

УДК 502.5

БИОТИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПЛАСТИКОВ В ЭКОСФЕРЕ.

Тимофеева И.В. (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Научный руководитель – к.т.н., Кустикова М.А.

(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Цикл углерода испытывает антропогенное вмешательство, а в экосфере появились новые вещества, способные встроиться в глобальный цикл. В тезисах рассмотрены варианты биотических превращений пластиков и возможность их встраивания в круговорот углерода.

Введение. Биогеохимический цикл углерода – система незамкнутых и необратимых потоков веществ во всех оболочках Земли. Этот повторяющийся процесс взаимосвязанного преобразования и перемещения веществ на планете имеет циклический характер и происходит при обязательном участии живых организмов и часто нарушается антропогенной деятельностью. Человек за последние 70 лет произвёл более 9,2 млрд тонн пластиков, около 40% представлено в основном упаковочными материалами. Одноразовый пластик чаще всего не утилизируется: 76% пластиков в настоящее время размещены на полигонах и попали в компоненты окружающей среды. Таким образом пластики, которые поступают в компоненты окружающей среды подвергаются действию биотических и абиотических факторов, что ускоряет процесс возвращения в углеродный цикл. Адаптации к микропластиковому загрязнению начали демонстрировать некоторые бактерии, грибы и насекомые.

Цель работы: рассмотреть биотические превращения пластиков в экосфере.

Задачи:

1. Выяснить пути переноса пластиковых частиц между резервуарами;
2. Определить факторы, оказывающие влияние на процессы биоремедиации;
3. Проанализировать организмы, способные расщеплять пластики в процессе жизнедеятельности.

Основная часть. В воздушной среде в основном происходят абиотические процессы. Под воздействие солнечного света и воздушных потоков частицы разрушаются. Национальный центр научных исследований, Орлеанский университет при поддержке других научных организаций Франции и Великобритании собирали всё, что приносили воздушные массы на метеостанцию в Пиренейских горах. В статье в Nature Geoscience приводятся данные, что на квадратный метр садилось приблизительно 365 пластиковых микрочастиц ежедневно. Похожие количественные результаты описаны для Парижа. По другим исследованиям известно, что в городском воздухе пластиковые частицы выглядят как мельчайшие полиэтилентерефталатовые или полипропиленовые нити более 100 мкм в длину. Их источники: текстильная продукция и частицы от стирания шин. Те частицы, которые обнаружили в Пиренеях, были меньше – 25 мкм в длину и представляли собой полистироновые или полиэтиленовые фрагменты. Их источник предположительно – упаковочный материал. Пластиковые частицы размером не менее 5 мкм содержатся в воздухе над Атлантическим океаном. Они переносятся с поверхности ветром на расстояния до 1000 км, сообщается в исследовании, опубликованном Communications Earth and Environment. Все эти частицы могут выступать ядрами конденсации водяного пара, после чего в виде атмосферных осадков выпадать на поверхность почв, а также в океан.

Биотические процессы самоочищения могут быть результатом деятельности организмов естественных биоценозов, которые характеризуются включением пластиков в трофическую цепь, его дальнейшим окислением или трансформацией. Биотические процессы, как и абиотические, интенсивнее протекают в водной или почвенной среде. Например,

биохимические процессы, протекающие преимущественно под воздействием бактерий и других микроорганизмов, включающие гидролиз организмами высокомолекулярных соединений. Этот процесс можно считать биоремедиацией, но на него влияют некоторые факторы:

1. концентрация пластика в среде;
2. устойчивость организмов в биоценозе;
3. почвенно-климатические факторы (температура, влажность, гранулометрический состав и др.);
4. воздействие солнечной радиации;
5. скорость и наличие турбулентных течений;
6. химический состав среды.

Ключевая роль в процессах самоочищения принадлежит редуцентам и первичным консументам. Микроорганизмы наиболее чувствительны к изменениям окружающей среды. Появление новых веществ, пригодных в качестве питания, например, пластиков, может привести к мутациям у микроорганизмов. Подобная адаптация при частой смене поколений способствует биотической трансформации пластиков в компонентах окружающей среды.

Ideonella sakaiensis 201-F6 – граммотрицательные бактерии, способны разлагать полиэтилентерефталат (ПЭТ) при оптимальной температуре 30—37 °С. Под воздействием ферментов бактерий ПЭТ-пленка значительно разложилась через 6 недель при температуре 30 °С. Внеклеточный фермент петаза гидролизует ПЭТ до терефталевой кислоты и этиленгликоля. В исследовании, опубликованном в *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, в процессе гидролиза трех полиэфиров — полиэтилентерефталат (ПЭТ), полиэтиленфураноат (ПЭФ) и полибутиленадипаттерефталат (ПБАТ), использовалась жидкость из рубца крупного рогатого скота. Микробиом рубца насчитывает около 1010 микроорганизмов на 1 мл рубцовой жидкости и представлен несколькими сотнями видов, большинство из которых производят ферменты для переваривания клетчатки, крахмала и сахара. Рацион жвачных животных включает растительные полиэфиры и, следовательно, некоторые населяющие животных микроорганизмы способны синтезировать ферменты (эстеразы, липазы и кутиназы), расщепляющие сложноэфирные связи. Ранее также были описаны свойства расщиплять пластмассы у некоторых грибов, например, у нитчатого гриба *Fusarium oxysporum*, который способен расти и размножаться на среде, содержащей нити ПЭТ, и *Pestalotiopsis microspora*, способного разлагать полиуретан в процессе метанового брожения. *Aspergillus tubingensis* также способен гидролизовать полиуретан. Насекомые, способные питаться естественными полимерами также демонстрируют адаптации к пластикам. Так *Galleria mellonella*, гусеницы которой паразитируют в ульях медоносных пчёл и питаются воском продемонстрировали способность разлагать полиэтилен. Согласно статье в *Current Biology*, они не просто разгрызают полиэтилен, превращая его в микропластик, но воздействуют на него химически: по средствам гомогената гусениц полиэтилен расщепляется с этиленгликоля. Ранее способность расщеплять полиэтилен с помощью симбиотических бактерий была обнаружена у гусениц бабочки *Plodia interpunctella*.

Выводы. Таким образом, биотические процессы могут ускорять превращение пластика и интенсивно включать его в основной биогеохимический круговорот. Подобные процессы могут протекать в любых геосферах Земли в пределах экосферы, но особенно интенсивны будут для гидросферы и педосферы.