

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 630:674.812.2:6666.035.380

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВОПЛАСТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ КОРЫ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

TEMPERATURE AND MOISTURE CONTENT INFLUENCE ON THERMAL PROPERTIES OF WOOD/PLASTIC COMPOSITES BASED ON TREE BARK

Ключевые слова: композиционные материалы, древопласты, температура, влажность, объемная теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность.

Keywords: composite materials, wood/plastic composites (WPC), temperature, moisture content, volumetric thermal capacity, thermal conductivity, thermal diffusivity.

При изготовлении древопластов выбор древесной коры в качестве наполнителя обусловлен тем, что в настоящее время она практически не используется, хотя имеет низкую теплопроводность. В этой связи особый интерес представляет исследование возможностей практического применения коры как составной части строительного теплоизоляционного материала. Оказалось, что для температурной зависимости теплоемкости и теплопроводности композитов в интервале температур от 0°C до 100°C характерно наличие максимума при температуре, близкой к 50°C. В то же время коэффициент температуропроводности при нагревании экспоненциально уменьшается. Такая температура соответствует температуре стеклования смол, содержащихся в древесине. Ниже и выше ее коэффициенты теплоаккумуляции и теплопередачи, увеличивающиеся при нагревании, а вблизи испытывают резкое снижение. Возрастание температуры в интервале 20-100°C приводит также к увеличению теплоемкости древопластов. Такое изменение теплоемкости осуществляется за счет поглощения энергии, вызванного увеличением подвижности кинетических элементов макромолекул при нагревании. Следует отметить, что увлажнение древопластов приводит к увеличению всех теплофизических показателей. При этом теплопроводность возрастает почти в 2 раза, что свидетельствует о снижении их теплоизоляционных способностей.

The choice of tree bark as a filler in WPC manufacture is due to the fact that at present tree bark is practically not used although it has a low thermal conductivity. In this regard, the study of the possibilities of practical application of tree bark as a component of construction thermal insulation material is of particular interest. It was found that the temperature dependence of thermal capacity and thermal conductivity of composites in the temperature range from 0°C to 100°C is characterized by the maximum at a temperature close to 50°C. At the same time, the thermal diffusivity coefficient decreases exponentially with heating. This temperature corresponds to the glass transition temperature of the resins contained in the wood. Below and above this temperature, the coefficients of heat accumulation and heat transfer increase with heating, and close to it they decrease dramatically. The temperature increase in the range of 20-100°C also leads to the increase of WPC thermal capacity. Such a change in thermal capacity occurs due to energy absorption caused by increased mobility of the kinetic elements of macromolecules at heating. It should be mentioned that moistening of wood/plastic composites results in an increase of all thermophysical indices. In this case, the thermal conductivity increases almost 2 times, and this is indicative of a decrease in their thermal insulation abilities.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-57. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Chair of Physics, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-57. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Древопласты, или композиционные материалы, полученные на основе коры древесных пород (сосна, ель, осина, береза), состоят из двух компонентов – коры и по-

лимерного связующего. Синтетические связующие не экологичны и дороги, поскольку их стоимость составляет до 60% стоимости готовых изделий.

Основными макромолекулярными компонентами древесины являются целлюлоза и лигнин. Они присутствуют в древесине всех видов и составляют до 97-99% ее массы. Целлюлоза – линейный полимер с высокой молекулярной массой, выполняет функцию основного структурного компонента клеточных стенок растений. Лигнин – ароматический полимер, макромолекула которого построена из финилпропановых единиц. Он способствует увеличению механических характеристик растительных тканей, благодаря чему деревья могут достигать высоты 100 м. Лигнин в древесине является цементирующим веществом.

В настоящее время разработан ряд способов получения древесных пластиков без применения синтетических связующих веществ. Это метод взрывного автогидролиза, сущность которого заключается в кратковременной обработке древесных опилок или щепы нагретым паром при последующем мгновенном снижении давления до атмосферного [1, 2]. Наиболее перспективным является **метод баротермической обработки**, в основу которого заложен принцип «парового взрыва». Такая обработка позволяет легко превратить древесную кору в продукт, пригодный для изготовления плитных материалов. В результате образуется двухкомпонентная масса, из которой [3] после физико-химической модификации в лаборатории древопластов Алтайского госуниверситета методом горячего прессования под давлением изготавливаются плиты. При этом лигнин древесины приобретает более низкую молекулярную массу, становится «высокореакционным» и может успешно заменять дорогостоящие фенолы.

Аналогичной обработке может быть подвержена и щепа лиственных и хвойных древостоев. Достаточно большие размеры частиц древесной массы и их волокнистая форма, которые сохраняются при данном методе, позволяют получить композиционные материалы с высокими прочностными характеристиками [4]. Выбор древесной коры в качестве наполнителя обусловлен тем, что в настоящее время она практически не используется, но имеет низкую теплопроводность. В этой связи особый интерес представляет исследование возможностей практического применения коры как составной части строительного теплоизоляционного материала.

Объекты и методы

Объектами исследований явились древопласты, изготовленные на основе коры хвойных и лиственных пород. В этой связи нами была поставлена **цель** изучения теплофизических свойств новых композиционных материалов в зависимости от температуры и влагосодержания. Нами была решена **задача** измерения теплоемкости, тепло- и температуропроводности **импульсным методом** плоского нагревателя [5, 6].

Результаты исследований

Результаты экспериментальных исследований теплофизических коэффициентов древопластов представлены на рисунках 1 и 2. В первом случае в качестве наполнителя была использована кора березы (25%), а во втором – кора осины (75%). Оказалось, что для температурной зависимости теплоемкости и теплопроводности композитов в интервале температур от 0°C до 100°C характерно наличие максимума при температуре, близкой к 50°C. В то же время коэффициент температуропроводности при нагревании экспоненциально уменьшается.

Температура, близкая к 50°, соответствует температуре стеклования смол, содержащихся в древесине. Ниже и выше этой температуры коэффициенты теплоаккумуляции и теплопередачи, увеличивающиеся при нагревании, а вблизи ее испытывают резкое снижение [7]. В данном случае теплоперенос можно рассматривать как результат двух самостоятельных процессов: обмена энергией между атомами главной цепи макромолекулы, соединенными между собой химическими связями, а также между группами атомов, не входящих в главную цепь (боковые группы). При температуре стеклования накладывается дополнительный эффект – резко возрастает свободный объем и увеличивается термическое сопротивление. Интерпретация закономерностей теплопроводности исследуемых нами материалов требует опоры на двухфазную модель. При этом количественное различие теплопроводностей аморфной и кристаллической фаз нужно рассматривать как следствие различий их плотностей. Упаковка молекул в кристалле плотнее, чем в аморфной массе, поэтому силовые константы связей в кристаллическом состоянии выше, что обуславливает меньшее термосопротивление.

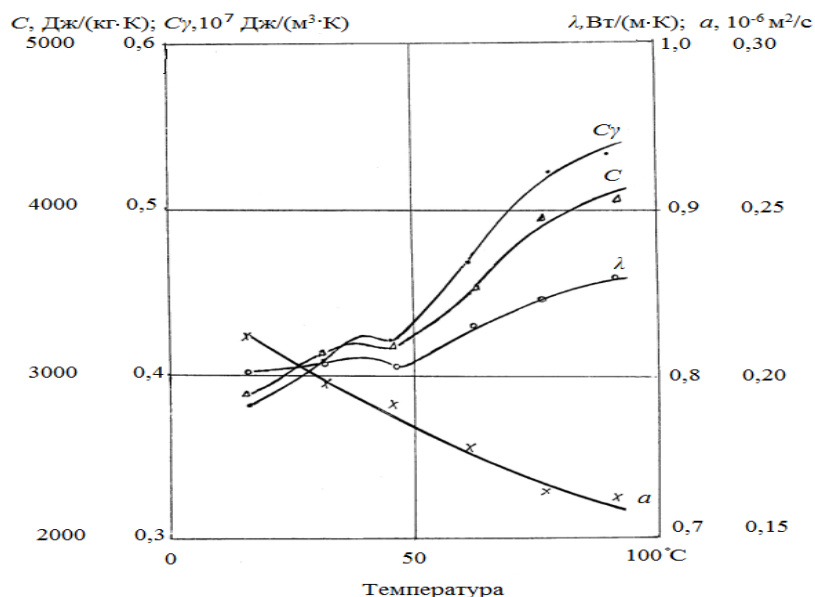


Рис. 1. Объёмная теплоемкость ($C\gamma$), удельная теплоемкость (C), теплопроводность (λ) и температуропроводность (α) древопластов (наполнитель – кора березы 25%; плотность – 1326 кг/м³) в зависимости от температуры

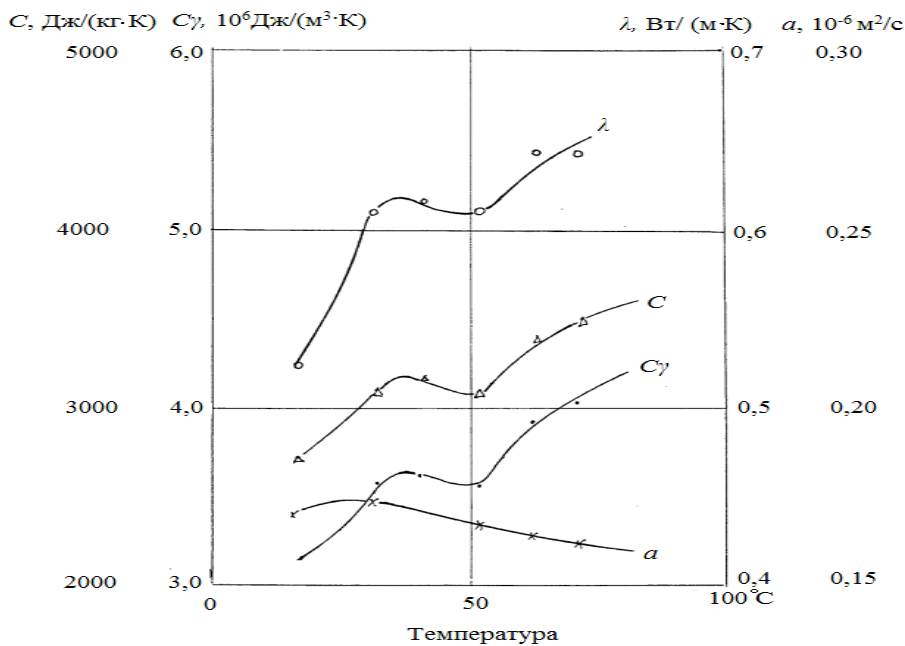


Рис. 2. Объёмная теплоемкость ($C\gamma$), удельная теплоемкость (C), теплопроводность (λ) и температуропроводность (α) древопластов (наполнитель – кора осины 75%; плотность 1156 кг/м³) в зависимости от температуры

Возрастание температуры в интервале 20-100⁰С приводит также к увеличению теплоемкости древопластов. Такое изменение теплоемкости осуществляется за счет поглощения энергии, вызванного увеличением подвижности кинетических элементов макромолекул при нагревании. Скачок теплоемкости при переходе полимера из стеклообразного состояния в высокоэластичное объясняется тем, что появляются подвижные сегменты. При этом энергия внутримолекулярного движения достигает величины, достаточной для перестройки

ближнего порядка. Это сопровождается выделением тепла и выражается перегибом на температурной зависимости теплоемкости.

В таблице приведены также значения теплофизических коэффициентов древопластов, в которых в качестве наполнителя использовалась кора ели (50%), в сухом и увлажненном до 19% от массы состоянии. Здесь также имеет место скачок теплоемкости и теплопроводности вблизи температуры стеклования полимера.

Таблица

Объемная (Ср) теплоемкость, температуропроводность (а) и теплопроводность (λ) сухого (числитель) и влажного (знаменатель) древопласта в зависимости от температуры (Е). Наполнитель – кора ели (50%)

T	Ср, 10 ⁶ Дж/(м ³ К)	а, 10 ⁻⁶ м ² /с	λ, Вт/(м К)
20,0	1,723	0,170	0,293
	2,481	0,305	0,757
38,0	2,100	0,176	0,370
	2,814	0,296	0,833
57,0	1,953	0,169	0,330
	3,175	0,272	0,864
70,0	2,232	0,152	0,339
	3,027	0,252	0,763
87,0	2,508	0,159	0,399
	3,291	0,265	0,872

Следует отметить, что увлажнение древопластов приводит к увеличению всех теплофизических показателей. При этом в диапазоне температур 20-90 градусов объемная теплоемкость такого композита увеличивается в обезвоженном состоянии на 46%, а во влажном – только на 33%. Теплопроводность растет, соответственно, на 36 и 15%. Температуропроводность при этом изменяется незначительно (в пределах 10%). Увлажнение, например, при температуре 57 градусов увеличивает теплоемкость на 63%, а тепло- и температуропроводность – на 162 и 61%.

Таким образом, во влажных древопластах такой показатель, как теплопроводность возрастает почти в 2 раза, что свидетельствует о снижении их теплоизоляционных способностей.

Выводы

1. Выбор древесной коры в качестве наполнителя обусловлен тем, что в настоящее время она практически не используется, но имеет низкую теплопроводность. В этой связи особый интерес представляет исследование возможностей практического применения коры как составной части строительного теплоизоляционного материала.

2. Для температурной зависимости теплоемкости и теплопроводности композитов в интервале температур от 0⁰С до 100⁰С характерно наличие максимума при температуре, близкой к 50⁰С. В то же время коэффициент температуропроводности при нагревании экспоненциально уменьшается.

3. Температура, близкая к 50 градусам, соответствует температуре стеклования смол, содержащихся в древесине. Ниже и выше этой температуры коэффициенты

теплоаккумуляции и теплопередачи увеличиваются при нагревании, а вблизи ее испытывают резкое снижение.

4. Следует отметить, что увлажнение древопластов приводит к увеличению всех теплофизических показателей. При этом такой показатель, как теплопроводность возрастает почти в 2 раза, что свидетельствует о снижении их теплоизоляционных способностей.

Библиографический список

1. Каллауус У.Л., Гравитис Я.А. Дефекция березовой древесины и ее компонентов при взрывном автогидролизе // Строение древесины и его роль в процессах делигнификации. – Рига, 1986. – С. 85-88.

2. Тополцан Т., Цвиковски Т. Композиционные материалы на основе термопластов из измельченной древесины // Химия древесины. – 1985. – № 1. – С. 98-103.

3. Чемерис М.М., Старцев О.В., Макарычев С.В., Салин Б.Н. Синтез и физические свойства новых термопластов на основе древесины // Экспериментальные методы в физике структурно-неоднородных сред: тез. Всерос. науч.-практ. конф. – Барнаул, 1997. – С. 54-57.

4. Салин Б.Н., Скурыдин Ю.Г., Чемерис М.М., Старцев О.В., Кротов А.С., Насонов А.Д., Макарычев С.В. Исследование физико-механических свойств композиционных материалов из древесины, полученных без использования связующих веществ // Экспериментальные методы в физике структурно-неоднородных сред: тр. Всерос. техн. конф. – Барнаул, 1997. – С. 47-50.

5. Макарычев С.В., Колесников А.Н. Использование импульсного метода для измерения теплофизических коэффициентов композиционных материалов // Ползуновский вестник. – Барнаул, 1999. – № 3. – С. 40-43.

6. Старцев О.В., Перепечко И.И., Вапиров Ю.М. Динамические механические свойства и структура полимерных композитов с волокнистым наполнителем в интервале температур 77-600 К // Физика твердого тела: тез. докл. к межвуз. науч. конф. – Барнаул: Изд-во БГПИ, 1984. – С. 83-84.

7. Макарычев С.В., Колесников А.Н. Теплофизические свойства новых термопластов на основе древесины // Проблемы и прикладные вопросы физики: тр. Междунар. конф. – Саранск, 1997. – С. 65-66.

References

1. Kallavus U.L., Gravitis Ya.A. Destruktsiya berezovoy drevesiny i ee komponentov pri vzryvnom avtogidrolize // Stroenie drevesiny i ego rol v protsessakh delignifikatsii. – Riga, 1986. – S. 85-88.
2. Topoltsan T., Tsvikovski T. Kompozitsionnye materialy na osnove termoplastov iz izmelchennoy drevesiny // Khimiya drevesiny. – 1985. – № 1. – S. 98-103.
3. Chemeris M.M., Startsev O.V., Makarychev S.V., Salin B.N. Sintez i fizicheskie svoystva novykh termoplastov na osnove drevesiny // Eksperimentalnye metody v fizike strukturno-neodnorodnykh sred: tez. Vserossiyskoy nauch.-prak. konf. – Barnaul, 1997. – S. 54-57.
4. Salin B.N., Skurydin Yu.G., Chemeris M.M., Startsev O.V., Krotov A.S., Nasonov A.D., Makarychev S.V. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv kompozitsionnykh materialov iz drevesiny, poluchennykh bez ispolzovaniya svyazuyushchikh veshchestv // Eksperimentalnye metody v fizike strukturno-neodnorodnykh sred. Trudy Vserossiyskoy tekhnicheskoy konf. – Barnaul, 1997. – S. 47-50.
5. Makarychev S.V., Kolesnikov A.N. Ispolzovanie impulsnogo metoda dlya izmereniya teplofizicheskikh koeffitsientov kompozitsionnykh materialov // Polzunovskiy vestnik. – 1999. – № 3. – S. 40-43.
6. Startsev O.V., Perepechko I.I., Vapironov Yu.M. Dinamicheskie mekhanicheskie svoystva i struktura polimernykh kompozitov s voloknistym napolnitelem v inervale temperatur 77-600 K // Fizika tverdogo tela: Tez. dokladov k mezhvuzovskoy nauch. konf. – Barnaul: Izd-vo Barn. GPI, 1984. – S. 83-84.
7. Makarychev S.V., Kolesnikov A.N. Teplofizicheskie svoystva novykh termoplastov na osnove drevesiny // Problemy i prikladnye voprosy fiziki: Tr. mezhdunarod. konf. – Saransk, 1997. – S. 65-66.



УДК 631.671.1:634.13

И.В. Гефке, А.Г. Болотов, Е.П. Чугузов, Н.А. Гончаров
I.V. Gefke, A.G. Bolotov, Ye.P. Chuguzov, N.A. Goncharov

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯБЛОНИ
В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ**

**MODELING APPLE TREE POTENTIAL PRODUCTIVITY
UNDER THE CONDITIONS OF THE ALTAI REGION'S OB RIVER AREA**

Ключевые слова: тепловой режим почвы, водный режим почвы, необходимость мелиораций, продуктивность яблони.

Изучены тепловой и водный режимы чернозема выщелоченного под яблоней в условиях Алтайского Приобья за 2012-2014 гг. Гранулометрический состав почвенных горизонтов чернозема достаточно однороден по всем фракциям. Изучаемый чернозем выщелоченный имеет среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому иловато-крупнопылеватый состав. Плотность сложения чернозема с глубиной постепенно возрастает с 1 г/см³ в пахотном горизонте до 1,4 г/см³ в почвообразующей породе. Содержание гумуса в гумусово-аккумулятивном горизонте находится в пределах 5%, затем убывает до 1,9% в иллювиальном горизонте, а в переходном к почвообразующей породе составляет лишь 0,6%, что соответствует средним значениям по региону. С помощью модели продуктивности рассчитана относительная продуктивность этой культуры, а также найдены оптимальные условия её произрастания. В качестве входных параметров использованы текущие, максимальные и оптимальные значения факторов, такие как влажность и температура почвы. При этом принималось допущение, что

при экстремальных значениях данных факторов продуктивность плодовой культуры минимальна, а при оптимальных – максимальна. Исследования показали, что средняя за десятилетие продуктивность яблони в естественных условиях Алтайского Приобья составляет 20-30% от максимально возможной. Для достижения максимальной продуктивности плодовых культур в условиях Алтайского Приобья необходимо увеличить продуктивные влагозапасы в 2,3 раза для яблони, при этом размах отклонений от оптимального уровня не должен превышать ±10%. В данном случае средняя продуктивность плодовых насаждений может достигать 90% от максимально возможной урожайности, что можно считать приемлемым при регулируемом практически реализуемом отклонении гидротермического режима почвы от оптимальных факторов среды.

Keywords: soil thermal regime, soil water regime, need for melioration, apple tree productivity.

The thermal and water regime of leached chernozem over the period from 2012 to 2014 was studied under the conditions of the Altai Region's Ob River area in apple tree plantings. The particle-size composition of chernozem soil horizons is fairly homoge-