МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам

«Изучение процессов деградации твердых бытовых отходов на полигонах и стихийных свалках»

по курсам «Экология», «Основы экологии», «Общая экология и неоэкология»

для студентов экологических и химических специальностей всех форм обучения, в том числе иностранных студентов

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол № 2 от 23.06.2016г.

Харьков
НТУ «ХПИ»
2016

Методические указания к лабораторным работам «Изучение процессов деградации твердых бытовых отходов на полигонах и стихийных свалках» по курсам «Экология», «Основы экологии», «Общая экология и неоэкология» для студентов экологических и химических специальностей всех форм обучения, в том числе иностранных студентов / Сост. Т.С. Тихомирова., О.В. Горбунова– Харьков: НТУ «ХПИ», 2016 г. – 12с.

Составитель: Т.С. Тихомирова
О.В. Горбунова

Рецензент проф., к.т.н. Рассоха А.Н.

Кафедра химической техники и промышленной экологии

ВСТУПЛЕНИЕ

Данные методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по курсам «Экология», «Общая экология», «Общая экология и неоэкология» по разделу «Полигоны твердых бытовых отходов». Накопления, утилизации, превращения твердых бытовых отходов является одной из самых важных экологических проблем как для Украины, так и для других стран. Соответственно изучение процессов, происходящих с отдельными элементами твердых бытовых отходов на полигонах и свалках, позволяет студентам в будущем ответственно и осознанно решать проблему уменьшения объема твердых бытовых отходов как на бытовом уровне, так и по месту работы.

При выполнении лабораторных работ с использованием данных методических указаний студенты получают навыки работы в команде, навыки точного измерения геометрических размеров и массы образцов, навыки измерения значения поверхностной энергии твердых тел.

В методических указаниях рассмотрены цели лабораторных занятий, приведен теоретический материал. Приведен перечень необходимых материалов и ход выполнения работы, после чего предложена форма отчета. Также в конце каждой лабораторной работы приведен список вопросов, ответив на которые, студент может самостоятельно судить о степени усвоения материала.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

Изучение деградации пищевых отходов на полигонах для складирования твердых бытовых отходов и в естественных условиях

Цель работы: Освоить лабораторные методы исследования процессов деградации пищевых отходов на полигонах для складирования твердых бытовых отходов и на стихийных свалках, выявить отличия в деградации пищевых отходов в зависимости от места их складирования, сделать выводы о приоритетных методах утилизации пищевых отходов.

1.1 Состав твердых бытовых отходов

К твердым бытовым отходам (ТБО) относятся отходы, образующиеся в жилых домах и точках общественного питания, а также в учреждениях любого профиля при наличии там пищеблока и не содержащие промышленных токсических отходов. По сути ТБО – это то, что мы каждый день выносим из дома в своем мусорном пакете и выбрасываем в специально оборудованные мусоросборники.

Состав ТБО разнообразен, они могут быть классифицированы по различным признакам. Условная классификация ТБО следующая [1-3]:

1) **пищевые отходы** – остатки неиспользованной еды, отходы производства пищи (кожура, огрызки, не съедобные части растений и т.д.);

2) **полимерные отходы** – как правило это ПЭТ –бутылки, использованные полиэтиленовые и полипропиленовые пакеты и кульки, стреч – пленка, прозрачные контейнеры из-под тортов, пакеты из-под молока, пластиковая одноразовая посуда, а также использованные одноразовые подгузники, синтетическая одежда

3) **бумажные и деревянные отходы** – поломанная и старая мебель, газеты, салфетки, бумажные пакеты, картонные коробки, старые книги и т.д.;

4) **алюминиевые отходы** – это жестяные банки из-под напитков и пищевая фольга;

5) **стеклянные отходы** – стеклянные бутылки и банки, разбитые стекла и зеркала;

6) **растительные отходы** – засохшие комнатные растения и букеты, мелкие ветки, опавшие листья;

7) **крупногабаритные отходы смешанной природы** – старая бытовая, аудио – видеотехника (стиральные машины, холодильники, утюги, чайники, блендеры, телевизоры, магнитофоны, компьютерная техника, мониторы и т.д.), отработанные лампы накаливания и дневного света;

8) **другие типы отходов** – среди них отдельным видом стоит ***упаковка Tetra Pak***, которая изготавливается из пятислойного материала, состоящего из слоев алюминиевой фольги, картона и полимерной пленки.

Соотношение различных видов отходов в общей массе всех ТБО значительно различается в разных странах. Это зависит от уровня жизни населения, культуры потребления и питания, условий и требования местных властей, климатической зоны и от ряда других факторов (табл.1.1).

Таблица 1.1 – Состав ТБО в различных странах

Вид отходов	Украина	Европейские страны	США
1	2	3	4
Бумага, картон	37,0	16,0	42,0
Пищевые отходы	30,0	29,9	12,0
Деревья, листья	2,0	–	–
Текстиль	5,5	2,0	0,6
Шерсть	–	–	2,4
Кожа, резина	0,5	–	–
Полимерные материалы	5,5	5,4	1,6
Уличные отходы	–	–	15
Прочие органические отходы	–	26,1	–
Кости	1,0	–	–
Металлы черные	3,3	2,8	4,0
Металлы цветные	0,5	0,4	4,0
Стекло	4,0	9,2	6,2

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4
Камни, керамика	1,0	–	11,0
Зола, шлак	9,7	-	-
Прочие неорганические отходы	-	7,2	1,4

На полигоны ТБО в соответствии с нормами возможно поступление и части промышленных отходов III и IV классов опасности в определенном количестве и/или в определенном виде (измельченные, упакованные в мешки и т.д.). Среди наиболее часто попадающихся промышленных отходов на полигоны ТБО следует выделить автомобильные шины различного диаметра, кровельные материалы, битый кирпич, обрезки кожевенной промышленности.

1.2 Понятие про полигоны и свалки

Полигонами ТБО называют специально оборудованные площадки для складирования ТБО [4]. Их основные признаки следующие:

1) полигоны ТБО обустраиваются на специально отведенных участках земли не сельскохозяйственного назначения, обязательно наносятся на карту населенного пункта и в генеральный план застройки населенного пункта, располагаются как правило за чертой населенного пункта;

2) полигоны ТБО обязательно имеют подъездную дорогу, ограждение, освещение, охрану, средства оповещения о пожаре и средства тушения пожара, противопожарный ров;

3) местоположение полигонов ТБО известно территориальным отделениям служб реагирования на чрезвычайные ситуации;

4) на полигонах ТБО имеются, как правило, заводы по сортировке или переработке мусора;

5) в состав полигонов ТБО входит техника для утрамбовки мусора и для укладки промежуточного изолирующего слоя земли (глины) или обрезков шин.

Свалки – это образовавшиеся стихийно места скопления различного мусора, в том числе и ТБО. Их основные признаки следующие:

1) местоположение свалок может быть любое, обычно на пустырях, вдоль обочин дорог, в лесопосадках;

2) местоположение свалок не известно территориальным отделениям служб реагирования на чрезвычайные ситуации;

3) на свалках мусор не подвергается никакой специальной дополнительной обработке.

Согласно законодательству, о всех выявленных свалках люди или специальные комиссии должны сообщать в территориальные отделения экологических служб или служб реагирования на чрезвычайные ситуации. В дальнейшем свалки подлежат закрытию, мусор с них должен быть вывезен на полигон, место свалки обработано дезинфицирующими средствами.

Опасность свалок заключается в следующем:

1) не контролируемости размножения вредителей, опасных болезней и грызунов;

2) неконтролируемости распространения огня в случае пожара, в сложности локализации пожара и в сложности выявления места пожара;

3) в загрязнении окружающих территорий опасными и токсичными отходами, которые свозятся на свалки без контроля.

1.3 Деградация пищевых отходов на полигонах ТБО и на свалках

Пищевые отходы имеют животное (мясо) или растительное (овощи, фрукты) происхождение. Соответственно пищевые отходы попадают в категорию органических отходов. Поэтому как на полигонах, так и на свалках они подвергаются процессу биологического распада и деградации под действием микроорганизмов при одновременном действии факторов светопогоды.

Различие в деградации пищевых отходов на полигонах и на свалках заключается в скорости процесса разложения и механизме разложения.

В слое полигона глубиной до 5 м процесс разложения органических отходов протекает в зависимости от доступа кислорода воздуха. В зонах аэрации наблюдаются аэробные процессы с накоплением аммиака, сероводорода, нитратов, нитритов, органических кислот (масляной,

пропионовой, молочной, олеиновой, пальмитиновой, уксусной), а также низших спиртов, водорода и воды. Аэробная биодеградация сопровождается повышением температуры до 60–80 °С, что способствует росту активности микроаэрофилов и факультативных анаэробов. При этом имеет место снижение растворимости кислорода и переход аэробных условий в анаэробные.

В анаэробных условиях биоразложение органического вещества замедляется, температура снижается, в среде накапливаются ацетаты, сложные органические вещества, аммиак, сероводород, углекислота и метан. Скорость протекания аэробных процессов замедляется в зимний период. Скорость протекания анаэробных процессов по сезонам практически не меняется. Такой тип разложения практически не реализуется на свалках.

Различают пять фаз процесса распада органической составляющей твердых отходов на полигонах [1]:

1-ая фаза – аэробное разложение;

2-ая фаза – анаэробное разложение без выделения метана (кислое брожение);

3-яя фаза – анаэробное разложение с непостоянным выделением метана (смешанное брожение);

4-ая фаза – анаэробное разложение с постоянным выделением метана;

5-ая фаза – затухание анаэробных процессов.

Первая и вторая фазы имеют место в первые 10–15 дней с момента укладки отходов, продолжительность протекания третьей фазы – от 180 до 500 дней. Длительность четвертой фазы 10–30 лет, если условия складирования не изменяются.

Процесс минерализации отходов происходит в течение первого года – на 12 см, второго года – на 21 см, третьего года – на 27 см и т.д.

Еще один фактор, влияющий на уменьшение объемов пищевых отходов на полигонах и свалках, – это естественный унос отходов ветром и животными. На полигонах он затруднен, поскольку слои мусора периодически засыпаются изолирующим слоем, а для борьбы с птицами и грызунами проводится комплекс мероприятий. На свалках все отходы лежат, так сказать, «в открытом доступе».

Массовый состав пищевых отходов в значительный степени зависит от сезона (табл. 2)

Таблица 1.2 – Ориентировочный состав пищевых отходов, %

Состав	Сезон года	
	Лето-осень	Зима-весна
Картофель и его очистки	25–38	38–50
Другие овощи	25–38	9–15
Фрукты	20–25	18–24
Мясо, колбаса	3–5	3–5
Мясные кости	3–4	3–4
Рыба, рыбные кости	2–3	2–3
Хлеб и хлебопродукты	2	2
Молочные продукты	0,5	0,5
Яичная скорлупа	0,5	0,5
Упаковка	5–8	5–15

1.4. Материалы и реактивы

Для выполнения лабораторной работы необходимы:

1) либо участок земли размером не меньше 2 х 2 метра, либо ящик (2 шт) с землей с размерами 2 х 2 х 2 м.

2) лопата

3) весы для взвешивания отходов с точностью до 0,01 грамма

4) штангенциркуль

5) пищевые отходы, подготовленные в соответствие с данными, приведенными в табл. 3. (перечень пищевых отходов может быть дополнен или изменен в соответствии с экономическими или климатическими, а также культурными особенностями студентов, выполняющих лабораторную работу)

1.5. Ход выполнения работы

Исследуемее образцы пищевых отходов, подготовленные в соответствии с данными табл. 1.3, взвешиваются на весах, по возможности маркируются с помощью неводорастворимых маркеров. Кусочки правильной геометрической формы (кусочки сыра, колбасы, конфеты и др.) измеряются с

помощью штангенциркуля. Данные заносятся в табл. 1.4, которая является примером оформления отчета по лабораторной работе.

Таблица 1.3 – Виды исследуемых пищевых отходов

Тип отходов	**Метод подготовки, вид, форма**	**Количество**
Плодоовощи целые сырые (картофель, лук репчатый, яблоко, морковь, свекла и т.д в зависимости от сезона)	очищенные от земли	каждого по 2 шт
Кожура от овощей и фруктов (картофеля, яблок, моркови, капустные листы и т.д.)	счищается стандартным кухонным ножом непосредственно в лаборатории	от каждого из овощей или фруктов из п.1 (с 2 шт)
Огрызки от яблок или груш	готовятся в лаборатории	по 2 шт каждого вида
Мясо или колбаса	свежие	кусочки по 25 гр (каждого вида отхода по 2 кусочка)
Рыба (сырая, приготовленная, консервированная, отходы от рыбы)	заранее приготовленные	
Сыр (в т.ч. брынза, сулугуни, адыгейский)	отрезаются в лаборатории	
Хлеб (белый, черный, бородинский, сладкая булка)	отрезаются в лаборатории	по 2 ломтика каждого вида
Плодоовощи после термической обработки	вареные или запеченные заранее	по 2 шт каждого вида
Яйцо вареное	варится вкрутую (10 мин) заранее	2 шт
Яичная скорлупа (от сырых и вареных яиц)	снимается с яиц заранее, сырая подписывается	от 2 вареных и сырых яиц
Конфета (в обертке и без)	свежие	по 2 шт каждого вида

Таблица 1.4 – Результаты исследования деградации пищевых отходов

№ образца	Тип пищевого отхода	Масса образца, г			Размер образца, мм или внешний вид		
		до экспозиции	после экспозиции на		до экспозиции	после экспозиции на	
			полигоне	**свалке**		**полигоне**	**свалке**
1							
2							

После всех измерений отходы раскладываются по двум емкостям (мусорным пакетам) в равных пропорциях и тщательно перемешивается (как дома).

В моделируемых условиях ТБО, попадающие на полигон, – это пакет с мусором, который закапывается в землю (или в ящик) на глубину примерно 30 см, предварительно по пакету с мусором можно потоптаться, порвать его в нескольких местах с целью максимального приближения к реальным условиям.

В моделируемых условиях ТБО, попадающие на свалку, – это пакет с мусором, мусор из которого высыпается на поверхность участка земли (или ящика с землей, который затем выносится на улицу) с высоты 1 м, мусорный пакет также остается среди пищевых отходов на свалке.

Измерение массы и размеров образцов после экспозиции на полигоне и свалке проводят через 3, 6 или 12 месяцев после помещения отходов в моделируемые условия.

Далее по каждому из образцов делается вывод о степени деградации (например, в процентах убыли массы от первоначальной) в зависимости от местонахождения (полигон или свалка).

По каждому типу отходов необходимо высказать предположение, почему данный тип отходов подвергся большей степени деградации на полигоне или свалке.

Например, **вареный картофель** потерял 25 % массы на полигоне и вообще не обнаружен на свалке. Это связано с тем, что вареный картофель является очень притягательной пищей для мышей и птиц и, возможно, он был полностью съеден мышами (крысами) или склеван птицами.

1.6 Содержание отчета о работе

1.Название работы, дата.

2. Цель работы.

3. Порядок выполнения работы (кратко)

4. Результаты исследования деградации пищевых отходо (табл.1.4).

5. Выводы о степени деградации каждого вида пищевых отходов по прошествии 6 или 12 месяцев с даты экспозиции.

Контрольные вопросы

1. Что такое ТБО, в чем их отличие от промышленных отходов, к какому классу опасности относятся ТБО?

2. Назовите примерный состав ТБО в Украине. Какие предметы домашнего обихода не должны попадать на полигоны для ТБО?

3. Назовите основное отличие полигонов от свалок.

4. Какие фазы деградации (разложения) проходят пищевые отходы на полигонах и свалках? Какая фаза деградации отсутствует на свалках?

5. Проанализируйте данные табл. 1 и выскажите предположение о причинах различного процентного соотношения разных типов мусора в составе ТБО в разных странах.

6. Проанализируйте данные табл. 2 и выскажите предположение о причинах различного массового состава пищевых отходов в зависимости от времени года.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

Изучение деградации полимерных отходов на полигонах для складирования твердых бытовых отходов и в естественных условиях

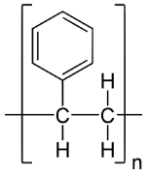
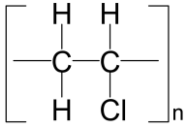
Цель работы: Освоить лабораторные методы исследования процессов деградации и превращения полимерных отходов на полигонах для складирования твердых бытовых отходов и на стихийных свалках, выявить отличия в деградации полимерных отходов в зависимости от места их складирования, сделать выводы о приоритетных методах утилизации полимерных отходов.

2.1 Виды полимерных отходов, входящих в состав ТБО

В состав ТБО входят различные по своей химической природе полимерные материалы, которые в зарубежной литературе чаще называют отходами нефтепереработки, поскольку в основе получения практически всех широко распространенных полимерных материалов лежат продукты перегонки нефти. Процентный состав полимерных отходов сильно отличается в разных странах, и в данном случае связан с законодательством в сфере охраны окружающей среды. Именно в законодательных актах и подзаконных актах, а также в санитарных нормах, разработанных на их основе, могут быть отражены запреты или ограничения на производство и использование тех или иных видов полимерных материалов. Например, в ряде стран ЕС в составе ТБО практически отсутствует полиэтилен, так как существует запрет на продажу и/или бесплатную раздачу пакетов и кульков из полиэтилена в любых торговых точках. Вместо полиэтиленовых разрешена продажа бумажных или биоразлагаемых пакетов [1-3]. Еще одним примером является большее, по сравнению с Украиной, количество бутылок из полиэтилентерефталата (ПЭТ-бутылок), попадающих на полигоны в странах ЕС (на душу населения). Это связано с привычками людей использовать такую тару однократно (как это и предусмотрено санитарными нормами), в отличии от украинской традиции многократного использования ПЭТ-бутылок в домашних условиях.

Основные виды полимерных материалов, а также изделия из них и срок их разложения в природе приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Полимерные материала, входящие в состав ТБО

№ п/п	Название, хим формула	Изделие	Срок распада в природе, лет	Пример готовой продукции
1	Полиэтилен $(C_2H_4)_n$	Кульки, пакеты-майки, бутылки из-под моющих средств	150-200	
2	Полипропилен $(C_3H_6)_n$	Емкости для жидкостей, пакеты, детские игрушки	100-150	
3	Полистирол 	Жесткая упаковка для пищевых продуктов, одноразовая посуда	80-90	
4	Поливинилхлорид 	Окна, трубы, непромокаемая обувь, строительные элементы, канцелярские товары	90-110	
5	Пенополиуретан (поролон)	Мочалки и губки для мытья посуды	200	

Отдельным видом плохо перерабатываемых полимерных изделий, которые попадают на полигоны, во всех странах мира является одноразовый подгузник, который в природе разлагается около 400 лет. Единственной страной, где есть программа для сжигания и использованных одноразовых подгузников с целью получения теплоносителя, является Германия, где работает теплостанция «на подгузниках». В остальных странах проблема утилизации использованных одноразовых подгузников не решена.

2.2 Понятие о деструкции, разложении и деградации полимерных материалов

Деструкция, или **деградация полимерных материалов** – это разрушение молекул полимера под действием разных факторов: температуры, УФ-излучения, радиации, взаимодействия с кислородом, механических нагрузок, влаги и т.д. В соответствии с влияющими факторами различают термическую, радиационную фотохимическую, окислительную, механическую деструкцию. В результате такого явления у полимера меняются физико-химические свойства и в значительной степени снижается прочность [5, 6].

Как правило, на полигонах или стихийных свалках происходит частичная деградация полимерных материалов под действием факторов светопогоды (перепады температур, УФ-излучение), которая сопровождается образованием более мелких хлопьев или кусков полимерных материалов по сравнению с исходными размерами. Такая частичная деградация во-первых, не решает проблемы накопления полимерных отходов на полигонах, а во-вторых происходит только в верхних слоях накопленного мусора, тогда как в нижних полимерные материалы лежат без изменения своих свойств десятилетиями.

Ошибочным является мнение, что если полимерный отход изменил свой цвет, то начался процесс его разложения. Когда любое изделие, входящее в состав ТБО, из полиэтилена, полипропилена или другого полимерного материала изменяет свой цвет, то в 95% случаев начинается деградация красителей, из которых был сделана надпись или картинка на поверхности изделия, т.е. наблюдается деструкция и деградация чернил, а не полимерного материала.

Разложение полимерных материалов – это процесс, приводящий к образованию простых химических соединений типа воды и углекислого газа,

реже метана, из высокомолекулярных соединений (полимеров). Процесс полного разложения полимеров на простые химические соединения осуществляется значительно труднее, чем низкомолекулярных органических соединений. В лабораторных условиях разложение полимерных материалов можно осуществить при высоких температурах (900–950 °С), но на полигоне или свалке процесс разложения полимерных материалов не реализуется. Именно с трудностью осуществления разложения полимерных материалов связан ежегодный рост их количества на полигонах.

Полимерные изделия, отсортированные по исходным полимерным материалам, могут быть подвергнуты вторичной переработке. Целью такого процесса является получение гранул полимерного материала, из которого в дальнейшем можно изготовить новые полимерные изделия. Как правило, из вторичных полимерных материалов изготавливают менее надежные и ответственные изделия по сравнению с изделиями из первичного полимерного материала. Из вторичного полимерного материала можно изготавливать пакеты, поддоны, цветочные кашпо и прочее. Процесс вторичного использования (переработки) полимерных материалов, входящих в состав ТБО, рекомендуется осуществлять по следующей схеме:

а) грубая сортировка и идентификация для отходов смешанного типа

б) измельчение отходов

в) разделение смешанных отходов

г) мойка отходов

д) сушка

е) грануляция

В последние несколько десяткилетий во многих странах мира активно разрабатываются и внедряются так называемые биоразлагаемые полимерные материалы.

Биоразложение, или биотическое разложение – это процесс, в результате которого полимерный материал разлагается под действием биотических компонентов (живых организмов). Микроорганизмы (бактерии, грибы, водоросли) используют полимеры как источник органических соединений (простые моносахариды, аминокислоты и т.д.) и источник энергии [7]. Другими словами, биоразлагаемые полимеры представляют собой «пищу» для микроорганизмов. Процесс, в результате которого органическое вещество, например полимер, превращается в неорганическое вещество (CO_2), называется **минерализацией**.

Биоразлагаемые пластики могут быть получены из возобновляемых (биомассы) и невозобновляемых (нефть) источников сырья.

Второе направление в создании полимерных материалов, изделия из которых после употребления способны быстро деградировать и разложиться в природе, – это создание окси-пластиков и изделий из них. В окси-пластиках в составе присутствуют специальные химические добавки, которые способствуют быстрому (за 6–36 месяцев) разложению полимерных материалов при сочетании действия УФ-излучения и тепла, или УФ-излучения и воды. Наиболее популярной и не влияющей на свойства изделия является добавка, имеющая торговое название «***d2w***» в полиэтилен. Окси-пакеты из такого полиэтилена с добавкой ***d2w*** разлагаются полностью на полигоне за 36 месяцев.

2.3 Экспресс–метод определения степени деградации полимерных материалов

В процессе воздействия на полимерный материал различных факторов на полигоне или свалке изменяются свойства его поверхности, а именно в верхнем слое происходит процесс окисления. Это, в свою очередь, приводит к изменению значения свободной поверхностной энергии полимерного материала.

Для жидкостей используется понятие **поверхностного натяжения**, а для твердых тел – **поверхностной энергии**. В обоих случаях это термодинамическая характеристика вещества, избыток энергии поверхностного слоя между соприкасающимися фазами, приходящийся на единицу площади разделяющей поверхности.

Каждая жидкость и каждый твердый материал обладают своим значением поверхностной энергии и поверхностного натяжения. Отсюда возникает понятие «смачивания» – это физическое взаимодействие жидкости с поверхностью твёрдого тела или другой жидкости. Если жидкость контактирует с твёрдым телом, то существуют две возможности:

1. Молекулы жидкости притягиваются друг к другу сильнее, чем к молекулам твёрдого тела. В результате силы притяжения между молекулами жидкости собирают её в капельку. Так ведёт

себя ртуть на стекле, вода на парафине или «жирной» поверхности. В этом случае говорят, что жидкость **не смачивает** поверхность;

2. Молекулы жидкости притягиваются друг к другу слабее, чем к молекулам твёрдого тела. В результате жидкость стремится прижаться к поверхности, расплывается по ней. Так ведёт себя ртуть на цинковой пластине, вода на чистом стекле или дереве. В этом случае говорят, что жидкость **смачивает** поверхность.

Степень смачивания характеризуется углом смачивания. Угол смачивания (или краевой угол смачивания) — это угол, образованный касательными плоскостями к межфазным поверхностям, ограничивающим смачивающую жидкость, а вершина угла лежит на линии раздела трёх фаз. Измеряется методом лежащей капли (рис. 2.1)

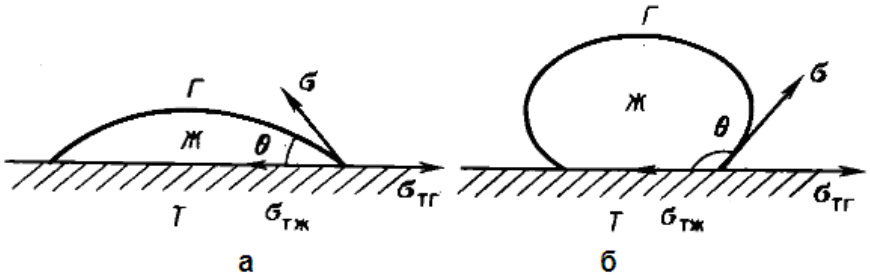


Рис. 2.1 – Капля смачивающей (а) и несмачивающей (б) жидкостей на поверхности твердого тела

Для экспресс–метода определения значения поверхностной энергии полимерного материала используют тестовые жидкости с известным значением поверхностного натяжения. Такие жидкости получили название тестовых чернил (так как в зависимости от значения поверхностного натяжения они различаются по цвету) и широко используются в полиграфической промышленности, когда необходимо быстро и с погрешностью ±1 мН/м определить значение поверхностной энергии полимерного материала, на который наносится изображение.

Значения поверхностной энергии полимеров, которые чаще всего попадают в состав украинских ТБО, представлены в таблице 2.2 [8].

Таблица 2.2 – Значение поверхностной энергии некоторых полимерных материалов

№ п/п	Название полимерного материала	Значение поверхностной энергии, мН/м
1	Полиэтилен	36–38
2	Полипропилен	32–34
3	Полистирол	36
4	Поливинилхлорид	40
5	Пенополиуретан	–

Экспресс-метод основан на том, что на чистую поверхность образца полимерного материала поочередно, с помощью кисточки, носят слой тестовой жидкости с известным значением поверхностного натяжения и визуально определяют характер поведения жидкости. Если жидкость собирается в капельки (рис 2.1, б) то такая жидкость не смачивает полимерный материал и, следовательно, значение поверхностной энергии твердого тела меньше, чем у тестовой жидкости. В таком случае переходят к следующей жидкости и так до тех пор, пока на поверхности полимера не будет картина, аналогичная рис 2.1, а.

Диапазон значений поверхностного натяжения представленных на отечественном рынке тестовых жидкостей – от30 до 44 мН/м с шагом 1 мН/м.

2.4. Материалы и реактивы

Для выполнения лабораторной работы необходимы:

1) либо участок земли размером не меньше 2 х 2 метра, либо ящик (2 шт) с землей с размерами 2 х 2 х 2 м.

2) лопата

3) весы для взвешивания отходов с точностью до 0,01 грамма

4) штангенциркуль

5) тестовые жидкости (тесовые чернила) или тестовые фломастеры с известным значением поверхностного натяжения

6) образцы полимерных материалов (готовятся из изделий, табл. 2.1)

2.5. Ход выполнения работы

Из образцов исследуемых полимерных изделий вырезают образцы правильной геометрической формы шириной не менее 10 см и высотой не менее 8 см. Из каждого изделия вырезают три одинаковых образца. Каждый образец взвешивается, измеряется штангенциркулем и маркируется. Для каждого типа полимерного материала отбирается один образец, для которого по описанной выше методике определяют значение поверхностной энергии с помощью тестовых жидкостей. Для пенополиуретана значение поверхностной энергии не определяется ввиду его пористой структуры.

Все данные заносятся в табл. 2.3, которая является примером оформления отчета по лабораторной работе 2.

Таблица 2.3 – Результаты исследования превращения полимерных отходов

№ образца	Наименование полимера	Значение поверхностной энергии образца, мН/м			Размер образца, мм или внешний вид		
		до экспозиции	после экспозиции на		до экспозиции	после экспозиции на	
			полигоне	**свалке**		**полигоне**	**свалке**
1							
2							

После всех измерений полимерные отходы раскладываются по двум емкостям (мусорным пакетам) в равных пропорциях и тщательно перемешивается (как дома). Для максимального приближения к реальным условиям к полимерным отходам можно добавить пищевые отходы (перечень указан в табл. 1.3)

В моделируемых условиях ТБО, попадающие на полигон, – это пакет с мусором, который закапывается в землю (или в ящик) на глубину примерно 30 см, предварительно по пакету с мусором можно потоптаться, порвать его в нескольких местах с целью максимального приближения к реальным условиям.

В моделируемых условиях ТБО, попадающие на свалку, – это пакет с мусором, мусор из которого высыпается на поверхность участка земли (или ящика с землей, который затем выносится на улицу) с высоты 1 м, мусорный пакет также остается среди пищевых отходов на свалке.

Определение значения поверхностной энергии и размеров образцов после экспозиции на полигоне и свалке проводят через 3, 6 или 12 месяцев после помещения отходов в моделируемые условия.

Далее по каждому из образцов делается вывод о степени деградации в зависимости от местонахождения (полигон или свалка). Для этого находим разницу (в процентах) между значениями поверхностной энергии до и после экспозиции.

2.6 Содержание отчета о работе

1.Название работы, дата.

2. Цель работы.

3. Порядок выполнения работы (кратко).

4. Результаты исследований превращения полимерных отходов (табл. 2.3).

5. Выводы о степени деградации каждого вида полимерных материалов по прошествии 3, 6 или 12 месяцев с даты экспозиции.

Контрольные вопросы

1. Какие виды полимерных материалов попадают на полигоны и свалки в составе ТБО? Приведите примеры изделий.

2. Что такое деструкция полимерных материалов?

3. Что такое разложение полимерных материалов?

4. Что такое биоразлогаемые полимерные материал?

5. Что такое окси-пластики?

6. Основные причины накопления полимерных материалов на полигонах?

7. Какие пути решения проблемы возрастания количества полимерных отходов на полигонах Украины вы можете предложить?

Список источников информации

1. Основні тенденції та закономірності утворення і переробки твердих побутових відходів в Україні / *Т.М. Довга* // Ефективна економіка. – 2012.– №10. – Режим доступу до журн.: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1491.

2. Міщенко В.С. Світ відходів і Україна в ньому / *В.С. Міщенко* // Дзеркало тижня. Україна. – 2012. - № 25. – с. 3-4.

3. Як українці знищували країну / *А.И. Люк* // Україна комунальна – 2012. – № 6. – Режим доступу до журн.: http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/jak-ukrajinc-znishhuvali-krajinu-29583.

4. ДБН В.2.4-2-2005 Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування. – Держбуд України. – Київ, 2005.

5. *Кузнецова О.Н.* Общая химическая технология полимеров. / Конспект лекций / *О.Н. Кузнецова*. – Казань, КГТУ, 2003. – 35 с.

6. Технология пластических масс / под ред. *В.В. Коршака*. – 3 – е изд., – М.: Химия, 1985. – 354 с.

7. Кржан А. Биоразлогемы полимеры и пластики / *А. Кржан*. – Режим доступу до брошюри: http://www.plastice.org/fileadmin/files/RU_Biorazgradljiva_plastika_in_polimeri_Krzan.pdf.

8. Справочник по пластическим массам / под ред. *В.М. Катаева, В.А. Попова, Б.И. Сажина.*– 2-е изд., – М.: Химия, 1975. – 458 с.