

Наличие фосфатных и ОН-групп обуславливает также наблюдаемую у слоистых минералов небольшую способность к анионному обмену.

При молекулярной сорбции сорбируемые вещества располагаются между плоскостями пакетов, разрушая первоначальные аквакомплексы, но, не изменяя строения самих слоев. При этом расстояние между слоями увеличивается, так как глинистый минерал набухает внутри ламинарно, что отличает его от цеолита, не способного к набуханию. Благодаря этому глинистые минералы обладают высокой избирательностью к органическим ионам и молекулам, по отношению к которым их сорбционная способность даже выше, чем к неорганическим ионам. Это позволяет использовать их для очистки сточных вод от органических соединений.

Увеличение сорбционной емкости при обработке природных глин СВЧ-излучением мы считаем связанным, прежде всего с тем, что происходит частичное разрушение аквакомплексов, осуществляющих связь между пакетами, что способствует лучшему проникновению сорбируемых веществ к центрам сосредоточения отрицательных зарядов.

Нами установлено, что в противоположность цеолитам, матрица синтезированных нами синтетических сорбентов не обладает правильной периодической структурой, а представляет собой беспорядочную трехмерную систему с неодинаковыми размерами пор. Вследствие этого эти сорбенты относятся к гетерокапиллярным системам. В матрице закреплены функциональные, химически активные (ионогенные) группы, несущие электроотрицательные или электроположительные заряды (фиксированные ионы). Они придают сорбенту кислый или щелочной характер.

На формирование фронта фильтрования влияют так же гидродинамические процессы, определяемые скоростью фильтрования, структурой зернистого слоя, конструкцией дренажных устройств и рядом других факторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Денисова В.В. Промышленная экология: учебное пособие / под ред. В.В. Денисова; Ростов на Дону: Феникс: Издат. центр Март, 2009. – 720с.
2. Акимова Т.А., Кузьмин А.П. «Экология. Природа-Человек-Техника». - М., 2001. – 178 с.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ БИОРАЗЛАГАЕМЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА**

*Подденежный Е.Н., Дробышевская Н.Е., Бойко А.А., Алексеенко А.А.*

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого

Основные усилия ученых и разработчиков в области «экологически безопасных материалов» направлены на поиск новых биоразлагаемых

полимеров, а также путей снижения затрат на их производство и изготовления изделий [1].

В структуре потребления биоразлагаемых пластиков в мире до 75% занимает упаковка. Другими секторами потребления являются: общественное питание и фастфуд – до 9 %, волокна и нити – 4%, медицина – 4% и агрохимия – 2%.

В отличие от абсолютного большинства пластмасс, биоразлагаемые полимеры могут расщепляться в условиях окружающей среды путем реакций гидролиза и окисления, а также с помощью микроорганизмов, таких как бактерии, грибы или водоросли. Полимер, как правило, считается биоразлагаемым, если вся его масса разлагается в почве или воде за период в шесть месяцев - ГОСТ Р 57226–2016 (ISO 16929:2013).

Среди известных биоразлагаемых полимеров наибольшее место (до 43 %) занимает полилактид (polylacticacid, PLA). Полилактид относится к группе полиэфиров, является продуктом полимеризации молочной кислоты, которая, в свою очередь, образуется в результате молочнокислого брожения глюкозы (из кукурузы, пшеницы, и т.п.).

В настоящее время актуальной задачей является создание композиций из нескольких биоразлагаемых материалов, в которых непрерывной (матричной) фазой является полимер, например, полилактид, а наполнителем - дешевое сырье: крахмал, древесная мука, лузга злаковых культур и т.п. [2].

Такие композиционные материалы разлагаются в природных условиях значительно быстрее, чем чисто полимерные, являются более дешевыми, однако при этом возникают проблемы совмещения гидрофобной полимерной матрицы с гидрофильными частицами наполнителя.

Задачей данной работы являлось создание и исследование биоразлагаемых композиций на основе полилактида с лигносодержащими наполнителями – древесной мукой и лигнином.

Для получения экспериментальных ленточных образцов биоразлагаемых материалов на основе смеси полилактида и древесной муки были использованы следующие исходные материалы: полилактид (ПЛА) марки Ingeo Biopolymer 4043D (производства Nature works LLC, США) в гранулах; древесная мука М «180», ГОСТ 16361–87, с размерами частиц менее 0,17 мм. Пластификатором для полилактида служил полиэтиленгликоль ПЭГ-4000 (ТУ 2481-008-71150986–2006). В качестве совмещающего агента между гидрофобным полимером и гидрофильными частицами древесной муки применяли лигнин гидролизный ТУ ВУ 004791190.005-98 - побочный продукт производства ОАО «Бобруйский завод биотехнологий». По данным статьи [3] полиэфиры хорошо совмещаются с лигнином, что способствует формированию однородной структуры. Лигнин в природе перерабатывается грибами, насекомыми, земляными червями и бактериями. Для улучшения реологических характеристик смеси при переработке ее в экструдере использовали лубриканты: моностеарат глицерина и полиэтиленовый воск. Ленточные образцы вытягивали на одношнековом экструдере HAAKE RHEOCORD 90 (Германия), имеющего следующие основные технические характеристики: диаметр шнека – 20 мм; длина шнека – 500 мм; скорость вращения – 50 об/мин.

Показатель текучести расплава определяли с помощью прибора ИИРТ-М5. Испытания на прочность до разрыва и относительное удлинение образцов проводили на разрывной машине Instron 5969 при комнатной температуре. Водопоглощение образцов определяли в соответствии с ГОСТ 4650–80 (см. таблицу).

Биоразлагаемый композит изготавливали следующим образом. Гранулы полилактида смешивали с полиэтиленгликолем ПЭГ-4000 в скоростном обогреваемом турбосмесителе (миксере) при температуре 80 °С, добавляли в смесь моностеарат глицерина, древесную муку, лигнин и выдерживали при этой температуре 30 мин. Далее добавляли лубриканты и продолжали смешивание с целью получения гомогенной массы, которую затем охлаждали и загружали в одношнековый экструдер для последующего расплавления и гомогенизации. Температура расплава на выходе из щелевой головки экструдера составляла 180–185 °С. Полученный расплав в виде ленты поступал на каландр, где охлаждался и закручивался в рулон. Биоразлагаемые композиты, получаемые методом экструзии, могут использоваться для изготовления одноразовой посуды, горшков для рассады и других бытовых изделий.

*Таблица. – Технические характеристики полученных композиционных материалов*

Определяемые параметры	Методы испытаний	Полилактид Ingeo™ Biopolymer 4043D	Параметры экспериментальной ленты
Показатель текучести расплава, г/10 мин, 2,16 кг, при 230°С	ГОСТ 11645–73	6	2,8-3,6
Водопоглощение за 24 час, масс. %	ГОСТ4650–80	0,4	8,5-11,5
Биологическая разрушаемость после срока эксплуатации, мес.	ГОСТ Р 57226–2016 (ISO 16929:2013)	12 –18	6

### Заключение

1. В лабораторных условиях проведены эксперименты по получению биоразлагаемых материалов на основе композита «полилактид-древесная мука».

2. Образцы в виде лент толщиной до 0,5 мм получены на одношнековом экструдере с использованием полиэтиленгликоля ПЭГ-4000 в качестве пластификатора и лигнина в качестве совмещающего агента.

3. Биоразлагаемые композиты обладают температурой размягчения не менее 70–80 °С и биологической разрушаемостью после срока эксплуатации в компосте и влажной почве в течение 6 месяцев.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Масанов, А.Ю. Биоразлагаемые пластики: текущее состояние рынков и перспективы (2017 год) / Интернет ресурс. <http://vestkhimprom.ru/posts/biorazlagaemye-plastiki-tekushchee-sostoyanie-rynkov-i-perspektivy>(дата обращения: 8.11.2020).
2. Прогресс в получении биоразлагаемых композиционных материалов на основе крахмала. Обзор / Е.Н. Подденежный [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2015. – № 2 – С. 31–41.
3. Lignin as an Additive for Advanced Composites / Y. Polat [et al.] // Green Energy and Technology. – 2017. – № 11. – P.71–89.DOI:10.1007/978-3-319-46610-1\_4.

## РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА АРАЛА

*Палвуаниязова Д.А., Алимбетов А.А.*

Мухамедгалиев Б.А. - д.х.н., проф.

Ташкентский архитектурно-строительный институт, Республика Узбекистан

Проблема высыхания Аральского моря является глобальной проблемой современности. Эта проблема усугубляется и тем, что подвижные пески осушенного дна Арала сильно засоленные, содержат огромное количество различных вредных химических реагентов, входящих в состав различных минеральных удобрений и пыли. Одним из серьезных факторов ухудшения экологической обстановки в регионе Аральского моря является вынос солей и пыли с территории этих районов [1]. В этом контексте проблема закрепления засоленных песков осушенного дна Арала, создание прочных поверхностных структур, не препятствующих росту растений и защищающих от выветривания вследствие сильного аэродинамического потока, является актуальнейшей проблемой современной полимерной химии и экологии в целом. Известно, что осушенное дно Аральского моря покрыто слоем засоленных подвижных песков площадью в более 2400 тыс.га. Содержание в них водопрочных макроструктур больше 0,25 мм, имеющих важное значение для культивирования солестойких растений на этих песках, незначительное и составляет часто не более 5-7% от общей массы песка, вследствие чего затруднено их рациональное использование в сельскохозяйственном секторе экономики. В связи с чем, важным является проблема закрепления песков от ветровой эрозии через создание прочной поверхностной корки, обеспечивающей закрепление минеральных частиц и солей в местах их образования с целью предотвращения дефляции. Однако известные комплексные добавки не обеспечивают высокую физико-механические свойства обработанных почвогрунтов, кроме того наблюдается также уменьшение предельной адсорбции влаги по сравнению с исходным в 1,5 раза, однако удельная поверхность практически не изменяется.