

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
«Викуловская средняя общеобразовательная школа №1»

Апробация технологий изготовления бумаги путём переработки вторичного и
альтернативного сырья.

Автор: Колосова Маргарита Геннадьевна,
Россия, Тюменская область, Викуловский район,
с. Викулово МАОУ «Викуловская средняя
общеобразовательная школа № 1», 11 класс

Научный руководитель: Сергеева Оксана Сергеевна,
учитель биологии и географии МАОУ «Викуловская
средняя общеобразовательная школа № 1»

с. Викулово, 2023

Апробация технологий изготовления бумаги путём переработки вторичного и
альтернативного сырья.

Колосова Маргарита Геннадьевна

Российская Федерация, Тюменская область, Викуловский район, с. Викулово, МАОУ

«Викуловская СОШ №1», 11 класс

Научная статья

Оглавление

Введение.....	стр. 3-3
1.История создания бумаги.....	стр. 4-6
2. Типы и свойства бумаги.....	стр. 6-7
3. Технологии производства бумаги.....	стр. 7-8
4.Методика изготовления бумаги.....	стр. 8-11
5. Результаты исследования.....	стр. 11-13
Заключение.....	стр. 14-14
Литературные источники.....	стр. 15-15
Приложения.....	стр. 16-20

Введение

В современное время, несмотря на введение электронного документооборота, бумага остается одним из основных носителей информации. В среднем в России ежегодно производится 10 403 584 тонны бумаги и для ее производства вырубается 125 миллионов деревьев. При этом в национальном проекте «Экология» одними из приоритетных направлений обозначены задачи по сохранению лесов и комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами. Поэтому производство бумаги из вторичного сырья или с использованием альтернативных источников сырья является актуальным для модернизации технологий производства бумаги.

Объект исследования: бумага, полученная при переработке вторичного сырья и с использованием его альтернативного источника.

Предмет исследования: апробация различных технологий производства бумаги путём переработки вторичного сырья и из его альтернативных источников.

Гипотеза: используя разнообразные технологии переработки макулатуры, ветоши, растительного сырья возможно получение бумаги.

Цель исследования: апробировать разнообразные технологии получения бумаги путём переработки вторичного сырья и альтернативных источников сырья, выявить оптимальные способы, разработать свои способы получения бумаги.

Задачи:

1. Изучить теоретический материал об истории создания бумаги, типах и свойствах бумаги, существующих технологиях ее производства и норм оценки качества.
2. Апробировать существующие способы получения бумаги путем переработки макулатуры, ветоши и растительного сырья.
3. Разработать новые технологии получения бумаги путем переработки вторичного сырья и его альтернативных источников.
4. Провести оценку качества образцов полученной бумаги.
5. Сформулировать рекомендации по производству бумаги из вторичного сырья и его альтернативных источников.

Методы работы:

1. Изучение теоретических источников информации.
2. Проведение серии экспериментов.
3. Статистическая обработка полученных результатов.
4. Систематизация и обобщение полученных результатов.

1. История создания бумаги.

История считает «прародителем» бумаги появившийся в древнем Египте в III веке до н.э. папирус. Папирус изготавливали из стеблей болотного растения (осоки), разрезая их на тонкие полоски. Затем их отбивали камнем и выкладывали рядами на ровной чистой и сухой поверхности так, чтобы край одной полоски немного заходил на соседнюю. При высыхании тростниковые полоски склеивались между собой, образуя лист готового к употреблению писчего материала.

Настоящим началом изготовления бумаги принято считать 105 год н.э., а ее родиной – Китай, где первоначально писали на бамбуке или костях животных [1]. Весь период развития бумажного дела можно разделить на эпохи.

Первая эпоха - продолжалась она до VIII века. Время первых опытов производства бумаги в пространстве от Монголии до Тибета и Тайланда. Часто начало производства бумаги связывают с именем Цай Луня и относят его к 105 году [2]. Существует легенда, что идею ему «подказали» бумажные осы, строящие гнезда из бумаги, которую делают сами, пережевывая и смачивая клейкой слюной волокна древесины. В соответствии с записями в летописях, чтобы получить бумагу, Цай Лунь использовал древесную золу, пеньку, волокна тутового дерева и старые тряпки. Он тщательно измельчил все ингредиенты и перемешал с водой. Он создал также специальное приспособление в виде деревянной рамки с бамбуковым ситом внутри, на которое выложил полученную смесь и выставил для просушки на солнце. Затем он разгладил высушенный материал камнями. В итоге получились тонкие, плотные листы, на которых было удобно делать записи [1].

В первую эпоху, с одной стороны, существовала строгая азиатская секретность о способе производства, с другой, известно об экспорте бумаги из Китая во многие сопредельные страны. Умение изготавливать бумагу распространялось, прежде всего, на восток, в Корею (II-III век нашей эры) и Японию (начало производства зафиксировано документально - 610 год) [2].

Вторая эпоха – арабо–мавританская (VIII-XI века) наступила благодаря расцвету культуры народов, которые занимали территорию от южной Испании до западной границы Китая, включая север Африки. Использовали сначала экспортируемую из Китая бумагу. С помощью пленных китайских мастеров уже в VIII веке в Самарканде стали производить свою бумагу. Считается, что это произошло в середине восьмого века на одной из рек в Туркестане, почти у самых границ Китая, произошло жестокое сражение между китайскими и арабскими войсками. Китайцы потерпели поражение, многое из них попали в плен. Среди военнопленных оказались знатоки бумажного дела. В обмен на освобождение они научили арабов выделке бумаги. Возможно, передача технологии произошла как-то по-

другому, ведь китайцы, как и их бумага, передвигались по многим сопредельным странам [2].

Третья эпоха - (с XII века): средневековая – интенсивное развитие производства бумаги в Европе. Медленное распространение бумаги – примерно 100 км за 100 лет, только частично можно объяснить засекреченностью технологии в Китае. Сказалась предубежденность, недоверие к новому материалу. Не сразу поняли, что такой, с виду хрупкий, лёгкий, не солидный материал может заменить пергамент. В Европе, например, после начала производства бумаги ещё несколько веков параллельно использовался пергамент. Ещё в VII веке появляются законы, обязывающие при написании государственных документов использовать пергамент. Долгое время запрещалось использовать бумагу в судопроизводстве. Это способствовало уходу от папируса, но поддерживало предубеждение к бумаге. При этом папская канцелярия долго не признавала пергамент и пользовалась папирусом. Потребности в дешёвом материале для письма или бытовых нужд в Европе сформировались позднее. Так как юг Испании и Сицилия принадлежал арабскому миру, здесь развивалась мавританская культура и привезена была арабская технология производства бумаги. В XII веке на юго-востоке Каталонии, в области Валенсии и южных провинциях Барселоны возникли бумажные мельницы и мануфактуры. Бумага производилась из конопли и текстильной ветоши.

Начиная с XVI века, производство бумаги в Европе стало расцветать [2].

Четвёртая эпоха – это период становления машинного способа производства бумаги, когда были изобретены и быстро внедрены многие основополагающие процессы и оригинальные виды оборудования.

Пятая эпоха - начиналось производство бумаги на основе лубяных волокон шелковицы, бамбукового дерева, обрезков производства шёлка. Потом технология производства бумаги из древесных волокон уступила место технологии переработки тряпья холщового и хлопчатобумажного. Уже с VIII века преобладает переработка тряпья из пеньки, конопли, льна. Такая сырьевая ситуация сохраняется вплоть до XIX века.

В последней четверти XIX века в производстве бумаги наступила эпоха, в которую производство бумаги основывается на использовании древесного сырья [2].

Современный период производства бумаги и картона, начиная с конца XX века, отличается особенностями, связанными с масштабностью производства. Это развитие происходит при усилении связей между секторами производства, занимающимися процессами глубокой механической, химической и энергетической переработки древесины, создание Лесопромышленных комплексов (ЛПК) с безотходным производством - развитие

технологии биорефайнинга древесины [2] (глубокую химическую переработку древесины [3]). Из 251 страны в наше время, бумагу производят 109 стран.

В XVI в. в 30 км от Москвы появилась первая бумажная мельница. По указу Петра I было построено несколько бумажных мельниц в районе Москвы и Петербурга, а также крупные мануфактуры (Полотнянозаводская и Ярославская). В 1709 году в Красном Селе в долине реки Дудергофки Петр I сам выбрал место для бумажной мельницы. К строительству ее приступили в 1714 году. В Красном Селе впервые начали делать опыты по использованию соломы для производства бумаги. Здесь были созданы и оригинальные роллы-приспособления для разламывания бумажной массы. К концу XVIII в. в России было 60 мануфактур, вырабатывающих бумагу в виде листов методом ручного черпания. До 1818 г бумага в России производилась ручным полистным черпанием из чана с бумажной массой. В 1818 году первая бумагоделательная машина уже монтировалась в России на Петергофской гранильной фабрике, которая позже была передана и установлена на Красносельской бумажной фабрике. В 1850 г. бумагоделательные машины нашли себе применение уже на 50 фабриках России. К 1885 г. число установленных бумагоделательных машин в России достигло 135. Применение машин сделало процесс производства бумаги непрерывным и от выработки листовой бумаги, появилась возможность перейти к ее изготовлению в рулонах. К началу XX века - уже 200 фабрик и вырабатывалось свыше 100 тыс. т бумаги[4].

2. Типы и свойства бумаги

По современной классификации выделяют основные типы бумаги:

- Репродукционная бумага (офсетная, печатная)- наиболее распространенный вид бумаги на рынке, который производится в больших количествах.
- Глянцевая бумага - используется для печати изображений и фотографий очень высокого качества.
- Клейкая бумага - из нее делают этикетки, свернутые ленты, оберточную бумагу и наклейки.
- Бумага из вторсырья - сделана из остатков другой бумаги, и использование этой бумаги в последние годы растет из-за большей заботы об окружающей среде.
- Документная бумага - обычно используется для печати листов с письмом, конвертов и внутренней части книг.
- Био- или экологическая бумага - делается с соблюдением определенных производственных требований. Обычно это делается без вырубки естественных лесов или, если это так, лесовосстановление проводится позже. Кроме того, исключается использование вредных для окружающей среды химикатов.

- Мелованная бумага - имеет низкое сопротивление, потому что она состоит из коротких волокон.
- Салфетка - отличается высокой впитывающей способностью и мягкостью.
- Газетная бумага - у этого материала очень малый срок годности.
- Картон - изготавливается из бумаги разной толщины. Картон состоит из трех слоев бумаги, двух гладких поверхностей и гофрированного внутреннего пространства, что придает коробке прочность. Или это бумага толще, с большей жесткостью и объемом.
- Художественная бумага - используется в мире пластических искусств.
- Крафт-бумага - часто используют в детских поделках, она изготавливается разных цветов и отличается высокой степенью шероховатости. Это та же самая бумага, которую можно использовать в качестве оберточной бумаги.
- Безуглеродная и растительная бумага - её поверхность подготовлена так, что при письме на ней наносится марка используемого инструмента, и поэтому она используется в копиях накладных, чековых книжек[5].

Свойства бумаги: геометрические параметры (толщина, масса, плотность бумаги, пухлость (степень спрессованности бумаги)); сорбционные параметры (впитываемость, пористость); механические (поверхностная гладкость, шероховатость, неоднородность структуры бумаги (направление волокон)), жесткость/мягкость (параметр сжатия растяжения), механическая прочность и устойчивость к деформации; оптические (оптическая яркость (способность бумаги отражать свет рассеянно и равномерно во всех направлениях)), непрозрачность, лоск/глянец [6].

3. Технологии производства бумаги.

Производством бумаги занимаются целлюлозно-бумажные комбинаты. Технология производства бумаги представляет собой многостадийное производство.

1 стадия – начальная степень подготовки древесины. Она включает: очищение стволов деревьев от коры; распил на небольшие бруски; измельчение их до получения древесной массы.

2 стадия - древесную массу подвергают высокотемпературной обработке кислотами. Она варится до получения жидкой смеси целлюлозных волокон. Одновременно она отбеливается и приобретает механическую прочность. Далее полуфабрикат может быть отправлен: на дальнейшую переработку; на продажу в спрессованном виде.

3 стадия - к смеси добавляют: часть необработанной древесной массы или вторичного сырья; большой объем воды; различные добавки в виде смолы, клея, специальных веществ, красителей, в зависимости от назначения продукции.

Бумажная суспензия, в которой почти 99% составляет вода, фильтруется, очищается от примесей и подается в БДМ – бумагоделательную машину.

Формование бумажного полотна: смесь попадает на ячеистую металлическую сетку, продвигаясь по которой, теряет часть воды. Волокна располагаются по движению сетки и переплетаются, формируя полотно бумаги. Следующие манипуляции заключаются в его прессовании и сушке: проходя через цилиндрические прессы, бумажное полотно отдает влагу и все больше уплотняется; после прохождения сушильной части в основе остается лишь 8% воды; пройдя между каландрами, полотно сматывается в большой рулон и подвергается резке. Прежде чем попасть на каландры, основа подвергается мелованию. Она покрывается водной суспензией, состоящей из клеевых и пигментных добавок, придающих ей гладкость и высокие печатные качества[7].

4 стадия - накатка. Готовая бумага наматывается на шпулю и в виде рулонов поступает на дальнейшее производство[8]

Для каждого этапа производства новой бумаги требуется огромное количество чистой воды. По оценкам экологов, на производство одного листа формата А4 уходит порядка 7 литров жидкости. Использованная вода возвращается в реки и озера, а вместе с ней и токсичные компоненты, которые даже в самой малой концентрации представляют угрозу для всех живых организмов[8].

4.Методика изготовления бумаги

Проводя исследование, мы поставили перед собой следующую цель: апробировать существующие способы получения бумаги путём переработки вторичного сырья, выявить оптимальные способы, разработать свои способы получения бумаги.

1 способ: получение бумаги из макулатуры:

- а) создаём экран из одной рамки и прикрепленной на нее сетки. Затем измельчаем бумагу погружным блендером, предварительно замочив ее на 4 часа. Получаем пульпу. Выливаем ее в большую ёмкость с водой. Погружаем рамку в водную смесь пульпы, так чтобы на рамке оказался тонкий слой в 1-2 мм пульпы. Затем поднимаем рамку и даем стечь воде, удаляем лишнюю влагу губкой. Переворачиваем на ткань и убираем экран. На протяжении суток даем листу бумаги время высохнуть. Далее аккуратно снимаем бумагу с ткани. Разглаживаем при помощи утюга и обрезаем края (TikTok).

- b) второй вариант с добавлением клея ПВА. Прodelываем все вышеуказанные действия (смотрите пункт а), но на этапе получения пульпы добавляем в смесь пульпы с водой (3 литра) 65г клея ПВА.
- c) третий вариант с добавлением крахмала. Прodelываем все вышеуказанные действия (смотрите пункт а), но на этапе получения пульпы добавляем в смесь пульпы с водой (3 литра) крахмальный клейстер, полученный разведением 200г крахмала в 500 мл кипятка.

2 способ: режем осоку, крапиву двудомную, щирцу раскидистую на небольшие кусочки, кладём в кастрюлю. Заливаем водой и доводим до кипения. Затем 70г щёлочи (NaOH) растворяем в 250 мл холодной воды. И выливаем в кастрюлю с травой. На 30 минут оставляем нарезку трав в растворе. Остужаем щелочной отвар, сливаем его и начинаем промывать траву на сите под струёй воды. Промытую траву помещаем на сутки в отбеливатель. Промываем под проточной водой получившуюся массу, измельчаем ее блендером до консистенции пюре. Добавляем клей ПВА в получившуюся пульпу. Берем экран и выкладываем на него пульпу. Ждём, когда стечёт вода, переворачиваем экран на ткань и снимаем рамку. Раскладываем подсушенные листы бумаги под пресс. Затем разглаживаем утюгом [9]. Щирцу и осоку замачивали без щелочи. Щирцу только в отбеливателе на сутки, а осоку замачивали в отбеливателе на 3 суток, затем в хлорном растворе (4 хлорных таблетки в 1,2л воды) на 2 суток.

3 способ: бумагу можно изготовить из околоплодника обыкновенного банана.

Очищаем бананы от околоплодника (кожуры). Банановые шкурки замачиваем в соленой воде на три дня (в 2 литрах воды растворяем 250г поваренной соли). После этого острым ножом счищаем мякоть с внутренней части шкурок, шкурки промываем под проточной водой, просушиваем на хлопчатобумажной салфетке, формируя нужный формат листа папируса. Затем выкладываем второй слой в перпендикулярном направлении, накрываем второй салфеткой и прижимаем тяжелым прессом. При формировании листов использовались 2 способа: внешней гладкой стороной околоплодника наружу и внутренней шершавой стороной околоплодника наружу. Ежедневно проводим смену салфеток и просматриваем формируемую бумагу. Под прессом бумага находилась неделю [10].

4 способ: бумага из сосновых опилок и др. растений. Периодически помешивая, варим около суток (желательно не меньше) в обычной воде опилки. Добавляем каустическую соду, можно воспользоваться пищевой. Для дальнейшей работы нужно подготовить ёмкость (противень) и делаем рамку с натянутой на ней марлей (сеткой). После варки, берем дуршлаг, промываем опилки от соды и отжимаем их с помощью марли. Возвращаем опилки в кастрюлю (без воды!), добавляем полстакана крахмала, заливаем водой (1:1) и ставим

опять на огонь. Как только закипит, измельчаем опилки (пестиком в ступке или блендером) до однородной массы. Далее заливаем массу в ёмкость, промакиваем (можно газетами), переворачиваем и аккуратно отделяем лист от ёмкости. Накрываем газетой с двух сторон, кладем под пресс на 3-5 минут. Аккуратно выкладываем лист на фольгу (или другой материал) и сушим (солнце, батарея, духовка, утюг). Для лучшего эффекта нужно измельчать на более мелкие куски и заливать тонко[11].

Способ 5: бумага из ветоши. Чтобы сделать белую бумагу, необходимо правильно подготовить ветошь, измельчив ее на волокна. Старое, ненужное тряпье разрезают на лоскуты, очищают его от мусора и пыли, после чего приступают к влажной обработке. Небольшая "стирка" не только устраняет жирные пятна и трудно выводимую грязь, но и частично обесцвечивает сырье, делает его волокна более рыхлыми. Лучше всего справляется с этой задачей погружение ветоши в воду со щелоком - в наше время, думаю, не хуже это сделают и современные стиральные порошки. После стирки тряпки мелко режут (чаще всего - с помощью механических приспособлений), и подвергают отбеливанию. Традиционно для этих целей используется хлорка: в виде хлорной извести или хлорного газа, пропущенного через воду. Затем сырье тщательно промывается и в конечном итоге приобретает вид кашицы желтоватого цвета. Чтобы избавиться от желтого оттенка, тряпичную массу слегка подсинивают небольшим количеством голубой краски: ультрамарином, индиго и т.д. Чтобы бумажная масса была более однородной и плотной, в массу добавляют клей. Нежелательно использовать клеевые составы, приготовленные на животной основе - впоследствии такая бумага становится ломкой, хрупкой и приобретает желтизну. Чтобы получить традиционно-привычные нам листы бумаги, густую бумажную массу слегка разводят водой и разливают тонким слоем на ровной поверхности, после чего добиваются удаления излишков воды и загустения основы. Проще всего убрать воду, если процедить массу через очень частое сито. В принципе, оставшуюся на сите массу уже можно оставлять для просушки, но замечено, что получившаяся таким образом бумага становится рыхлой, шероховатой и не очень крепкой. Бумага с наилучшим качеством получается, если основную массу сначала процедить через крупное сито, на ячейках которого осядут посторонние примеси, затем в сосуд, куда стекла процеженная бумажная основа, погружают рамку с мелкой сеткой и крышкой. Рамку с тонким слоем будущей бумаги вынимают, приведя ее в вертикальное положение и дают стечь воде. Далее рамку кладут на лоскут шерстяной ткани или сукна, переворачивают форму быстрым, но осторожным движением, чтобы лист сырой бумаги остался на этой ткани. Вместо шерсти или сукна можно использовать флис, старые простыни или полотенца - т.е. материалы, хорошо впитывающие влагу.

Предварительная сушка бумаги проходит под прессом - от этого не только влага быстрее испаряется, но и выравнивается, уплотняется и разглаживается текстура бумаги. Стопка сырых листов, лежащих на лоскутах ткани, подвергается равномерному воздействию любого тяжелого предмета. Чем тоньше должен быть лист бумаги, тем большее количество раз его подвергают воздействию пресса. Но важно помнить, что листы при прессовании могут слипаться, поэтому необходимо стопку периодически "тасовать", после чего вновь воздействовать давлением тяжелого предмета. После этих манипуляций бумагу подвергают окончательной сушке. Самый простой способ - это извлечь листы из-под пресса и развесить их сушить на бельевой веревке. В зависимости от температуры помещения процесс сушки может занимать 2-3 дня. Если листов не очень много, то для ускорения процесса сушки можно подкладывать под них впитывающий влагу материал - например, бумажные полотенца, и продолжать сушку под прессом, периодически меняя впитывающую основу. В том случае, если на подготовительной стадии в тряпичную массу не добавлялся клеевой состав, то необходимо проклеить уже сухую бумагу, иначе она будет рыхлой, немного похожей на промокашку. Листы обмакивают в клей, после чего еще раз сушат [12].

6 способ: способ изготовления домашней или авторской бумаги похож на способ изготовления папье-маше. Замачиваете туалетную бумагу. Выжимаете, добавляете чуть-чуть клея ПВА и кладете ее на сетку в раме. Все стекает. Даете подсохнуть. Снимаете получившийся лист и перекладываете для просушки. Затем кладете под пресс [13].

Определение качества бумаги.

1. Цвет бумаги. Цвет бумаги определялся путем визуального просмотра образцов бумаги 5 экспертами.
2. Однородность цвета. Однородность цвета определялась путем визуального просмотра образцов бумаги 5 экспертами с оценкой по пятибалльной шкале («5»- высокое качество; «4»- хорошее качество; «3»- удовлетворительное качество; «2»- неудовлетворительное качество; «1»- не допустима к использованию) и определением среднего арифметического значения.
3. Непрозрачность. Определяется путем печати тестового листа на принтере и последующего определения прозрачности надписей, путем просмотра тестовой страницы на свет с определением напечатанного текста на обратной стороне листа. Единицы измерения: проценты(%): норма: $\geq 91\%$; в идеале: $92+\%$. Непрозрачность влияет на проявление отпечатков на обратной стороне листа. Чем выше непрозрачность, тем больше шанс, что при двусторонней печати вторая сторона листа не будет просвечивать.

4. Удобность письма, наличие помех для письма и ровность поверхности. Удобность письма, наличие помех для письма и ровность поверхности определялись путем написания нескольких слов на образцах бумаги 5 экспертами с оценкой по пятибалльной шкале («5»- высокое качество; «4»- хорошее качество; «3»- удовлетворительное качество; «2»- неудовлетворительное качество; «1»- не допустима к использованию) и определением среднего арифметического значения.
5. Гибкость бумаги. Определялась путем складывания бумаги в несколько слоёв с сохранением целостности бумаги. Сворачиваем бумаги в трубочку и последующем «запоминаем» формы бумагой.
6. Волокнистость бумаги. Образец бумаги разрываем вдоль одного из краев на узкие полоски и внимательно рассматриваем кромку бумаги по линии разрыва. Определяем наличие свободных волокон в местах разрыва и их характеристики (мелкие или крупные; однородные или грубые с включениями) [14].
7. Плотность бумаги. Плотность бумаги определяем путем взвешивания образца бумаги площадью 0,01 м² и дальнейшего расчета по формуле $\rho = \frac{1}{S} * m$, где ρ - плотность бумаги, S-площадь бумаги, m-масса бумаги. Единицы измерения: граммы на квадратный метр, (г/м²). Норма: 72–80 г/м². Оптимальное: 80+ г/м².

5. Результаты исследования.

Проводя исследование, мы ставили перед собой следующую цель: апробировать разные технологии производства бумаги из вторичного сырья и природных материалов с последующим определением качества получаемой бумаги. Проведенное исследование показало:

1. По цвету бумаги, выраженным белым цветом обладает бумага из ветоши, при изготовлении которой использовался отбеливатель. Слегка желтоватый оттенок белого цвета имеет бумага из ветоши, при изготовлении которой использовалась хлорка, и бумага из крапивы 1 образца. Остальные образцы бумаги характеризуются окраской от светло-серого до голубого или зеленого цвета. Бумага из банановых околоплодников имеет коричневый цвет (Приложение № 1).
2. По однородности цвета, максимальный балл характерен для бумаги из ветоши с замачиванием в хлорке и для образцов, полученных из туалетной бумаги. Не однородный цвет характерен для бумаги из макулатуры с добавлением

крахмального клейстера, бумаги из щирцы, из осоки и крапивы. Остальные образцы имеют оценку от 4,2 до 4,8 баллов (Приложение № 1, № 2).

3. Оценка удобства письма показала, что наиболее оптимальная для письма бумага изготовлена из макулатуры без добавок и из туалетной бумаги. Средний показатель характерен для образцов бумаги из макулатуры с добавлением клея ПВА, из ветоши с замачиванием в отбеливателе и хлорке. Низкие показатели характерны для образцов бумаги из растительного сырья и из макулатуры с добавлением крахмального клейстера (Приложение № 1, № 3). Но в это же время бумага из растительного сырья может использоваться в прикладных целях.
4. Отсутствуют помехи для письма в образцах бумаги, полученных из туалетной бумаги и из макулатуры без добавок. Средний показатель характерен для образцов бумаги из макулатуры с добавлением клея ПВА и из ветоши с замачиванием в хлорке и отбеливателе. Низкие показатели имеют образцы бумаги из растительного сырья и из макулатуры с добавлением крахмального клейстера (Приложение № 1, № 4).
5. Оценка ровности поверхности бумаги показала высокий результат у образцов бумаги из ветоши с замачиванием в отбеливателе и из туалетной бумаги. Средние показатели характерны для бумаги из ветоши с замачиванием в хлорке, из макулатуры без добавок и из щирцы. Остальные образцы имеют низкие показатели (Приложение № 1, № 5).
6. Высокая плотность присутствует у образцов бумаги из ветоши и из осоки. Бумага из осоки, несмотря на высокую плотность, имеет низкие показатели сцепленности. Средние показатели у бумаги из макулатуры с добавлением клея ПВА и крахмального клейстера, а также у бумаги из крапивы 2 образца. По качеству бумага сходна с твёрдым картоном и наиболее удобная для использования. Меньшая плотность присутствует в образцах из макулатуры без добавок, из туалетной бумаги, из крапивы 1 образца и из щирцы. Самая низкая плотность у бумаги из банановых околоплодников (Приложение №1, №6).
7. Все протестированные образцы бумаги имеют высокий показатель непрозрачности в диапазоне от 91-92%. Но бумага из макулатуры с добавлением крахмального клейстера прозрачна в местах его вкрапления. Непрозрачность образцов бумаги из банановых околоплодников, из ветоши с замачиванием в хлорке и из осоки определить не удалось, так как тестовый лист не имеет возможности для печати на принтере (Приложение №1, №7).

8. Высокая гибкость наблюдается у образцов бумаги из макулатуры с добавлением клея ПВА. Бумага сгибается 3 раза и при сворачивании в трубочку не образует разрывов. Остальные образцы, за исключением бумаги из растительного сырья, которая ломается или рассыпается при сгибании, сгибаются 1-2 раза, при сворачивании в трубочку образуют разрывы (Приложение №1).
9. Отсутствуют волокна у образцов из туалетной бумаги и из банановых околоплодников. Но бумага из банановых околоплодников получена путём соединения целых частей кожуры банана, поэтому не разделяется на волокна. Мелкие волокна наблюдаются у образцов бумаги из макулатуры с добавлением клея ПВА и крахмального клейстера, бумаги из ветоши с замачиванием в хлорке, из крапивы и щирицы. Крупные волокна у образцов бумаги из макулатуры без добавок, из ветоши с замачиванием в отбеливателе и из осоки. Вкрапления отсутствуют в образцах бумаги из ветоши, остальные волокнистые образцы имеют включения (Приложение №1).

Заключение

Несмотря на все современные технологические достижения, производство бумаги реализуется по технологиям, разработанным еще в доиндустриальный период

существования общества, и с использованием древесного сырья, которое может быть использовано в получении более востребованной продукции, чем бумага. При этом сохранение лесов является одним из путей решения экологической проблемы изменения климата, связанное с парниковым эффектом. Поэтому поиск новых технологий производства бумаги должен стать одним из путей модернизации целлюлозно-бумажной промышленности. Реализуя данное исследование, мы поставили перед собой следующую цель: апробировать существующие непродовственные технологии получения бумаги и разработать новые путём переработки вторичного сырья и его альтернативных источников. По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Изучение теоретического материала об истории создания бумаги, её типах и свойствах, существующих технологий производства, позволило определить основные способы производства бумаги и критерии оценки ее качества.
2. На практике были проанализированы способы получения бумаги из макулатуры, ветоши и растительного сырья. Результативным и менее ресурсозатратным способом является изготовление бумаги из макулатуры без каких-либо добавок. Бумага из альтернативного растительного сырья имеет низкие писчие показатели, но пригодна для декоративного использования.
3. Разработаны вариации используемых технологий производства бумаги.
4. По итогам суммарной оценки качества бумаги высокие показатели характерны для образцов из туалетной бумаги и из макулатуры без добавок.
5. В работе представлены рекомендации по использованию апробированных способов производства бумаги из вторичных и альтернативных источников сырья.

В целом, проведенная работа показала, что возможно изготовление бумаги, используя нетрадиционные технологии производства, которые хранят потенциал преобразования существующих способов изготовления бумаги.

1. <https://snegurochka-paper.ru/articles/istoriya-vozniknoveniya-bumagi> (дата обращения 15.10.2022)
2. <https://www.vseobumage.ru/1310/istoriya-bumagi-epohi-razvitiya/> (дата обращения 30.10.2022)
3. <https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/3222/1/Davydova.pdf#:~:text=Био-рефайнинг%20представляет%20собой%20глубокую%20химическую,лесоматериалы%20С%20пиломатериалы%20и%20топливные%20материалы> (дата обращения 30.10.2022)
4. <https://dzen.ru/media/id/5f0c911b916fcc1d24f73ee2/bumaga-istoriia-poiavleniia-i-sposoby-izgotovleniia-60a6335b3733570555583864> (дата обращения 15.10.2022)
5. <https://ru1.warbletoncouncil.org/tipos-de-papel-7927#menu-8> (дата обращения 16.11.2022)
6. <https://fosbo.ru/2770/bumaga-i-ee-svoistva/> (дата обращения 27.11.2022)
7. <https://vtorexpo.ru/makulatura/sovremennye-tehnologii-izgotovleniya-bumagi.html> (дата обращения 27.11.2022)
8. https://koronaspb.ru/articles/proizvodstvo-bumagi/#info__technologies (дата обращения 27.11.2022)
9. <https://www.livemaster.ru/topic/384579-bumaga-ruchnoj-raboty-iz-travy> (дата обращения 29.12.2022)
10. <http://www.bolshoyvopros.ru/questions/1998744-kak-sdelat-bumagu-iz-bananovoj-kozhury.html> (дата обращения 03.01.2023)
11. <https://filosofyfree.ru/kak-sdelat-bumagu-iz-sosnovyx-opilok-i-dr-rastenij> (дата обращения 03.01.2023)
12. http://www.craft-retro.ru/2017/08/blog-post_29.html (дата обращения 03.01.2023)
13. <http://www.bolshoyvopros.ru/questions/248341-kak-sdelat-bumagu-svoimi-rukami-v-domashnih-uslovijah.html> (дата обращения 03.01.2023)
14. <http://pedagogic.ru/books/item/f00/s00/z0000070/st008.shtml> Бумага - материал волокнистый (дата обращения 29.03.2023)

Приложение №1

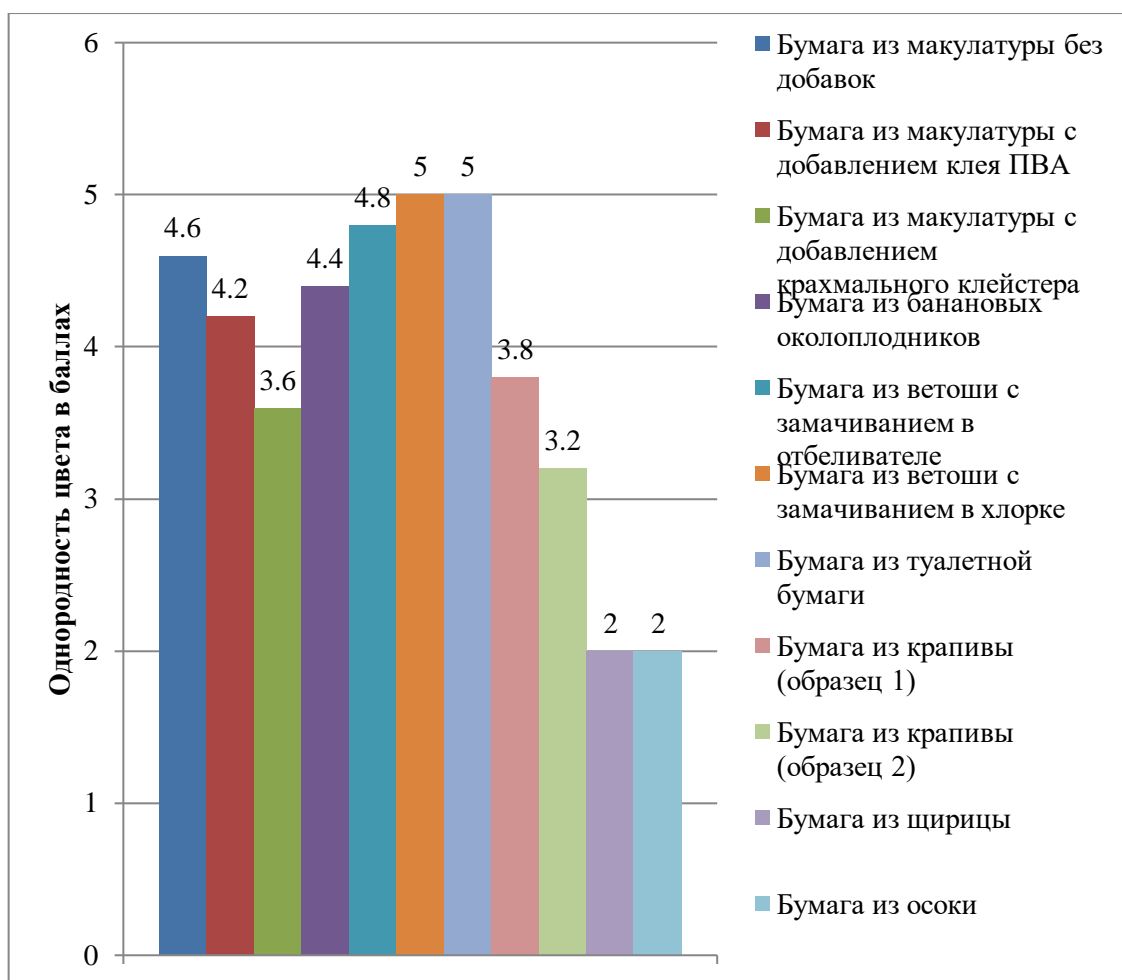
Таблица оценки качества образцов бумаги.

Тип бумаги	Цвет бумаги	Однородность цвета	Непрозрачность	Удобность письма	Наличие помех для письма	Ровность поверхности	Гибкость	Волокнистость	Плотность
Бумага из макулатуры без добавок	Светло-серая, серая.	4,6 балла	92+%	4,8 балла	4 балла	3,8 балла	Сворачивается 1-2 раза, образуя разрывы. Сворачиваясь в трубочку, образует разрывы. Низкая гибкость.	Волокна крупные с включениями.	270 г/ м ²
Бумага из макулатуры с добавлением клея ПВА	От светло-серо-голубого до серого.	4,2 балла	92+% (затруднена печать, края прозрачны).	4 балла	3,4 балла	3,2 балла	Сворачивается 3 раза, не образуя разрывы. Сворачиваясь в трубочку, не образует разрывы - высокая гибкость.	Волокна мелкие с включениями.	335 г/ м ²
Бумага из макулатуры с добавлением	От серо-голубого до серого.	3,6 балла	92+% (прозрачна в местах	3,2 балла	1,8 балла	2 балла	Сворачивается 2 раза, образует разрывы на сгибах. В трубочку не	Волокна мелкие с большими включениями.	368 г/ м ²

крахмального клейстера			вкрапления клейстера).				сворачивается – очень низкая гибкость.		
Бумага из банановых околоплодник ов	от коричневого до коричнево- черного	4,4 балла	не определяетс я	1,2 балла	2,6 балла	3,2 балла	при сгибании ломаются, очень низкая гибкость	нет волокон	145 г/ м ²
Бумага из ветоши с замачиванием в отбеливателе	белый	4,8 балла	≥ 91 %	3,6 балла	2,8 балла	4,2 балла	складывается 2 раза, сворачивается в трубочку и не держит форму, низкая гибкость	волокна крупные, однородные	502 г/ м ²
Бумага из ветоши с замачиванием в хлорке	от белого до желтоватого	5 баллов	не определяетс я	3,6 балла	2,8 балла	4 балла	сворачивается 1 раз, образуя разрывы, сворачиваясь в трубочку, разрывы не образует, не держит форму, низкая гибкость	волокна мелкие однородные	471 г/ м ²
Бумага из туалетной бумаги	от серого до темно-серого (песочно- серого)	5 баллов	92+%	4,6 балла	4,8 балла	4,8 балла	сворачивается 2-3 раза, сворачиваясь в трубочку, образует разрывы, средняя гибкость	нет волокон	211 г/ м ²

Бумага из крапивы (образец 1)	от светло-жёлтого до жёлтого	3,8 балла	92+%	3 балла	2,2 балла	2,8 балла	при сгибании ломается, образует разрывы	волокна мелкие однородные	236 г/ м ²
Бумага из крапивы (образец 2)	от серо-зеленого до серо-желтого	3,2 балла	92+%	3,4 балла	2,4 балла	2,6 балла	при сгибании ломается, образует разрывы	волокна мелкие однородные	405 г/ м ²
Бумага из щирцы	зеленый разных оттенков	2 балла	92+%	1 балл	1,2 балла	4 балла	при сгибании ломается	волокна мелкие однородные	300 г/ м ²
Бумага из осоки	зеленый разных оттенков	2 балла	не определяется	0,8 балла	1 балл	1,6 балла	при сгибании рассыпается	волокна крупные неоднородные	520 г/ м ²

Диаграмма показателей однородности цвета образцов бумаги (в баллах).



Шкала оценивания в баллах:

«5»- высокое качество; «4»- хорошее качество; «3»- удовлетворительное качество
 «2»- неудовлетворительное качество; «1»- не допустима к использованию

Диаграмма показателей удобства письма на образцах бумаги (в баллах).

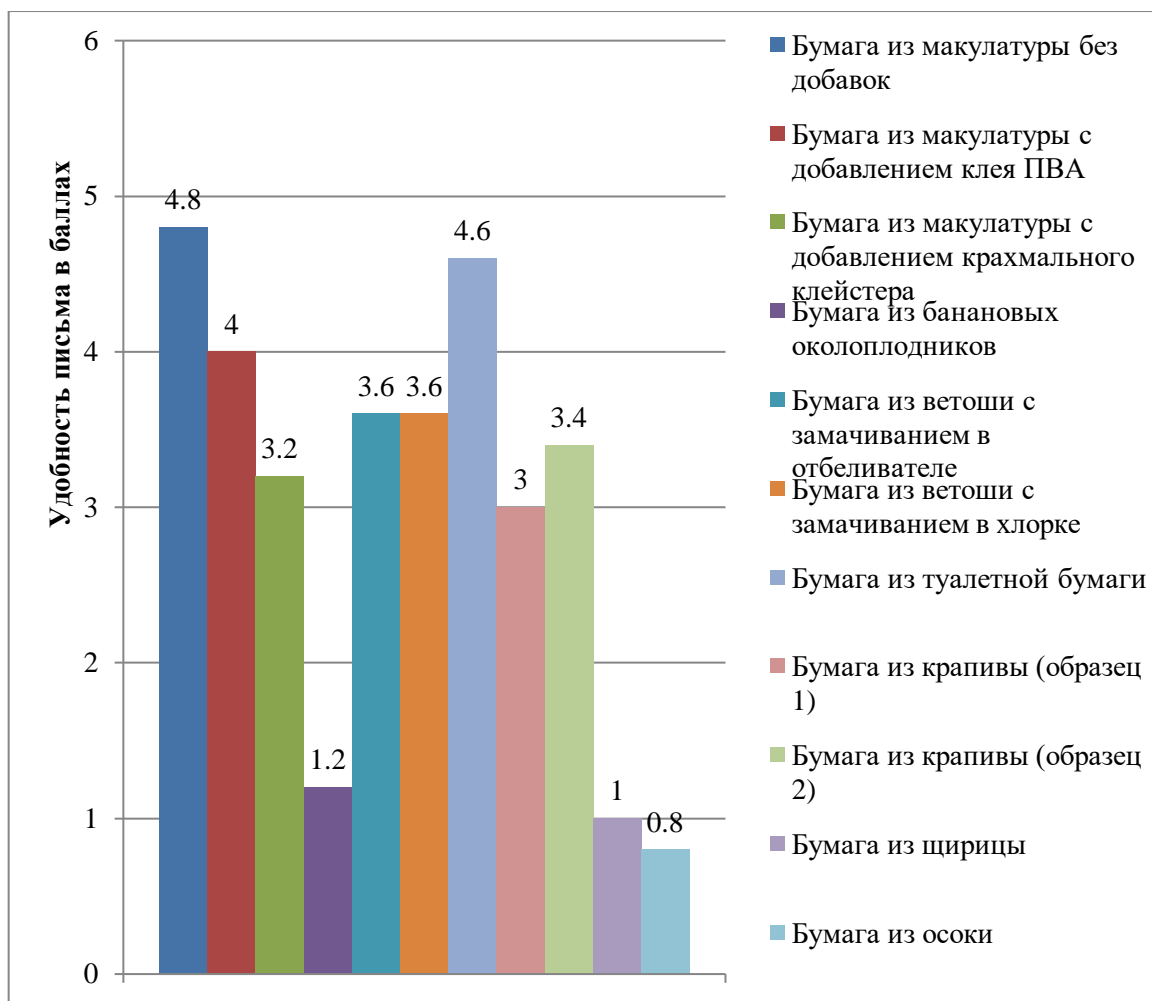


Диаграмма показателей оценки образцов бумаги по критерию наличие помех для письма (в баллах).

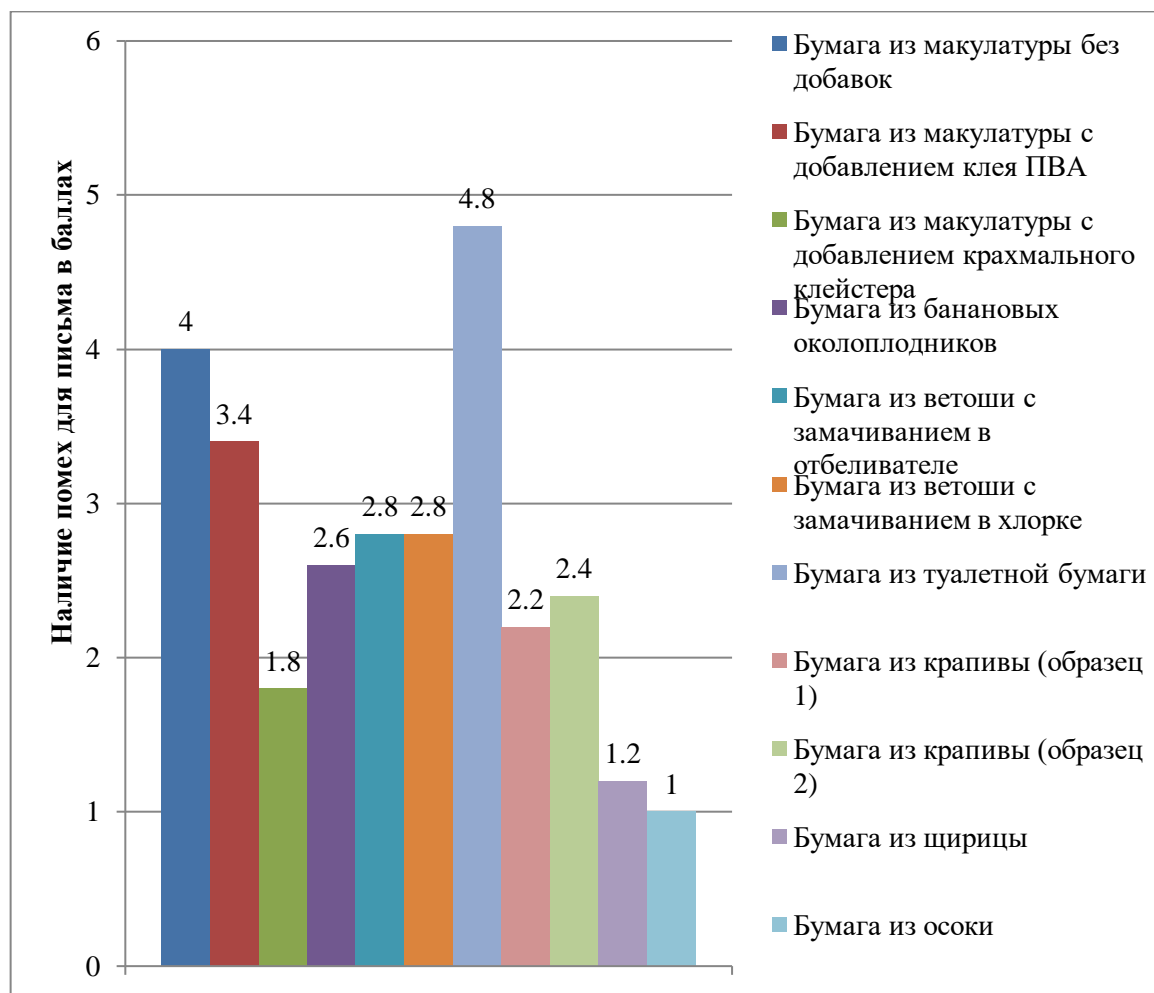


Диаграмма показателей оценки образцов бумаги по критерию ровность поверхности бумаги (в баллах).

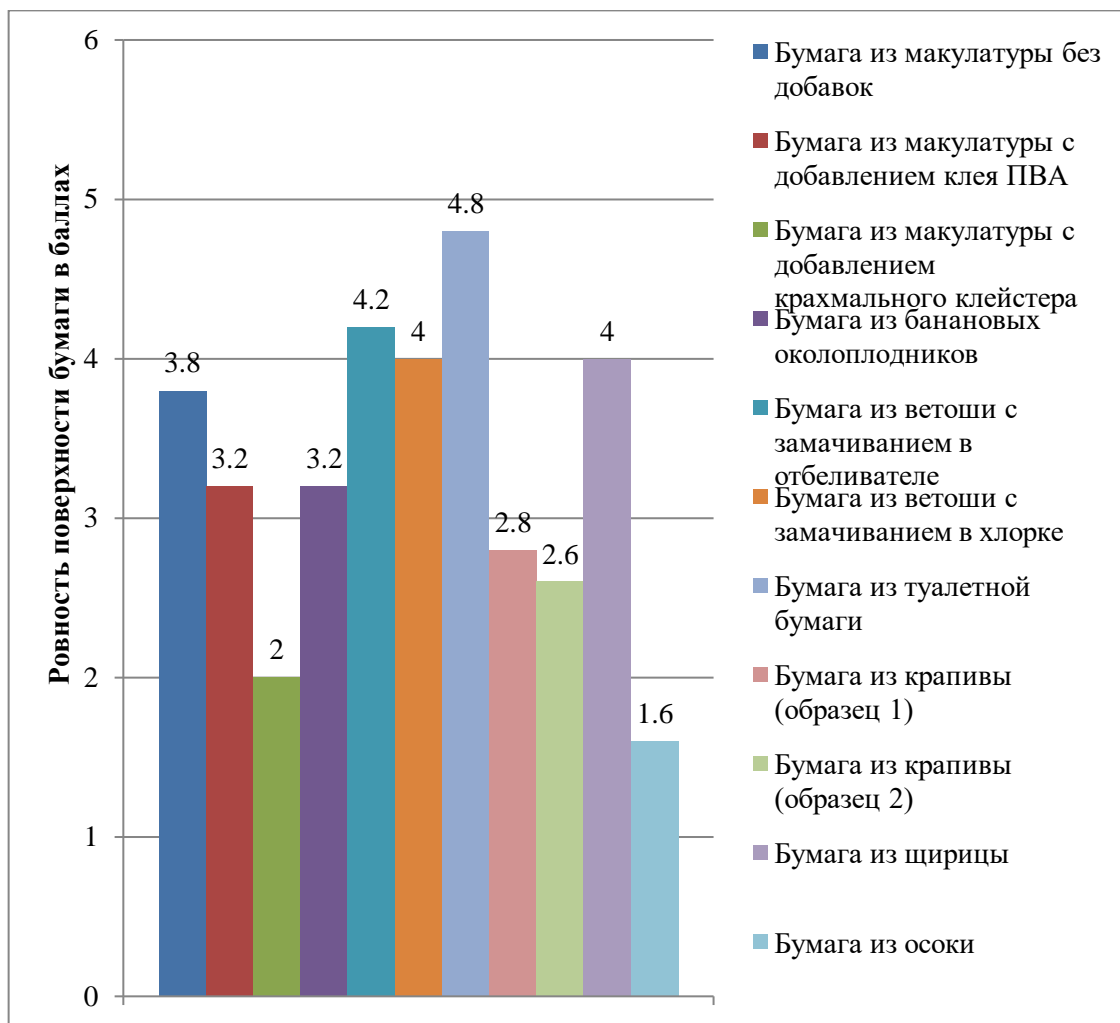
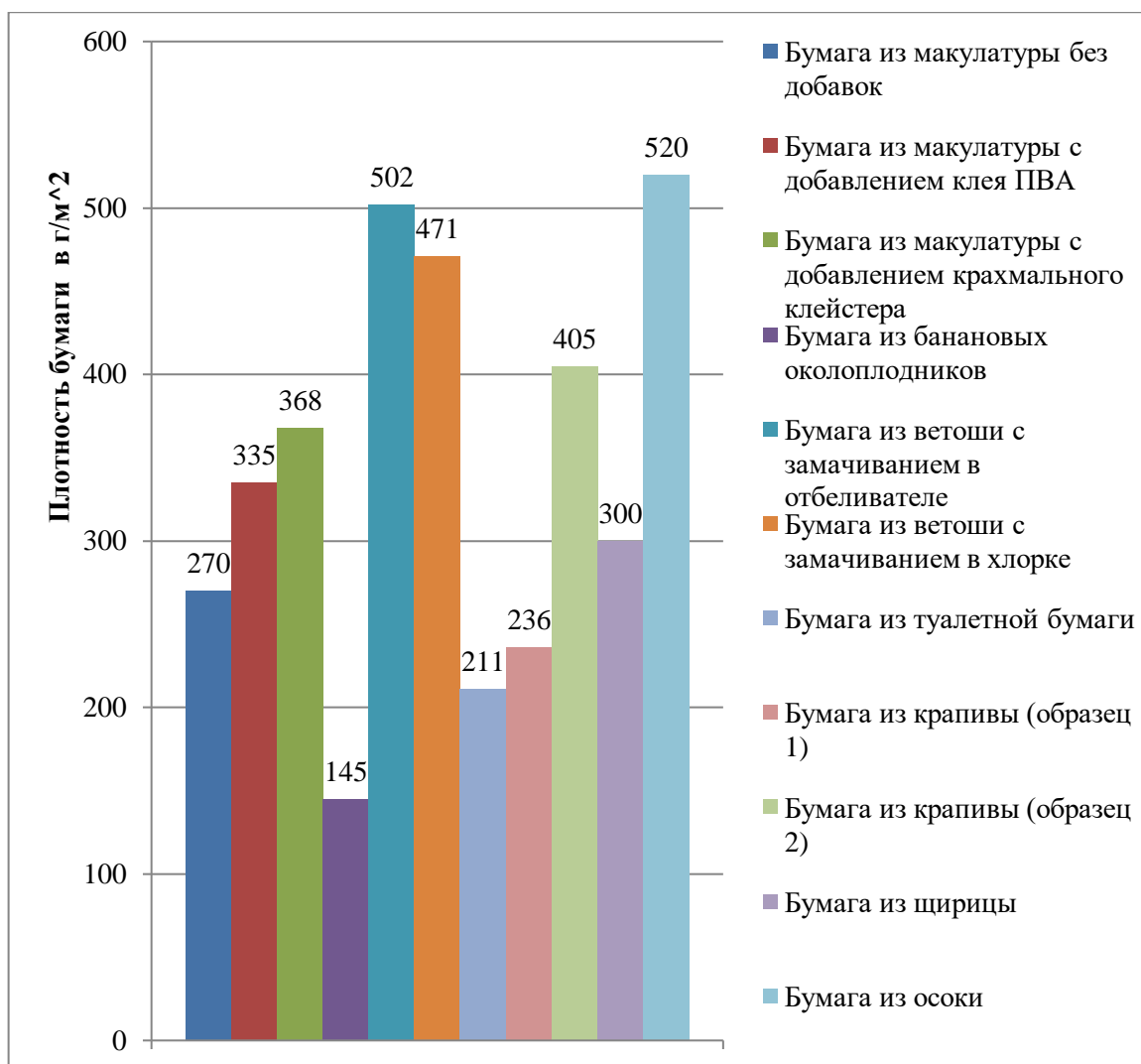


Диаграмма показателей оценки плотности бумаги (в г/м²).



Приложение №7

Диаграмма оценки показателей непрозрачности образцов бумаги (в %).

