

**ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ЮНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Номинация «Юные исследователи»»**

**Тема исследовательской работы:**

«Возможности применения бумаги из вторичного сырья  
в современных направлениях моделирования и творчества»

**Автор:** Мельников Иван Михайлович,  
обучающийся детского объединения «Лаборатория природы»  
ГОО ДО ТО «Центр дополнительного образования детей»

**Руководитель:** педагог дополнительного образования  
ГОО ДО ТО «Центр дополнительного образования детей»  
Гришина Карина Александровна

г. Тула, 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....	4
1.1. Как люди получили технологию создания бумаги.....	4
1.2. Появление вторичной переработки бумаги.....	5
1.3. Источники макулатуры.....	5
Глава 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	6
2.1. Материалы и методы.....	6
2.2. Исследование свойств бумаги перед переработкой во вторичное сырьё.....	7
2.3. Получение бумажной массы из макулатуры.....	8
2.4. Фильтрация, сушка и производство бумаги своими руками.....	9
2.5. Возможности применения бумаги из вторсырья.....	10
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ВЫВОДЫ.....	13
Список литературы.....	14

## ВВЕДЕНИЕ

Рециклинг бумаги — это процесс переработки использованной бумаги и картона в новые продукты. Этот процесс включает в себя сбор и сортировку макулатуры, очистку и переработку ее в новые бумажные изделия. Вторичная переработка бумажного сырья помогает сократить использование первичных ресурсов, таких как древесина, и снижает выбросы парниковых газов, связанные с производством бумаги из древесины. Кроме того, рециклинг бумаги позволяет использовать уже существующие бумажные отходы, вместо того чтобы производить новые бумажные изделия из первичного сырья. В настоящее время технологии рециклинга очень востребованны в России, но продолжают развиваться на данный момент – строятся заводы по переработке вторичного сырья, проводится работа с населением по возможностям раздельного сбора мусора с целью его дальнейшей сортировки и переработки.

Макулатура является одним из самых распространенных видов вторичного сырья и имеет большое значение для экономики и экологии. Она помогает снизить затраты на производство бумаги и сохраняет леса от вырубki. Кроме того, переработка макулатуры уменьшает загрязнение окружающей среды и снижает количество отходов. Я решил проверить, можно ли самостоятельно переработать макулатуру и создать из неё объекты, полезные в моделировании, макетировании и других областях творчества. Для этого необходимо исследовать свойства макулатуры, проверить, работает ли технология рециклинга бумаги в лабораторных условиях без специальных установок и оборудования.

Чтобы полностью пройти все стадии этого процесса, была поставлена **цель исследовательской работы:** изучить процесс самостоятельной переработки макулатуры для поиска возможности применения бумаги из вторичного сырья в разных современных направлениях моделирования и творчества. Для достижения цели были поставлены следующие **задачи:**

- 1) провести теоретическое исследование процессов появления вторичной переработки бумаги, выявить основные источники получения вторичного бумажного сырья для переработки;
- 2) исследовать свойства бумаги перед её переработкой во вторичное сырьё;
- 3) исследовать процесс получения бумажной массы из макулатуры;
- 4) оценить возможности дальнейшего применения полученной бумаги из вторсырья в разных направлениях творчества.

**Объект исследования:** вторичное бумажное сырьё, макулатура (отработанные листы формата А4, А5, цветные и белые).

**Предмет исследования:** самостоятельный процесс переработки вторичного бумажного сырья.

## ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

### 1.1. ПОЯВЛЕНИЕ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУМАГИ

Вторичную переработку бумаги изобрели в Китае в 105 году нашей эры. Тогда люди начали использовать старую бумагу для изготовления новых изделий. Вторичная переработка бумаги в Европе началась в XIX веке. В то время бумажные фабрики начали использовать старые тряпки и макулатуру для производства бумаги. Это позволило сократить расходы на сырье и уменьшить вырубку лесов. Известно, что бумагу люди используют уже много лет. Появилась впервые бумага также в Китае, но макулатура – это уже изготовленная бумага, только использованная. Впервые макулатуру стали использовать в 19 веке, из нее изготавливали упаковочный и гофрированный картон.

Многие исследователи считают, что понятие макулатуры появилось в тот момент, когда люди стали изготавливать бумагу с помощью специального оборудования. Оно было изобретено во Франции в 1799 году, машина умела производить бумагу механическим путем, без помощи рук. Создателем чудо-машины стал Луи Робер – французский изобретатель. Важно то, что оборудование имело специальную функцию, с помощью которой макулатура измельчалась и превращалась в однородную бумажную массу, из которой потом можно было снова изготовить бумагу. Данная машина могла за сутки переработать около ста килограмм бумаги. Вот именно 1799 год можно назвать годом, когда впервые стали использовать макулатуру и изготавливать из нее вторичные бумажные изделия. С каждым годом машины совершенствовались и использование макулатуры становилось все более популярным.

Макулатура для нас сегодня – что это? Это бумажные изделия, такие как бумага и картон, они уже непригодны для использования и поэтому относятся к отходам. Сегодня бумагу изготавливают из древесины, чаще всего это хвойные деревья. Переработку отходов также нельзя исключать из списка способов изготовления бумажных изделий. Так, например, Германия очень активно использует вторичное сырьё. Из бумаги, которая изготавливается в Германии, 61% – это переработанные бумажные отходы.

Процесс изготовления бумаги из вторичного сырья довольно востребованный. Во-первых, изготовленная бумага из вторичного сырья намного дешевле. Во-вторых, отходов после изготовления такой бумаги значительно меньше. И в-третьих, можно сэкономить воду и электроэнергию на очистку первичного сырья, древесины. Также бумага, которая появилась в процессе переработки макулатуры – экологически чистая, так как в её состав добавляется минимум химических веществ. И конечно же, для производства бумаги из вторсырья (макулатуры) самым главным преимуществом выступает экономия первичного сырья – леса, древесины.

В европейских странах к вторичному сырью относятся очень внимательно. Здесь бумагу не только сдают для вторичной переработки, но и

используют в экспорте для транспортировки сырья в другие страны. Распространен отдельный сбор макулатуры, в свой отдельный маркированный контейнер. Если же использованное бумажное изделие попало в мусорный бак, то виновник обязательно понесет наказание в виде штрафа. В Европе вывоз макулатуры – это регулярное и организованное мероприятие, к которому жители относятся как к должному. Было бы неплохо равняться всем странам на Европу.

Сегодня вторичная переработка бумаги является важной частью экологической стратегии многих стран и помогает сохранять природные ресурсы.

## **1.2. КАК ЛЮДИ ПОЛУЧИЛИ ТЕХНОЛОГИЮ СОЗДАНИЯ БУМАГИ**

Технология переработки макулатуры полностью стала понятной и самодостаточной в XX веке. В 1980-х годах были разработаны новые методы переработки, которые позволяют получать более качественное и чистое сырье из макулатуры. Эти методы включают в себя сортировку, очистку и обработку макулатуры перед ее использованием в производстве новых бумажных изделий.

Если заглянуть в историю, то легко проследить, что технология вторичной переработки бумаги была создана в процессе развития бумажной промышленности и совершенствования процессов переработки отходов. В современном виде технология существует благодаря усилиям ученых, инженеров и предпринимателей, которые разрабатывали и внедряли новые методы переработки бумажных отходов. Одним из первых, кто начал заниматься переработкой бумаги, был немецкий ученый Фридрих Келлер. В 1880-х годах он разработал процесс, при котором использованная бумага измельчалась и смешивалась с водой, после чего масса прессовалась и сушилась. Полученный материал был пригоден для использования в качестве бумаги низкого качества.

В США процессом переработки бумаги начали заниматься в начале XX века. В 1924 году была основана Американская национальная ассоциация по переработке бумаги (ANPA), которая занималась продвижением идеи переработки бумаги и обучением населения методам сохранения бумаги. С развитием науки и технологий в середине XX века были разработаны новые, более эффективные методы переработки бумаги. Например, в 1975 году была разработана технология “сухой” переработки бумаги, которая позволяла получать более качественный материал из бумажных отходов. Эта технология стала основой для современных методов переработки бумаги.

## **1.3. ИСТОЧНИКИ МАКУЛАТУРЫ**

Макулатура появилась как результат развития бумажной промышленности и массового потребления бумаги и картона. В процессе производства и использования бумажных изделий образуются отходы, которые могут быть переработаны и использованы для создания новой

продукции. Перед тем, как перейти к процессу создания бумаги из макулатуры, я изучил возможные источники макулатуры, которую можно использовать для получения вторичного бумажного сырья. Таким образом, сюда относятся несколько источников бумажной продукции, которые утратили своё практическое значение в процессе эксплуатации и использование которых разрешено для переработки:

- 1) Бумага и картон: старые газеты, журналы, книги, тетради, рекламные буклеты, коробки и упаковки из картона.
- 2) Архивы и документы: старые счета, письма, документы, каталоги.
- 3) Офисная бумага: использованные черновики, неиспользованная бумага для печати.
- 4) Школьная и учебная литература: учебники, пособия, словари, справочники.
- 5) Упаковочные материалы: пакеты, упаковка от бытовой техники, подарков, посылок.
- 6) Салоны печати: использованные картриджи для принтеров и копировальных аппаратов.
- 7) Отходы типографий: обрезки бумаги, бракованные листы.
- 8) Торговые центры и магазины: кассовые чеки, билеты, упаковка.
- 9) Библиотеки и архивы: использованные каталоги и картотеки, устаревшие книги и журналы.
- 10) Домашние хозяйства: старые бумажные обои, упаковочная бумага от подарков.

Важно помнить, что перед сдачей макулатуры необходимо удалять пластиковые и металлические элементы, а также загрязненные или жирные предметы.

## **ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **2.1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследования проводились на базе государственного образовательного учреждения дополнительного образования Тульской области «Центр дополнительного образования детей» (отделение естественнонаучной направленности) в ноябре 2023 года. В нашей работе основным материалом исследования стало вторичное бумажное сырьё. Это обрезки цветной и белой бумаги, листы, напечатанные с обеих сторон и уже непригодные для последующей печати. Решено было их использовать для переработки в бумажную массу. Мы с научным руководителем изучили, как проводится процесс переработки бумаги на целлюлозно-бумажных комбинатах и смоделировать его в лабораторных условиях, где нет специфического оборудования, то есть провести все стадии вручную. В специализированных условиях (заводских) переработка макулатуры выглядит так:

- 1) Сбор макулатуры: на этой стадии осуществляется сбор использованной бумаги и картона у населения и предприятий.

2) Сортировка: макулатура сортируется по видам бумаги (газеты, книги, картон и т.д.) и по качеству (чистая бумага, бумага с печатью, бумага с клеем и т.д.).

3) Измельчение: бумага и картон измельчаются в специальной машине - шредере.

4) Разделение по волокнам: измельченная масса проходит через водный раствор, где происходит разделение волокон бумаги и других примесей.

5) Промывка и сушка: отделенные волокна промываются от примесей и сушатся.

6) Производство новой бумаги: высушенные волокна смешиваются с водой и добавляются в бумагоделательную машину, где производится новая бумага.

7) Отделка и упаковка: готовая бумага проходит через ряд машин, которые придают ей окончательную форму, размер и качество. Затем бумага упаковывается и отправляется на продажу.

Согласно данному плану, мы упростили процесс переработки бумаги для возможности его исполнения в лабораторных условиях без специального оборудования, то есть своими руками:

1) Подготовка и измельчение макулатуры;

2) Перемешивание измельчённой бумаги с водой для размягчения волокон;

3) Гомогенизация (перемешивание до однородной структуры) бумажно-водяной массы;

4) Формовка и фильтрация однородной бумажной массы на сетке;

5) Сушка бумаги на сетке в течение 2 суток;

6) Оценка свойств готовых бумажных изделий для поиска возможности применения бумаги из вторичного сырья в разных современных направлениях моделирования и творчества.

Другие методы исследования, применённые в работе: проблемно-поисковый, обработка теоретической информации, проектно-исследовательский, метод микроскопирования.

## **2.2.ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БУМАГИ ПЕРЕД ПЕРЕРАБОТКОЙ ВО ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЁ**

Первой стадией в процессе переработки макулатуры стало измельчение имеющегося бумажного сырья на небольшие кусочки размером от 5\*5 мм до 10\*10 мм, чтобы вода быстрее проникала между волокнами бумаги для их разъединения и новой формовки. Дело в том, что бумагу на производстве прессуют и сушат, чтобы волокна целлюлозы плотно прилегали друг к другу, не образуя дыр и тонких участков. Чтобы посмотреть плотность переплетения бумажных волокон и доказать нашу гипотезу о том, что волокна бумаги переплетены плотно, мы исследовали кусочек бумаги под микроскопом (рис.1-2).



Рис.1-2. Изготовление препарата кусочка бумаги для микроскопического исследования

На рис.1-2 процесс исследования – приготовления микропрепарата и его микроскопирования. Для этого мы использовали микроскоп Микромед-1, предметное и покровное стекло, иглу для препарирования и дистиллированную воду для визуального оптического исследования бумаги. Результаты микроскопирования при разном увеличении представлены на рис. 3-4:

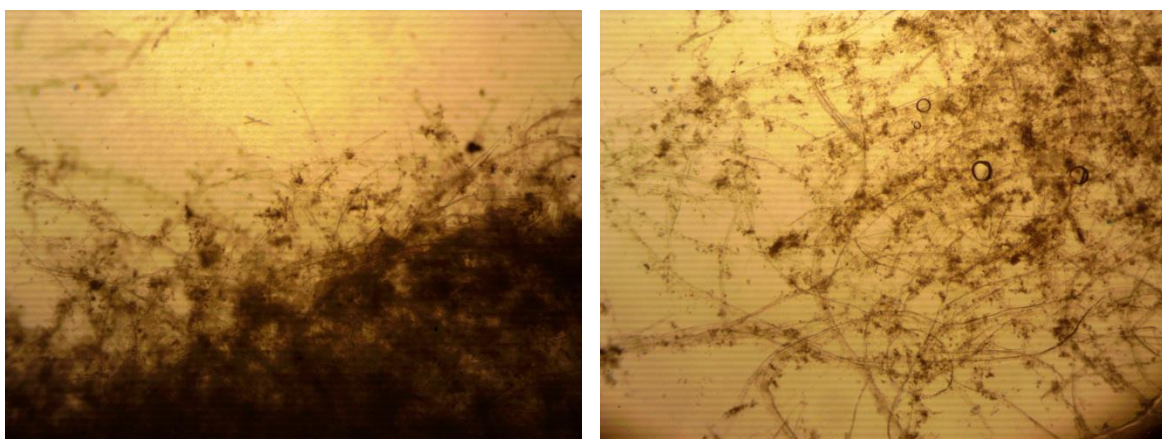


Рис.3-4. Волокна бумаги по микроскопом (увеличение x64, x160)

На рис.3-4 отлично видно переплетение бумажных (целлюлозных волокон) между собой, что доказывает, что перед созданием бумаги из вторсырья сперва его необходимо подготовить. Волокна достаточно длинные, поэтому после размягчения под действием воды их будет легче отделить друг от друга, чтобы создать однородную массу.

### 2.3. ПОЛУЧЕНИЕ БУМАЖНОЙ МАССЫ ИЗ МАКУЛАТУРЫ

Однородную бумажную массу из макулатуры получить достаточно просто: необходимо налить 500 мл воды в круглодонный стеклянный стакан и добавить в него на половину объёма измельчённой бумаги. Мы использовали белую и цветную бумагу (обрезки, напечатанные листы и т.п.) После этого мы оставили бумагу в двух стаканах размягчаться. В одном из них была добавлена бумага белого цвета с добавлением зелёной и голубой,

во втором – белая бумага с добавлением обрезков цветной бумаги. Спустя неделю бумага размягчилась и была готова к измельчению. Можно делать это двумя способами: перетирая вручную (это дольше по времени) и с помощью миксера/блендера. На рис.5 – бумажная масса после измельчения.



Рис.5. Бумажная масса после измельчения, готовая к формовке

Как видно на рис.5, в одном стакане цвет однородной массы после измельчения стал преимущественно голубым, в другом – преимущественно розовым. Мы не очищали бумажное сырьё перед закладкой в воду от красителя, чтобы посмотреть, подходит ли такая бумага для дальнейшего применения в творчестве.

#### **2.4.ФИЛЬТРАЦИЯ, СУШКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ БУМАГИ**

Фильтрация бумажного сырья и формовка вручную происходят одновременно, что изображено на рис.6:



Рис.6. Фильтрация бумажного сырья на сетке, формовка

Для этого бумажно-водяная масса, смешанная миксером или вручную до однородности быстро выливается на мелкоячеистую сетку, вода при этом стекает вниз. С помощью деревянной палочки аккуратно прессируем сверху массу – вода стекает на лоток, подставленный снизу – и формируем необходимой формы бумажную заготовку (круглую, квадратную, треугольную и так далее) После стекания основной массы воды можно оставить сушить бумажные формы. Они плотные, толщина слоя составляет около 2-4 мм, так как вручную тонкие заготовки сформировать невозможно.



Рис.7. Жидкая бумажная (неотфильтрованная от воды) масса отлично подходит для создания бумаги разной формы вручную

Мы использовали всю бумажно-водяную массу и сформировали 4 разных формы (рис.7), при этом две формы сделали разных цветов, смешивая массу из двух стаканов между собой. После завершения процесса формовки бумагу оставили сушить на 48 часов (2 суток)

## 2.5. ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БУМАГИ ИЗ ВТОРСЫРЬЯ

После сушки бумага из макулатуры, созданная нами самостоятельно, легко отделяется от сетки. Мы исследовали её свойства:

1) Бумага из вторсырья отличается от листов бумаги первого сорта форматов А4 и А5 – она многослойная, плотная, напоминает картонную упаковку по текстуре или ячейки для яиц – ребристая, шершавая;

2) Хорошая впитываемость. Волокна бумажно-водяной массы были взбиты и перемешаны, промышленного прессования при этом не проводилось, поэтому между волокнами бумаги в процессе сушки возникает множество воздушных полостей, поэтому бумага хорошо впитывает воду и краску;

3) Бумагу из вторсырья можно резать ножницами, хотя это немного труднее, чем произвести те же действия с обычным белым листом бумаги А4;

4) Из бумажно-водяной массы можно легко создать переработанную бумагу своими руками, при этом она может быть разных форм и размеров (рис.8)



Рис.8. Готовые бумажные заготовки разных форм и цвета

У нас получились 4 заготовки – квадратная голубая, круглая розовая, и 2 большие заготовки двух цветов – розовые с голубым.

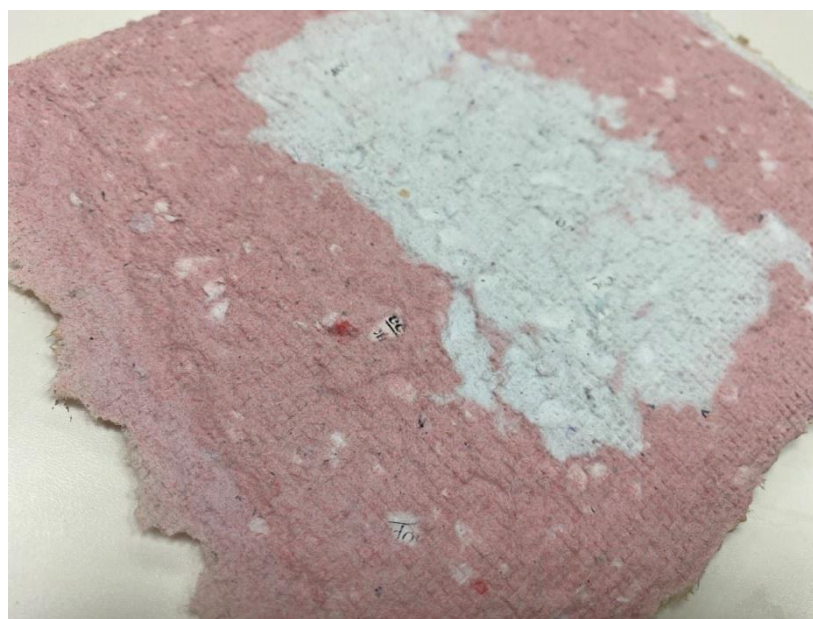


Рис.9. Бумага, созданная из макулатуры: вблизи можно рассмотреть остатки шрифта

Края такой бумаги тоньше, чем основная масса заготовки, но их можно подрезать ножницами. В текстуре можно разглядеть остатки неизмельчённых кусочков первично использованной бумаги, что показывает нам возможность самостоятельного использования макулатуры. В творчестве применять такую бумагу, созданную своими руками, однозначно можно:

- 1) Творчество из бумаги: из бумаги, полученной из вторсырья, можно создавать различные поделки, такие как оригами, квиллинг, скрапбукинг;
- 2) Художественное использование: бумага из вторсырья может быть использована для создания художественных произведений, таких как картины, аппликации;
- 3) Декоративное использование: бумагу из вторсырья можно использовать для украшения интерьера, создания открыток, подарочных упаковок и других декоративных элементов;
- 4) Образовательное использование: бумага из вторсырья может использоваться в образовательных целях, например, для создания учебных материалов, макетов, бумажных моделей. Высокая плотность бумаги позволяет её резать и склеивать части между собой, что очень важно в макетировании;
- 5) Экологическое образование: использование бумаги из вторсырья может быть частью программы экологического образования, помогая людям осознать важность переработки и сохранения природных ресурсов. Можно научить друзей и знакомых делать переработанную бумагу для творчества, ведь это очень просто и увлекательно, а использовать непригодную и напечатанную бумагу можно будет второй раз и даже создать оригинальный подарок.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ВЫВОДЫ

Использование переработанной бумаги является экологически более предпочтительным вариантом по сравнению с производством новой бумаги из свежей древесины. В процессе исследования были выявлены несколько экологических преимуществ переработанной бумаги:

- сокращение вырубки лесов: при производстве новой бумаги из древесины требуется много деревьев, что приводит к вырубке лесов. Переработка бумаги позволяет сохранить леса и предотвратить их уничтожение.

- экономия воды и энергии: при производстве переработанной бумаги используется меньше воды и энергии, чем при производстве новой бумаги из свежей древесины.

- уменьшение загрязнения: переработка бумаги снижает загрязнение окружающей среды, так как при этом образуется меньше отходов и выбросов парниковых газов.

- сохранение природных ресурсов: переработка бумаги помогает сохранить природные ресурсы, такие как древесина, и использовать их более эффективно.

Подводя итоги исследовательской работы, можно сделать следующие выводы:

- 1) проведено исследование процессов появления вторичной переработки бумаги, выявлены основные источники получения вторичного бумажного сырья для переработки в лабораторных условиях своими руками – это бумага разных сортов, которая может быть напечатана с двух сторон, иметь надписи, сделанные вручную, окрашена в разные цвета;

- 2) исследованы свойства бумаги перед её переработкой во вторичное сырьё – структура бумаги представляет собой переплетение бумажных (целлюлозных волокон) между собой, что доказывает: перед созданием бумаги из вторсырья сперва его необходимо подготовить. Волокна достаточно длинные, поэтому после размягчения под действием воды их легче отделять друг от друга, чтобы создать однородную бумажную массу:

- 3) исследован и апробирован процесс получения бумаги из нескольких стадий вручную в лабораторных условиях;

- 4) полученную бумагу из вторсырья можно легко применять в разных направлениях творчества – макетировании, моделировании, рисовании, прикладном творчестве, для поделок и создания эко-открыток.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков Б. Выброшенный мир : [о сборе и переработке мусора в разных странах ] // Вокруг света. – 2008. - № 9. – С. 114 – 126.
2. Идеи для вторичной переработки бумаги (электронный ресурс), режим доступа: <https://razam.ru/interesnye-i-poleznye-izdeliya-iz-bumagi-kotorye-mozno-sdelat-samostoyatelno-i-ispolzovat-v-processe-utilizacii/>
3. Как всё начиналось в переработке макулатуры. Статья (электронный ресурс), режим доступа: <https://yablor.ru/blogs/kak-vse-nachinalos-v-pererabotke-ma/5746974>
4. Кубатьян Г. Мусор бывает разный: лишний, полезный, безобразный, красивый: [что происходит с отходами в других странах? ] // Эхо планеты. – 2004. - № 29 (июль). С. 40 – 42.