

# Органические отходы и методы их переработки

**Петросян В.С.<sup>1,2,3</sup>, Шипелов А.Е.<sup>3</sup>, Шувалова Е.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> **Химический факультет МГУ им. Ломоносова**

<sup>2</sup> **Российская академия естественных наук**

<sup>3</sup> **Акционерное общество «РТ-Инвест»**

**Ереван, 2023**

# Общая постановка проблемы

- ▶ В XX веке интенсивное увеличение населения Земли сопровождалось ростом производства и потребления различных органических продуктов (**бумага, картон, полимеры, пищевые и растительные продукты**) и, соответственно, образованием больших объёмов и количеств отходов производства и потребления.
- ▶ Наиболее богатыми по своему составу, однако, по-прежнему остались многообразные отходы, которые долгое время называли твёрдыми бытовыми отходами (ТБО), а теперь, **с 2015 года, именуют твёрдыми коммунальными отходами (ТКО).**

# Морфологический состав ТКО

- ▶ **Органические отходы** (бумага/картон, полимеры, пищевые и растительные отходы) **составляют до 80% всех ТКО.**
- ▶ Кроме того, в составе органических ТКО могут оказываться отходы, относящиеся к опасным: **лекарственные препараты, бытовая химия** и т.д., а также некоторые недифференцируемые ТКО: **древесные, текстильные, а также отходы, содержащие резину.**

# Бумага и картон

- ▶ К одному из старейших и наиболее разнообразных типов отходов на Земле относятся **отходы, произведённые из целлюлозы.**
- ▶ Целлюлозно-бумажные ТКО или «макулатура», под которыми подразумевают **все виды бумаги и картона, пригодные для применения в качестве волокнистого сырья,** занимают во всём мире ведущие позиции в морфологии отходов, т.е. **проблема их переработки, кажущаяся очевидной, всё ещё стоит довольно остро.**

# Из чего делают бумагу и картон?

- ▶ Изготавливают бумагу из волокнистых полуфабрикатов древесного происхождения, тряпичной полумассы (волокна хлопка, льна, пеньки), а также из самой макулатуры. Волокнистые полуфабрикаты древесного происхождения, включают в себя разные виды целлюлозы и древесных масс: **целлюлоза сульфатная; целлюлоза сульфитная; древесная масса; полуцеллюлоза; тряпичная полумасса.**
- ▶ Для производства некоторых специальных видов бумаги и картона применяют различные **полимерные и некоторые минеральные волокна.**

# Существующая проблема

**Возвращение целлюлозно-бумажной массы в её жизненный цикл является стратегически важным пунктом в рациональном управлении природными ресурсами,** но обеспечение эффективной работы предприятий с макулатурой, поступающей из ТКО – сложный и дорогостоящий процесс, для оптимизации которого требуется вовлечение населения в **процедуру сортировки ТКО ещё на местах их образования и предотвращение смешения целлюлозно-бумажных отходов с влажными органическими отходами.**

# Жизненный цикл бумаги и картона

Бумажные отходы



# Полимеры

- ▶ **Полимерные ТКО относятся к бионеразлагаемым веществам, которые при накоплении в природе способны вызывать ряд негативных последствий:** блокировка дренажных систем, выброс токсичных газов в атмосферу, умерщвление водной биоты и другие эффекты, наносящие ущерб здоровью людей, состоянию окружающей среды и мировой экономике.
- ▶ **В последние годы проблема утилизации полимерных изделий встала довольно остро в связи с накоплением в окружающей среде огромных количеств переработанных полимерных ТКО.** Уже в 70-е годы XX века в Мировом океане были обнаружены скопления плавающих на поверхности воды полимерных отходов, которые за эти годы превратились в целые острова, плавающих в центрах основных систем океанических течений.



# Свалки полимерных отходов на Земле и в Мировом океане

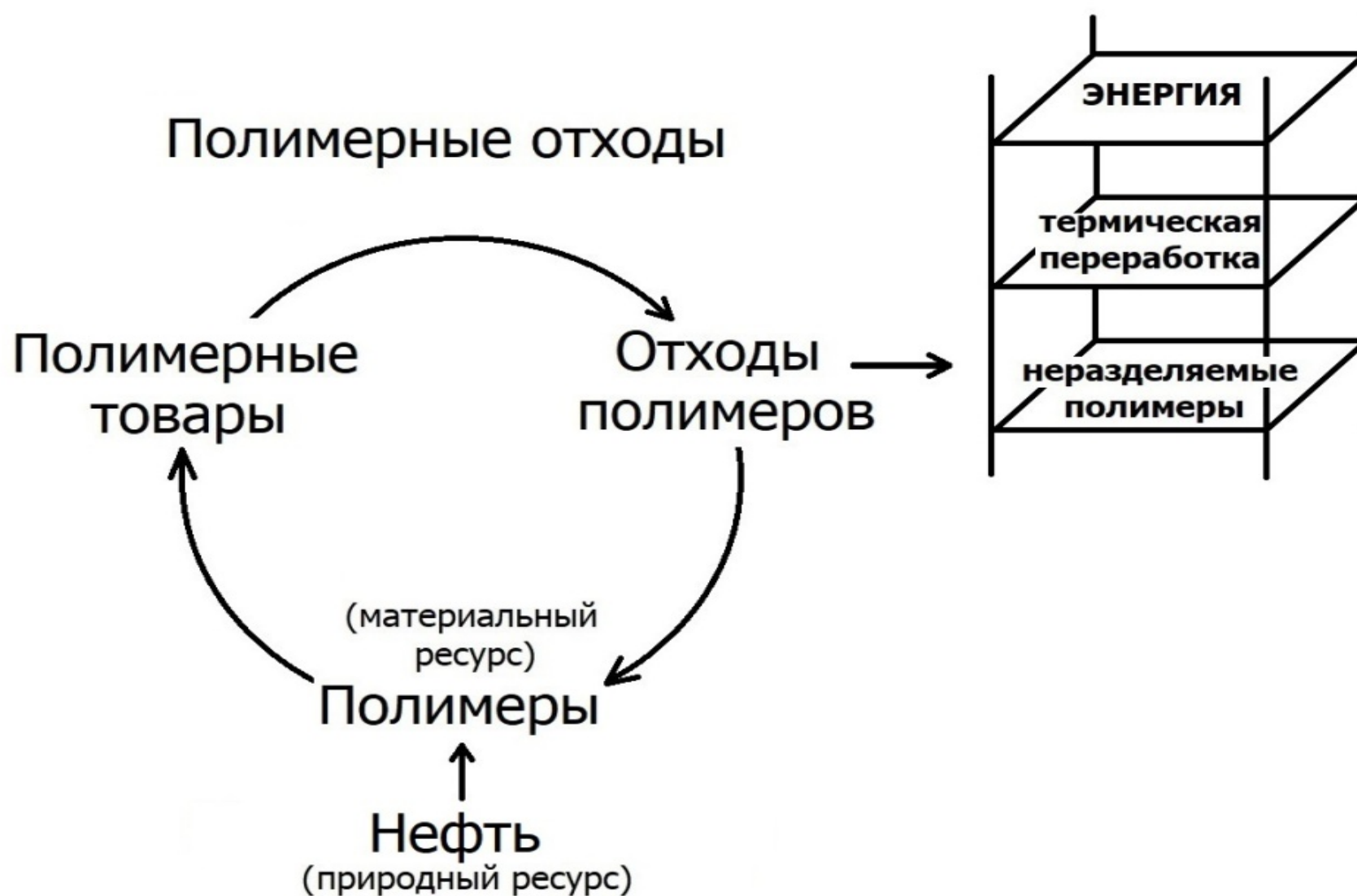


# Основные типы используемых полимеров

1. **Полиэтилентерефталат** (Polyethylene terephthalate, PET, PETE);
2. **Полиэтилен высокой плотности** (High-density polyethylene, HDPE);
3. **Поливинилхлорид** (Polyvinylchloride, PVC);
4. **Полиэтилен низкой плотности** (Low-density polyethylene, LDPE);
5. **Полипропилен** (Polypropylene, PP);
6. **Полистирол** (Polystyrene, PS);
7. **Другие полимеры** (Other, O).



# Жизненные циклы и этажерки различных полимеров



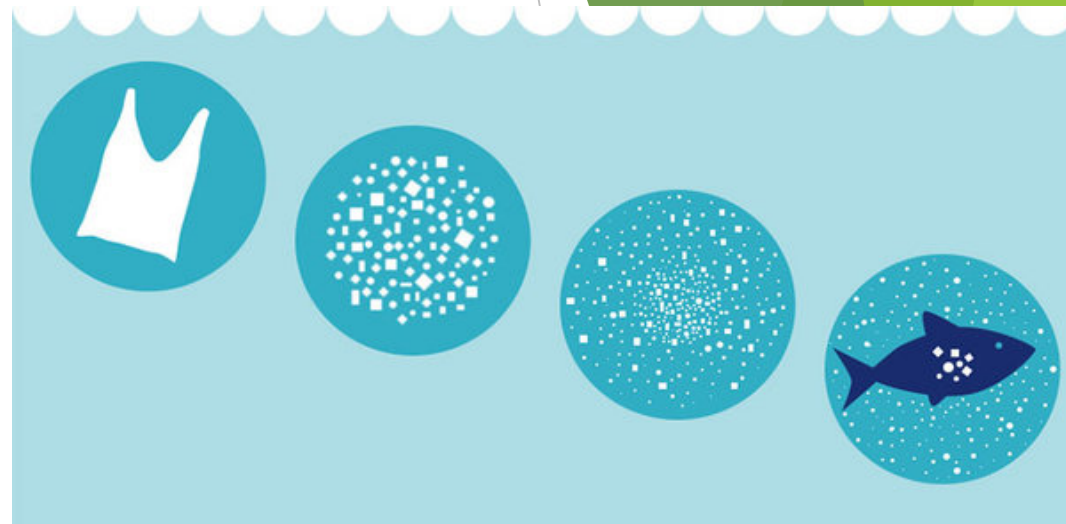
# Масштабы производства полимеров

- ▶ Полиолефины, то есть, полиэтилены низкой и высокой плотности, а также полипропилен являются наиболее распространёнными полимерами в общем потоке ТКО. Их доминирование объясняется широким применением в создании упаковок и тары, на которые приходится больше половины всех полимерных отходов.
- ▶ **В 2015г** производство полимеров в Европе составляло **58 млн т**, достигло пиковой отметки в **64,4 млн т в 2017г** и снизилось до **61,8 млн т в 2018г**.
- ▶ В глобальном масштабе эти цифры пока демонстрируют неуклонный рост: **322 млн т (2015г)**, **348 млн т (2017г)** и **359 млн т (2018г)**.

# Фотодеградация полимеров в окружающей среде

В водной среде полимеры разлагаются до микропластиков и поступают в пищевые цепи водных животных и птиц. **Фотодеградация полимеров происходит в поверхностной плёнке воды** - месте обитания нейстона, и сопровождается распадом на всё более мелкие частицы, оставаясь при этом полимерами.

**Этот процесс продолжается до молекулярного уровня!**



# Влияние на живые организмы

В организмы крупных животных микропластики попадают **как с водой, так и в ходе употребления в пищу планктона и других мелких животных.**

Крупные частицы полимеров обнаруживаются в пищевом тракте выбросившихся на берег морских животных и прибрежных птиц.

**Животные могут получать и механические повреждения** при контакте с полимерными отходами, попадать в полимерные сетки и кольца, из которых не могут выбраться, в результате чего погибают. **Больше всего этому явлению подвержены морские черепахи.**



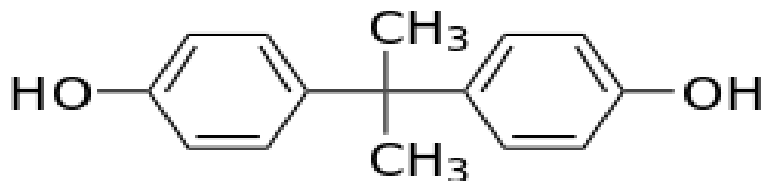
# Привлечение внимания к проблеме



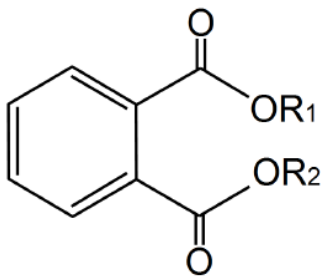
# Полимеры, как непосредственные ИСТОЧНИКИ ТОКСИКАНТОВ

Токсичные вещества могут поступать в окружающую среду из самих полимеров.

► Например, **бисфенол А**

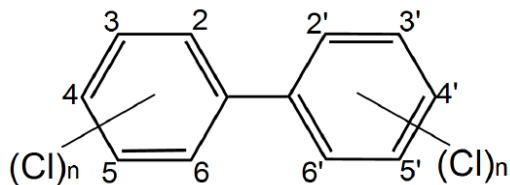


► **Фталаты**



**вымываются из полимерных  
отходов в процессе их  
фотодеградации, что приводит к  
дополнительному загрязнению  
окружающей среды сильными  
токсикантами**

► **ПХБ**





# Решение проблем с отходами полимеров – в их комплексной переработке

**В основе эффективной переработки полимерных ТКО лежит их корректное разделение, поскольку, в идеале, каждый тип полимера должен быть переработан в аналогичный вторичный материальный ресурс.** Небрежный сбор и плохая сортировка полимерных ТКО будут приводить к невозможности эффективно перерабатывать использованные полимерные продукты и, соответственно, будут приводить к утилизации не индивидуальных полимеров, а их смесей, что, естественно, будет понижать рентабельность итоговой переработки.

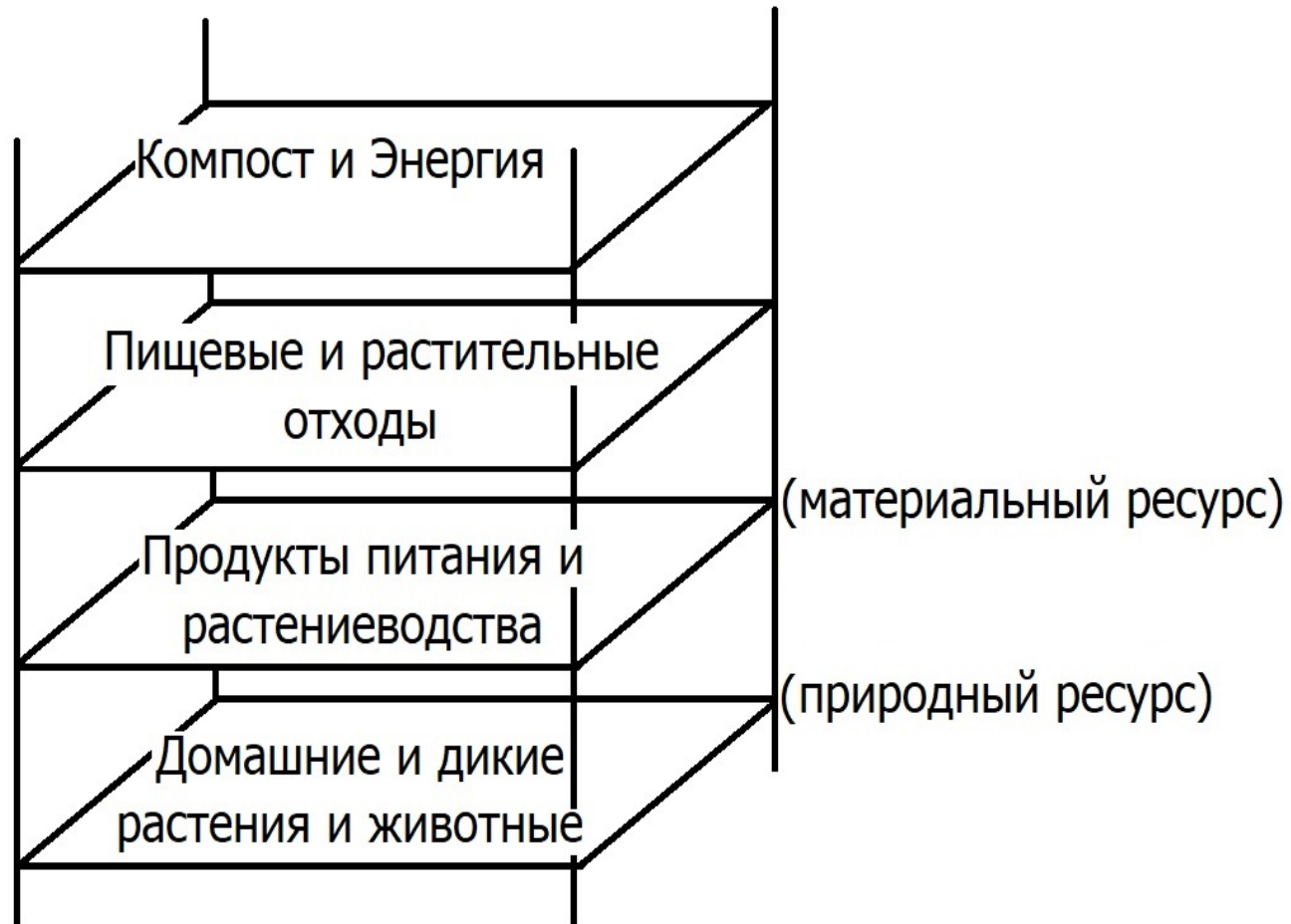


# Биоорганические: пищевые и растительные ТКО

- ▶ **Пищевые отходы могут быть как растительного** (хлеб и хлебобулочные изделия, кофейная гуща и чайная заварка, очистки овощей, фрукты, масла и приправы (в небольших количествах) и др.), **так и животного** (мясо, сыр, рыба, яйца и пр.) **происхождения.**
- ▶ **Под растительными же ТКО понимают всевозможные ландшафтные биоразлагаемые отходы, производимые в процессе садоводства и озеленения, включая:** скошенную траву, обрезки цветников и живых изгородей, листья, ветки, пни, изделия из незагрязнённой древесины и т.д.

# Жизненные циклы пищевых и растительных отходов

## Биоорганические отходы



# Распространённые методы обращения с биоорганическими ТКО

- ▶ «Фудшеринг»;
- ▶ Переработка в корм для животных;
- ▶ **Компостирование.**

Компост производимый из пищевых и растительных отходов позволяет предотвращать истощение почв, качество которых существенно ухудшилось за последние десятилетия в сельскохозяйственных районах по всему миру. Интенсивное культивирование, удаление верхнего слоя почв и применение синтетических удобрений и пестицидов только усиливает деградацию.

# Проблема захоронения пищевых ТКО

- ▶ Несмотря на то, что некоторые домашние хозяйства успешно практикуют компостирование собственных садовых и кухонных отходов на месте их образования, большинство их отправляется на полигоны, превращаясь в опасные отходы, поскольку, наряду с химическими процессами, протекающими в ходе их разложения, продуктами которых являются разнообразные токсичные вещества, **подобные свалки становятся источниками болезнетворных организмов: вирусов, инфекционных бактерий, кишечных палочек и паразитов.**
- ▶ Некоторые виды патогенных микробов, помимо сохранения в почве, могут попадать в грунтовые воды, переноситься по воздуху, а также распространяться с помощью летающих насекомых и диких животных. **Разложение пищевых и растительных отходов на полигонах также сопровождается образованием метана, который является парниковым газом, в 86 раз более сильным, чем CO<sub>2</sub>.**

# Биогаз

- ▶ Сокращение захоронения пищевых и растительных отходов может значительно снизить образование парниковых газов, поступающих в атмосферу с полигонов, в связи с чем уже более 20 государств во всём мире ограничили поступление этого типа отходов на свалки.
- ▶ В связи с тем, что процесс разложения пищевых отходов сопровождается образованием метана, ещё один способ их переработки - это производство топлива (биогаз).

# Другие варианты?

- ▶ Растительные отходы часто не пригодны для анаэробной переработки, поскольку могут содержать большие количества лигнина.
- ▶ **Вариантом также более предпочтительным, чем захоранивание пищевых и растительных отходов, является их переработка в энергию в процессе термической обработки.**
- ▶ **Этот метод управления отходами биологического происхождения в целом предпочтителен в тех случаях если они находятся в состоянии, непригодном для переработки каким-либо иным способом.** Это может быть старая свалка или смешанный поток отходов, разделение которого на фракции затруднительно или невозможно. Метод получения энергии при термической обработке пищевых и растительных отходов пришёл на смену обычному сжиганию и широко практикуется в мире в настоящее время, наравне с другими методами переработки.

# Термическая переработка ТКО в энергию

- ▶ Термическая переработка является хорошо зарекомендовавшей себя и предпочтительной практикой обращения с ТКО в ЕС и во всём мире, поскольку она приводит как к минимизации воздействия на окружающую среду при заполнении земель, так и к производству возобновляемой энергии. Технологии термической переработки ТКО являются наиболее широко применяемыми вариантами для преобразования содержащейся в отходах энергии в электроэнергию или для комбинированного производства тепла и электроэнергии.
- ▶ Современные предприятия могут экспортировать энергию с низким воздействием на окружающую среду. Типичная установка состоит из четырёх основных элементов: камеры сгорания, котла, системы очистки дымовых газов и парового цикла. Горячий газ, образующийся в камере сгорания, проходит через котёл для производства пара, который может быть использован непосредственно в качестве теплоносителя или может быть отправлен в паровую турбину для производства электроэнергии. Наконец, дымовые газы обрабатываются сорбцией и фильтрацией.



# Современные заводы по термической переработке ТКО в энергию



Завод Майсима (Осака, Япония)



Завод Шпиттелау (Вена, Австрия)



Завод-горноложный склон  
Амагер Бакке (Копенгаген, Дания)



# Отличие современных предприятий от предприятий старого типа

- ▶ Сегодня заводы по термической переработке отходов в энергию намного более продвинуты, чем мусоросжигательные заводы, построенные много лет назад.
- ▶ Во-первых, как следует из их названия, **современные установки не только на 90% уменьшают объём ТКО, но и извлекают из них энергию**, спрос на которую в мире неуклонно растёт, тогда как устаревшие предприятия пытались только уменьшить их объём.
- ▶ Во-вторых, благодаря техническому прогрессу, **как в технологиях сжигания, так и в очистке дымовых газов, термические процессы в настоящее время относятся к числу методов обработки с самыми низкими уровнями выбросов.**
- ▶ В настоящее время существует многообразие технологий получения энергии из отходов, в том числе и нетермическими способами (к примеру, анаэробное сбраживание), а также и широкий выбор самих термических методов, поскольку **классическое сжигание ТКО и его современные вариации по-прежнему остаются самыми распространёнными и проверенными методами конечного обращения с ТКО.**