

**С.В. ПРУДНИКОВА, Т.Г. ВОЛОВА “ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ
ПОЛИГИДРОКСИАЛКАНОАТОВ – АНАЛОГА СИНТЕТИЧЕСКИХ
ПЛАСТМАСС: ЗАКОНОМЕРНОСТИ БИОРАЗРУШЕНИЯ В ПРИРОДНОЙ
СРЕДЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МИКРООРГАНИЗМАМИ”.
КРАСНОЯРСК: КРАСНОЯРСКИЙ ПИСАТЕЛЬ. 2012. 184 с.**

DOI: 10.7868/S0555109913040120

Монография начинается с Введения, в котором дано представление о масштабах применения синтетических полимеров, уровень потребления которых намного превосходит уровень восполнения ископаемых углеродсодержащих ресурсов, что вносит большой дисбаланс в углеродный цикл и сопровождается загрязнением биосферы. Традиционное применение синтетических пластиков привело к чрезмерному росту количества не утилизируемых отходов, что превратилось сегодня в глобальную экологическую проблему. Реальным решением проблемы и выходом из сложившейся ситуации является переход на материалы нового поколения, разрушающиеся в природной среде, т.е. вписывающиеся в глобальные биосферные круговоротные циклы.

Глава 1 посвящена общим вопросам использования синтетических пластиков в качестве упаковочного материала как части глобальной экологической проблемы. Предлагаются различные пути, подходы для ее решения: получение пластмасс на основе воспроизводимых природных полимеров, придание свойств биоразлагаемости используемым в настоящее время высокомолекулярным синтетическим материалам и производство биоразрушаемых полиэфиров химическим или биотехнологическими способами.

Биопластмассы на основе природных биоразлагаемых материалов типа крахмала, целлюлозы, хитозана или белков представляют собой композиционные материалы с различными добавками. Материалы, получаемые из смеси растительных и натуральных продуктов, основным компонентом которых является целлюлоза и ее производные, широко используются при изготовлении упаковки, одноразовых изделий и предметов первой необходимости. Другое направление связано с приданием свойств биоразрушаемости синтетическим полимерам, производимым и используемым в огромных количествах. Для этого в структуры пластиков необходимо вводить функциональные группы, способствующие ускоренному фоторазложению полимера, создавать композиции с биоразлагаемыми природными добавками, инициирующими

распад основного полимера, а также целенаправленно синтезировать биodeградируемые пластики на основе уже имеющихся промышленных технологий. К основным направлениям получения разрушаемых биопластиков относится также производство полимеров на основе гидроксикарбоновых кислот, полиэферы которых разлагаются в природной среде под действием экзодеполимераз почвенной и водной микрофлоры.

Для использования в качестве упаковочного материала наиболее перспективным материалом является полилактид – продукт конденсации молочной кислоты, получаемый как химическим способом, так биотехнологически при сбраживании декстрозы, сахарозы или мальтозы, зернового суслу или картофеля. Полилактид в компосте разлагается в течение месяца, он усваивается также микроорганизмами обитающими в морской воде.

Перспективы использования полигидроксиалканоатов в качестве альтернативы синтетическим полимерным материалам и основы регуляции их синтеза обсуждаются во второй главе. По применяемым методам культивирования бактерии-продуценты можно разделить на две группы. Для одной группы характерен синтез ПГА при избытке в среде источника энергии и углерода в среде, но при лимитировании роста одним из биогенных элементов (азот, фосфор, сера, калий, магний или кислород). Для бактерий второй группы питательная среда содержит все необходимые компоненты, концентрацию которых повышают по мере увеличения биомассы, а также вводят в состав среды дополнительные органические источники азота (кукурузный и соевый экстракты, рыбный пептон). При этом достигается высокий выход биомассы при высоком внутриклеточном накоплении ПГА, поскольку у этих микроорганизмов оба эти процесса конститутивно сбалансированы.

Глава 3 содержит данные по конструированию различных образцов изделий на основе ПГА и изучению процессов их биоразрушения. Было показано, что процесс биodeградации изделий зависит от химического состава полимера, метода

изготовления, размеров и формы изделия, а также температуры среды. В зависимости от этих факторов половина массы изделия может деградировать в течение 15–40 суток. Причем пленки могут подвергаться процессу биodeградации быстрее, чем прессованные формы. Однозначно установлена биологическая природа разрушения и положительная роль ПГА для развития почвенных микроорганизмов. Показано, что на поверхностях полимерных образцов формируется микробиоценоз, отличающийся качественно и количественно от контрольных образцов почвы.

В монографии охарактеризованы биохимические пути синтеза ПГА, их многообразие, свойства, масштабы промышленного производства и потенциальные области применения; показано, что этот класс полимеров в настоящее время вслед за полимерами молочной кислоты, становится реальным кандидатом, претендующим на роль материала XXI века, однако, без комплексного изучения процесса разрушения этих полимеров в сложных и меняющихся условиях природной среды невозможно прогнозировать последствия их “поведения” в биосфере при наблюдающемся росте объемов производства.

Исключительный интерес представляет материал по кинетике биodeградации ПГА в регионах, различающихся микробиоценозами: в почвах средних широт Сибири, в тропических почвах Вьетнама, на морском побережье, в морской воде в Южно-Китайском море, в солоноводном озере Шира и пресноводных водоемах. Было показано, что в условиях Сибири в течение двух полевых сезонов, различающихся погодными условиями, процесс биodeградации зависит как от химического состава полимера, так и от характеристики почвы — температуры, влажности, состава микробиоценозов. Установлено, что на полимерных образцах формируется микробиоценоз, качественно отличающийся от контрольных образцов поч-

вы в котором доминируют грибы, относящиеся к роду *Penicillium* и бактерии рода *Micrococcus*. В условиях тропиков процесс биodeградации пластиков протекает с большей скоростью, чем в условиях Сибири, что объясняется, в том числе, иным составом микрофлоры.

На основании анализа структуры микробных сообществ в почвах и морской воде выявлена сукцессия микроорганизмов, вызванная поступлением ПГА в почву. Важным аспектом работы является исследование физико-химических свойств образцов в процессе разрушения. С применением современных физико-химических методов (РЭМ, X-Ray, высокоэффективной жидкостной хроматографии) показано, что механизм разрушения полимеров, зависящий от состава микробиоценозов, реализующих этот процесс, различен и включает как одновременное, так и преимущественное разрушение аморфных и кристаллических регионов ПГА. Результаты позволяют оценить «емкость» окружающей среды при наблюдающемся росте масштабов выпуска и применения этого биотехнологического продукта.

Появление монографии С.В. Прудниковой и Т.Г. Воловой весьма своевременно, учитывая огромный интерес к созданию биodeградебельных полимеров, в том числе полигидроксиалканоев, а также наращивание объемов их выпуска и применения, с одной стороны, и практически полное отсутствие в концентрированном виде сведений о закономерностях разрушения этих полимеров в природе, с другой.

Практическая ценность издания для специалистов, работающих в этой области, не вызывает сомнений. Книга адресована биологам, экологам, биотехнологам, преподавателям и студентам биологических и химических факультетов университетов.

А.Г. Козловский, В.П. Желифонова