

Научная статья
УДК 674.81

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА ПОКАЗАТЕЛИ ВОДОСТОЙКОСТИ ПЛАСТИКОВ
БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ
СОСНЫ СИБИРСКОЙ**

**Гузель Рафисовна Иштимирова¹, Антонина Евгеньевна Соловьева²,
Артём Вячеславович Артёмов³, Виктор Гаврилович Буриндин⁴**

^{1, 2, 3, 4} Уральский государственный лесотехнический университет, Екате-
ринбург, Россия

¹ guzel.ishtimirova2612@gmail.com

² miss.toonya@mail.ru

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ buryndinvg@m.usfeu.ru

Аннотация. Представлены результаты определения показателей водостойкости пластика без добавления связующих на основе растительных остатков сосны сибирской. Для описания изучаемых процессов влияния технологических факторов на параметры оптимизации показателей водостойкости был применен регрессионный анализ.

Ключевые слова: пластики, опилки, водостойкость, водопоглощение, разбухание

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках научного проекта FEUG-2020-0013.

Scientific article

**STUDY OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON
THE PLASTICS WATER RESISTANCE WITHOUT RESINS BASED ON
PLANT RESIDUES OF SIBERIAN PINE**

**Guzel R. Ishtimirova¹, Antonina E. Solovyova², Artyom V. Artyomov³,
Viktor G. Buryndin⁴**

^{1, 2, 3, 4} Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ guzel.ishtimirova2612@gmail.com

² miss.toonya@mail.ru

³ artemovav@m.usfeu.ru

⁴ buryndinvg@m.usfeu.ru

Abstract. This paper presents the results of determining the water resistance of plastic without resins based on plant residues of Siberian pine. A regression analysis was applied to describe the studied processes of the influence of technological factors on the optimization parameters of water resistance indicators.

Keywords: plastics, water resistance, water absorption, swelling

Acknowledgement: The study was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education within the framework of the scientific project FEUG-2020-0013.

Сосна сибирская (сибирский кедр) – это дерево из семейства сосновых 35 млн 925,1 тыс. га насаждений с преобладанием сибирского кедра широкими массивами простираются на территории Сибири, Урала, Алтайского края и северо-востока европейской части бывшего СССР, из них только 40,4 тыс. га кедровников (0,11 % всей занимаемой ими площади) находится в Казахстане. Остальные 35,88 млн га (или 99,89 %) – на территории Российской Федерации [1].

Анализируя [2] распространение древесных пород, можно сказать, что кедровые насаждения в Свердловской области занимают третье место среди хвойных пород, уступая лишь соснякам и ельникам, и занимают 5 % покрытой лесной растительностью площади.

Рассмотрен [3] подход к формированию плитных материалов из отходов биомассы древесины, получаемых после извлечения из нее биологически активных веществ с помощью экстракции, интенсифицированной механоакустической обработкой растительного сырья в мягких условиях при 55...95 °С и атмосферном давлении. Использовали древесину сибирской лиственницы, сосны обыкновенной и сосны сибирской.

Целью данного исследования являлось получение системы уравнений для описания изучаемых процессов прессования при изготовлении ПБС с высокими показателями водостойкости и с поиском оптимальных режимов их получения.

В качестве сырья использовались опилки сосны сибирской, полученные из растительных остатков (ветви с хвоей), с фракцией 1,2 мм. Компонентный состав исходного пресс-сырья:

- лигнин – 28 %;
- целлюлоза – 54 %.

Результаты определения компонентного состава исходных опилок сосны сибирской показали, что возможно получение ПБС с приемлемыми физико-механическими свойствами [4].

Для исследования показателей водостойкости ПБС на основе растительных остатков сосны сибирской в работе был проведен эксперимент по математическому плану Бокса-Уилсона [5].

Матрица планирования эксперимента представлена в табл. 1.

Таблица 1

Матрица планируемого эксперимента

№ опыта	Кодированные значения факторов		Натуральные значения факторов	
	X ₁	X ₂	Z ₁	Z ₂
1	1	-1	16	180
2	1	1	16	160
3	-1	-1	8	180
4	-1	1	8	160
5	0	1,47	12	185
6	0	-1,47	12	155
7	1,47	0	18	170
8	-1,47	0	6	170
9	0	0	12	170

С целью оценки влияния одновременно изменяемых технологических факторов при получении данных пластиков были приняты следующие переменные факторы:

- влажность пресс-сырья, %;
- температура прессования, °С.

Постоянными факторами являлись: давление прессования (40 МПа); продолжительность прессования (10 мин); продолжительность охлаждения под давлением (10 мин).

За выходные параметры были взяты следующие физико-механические свойства ПБС:

- Y(B) – водопоглощение за 24 часа, %;
- Y(L) – разбухание по объему за 24 часа, %.

Методом горячего прессования в герметичной пресс-форме были изготовлены образцы-диски диаметром 90 мм.

Испытания образцов на физико-механические свойства проводились по аккредитованным методикам и на поверенном оборудовании.

Значения физико-механических свойств полученных пластиков представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели водостойкости ПБС
на основе опилок сосны сибирской

Показатели	№ опыта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y(B)	58	63	72	57	57	56	71	75	57
Y(L)	6,5	7,0	7,7	5,8	6,4	5,2	7,1	8,6	5,4

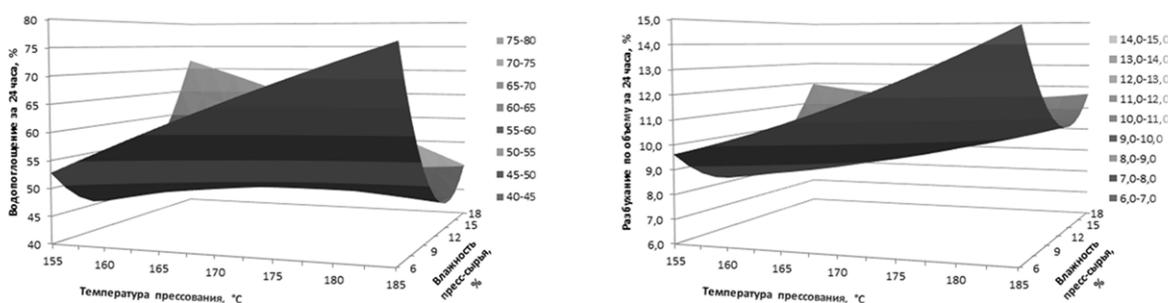
Для получения экспериментально-статистических моделей свойств ПБС средствами программы «Microsoft Excel» был проведен регрессионный анализ полученных результатов эксперимента с вероятностной оценкой адекватности полученных моделей экспериментальных данных [5].

В результате регрессионного анализа были получены следующие уравнения регрессии и коэффициенты их корреляции:

$$Y(B) = -261,06 + 10,40 \cdot Z_1 + 2,89 \cdot Z_2 + 0,44 \cdot Z_1 \cdot Z_1 - 0,004 \cdot Z_2 \cdot Z_2 - 0,125 \cdot Z_1 \cdot Z_2 (R^2 = 0,97);$$

$$Y(L) = 33,06 + 0,84 \cdot Z_1 - 0,42 \cdot Z_2 + 0,07 \cdot Z_1 \cdot Z_1 + 0,002 \cdot Z_2 \cdot Z_2 - 0,015 \cdot Z_1 \cdot Z_2 (R^2 = 0,94).$$

На основании адекватных уравнений ($R^2 \geq 0,92$), были построены графические поверхности зависимостей, представленные на рисунке.



а

б

Поверхности зависимости показателей водостойкости ПБС на основе растительных остатков сосны сибирской:

а – водопоглощение за 24 часа, %; б – разбухание по объёму за 24 часа, %

По данным рисунка можно сделать следующие выводы:

1. У показателя водопоглощения наблюдаются 2 точки минимума:
 - при максимальной влажности пресс-сырья и максимальной температуре прессования;
 - при минимальной влажности пресс-сырья и минимальной температуре прессования.
2. У показателя разбухания наблюдаются аналогичные точки минимума при аналогичных условиях.

Таким образом, для достижения минимального показателей водостойкости необходимо учитывать и влажность пресс-сырья, и температуру прессования материала.

Нахождения оптимальных рецептур пластиков использовались средства ППП «Microsoft Excel» (надстройка «Поиск решения»).

Для получения однозначного решения были введены ограничения как по диапазону изменения изучаемых факторов, так и по физико-механическим свойствам пластика. Границы оптимизация обозначены в табл. 3.

Границы проведения оптимизации

Показатель	Значение	
	min	max
Влажность пресс-сырья, %	6,0	18,0
Температура прессования, °С	155,0	185,0
Водопоглощение за 24 часа, %	45,0	76,0
Разбухание по объему за 24 часа, %	5,2	8,6

Оптимальная рецептура пластиков определялась из условий минимального водопоглощения ($Y(B) \rightarrow \min$).

Были определены следующие рациональные режимы получения ПБС на основе растительных остатков сосны сибирской с низкими показателями водопоглощения и разбухания:

- влажность пресс-сырья – 10 %;
- температура прессования – 155 °С.

Список источников

1. Игнатенко М. М. Сибирский кедр. М. : Наука, 1988. 161 с.
2. Залесов С. В., Секерин Е. М., Платонов Е. П. Анализ распространения сосны кедровой сибирской по территории Свердловской области // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 41–48.
3. Новые композиционные материалы на основе кавитированной древесины / А. Т. Телешев, К. И. Быков, М. П. Коротеев [и др.] // Доклады Академии наук. 2012. Т. 443. № 5. С. 598.
4. Артёмов А. В., Буриндин В. Г., Савиновских А. В. Исследование закономерности в убыли массы образцов при получении пластика без связующих на основе сосновых опилок в закрытых пресс-формах // Вестник Технологического университета. 2021. Т. 24. № 8. С. 9–13.
5. Глухих В. В. Прикладные и научные исследования : учебник. Екатеринбург : УГЛТУ, 2016. 239 с.