

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды  
им. Б.В.Всесвятского

**АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ  
ПЕНОПЛАСТА В БЫТОВЫХ УСЛОВИЯХ**

Исследовательская работа

Номинация: «Обращение с отходами»

Автор: Резанова Анастасия Дмитриевна,  
Россия, Тюменская область, Викуловский округ,  
с. Викулово МАОУ «Викуловская средняя  
общеобразовательная школа № 1», 10 класс  
Научный руководитель: Сергеева Оксана  
Сергеевна, учитель биологии и географии МАОУ  
«Викуловская средняя общеобразовательная  
школа № 1»

Российская Федерация, Тюменская область, с. Викулово

2025г

## Оглавление

Введение.....	стр. 3-3
1. История открытия и создания пенопласта.....	стр. 4-4
2. Общая характеристика и типы пенопласта.....	стр. 4-5
3. Сферы использования пенопласта.....	стр. 5-6
4. Виды вторичной переработки пенопласта.....	стр. 6-7
5. Методика исследования.....	стр. 7-8
6. Результаты исследования.....	стр.8-10
Заключение.....	стр. 10-10
Литературные источники.....	стр. 11-11
Приложения.....	стр. 12-13

## Введение

Переработка отходов деятельности человека является одной из актуальных проблем, стоящих перед современным обществом. В программе устойчивого развития одной из целей обозначено ответственное потребление и производство, что включает в себя рециклинг производимых человеком отходов. Отходы пенопласта, производимого из полистирола, относятся к пятому классу по уровню опасности, согласно Федеральному классификационному каталогу отходов. Переработка пенопласта не требует наличия специального паспорта, данные предприятия существуют в Европе и Америке, в России решением проблемы вторичного использования пенопласта занимаются ООО «Хабико Рециклинг» и компания «Грин Эко», деятельность которых носит локальный характер. В то время как естественная утилизация пенопласта не возможна, его складирование на свалках приводит к масштабному расширению их площади, а сжигание к выбросам углекислого газа, угарного газа, цианистого водорода и фосгена. Поэтому поиск технологий вторичной переработки пенопласта в бытовых условиях с последующим возможным их применением в промышленных масштабах является актуальным для модернизации современного производства.

Объект исследования: отходы пенопласта (пенополистирола).

Предмет исследования: апробация различных технологий переработки пенопласта для получения клея и лака.

Гипотеза: используя разнообразные технологии переработки пенопласта возможно получение клея и лака в бытовых условиях.

Цель исследования: апробировать разнообразные технологии переработки пенопласта для получения опытных образцов клея и лака, с выявлением их свойств.

Задачи:

1. Изучить теоретический материал об истории открытия, создания пенопласта, его типах и свойствах, о существующих технологиях и нормах оценки качества.
2. Апробировать и модернизировать существующие технологии вторичной переработки пенопласта для получения образцов клея и лака.
3. Провести оценку качества полученных образцов клея и лака.
4. Сформулировать рекомендации по вторичной переработке пенопласта и возможного получения продуктов повторного использования.

Методы работы: изучение теоретических источников информации, проведение серии экспериментов, анкетирование, статистическая обработка полученных результатов, систематизация и обобщение полученных результатов. Исследование проводилось на базе МАОУ «Викуловская СОШ №1» на протяжении 2025 года.

## 1. История открытия и создания пенопласта

В 1831 году французский химик Бонастр, экспериментируя со смолой стираксового дерева, получил некую бесцветную жидкость, которая была легче воды. Экспериментатор назвал получившееся вещество стиреном. Спустя восемь лет в Берлине аптекарь Эдуард Симон также экспериментировал с различными натуральными смолами, в том числе - стираксом. Если Бонастр выделил свой стирен путем сухой перегонки, то Симон дистиллировал стиракс и на выходе получил маслянистое вещество, которое назвал стиролом. Через несколько дней полученное вещество уплотнилось до состояния желе. Как предположил Симон, это произошло в результате процесса окисления, и поэтому измененное вещество он назвал оксидом стирола (стиролоксидом). Но в 1845 англичанин Джон Блит и немец Август Вильгельм вон Хохман заинтересовались стиролом и продолжили серию экспериментов. Стало известно, что стирол сгущается и без кислорода. В 1866 Марселин Бертелот определил, что метастирол образуется из стирола путем полимеризации. В середине 1920-х гг. учёные заметили, что нагревание стирола запускает реакцию, приводящую к образованию сложных молекулярных цепочек. Французские учёные, получили первые образцы нового материала в 1928 году. А промышленное производство первыми освоили немцы в середине 1930-х годов. В конце этого десятилетия первые партии нового материала произвели и в Советском Союзе, а уже в 1958 году у нас появилась первая марка пенопласта, предназначенная специально для строительства - ПБС, которую стали выпускать на заводе в подмосковных Мытищах [7].

## 2. Общая характеристика и типы пенопласта

Пенопласты - общая категория вспененных или ячеистых пластмасс, или газонаполненных полимеров. Это композиционный материал с каркасом из полимерных плёнок, которые образуют стенки и рёбра ячеек, заполненных газом [1].

Основные типы пенопласта:

А) Пенопласт/пенополистирол (ППС). Он состоит из воздуха на 98%, остальные 2% - это полистирольное сырьё, антипирены, пластификаторы, наполнители [2]. Его структура представляет собой большое количество круглых гранул, сцепленных между собой. По технологии производства выделяют беспрессовой (ПСБ) и прессовой пенополистирол (ПС). Главное отличие между двумя типами - более высокая прочность второго. Полистирольный пенопласт обладает отличными теплоизоляционными свойствами, долговечен и безопасен для человека [1].

Б) Пенополиуретан (ППУ). Это группа газонаполненных пластмасс, в которую входит различная продукция: от поролона до напыляемого пенополиуретана. Соответственно, ППУ может быть жидким, твердым (в

формате плит), эластичным [2]. Этот вид пенопласта очень эластичен, а также способен хорошо пропускать воздух и пар благодаря наличию открытых пор. Недостатки - недолговечность и токсичность при горении [1].

В) Пенополивинилхлорид (ППВХ). Его получают прессованием или экструзией поливинилхлоридной композиции, содержащей газообразователь [2]. Материал содержит до 56,8% связанного хлора, что значительно снижает его горючесть. Материал стоек к действию нефти и керосина, обладает хорошими тепло- и звукоизолирующими свойствами, долговечен и нетоксичен [1].

Г) Пенополиэтилен (ППЭ). Этот материал представляет собой вспененный полиэтилен [2]. Недостаток - горючесть, хотя скорость горения несколько ниже, чем у других материалов. Наибольшее распространение получил экструзионный пенополиэтилен (ППЭ) [1].

Общие свойства пенопласта:

А) Теплопроводность. Пенопласт состоит из ячеек, которые полностью замкнуты, поэтому теплообмен снижен и пенопласт отличный теплоизолятор.

Б) Звукоизоляция. Ячеистая структура определяет свойство звукоизолятора. Чем толще слой пенопласта, тем выше степень звукозащиты.

В) Гигроскопичность равна нулю. Вода не проходит в стенки ячеек, она может только проходить по каналам между ними. При этом, не оказывая воздействие на материал.

Г) Прочность. Степень толщины, правильное использование, укладка материала определяют срок службы пенопласта. Он способен долгое время сохранять свои физические свойства, даже под давлением.

Д) Удобство монтажа. Легкие плиты просто нарезаются. С ними удобно работать, монтаж не вызывает сложностей.

Е) Пожаробезопасность. Пенопласт загорается от непосредственного контакта с огнем. Если источник удалить, то произойдет за 4 секунды самозатухание. Это характеризует его, как пожаробезопасный материал [8].

### 3. Сферы использования пенопласта

Пенопласт применяют:

А) в производстве тары и упаковки, в том числе для бытовой техники, а также в виде лотков для пищевых продуктов;

Б) в производстве мебели - материал широко применяют для изготовления мягкой мебели и матрасов;

В) в судостроении - вспененные пластики используют при создании корпусов кораблей, из материала производят плоты, лодки, а также спасательные пояса и другие аксессуары;

Г) в машиностроении - пенопласты используют для теплоизоляции кузовов грузовых автомобилей и вагонов, холодильников и термосов, специальной тары;

- Д) в авиастроении - например, плитами из вспененных материалов заполняют полости крыльев самолетов;
- Е) в строительстве и теплоизоляции - из пенопластов производят сэндвич-панели, пенопластовыми плитами утепляют коммерческие и жилые постройки;
- Ё) в создании наружной рекламы [3,4].

#### 4. Виды вторичной переработки пенопласта

При вторичной переработке пенопласта может использоваться:

- А) Компактирование - материал размягчают с помощью тепловой энергии, получаемой от пара. Сжатие гранул достигается путем использования шнека. Подобная вторичная переработка пенопласта увеличивает его плотность в 10-12 раз.
- Б) Дробление - предусматривает измельчение до отдельных гранул. Применяется специальное оборудование – дробилки. Они крошат пенопластовые блоки на мелкие куски.
- В) Растворение - переработка пенопласта этим способом позволяет получить надежные клеевые составы, по качеству не уступающие эпоксидной смоле. Растворенный пенопласт может использоваться, как добавка к лакокрасочным материалам. Достигается путем смешивания с жидкостями, содержащими бензолное кольцо (бензол, ксилол, толуол) [5]. Растворение сопровождается выделением фреона и стирола, вдыхание которых приводит к поражению дыхательных путей [12].
- Г) Прессование - так как пенопласт является лёгким и, в тоже время, объёмным материалом, то для большей компактности его подвергают прессованию при температуре 1600С. Процесс проводится после предварительной обработки сырья перегретым паром, что способствует размягчению пенополистирола. В результате прессования образуются брикеты, плотность которых составляет более 300 кг/м<sup>3</sup> [12].

Анкетирование по вопросам вторичной переработки пенопласта среди учащихся 8-11 классов школы показало:

А) Основная масса респондентов выбрасывает в мусор использованный пенопласт. Часть опрошенных хранит дома либо создает поделки или нужные вещи. Незначительное количество сжигает пенопласт.

Б) Большая часть учащихся не знают о возможности вторичной переработки пенопласта. Из предлагаемых вариантов переработки были обозначены идеи: переплавки, создание смесей, растворение, повторное использование.

В) Большинство ребят готово при наличии простой технологии перерабатывать пенопласт в полезные вещи.

Г) Опрошенные указывали, что из пенопласта можно создавать поделки, игрушки для детей, клей, лакокрасочные материалы, мебель,

поплавки для рыбалки, создать холодильник и использовать как строительный материал.

Д) При этом, для анкетированных, проблема переработки пенопласта в основном является значимой. И они знают о том, что использованный пенопласт приносит вред окружающей среде. Указывая, что он загрязняет воду, почву, приводит к гибели живых организмов из-за поражения органов дыхания, опасен при горении и разложении, выделяя токсичные вещества.

## 5. Методика исследования

А) Растворение пенопласта для получения клея.

Сначала в чистую стеклянную емкость необходимо влить одну десятую часть бензина (от объема пенопласта) и раскрошить часть пенопласта. Данные компоненты тщательно перемешать до того момента, пока весь пенопласт не будет растворен. Затем в полученную массу добавить пенопласт маленькими порциями, до получения вязкого вещества, которое по консистенции похоже на кисель. Раствору нужно постоять некоторое время, чтобы из него ушли газовые пузырьки.

Аналогично растворяем пенопласт в керосине осветленном ТУ 19.20.24-016-57859009-217, ацетоне, ксилоле ТУ 38.101254-72, уксусной кислоте.

Б) Растворение пенопласта для получения лака.

В чистую стеклянную емкость необходимо влить одну десятую часть ксилола (от объема пенопласта) и раскрошить часть пенопласта. Данные компоненты тщательно перемешать до того момента, пока весь пенопласт не будет растворен. Затем в полученную массу добавить пенопласт маленькими порциями, до получения вязкого вещества, которое по консистенции похоже на жидкий кисель. Раствору нужно постоять некоторое время, чтобы из него ушли газовые пузырьки.

Для оценки качества клея и лака были проведены следующие эксперименты:

А) Для проверки морозостойчивости клея и лака. Склеенные и покрытые контрольные образцы ламината и пластика поместили в условия комнатной температуры (+20°C), опытные образцы были помещены в условия низких температур (-20°C), а после была проведена проверка их свойств.

Б) Влажностойчивость. Склеенные и покрытые образцы ламината и пластика поместили в воду на период 19 часов, после их изъяли, высушили и провели проверку свойств.

В) Устойчивость на механические воздействия лака. Покрыли пористую и глянцевую поверхность ламината лаком до полного высыхания, а после механически воздействовали на покрытие.

Г) Время высыхания лака и клея. Склеили клеем и покрыли образцы лаком с определением времени до полного высыхания при естественной сушке лаков до степени 3 при температуре  $(20 + 2) ^\circ\text{C}$  [13].

Д) Внешний вид покрытия лаков. После высыхания лак должен образовывать однородную поверхность без посторонних включений; допускается незначительная шагрень [13]. Для определения внешнего вида покрытия лаком на ламинат и древесину был нанесен лак с последующим анализом внешнего вида покрытия. Внешний вид покрытия определяют визуально при рассеянном дневном свете или искусственном дневном освещении на расстоянии около 0,3 м от предмета осмотра [13].

Е) Жизнеспособность клея. Период времени от момента приготовления клея до момента, когда клей становится непригодным к употреблению. После приготовления клей, хранившийся в герметичной упаковке, подвергался проверке качества склеивания поверхностей [14].

Правила безопасности при изготовлении клея и лака.

1. Работать в хорошо проветриваемом помещении. Растворители имеют резкий запах и могут вызывать головокружение и головные боли при длительном вдыхании.

2. Избегать контакта с кожей и глазами. На время работы, необходимо надеть резиновые перчатки и защитные очки, чтобы избежать попадания вещества на кожу и слизистые.

3. Не допускать попадания клея и лака в открытый огонь. Растворители являются легковоспламеняющимися веществами, поэтому следует избегать их контакта с открытым пламенем или источниками тепла.

4. Не допускать попадания клея и лака в пищеварительный тракт. Смесь не предназначена для употребления внутрь и может быть опасна при случайном проглатывании.

5. Полученные смеси из пенопласта содержат опасные химические вещества и должны храниться в недоступном для детей месте .

6. Проветривать помещение после работы [11].

## 6. Результаты исследования

Проводя исследовательскую работу, мы ставили перед собой следующую цель: апробировать разнообразные технологии переработки пенопласта для получения опытных образцов клея и лака, с выявлением их свойств. Проведенное исследование показало:

1. При получении клея из пенопласта были использованы разные растворители:

А) В бензине пенопласт быстро растворяется до консистенции, которая похожа на густой клейкий кисель, растворение сопровождается выделением газов. Использование полученного клея показало, что наблюдается высокий уровень склеивания всех образцов (ламинат, дерево, кафельная плитка, пенопласт, пеноблоки, поликарбонат, железо, пластмасса

и линолеум). На второй день и через неделю клей не потерял свойства. Важно соблюдать рекомендации по пропорциям бензина и пенопласта. Полистирол в бензине не растворился (образец № 1).

Б) В керосине пенопласт и полистирол не растворились (образец № 2).

В) В ацетоне пенопласт растворился до белой неклейкой густой массы. Полистирол не растворился (образец № 3).

Г) В ксилоле пенопласт быстро растворяется, образуя белую полупрозрачную однородную массу. При использовании как клей она показала низкий уровень склеивания всех образцов. Покрытие полученной массой древесины, ламината, фанеры выявила возможность использования её как лака. При этом покрытые поверхности имеют характерный лакированный блеск и обладают водоотталкивающими свойствами. Полученный лак на протяжении длительного срока хранения не терял своих свойств, загустевание при хранении в закрытой таре не происходило (образец № 4). Полистирол не растворился.

Д) В уксусной кислоте пенопласт и полистирол не растворились (образец № 5).

Свойства получаемого клея и лака.

Технические характеристики лаков для дерева должны соответствовать стандартам ГОСТ Р 52165-2003. Документ устанавливает требования к внешнему виду, массовой доле нелетучих веществ, условной вязкости и времени высыхания (как правило, оно не должно превышать 4 часов). ГОСТ 30535-97 устанавливает номенклатуру показателей качества полимерных клеев. Согласно этому документу, качественные клеи помимо прямых склеивающих свойств должны обладать морозоустойчивостью и водостойкостью.

Проведенная оценка качества клея и лака показала:

А) Долгий срок хранения в герметичной упаковке. Жизнеспособность клея составила от 2-3 недель.

Б) Универсальность для склеивания и покрытия разных материалов.

В) Удобство нанесения. Клей и лак имеют густую консистенцию, их удобно наносить.

Г) Прочность. После высыхания клей становится крепким, склеенные поверхности выдерживают ручное механическое воздействие. Лак устойчив к воде и низким температурам. Клей устойчив к воде, но уменьшил свои свойства при воздействии низких температур. Лак на глянцевых покрытиях не устойчив к механическому воздействию.

Д) Способность надежно пропитать пористые материалы. Фанера, древесина и ламинат после покрытия лаком приобретают водоотталкивающие свойства, которые не ухудшаются со временем и выдерживают нахождение в воде [9, 10].

Е) Внешний вид покрытия лаком. После высыхания лак образует однородную поверхность без посторонних включений; шагрень отсутствует.

Время высыхания лака на глянцевой поверхности составило 2 часа, на пористой – час. Клей высох за два с половиной часа.

## Заключение

Одним из принципов «Зеленой экономики» является принцип устойчивости, который предполагает понимание ограниченности природных ресурсов Земли и необходимости их рационального использования, в том числе и путем переработки отходов хозяйственной деятельности человек, что важно и для охраны окружающей среды от загрязнения. Поэтому вторичная переработка отходов, в том числе и пенопласта, актуальна в современное время. Проводя исследование, мы ставили перед собой цель реализовать и модернизировать в бытовых условиях возможные технологии переработки использованного пенопласта в полезную продукцию.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Изучение теоретического материала позволило сформировать представление о технологиях создания, типах и свойствах пенопласта и нормах оценки его качества.
2. Для получения клея оптимальным вариантом является растворение пенопласта в бензине, для получения лака лучшим вариантом растворителя послужит ксилол. В керосине, ацетоне и уксусной кислоте пенопласт не растворяется. На полистирол не действует ни один из используемых видов растворителей.
3. Оценка качества полученных образцов клея и лака показала наличие долгого срока хранения и универсальность использования. Прочность и устойчивость к воде и низким температурам. Соответствие требованиям ГОСТа по внешнему виду и времени высыхания. Недостаточно высокая устойчивость лака к механическому воздействию.
4. В работе представлены рекомендации по использованию апробированных способов переработки пенопласта для получения клея и лака.

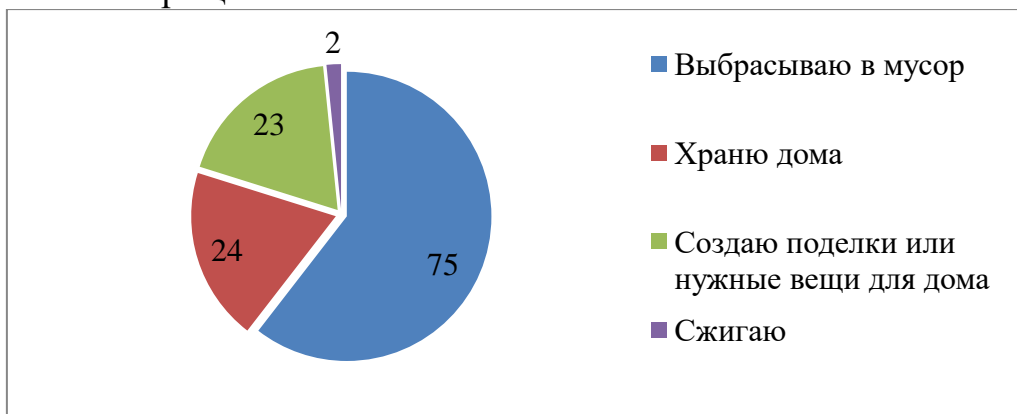
В целом, проведенная работа показала, что возможна вторичная переработка пенопласта, используя нетрадиционные технологии переработки, которые хранят потенциал преобразования существующих способов изготовления продукции.

## Литературные источники

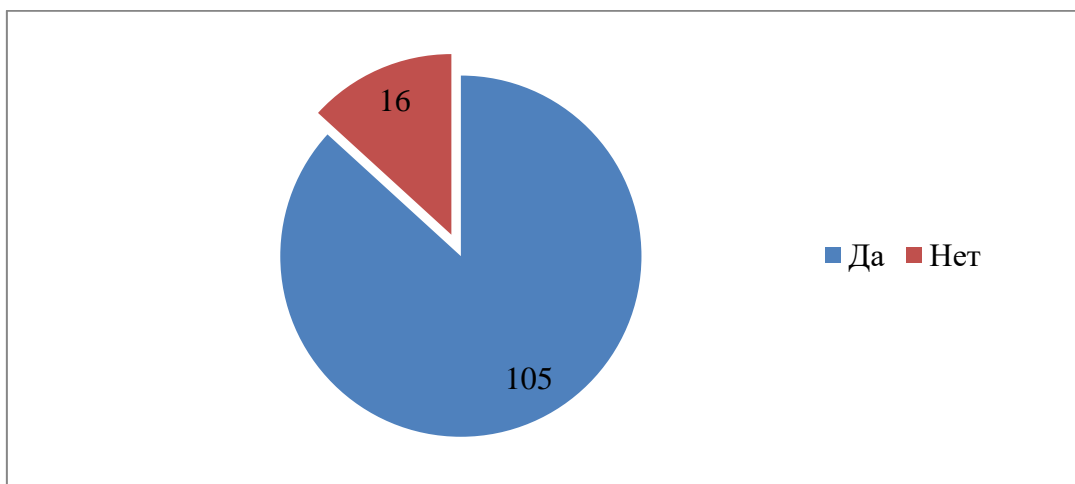
1. [https://www.penoplastik-opt.ru/stati/tipy\\_penoplasta\\_i\\_ikh\\_kharakteristiki/](https://www.penoplastik-opt.ru/stati/tipy_penoplasta_i_ikh_kharakteristiki/) Типы пенопласта, их особенности и характеристики (Дата обращения: 30.11.2024)
2. <https://knauftherm.ru/blog/что-такое-penoplast-ego-vidy-sostav-i-harakteristiki?ysclid=m451bn2riz422712057#vidy-penoplasta> Пенопласт - что это такое? Виды, состав и характеристики материала (Дата обращения: 30.11.2024)
3. <https://knauftherm.ru/blog/что-такое-penoplast-ego-vidy-sostav-i-harakteristiki?ysclid=m451jotj3162573861> Пенопласт - что это такое? Виды, состав и характеристики материала (Дата обращения: 30.11.2024)
4. <https://opt-krasnoyarsk.ru/blog/svoystva-i-oblasti-primeneniya-penoplasta> Свойства и области применения пенопласта (Дата обращения: 30.11.2024)
5. <https://novoplex.info/tpost/a2of2yv581-vtorichnaya-pererabotka-penoplasta-vidi> Вторичная переработка пенопласта: виды переработки и возможные направления рециклинга (Дата обращения: 30.11.2024)
6. [https://stroy-podskazka.ru/penoplast/klej/#h2\\_968395](https://stroy-podskazka.ru/penoplast/klej/#h2_968395) Клей из пенопласта: каким растворителем растворить пенопласт до жидкого состояния? Как сделать клей с ацетоном и бензином своими руками? Применение самодельного клея (Дата обращения: 30.11.2024)
7. <https://tksistema.ru/news/istoriya-penoplasta/> История пенопласта (Дата обращения 6.12.2024)
8. <https://epolymer.ru/article/svoystva-i-harakteristiki-penoplasta> Свойства и характеристики пенопласта (Дата обращения 6.12.2024)
9. <https://design-homes.ru/sdelaj-sam/klej-iz-penoplasta> Как своими руками сделать клей из пенопласта? (Дата обращения 6.12.2024)
10. [https://vk.com/wall-106365341\\_87324](https://vk.com/wall-106365341_87324) (Дата обращения 6.12.2024)
11. <https://www.plast.by/novosti/klej-rastvoritel-i-penoplast.html> Клей из растворителя и пенопласта (Дата обращения 6.12.2024)
12. <https://dzen.ru/a/Y5sUMnpX4Cjzg6HW> Переработка и утилизация отходов пенопласта (Дата обращения 8.01.2025)
13. [https://www.hpyar.ru/files/project\\_5081/GOST\\_R\\_52165-2003\\_\\_Laki.pdf](https://www.hpyar.ru/files/project_5081/GOST_R_52165-2003__Laki.pdf) ГОСТ Р 52165-2003 Материалы лакокрасочные. Лаки. Общие технические условия (Дата обращения 9.01.2025)
14. <https://files.stroyinf.ru/Data/64/6456.pdf> ГОСТ 30535-97 Клеи полимерные. Номенклатура показателей (Дата обращения 9.01.2025)

Анкета «Вторичная переработка пенопласта»

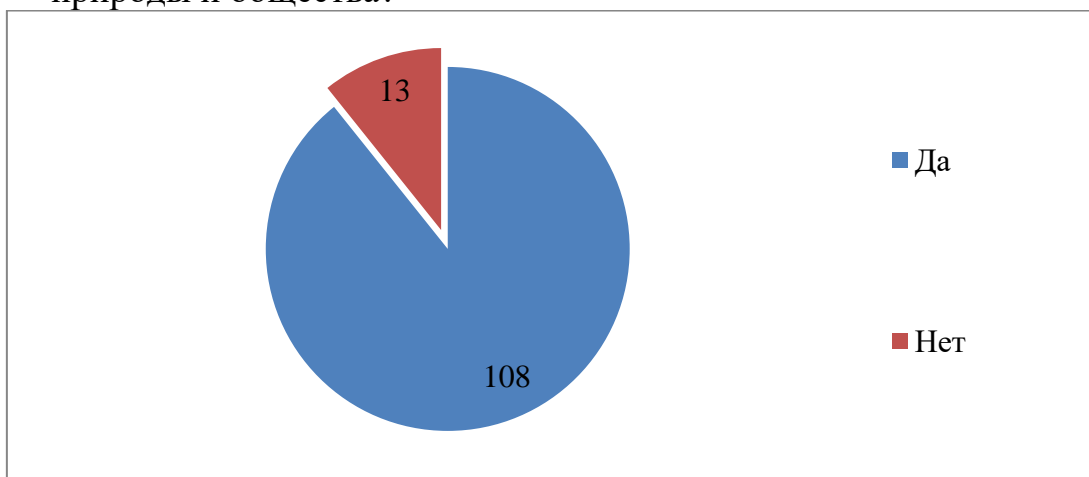
1. Как вы обращаетесь с использованным пенопластом?



2. Если бы вам предложили простую технологию по переработке пенопласта, стали бы вы его перерабатывать в полезные для вас вещи?



3. Считаете ли вы, что проблема переработки пенопласта значима для природы и общества?



#### 4. Знаете ли вы о причиняемом вреде отходов пенопласта для природы?

