31.25.15
УДК 664.231: 547.458.613

ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НЕКОТОРЫХ НЕИОНОГЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ И ГЛИНОСОДЕРЖАЩИЕ ПЛЕНКИ

Сейтхан Г.С., Иминова Р.С.
Казахский национальный университет имени аль-Фараби
Алматы, Республика Казахстан
e-mail: gulnur_seithankyzy@mail.ru iminova123riz@gmail.com

В данной статье приведены сведения о классификации, об основных методах получения и областях применения полимерных пленочных материалов. Большее внимание уделено применению пленочных материалов в медицине. Описаны разработки лекарственных пленок из современных научных исследований. Проведен обзор исследований по получению глиносодержащих пленочных материалов. Представлены результаты данных исследований и описаны свойства полученных пленочных материалов. Рассмотрены пленочные материалы на основе неионогенных полимеров полиакриламида, поливинилового спирта и поливинилпирролидона. Рассмотрены некоторые свойства пленочных материалов на основе неионогенных полимеров.

***Ключевые слова**: пленочные материалы, пластификаторы, нанокомпозиты, физико-механические свойства, полиакриламид, поливиниловый спирт, поливинилпирролидон.*

Қысқаша мазмұны: Бұл мақалада полимерлі үлдірлерді жіктеу, өндірудің негізгі әдістері мен қолдану салалары туралы ақпарат берілген. Үлдірлі материалдарды медицинада қолдануы туралы көңіл бөлінді. Қазіргі ғылыми зерттеулер негізінде дәрілік қабықтардың және үлдірлерді алу жолдары сипатталған. Құрамында саз бөлшектері бар үлдірлі материалдарын өндіру бойынша зерттеулерге шолу жүргізілді. Зерттеулердің нәтижелері және алынған үлдірлердің қасиеттердің сипаттау келтірілді. Полиакриламид, поливинил спирты және поливинилпирролидон бейионогенді полимерледе негізделген үлдірлер қарастырылды. бейионогенді полимерлерге негізделген үлдірлердің кейбір қасиеттері қарастырылды.

***Тірек сөздер**: үлдірлер, пластификаторлар, нанокомпозиттер, физико-механикалық қасиеттер, полиакриламид, поливинил спирті, поливинилпирролидон.*

This article provides information on the classification, on the main production methods and areas of application of polymer film materials. More attention is paid to the use of film materials in medicine. The development of medicinal films from modern scientific research is described. A review of studies on the production of clay-containing film materials. The results of these studies are presented and the properties of the obtained film materials are described. The investigation of film materials based on PAAm, PVC, PVP nonionic polymers are presented. Some properties of films based on nonionic polymers are considered.

***Keywords**: film materials, plasticizers, nanocomposites, physical and mechanical properties, clay, polyacrylamide, polyvinyl alcohol, polyvinylpyrrolidone.*

Введение. Полимерные пленки — это сплошные слои полимеров, толщина которых достигает 0,2–0,3 мм. Первые промышленные полимерные пленки были произведены из нитратов целлюлозы и из вискозы в Великобритании. Позже появились пленки из синтетических полимеров [1].

Методы получения полимерных пленок. Выделяют следующие технологические приемы изготовления пленок: пленки, из растворов полимеров; пленки, получаемые из дисперсных систем полимеров; пленки, из расплавов полимеров. Технология получения полимерных пленок из растворов полимеров основана на переводе полимера из твердого состояния в жидкую систему путем его растворения в подходящем растворителе, далее производят выделение полимера в форме пленки. Принципиальным отличием изготовления пленок из раствора является то, что в данном методе нет необходимости переводить твердый полимер в жидкое состояние гомогенного раствора. Также, полностью отпадает необходимость подбора и использования соответствующего растворителя, так как в качестве дисперсионной среды применяется, обычно, вода. Далее формование пленки осуществляется удалением воды в результате высушивания системы [2].

Технология изготовления пленок из расплава полимера широко применим в отношении большинства синтетических пленкообразующих веществ. Перевод полимерных продуктов в сплошной пленочный слой осуществляется путем размягчения или плавления веществ и формования пленки из этого размягченного продукта разными приемами: 1) выдавливанием (экструзией) расплава через кольцевую щель, далее производится раздуванием образовавшегося рукава с помощью сжатого воздуха и последующим разрезанием; 2) экструзией расплава через плоскую щель, вследствие чего образуется равномерный по толщине слой на твердой поверхности и последующим его охлаждением.

Экструзионные методы формования пленок дополняются другими технологическими операциями. Например, различные способы вытяжки пленки и ее термической обработки. Делается это для придания устойчивости возникающей структуре в случае использования кристаллизующихся полимеров.

Для каждой из вышеперечисленных групп пленок, изготовленных тем или иным способом, характерны некоторые общие признаки. Так, в пленках, полученных из растворов характерно присутствие остаточных растворителей, хотя бы в малых количествах. Поэтому в них можно наблюдать изменение свойств в некоторой степени, в связи с постепенным улетучиванием растворителя. В пленках, получаемых путем размягчения полимера или из его расплава, напротив, не происходит подобных изменений.

Классификация полимерных пленок основана на природе используемых полимеров. Полимерные пленки производятся из природных, искусственных и синтетических полимеров. К природным относятся полимерные пленки из белков, натурального каучука, желатина, целлюлозы и т.д. Самым распространенным представителем данной группы является целлофан. Следующая, более обширная группа — полимерные пленки из искусственных полимеров, то есть, последние – это продукты химической переработки природных полимеров. Ко второй группе относятся пленки на основе эфиров целлюлозы, из предварительно подвергнутого гидрохлорированию натурального каучука. Полимерные пленки. на основе синтетических полимеров составляют самую обширную группу. К ним

относятся пленки на основе полиолефинов, поливинилхлорида, полиамидов, поливинилиденхлорида, полистирола, полиэтилентерефталата, полиимидов [1].

Области применения полимерных пленочных материалов. Ввиду быстрого расширения областей применения полимерных пленок, не представляется возможным дать их исчерпывающую характеристику. Тем не менее, наиболее часто пленочные материалы используются в следующих отраслях (рисунок 1)

Рисунок 1 – Области применения полимерных пленок

Перспективным, находящимся в постоянном поле зрении многих исследователей, является применение полимерных пленок в медицине. Применение пленочных материалов в медицине имеет важное значение. Лекарственные пленки являются разновидностью трансдермальных терапевтических систем. Трансдермальная терапевтическая система (ТТС) — это дозированная мягкая лекарственная форма, предназначенная для наружного применения в форме пластырей или плёнок, замедленно высвобождающая лекарственное средство. Эксплуатация данной формы заключается в наклеивании на кожу, и лекарство через верхние слои кожи попадает в кровь (кровеносные сосуды). Трансдермальный метод введения лекарственных веществ имеет ряд преимуществ перед пероральным или парентеральным способом введения, так как не зависит от pH желудочно-кишечного тракта, времени последнего приема пищи. Дозированное постоянное поступление ЛВ через кожу исключает изменения концентрации, сопутствующие парентеральному пути введения.

Компонентами трансдермальных терапевтических систем являются: полимерный матрикс или резервуар активных веществ [3]. Полимеры являются основой пластыря, ими контролируется процесс высвобождения действующего вещества. В настоящее время применяются натуральные полимеры (производные целлюлозы, хитозан и т.д.) и синтетические полимеры (полиакрилат, полипропилен и т.д.) Активные вещества

синтетического, природного или микробиологического происхождения. Энхансеры увеличивают проходимость рогового слоя, взаимодействуя с компонентами эпидермиса. Адгезивный слой обеспечивает тесный контакт между трансдермальной системой и поверхностью кожи. Он должен хорошо прилипать и держаться, но при этом легко сниматься, не причиняя травмы коже. Для этих целей широко используются полиакрилаты и силикон. Ламинат должен обладать высокой эластичностью, пропускать кислород и не препятствовать испарению влаги. Из материалов здесь предпочтительны винил, полиэтилен и полиэстер. Защитный слой удаляется непосредственно перед нанесением трансдермального пластыря на кожу.

ТТС имеют перспективу применения в онкологии, для лечения астмы, контрацепции, для гармонозависимой терапии, для местной и общей анестезии. В офтальмологии используют пленки, содержащие гидрохлорид пилокарпина, сульфат атропина, флореналь, сульфат неомицина, дикаин и др [4]. Лекарственные пленки с нитроглицерином в виде аппликации на слизистую оболочку десны рекомендуют для предупреждения приступов стенокардии. В стоматологии нашли применение пленки с антибиотиками для лечения очаговых поражений. Удобство применения, быстрота поступления лекарственных веществ в кровоток, возможность регулирования скорости высвобождения лекарств, возможность использования гидрофильных и липофильных веществ обеспечивает увеличение использования лекарственных пленок в стоматологической практике. Также, биорастворимые лекарственные пленки обеспечивают длительный контакт и постоянство концентрации лекарственного вещества [5].

Рисунок 2 – Пример ТТС [3]

Что касается рынка лекарств, в виде пленок, Российская Федерация лидирует по производству пленок среди стран СНГ. Трансдермальные системы производятся такими фирмами как «Алтай федеральный центр НЦП», «Биотехнология», «Лекбиотех» [6]. В основном ТТС, представленные на рынке РК, производят во Франции, Германии, Японии, Швеции и других странах [7]. Зарубежные ТТС представлены следующими фирмами: «Rhone-Poulenc Rorer», «Schwarz Pharma», «Ciba-Geigy», Novartis Pharma Services», «Janssen Pharmaceutica N.V.», Smith Kline Beecham Consumer Healthcare» и др.

Глиносодержащие полимерные пленки. В настоящее время можно найти множество исследований на тему получения композитных пленок на основе биоразлагаемого

термопластичного крахмала, которые могут быть использованы для упаковки продуктов. Однако, данные пленки механически нестабилны и чувствительны к влаге. Эти свойства могут быть улучшены путем добавления таких материалов как целлюлозное волокно, наноглины или другие биоразлагаемые полимеры [8].

Перспективным является получение нанокомпозитов биополимер-глина [9, 10]. Природные глины, такие как монтмориллониты, имеют ламинарную структуру и являются легкодоступными, они нетоксичны и недороги. Монтмориллониты обладают подходящими свойствами, такими как способность к катионному обмену, подходящая площадь поверхности и набухаемость, которые обеспечивают им очень легкую модифицируемость с помощью интеркаляции поверхностно-активных веществ (как правило, четвертичных солей аммония) в межслойной области для получения гидрофобных модифицированных глин [11].

Исследования показывают, что использование правильной комбинации крахмал-природная глина или модифированная, плюс глицерин в качестве пластификатора, который может улучшить физические свойства пленки, такие как термостойкость, и уменьшают их проницаемость для водяного пара и таких газов O_2 и CO_2 [12]. Авторы исследований указывают на то, что толщина нанокомпозитных полимерных пленок с добавлением частиц природной глины зависит от концентрации содержания глицерина, по сравнению с нанокомпозитными полимерными пленками с модифицированной глиной [13, 14].

Механические свойства образцов зависят от типа используемой глины и количества пластификатора. Немаловажно влияние степени дисперсности системы и совместимости глины и пластификатора с крахмалом. По мере увеличения содержания глицерина возрастает эластичность и понижается прочность, так как глицерин способствует движению молекулярной цепи крахмала, тем самым повышая гибкость. Добавление глины к биопленкам придает твердость за счет формирования интеркалированных структур [15]. Что касается влагопроницаемости биопленок, она возрастает с увеличением добавления глицерина. Это связано с формированием водородных связей между глицерином и молекулой крахмала, которые заменяют взаимодействие между гидроксильными группами крахмала и силикатных групп глины, тем самым повышая гидрофильность пленок. Увеличение концентрации глины дает обратный эффект (рисунок 3) [16].

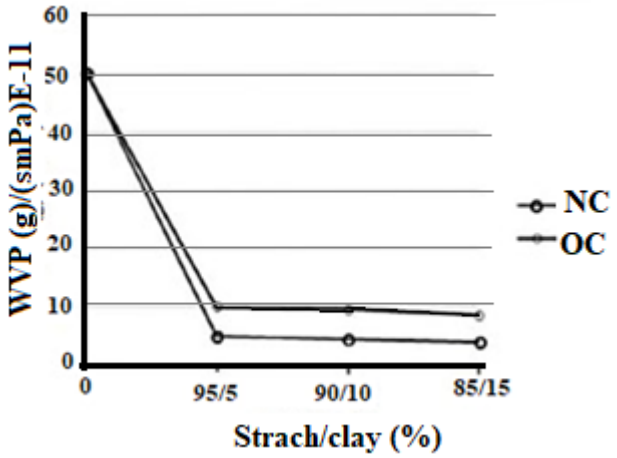

Рисунок 3 – График зависимости влагопроницаемости нанокомпозитных пленок, содержащих природную и модифицированную глины [16]

Chung и др. сообщили о биоразлагаемых нанокомпозитах на основе крахмала и глины, которые показали увеличение модуля и прочности для содержания 5 мас.% глины по сравнению с незаполненными крахмальными материалами с 65 % и 30 % соответственно [17]. Термопластичный крахмал, армированный глиной, также был исследован [18] и предел прочности композита был увеличен с 2,5 до 3,9 МПа в присутствии 5 мас.% белой глины, а относительное удлинение при разрыве увеличилось с 0,01 до 0,26 %. Когда относительный коэффициент диффузии водяного пара композита был снижен до 65 %, а температура увеличилась с 305 до 336,8 °C, тогда композит потерял 50 % своей массы. В другой статье Tomasik и др. показали, что пластифицированный крахмал с глицерином оказывает усиливающее влияние на физико-механические свойства, когда нанокристалл крахмала был включен для взаимодействий наполнителей/наполнителя и наполнителя/матрицы вследствие установления водородной связи [19].

Авторами [20] исследованы механические и термические свойства нанокомпозитных пленок картофельного крахмала с включением частиц каолина, пластифицированные глицерином. Самоструктурирующие нанокомпозитные пленки толщиной около 200 мкм и с содержанием 0, 5, 10, 15 и 20 мас.%. каолина (K (5-20) SNC), были изготовлены путем отливки и выпаривания смеси из гомогенной водной суспензии при 95 °C. Спектр ATR-IR показал наличие функциональных групп крахмала и каолина в нанокомпозитных пленках и их взаимодействие. Пленка, изготовленная из 15 мас.%. каолина и крахмала, показала умеренную механическую прочность (напряжение 6,3 МПа) при разрыве, самую высокий модуль упругости (напряжение 4,3 МПа) (рисунок 4), оптимальную термостойкость с TOnset=280 ° C, максимальную скорость разложения Rmax=30 (мкг/°C) и Tpeak=314 °C. Хотя термостойкость для всех композитов увеличивается с добавлением каолина, обнаружено, что сжатие всех нанокомпозитных пленок K (5–20) SNC при температуре около 95 °C ниже по сравнению с пленкой без каолина. СЭМ-изображения показали, что каолин уменьшает пористость пленки, и в пленке K15SNC предусмотрено минимальное количество пор.

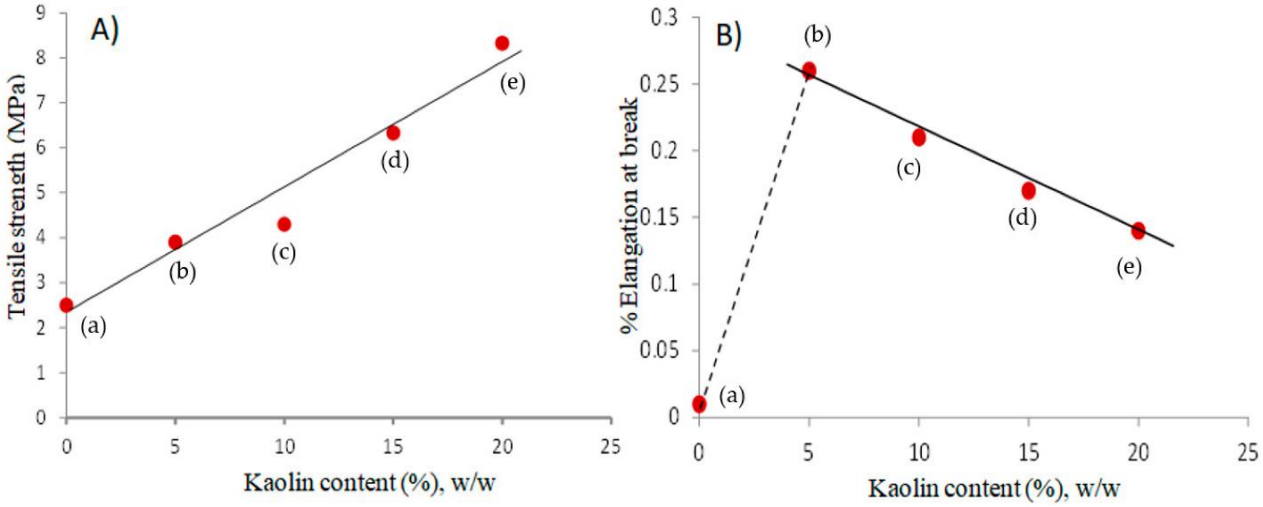

Рисунок 4 – Влияние содержания каолина на прочность при растяжении (A) и относительное удлинение (B) при разрыве пленок, полученных из (a) K0SNC, (b) K5SNC, (c) K10SNC, (d) K15SNC и (e) пленки K20SNC. KSNC: нанокомпозит каолинового крахмала [20]

Аналогичное изучение влияния каолина на физические свойства пленки крахмала также проведено G.Gładyszewski и др. [21]. Были исследованы композитные пленки с добавками 0, 5, 10 и 15 % каолина. Показано значительное влияние каолина на прочностные параметры, термические и барьерные свойства композитных пленок. Увеличение содержания каолина уменьшило предел прочности, модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Структурный анализ показал частичную интеркаляцию и послойное расположение частиц каолина. Каолиновые добавки увеличивали барьерные свойства водяного пара в композитных пленках примерно на 9%. Модификация биополимера наноглиной снижает термостойкость композитных пленок на 7% и может ускорить процесс биодеградации. Увеличение концентрации каолина в биополимерной матрице привело к повышенной шероховатости поверхности (примерно 64%) и смачиваемости поверхностей пленочных композитов на 58 %. Улучшенные барьерные свойства повышают пригодность композитных пленок и позволяют предположить использования в качестве упаковочного материала.

Одна из перспективных особенностей нанокомпозитных пленок на основе полистирол-бутилакрилата — их оптическая прозрачность при УФ облучении при 500 нМ [22]. Пленки полистирол-бутилакрилат с частицами монтмориллонита оптически прозрачны даже при содержании глины 30%. Коэффициент пропускания заметно уменьшается лишь при 70% содержании глины, объясняется это поглощением или рассеянием света ввиду увеличения дисперсных частиц глины. Указывается, что визуально прозрачность пленок соответствует результатам, полученным при УФ-облучении (рисунок 4).

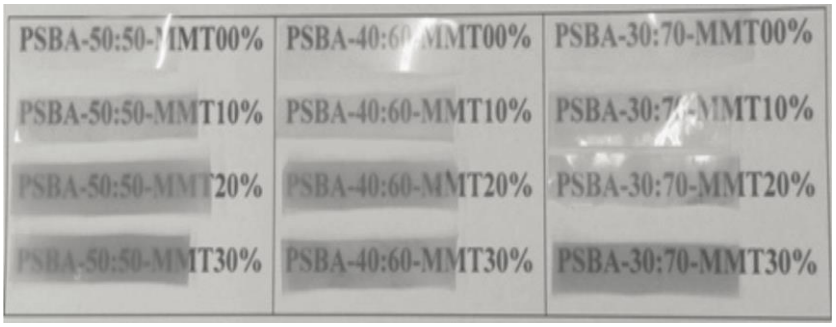

Рисунок 5 – Визуальная прозрачность пленок на основе полистирол-бутилакрилата – глина [22]

Гибридные латексы с концентрацией глины ММТ 10–30 мас.% получали методом миниэмульсионной полимеризации. Морфология полученных латексов показывает, что частицы ММТ преимущественно прилипают к поверхности частиц латекса. Тем не менее, прозрачность пленок предполагает равномерное диспергирование частиц ММТ в матрице.

Нормализованное по толщине пропускание света для сополимеров с 40 и 50 мол.% стирола уменьшается только с 70 % в чистых пленках, до 50 % в нанокомпозитных пленках, содержащих 30 мас.% глины (рисунок 6). Наилучшие оптические свойства наблюдаются для сополимеров с 30 мол.% стирола, в которых коэффициент пропускания света уменьшается только с 85 % (незаполненная пленка) до 60% в нанокомпозитных пленках, содержащих 30 мас.% глины. В целом, барьерные свойства водяного пара намного выше в пленках сополимера с 30 мол.% стирола из-за уникальной морфологической организации тактоидов ММТ в матрице.

Скорость проникновения водяного пара и других газов выше в пленках, без содержания глины. Лучшие показатели принадлежат композитам с соотношением (полимер-глина) 30:70. Это говорит о том, что изменение содержания и распределения глины больше влияет на свойства получаемых композитов, чем влияние сополимерного состава [22].

Полимерные пленки на основе некоторых неионогенных полимеров.

Пленки на основе полиакриламида в настоящее время не применяются широко ввиду того, что они обладают высокой жесткостью и хрупкостью. Однако использование этого полимера достаточно перспективно вследствие его низкой стоимости, отсутствия вредного воздействия на организм и высокой прочности.

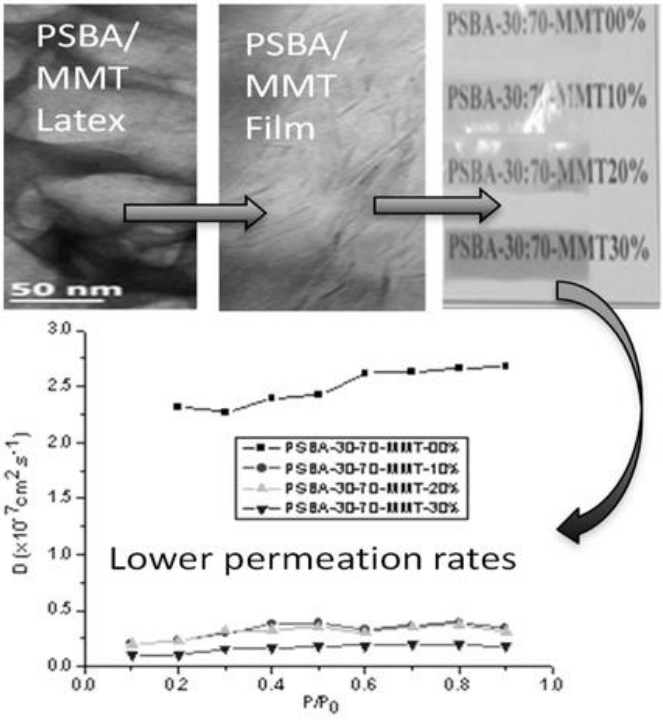

Рисунок 6 – Сопоставление ТЭМ, прозрачности и коэффициентов растворимости для пленок PSBA-30:70 (справа) в зависимости от парциального давления при увеличении концентрациb ММТ. S – коэффициент растворимости [моль Па $^{-1}$ см$^{-3}$]
и P / P0 – парциальное давление водяного пара [22]

Указанные недостатки можно устранить введением пластификаторов. Пленки на основе ПАА получают методом литья из раствора [23]. При приготовлении раствора поддерживают постоянную температуру, и перед формованием пленок после добавления

всех компонентов выдерживают в термостате. Формование пленок осуществляется на стекле, для обеспечения хорошей растекаемости и равномерности формования пленки по толщине добавляют поверхностно-активные вещества. Сушка данных пленочных материалов производится при комнатной температуре, около двух недель.

В исследованиях [24] в качестве пластификаторов при изготовлении полиакриламидных пленок применяли карбамид, сорбит, этиленгликоль, ортофосфорную кислоту, глицерин, диметилсульфоксид и дисперсию поливинилацетата. Введение в систему этиленгликоля, диметилсульфоксида и карбамида не позволяет получить пленки с удовлетворительными физико-механическими свойствами, в этих целях эффективнее оказались глицерин, сорбит, ортофосфорная кислота и дисперсии поливинилацетата (рисунок 7). Стоит отметить, что эффективность поливинилацетата в качестве пластификатора ниже, поэтому требуется достаточно большое его количество, а при применении сорбита не наблюдается выпотевание пластификатора на поверхность пленки во времени.

Использование низкомолекулярных пластификаторов оказывает большое влияние на липкость поверхности, так как эти вещества склонны к диффузии на поверхность пленочного материала. В наименьшей степени свое влияние проявляет поливинилацетат, что говорит о том, что дисперсия поливинилацетата жестко закрепляется в слое ПАА (рисунок 8). Важной характеристикой биоразлагаемых пленок является их растворимость в воде. Использование глицерина, сорбита и ортофосфорной кислоты требует меньшего количества времени для полного растворения, а пленки, содержащие дисперсию поливинилацетата, напротив, практически не растворяются.

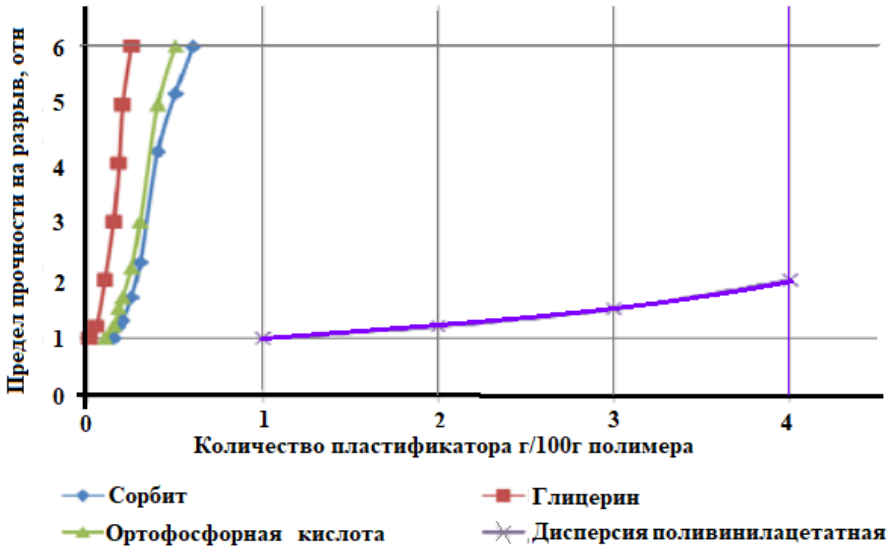

Рисунок 7 – Влияние пластификаторов на предел прочности на разрыв пленочных материалов на основе ПАА [24]

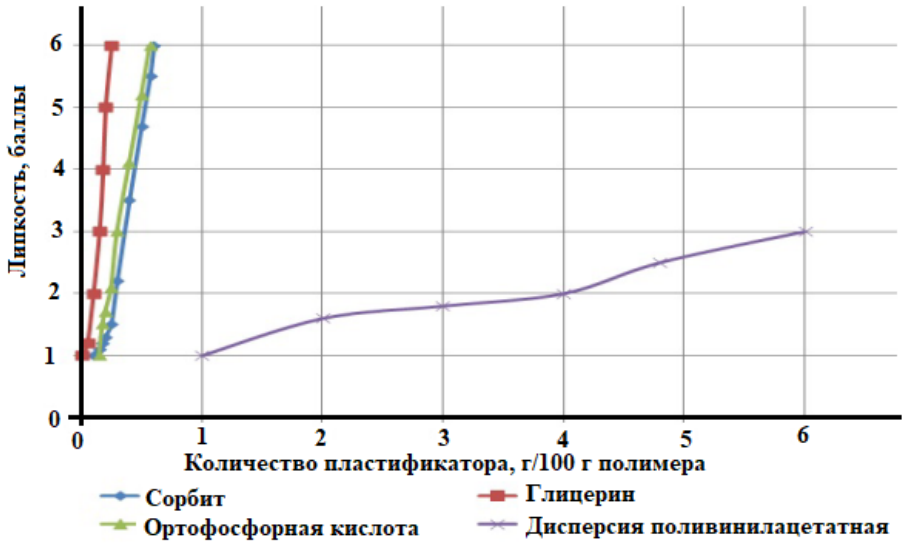

Рисунок 8 – Изменение липкости плёночных материалов на основе ПАА в зависимости от количества введённых пластификаторов [24]

Авторами [25] исследованы адгезивные и нанотрибологические свойства конечных привитых полиакриламидных (ПАА) пленок с различной степенью сшивки и в присутствии смеси растворителей – воды (хороший растворитель для ПАА) и метанола (плохой растворитель для ПАА). Измерения адгезии, проведенные на щеточных (несшитых) структурах, выявили значительные силы отрыва в смесях растворителей, в которые помещали полимер при его стекловании. Эти силы отрыва, которые были на порядки выше, чем те, которые были измерены в любом чистом растворителе, были значительно уменьшены в присутствии сшивки. Сшитые пленки эффективно предотвращали адгезию в водно-метанольных смесях во всем исследованном диапазоне составов. Морфология пленок с различными степенями сшивки в их наиболее сжатом состоянии проясняет влияние наноструктуры на поведение адгезии – сила отрыва значительно зависит от площади контакта и испытаний. Нанотрибологическое поведение этих пленок является результатом сложного взаимодействия между адгезией и структурой пленки, которые были изменены как качеством растворителя, так и степенью сшивания.

Поливиниловый спирт – это биоразлагаемый синтетический полимер с высокими показателями прозрачности, биодеградируемости, растворимости в воде, хорошими механическими свойствами, барьерными свойствами. Благодаря таким своим характеристикам, данный материал широко используется в различных областях. В молекуле ПВС содержится большое количество гидроксильных групп, образующих внутри- и межмолекулярные водородные связи. Пленки из поливинилового спирта обычно производятся методом литья с использованием пластификатора. Известны исследования [26], где в качестве пластификаторов применяли глицерин, этиленгликоль, лактиглицерид, низкомолекулярный ПЭГ, $MgCl_2$/гликоль, мочевина/формамид, мочевина/этаноламин и жидкий 1-бутил-2,3-диметилимидазолий тетрафторборат. В них содержатся амидные или гидроксильные группы, водородные связи образуются между пластификатором и ПВС, ослабевает внутримолекулярное взаимодействие в ПВС, что снижает кристалличность

молекулы. В традиционных пластификаторах ПВС существуют гидроксильные группы в полиолах, (глицерин и этиленгликоль); амидогруппы в амидах (мочевина и формамид). В гидроксиалкилформамидах (ГАФ) существуют как гидроксильные группы, так и амидогруппы. Авторы, приводят результаты, где доказано, что гидроксиалкилформамиды эффективны в качестве новых пластификаторов для ПВС. Они могут образовывать прочные и стабильные водородные связи с ПВС. Гидроксиалкилформамиды могут разрушать кристалличность поливинилового спирта (рисунки 9 и 10).

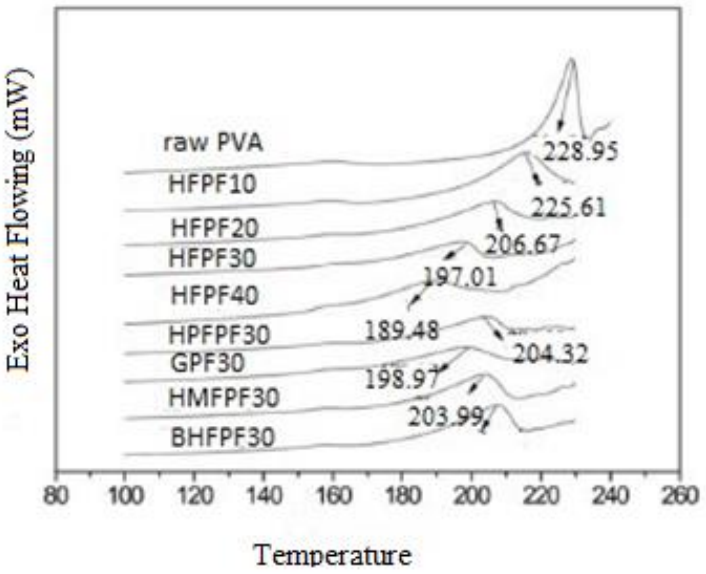

Рисунок 9 – Термограммы сканирующей калориметрии гомо- и пластифицированных пленок на основе ПВА [26]

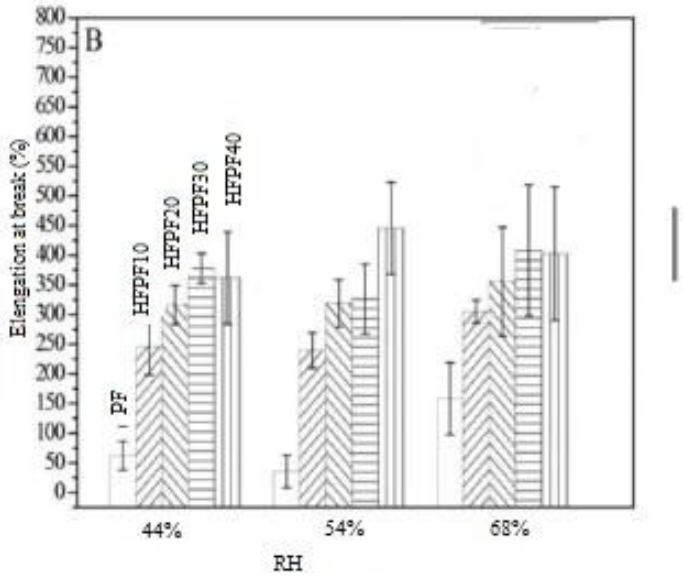

Рисунок 10 – Изменение прочности на растяжение с ростом концентрации пластификатора [26]

Проницаемость водяного пара пленок ПВС улучшается с добавлением пластификатора гидроксиалкилформамидов. Сопротивление водяному пару пластифицированным новым пластификатором ПВС лучше, чем у пластифицированного глицерином. Пленка без пластификатора была хрупкой. С добавлением данных пластификаторов повышается прочность на растяжение [26].

Известны композиционные пленочные материалы на основе поливинилового спирта и поливинилпирролидона (ПВП). ПВП является высокоаморфным полимером и обладает высокой температурой стеклования из-за наличия жесткой пирролидоновой группы. Смешение этих полимеров приводит к получению высокостабильного полимерного материала с улучшенными свойствами за счет межмолекулярного водородного взаимодействия между карбонильными группами ПВП и гидроксильными группами ПВС ПВП является подходящим материалом для того, чтобы быть дополнительным компонентом в полимерной смеси [27]. Композиционные пленочные материалы ПВС-ПВП, активированные перманганатом калия, получены методом литья из растворов. Добавление $KMnO_4$ к полимерной матрице ПВС приводит к образованию комплексов, что приводит к снижению степени ее кристалличности.

Также изучено влияние шелкового волокна на структурные, термические и механические свойства композитных пленок ПВС-ПВП [28]. Структурно шелк представляет собой полимерную цепь белка под названием фиброин, состоящую из таких аминокислот как глицин, аланин и серин. Более того, полипептидные цепи в шелке лежат достаточно близко друг к другу, чтобы сформировать сеть водородных связей, тем самым позволяя ей связываться с другими атомами водорода полимерной матрицы, в результате чего возрастает термическая стабильность. Морфология фазы лучше всего визуализирована с армированным шелковым волокном с концентрацией 9 мас.%. Поскольку волокна были менее плотными и аккуратно распределенными в матрице. Размеры волокон не были однородными по всей длине и имели толщину около 5–10 мкм и длину 70 и 100 мкм.

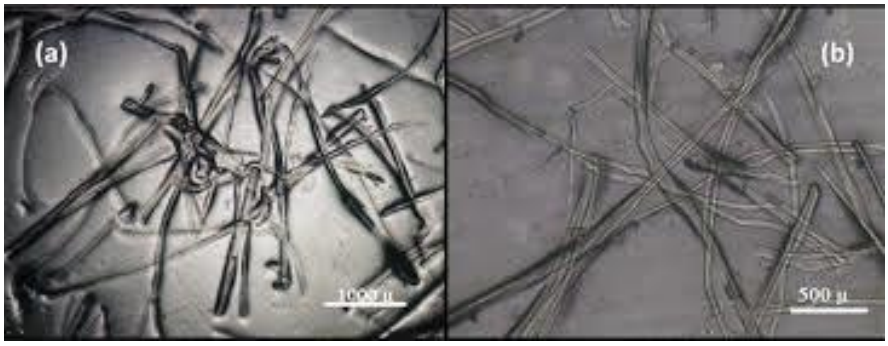

Рисунок 11 – Оптическая микрофотография Пленки ПВС/ПВП
с шелковым волокном 9 мас.% при (а) увеличении в 20 и (б) 40 раз [28]

Кроме того, известно, что волокна шелка обладают устойчивостью к микробам, высокой проницаемостью кислорода, биосовместимость, водопоглощаемость и является потенциальным кандидатом в области медицины и фармацевтики. Увеличение концентрации шелкового волокна приводит к возрастанию температуры плавления и

термической стабильности. Также возрастает механическая прочность, улучшаются биоразлагаемые свойства пленок.

Авторами [29] исследованы прозрачные пленочные материалы на основе смеси N-поливинилпирролидона и поливинилового спирта, этих двух полимеров и сополимера N-винилпирролидона с малеиновым ангидридом в присутствии персульфата аммония при растворении в воде. В пленки вводили “фурацилин” или “новокаин” и проводили их термообработку. Многократно набухшие гелевые пленки были протестированы в качестве перевязочных материалов для лечения ожогов и ран. Полученные пленки (со)полимера обладают антимикробными свойствами и способны поглощать раневой экссудат. Показано, что пленка легко отделяется от раневой поверхности. Полученные препараты могут применяться в медицине человека и животных в качестве перевязочных ожоговых средств и других материалов.

Заключение. На основании вышеизложенного, следует отметить, что пленочные материалы на основе неионогенных полимеров приобретают все большую актуальность ввиду своих свойств, в частности в медицине. Введение в них пластификаторов улучшает их физико-механические свойства. Добавление частиц глинистых компонентов понижает влаго- и газопроницаемость, повышает их прочность. Также, присутствие частиц глин в составе пленочных материалов не ухудшает оптические свойства последних. Такой эффект наблюдается лишь при высоких значениях содержания глины.

Литература:

1. Бристон Дж.Х., Катан Л.Л. Полимерные пленки / Пер. с англ. под ред. Э.П. Донцовой. – М.: Химия, 1993. – 200с.

2. Козлов П.В., Баргинский Г.И. Химия и технология полимерных пленок. – М.: Искусство, 1995. – 624с.

3. Оразбай К., Насырова А., Койлыбаева Н., Имандосова А., Кожанова К.К., Датхаев У.М., Устенова Г.О., Юдина Ю.В. Фармацевтическая разработка дентальных пленок на основе растительного сырья для лечения стоматологических заболеваний // Вестник КазНМУ. – 2013. – №5. – С. 21–27.

4. Мизина П.Г., Быков В.А., Настина Я.И., Фоменко Е.А. Введение лекарственных веществ через кожу – достижения и перспективы (обзор) // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2004. – № 176. – С. 183–187.

5. Меркулова Е. В. Технология и стандартизация стоматологических пленок с бишофитом и геля с натрия фторидом: автореф. дис. канд. фарм. наук. – Пятигорск, 2007. – 147 с.

6. Государственный реестр лекарственных средств и изделий медицинского назначения России. 06.04.2015.

7. Государственный Реестр лекарственных средств и изделий медицинского назначения РК.04.02.2014.

8. Avella M., De Vlieger J, Errico E., Fischer S., Vacca P., Volpe M. Biodegradable starch/clay nanocomposite films for food packaging applications // Food Chemistry. –2004. – Vol. 93. – P. 467–474.

9. R. Jonoobi, M. Harun, J. Mathew, Mechanical properties of cellulose nanofiber (CNF) reinforced polylactic acid (PLA) prepared by twin screw extrusion // Compos. Sci. Technol. – 2010. – Vol. 70. – P.1742–1747.

10. Nakagaito A.; Kanzawa S.; Takagi H. Polylactic acid reinforced with mixed cellulose and chitin nanofibers—Effect of mixture ratio on the mechanical properties of composites // J. Compos. Sci.– 2018.– Vol. 2.–P. 20–36.

11. Park H., Lee W., Park C., Cho W., Ha C. Environmentally friendly polymer hybrids. Part I mechanical, thermal, and barrier properties of thermoplastic starch/clay nanocomposites // Journal of Materials Science. – 2003. –Vol. 38. – P. 909–915.

12. Lopez S., Osorio G., Gallardo T., Arellano S. Adsorption of vapor–phase VOCs (benzene and toluene) on modified clays and its relation with surface properties // Canadian Journal of Chemistry. – 2008. –Vol. 86. – P. 305–311.

13. Khan B., Niazi M., Samin G., Jahan Z. Thermoplastic starch: a possible biodegradable food packaging material–a review // Journal of Food Process Engineering. – 2017. – Vol. 40. – P. 1–17.

14. Borges J.A., Romani V.P., Cortez–Vega W.R., Martins V.G. Influence of different starch sources and plasticizers on properties of biodegradable films // International Food Research Journal. – 2015. – Vol. 22. – P. 2346–2351.

15. Souza A.C., Benze R.K., Ferrao E.S., Ditchfield C.V., Coelho A.C., Tadini C.C. Cassava starch biodegradable films: Influence of glycerol and clay nanoparticles content on tensile and barrier properties and glass transition temperature // LWT–Food Science and Technology. – 2012. – Vol. 46. – P. 110–117.

16. Tang X., Alavi S., Herald T. Effects of plasticizers on the structure and properties of starch–clay nanocomposite films // Carbohydrate Polymers. – 2005. – Vol. 74. – P. 552–558.

17. Chung Y.L., Ansari S.B., Estevez L.M., Hayrapetyan S.K., Giannelis E.P., Lai H.M. Preparation and properties of biodegradable starch–clay nanocomposites // Carbohydr. Polym. – 2010. – Vol. 79. – P. 391–396.

18. Stepto R.F. Understanding the processing of thermoplastic starch // Macromol. Symp. – 2006. – Vol. 245. – P. 571–577.

19. Matsuda D.K.M., Verceheze A.E.S., Carvalho G.M.N., Yamashita F., Mali S. Baked foams of cassava starch and organically modified nanoclays // Ind. Crops Prod. – 2013. – Vol. 44. –P. 705–711.

20. Ashaduzzaman D.S., Mohammad M. R. Mechanical and Thermal Properties of Self–Assembled Kaolin-Doped Starch-Based Environment-Friendly Nanocomposite Films // J. Compos. Sci. – 2020. – Vol. 4(2). – P. 31–38

21. Kwasniewska A., Chocyk D., Gładyszewski G., Borc J., Swietlicki M., Gładyszewska B. The Influence of Kaolin Clay on the Mechanical Properties and Structure of Thermoplastic Starch Films // Polymers. – 2020. – Vol. 12. – P. 73

22. Murima D., Pfukwa H. Novel Polymer Clay-Based Nanocomposites: Films with Remarkable Optical and Water Vapor Barrier Properties // Macromol. Mater. Eng. – 2016. – Vol. 301. – P. 836−845

23. Khutoryanskiy V.V., Georgios S.T. Hydrogen–bonded Interpolymer Complexes: Formation, Structure and Applications // World Scientific. – 2009. – Vol. 23. – P. 360–366

24. **Зимагулова Л.А., Сидоров Ю.Д., Василенко С.В., Поливанов М.А. Влияние пластификаторов на физико–механические свойства пленочных материалов на основе полиакриламида // Вестник технологического университета. –2015. – № 23. – С. 23–27.**

25. Ang L., Shivaprakash N., Ramakrishna E., Kooij S., Rosa M., Espinosa-Marzalaand D. Polyacrylamide films at the solvent–induced glass transition: adhesion, tribology, and the influence of crosslinking Spencer // The Royal Society of Chemistry. Soft Matter. – 2012. – Vol. 24. – P. 71–78.

26. Hongguang D., Juan W., Lirong W. Preparation and Properties of PVA Films Using Hydroxyalkylformamides as the Plasticizers // Polymer engineering and science. – 2017. – Vol. 23. – P. 33–41.

27. Veena G., Lobo B. Dispersive parameters of oxidized PVA–PVP blend films // Turkish Journal of Physics. – 2019. – Vol. 43. – P. 11–17.

28. S. Sheik, G. Nagaraja, K. Prashantha Effect of silk fiber on the structural, thermal, and mechanical properties of PVA/PVP composite films //Polymer engineering and science. – 2018. – Vol. 23. – P. 144–153.

29. Зайцев С.Ю., Тюрина Т.Г., Зайцева В.В. Полимерные пленки на основе сополимеров n–винилпирролидона как перспективные медицинские препараты // Ж. Ветеринария, Зоотехния и Биотехнология. – 2015. – № 8. – С.70–76.

Поступила 5 апреля 2020 г.