

5. Сулейманова Д. Ф. и др. Технология производства древесно–полимерного композита на основе термомодифицированной муки // Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины. - Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – 2020. – С. 197-201.

УДК: 678.073

**Шарафиев И.А., Хисамиева Д.Р.,
Миронова Ю.Е., Никифоров А.А.,
Галимзянова Р.Ю., Вольфсон С.И.,
Хакимуллин Ю.Н., Казаков Ю.М.
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)
Касперович О.М.**

(Белорусский государственный технологический университет)

**ВЛИЯНИЕ ТИПА ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО КРАХМАЛА
НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ
НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА МЕДИЦИНСКОГО
НАЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
БИЛИАРНЫХ СТЕНТОВ**

В последние годы изделия из пластмасс стали неотъемлемой частью нашей жизни. Однако, несмотря на все преимущества, пластик оказывает серьезное воздействие на экологическую обстановку. С целью решения данной проблемы разрабатываются биоразлагаемые материалы, которые не наносят вреда окружающей среде [1]. Одним из таких материалов является полилактид (ПЛА) – биоразлагаемый полимер, получаемый из кукурузного крахмала. Стоит отметить, что полилактид используется для изготовления медицинских изделий различного назначения благодаря своей биологической совместимости и способности к деградации в организм. Для снижения хрупкости в матрицу полимера вводится термопластичный крахмал (ТПК), что также имеет примеры использования в медицине, например в тканевой инженерии [2]. Однако он влияет на механические свойства полученного композита, в том числе снижая прочность ввиду их взаимной несовместимости [3]. Для поиска путей решения данной задачи было проведено исследование по разработке композита на основе ПЛА и термопластичного крахмала (ТПК) двух видов, кукурузного и амилопектинового. Для полученных композиций были определены физико-механические свойства.

Методы и материалы исследования.

В качестве метода получения композиций было выбрано двухстадийное смешение на измерительном роторном смесителе Brabender с последующим экструдированием в виде ленты. В качестве состава для ТПК были выбраны следующие компоненты: амилопектиновый крахмал восковидной кукурузы производства ООО «ГЕНЕТИКЛАБ», кукурузный крахмал производства ООО «НД-техник», глицерин дистиллированный марки ПК-94 производства АО «Нэфис Косметикс», сорбит производства ООО «Сладкий мир». Содержание ТПК на основе кукурузного и амилопектинового крахмала в ПЛА варьировалось от 50 м.ч. до 200 м.ч.

На первой стадии был получен термопластичный крахмал (ТПК). Для получения ТПК нативный кукурузный крахмал был смешан с комбинацией двух пластификаторов – сорбита и глицерина. Компоненты смешивали на лабораторной станции Brabender «Plasti – Corder® Lab-Station» с роторным смесителем 350 ЕНТ закрытого типа при температуре 140°С, 80 об/мин, в течение 12 минут. Такие же шаги проделывались с амилопектиновым крахмалом. Далее на второй стадии смешивали полилактид и полученный на первой стадии ТПК при температуре 180 °С, 80 об/мин, в течение 15 минут. Затем для удобства дальнейшей переработки смеси дробились. Далее образцы были экструдированы на лабораторном одношнековом экструдере при 70 оборотах. С температурой по зонам: T1=150 °С, T2=165 °С, T3=175 °С, T4=185 °С. После этого из полученной ленты вырубались образцы согласно ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012) «Пластмассы. Метод испытания на растяжение» для исследования характеристик материала.

Результаты и их обсуждение

Прочность при растяжении образцов определяли на разрывной машине ТРМ-П 50 С1 (1 С1) при температуре 23±2°С, в соответствии с ГОСТ Р 11262-80. На рис. 1. представлена зависимость предела прочности от содержания полилактида в композициях с кукурузным и амилопектиновым крахмалом. С увеличением содержания ТПК в композициях предел прочности уменьшается. При максимальном содержании ТПК в 200 мас. ч. наблюдается максимальное уменьшение предела прочности на 79,48 % в случае кукурузного крахмала и при содержании ТПК в 100 мас. ч. на 24,82 % в случае амилопектинового крахмала. Такое снижение можем объяснить более высокой прочностью полилактида, в отличие от ТПК. Предел прочности чистого полилактида составляет 65,7 Мпа, а чистого ТПК – 4,2 МПа

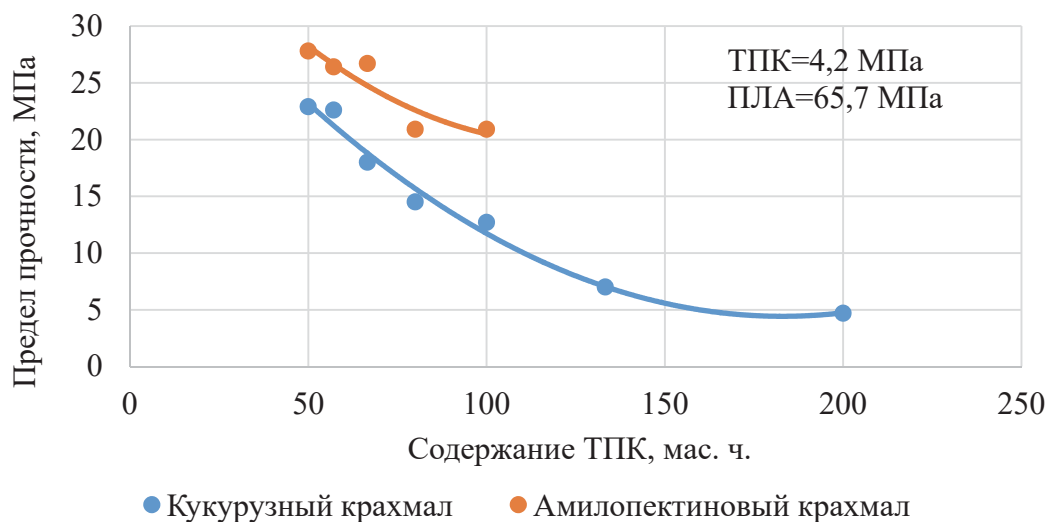


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности от содержания ТПК (кукурузного и амилопектинового)

С увеличением содержания ТПК в композициях относительное удлинение в случае смесей с кукурузным крахмалом уменьшается, а в случае композиций с амилопектиновым крахмалом увеличивается. При максимальном содержании ТПК в 200 мас. ч. наблюдается уменьшение значения относительного удлинения на 17,69 % в случае кукурузного крахмала и при содержании ТПК в 100 мас. ч. увеличилось на 48,25 % в случае амилопектинового крахмала. На рис. 2 представлена зависимость относительного удлинения от содержания ТПК в композициях с кукурузным и амилопектиновым крахмалом.

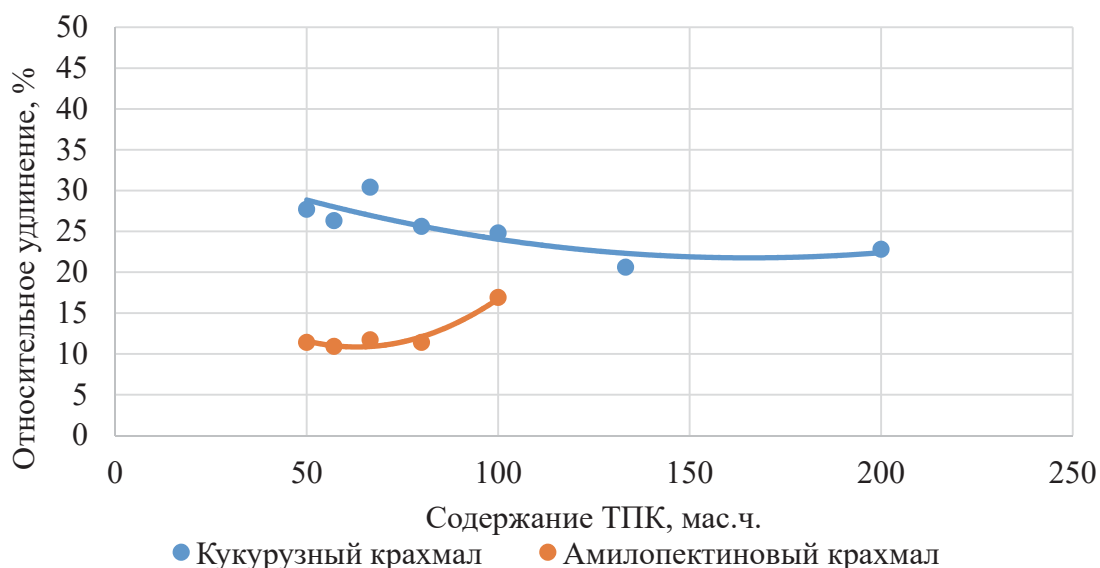


Рисунок 2 – Зависимость относительного удлинения от содержания ТПК (кукурузного и амилопектинового)

Также было отмечено, что с увеличением содержания ТПК в композициях условный предел текучести уменьшается. С увеличением содержания ТПК в композициях показатель текучести расплава уменьшается.

Полученные результаты свидетельствовали о снижении механических свойств композитов по мере увеличения содержания ТПК в матрице ПЛА. Характер данной закономерности имеет аналогию с инертными полимерными наполнителями, увеличение содержания которых также влечет уменьшение физико-механических характеристик. Данное наблюдение позволяет предположить, что поиск решения проблемы лежит через подбор дополнительных компонентов в смеси ПЛА-ТПК, таких как, совместители, активные наполнители.

Установлено, что значения у амилопектинового крахмала по сравнению с кукурузным крахмалом при соотношении ТПК 50/ПЛА 100 выше, а именно: предел прочности на 18 %, условный предел текучести на 33,5 %, показатель текучести расплава на 4,5 %. Значение относительного удлинения у амилопектинового крахмала ниже на 16,3 % по сравнению с кукурузным крахмалом, однако это свойство не является основополагающим в нашем исследовании. Для дальнейших исследований был выбран состав с соотношением ТПК (амилопектиновый) 50/ПЛА100, так как образцы, изготовленные из этой композиции, показывали лучшие значения по результатам физико-механических испытаний, в том числе предел прочности составляет 27,8 МПа, условный предел текучести равен 24,2 МПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российские биополимеры поддержат экономику и сохраняют окружающую среду [Электронный ресурс]: Режим доступа <https://www.if24.ru/rossijskie-biopolimery-podderzhat-ekonomiku-i-sohranyat-okruzhayushhuyu-sredu/> (Дата обращения: 23.04.2023).

2. Хисамиева, Д. Р. Применение термопластичного крахмала в тканевой инженерии / Д. Р. Хисамиева, Р.Ю. Галимзянова, Ю. Н. Хакимуллин // Наука. Наследие. Университет: сборник материалов Международной 56-й научной студенческой конференции (Чебоксары, 8–15 апреля 2022 г.). – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2022. – С. 493-495

3. Laohakunjit N., Noomhorm A. Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch Film. *Starke*. № 56. P. 348–356. (2004).