

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Гимназия» г. Старая Русса  
Новгородская область, город Старая Русса

Проектная работа  
Номинация «Обращение с отходами»

«Биопластик из молока: органическая альтернатива полиэтилену»

Каменева Мария Сергеевна, 10 класс

Руководитель конкурсной работы:  
Сусякова Наталья Алексеевна, учитель химии,  
МАОУ «Гимназия» г. Старая Русса

## **Оглавление**

Введение .....	3
Глава I. Теоретическая часть. ....	6
Глава II. Практическая часть .....	13
Глава III. Итоги и выводы.....	18
Список литературы .....	20
Приложения.....	21

## Введение.

Этапы работы над проектом

Таблица 1. Этапы проекта

Этапы	Виды деятельности	Дата исполнения
Подготовительный	Выбор темы проектной работы; Разработка основополагающего вопроса и проблемных вопросов темы	07.09.2025 – 16.09.2025
Планирование	Формулировка задач, которые необходимо решить; Выбор средств и методов решения задач; Определение сроков работ	17.09.2025 – 28.09.2025
Процесс проектирования	Самостоятельная работа: поиск информации	29.09.2025 – 07.10.2025
	Создание продукта	08.10.2025 – 21.10.2025
Итог	Достигнутый результат	22.10.2025
	Оформление	23.10.2025 – 29.10.2025
Защита	Представление проекта с последующим обсуждением на региональном этапе	04.12.2025

Актуальность темы исследования

Современные дети ежедневно контактируют с большим количеством пластиковых предметов — игрушек, обучающих материалов, принадлежностей. Однако традиционный пластик зачастую содержит синтетические добавки и может выделять вредные вещества при длительном использовании или нагревании. Проблема экологической безопасности детских товаров становится всё более значимой. Создание безопасных, биоразлагаемых материалов, получаемых из природного сырья, представляет важное направление современной науки. Одним из таких материалов является биопластик на основе казеина — молочного белка

Проблема исследования

Большинство детских обучающих материалов изготавливаются из синтетических пластиков, которые не разлагаются в природе и могут быть небезопасны для здоровья при контакте. Возникает вопрос: возможно ли заменить обычный пластик экологичным и безопасным материалом, сохранив при этом его прочность и форму?

## Цель работы

Изготовить биопластик на основе молочного белка (казеина) и исследовать возможность его применения в качестве безопасного материала для изготовления обучающих материалов для детей младшего школьного возраста.

## Задачи исследования

1. Изучить химический состав молока и роль казеина в образовании пластика.
2. Провести реакцию осаждения казеина с уксусной кислотой.
3. Получить образцы биопластика с различным количеством глицерина.
4. Исследовать физические свойства образцов (плотность, гибкость, влагостойкость).
5. Провести анкетирование среди школьников о готовности использовать экологичные материалы.
6. Сравнить результаты с характеристиками обычного полиэтилена.

## Объект исследования

Молоко как источник природного полимера — казеина, используемого для получения биопластика.

## Предмет исследования

Процесс получения биопластика из казеина и влияние количества пластификатора (глицерина) на физико-химические свойства полученного материала.

## Гипотеза исследования

Если выделить казеин из молока с помощью кислоты и обработать его глицерином, то получится пластичный, биоразлагаемый материал, способный частично заменить синтетический пластик.

## Продукт проектной деятельности

Образец букв из биоразлагаемого пластика, которые могут использоваться как наглядное пособие для детей младшего школьного возраста.

## Методы исследования

1. Теоретические: анализ литературных источников, интернет-источников, научных статей по биополимерам.
2. Практические: лабораторный эксперимент по выделению казеина и получению биопластика, наблюдение, измерение физических свойств, анкетирование (Google Forms).

3. Аналитические: сравнение полученных данных, обработка результатов в таблицах.

#### Теоретическая основа исследования

Основу исследования составили материалы из открытых научно-популярных источников, статей по полимерам и биоматериалам, а также публикации по теме казеиновых пластиков, включая:

1. учебники по органической химии (10–11 класс),
2. статьи на научных порталах («Chemical Education», «Science Direct»)

#### Теоретическая значимость работы

Работа углубляет понимание химической природы белков и их способности образовывать полимерные структуры, демонстрируя взаимосвязь между строением органических веществ и их свойствами.

#### Практическая значимость работы

Результаты проекта могут быть использованы для демонстрации возможностей применения экологичных биоматериалов в образовательной среде. Полученный биопластик можно использовать для создания обучающих букв, фишек и других безопасных предметов для детей. Работа способствует формированию экологической культуры и бережного отношения к природе у учащихся начальных классов.

## Глава I. Теоретическая часть.

### 1.1. Состав молока и роль белков

Молоко — это природная эмульсионно-коллоидная система, предназначенная природой для обеспечения новорождённых млекопитающих всеми необходимыми питательными веществами. С химической точки зрения оно представляет собой многофазную дисперсную систему, включающую водную, липидную, белковую и минеральную фазы.

#### 1.1.1. Химический состав молока

Состав молока может изменяться в зависимости от вида животного, его рациона, времени года и условий хранения.

Таблица 2. Усредненный состав молока

Компонент	Массовая доля (%)	Краткая характеристика
Вода	85,5–88,5	Растворитель, среда для растворённых веществ
Белки	3,0–3,5	Основные — казеин, $\beta$ -лактоглобулин, $\alpha$ -лактальбумин
Жиры	3,2–4,8	Смесь триглицеридов, фосфолипидов, стерина
Углеводы (в основном лактоза)	4,5–5,0	Главный источник энергии
Минеральные вещества	0,6–0,8	Кальций, фосфор, калий, магний, натрий и др.
Витамины, ферменты	следы	А, D, E, K, группа B, а также каталаза, липаза, фосфатаза

Молоко содержит более 200 различных органических и неорганических соединений. Водная фаза содержит растворённую лактозу, минеральные соли и сывороточные белки, а липидная фаза представлена эмульгированными жировыми глобулами диаметром от 0,1 до 10 мкм.[1] Белковая фаза — наиболее химически активная, поскольку белки участвуют в кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакциях, способны образовывать коагуляты и комплексы с ионами металлов.

#### 1.1.2. Белковая фракция молока

Общая концентрация белков в коровьем молоке составляет около 3,2 г/100 г, из которых около 80 % приходится на казеиновые белки и 20 % — на сывороточные белки. Белки молока — это в основном глобулярные и фосфопротеины, состоящие из  $\alpha$ -аминокислот, соединённых пептидными связями (—CONH—).

По физико-химическим свойствам белки делятся на две большие группы:

1. Казеиновые белки — представляют собой коллоидно-дисперсную фазу в виде мицелл диаметром 50–300 нм.

2. Сывороточные белки —  $\alpha$ -лактальбумин,  $\beta$ -лактоглобулин, альбумин, иммуноглобулины. Растворимы в воде, не коагулируют при подкислении, но денатурируют при нагревании выше 70 °С.

### 1.1.3. Физико-химические свойства белков молока

Белки молока проявляют ряд свойств, которые делают их интересными не только с пищевой, но и с технологической точки зрения.

#### 1. Амфотерность.

Белки содержат кислотные ( $-\text{COOH}$ ) и основные ( $-\text{NH}_2$ ) группы, благодаря чему способны связывать как катионы, так и анионы.

#### 2. Коллоидность.

Казеин в молоке существует не в виде отдельных молекул, а в форме казеиновых мицелл — сложных агрегатов из нескольких фракций казеина ( $\alpha_1$ -,  $\alpha_2$ -,  $\beta$ -,  $\kappa$ -казеин) и аморфных частиц кальцийфосфата. Эти мицеллы обладают гидрофильной оболочкой, благодаря чему молоко стабильно при хранении.

#### 3. Термическая устойчивость.

Сывороточные белки денатурируют при 70–75 °С, изменяя структуру, что может влиять на свойства молока при нагревании. Казеин более устойчив к температуре, но чувствителен к кислотности и ионам кальция.

#### 4. Комплексообразование.

Белки молока образуют комплексы с ионами  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , а также с фосфатами и цитратами.

### 1.1.4. Влияние обработки на белки молока

Различные виды термообработки по-разному влияют на структуру белков:

1. Пастеризация (60–70 °С, 30 мин) практически не нарушает структуру белков, только снижает активность ферментов.
2. Ультрапастеризация (135–150 °С, 2–5 сек) вызывает частичную денатурацию  $\beta$ -лактоглобулина, что может затруднять осаждение казеина.
3. Гомогенизация разбивает жировые глобулы и способствует равномерному распределению белков по объему.

## 1.2. Казеин: строение, свойства и роль в образовании биопластика

### 1.2.1. Что такое казеин

Казеин — это основной белок коровьего молока, составляющий около 78–82 % всех белков. [Приложение 1] Он относится к группе фосфопротеинов, то есть белков, в составе которых присутствуют фосфорсодержащие остатки серина ( $-\text{CH}_2-\text{O}-\text{PO}_3\text{H}_2$ ). [2] Главная особенность казеина — его способность связывать ионы кальция и фосфата, формируя устойчивые надмолекулярные комплексы — казеиновые мицеллы. Казеин не растворяется в воде и образует коллоидный раствор. [3]

### 1.2.2. Молекулярный состав и аминокислотная структура

Казеин представляет собой смесь четырёх фракций белков:

1.  $\alpha_1$ -казеин (AS1-CN) — около 38–45 %,
2.  $\alpha_2$ -казеин (AS2-CN) — около 10 %,
3.  $\beta$ -казеин (B-CN) — около 34 %,
4.  $\kappa$ -казеин (K-CN) — около 12 %.

Каждая из этих фракций имеет собственную структуру и функцию в мицелле:

1.  $\alpha$ - и  $\beta$ -казеины гидрофобны, склонны к агрегированию и образованию плотного ядра мицеллы.
2.  $\kappa$ -казеин — поверхностно-активный белок, формирует «волоконистую оболочку» мицеллы, стабилизируя её и предотвращая слипание.

В одной молекуле казеина содержится около 200–220 аминокислотных остатков.[4] Преобладают аминокислоты:

1. пролин (создаёт изгибы в цепи, делает белок гибким), серин (несёт фосфатные группы),
2. глутаминовая кислота (придаёт кислотность),
3. лейцин, валин, изолейцин (гидрофобные участки),
4. фенилаланин и тирозин (ароматические участки).

### 1.2.3. Казеиновые мицеллы: природная наноструктура

В молоке казеин находится не в свободной форме, а в виде мицелл — сферических частиц размером от 50 до 300 нанометров, состоящих из тысяч молекул белка.

Структура мицеллы:

В центре — агрегаты  $\alpha$ - и  $\beta$ -казеинов, соединённые ионами  $\text{Ca}^{2+}$  и фосфатами. Снаружи — слой  $\kappa$ -казеина, образующий «волоски», которые стабилизируют мицеллу. Именно эти «волоски» не дают молоку сворачиваться самопроизвольно.[5] Если же разрушить их (например, добавить кислоту или фермент), мицеллы слипаются, и белок выпадает в осадок — образуется творог или сыр. [Приложение 2]

### 1.2.4. Физико-химические свойства казеина

Таблица 3. Свойства казеина

Свойство	Характеристика
Растворимость	Практически не растворяется в воде, растворим в щелочной среде ( $\text{pH} > 7$ ).
Изоэлектрическая точка	( $\text{pI}$ ) $\approx 4,6$ — при этом значении $\text{pH}$ белок теряет заряд и коагулирует.
Температура денатурации	Более $120\text{ }^\circ\text{C}$ — казеин термоустойчив.
Тип белка	Фосфопротеин, амфотерный, коллоидный.
Цвет и форма	Белый порошок или хлопьевидная масса без запаха.

Растворы	В щелочах образует соли — казеинаты натрия, кальция, калия.
----------	---

Амфотерность казеина (наличие кислотных и основных групп) позволяет ему связывать и кислоты, и основания, что используется при синтезе полимеров и клеевых композиций.

#### 1.2.5. Механизм осаждения казеина из молока

Казеин свёртывается при подкислении, когда рН среды опускается ниже 4,6. При этом электростатические силы отталкивания между мицеллами исчезают, и они агрегируются.

Реакция при добавлении уксусной кислоты: Казеинат кальция +  $2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{Казеин}\downarrow + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$

Белок коагулирует, образуя осадок (казеин) и сыворотку, содержащую лактозу и растворимые белки.

Факторы, влияющие на скорость осаждения:

1. концентрация кислоты (оптимально 5–10 % уксусная кислота),
2. температура (наиболее активно при 40–50 °С),
3. скорость перемешивания (чем интенсивнее, тем равномернее свёртывание),
4. наличие солей кальция (способствуют агрегации белков).

#### 1.2.6. Химическая структура и взаимодействия в казеиновом полимере

Казеин содержит множество функциональных групп:

- NH<sub>2</sub> (аминогруппы),
- COOH (карбоксильные),
- OH (гидроксильные),
- PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> (фосфатные).

При денатурации и высушивании эти группы образуют внутримолекулярные и межмолекулярные водородные связи, а также ионные мостики.

Если добавить глицерин (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>), его гидроксильные группы образуют слабые водородные связи с белком, замещая часть воды, но не разрушая структуру.

#### 1.2.7. Механизм образования биопластика на основе казеина

1. Подкисление молока.

При добавлении уксусной кислоты (или другой слабой кислоты) рН среды снижается до ≈ 4,6. Мицеллы теряют заряд и осаждаются.

2. Отделение и промывка.

Образовавшийся белковый сгусток фильтруют, промывают водой для удаления лактозы и солей. Получают чистый влажный казеин.

3. Добавление пластификатора.

К влажному осадку добавляют глицерин. Он снижает хрупкость будущего материала и увеличивает эластичность.

#### 4. Формование.

Массу тщательно перемешивают и наносят на форму (например, пластиковую подложку). Важно равномерно распределить смесь.

#### 5. Сушка.

Проводится при комнатной температуре или в сушильном шкафу (до 50 °С). Испаряется вода, молекулы белка сближаются и стабилизируются в твёрдую структуру.

#### 6. Готовый материал.

После полного высыхания получается плотная, гибкая пластинка. При правильном соотношении компонентов она напоминает по свойствам полиэтилен, но является полностью биоразлагаемой.

### 1.2.8. Влияние пластиковых материалов на здоровье детей и преимущества биопластика

Современный мир невозможно представить без пластиков — они используются повсюду. Однако не все виды пластиков безопасны, особенно при контакте с детьми. Некоторые из них содержат добавки, которые могут оказывать негативное воздействие на организм человека, особенно детский, который более чувствителен к токсическим веществам. Среди них наиболее опасны:

1. Бисфенол А (ВРА) — способен нарушать работу эндокринной системы, имитируя гормон эстроген. У детей это может приводить к нарушениям развития, проблемам с обменом веществ и повышенному риску ожирения.
2. Фталаты — применяются как пластификаторы для придания гибкости. Они накапливаются в организме и влияют на работу печени, почек и репродуктивной системы.
3. Формальдегид и стирол — выделяются при нагревании некоторых пластиков, раздражают дыхательные пути, кожу, могут вызывать аллергические реакции и головные боли.
4. Тяжёлые металлы (свинец, кадмий) иногда присутствуют в красителях, применяемых при производстве ярких игрушек и пластмассовых изделий.

Эти элементы могут вызывать отравления, нарушения памяти и концентрации внимания у детей. Дети особенно уязвимы перед воздействием токсических веществ, так как их организм активно растёт и развивается, а обмен веществ происходит быстрее, чем у взрослых. [6]

### 1.3. Теоретическое описание экспериментального процесса получения биопластика из казеина

#### 1.3.1. Общая концепция эксперимента

Цель экспериментального процесса — получение прочного и гибкого биопластика из природного белка казеина. Основная идея заключается в том, что казеин, выделенный из молока, способен формировать трёхмерную

белковую сеть. Эта сеть может быть пластично модифицирована пластификатором (глицерином), после чего при высыхании образуется твёрдая плёнка.

Эксперимент состоит из трёх ключевых стадий:

1. Выделение казеина из молока.
2. Модификация белка пластификатором.
3. Сушка и формирование пластинки.

На каждой стадии происходят специфические химические и физические процессы, определяющие структуру и свойства будущего биопластика.

#### 1.3.2. Стадия 1: Коагуляция казеина (выделение из молока)

Химический процесс:

Под действием кислоты (например, уксусной, лимонной) pH молока снижается до изоэлектрической точки казеина (pH ≈ 4,6).

В этот момент суммарный заряд мицелл становится равен нулю, электростатическое отталкивание исчезает, и мицеллы агрегируются.



Физический процесс:

Осадок, формируемый из мицелл, представляет собой коллоидный белковый гель с высокой пористостью.

Научная суть:

Коагуляция — это обратимое агрегирование белков, при котором сохраняется большая часть структуры аминокислотных цепей.

#### 1.3.3. Стадия 2: Модификация пластификатором

Химический процесс:

Добавление глицерина приводит к образованию водородных связей между гидроксильными группами глицерина и полипептидными цепями казеина.

Глицерин частично замещает воду, удерживаемую белком, что увеличивает подвижность молекул белка.

Физический процесс:

Белок становится пластичным и эластичным, что предотвращает трещинообразование в процессе высыхания.

Влажная масса представляет собой гомогенный белково-пластификаторный гель, готовый к формированию плёнки.

Научная суть:

Глицерин действует как внутренний пластификатор, распределяя напряжения в белковой сетке и обеспечивая равномерное усадочное сжатие при сушке.

#### 1.3.4. Стадия 3: Сушка и формирование биопластика

Физико-химический процесс:

При испарении воды белковые цепи сближаются и образуют плотную трёхмерную сеть.

Водородные связи между аминокислотными остатками усиливаются, а гидрофобные области белка взаимодействуют друг с другом, создавая структурное укрепление.

Глицерин остаётся в материале, обеспечивая гибкость и пластичность, снижая хрупкость.

Влажный казеин + Глицерин → Биоразлагаемый материал

Научная суть:

Процесс сушки — это контролируемая денатурация и стабилизация белковой сети без разрушения аминокислотной последовательности.

Равномерное удаление влаги критично для формирования однородного материала без трещин и пузырей.

### 1.3.5. Влияние условий на свойства материала

Таблица 4. Как условия влияют на свойства материала

Параметр	Влияние на биопластик
рН коагуляции	Оптимально $\approx 4,6$ ; выше — неполное осаждение, ниже — хрупкость
Температура молока	40–50 °С ускоряет коагуляцию; выше — возможна частичная денатурация
Количество глицерина	<5 % — хрупкость; >15 % — мягкость и липкость
Скорость сушки	Медленная — гладкая и прочная плёнка; быстрая — трещины, неровная структура

## Глава II. Практическая часть

### 2.1. Практическая часть: получение биопластика из казеина

#### 2.1.1. Цель эксперимента

Цель практической части — получение биопластика из казеина различной концентрации молока и анализ влияния состава молока и количества пластификатора на выход и свойства материала.

#### 2.1.2. Объекты и материалы эксперимента

Объекты исследования:

- Молоко разной жирности и содержания белка: 6%, 2,5% и 1,5%.

Используемые вещества:

- Уксусная кислота (для коагуляции казеина),
- Глицерин (в качестве пластификатора).

Оборудование и инструменты:

- Мерные цилиндры,
- Весы лабораторные,
- Стеклянная посуда,
- Фильтровальная бумага,
- Подложки для сушки осадка,
- Термометр и часы для фиксации времени начала сушки,
- Бюретки для титрования.

#### 2.1.3. Теоретические расчёты казеина

Формула расчёта казеина из молока:

$$m(\text{казеина}) = V(\text{молока}) \times C(\text{белка})/100 \times 0,8$$

где:

$V(\text{молока})$  — объём молока, мл;

$C(\text{белка})$  — содержание белка в молоке, %;

0,8 — доля казеина в общем белке молока.

Расчёты для образцов:

6 % молоко (500 мл)

Содержание белка: 3,3 г/100 мл

Теоретическая масса казеина:

$$500 \times 3,3/100 \times 0,8 = 13,2 \text{ г}$$

2,5 % молоко (500 мл)

Содержание белка: 3,3г/100 мл

Теоретическая масса казеина:

$$500 \times 3,3/100 \times 0,8 = 13,2 \text{ г}$$

1,5 % молоко (500 мл)

Содержание белка: 3 г/100 мл

Теоретическая масса казеина:  
 $500 \times 3,0 / 100 \times 0,8 = 12 \text{ г}$

#### 2.1.4. Расчёты пластификатора

Глицерин рассчитывался как процент от массы влажного осадка или фиксированная доза, чтобы обеспечить эластичность:

Эти количества обеспечивают оптимальное соотношение казеин/глицерин  $\approx$  по массе осадка, что позволяет получить гибкий и прочный биопластик.

#### 2.1.5. Стадии эксперимента

- Нагревание молока
- Подкисление молока
- Коагуляция казеина происходит при  $\text{pH} \approx 4,6$ , белок осаждается в виде коллоидного осадка.
- Фильтрация осадка
- Отделение казеина от сыворотки, получение влажного осадка.
- Наблюдаем различие в массе осадка для разных концентраций молока.
- Добавление глицерина
- Глицерин образует водородные связи с белком, повышая пластичность материала.
- Сушка осадка
- Испарение воды формирует трёхмерную белковую сеть.

[Приложение 3]

#### 2.1.6. Таблицы результатов

Таблица 5. Характеристики исходного молока и расчетная масса казеина

Образец	Молоко, %	Объём, мл	Содержание белка, г/100 мл	Теоретическая масса казеина, г
1	6	500	3,3	13,2
2	2,5	500	3,3	13,2
3	1,5	500	3,0	12

Таблица 6. Масса осадка и количество глицерина

Образец	Масса влажного осадка, г	Объём глицерина, мл
1	107,58	3,6
2	74,3	3,96
3	79,1	3,6

Таблица 7. Процент выхода осадка

Образец	Масса влажного осадка	Теоретическая масса	Масса	Выход,
---------	-----------------------	---------------------	-------	--------

	осадка, г	масса казеина,г	сухого осадка,г	%
1	107,58	13,2	20,7	129,5
2	74,3	13,2	25,8	165,5
3	79,1	12	31	228,3

Вывод: Выход сухого осадка превышает теоретическую массу казеина, так как он включает глицерин и другие компоненты молока. Для оценки чистого казеина необходимо учитывать массу пластификатора и вспомогательных веществ.

Таблица 8. Физические свойства образцов

Образец	Толщина образца, см	Гибкость*	Водостойкость, 4 суток (96 часов)	Биоразлагаемость, (наблюдения за две недели)
1	0,6	2	Вода слегка помутнела, образец сохраняет форму	Появление следов разложения
2	0,6	4	Вода помутнела, образец сохраняет форму	Материал размягчается, следов разложения не наблюдается
3	0,6	4	Вода сильно помутнела, образец плохо держит форму	Материал начинает разрушаться, плесень активно развивается

\* Гибкость (баллы):

0 — сразу ломается,

1 — ломается при малом изгибе,

2 — сгибается один раз на 90° и ломается,

3 — сгибается 2–3 раза на 90° до трещины,

4 — выдерживает многократное сгибание, но остаётся трещина,

5 — эластичный, без трещин.

[Приложение 4]

## 2.2 Смета проекта

В расчёт включены материалы и реактивы, использованные при получении трёх экспериментальных образцов биопластика и изготовлении итогового продукта. Лабораторное оборудование предоставлено образовательным учреждением и в смету не включено.

Таблица 9. Смета затрат на реализацию проекта

№	Наименование материала/ресурса	Количество	Цена за единицу	Стоимость
1	Молоко 6%	500 мл	0,1111 руб./мл	55,55 руб.

2	Молоко 2,5%	500 мл	0,1021 руб./мл	51,05 руб.
3	Молоко 1,5%	500 мл	0,0506 руб./мл	25,3 руб.
4	Уксусная кислота 9%	75 мл	0,108 руб./мл	8,1 руб.
5	Глицерин	11,16 мл	2,74 руб./мл	30,58 руб.
6	Фильтровальная бумага	6 шт	0,19 руб./шт	1,14 руб.
7	Индикаторная бумага	9 шт	2,44 руб./шт	21,96 руб.
8	Перчатки одноразовые (пара)	2 шт	4,43 руб./шт	8,86 руб.
	Итого			<b>202,54 руб.</b>

### 2.3 Социологический опрос: изучение общественного мнения о возможностях замены пластика биоматериалами

Цель опроса: Определить уровень осведомленности людей о вреде обычного пластика, их отношение к экологическим альтернативам. Метод исследования: Опрос на онлайн-платформе Google Forms. Участники: 81 человек разных возрастных групп.

Результаты опроса:

1. Возраст участников:

До 14 лет — 19,7%

15–18 лет — 13,6%

Старше 18 лет — 66,7%

2. Внимание к проблеме пластиковых отходов:

Да, часто задумываюсь — 51,9%

Иногда — 34,6%

Редко — 7,4%

Никогда — 6,1%

3. Знание времени разложения пластика в природе:

Меньше 10 лет — 2,5%

50–100 лет — 34,6%

400–1000 лет — 39,5%

Не знаю — 23,4%

4. Информированность о биоразлагаемом пластике:

Да, знаю, что это — 32,1%

Слышал(а), но не знаю точно — 53,1%

Впервые слышу — 14,8%

5. Мнение о возможности создания безопасного пластика из молока:

Да — 22,2%

Нет — 9,9%

Не знаю — 67,9%

6. Готовность использовать биопластик при более высокой цене:

Да, если безопаснее — 58%

Только если цена близка к обычному пластику — 39,5%

Нет — 2,5%

7. Интерес к изготовлению биопластика своими руками:

Да — 45,7%

Нет — 12,3%

Возможно — 42%

[Приложение 5]

Анализ и выводы по опросу: Большинство участников часто используют пластик и понимают его вред для природы. Люди знают, что обычный пластик разлагается очень долго (50–100 и более лет). Более половины респондентов слышали о биопластике, но мало кто понимает возможности создания безопасного материала из молока. 58% готовы использовать биопластик, даже если он дороже обычного пластика, что показывает готовность к экологически безопасной альтернативе.

Заключение: Социологический опрос подтвердил, что биопластик из молока воспринимается как экологически безопасная альтернатива, и вызывает интерес у людей.

## Глава III. Итоги и выводы

### 3.1 Общие выводы по проекту

В ходе исследования был изучен процесс получения биопластика на основе казеина молока различной жирности и содержания белка.

Эксперимент показал, что состав молока и количество пластификатора (глицерина) напрямую влияют на свойства биопластика:

Образец с высоким содержанием белка (6 %) оказался наиболее твёрдым, с низкой гибкостью и водоразлагаемостью.

Образцы с меньшим содержанием белка (2,5 % и 1,5 %) имели более высокую гибкость, но при этом увеличивалась водоразлагаемость и скорость биодеградации.

Исследование показало, что биопластик безопасен для использования детьми, так как не содержит токсичных компонентов, не выделяет вредных веществ и подвергается биоразложению под действием микроорганизмов.

### 3.2 Социологическая значимость

Опрос 81 человека показал, что люди осознают вред обычного пластика и проявляют интерес к экологически безопасным альтернативам.

58% респондентов готовы использовать биопластик, даже если он дороже обычного пластика, а 45,7% хотели бы попробовать изготовление биопластика своими руками. Большинство участников понимают, что биопластик может быть экологически безопасной заменой.

### 3.3 Продукт проектной деятельности

В качестве практического результата проекта были изготовлены три буквы из биопластика.

Толщина 0,6 см, окрашены в зелёный цвет.

Для изготовления использован первый образец биопластика — твёрдый и негибкий, что позволяет сохранить форму букв при демонстрации.

Задача продукта: Демонстрация практического применения биопластика в образовательных целях, например, для изготовления обучающих материалов и декоративных элементов, безопасных для детей.



Рис.1 Образцы букв, сделанные из казеинового биопластика

### 3.4 Практическая ценность проекта

1. Позволяет создавать безопасные изделия для детей, снижая контакт с токсичными материалами обычного пластика.
2. Демонстрирует возможность изготовления биопластика в домашних или школьных условиях.
3. Результаты исследования могут быть полезны для учителей начальных классов и образовательных учреждений, чтобы показывать экологические и химические свойства материалов наглядно.
4. Социологический опрос подтверждает, что такие изделия интересны людям и имеют образовательную и социальную значимость.

### 3.5 Возможное направление дальнейших исследований

В качестве перспективного направления дальнейшего развития проекта можно рассмотреть изучение и применение молочного волокна, получаемого из белка казеина. Такое волокно получают путём растворения казеина с последующим формированием тонких нитей, которые после обработки приобретают прочность и эластичность. В будущем исследования в этом направлении могут быть направлены на разработку новых экологичных материалов для текстильной продукции, что расширит практическую значимость проекта и его вклад в решение проблемы пластиковых отходов.

## Список литературы

1. Состав коровьего молока [Электронный ресурс] // VestaLab. — URL: <https://testslab.ru/stati/sostav-korovego-moloka/> (дата обращения: 07.11.2025).
2. Казеин [Электронный ресурс] // Dairy Processing Handbook. — Гл. 23. — URL: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/ru/chapter/kazein> (дата обращения: 07.11.2025).\
3. Инихов Г. С., Королёв А. Н. Казеин: его производство и исследование. Краткое руководство для мастеров и техников / Всероссийский союз молочной кооперации Маслоцентр, Вологодский мол.-хоз. институт. — Вологда: 1928. — 56 с.
4. Лыгин С. А., Пурина Е. С., Мухаметова Л. Н. Казеин: особенности технологии получения // Наука и образование: новое время. — 2021. — № 1 (42). — С. 1–13. — УДК 637.147.2. — eISSN 2312-4431 — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44831323> (дата обращения: 07.11.2025).
5. Казеин и мицеллообразование казеинов молока [Электронный ресурс] // ООО «Пропионикс». — URL: <https://propionix.ru/kazein-i-micelloobrazovanie-kazeinov-moloka> (дата обращения: 07.11.2025).
6. Исследование пластиковых игрушек выявило более 100 вредных для детей веществ [Электронный ресурс] // Вести.RU. — 2021. — URL: <https://www.vesti.ru/article/2530301> (дата обращения: 07.11.2025).

## Приложение 1

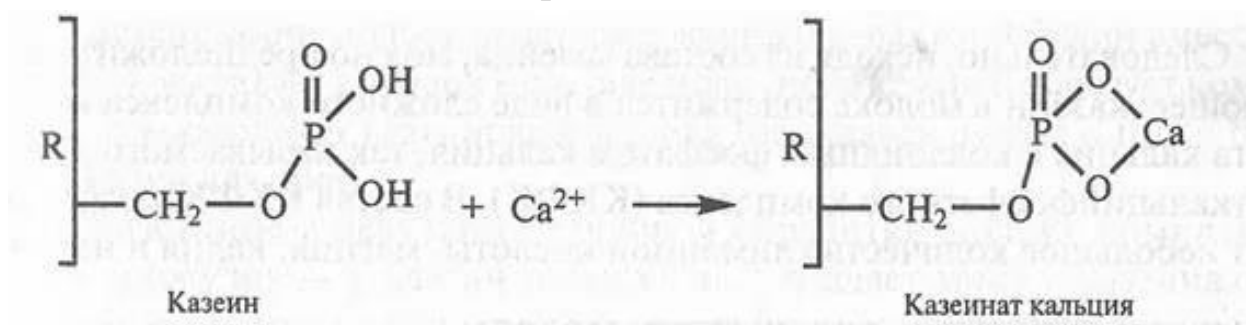


Рис.1 Структурная формула Казеина и реакция образования казеината кальция

## Приложение 2

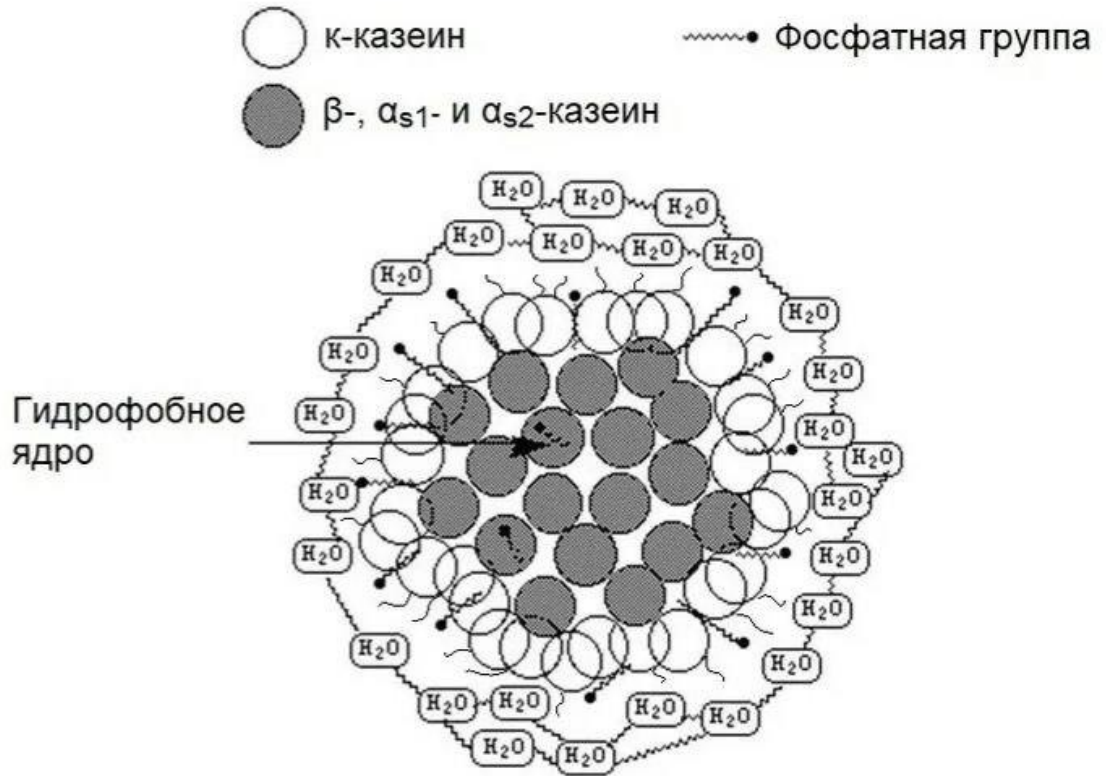


Рис.2 Структура казеиновой мицеллы

### Приложение 3



Рис.3 Стадии получения биопластика:

- 1 – Нагревание молока на водяной бане
- 2 – Подкисление молока
- 3 – Следим за рН с помощью индикаторной бумаги
- 4,5 – Коагуляция казеина
- 6 – Фильтрация и промывание осадка дистиллированной водой
- 7 – Добавление глицерина во влажный осадок

## Приложение 4



Рис.4 Проверка биоразлагаемости полученного материала. Слева направо: Образец №1, образец №2 и образец №3.

## Приложение 5

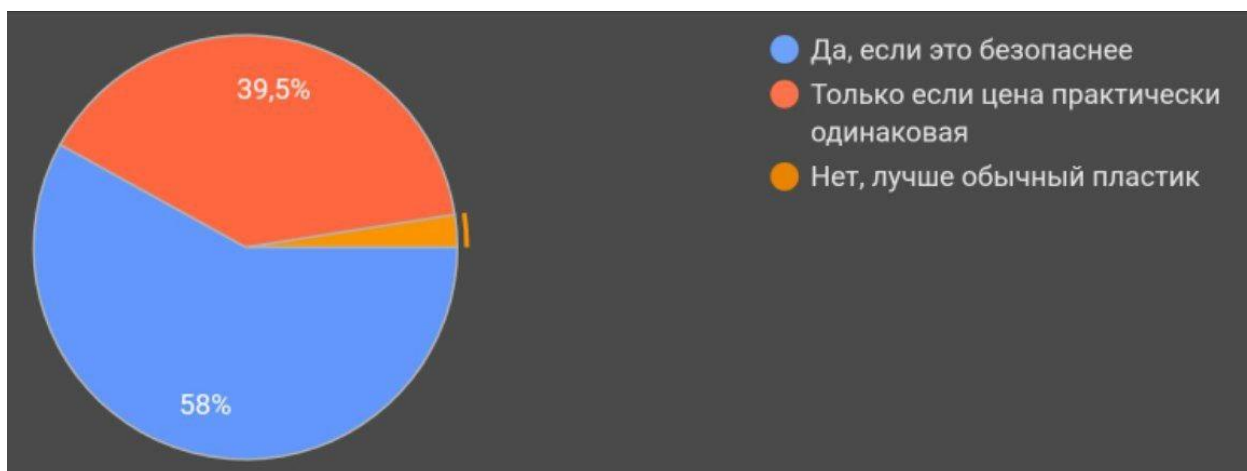


Диаграмма 1. Вопрос №6: Готовы ли вы использовать в быту изделия из биопластика, если они будут дороже обычного?

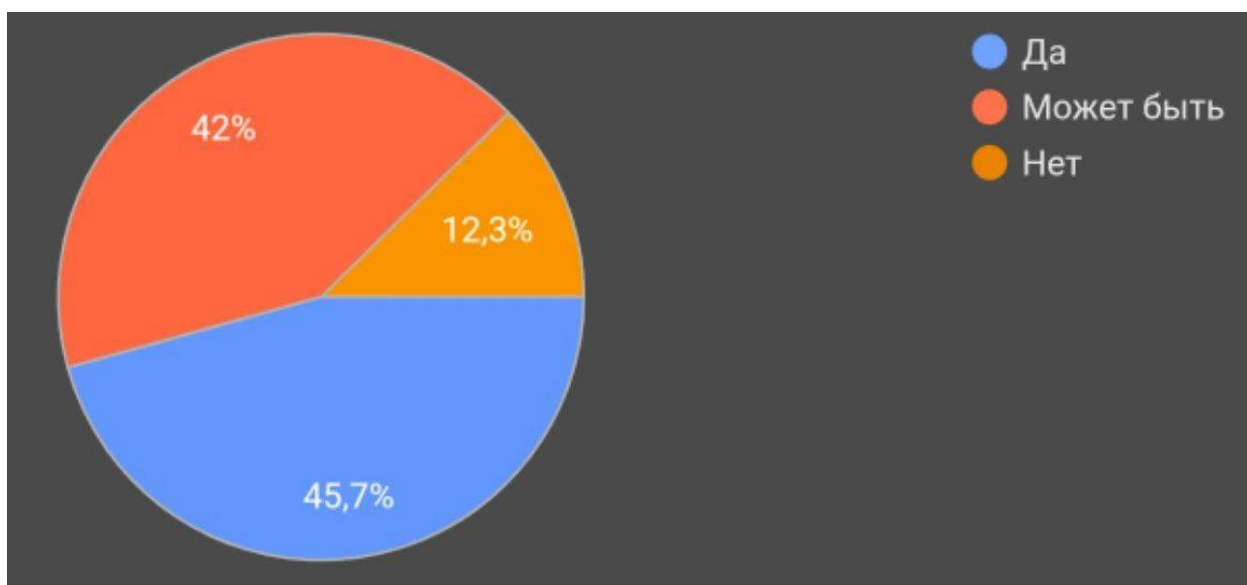


Диаграмма 2. Вопрос №7: Хотели бы вы узнать, как сделать биопластик своими руками?