшее исследование которых может сформировать новое направление использования скопа в технологиях строительного материаловедения.

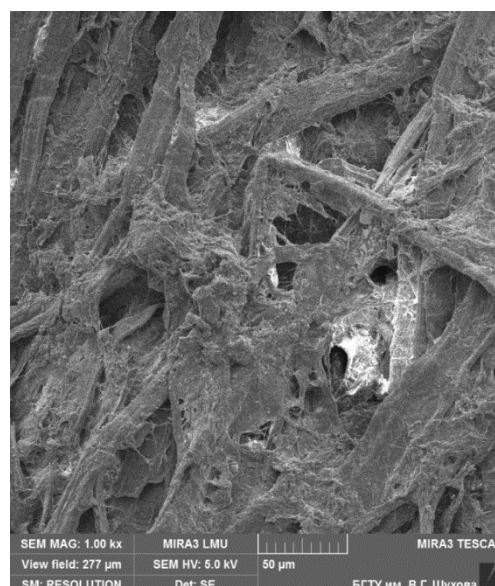
### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Посредством сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU нами установлено, что скоп предприятия ООО «Пермский картон», использо-

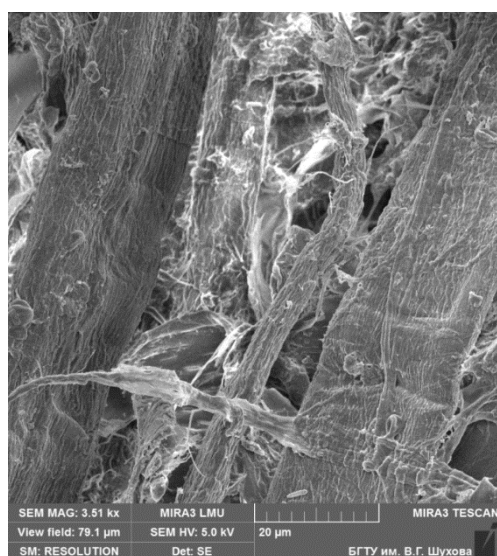
ванный в исследованиях, представлен волокнистой структурой, в которой целлюлозные нити соединены в ленты и пучки с помощью природного клея лигнина (рисунок 1). Распределение волокон неупорядоченное (рисунок 1, а), нити сильно переплетены между собой (рисунок 1, б). Скоп состоит преимущественно из плоских лент целлюлозы шириной приблизительно 20 мкм (рисунок 1, в) различной длины, достигающей 150–200 мкм (см. рисунок 1, а).



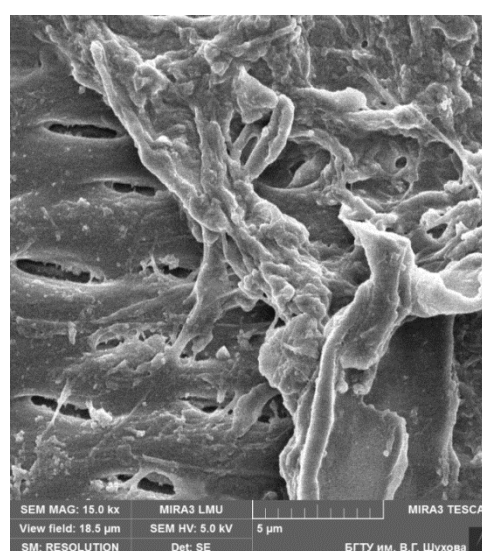
а



б



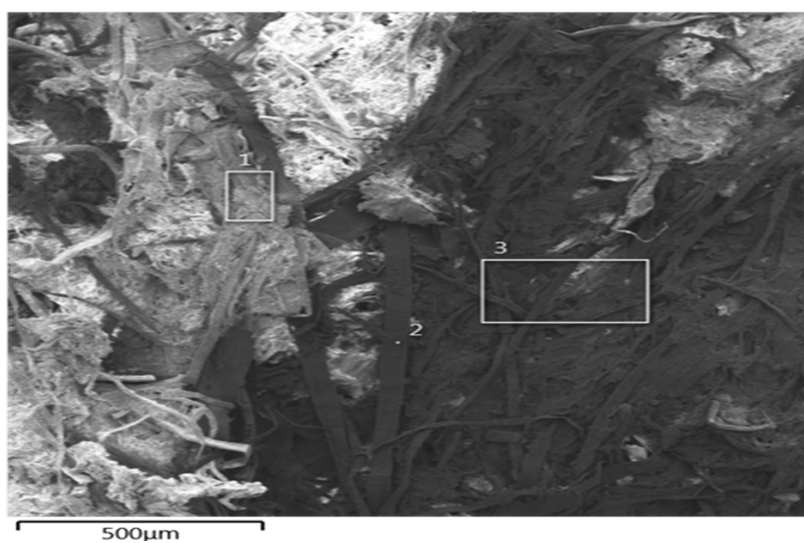
в



г

Рисунок 1 – Микроструктура скопа: а, б – общий вид; в, г – морфология поверхности волокон

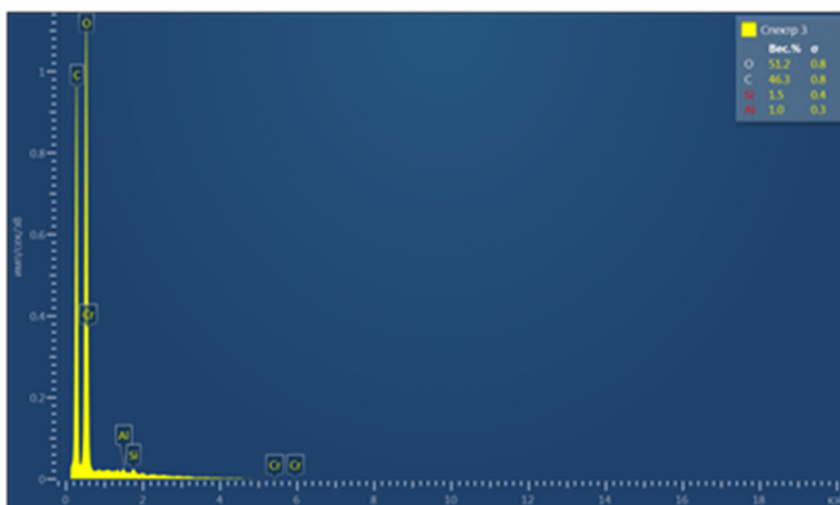
Figure 1 – The microstructure of the fibre waste: a, b – general view; b, d-morphology of the fiber surface



а



б



в

Рисунок 2 – Элементный состав частиц скопа

Figure 2 – Elemental composition of fibre waste particles

Также имеются и отдельные волокна, диаметр которых составляет порядка 5 мкм (см. рисунок 1, в). Более широкие ленты состоят из нитей целлюлозы, о чем можно судить по морфологии поверхности, на которой видны продольные «борозды» – границы отдельных волокон (см. рисунок 1, в). При большом увеличении хорошо видна пористая структура поверхности этих волокон целлюлозы (рисунок 1, г), что способствует хорошей адгезии волокон к различным поверхностям [19, 20, 21].

Стоит отметить, что скоп состоит преимущественно из анизотропных фрагментов в виде волокон и лент, а также частиц неправильной формы различного размера, которые можно приписать лигнину или агрегатам из минеральных фаз (см. рисунок 1). Дисперсность отдельных частиц скопа имеет большое значение с точки зрения совместимости с различными заполнителями при получении композитов [20, 21, 22, 23, 24].

О составе скопа можно судить исходя из результатов экспериментов, полученных нами посредством энергодисперсионного спектрометра на базе электронного микроскопа (рисунок 2). Как можно видеть, химический состав отдельной «ленты» (спектр 2) и объема вещества (спектр 3) примерно одинаков. Обращает на себя внимание приблизительное равенство содержания углерода и кислорода, что подтверждает выводы о преобладании в составе вещества волокнистой добавки целлюлозы. Из примесных элементов имеются только кремний и алюминий, что свидетельствует о наличии небольшого количества алюмосиликатов [22, 23].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В силу высокой влажности свежееобразованного скопа, достигающей 300% масс, выявленных особенностей его структуры и состава следует допустить, что скоп предприятия ООО «Пермский картон» является высококонцентрированной дисперсной системой типа «твёрдое тело–жидкость», в которой дисперсионная среда представлена неорганической жидкостью – водой, а дисперсная фаза – органическими волокнами.

Как известно, дисперсным системам характерны процессы отвердевания при одновременном проявлении адгезионных свойств<sup>6</sup>.

Отвердевание обеспечивает системе свойства твёрдого тела, а способность к адгезии – свойства клея [24, 25, 26, 27, 28, 29]. Таким образом, можно предположить новое направление применения скопа предприятия ООО «Пермский картон» в технологиях строительного материаловедения. В данном случае скоп может выступать в качестве самостоятельного вяжущего вещества, в его определённых границах влажности высококонцентрированная система «твёрдое тело–жидкость» должна обладать рядом технологических параметров, установление которых позволит разработать оптимальные технологические режимы, позволяющие на практике получить эффективный продукт с минимальными затратами.

Для определения возможности применения скопа в технологиях в качестве самостоятельного вяжущего необходимо рассмотреть высококонцентрированную дисперсную систему «скоп–вода» и определить её реологические свойства, возможность эффективного формования и удобоукладываемость<sup>7,8</sup>. В данном случае скоп может выступить как твёрдая фаза, имеющая особый химический состав, обеспечивающий адгезионные и когезионные свойства системы, а вода как жидкая фаза, способная хорошо смачивать поверхности контакта благодаря наличию водородных связей. Кроме того, вода создаёт условия подвижности волокон скопа и даёт возможность осуществить контакты на большей площади.

Известно, что отвердевание дисперсной системы происходит благодаря связыванию воды вяжущим, а также постепенному испарению лишней несвязанной жидкости. Поэтому водотвёрдое отношение, безусловно, влияет как на возможность твердения системы, так и способствует концентрации дисперсной фазы с образованием стеснённых условий.

В условиях стеснённости расстояния между волокнами скопа не препятствуют проявлению сил различной природы, с помощью которых образуются контакты между частицами вяжущего.

Определение способности скопа выступать в качестве вяжущего заключалось в исследовании и оптимизации технологических параметров системы «скоп–вода» [29] в части установления:

<sup>6</sup> Строительные материалы: справочник / А.С. Болдырев, П.П. Золотов, А.Н. Люсов. – М.: Стройиздат, 1989. – 567 с.

<sup>7</sup> Бибик Е.Е. Реология дисперсных систем / Е.Е. Бибик. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1981. – 172 с.

<sup>8</sup> Рыбьев И.А. Строительное материаловедение / И.А. Рыбьев. – М.: Высш. шк., 2002. – 701 с.



- зависимости условной вязкости системы от начальной влажности скопа;
- зависимости начальной влажности скопа от времени сушки;
- зависимости линейной усадки скопа при сушке от начальной влажности скопа;
- зависимости плотности высушенного скопа от начальной влажности скопа;
- зависимости гигроскопичности высушенного скопа от начальной влажности скопа;
- зависимости прочности высушенного скопа от начальной влажности скопа.

В качестве меры условной вязкости использовали глубину погружения пестика прибора Вика<sup>9</sup> за 30 сек. В качестве меры формовости использовали величину расплыва конуса смеси скоп-вода на встряхивающем столике<sup>10</sup>, при этом в качестве критерия формовости приняли сохранность формы образца (изделия).

Работу проводили следующим образом. Скоп с начальной влажностью около 300% смешивали с водой таким образом, чтобы суммарная влажность смеси увеличивалась от пробы к пробе на одинаковую величину. У полученной смеси определяли условную вязкость на приборе Вика, а также расплыв конуса на встряхивающем столике.

Исследованиями показано, что зависимость условной вязкости системы от влажности системы существует, полученная зависимость близка к линейной и описывается уравнением линейной регрессии первого порядка (рисунок 3).

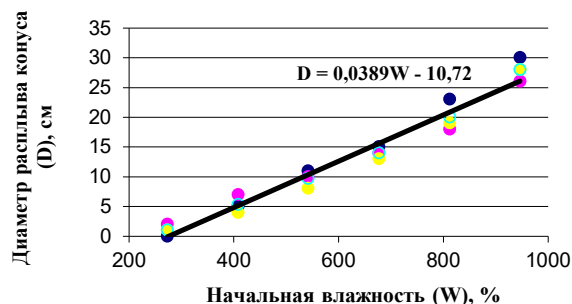


Рисунок 3 – Зависимость диаметра расплыва конуса смеси «скоп-вода» от начальной влажности

Figure 3 – Dependence of the diameter of the spreading cone of the fibre waste -water mixture on the initial humidity

Продолжение исследований заключалось в дальнейшем использовании полученной смеси «скоп-вода» разной исходной влажности для формования стандартных размеров образцов-балочек, их немедленным расплыванием и сушкой до постоянной массы в течение 24 ч при температуре 80 °С.

Так экспериментально показано, что существует зависимость времени сушки, плотности, гигроскопичности, линейной усадки, а также прочности материала от исходной влажности скопа (рисунки 4, 5, 6, 7, 8).

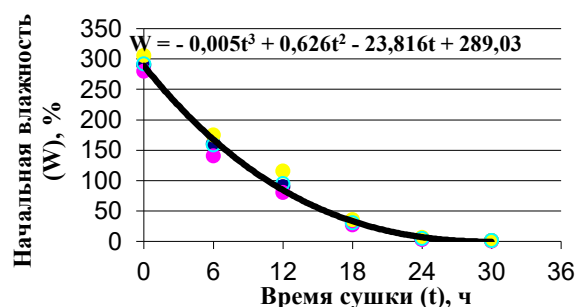


Рисунок 4 – Зависимость начальной влажности образцов скопа от времени сушки

Figure 4 – Dependence of the initial humidity of fibre waste samples on the drying time

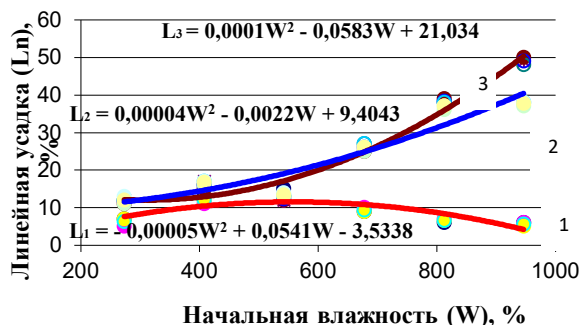


Рисунок 5 – Зависимость линейной усадки образцов скопа от начальной влажности:  
1 – линейная усадка вдоль усилия формования образца;  
2 – линейная усадка поперек усилия формования по длине образца;  
3 – то же по ширине образца

Figure 5 – Dependence of linear shrinkage of fibre waste samples on initial humidity:  
1 – linear shrinkage along the forming force of the sample;  
2 – linear shrinkage across the forming force along the length of the sample;  
3 – the same width of the sample

<sup>9</sup> ГОСТ 310.3–76. Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема. – Введ. 1978–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 8 с.

<sup>10</sup> ГОСТ 310.4–81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. – Введ. 1983–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 12 с.

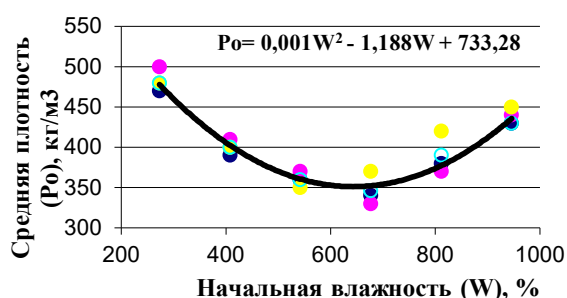


Рисунок 6 – Зависимость средней плотности сухого скопа от начальной влажности

Figure 6 – Dependence of the average density of dry fibre waste on the initial humidity

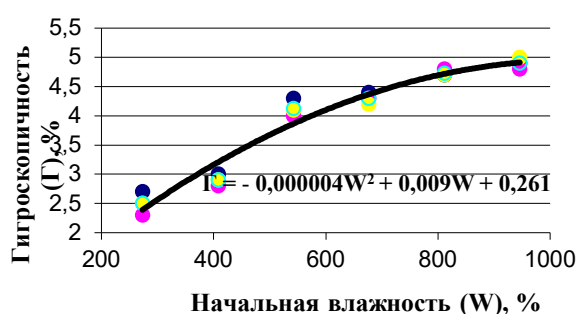


Рисунок 7 – Зависимость гигроскопичности высушенных образцов скопа от начальной влажности

Figure 7 – Dependence of hygroscopicity of dried fibre waste samples on initial humidity

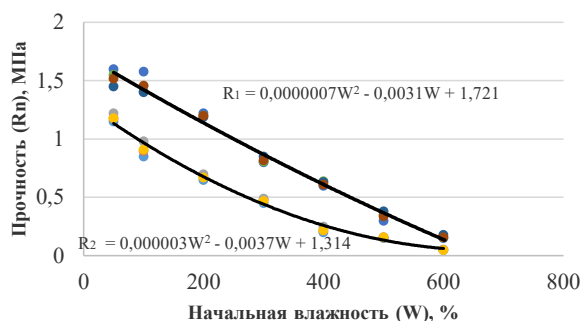


Рисунок 8 – Зависимость прочности образцов-балочек из скопа от влажности:  
1 – при сжатии;  
2 – при изгибе

Figure 8 – Dependence of the strength of sample beams from the fibre waste from moisture:  
1 – during compression;  
2 – when bending

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Из представленных графических зависимостей следует, что увеличение исходной влажности системы приводит к уменьшению плотности высушенного изделия, причем чем выше изначальная влажность, тем больше линейная усадка и гигроскопичность, но граница максимальной влажности системы находится в пределах 650% масс, за пределами которой плотность сухого изделия начинает увеличиваться. Таким образом, в границах исходной влажности от 600 до 650% масс наблюдается минимальная плотность высушенного изделия, объясняемая, по-видимому, способностью волокон скопа самоориентироваться под действием сил формования и ПАВ<sup>11,12</sup> [30, 31, 32, 33].

В процессе сушки количество свободной влаги испаряется, волокна скопа сближаются и переплетаются, образуя жесткие связи. При этом сближение волокон при высокой влажности системы происходит преимущественно параллельно друг другу. В результате этого система уплотняется и становится более прочной. Наличие в системе лигнина способствует процессу ориентации, а также приводит к образованию жестких связей между волокнами [33, 34, 35], что усиливает связующий эффект.

По результатам проведенных экспериментов предприятия ООО «Пермский картон» скоп можно классифицировать в качестве вяжущего воздушного твердения.

В технологиях строительного материаловедения скоп может использоваться в качестве самостоятельного вяжущего вещества контактного твердения, к которым относят также вяжущие аморфной и нестабильной кристаллической структуры, способной конденсироваться в момент возникновения контактов между частицами при сближении их на расстояние действия поверхностных сил натяжения [33, 34, 35].

Более прочные контакты между частицами вяжущего достигаются посредством приложения внешнего давления. При малых давлениях полезно в системе присутствие очень малых количеств жидкости как своеобразной смазки для получения вещества в исходном нестабильном кристаллическом или амор-

<sup>11</sup> Химия и биохимия лигнина, целлюлозы и гемицеллюлоз (пер. с англ.) / под ред. М.Н. Цыпкина. – М.: Изд-во «Лесная промышленность», 1969. – 224 с.

<sup>12</sup> Сычёв М.М. Неорганические клеи / М.М. Сычёв. – Л.: Химия, 1974. – 160 с.



фном состоянии. Поэтому на первой стадии отвердевания производятся технологические операции, обеспечивающие образование неупорядоченной структуры. Отвердевание системы происходит в момент возникновения прочных связей между частицами аморфного вещества и упорядочения структуры по границам контакта с переводом метастабильного состояния в устойчивое [33, 34, 35].

На второй стадии отвердевания матричного вещества во всех возможных системах, к которым относятся вяжущие вещества в микро- и макроструктурных строительных конгломератах, процессы завершаются большим или меньшим упорядочением, снижением энтропии, переходом системы в более устойчивое, по возможности в кристаллическое состояние. Вторая стадия не завершается только конденсацией веществ. На этой стадии происходят также и процессы консолидации – упрочнения, укрепления вновь образующейся структуры на микро- и макроуровнях.

Процесс второй стадии отвердевания является следствием того, что происходят непрерывные качественные и количественные изменения жидкой среды и твёрдой фазы в системе [33, 34, 35].

К завершающему этапу отвердевания количество жидкой среды в системе становится минимальным, а количество твёрдой фазы – максимальным, т.е. величина отношения жидкой среды к твёрдой фазе постепенно уменьшается, приближаясь к некоторому оптимальному значению [33, 34, 35], в итоге получается жёсткий прочный монолит (рисунок 9).



Рисунок 9 – Внешний вид материалов из скопа

Figure 9 – External view of materials from fibre waste

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатами исследования было установлено, что исходная влажность скопа как вяжущего влияет на конечные качественные показатели сухого материала. Так наименьшая плотность сухого материала  $350 \text{ кг/м}^3$  наблюдается при исходной влажности смеси в пределах 650% масс. При плотности  $350 \text{ кг/м}^3$  гигроскопичность материала составляет 4,3%, усадка находится в пределах от 10 до 25%. Время сушки изделия при заявленной температуре составляет 11 ч. Нивелирование высокой усадки может достигаться посредством введения легких заполнителей с шероховатой поверхностью в процессе формования [36].

Исследование прочностных свойств скопа как вяжущего показывает схожую с традиционными вяжущими закономерность, показывающую влияние водотвёрдого отношения на конечную прочность сухого материала. В исследованных границах исходной влажности прочность скопа как вяжущего при сжатии находится в пределах от 0,30 до 1,50 МПа, а прочность при изгибе – от 0,10 до 1,30 МПа.

Полученные данные о структуре, составе скопа, а также зависимости и закономерности поведения высококонцентрированной дисперсной системы типа «скоп–вода» показывают возможность применения скопа в качестве самостоятельного вяжущего вещества воздушного твердения пригодного, в силу выявленных физических свойств, для производства теплоизоляционных материалов как в качестве основного компонента, так и в композиции с заполнителями в качестве самостоятельного воздушного вяжущего. При этом конечные показатели плотности теплоизоляционных изделий находятся в пределах, установленных нормативными документами<sup>13</sup>.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баталин Б.С., Козлов И.А. Утилизация скопа ООО «Пермский картон» // Экология и промышленность России. 2009. №6. С. 20–22.
2. Баталин Б.С., Козлов И.А. Строительные материалы на основе скопа – отхода целлюлозно-бумажной промышленности // Строительные материалы. 2004. №1. С.42–43.
3. Печенкин А.Ю., Карцев И.И., Колтунов А.С., Куценко О.И. Исследование свойств строительных материалов на основе древесных отходов // Современные материалы, техника и технология. 2016. №5(8). С. 147–152.

<sup>13</sup> ГОСТ 16381–77 Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие технические условия. – Введ. 1977–07–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1977. – 7 с.

4. Ремизова В.М. Композиты из отходов // Универсальная наука. 2018. №1(5). С. 79–82.
5. Мифтахов М.Н., Махнюк Д.В. Исследование сорбционных свойств модифицированных сорбентов, полученных из отходов целлюлозно-бумажной промышленности – скопа // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2020. №3(86). С.21–58.
6. Баталин Б.С., Козлов И.А. Использование скопа для обеспечения гигиенической безопасности жилых помещений // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. 104 с.
7. Имайкина А.Р., Ширинкина Е.С. Анализ направлений использования осадков сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий в строительной отрасли // Химия. Экология. Урбанистика. 2018. С. 108–111.
8. Матвеева З.О. Использование отходов целлюлозно-бумажной промышленности для производства аглопоритового гравия // Строительные материалы. 1980. №6. С. 21–22.
9. Ширинкина Е.С., Вайсман Я.И., Житнюк В.А., Монченко С.В. Ресурсосберегающая технология обращения с отходами переработки макулатурной массы // Экология и промышленность России. 2015. №7. С.10–15.
10. Ольков П.Л. Улучшение качества керамзита путём устранения слипания сырцовых гранул в процессе сушки // Строительные материалы. 1980. №5. С.16–17.
11. Chen H.J. Paper sludge reuse in lightweight aggregates manufacturing / H.J. Chen, Y.C. Hsueh, C.F. Peng, C.W. Tang // Materials. - 2016. - Vol. 9 (11). №876. - pp. 1–9. DOI: 10.3390/ma9110876.
12. Пичугин А.П., Денисов А.С., Хританков В.Ф. [и др.] Эффективные органоминеральные бетоны с повышенными тепло- и звукоизолирующими свойствами // Строительные материалы. 2008. №5. С. 73–75.
13. Федоров В.И. Повышение качества фибробетона введением целлюлозных волокон // Строительство: новые технологии – новое оборудование. 2018. №5. С.54–56.
14. Adu C. Developing fiber and mineral based composite materials from paper manufacturing byproducts / C. Adu, M. Jolly // Smart Innovation, Systems and Technologies. - 2017. - Vol. 68. - pp. 435–444. DOI.org/10.1007/978-3-319-57078-5\_41.
15. Ширинкина Е.С. Получение экологически безопасных строительных материалов с использованием осадков сточных вод целлюлозно-бумажного производства // Теоретическая и прикладная экология. 2018. №4. С.85–92.
16. Hishikava Y. Characterization of individual hydrogen bonds in crystalline regenerated cellulose using resolved polarized FTIR spectra / Y. Hishikava, E. Togawa T. Kondo // ACS Omega. - 2017. - Vol.2(4) - pp. 1469-1476. DOI.org/10.1021/acsomega.6b00364.
17. Муратова А.А., Картушина Ю.Н. Разработка состава теплоизоляционных изделий из макулатуры и полимерных отходов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. №3(80). С. 73–83.
18. Дубатовская А.И., Твердохлебов Р.В. Обзор технических свойств целлюлозной изоляции // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. 2018. № 8. С. 67–81.
19. Осовская И.И., Антонова В.С. Влияние поверхностной деструкции на гидрофильность и связеобразующую способность целлюлозных волокон // Химия растительного сырья. 2020. №1. С.315–320.
20. Rubleva N.V. Production of cellulose nanocrystals by hydrolysis in mixture of hydrochloric and nitric acids. / N.V. Rubleva, E.O. Lebedeva, A.V. Afineevskii, M.I. Voronova, O.V. Surov, A.G. Zakharov // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. 2019. vol.62, no 12, pp.85-93. DOI: 10.6060/ivkkt.20196212.5984.
21. Zoltan Borcsok / Zoltan Borcsok, Srivaro Suthon, Zoltan Pasztory // Effect of heat treatment on some cellular properties fo rubberwood (Hevea brasiliensis Mull.Arg). Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin, 2020, vol.24, no 2, pp.43-50. DOI: 1018698/2542-1468-2020-2-43-50.
22. Чулкова И.Л., Селиванов И.А., Галдина В.Д. Исследование влияния добавки скопа на структурообразование цементного камня методом количественного рентгенофазового анализа // Вестник СибаДИ. 2019. №4. С.504–518.
23. Чулкова И.Л., Селиванов И.А., Галдина В.Д. Изучение структурообразования органоминеральных композиций с волокнистым наполнителем методом электронной микроскопии // Промышленное и гражданское строительство. 2019. №12. С.41–47.
24. Smolin, A.S. Role of the relaxation state of polimer components in wood when making composite packaging materials (corrugated cardboard) / A.S. Smolin, E.L. Akim // Fiber Chemistry. - 2018. - Vol. 50. №4. - 336-344. DIO.org/10.1007/s10692-019-09986-3.
25. Abitbol T. A. Nanocellulose a tiny fiber with huge applications / T.A. Abitbol, A. Rivkin, Y. Cao, Y. Nevo, E. // Current Opinion in Biotechnology. - 2016. - Vol.39. - pp.76-88. DIO:10.1016/j.copbio.2016.01.002
26. Mahyar Fazeli. Improvement in adhesion of cellulose fibers to the thermoplastic starch matrix by plasma treatment modification / Mahyar Fazeli, Jennifer Paola Florez, Renata Antoun Simão // Plasma Processes and Polimers. - 2019. - Vol.16(6), pp.207-216. DOI:10.1002.ppap.201800167.
27. Rangelov M. Using carbon fiber composites for reinforcing pervious concrete / M. Rangelov // Construction and Building Materials. - 2016. - Vol. 126. - pp. 875-885. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.06.035.
28. Henschen Jonatan. Bacterial adhesion to polyvinylamine-modified nanocellulose films / J. Henschen, P.A. Larsson, J. Illergard, L. Wagber, M.Ek // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 151. - 2017. - Vol. 1. - pp. 224-231. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2016.12.018.
29. Баталин, Б.С., Козлов И.А. Исследование физико-механических свойств скопа картонного производства // Известия вузов. Строительство. 2004. №1. С. 32–34.
30. Селянина С.Б., Труфанова М.В., Афанасьев Н.И., Селиванова Н.В. Поверхностно-активные свойства сульфатных лигнинов // Журнал прикладной химии. 2007. №11. С. 1807–1810.
31. Судакова И.Г., Кузнецов Б.Н., Гарынцева Н.В., Королькова И.В. Состав и связующие свойства лигнинов, полученных окислительной делигнификацией древесины пихты, осины и березы в среде уксусной кислоты // Химия растительного сырья. 2010. №3. С. 55–60.

32. Kozlov I.A. Foamed concrete with wastes of pulp and paper industry / B.S. Batalin, I.A. Kozlov // «Role for concrete in global development»: Proceeding of the International Conference. – Dundee: University of Dundee, Scotland, UK, 8-9 July 2008, pp. 419-426.

33. Степанова М.П., Сотникова О.А. Реализация механизмов контактно-конденсационной теории твердения при формировании строительных композитов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020. №24(1). С.90–102.

34. Цветков М.В., Салганский Е.А. Лигнин: направление использования и способы утилизации (обзор) // Журнал прикладной химии. 2018. №7(91). С.988–997.

35. Баталин Б.С., Козлов И.А. Исследование адгезионных свойств скопа целлюлозно-бумажных комбинатов // Известия вузов. Строительство. 2005. №3. С. 42–44.

36. Криворотова А.И., Усольцев О.А. Разработка и исследование свойств теплоизоляционного материала из макулатурной массы и бытовых отходов полимеров // Хвойные бореальной зоны. 2017. №3–4. С.84–89.

## REFERENCES

1. Batalin B.S., Kozlov I.A. Utilizatsiya skopa OOO "Permsky karton" [Disposal of scop LLC "Permskiy karton"]. *Ehcologiya i promyshlennost' Rossui* 2009; 6: 20-22 (in Russia).

2. Batalin B.S., Kozlov I.A. Stroitel'nye materialy iz skopa – othoda tsellulozno-bumazhnoy promyshlennosti [Construction materials based on scop - waste from the pulp and paper industry]. *Stroitel'nye materialy*. 2004; 1: 42-43 (in Russia).

3. Hechenkin A.U. Kartsev I.I., Koltunov A.S., Kutsenko O.I. Issledovanie svoystv stroitel'nykh materialov na osnove drevestnykh othodov [Study of the properties of building materials based on wood waste]. *Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologiya*. 2016; 5(8): 147-152 (in Russia).

4. Remizova V.M. Kompozity iz othodov [Waste composites]. *Universal'naya nauka*. 2018; 1(5): 79-82 (in Russia).

5. Miftahov M.N., Makhnuk D.V. Issledovanie sorbtionnykh svoystv modifitsirovannykh sorbentov, poluchennykh iz othodov tsellulozno-bumazhnoy promyshlennosti – skopa [Study of the sorption properties of modified sorbents obtained from the waste of the pulp and paper industry - scop]. *Sotsial'no-ekonomicheskie i tekhnicheskie sistemy: issledovanie, proektirovanie, optimizatsiya*. 2020; 3(86): 21-58 (in Russia).

6. Batalin B.S., Kozlov I.A. Ispol'zovanie skopa dlya obespecheniya gigienicheskoy bezopasnosti zhilisha [Use of scop to ensure the hygienic safety of residential premises]. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya*. 2012; 4: 104 (in Russia).

7. Imaikina A.R., Shirinkina E.S. Analiz napravlnii ispol'zovaniya osadkov stochnykh vod tsellulozno-bumazhnykh predpriyati v stroitel'noi otrasli [Analysis of the use of waste water sludge from pulp and paper enterprises in the construction industry]. *Himiya. Ekologiya. Urbanistika*. 2018; 108-111 (in Russia).

8. Matveeva Z.O. Ispol'zovanie osadkov stochnykh vod v proizvodstve keramzita [Usage of sediments of sewage in haydite production]. *Bumazhnaya promyshlennost'*. 1980; 3: 24 (in Russia).

9. Shirinkina E.S., Vaisman Y.I., Zhytnuk V.A., Monchenko S.V. Resursosberegashaya tekhnologiya obrasheniya s othodami pererabotki makulturnoi massy [Resource-saving technology for waste management of waste paper recycling]. *Ehcologiya i promyshlennost' Rossui*. 2015; 7: 10-15 (in Russia).

10. Ol'kov P.L. Uluchshenie kachestva keramzita putem ustraneniya slipaniya syrtsovykh granul v protsesse sushki [Martempering of quality of haidite by adhesion eliminations of the crude pellets in the course of drying]. *Stroitel'nye materialy*. 1980; 5: 16-17 (in Russia).

11. Chen H.J. Paper sludge reuse in lightweight aggregates manufacturing / H.J. Chen, Y.C. Hsueh, C.F. Peng, C.W. Tang // *Materials*. 2016; 9 (11). 876: 1–9. DOI: 10.3390/ma9110876.

12. Pichugin A.P., Denisov V.F. Khritankov V.F. Effektivnye organomineral'nye betony s povyshennymi teplo- i zvukoizoliruyushchimi svoystvami [Effective organic and mineral betons with the raised warmly- and sound insulating properties]. *Stroitel'nye materialy*. 2008; 5: 73-75 (in Russia).

13. Fedorov V.I. Povyshenie kachestva fibropenobetona vvedeniem tselluloznykh volokon [Improving the quality of fiber foam concrete with the introduction of cellulose fibers]. *Stroitel'stvo: Novye tekhnologii – novoe oborudovanie*. 2018; 5: 54-56 (in Russia).

14. Adu C. Developing fiber and mineral based composite materials from paper manufacturing byproducts / C. Adu, M. Jolly // *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2017; 68: 435–444. DOI.org/10.1007/978-3-319-57078-5\_41.

15. Shirinkina E.S. Poluchenie ekologicheskii bezopasnykh stroitel'nykh materialov s ispol'zovaniem osadkov stochnykh vod tsellulozno-bumazhnogo proizvodstva [Production of environmentally safe building materials using waste water sludge from pulp and paper production]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2018; 4: 85-92 (in Russia).

16. Hishikava Y. Characterization of individual hydrogen bonds in crystalline regenerated cellulose using resolved polarized FTIR spectra / Y. Hishikava, E. Togawa T. Kondo // *ACS Omega*. 2017; 2(4): 1469-1476. DOI. org/10.1021/acsomega.6b00364.

17. Muratova A.A. Kartushina U.N. Razrabotka sostava teploizolyatsionnykh izdelii iz makulatury i polimernykh othodov [Development of the composition of thermal insulation products from waste paper and polymer waste]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2020; 3(80): 73-83 (in Russia).

18. Dubatovska A.I. Obzor tekhnicheskikh svoystv tselluloznoi izolyatsii [Overview of the technical properties of cellulose insulation] *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki*. 2018; 8: 67-81 (in Russia).

19. Osovskaya I.I., Antonova V.S. Vliyanie poverhnosti destruktzii na gidrofil'nost' i svyazuyuschuyu sposobnost' tselluloznykh volokon [Effect of surface degradation on hydrophilicity and binding capacity of cellulose fibers]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 2020; 1: 315-320 (in Russia).

20. Rubleva N.V. Production of cellulose nanocrystals by hydrolysis in mixture of hydrochloric and nitric acids. / N.V. Rubleva, E.O. Lebedeva, A.V. Afineevskii, M.I. Voronova, O.V. Surov, A.G. Zakharov // *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2019. vol.62, no 12, pp.85-93. DOI: 10.6060/ivkkt.20196212.5984.



21. Zoltan Borcsok / Zoltan Borcsok, Srivaro Suthon, Zoltan Pasztory // Effect of heat treatment on some cellular properties of rubberwood (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.). *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, 24(2): 43-50. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-2-43-50.

22. Chulkova I.L., Selivanov I.A. Issledovanie vliyaniya dobavki skopa na strukturoobrazovanie tsementnogo kamnya metodom kolichestvennogo rentgenofazovogo analiza [Influence of the scop addition on the structure formation of the cement stone by the method of quantitative x-ray phase analysis]. *Vestnik SibADI*. 2019; 4: 504-518 (in Russia).

23. Chulkova I.L., Selivanov I.A. Izuchenie strukturoobrazovaniya organomineral'nykh kompozitsiy s voloknistym zapolnitelem metodom elektronnoy mikroskopii [Study of the structure formation of organomineral compositions with a fibrous filler by electron microscopy]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2019; 12: 41-47 (in Russia).

24. Smolin, A.S. Role of the relaxation state of polymer components in wood when making composite packaging materials (corrugated cardboard) / A.S. Smolin, E.L. Akim // *Fiber Chemistry*. 2018; 50(4):336-344. DOI: 10.1007/s10692-019-09986-3.

25. Abitbol T. A. Nanocellulose a tiny fiber with huge applications / T.A. Abitbol, A. Rivkin, Y. Cao, Y. Nevo, E. // *Current Opinion in Biotechnology*. 2016; 39: 76-88. DOI: 10.1016/j.copbio.2016.01.002

26. Mahyar Fazeli. Improvement in adhesion of cellulose fibers to the thermoplastic starch matrix by plasma treatment modification / Mahyar Fazeli, Jennifer Paola Florez, Renata Antoun Simão // *Plasma Processes and Polymers*. – 2019. – Vol.16(6), pp.207-2016. DOI:10.1002/ppap.201800167.

27. Rangelov M. Using carbon fiber composites for reinforcing pervious concrete / M. Rangelov // *Construction and Building Materials*. 2016. 126: 875-885. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.06.035.

28. Henschen Jonatan. Bacterial adhesion to polyvinylamine-modified nanocellulose films / J. Henschen, P.A. Larsson, J. Illergard, L. Wagber, M.Ek // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 151. – 2017. – Vol 1. – pp. 224-231. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2016.12.018.

29. Batalin B.S., Kozlov I.A. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv skopa kartonnogo proizvodstva [Investigation of the physical and mechanical properties of an scop of cardboard production]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2004; 1: 32-34 (in Russia).

30. Selyanina S.B., Trufanova M.V., Afanas'ev N.I., Selivanova N.V. [Surface-active properties of sulfate lignins]. *Zhurnal prikladnoy himii*. 2007; 11: 1807-1810 (in Russia).

31. Sudakova I.G., Kuznetsov B.N., Garyntseva N.V., Korol'kova I.V. Sostav i svyazuuschie svoystva ligninov, poluchennykh oksidativnoy delignifikatsiy drevesiny pithy, osiny i breezy v srede uksusnoy kisloty [Composition and binding properties of lignins obtained by oxidative delignification of fir, aspen and birch wood in acetic acid] *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 2010; 3: 55-56 (in Russia).

32. Kozlov I.A., Batalin B.S. Foamed concrete with wastes of pulp and paper industry. «Role for concrete in global development»: Proceeding of the International Conference. – Dundee: University of Dundee, Scotland, UK, 8-9 July 2008, pp. 419-426.

33. Stepanova M.P., Sotnikova O.A. Realizatsiya mekhanizmov kontaktno-kondensatsionnoy teorii

tverdeniya pri formirovani sroitel'nykh kompozitov [Implementation of mechanisms of contact-condensation theory of hardening in the formation of building composites]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. 2020; 24(1): 90-102 (in Russia).

34. Tsvetkov M.V., Salganskii E.A. Lignin: napravlenie ispol'zovaniya i sposoby utilizatsii [Lignin: the direction of use and methods of disposal (review)]. *Zhurnal prikladnoy himii*. 2018; 7(91): 988-997 (in Russia).

35. Batalin B.S., Kozlov I.A. Issledovanie adgezionnykh svoystv skopa tsellulozno-bumazhnykh kombinatov [Investigation of the adhesion properties of an scop of pulp and paper mills]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2005; 3: 42-44 (in Russia).

36. Krivova A.I., Usol'tseva O.A. Razrabotka i issledovanie svoystv teploizolyatsionnogo materiala iz makulturnoi massy i bytovykh othodov polimerov [Development and research of properties of thermal insulation material from waste paper and household waste polymers]. *Hvoinye boreal'noi zony*. 2017; 3-4: 84-89.

## ВКЛАД СОАВТОРОВ

Чулкова И.Л. разработка модели и определение методов исследования;

Селиванов И.А. обзор публикаций по направлению исследования, подготовка исходных материалов, получение и анализ результатов исследования, написание текста.

## AUTHORS' CONTRIBUTION

Irina L. Chulkova – the model development, research methods determination;

Igor A. Selivanov – publications on research review, original material preparation, research results obtaining and analyzing, text writing

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чулкова Ирина Львовна – д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Организация, технологии и материалы в строительстве» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», ORCID ID 0000-0003-4451-2297 (644080, г. Омск, Пр. Мира, 5, e-mail: le5@inbox.ru, chulkova\_il@sibadi.org).

Селиванов Игорь Алексеевич – соискатель кафедры «Организация, технологии и материалы в строительстве» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», ORCID ID 0000-0002-0731-0234 (644080, г. Омск, Пр. Мира, 5, e-mail: igoralk2014@mail.ru)

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Irina L. Chulkova – Dr. of Sci., Professor, Professor of the Organization, Technologies and Materials in Construction Department, Siberian State Automobile and High University, ORCID ID 0000-0003-4451-2297 (Omsk, e-mail: Le5@inbox, chulkova\_il@sibadi.org).

Igor A. Selivanov – Doctoral student of the Organization, Technologies and Materials in Construction Department, Siberian State Automobile and High University, ORCID ID 0000-0002-0731-0234 (Omsk, e-mail: igoralk2014@mail.ru).