

Всероссийский конкурс учебно-исследовательских работ старшекласников  
по политехническим, естественным, математическим дисциплинам  
для учащихся 9-11 классов

химия и химические проблемы экологии

## **Сотовый поликарбонат**

Герасимова Екатерина Романовна,  
11 класс,  
МБОУ «Черновская СОШ»,  
МБОУ «Большесосновская СОШ»,  
МБУ ДО ЦТЮ «Полет»,  
Большесосновский район

Дегтерева Алена Григорьевна,  
учитель биологии и химии,  
Бахарева Ирина Петровна, педагог  
дополнительного образования,  
учитель

Пермь. 2018.

## Содержание

Введение.....	3
Глава I. Поликарбонат.....	5
1.1. Химическая характеристика сотового поликарбоната, как одного из видов полимерных материалов.....	5
1.2. История возникновения поликарбонат.....	6
1.3. Получение поликарбоната.....	7
Глава II. Преимущества, недостатки и срок эксплуатации сотового поликарбоната.....	10
2.1. Преимущества и недостатки сотового поликарбоната.....	10
2.2. Срок эксплуатации.....	12
2.3. Опрос сельских жителей.....	12
Глава III. Способы утилизация поликарбоната.....	14
3.1. Захоронение совместно с твердыми бытовыми отходами.....	14
3.2. Вторичная переработка.....	14
3.3. Деполимеризация.....	15
3.4. Термический рециклинг.....	17
3.5. Биологический способ.....	18
3.6. Пункты утилизации сотового поликарбоната.....	19
3.7. Рекомендации сельским жителям по утилизации сотового поликарбоната.....	19
Заключение.....	20
Используемые источники информации.....	22
Приложения	

## Введение

**Актуальность.** Довольно часто сегодня в сельской местности, а не только в крупных городах в быту активно используется сотовый поликарбонат. Появился он на рынке сравнительно недавно около 20 лет назад. Используется сотовый поликарбонат при строительстве зданий, в отделке, а также в последнее время в сельской местности при строительстве теплиц. Раньше для теплиц использовали стекло и полиэтилен. Сейчас используют поликарбонат, считая его современным, долговечным, удобным и прочным материалом в сравнении с обычным стеклом и полиэтиленом.

**Проблема.** Производители рекламируют, что срок службы сотового поликарбоната 5-20 лет. Действительно ли это так? Что входит в его состав? Наряду с положительными качествами сотового поликарбоната: долговечный, прочный, прозрачный, удобный в использовании (легко гнется, режется, легкий, не гниет), какие у него есть отрицательные качества? Как его утилизировать при необходимости? С этой проблемой столкнулись и жители нашего района. В частных хозяйствах стали скапливаться отходы сотового поликарбоната в основном от теплиц, который прослужил недолго. Жители утилизируют отходы сотового поликарбоната совместно с твердыми бытовыми отходами, т. е. просто выбрасывают на свалку.

**Противоречия.** На сегодняшний день в мире ежегодно производится более 3 млн. т. поликарбоната, и наблюдается тенденция ежегодного увеличения производства. Следовательно, количество отходов сотового поликарбоната с каждым годом будет только расти, что обуславливает необходимость решения проблемы эффективных экологически безопасных способов его утилизации.

**Объект:** сотовый поликарбонат.

**Предмет:** утилизация сотового поликарбоната.

**Цель:** поиск способов утилизации сотового поликарбоната.

**Задачи:**

1. Дать характеристику сотовому поликарбонату, как одному из видов полимерных материалов.
2. Узнать историю изобретения поликарбоната.
3. Выявить его положительные и отрицательные качества.
4. Узнать способы получения сотового поликарбоната.
5. Выяснить срок эксплуатации.
6. Провести анализ основных способов утилизации поликарбоната, выявить наиболее эффективные.
7. Разработать рекомендации по утилизации сотового поликарбоната жителям села.

**Гипотеза.** Одним из эффективных способов утилизации поликарбоната является вторичная переработка.

**Методы исследования.** Поиск и анализ информации, опрос, анализ, сравнение.

**Теоретическая значимость.** Сбор информации по сотовому поликарбонату и способов его утилизации.

**Практическая значимость.** Выявление эффективного способа утилизации сотового поликарбоната, рекомендаций по утилизации сотового поликарбоната.

**База исследования.** МБОУ «Большесосновская СОШ», с. Черновское, с. Большая Соснова Пермского края.

**Новизна.** Описаны способы утилизации сотового поликарбоната. Подготовка рекомендация при утилизации сотового поликарбоната для сельских жителей.

## Глава I. Поликарбонат

### 1.1. Химическая характеристика сотового поликарбоната, как одного из видов полимерных материалов

Поликарбонаты – группа термопластов, сложные полиэфиры угольной кислоты и двуатомных спиртов, общей формулы  $(-O-R-O-CO-)_n$ . Структурная формула поликарбоната представляет собой полимер (Рис 1).

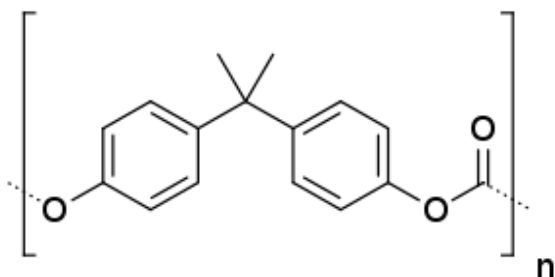


Рис. 1. Структурная формула поликарбоната – эфира бисфенола А

Поликарбонат – это прозрачный полимерный пластик, который хранится в виде гранул до самого момента переработки. Гранулы могут быть бесцветными, белыми или цветными. Перед началом производственного цикла гранулы очищают от пыли и влаги на специальных центрифугах. Путем специальной обработки выплавляются плиты сотового или монолитного поликарбоната.

Наибольшее промышленное значение имеют ароматические поликарбонаты, в первую очередь, поликарбонат на основе доступного бисфенола А  $C_{15}H_{16}O_2$  (4,4' - дигидрокси - 2,2 - дифенилпропан, дифенилолпропан технический, диан,ДФП) - химическое вещество, представленное обычно в виде гранул белого цвета (1-2 мм). Бисфенол А синтезируется конденсацией фенола и ацетона. В состав данного вещества входит: двухатомный фенол, вода, угольная кислота, растворители и красители.

В промышленности бисфенол А получают методом конденсации фенола с ацетоном в присутствии различных катализаторов, в частности, соляной кислоты (Рис.2).

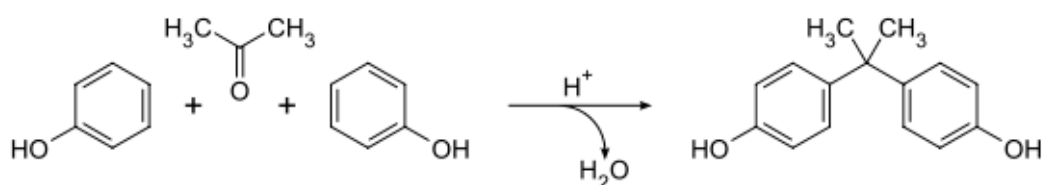


Рис. 2. Получение бисфенола А из фенола и ацетона

Сотовый поликарбонат имеет такой же химический состав и соответственно химический формулу, как и монолитный.

В отличие от монолитного сотовый поликарбонат имеет два (или больше) слоя пластин, между которыми проведены продольные перемычки – ребра жесткости разных форм. Наружная поверхность листа имеет специальное покрытие, обеспечивающее защиту от ультрафиолета. Повреждения его значительно сокращает срок службы панели и приводит к ее преждевременному разрушению.

Сотовый поликарбонат именуют еще ячеистым или структурированным. Однако в народе прочно закрепилось название «сотовый поликарбонат».

Поликарбонат является полимерным материалом, в состав которого входит бисфенол А, получаемый из фенола и ацетона. Интересно, какова история возникновения поликарбоната?

## 1.2. История возникновения поликарбоната

Первые упоминания о продукте, подобном поликарбонату, появились в XIX веке. В 1898 году получение поликарбоната впервые описал немецкий химик Альфред Эйнхорн.

В 1953 году Герман Шнелл, специалист немецкой компании «BAYER», получил соединение поликарбоната. Этот полимеризированный карбонат оказался соединением, механические свойства которого не имели аналогов среди известных термопластов, в это время поликарбонат запатентовали под маркой «Макролон».

В этом же 1953 году поликарбонат получил Дениель Фокс, специалист из известной американской компании «General Electric». Возникла спорная ситуация. В 1955 году её удалось решить, и компания «General Electric» запатентовала материал под маркой поликарбонат «Лексан».

Но это было всего лишь вещество-поликарбонат. До появления сотового (или ячеистого) поликарбоната как листового материала оставалось еще долгих 20 лет.

В начале 1970-х годов в поисках альтернативы тяжёлому и хрупкому стеклу поликарбонатом заинтересовалось правительство Израиля в целях использования его в сфере сельского хозяйства для изготовления теплиц, так как он идеально удерживал тепло.

Тогда совместно «General Electric» проводились опыты по производству прозрачных пластиковых изделий на оборудовании компании «Polygal» в Израиле. Так, в Израиле в 1976 году получили первый в мире сотовый лист из поликарбоната.

Таким образом, поликарбонат был получен более полувека назад (в середине 20 века), а активно использоваться стал сравнительно недавно.

Как его получают на производстве сегодня?

### **1.3. Получение поликарбоната**

На современном производстве синтез поликарбоната на основе бисфенола А производится двумя методами: методом фосгенирования бисфенола А и методом переэтерификации в расплаве диарилкарбонатов бисфенолом А.

**Метод переэтерификации.** При этом методе в расплаве в качестве исходного сырья используется дифенилкарбонат, реакцию проводят в присутствии щелочных катализаторов (метилат натрия) в вакуумированных реакторах периодического действия, при постоянной отгонке выделяющегося в ходе реакции фенола. Температуру реакционной смеси повышают ступенчато от 150 до 300 °С. Полученный расплав поликарбоната охлаждают и гранулируют. Этот метод хорош тем, что в производстве не применяется растворитель, однако, получить таким способом материал хорошего качества не выйдет, так как в составе в любом случае остаются остатки катализатора, кроме того, синтезируемый полимер имеет относительно небольшую молекулярную массу.

**Метод фосгенирование бисфенола А** проводят в растворе хлоралканов (обычно хлористого метилена  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) при комнатной температуре, существует две модификации процесса – поликонденсация в растворе и межфазная поликонденсация (Рис. 3):

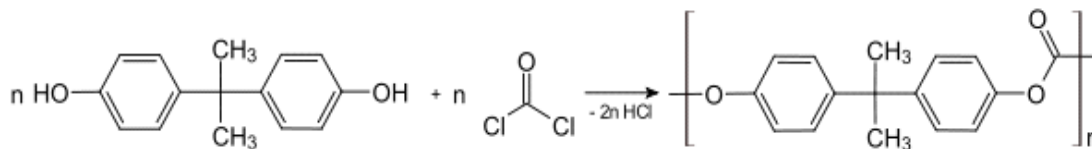


Рис. 3 Химизм процесса фосгенирования бисфенола А.

Методом **межфазной поликонденсации** А-бисфенола с фосгеном в органических и щелочных растворителях. **При поликонденсации** в растворе в качестве катализатора и основания, связывающего выделяющийся хлороводород, используют пиридин. Гидрохлорид пиридина, образующийся в ходе реакции, нерастворим в хлористом метиле и по завершении реакции его отделяют фильтрованием. От остаточных количеств пиридина, содержащегося в реакционной смеси, избавляются отмыванием водным раствором кислоты. Поликарбонат высаждают из раствора подходящим кислородсодержащим растворителем (ацетоном и т. п.), что позволяет частично избавиться от остаточных количеств бисфенола А, осадок сушат и гранулируют. Положительная сторона такого способа заключается в том, что производство происходит при низкой температуре в жидкой фазе. Однако высокая стоимость пиридина делает этот метод экономически невыгодным для производителя, кроме того для промывки полимера затрачивается много воды, которые сбрасывают в водоемы, загрязняя окружающую среду.

**В случае фосгенирования** в условиях межфазного катализа поликонденсация проводится в два этапа: сначала фосгенированием бисфенола А натрия получают раствор смеси олигомеров, которые содержат концевые хлорформатные -  $\text{O-CO-Cl}$  и гидроксильные -  $\text{OH}$  группы, после чего проводят поликонденсацию смеси олигомеров в полимер.



Достоинства метода - низкая температура реакции, применение одного органического растворителя, возможность получения поликарбоната высокой молекулярной массы; недостатки - большой расход воды для промывки полимера и, следовательно, большой объем сточных вод.

После синтеза поликарбонатную массу необходимо очистить от растворителей и побочных продуктов реакций, а затем еще теплым пропустить через экструдер для получения прутьев или гранул. На перерабатывающий завод сырье для поликарбоната (поликарбонатный гранулят) прибывает расфасованным в многослойные влагонепроницаемые мешки. Гранулят взвешивают и загружают для хранения в высокие склады с коническим, воронкообразным, дном, через которое сырье легко отбирать. Гранулят может быть бесцветным, белым или цветным.

Вывод: существует два метода получения поликарбоната: фосгенирования (межфазный катализ и межфазная поликонденсация) и переэтерификации. Основным методом является метод фосгенирования способом межфазного катализа, так как получается качественный поликарбонат с высокой молекулярной массой, используется дешевое сырье и производство проходит при низких температурах.

С точки зрения экологии оба эти метода не эффективны, так как загрязняют окружающую среду сточными водами.

Кроме того при переэтерификации получается некачественный поликарбонат из-за примесей, метод фосгенирования способом межфазной поликонденсации слишком дорогостоящий, поэтому экономически невыгодный.

Какие преимущества и недостатки имеет содовый поликарбонат и сколько лет он может прослужить?

## **Глава II. Преимущества, недостатки и срок эксплуатации сотового поликарбоната**

### **2.1. Преимущества и недостатки сотового поликарбоната**

Как и у любого материала у сотового поликарбоната есть свои преимущества и недостатки. Изучив различные источники информации, мы выяснили следующие.

К преимуществам сотового поликарбоната относятся:

1. Стойкость к ультрафиолетовому излучению. В процессе производства на поверхность листа методом соэкструзии наносится прослойка специального стабилизирующего покрытия, которое почти не пропускает УФЛ;
2. Разнообразие цветовых решений;
3. Безопасность в использовании;
4. Светопроницаемость (светопропускание панели зависит от ее цвета, и для неокрашенных листов данный показатель составляет от 83% до 90%. Прозрачные цветные панели пропускают не более 65% , при этом поликарбонат отлично рассеивает прошедший сквозь них свет);
5. Теплоизоляция (теплосопrotивляемость данного материала достигается не только за счет того, что внутри его содержится воздух, но и потому, что сам материал обладает большим тепловым сопротивлением, чем стекло такой же толщины. Коэффициент теплопередачи материала зависит от толщины и структуры листа);
6. Влагостойкость (данный листовой материал не пропускает и не поглощает влагу, что делает его незаменимым при проведении кровельных работ);
7. Устойчивость к химическим веществам (концентрированные минеральные кислоты, солевые растворы с нейтральной и кислотной реакцией, большинство видов восстановителей и окислителей, спиртовым растворам, за исключением метанола);
8. Гибкость;

9. Лёгкость ( $0,8 \text{ кг/м}^2$ ; из-за воздушных сот и ребер жесткости лист поликарбоната очень легкий. Вес сотового поликарбоната в десятки раз меньше веса обычного стекла аналогичной толщины);
10. Простота обработки;
11. Звукоизоляция;
12. Ударостойкость (панели благодаря сотовой структуре способны выдерживать значительные нагрузки. Вместе при длительном контакте с шероховатыми материалами достаточной твердости возможно образование царапин);
13. Пожарная безопасность (поликарбонат является химически стабильным и трудно воспламеняющимся материалом. При горении он не выделяет в атмосферу вредных веществ и не оказывает какого-либо другого деструктивного разрушительного воздействия на окружающую среду);
14. Не подвержен плесени;
15. Ценовая доступность;
16. Большой объем покрытия.

Для строительства теплиц наиболее важными являются следующие преимущества: теплоизоляция, светопроницаемость, легкость, большой объем покрытия.

Недостатков сотового поликарбоната в различных источниках информации было выявлено меньше, чем преимуществ:

1. Температурная деформация;
2. Неустойчивость к царапинам;
3. Необходимость специального покрытия для защиты от ультрафиолета;
4. Нестойкость к химическим веществам (ацетон, аммиак, сильнодействующие соли, щелочи, эфиры и хлор).

К сожалению, при строительстве и ремонте теплиц проявили себя такие недостатки как: хрупкость на морозе, неустойчивость к царапинам - при попадании влаги разрушается.

Какой же срок может прослужить сотовый поликарбонат, в том числе при строительстве теплиц?

## 2.2. Срок эксплуатации

Производители сотового поликарбоната гарантируют сохранение основных технических характеристик материала на срок службы до 20 лет, при условии соблюдения правил монтажа и ухода. Данные приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Срок эксплуатации сотового поликарбоната разными производителями

Производитель	Срок службы
Формика	10
Империя	10
Sellex	6-20
Тепло-пром	10-12
АгроСтрой	5-15
Полипласт	10

На основании данных таблицы, мы выявили, что разные производители гарантируют достаточно большой срок эксплуатации от 5 до 20 лет. А как же в реальности?

## 2.3. Опрос сельских жителей

Мы решили провести опрос среди сельских жителей, имеющих в домашнем хозяйстве теплицу из сотового поликарбоната, и задали им ряд вопросов:

1. Какой срок эксплуатации выдержала теплица из сотового поликарбоната?
2. Соблюдали вы правила монтажа и ухода?
3. Как вы его утилизировали?

Данные вопроса мы занесли в таблицу (Приложение 1).

Результаты опроса показали, что срок эксплуатации сотового поликарбоната, гарантированный производителями, гораздо меньше – варьируется от 2 до 10 лет. 13 человек из 25 опрошиваемых отметили,

что меняли листы из сотового поликарбоната при ремонте теплиц через 5-6 лет, а у 7 человек и того меньше от 4-2 лет. Лишь у 5 человек сотовый поликарбонат прослужил 8-10 лет. 10 человек из 25 опрошенных пояснили, что соблюдали при этом правила монтажа и ухода, а 13 человек ответили отрицательно. Наибольшее количество сельских жителей (20 человек) выбросили отходы сотового поликарбоната при ремонте теплицы на свалку вместе с ТБО (с твердыми бытовыми отходами). 5 человек сожгли вместе с мусором на огороде.

Возникают вопросы: правильно ли они его утилизировали, так как этот материал очень практичный, отходов от него достаточно много. Для рационального использования необходимо выявить способы утилизации сотового поликарбоната, которые будут способствовать его неоднократному использованию, выявить наиболее эффективный.

## **Глава III. Способы утилизация поликарбоната**

### **3.1. Захоронение совместно с твердыми бытовыми отходами**

В России в настоящее время поликарбонат утилизируется совместно с твердыми бытовыми отходами. Известно, все полимерные материалы не способны к саморазложению естественным путем, а его огромные скопления на свалках несут в себе серьезную угрозу экологии нашей планеты. Объемы поликарбонатных отходов составляют около 50 тысяч тонн в год. Поэтому данный способ является не только неэффективным, но и вредным для окружающей среды.

### **3.2. Вторичная переработка**

К вторичной переработке относят литье под давлением, экструзия и др.

Литье поликарбонатов под давлением осуществляется при температурах 240-300° С. При температуре выше 340° С они разлагаются. В литьевую массу на основе поликарбоната иногда вводят краситель, замутнитель и стабилизаторы, материал поступает на переработку в гранулированном виде.

Одним из основных недостатков такого способа является то, что при повышенной температуре или при действии воды или агентов, вызывающих набухание, могут быть причиной растрескивания изделий. Поэтому для снижения внутренних напряжений, возникающих при быстром ее охлаждении, а также для улучшения текучести расплава температуру литьевой формы необходимо поддерживать в пределах 80 - 120 °С. и поверхность формы должна быть отполирована хорошо отпалирована.

Также поликарбонат имеет очень высокую вязкость в расплаве, что затрудняет его переработку.

Этот способ очень сложный в производстве, требует специальных средств, знаний и оборудования.

**Использование вторичного поликарбоната.** Многие компании занимаются сбором и переработкой сырья, оставшегося от использования полимеров, и получают из отходов поликарбоната вторичную гранулу, которую охотно приобретают различные предприятия. Такие отходы

поликарбоната, как пластиковые бутылки, посуда, канистры, мешки, элементы детских площадок, бракованная продукция, отходы при использовании и монтаже листов поликарбоната – всё это становится сырьём для переработки и получения вторичной гранулы для производства новой качественной продукции.

Производство вторичной продукции из отходов поликарбоната - это не такой простой процесс, как может показаться. Во-первых, во многих случаях требуются дополнительные процессы очистки сырья. К примеру, для изготовления компакт дисков исходный материал очищается от металлических примесей. Для изготовления деталей для бытовой техники, вторичный поликарбонат смешивают с другими видами пластмасс. А для получения композиционных материалов, отходы смешиваются со строительными синтетическими материалами.

Во-вторых, такие отходы включают сложный процесс, который состоит из прессования очищенных отходов, плюс последующего дробления полученных вторичных гранул, пригодных для изготовления различных изделий. В результате отходы поликарбоната могут быть в виде дроблёного материала, вторичных гранул, монолитных глыб.

К сожалению, вторичная переработка сотового поликарбоната часто сопровождается снижением эксплуатационных свойств, так как под воздействием ультрафиолетового излучения он подвергается фотодеструкции, что значительно снижает механические и оптические свойства, делая материал некачественным для вторичной переработки. Кроме того утилизация продуктов вторичной переработки практически невозможна, что создает еще большие экологические проблемы. Значит этот способ не всегда эффективный.

### **3.3. Деполимеризация**

Деполимеризация – это процесс превращения полимера в мономер или смесь мономеров.

Наиболее перспективным методом утилизации отходов поликарбонатов является метод химической утилизации.

Метод деполимеризации ароматических поликарбонатов, по которому поликарбонат подвергается деполимеризации в среде жидкого диоксида углерода с использованием воды или ароматических или алифатических спиртов при критических условиях. Данный метод позволяет получать дифенилолпропан с выходом 16,5-93% и с одновременным получением производных диалкил- и диарилкарбонатов, которые могут использоваться как мономеры в синтезе поликарбонатов. К недостаткам данного способа следует отнести проведения процесса при высоких давлениях (до 228 атм) и температурах (200-250°C), что усложняет аппаратное оформление процесса и делает его энергозатратным, многостадийным и трудоемким.

Способ восстановления бисфенолов и диарилкарбонатов из отходов ароматических поликарбонатов методом щелочного фенолиза. Отходы нагреваются в присутствии избыточного количества фенола и эффективного количества основного катализатора. Образующаяся смесь состоит из фенола, бисфенола, дифенилкарбоната и олигомеров поликарбоната. После чего смесь концентрируют путем отделения лишнего фенола для облегчения разделения аддуктабисфенола. Восстановление бисфенола из аддукта может быть достигнуто отгонкой фенола. Маточный раствор, оставшийся после отделения аддукта, обрабатывается органической карбоновой кислотой. Дистилляция маточного раствора приводит к отгонке фенола далее диарилкарбоната. Кубовые остатки состоят из олигомеров поликарбоната. К недостаткам данного способа следует отнести многостадийность, трудоемкость процесса выделения и разделения продуктов деполимеризации поликарбонатов и необходимость использования карбоновых кислот.

Способ восстановления бисфенолов из отходов полиэфиров. Метод восстановления бисфенолов из отходов полиэфиров заключается во взаимодействии отходов полиэфиров с водным раствором аммиака, в растворителях (хлорированных углеводородах). Аммонолиз происходит в



две фазы: верхняя фаза - водная и нижняя фаза - органическая, содержащая растворитель (хлорированные углеводород) и бисфенолы (в т.ч. дифенилолпропана). Бисфенолы выделяют из раствора либо методом осаждения водой с последующей фильтрацией или отгонкой растворителя. Выход целевого продукта бисфенола составляет 76-98,5%. К недостаткам данного способа следует отнести большую продолжительность процесса (18-24 часа), сложность процесса разделения продуктов аммонолиза поликарбонатов (в частности, бисфенолов и карбамида) и необходимость использования органического растворителя.

Способ восстановления дифенилолпропана из термопластичного полимера, содержащего бисфенольные фрагменты. Путем набухания поликарбоната (в метаноле) с последующей обработкой водным раствором аммиака, с образованием водоспиртового раствора, состоящего из мочевины и аммонийной соли дифенилолпропана. Далее отгоняется низко-кипящий метанол и избыток аммиака. Далее в раствор, состоящий из растворенной мочевины и частично выпавший в осадок дифенилолпропан, добавляется достаточное количество воды для полного осаждения дифенилолпропана с последующей его фильтрацией. Дифенилолпропан после сушки и очистки предлагается использовать как ценный химический реагент. Мочевину, оставшуюся в растворе, предлагается использовать как готовый товарный продукт или использовать продукты деструкции мочевины - аммиак и диоксид углерода. Выход дифенилолпропана составляет около 99%. К недостаткам данного способа следует отнести необходимость использования агента набухания, что усложняет и удорожает процесс, и сложность процесса разделения продуктов аммонолиза поликарбонатов (в частности бисфенолов и карбамида).

### **3.4. Термический рециклинг**

Термический рециклинг (сжигание, пиролиз). Изобретение относится к способу переработки поликарбоната с получением сорбента. Проводят пиролиз поликарбоната в среде каменноугольного песка в интервале

температур 350-380°C. Твердый остаток пиролиза подвергают химической активации путём его термообработки в смеси гидроксидом щелочного металла. Данный способ позволяет получить такие необходимо-важные продукты, как фенол, 4-изопропилфенол и углеродный сорбент.

Способ достаточно эффективный, так как образуются продукты (фенол, активированный уголь) которые активно используются в химической промышленности.

### **3.5. Биологический способ**

Весьма оригинальное решение утилизации поликарбоната предложили американские учёные из American Chemical Society Мукеш Дobl и Тришэл Эртем. Проведя весьма любопытное исследование, они выяснили, что такие вещества, как поликарбонат, можно утилизировать с помощью паразитического грибка.

Исследование показало, что некоторые виды грибов-паразитов могут при определённых условиях поглощать бисфенолаА и другие составляющие поликарбоната, в процессе успешно расщепляя пластик. Ученые подвергли поликарбонат воздействию ультрафиолетового излучения и высоких температур, после чего, создав питательную среду для роста грибка, «поселили» в поликарбонате несколько колоний разных видов плесневого и паразитического грибка, способного поглощать и перерабатывать разные виды отходов.

В процессе исследования грибок успешно разросся и переработал поликарбонат, используя его химические составляющие (в том числе и БФА) в качестве источника энергии для своей жизнедеятельности.

Это самый инновационный эффективный способ, который является экологически безопасным. Но на данный момент он еще не получил широкого применения, в России не применяется.

Вывод: сегодня в России самый распространенный способ утилизации – захоронение совместно с ТБО. Также применяется вторичная переработка (литье под давлением, экструзия и др.), деполимеризация, термический

рециклинг (сжигание, пиролиз). Самый эффективный, экологически безопасный - биологический способ разрабатывается зарубежом, в России не применяется. Жители сельской местности согласно данным проведенного опроса утилизируют отходы сотового поликарбоната совместно с ТБО или сжигают. Оба этих способа сильно загрязняют окружающую среду. Вторичную переработку и другие химические способы сельские жители не используют. Интересно, почему, где находятся ближайшие пункты утилизации сотового поликарбоната?

### **3.6. Пункты утилизации сотового поликарбоната**

Проведенный анализ информации показал, что в России пункты утилизации сотового поликарбоната располагаются в основном в крупных городах: Москва, Санкт- Петербург, Самара и других. В Пермском крае пунктов нами не было выявлено. Ближайшим пунктом является....

Таким образом, для предприятий- производителей в Пермском крае есть возможность освоить производство по утилизации сотового поликарбоната. К сожалению, для сельских жителей вопрос остается открытым.

### **3.7. Рекомендации сельским жителям по утилизации сотового поликарбоната**

Мы решили создать рекомендации по утилизации сотового поликарбоната, которые могут использовать жители нашего района (Приложение 2).

## Заключение

С каждым днем проблема утилизации сотового поликарбоната увеличивается, а значит идет поиск экологически безопасных способов его утилизации.

В ходе исследования мы выяснили, что поликарбонат является полимерным материалом, в состав которого входит бисфенол А, получаемый из фенола и ацетона.

Поликарбонат был получен более полувека назад (в середине 20 века), а активно использоваться стал сравнительно недавно.

Основным методом получения поликарбоната является метод фосгенирования способом межфазного катализа, так как получается качественный поликарбонат с высокой молекулярной массой, используется дешевое сырье и производство проходит при низких температурах, но при этом происходит загрязнение окружающей среды.

Для строительства теплиц наиболее важными являются следующие преимущества: теплоизоляция, светопроницаемость, легкость, объем покрытия. Но, к сожалению, при строительстве и ремонте теплиц проявили себя следующие недостатки: как хрупкость на морозе, так и неустойчивость к царапинам - при попадании влаги разрушается.

Результаты опроса показали, что срок эксплуатации сотового поликарбоната, гарантированный производителями от 5 до 20 лет. В реальности гораздо меньше от 2 до 10 лет.

Нами были выявлены несколько способов утилизации (захоронение совместно с ТБО, вторичная переработка, термический рециклинг, деполимеризация, биологический способ). Сегодня в России самым распространенным способом утилизации является захоронение совместно с ТБО. Наиболее эффективный, экологически безопасный - биологический способ в России не используется.

Гипотеза о том, что одним из эффективных способов утилизации поликарбоната является вторичная переработка, подтвердилась частично, так

как он является эффективным способом в России. За рубежом на сегодня разрабатывается биологический способ, который в России не применяется.

Пункты утилизации сотового поликарбоната в России располагаются в крупных городах, что затрудняет возможность его сдачи для сельских жителей. Именно поэтому именно поэтому его утилизируют двумя способами: сжигание и утилизация на свалках совместно с ТБО.

Для жителей сельской местности мы разработали памятку по утилизации сотового поликарбоната.

Создавая новые полимерные материалы всегда важно думать не только о производстве, но и об эффективных способах их утилизации, чтобы сохранить окружающую среду.

## Используемые источники информации

1. Бахтияров Р.Ф. Сотовый поликарбонат - современное энергосберегающее покрытие для теплиц // Гавриш, 2011 №3.
2. Власов С.В., Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Н. и др. - Основы технологии переработки пластмасс Год выпуска: 2004
3. Каримова Г.Г. Исследование характеристик материала поликарбонат // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, 2014, №1.
4. Ковтун В.А. Полимерные материалы и наполнители: свойства, технологические режимы обработки давлением – Учебное пособие. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2010.
5. Мантиа Ф. - Вторичная переработка полимеров - М., Профессия, 2006.
6. Пантелеев А.П. - Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс 1986...
7. Поликарбонат. Применение в современном строительстве – СПб: НОТ, 2010
8. Семчиков Ю.Д., Жильцов С.Ф., Зайцев С.Д. Введение в химию полимеров: учебное пособие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2012
9. Синтез углеродных сорбентов из отходов поликарбоната методом химической активации, Сурков А.А. Глушакова И.С., Балабенко Н.А. // Технические науки, фундаментальные исследования № 9, 2012.
10. Тадмор З., Гогос К., Теоретические основы переработки полимеров. Пер. с англ. – М.: Химия, 1984, ил. – Нью-Йорк, 1979.
11. Технология переработки полимеров: Ч 1: Основы технологии переработки пластмасс. / под ред. Кулезнева В.Н., Гусева В.К.
12. Торнер Р.В. - Оборудование заводов по переработке пластмасс Год выпуска: 1986 Автор: Торнер Р.В. Издательство: «Химия» Формат: DjVu...
13. Шварц О. - Переработка пластмасс Год выпуска: 2005 Автор: Шварц О. Жанр: полимеры Издательство: Профессия...
14. <https://teplica-exp.ru/vidy-polikarbonata/>виды поликарбоната

## Данные опроса сельских жителей

№	Населенный пункт	Вопрос 1 «Какой срок эксплуатации выдержала теплица?»	Вопрос 2 «Соблюдали ли вы правила монтажа и ухода?»	Вопрос 3 «Как вы его утилизировали?»
1	с. Черновское	8	нет	выбросили на свалку с ТБО
2	с. Черновское	5	нет	сожгли
3	с. Черновское	9	да	сожгли
4	с. Черновское	5	нет	выбросили на свалку с ТБО
5	с. Черновское	10	да	выбросили на свалку с ТБО
6	с. Черновское	6	нет	выбросили на свалку с ТБО
7	с. Черновское	6	нет	выбросили на свалку с ТБО
8	с. Черновское	8	да	выбросили на свалку с ТБО
9	с. Черновское	9	да	выбросили на свалку с ТБО
10	с. Черновское	5	нет	выбросили на свалку с ТБО
11	с. Б-Соснова	2	нет	сожгли
12	с. Б-Соснова	4	нет	выбросили на свалку с ТБО
13	с. Б-Соснова	6	да	выбросили на свалку с ТБО
14	с. Б-Соснова	3	нет	выбросили на свалку с ТБО
15	с. Б-Соснова	6	нет	выбросили на свалку с ТБО
16	с. Б-Соснова	3	нет	сожгли
17	с. Б-Соснова	5	да	выбросили на свалку с ТБО
18	с. Б-Соснова	6	да	выбросили на свалку с ТБО
19	с. Б-Соснова	2	нет	сожгли
20	с. Б-Соснова	6	да	выбросили на свалку с ТБО
21	с. Б-Соснова	4	нет	выбросили на свалку с ТБО
22	с. Б-Соснова	3	нет	выбросили на свалку с ТБО
23	с. Б-Соснова	6	да	выбросили на свалку с ТБО
24	с. Б-Соснова	6	нет	выбросили на свалку с ТБО
25	с. Б-Соснова	5	да	выбросили на свалку с ТБО

## Рекомендации по утилизации сотового поликарбоната

Уважаемые жители!

Многие из вас используют при строительстве теплиц сотовый поликарбонат. Через несколько лет, когда он придет в негодность будет необходимо его утилизировать. Чтобы позаботится о чистоте окружающей природной среды, прислушайтесь к следующим рекомендациям:

1. Не сжигайте сотовый поликарбонат, так как при этом он просто меняет форму и уменьшится в объеме.
2. Не выбрасывайте вместе с ТБО на свалку, так как это химический полимер и срок его разложения более 500 лет, он загрязняет значительные площади.
3. Во время разложения из пластика в окружающую среду выделяются токсические вещества, отравляющие почву и воду (формальдегид, фенол и другие).
4. Найдите ближайший пункт вторичной переработки сотового поликарбоната. Использование вторичного поликарбоната дает возможность экономить на первичном сырье и использовать его для изготовления других изделий.
5. Благодаря приему отходов поликарбоната на переработку уменьшается вредное воздействие на экологию, и решаются сырьевые проблемы. Использование вторичных материалов минимизирует выбросы в атмосферу и загрязнения почвы.
6. Помните, переработка сотового поликарбоната - это не только дополнительный источник дохода, но и забота об экологии и проявление социальной ответственности.

Ближайшие пункты вторичной переработки сотового поликарбоната по Пермскому краю сотрудничающие с частными лицами и организациями:

г. Пермь ул