

ПЛАСТИК НА ОСНОВЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Д.А. Гордеев

gordeeva-g@mail.ru

МАОУ «Самарский медико-технический лицей», Самара, Российская Федерация

Описана одна из проблем современности: загрязнение пластиковыми отходами. За все время существования пластиковой индустрии было создано около 8,3 миллиардов тонн пластиковой продукции (для сравнения: по массе это 822 тысяч Эйфелевых башен!). Но еще ни один пластиковый продукт не смог полностью разложиться, не причиняя вреда природе. Пластик образует мусорные острова (самый большой остров имеет площадь, равную трем Франциям), животные могут запутаться в нем или принять его за еду. Только при производстве пластика в окружающую среду выбрасывается огромное количество вредных веществ (аммиак, дибутилфталат, оксид углерода и др.). Эти и другие проблемы, связанные с использованием пластика, заставляют ученых задуматься о разработке нового, более экологичного (т. е. биоразлагаемого) пластика. Цель исследования — разработка нового экологичного полимера, способного заменить пластик. В результате исследования создана биоразлагаемая упаковка на основе соединений, получаемых из водорослей.

Ключевые слова: пластик, полимер, ирландский мох, каррагинан, зостера, зостерин, загрязнения

Введение. Жизнь современного общества невозможно представить без пластика, который прочно вошел в нашу жизнь. Мы пьем воду из пластиковых бутылок, храним пищу в пластиковых контейнерах, складываем продукты в пластиковые пакеты. Ни одна из отраслей промышленности не может обойтись без изделий из пластмассы. В то же время пластмассовые изделия могут нанести вред человеку и экологии нашей планеты. Ежегодно в мире производится более 300 млн т пластика, а на его изготовление тратится до 8 % общего объема добываемой нефти. Согласно оценкам, каждый год мы используем около 1,6 млн бр нефти только на производстве пластиковых бутылок для воды. Пластиковые отходы представляют собой один из многих видов отходов, на разложение которых уходит слишком много времени [1]. Как правило, сроки разложения изделий из пластика могут достигать 1 тыс. лет.

Историография проблемы. Пластик, изобретенный в 1907 г. Лео Бейкеландом, стал одним из самых используемых материалов в мире. Стремительный рост производства пластика начался в 1950-х годах XX в., с тех пор было произведено около 8,3 млрд т пластиковой продукции. Пластик обладает неоспоримыми преимуществами — он легкий и долговечен. Однако, несмотря на все свои, казалось бы, привлекательные свойства, пластик имеет ряд недо-

статков: во-первых, основная масса пластиковой продукции — одноразовая и производимая из невозстанавливаемых ресурсов, во-вторых, пластик не может быстро и без вреда для природы разложиться естественным путем. С каждым годом потребление пластмассы растет, а вместе с этим растут и горы неразлагающихся отходов, загрязняющих окружающую среду. Пластик попадает на свалку либо в океан, где уже плавают мусорные острова, от которых страдают морские жители.

Мировой круговорот возвращает пластик человеку через употребление в пищу тех птиц и рыб, которые стали жертвой пластикового загрязнения. По мере накопления пластиковых частиц в организме человека могут развиваться онкологические заболевания и отклонения, которые в итоге могут привести к летальному исходу.

По данным на 2019 г., по ежегодному объему перерабатываемого пластика в мире являются страны Юго-Восточной Азии. По данным научного журнала *Science Advances*, во всем мире только 9 % пластикового мусора перерабатывается, а 12 % проходят через мусоросжигательные заводы, остальные 79 % накапливаются на свалках или в окружающей среде.

Пути решения проблемы. Множественные проблемы, связанные с использованием пластика, стимулировали ученых из многих стран задуматься к концу XX в. о создании материала, близкого пластмассе по свойствам, но, в отличие от нее, биоразлагаемого и производимого из восстанавливаемых компонентов [2, 3].

Одним из решений такой проблемы стало создание так называемого биоразлагаемого пластика, подвергающегося распаду при различных условиях. Исследования показывают, что до состояния безопасных для окружающей среды элементов разлагается лишь 15 % таких полимеров. Окончательно разложиться до углерода может только пакет, на 100 % изготовленный из растительного сырья [4]. На сегодняшний день уже существуют биоразлагаемые даже съедобные упаковки.

В 2018 г. шведский студент Понтус Тернквист (Pontus Tornqvist) создал пластик из картофеля. Новый вид пластика получил логичное название Potato Plastic, из него был изготовлен целый набор столовых приборов. На вид они совершенно некрасивы, но зато в условиях природы могут разложиться всего за 2 месяца [5].

В 2015 г. компания Notpla разработала съедобные соломинки для питья, сделанные из водорослей. Изобретение стало очень популярным, да и в целом вызвало интерес у общества. Также недавно компания Notpla рассказала еще об одном изобретении — «съедобных» пластиковых пакетах. Даже если люди не съедят их после использования и выбросят в мусор, эти пакеты все равно

не будут долго загрязнять природу. По словам представителей компании Notpla, созданный ими материал разлагается в природе всего за 6 недель [6]. Учитывая, что обычный пластик сохраняет свою структуру на протяжении нескольких столетий, это потрясающий результат. По своим свойствам материал очень похож на пластик. Он изготавливается из выращиваемых во Франции водорослей. Водоросли сушатся, измельчаются в порошок и превращаются в густую жидкость. Когда эта смесь высыхает, получается нечто, похожее на пластик.

После изучения литературных источников стало понятно, что если не предпринимать мер по утилизации бытовых отходов, созданию новых способов упаковки и правильному подходу к производству и использованию полиэтилена, нашей планете грозит экологическая катастрофа. Так как мы используем пластик ежедневно и почти во всех отраслях, то, по некоторым оценкам ученых, к 2050 г. на Земле будет уже 12 млрд т пластиковых отходов.

Ученые активно работают над созданием безопасных биоразлагаемых и съедобных упаковочных материалов. Но массового производства пока не существует, только такие страны, как Англия и Швеция, начали активно внедрять подобные материалы.

Практическая часть. Было принято решение создать свой биоразлагаемый пластик. Разрабатываемый пластик сделан из химического соединения каррагинана. Каррагинан — это природный гелеобразователь, выделяемый из водорослей, произрастающих у берегов Ирландии [7]. Получают каррагинан при переработке красных морских водорослей рода *Chondrus* методом экстракции с последующей очисткой от органических и других примесей — многократным осаждением, фильтрацией и промывкой в воде и спирте. Каррагинан зарегистрирован в качестве пищевой добавки E407, что делает этот пластик еще и условно съедобным. Использование пищевой добавки E407 разрешено Комитетом комиссии «Кодекс Алиментариус» по пищевым добавкам (CCFA) даже для детского и диетического питания. Однако есть информация о том, что его избыточное накопление в организме может вызвать воспалительные процессы в желудочно-кишечном тракте и стать причиной язвенной болезни [8].

Сначала нужно было получить каррагинан: для этого водоросли были обработаны раствором гидроксида калия. Сначала в колбе растворили 110 г гидроксида калия в 500 г воды, и после того как щелочь растворилась и раствор стал прозрачным, нагрели раствор до 60 °С и добавили 50 г водорослей и оставили их в этом растворе на 2 ч. В течение этого времени щелочь реагировала с молекулами каррагинана, забирая у них сульфат-группы и образуя мономеры 3,6-ангидрогалактозы. В результате этого водоросли превратились

в прочный гель, а присутствующие в водорослях белки и углеводы ушли в раствор, окрасив его в темный цвет. Через 2 ч раствор слили и промыли водоросли, после чего от водорослей остался лишь их скелет.

Полученный гель имеет щелочную среду, поэтому его еще сутки вымачивали в обычной воде, pH такого раствора стал равен 7,6. Однако эта субстанция имела неприятный цвет и запах «сырой рыбы», поэтому полученный каррагинан продезинфицировали в 1%-ном растворе NaClO. Через 1 ч каррагинан стал практически белоснежным. Также он очистился от всех посторонних запахов и патогенных бактерий, от чего стал более безопасным. После промывки гель принял запах хлора. Поэтому полученный гель залили водой и добавили 50 мл 50%-ного раствора тиосульфата натрия и 1 г витамина С. Эти вещества должны восстановить оставшиеся в растворе хлорамины, которые и придают раствору неприятный хлорный запах. Через 2 ч гель промыли, при этом запах уже не ощущался. Для полного эффекта гель еще на 10 ч оставили в воде. При этом уже было видно, как каррагинан образовал в воде гелеобразный студень, а pH раствора стал равен 7,1. Таким методом можно получить только полуочищенный каррагинан, для полного очищения требуется специальное оборудование. Далее каррагинан высушили для дальнейшего хранения и последующих экспериментов.

Также был разработан рецепт получения пластика. В этом рецепте каррагинан является структурообразователем, глицерин-пластификатором, крахмал выступает в роли полимера, а основой служит вода, также в пластик можно добавить подсластители или усилители вкуса, красители. Отметим, что количественное соотношение компонентов можно менять, так можно получить разные виды биоразлагаемых пластмасс (разной толщины и плотности). В ходе экспериментов было выяснено примерное содержание каждого компонента: вода 93...95 %, каррагинан или зостерин 2...5 %, глицерин 1,5...2,0 %, усилители вкуса (соль, сахар) 0...0,5 %, пищевые красители 0...0,5 %.

В проведенных экспериментах каждый пластик имел равную площадь 450 см².

В результате экспериментов были получены несколько видов пластика.

Пластик из каррагинана. Для получения пластика № 1 необходимы 3 г каррагинана, 2 г крахмала, 2 г глицерина и 140 мл воды.

Необходимо смешать в одном стакане все ингредиенты и добавить 140 мл воды. Потом, нагревая смесь до кипения, перемешивать раствор электровенчиком до полного растворения содержимого. Далее еще горячий раствор аккуратно распределить по сухой поверхности посуды с тефлоновым покрытием. После этого поставить сковороду с еще «жидким пластиком» в электрическую печь на 2,5–3 ч при температуре 60 °С с приоткрытой дверцей или

в режиме конвекции. В итоге вся жидкость должна испариться, а на дне останется пленка.

Пластик № 2 (не содержит крахмала), в его состав входят 3 г каррагинана, 2 г глицерина и 140 мл воды. Рецепт изготовления аналогичен предыдущему.

Пластик из зостерина. Кроме того, были реализованы попытки сделать пластик из зостерина. Зостерин — это уникальный низкометоксилированный пектин, получаемый из морской травы зостера (*Zosteraceae*) по специальной технологии, не включающей химических компонентов. Эта трава распространена на всех материках нашей планеты (кроме Антарктиды), поэтому при масштабных производствах больше половины населения Европы, Северной Америки и Африки смогут перейти на пластик из зостеры. В корейской медицине зостера служит сырьем для получения йода, йодистых препаратов, которые используются для лечения и предупреждения атеросклероза и появления зоба. Получение зостерина из морского взморника — это сложный процесс, требующий специального оборудования, поэтому для опытов был приобретен готовый зостерин (без примесей). Рецепт получения пластика из зостерина был идентичен рецепту для каррагинана.

В состав *пластика № 3* входят 3 г зостерина, 2 г крахмала, 2 г глицерина и 140 мл воды, рецепт получения аналогичен описанному выше.

Пластик № 4 не содержит крахмала, в его состав входят 3 г зостерина, 2 г глицерина и 140 мл воды.

При сравнении полученных пластиков можно сделать следующие выводы.

Пластики № 1 и № 2 хорошо растворимы в воде, № 1 имеет более жесткую и упругую структуру, такой вид пластика может заменить пластиковый пакет. Пластик № 2 плотно прилегает к поверхности продукта, хорошо растягивается, может заменить пищевую пленку. Его физические свойства сходны с полиэтиленом, но полученный нами пластик не выдерживает влажности воздуха более 90 %, также он не подходит для хранения жидких продуктов, но пригоден для заморозки. Срок службы такого пластика составит не менее 180 суток.

Пластики № 3 и № 4 имеют коричневый цвет, дольше растворяются в воде, чем № 1 и № 2. Пластик № 3 не имеет четкой структуры и формы, при этом он хрупкий, № 3 вряд ли может заменить синтетический пластик. Пластик № 4 показал очень хороший результат, такой пластик дольше растворяется в воде, выдерживает влажность 95 % (в течение 20 минут) и очень похож по своим свойствам на синтетический, даже чем-то похож на плотную бумагу.

Также было проведено исследование по переработке пластика из зостерина и каррагинана. Такой пластик хорошо растворяется в горячей воде, в холодной — гораздо хуже. Если мы выбросим такой пластик в окружающую

среду, то в воде он разложится примерно за 2 недели, а в почве — за 2 месяца. Стоит сказать, что такой пластик больше подходит для сыпучих и твердых продуктов, так как в воде он постепенно растворяется. На качество продуктов такой пластик никак не влияет.

Недостатком при производстве пластика из зостеры является использование специального оборудования для получения пектина. Однако существует упрощенный способ выделения пектина из зостеры, включающий измельчение сырья, обработку его соляной кислотой при pH 4–5, промывку водой, экстракцию 1%-ным раствором оксалата аммония, осаждение зостерина этанолом и сушку последнего. Однако пектин из морских трав, полученный таким способом, обладает крайне низкими желирующими свойствами [9]. Преимуществ у пластика из зостеры куда больше, чем недостатков. Для получения пектина при производстве такого пластика требуется специальное оборудование, но при этом нет необходимости использовать химические реагенты, которые могут навредить окружающей среде. Производство такого пластика — это еще и экономически выгодное дело, поскольку его переработка заключается в растворении пластика в горячей воде и повторении осушения жидкости, фактически мы можем произвести такой пластик один раз и перерабатывать его несколько сотен раз после использования. Производственная линия полного цикла переработки синтетического пластика с производительностью около 1 т/ч по состоянию на 2016 г. обойдется производителю в 130...135 тыс. долл. США. Конечно, не стоит забывать и о стоимости сырья: 1 кг зостерина обойдется в 560 долл., стоимость 1 кг глицерина составляет 2 долл. Цена зостерина столь высока, потому что производство зостерина — это новое, еще полностью не механизированное производство, в России известен лишь один завод по его производству. Стоимость пластика можно уменьшить, если активно развивать эту промышленность. Из 1 кг зостерина можно получить пластик площадью 312 500 см².

Недостатком при производстве пластика из каррагинана является использование химических реагентов, которые нужно правильно утилизировать. На сегодняшний день в некоторых странах Европы существуют фермы по выращиванию *Chondrus crispus* и заводы по производству пластика из него, это доказывает возможность реализации такой идеи, к тому же, 1 кг каррагинана стоит приблизительно 30 долл. США [10]. Из 1 кг зостерина можно получить пластик, площадь которого составит 312 500 см².

Отметим, что реализовать подобный проект в России легче, используя зостеру, поскольку это растение в больших количествах встречается на Дальнем востоке в Японском море. Не нужно строить фермы по выращиванию такого растения и использовать химические компоненты, что делает произ-

водство пластика из зостеры не только экономически выгодным, но еще и экологически чистым.

Закключение. В результате этой исследовательской работы доказано, что пластик, сделанный из синтетических волокон, можно заменить на биоразлагаемые полимеры, которые не причинят вреда природе. По результатам проведенного исследования самым полезным для использования можно считать пластик, сделанный на основе каррагинана и зостерина, поскольку такой пластик будет быстро разлагаться в природе, не причиняя вреда живым организмам. При изменении рецепта получилось добиться разных результатов. Лучшие результаты показал пластик из каррагинана и зостерина, сделанный без добавления крахмала.

Рассмотренные виды полимеров можно также внедрять в повседневную жизнь, так как они помогут улучшить общее экологическое состояние планеты. С помощью подобных материалов можно изготавливать посуду, пакеты, сумки, заворачивать в такие пленки еду. А главное, если подобные вещи попадут в океан, то животные не погибнут.

Что немаловажно, производство такого пластика станет экономически выгодным для производителей и потребителей, поскольку в стоимость продукта не нужно будет включать расходы на переработку упаковки. Такой пластик стабилизирует экологическое и экономическое положение в большинстве стран.

Исследовательская деятельность в этой области не закончена, автором проводятся эксперименты по получению пластика на основе хитозана и ихтиожелатина. Подобного рода полимеры смогут найти активное применение в повседневной жизни, вытеснив синтетический пластик, и улучшить экологическое состояние планеты, которая должна оставаться зеленой.

Литература

- [1] Доклад эксперта ЮНЕПа (Программы ООН по окружающей среде). *Решение проблемы загрязнения пластмассовыми изделиями одноразового пользования*. URL: <https://kbsu.ru/wp-content/uploads/2020/02/doklad-jeksperta-junep.pdf> (дата обращения 20.07.2023).
- [2] Лашин В.А. Создание крахмалопластов, как упаковки будущего. URL: <https://school-science.ru/6/13/36115> (дата обращения 11.05.2023).
- [3] Ганиев Р. *Из чего сделаны съедобные пластиковые пакеты?* URL: <https://hi-news.ru/technology/iz-chego-sdelany-sedobnye-plastikovye-pakety.html> (дата обращения 20.07.2023).
- [4] Бурнаев Г.В. *Биоразлагаемая посуда. Растительные материалы — альтернатива пластику*. URL: https://урок.рф/library_kids/

- biorazlagaemaya_posuda_rastitelnie_materiali_al_181824.html
(дата обращения 25.07.2023).
- [5] Виноградова Н. *Стартап из Лондона предлагает съедобную упаковку для соусов из водорослей*. URL: <https://prostoest.ru/startap-iz-londona-predlagaet-sedobnuyu-upakovku-dlya-sousov-iz-vodoroslej/?ysclid=lr4sbdzdc6887060412> (дата обращения 26.07.2023).
- [6] Долганова Н.В. и др. *Съедобная пищевая пленка*. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2655740C1_20180529?ysclid=lr4spzria451613780 (дата обращения 26.07.2023).
- [7] *Википедия. Каррагинан*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Каррагинан> (дата обращения 21.07.2023).
- [8] Larotondo F. *Биоразлагаемые пленки и покрытия, полученные из каррагинана*. URL: <https://www.researchgate.net/> (дата обращения 22.07.2023).
- [9] Ковалев В.В., Оводова Р.Г., Глазкова В.Е., Панков Ю.А., Оводов Ю.С. *Способ получения пектина из морских трав*. Патент № SU 921500 A1 РФ, 1982.
- [10] Панкова А.А., Парамзина А.А. *Антиполиэтилен или съедобная упаковка*. URL: https://cur.fedcdo.ru/wp-content/uploads/2021/09/Upakovka_Tezisy_rabota.pdf (дата обращения 23.07.2023).

Поступила в редакцию 17.06.2024

Гордеев Денис Александрович — ученик 10-го класса, МАОУ «Самарский медико-технический лицей», Самара, Российская Федерация.

Научный руководитель — Гордон Дмитрий Вячеславович, учитель биологии высшей квалификационной категории, действительный член Академии медико-технических наук, МАОУ СМТЛ, Самара, Российская Федерация. E-mail: dmi-gordon@yandex.ru

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Гордеев Д.А. Пластик на основе водорослей. *Политехнический молодежный журнал*, 2024, № 06 (95). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/eco/iog/1013.html>

ALGAE-BASED PLASTICS

D.A. Gordeev

gordeeva-g@mail.ru

MAEI “Samara Medical and Technical Lyceum”, Samara, Russian Federation

The paper considers a problem of the modern epoch, i.e. global pollution with the plastic waste. Over the entire period of the plastic industry, there appeared about 8.3 billion tons of plastic products (for comparison, equal in weight to the 822 thousand Eiffel Towers!). However, not a single plastic product is able to decompose completely without causing harm to the nature. Plastic forms garbage islands (the largest island has an area equal to three Frances), wild life could be entangled in it or mistake it for food. During only the plastics production, enormous amount of the harmful substances (ammonia, dibutyl phthalate, carbon monoxide, etc.) are released into the environment. These and other problems associated with the use of plastics make scientists think about design and development of the new more environment friendly (i.e. biodegradable) plastics. Objective of the paper lies in developing a new environment friendly polymer that could replace the plastics. The study results in creating a biodegradable packaging based on the compounds obtained from the algae.

Keywords: plastics, polymer, Irish moss, carrageenan, eelgrass, zosterin, pollution

Received 17.06.2024

Gordeev D.A. — 10th Grade Student, MAEI “Samara Medical and Technical Lyceum”, Samara, Russian Federation.

Scientific advisor — Gordon D.V., Lecturer in Biology of the Highest Qualification Category, Full Member of the Academy of Medical and Technical Sciences, MAEI “Samara Medical and Technical Lyceum”, Samara, Russian Federation. E-mail: dmi-gordon@yandex.ru

Please cite this article in English as:

Gordeev D.A. Algae-based plastics. *Politekhnicheskii molodezhnyy zhurnal*, 2024, no. 06 (95). (In Russ.). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/eco/iog/1013.html>