

Секция III

РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 691.1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЛОКОН КОРЫ ЭВКАЛИПТА  
КАК СТРУКТУРООБРАЗУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ  
ПО ПОКАЗАТЕЛЮ СОРБЦИОННОЙ ВЛАЖНОСТИ

*А.А. Бакатович, Р.Л. Обромпальский*

Полоцкий государственный университет мени Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь  
e-mail: [a.bakatovich@psu.by](mailto:a.bakatovich@psu.by), [r.abrampalski@psu.by](mailto:r.abrampalski@psu.by)

*В статье приведены результаты исследований по определению показателей сорбционной влажности волокон коры эвкалипта как структурообразующего материала для тепловой изоляции. Сорбционную влажность волокон определяли эксикаторным методом при относительной влажности воздуха 40 - 97%. Проанализированы изотермы сорбции экспериментальных фракций волокон коры эвкалипта. Установлено, что размер волокон влияет на сорбционную влажность экспериментальных образцов.*

**Ключевые слова:** сорбционная влажность, структурообразующий материал, волокна, кора эвкалипта.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF USING EUCALYPTUS BARK FIBERS  
AS A STRUCTURE-FORMING MATERIAL FOR THERMAL INSULATION  
BY THE INDICATOR OF SORPTION HUMIDITY

*A. Bakatovich, R. Obrompalsky*

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus  
e-mail: [a.bakatovich@psu.by](mailto:a.bakatovich@psu.by), [r.abrampalski@psu.by](mailto:r.abrampalski@psu.by)

*The article presents the results of studies to determine the sorption moisture content of eucalyptus bark fibers as a structure-forming material for thermal insulation. The sorption moisture content of the fibers was determined by the desiccator method at a relative air humidity of 40–97%. Sorption isotherms of experimental fractions of eucalyptus bark fibers are analyzed. It has been established that the size of the fibers affects the sorption moisture content of the experimental samples.*

**Key words:** sorption moisture, structure-forming material, fibers, eucalyptus bark.

**Введение.** В современных изоляционных материалах используются органические и неорганические компоненты, имеющие негативное экологическое воздействие с момента производства до конца срока эксплуатации. Применение небезопасной теплоизоляции может нанести вред здоровью и вызвать загрязнение окружающей среды [1]. Кроме того, для производства подобной тепловой изоляции необходимо повышенное количество тепловой и электрической энергии, что истощает природные ресурсы [2].

Помимо обеспечения таких свойств, как низкая теплопроводность, повышенная звукоизоляция и влагозащита, устойчивость к плесени и возгоранию, теплоизоляционные материа-

лы должны являться экологически чистыми. По этой причине существует потребность в альтернативных изоляционных материалах с аналогичными или повышенными эксплуатационными показателями, относительно традиционных материалов [3]. Основным сырьевым источником для получения альтернативной теплоизоляции является растительное сырье, образующиеся в лесном хозяйстве и агропромышленном комплексе.

В странах с теплым климатом, включая Южную Францию, Испанию, Грецию, Португалию, Южную Америку, Южную Африку, Кубу и Крым масштабным сырьевым источником для производства изоляционных материалов может рассматриваться кора эвкалипта. Быстрый рост и ценность древесины эвкалипта для строительной, мебельной и целлюлозно-бумажной промышленности, способствовали распространению промышленных лесных плантаций в мире, общая площадь которых в 2018 году составляла 20 млн. га [4]. В следствии высоких темпов роста, кора не успевает за развитием дерева в результате чего дважды в год происходит естественный сброс коры у всех видов эвкалипта.

Данная отличительная черта специфики роста эвкалипта обеспечивает широкую доступность и возобновляемость сырьевой базы. Чилийскими учёными из университета Консепсьона предпринималась попытка получения теплоизоляционных материалов на основе волокон коры эвкалипта. Максимальная длина волокон составляла 20 мм, а ширина – не более 3 мм. Для склеивания волокон использовали фенолформальдегидную смолу. Коэффициент теплопроводности плит из волокон эвкалипта варьировался в пределах 0,052 – 0,07 Вт/(м·°С) при плотности 80 – 250 кг/м<sup>3</sup>. Основными недостатками теплоизоляционных плит являлась горючесть и угроза здоровью человека от применения фенолформальдегидной смолы [5].

**Основная часть.** В настоящее время в международной лаборатории теплоизоляционных материалов «Green construction» Полоцкого государственного университета, совместно с Политехническим институтом г. Лейрия (Португалия) ведутся комплексные исследования по разработке тепловой изоляции с использованием волокон коры эвкалипта как структурообразующего материала. Первоначально проводили подготовку коры на установке «Эликор 1» получали волокна коры разной фракции: крупной длиной 15 – 40 мм, средней длиной 8 – 15 мм и мелкой длиной 3 – 8 мм. На рисунке 1 представлен внешний вид фракций волокон коры эвкалипта.



а) крупная; б) средняя; в) мелкая  
Рисунок 1. – Фракции волокон коры эвкалипта

В ходе предварительных исследований определена теплопроводность волокнистого массива, не содержащего вяжущее вещество. При варьировании плотности 50 – 220 кг/м<sup>3</sup> коэффициент теплопроводности изменяется в диапазоне от 0,049 до 0,062 Вт/(м·°С) [6].

В экспериментальной работе, кроме теплопроводности особое внимание уделяется исследованию сорбционной влажности волокон коры эвкалипта. Основным негативным факто-

ром, изменяющим свойства теплоизоляционных материалов в период эксплуатации, является воздействие влаги [7]. По данным источников [8–10] для тепловой изоляции сорбция водяного пара из окружающего воздуха является основным механизмом увлажнения материала в ограждающей конструкции. Таким образом сорбционная влажность оказывает существенное влияние на показатель коэффициента теплопроводности утеплителей в эксплуатационных условиях.

Сорбционную влажность проб волокон коры определяли по ГОСТ 24816 эксикаторным методом [11]. Паровоздушная среда в эксикаторах создавалась искусственно с помощью химического раствора серной кислоты различной концентрации, обеспечивающего относительную влажность воздуха 40 – 97%. Влажность образцов определяли путем взвешивания через каждые 5 дней в течение первого месяца испытаний, затем через каждые 10 дней до достижения образцами постоянной массы. По результатам испытаний построены изотермы сорбции водяного пара (рисунок 2).

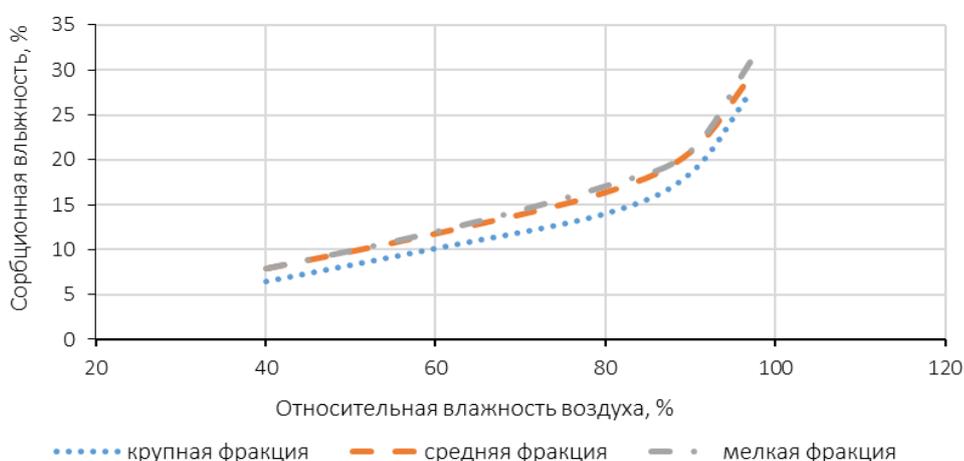


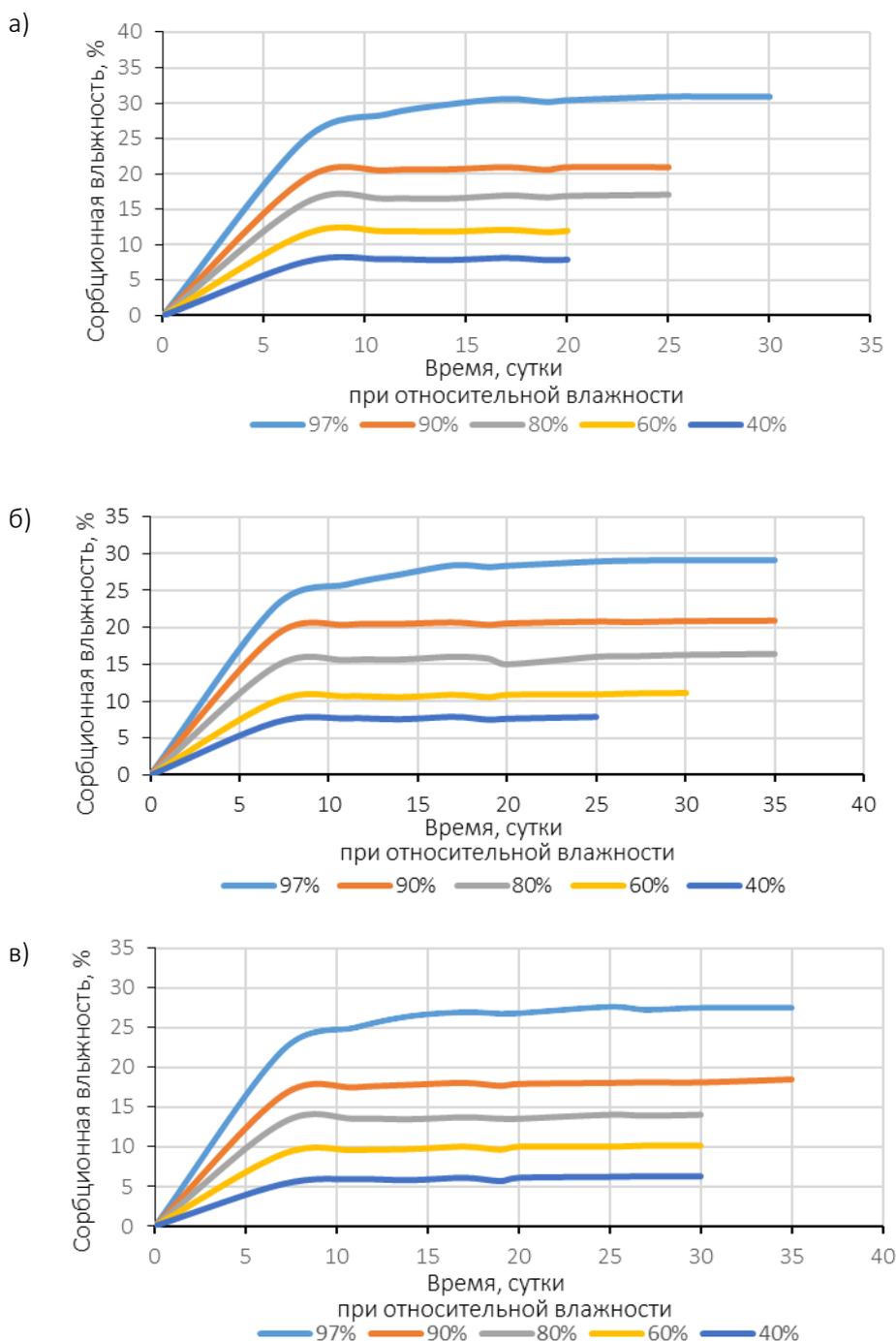
Рисунок 2. – Изотермы сорбции водяного пара

Анализ изотерм сорбции показывает, что крупная фракция волокон коры эвкалипта имеет более низкие показатели сорбции по сравнению с пробами средней и мелкой фракции. При относительной влажности воздуха 40% сорбция крупной фракции волокон составила 6%, что на 19% ниже относительно показателей средних и мелких волокон. Сорбционная влажность крупных волокон достигла 10% при 60% относительной влажности воздуха, что отличается на 16% в меньшую сторону от значений средней и мелкой фракции. Значения сорбционной влажности волокон коры средней и мелкой фракции равные 16% и 17% при относительной влажности воздуха 80% превышают показатель крупной фракции на 14% и 18%. При 90% относительной влажности воздуха превышение сорбционной влажности проб средней и мелкой фракции относительно крупной соответствует 12%. Следует отметить, что показатели сорбции всех фракций имеют несущественные отличия и изменяются в пределах 27,5 – 30,9% при относительной влажности воздуха 97%.

К важным характеристикам теплоизоляционных материалов, обеспечивающих теплоизоляционные свойства ограждающих конструкций, относится кинетика сорбции водяных паров. Для образцов из волокон коры эвкалипта различных фракции кинетика сорбции водяных паров представлена на рисунке 3.

При анализе полученных зависимостей можно отметить общие тенденции, а именно существенный рост сорбционной влажности наблюдается в первые пять суток, для всех фракций волокон коры эвкалипта. Наибольший прирост в 17 – 19% отмечается при относительной влажности воздуха 97%. В диапазоне от 5 до 10 суток отмечается замедление прироста сорб-

ционной влажности. После 10 суток и до окончания эксперимента, фиксируется незначительные изменения сорбционной влажности образцов во всех эксикаторах.



а) мелкая; б) средняя; в) крупная

Рисунок 3. – Кинетика сорбции водяных паров образцами волокон коры фракции

Наименьший период сорбции зафиксирован на образцах волокон мелкой фракции (рис. 3а). Временной интервал сорбции при относительной влажности воздуха 40% и 60% равняется 20 суткам, а при 80% и 90% увеличивается на 5 суток. При 97% относительной влажности воздуха продолжительность сорбции увеличивается на 20% и составляет 30 суток. В первые 5 суток значение сорбционной влажности при относительной влажности воздуха

40% достигает 6%, далее в период 5 – 10 суток значение повышается на 33% и соответствует 7,8%. После 10 суток испытаний изменения показателей сорбции незначительные и достигают 7,9%. С повышением относительной влажности воздуха изменение прироста сорбционной влажности с 5 по 10 сутки находится в пределах 33 – 47 %, в последующий период не наблюдается резкого повышения величины сорбции.

На волокнах крупной фракции зафиксировано увеличение продолжительности сорбции до 30 суток при относительной влажности воздуха от 40% до 80% (рис. 3в). При 90 – 97% относительной влажности воздуха время сорбции увеличивается на 5 суток. В диапазоне с 5 по 10 сутки прирост сорбционной влажности при относительной влажности воздуха 40 – 97% составляет 40 – 50 %. После 10 суток прирост сорбционной влажности не является весомым и составляет 3 – 8%.

Параллельно с определением сорбционной влажности исследовали стойкость волокон коры эвкалипта к появлению плесени, что является одним из параметров долговечности тепловой изоляции. На 30 и 60 сутки при относительной влажности воздуха 90 – 97% следы плесени на образцах волокон коры в эксикаторах не зафиксированы, что подтверждает высокую стойкость к загниванию структурообразующего материала даже без вяжущего компонента. В настоящее время эксперимент по определению времени начала появления следов плесени на поверхности волокон коры эвкалипта продолжается.

**Заключение.** Для крупной фракции волокон коры эвкалипта более низкие показатели сорбции образцов, обусловлены меньшей геометрической поверхностью волокон в сравнении со средней и мелкой фракциями. При относительной влажности воздуха 97% время сорбции водяных паров для проб крупной и средней фракции составило 35 суток, что на 5 суток превышает период насыщения водяными парами мелких волокон. Наименьший период поглощения водяных паров равный 20 суткам зафиксирован при относительной влажности воздуха 40% и 60% на волокнах мелкой фракции. Максимальная сорбционная влажность при 97% относительной влажности воздуха для крупных волокон составила 27,5% что на 6% и 11% ниже значений средних и мелких волокон равных 29,2% и 30,9%.

В основном рабочем диапазоне при относительной влажности воздуха 60–80% сорбционная влажность волокон без вяжущего компонента составляет 10,1 – 17,1%. Сорбция волокон коры имеет достаточно низкие показатели, что обеспечит незначительное повышение коэффициента теплопроводности в условиях эксплуатации.

Полученные результаты сорбционной влажности и сопоставление с имеющимися данными по тепловой изоляции подтверждают эффективность использования волокон коры эвкалипта для производства утеплителей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Liang, H. Toxicity characteristics of commercially manufactured insulation materials for building applications in Taiwan / H. Liang, M. Chin // International Journal «Energy» (Elsevier) – 21 – 2007 – p.1254 – 1261.
2. Panyakaew, S. Agricultural waste materials as thermal insulation for dwellings in Thailand: preliminary results. / S. Panyakaew, S. Fotios // The 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, 22 – 24 th October 2008 // University of Sheffield, 2008
3. Asdrubali, F., Alessandro, F.D., Schiavoni, S., 2015. A review of unconventional sustainable building insulation materials. / F. Asdrubali, F. Alessandro, S. Schiavoni // International Journal «Energy» (Elsevier) – 4 – 2015 – p.1 – 17
4. Eucalyptus 2018: Managing Eucalyptus plantations under global changes, Montpellier, 17-21 Sept. 2018: Abstracts Book / Editor Institution : Cirad; Co-Editors : J. Laclau [et al.]. – Montpellier, 2018– p.1 – 5

5. Fuentealba, C. A new biobased composite material using bark fibres eucalyptus. / C. Fuentealba, J. Salazar, J. Vega-Lara, J. Norambuena-Contreras // The 13th Pacific Bim Bio-Based Composites Symposium "Bio-based composites for a sustainable future", Concepcion, Chile, 13–15 November, 2016 // University of Concepcion. – Concepcion, 2016, – p. 46 – 50.
6. Обромпальский, Р.Л. Теплоизоляционные композиты на основе волокон коры эвкалипта / Р.Л. Обромпальский, А.А. Бакатович //Электронный сборник статей II Международной научной конференции «Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации», г. Новополюцк, 28 – 29 ноября 2019 г. / Полоцкий государственный университет, 2019 – с. 405 – 410.
7. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин М., АВОКПРЕСС, 2006. – 252 с.
8. Пастушков П. П. О проблемах определения теплопроводности строительных материалов // Строительные материалы. –2019. –№ 4. –С. 57–63.
9. Куприянов В. Н., Юзмухаметов А. М., Сафин И. Ш. Влияние влаги на теплопроводность стеновых материалов. Состояние вопроса // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. –2017. – № 1 (39). – С. 102–110.
10. Киселев И. Я. Влияние равновесной сорбционной влажности строительных материалов на сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций зданий // Жилищное строительство, 2013. – № 6. – С. 40.
11. Материалы строительные. Метод определения равновесной сорбционной влажности: ГОСТ 24816-2014. – Введ. 01.07.2015. – М. : Стандартиформ., 2015. – 7 с.