

УДК 678.56, 678.01:504.05

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2026-404-03-123-129

А.О. Галушко¹**В.А. Живагина¹****М.О. Петров¹****О.В. Зинина¹** ✉**М.Б. Ребезов^{2,3}**¹Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ zinaov@susu.ru

Поступила в редакцию: 07.01.2026

Одобрена после рецензирования: 10.02.2026

Принята к публикации: 26.02.2026

© Галушко А.О., Живагина В.А., Петров М.О., Зинина О.В., Ребезов М.Б.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2026-404-03-123-129

Anastasia O. Galushko¹**Victoria A. Zhivagina¹****Maksim O. Petrov¹****Oksana V. Zinina¹** ✉**Maksim B. Rebezov^{2,3}**¹South Ural State University, Chelyabinsk, Russia²Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia³Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ zinaov@susu.ru

Received by the editorial office: 07.01.2026

Accepted in revised: 10.02.2026

Accepted for publication: 26.02.2026

© Galushko A.O., Zhivagina V.A., Petrov M.O., Zinina O.V., Rebezov M.B.

Исследование биоразлагаемых основ для косметических масок

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Косметическая промышленность вносит значительный вклад в загрязнение окружающей среды микропластиком. Глобальный тренд на устойчивое развитие и осознанное потребление формирует спрос на материалы с натуральными ингредиентами, способными к биоразложению. *Целью исследования* является изготовление и исследование показателей качества биоразлагаемых основ для косметических масок на агаре.

Методы. Объектами исследования являются образцы основ косметических масок на агаре, агаре и альгинате натрия, агаре и гидролизате коллагена. Приведены технологические схемы получения обозначенных основ на агаре. У биоразлагаемых основ определяли органолептические (внешний вид, цвет и запах), физические и физико-химические показатели (активная кислотность, толщина, прозрачность, растворимость, прочность на растяжение) по общепринятым методам. Также оценивали биоразлагаемость образцов основ в компосте.

Результаты. Результаты исследований показали, что введение альгината натрия и гидролизата коллагена увеличило показатель прочности на растяжение агаровой основы. Также наблюдалось снижение растворимости модифицированных основ. Прозрачность основ с добавлением альгината натрия снизилась на 4,5 %, гидролизата коллагена — на 45,5 %. Введение альгината натрия замедлило процесс деградации, а добавление гидролизата коллагена значительно ускорило распад материала — к концу третьей недели образец практически полностью превратился в компост. Изучение показателей качества полученных образцов продемонстрировало их соответствие нормативной документации по исследуемым показателям, что свидетельствует о возможности использования основ на агаре в процессе изготовления косметических масок для лица.

Ключевые слова: агар, гидролизат коллагена, альгинат натрия, биоразлагаемая основа

Для цитирования: Галушко А.О., Живагина В.А., Петров М.О., Зинина О.В., Ребезов М.Б. Исследование биоразлагаемых основ для косметических масок. *Аграрная наука*. 2026; 404 (03): 123–129.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-404-03-123-129>

Research on biodegradable bases for cosmetic masks

ABSTRACT

Relevance. The cosmetics industry significantly contributes to environmental pollution with microplastics. The global trend toward sustainable development and conscious consumption is driving demand for materials with natural, biodegradable ingredients. *The aim of this study* is to produce and evaluate the quality of biodegradable agar-based cosmetic mask bases.

Methods. The study subjects were samples of agar-based cosmetic mask bases, sodium agar and alginate, and collagen agar and hydrolyzed collagen bases. Flow charts for producing the agar-based bases are provided. The organoleptic (appearance, color, and odor), physical, and physicochemical properties (active acidity, thickness, transparency, solubility, and tensile strength) of the biodegradable bases were determined using generally accepted methods. The biodegradability of the base samples in compost was also assessed.

Results. The study results showed that the addition of sodium alginate and collagen hydrolysate increased the tensile strength of the agar base. A decrease in the solubility of the modified bases was also observed. The transparency of the bases with the addition of sodium alginate decreased by 4.5%, while that of collagen hydrolysate decreased by 45.5%. The addition of sodium alginate slowed the degradation process, while the addition of collagen hydrolysate significantly accelerated the decomposition of the material — by the end of the third week, the sample had almost completely turned to compost. A study of the quality parameters of the obtained samples demonstrated their compliance with regulatory documentation for the parameters studied, indicating the potential use of agar-based bases in the production of cosmetic facial masks.

Key words: agar, collagen hydrolysate, sodium alginate, biodegradable base

For citation: Galushko A.O., Zhivagina V.A., Petrov M.O., Zinina O.V., Rebezov M.B. Study of biodegradable bases for cosmetic masks. *Agrarian science*. 2026; 404(03): 123–129 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-404-03-123-129>

Введение/Introduction

Загрязнение окружающей среды достигло критического уровня. Особую тревогу вызывает проблема пластикового загрязнения [1–5]. Синтетические полимеры, благодаря своей долговечности и низкой стоимости, стали основой для миллионов продуктов, при этом они практически не разлагаются в природных условиях, накапливаясь в почве, водоемах и живых организмах в виде микропластика [6–10].

Косметическая промышленность, будучи одной из самых динамичных и массовых, вносит значительный вклад в эту проблему. Ежегодно производятся миллиарды единиц упаковки, одноразовых аппликаторов, патчей и масок для лица. Последние часто изготавливаются на основе синтетических нетканых материалов (полиэстер, полиэтилен, полипропилен) и пропитываются сыворотками, после использования превращаясь в сложно перерабатываемый композитный отход. Такие маски, рассчитанные на одно применение, служат наглядным символом культуры одноразового потребления, создающей нагрузку на экосистемы на всех этапах — от добычи нефти для производства полимеров до их скопления на свалках [11].

В этих условиях глобальный тренд на устойчивое развитие и осознанное потребление формирует спрос на формулы с натуральными ингредиентами и на принципы разработки продукта, предполагающие минимизацию экологического следа на протяжении всего жизненного цикла. Это закономерно подводит отрасль к необходимости фундаментального пересмотра используемых материалов [12].

Наиболее перспективным решением является переход к биоразлагаемым основам, способным заменить традиционные синтетические полимеры. Использование возобновляемого сырья природного происхождения, такого как полисахариды (агар, альгинат, хитозан, целлюлоза), позволяет создавать продукты, которые после выполнения своей основной функции безопасно разлагаются в окружающей среде под действием микроорганизмов, не образуя токсичных остатков и микропластика.

Внедрение биоразлагаемых материалов в косметическую промышленность представляет собой не маркетинговый ход, а необходимый технологический ответ на острые экологические вызовы современности, способный гармонизировать отношения между индустрией красоты и здоровьем планеты [13].

Агар-агар, представляющий собой смесь полисахаридов агарозы и агаропектина, выступает в качестве основного гелеобразователя. Агар-агар обладает рядом уникальных свойств, позволяющих применять его в качестве основы

биоразлагаемых масок. Агар легко разлагается в почве и воде, не оставляя после себя токсичных остатков. Он также способен к термообратимому гелеобразованию, что позволяет формировать тонкие и эластичные пленки [14].

Помимо роли носителя, агар обладает увлажняющими и смягчающими свойствами, создавая на коже дышащую пленку, которая предотвращает трансэпидермальную потерю влаги и способствует лучшему проникновению активных ингредиентов сыворотки [15].

Однако чистые агаровые гели склонны к синерезису и обладают избыточной хрупкостью [14], что ограничивает их применение в качестве гибких косметических масок или патчей.

Сочетание биополимеров различной природы позволяет нивелировать недостатки индивидуальных компонентов и достичь синергетического эффекта в отношении механической прочности, влагоудерживающей способности и биологической активности биоразлагаемой основы косметических масок [16, 17].

Обобщая результаты исследований биополимерных основ многих ученых, приведенные ниже аспекты приняты во внимание при выборе модификаторов агаровой матрицы.

Введение альгината натрия, получаемого из бурых водорослей, в агаровую матрицу может быть обосновано несколькими аспектами:

- альгинат повышает эластичность и пластичность системы [18], снижая модуль хрупкости агара. Для выбранной категории продукции — косметических масок — это критически важно для обеспечения хорошей адгезии с кожей;

- альгинат обладает выраженными гидрофильными и влагоудерживающими свойствами [19]. Формируя сорбционный слой, он замедляет трансэпидермальную потерю влаги и способствует глубокому проникновению активных компонентов;

- при взаимодействии с солями альгинат способен переходить в нерастворимую форму [20], что дополнительно стабилизирует структуру маски.

Кроме того, указанные биополимеры биосовместимы и нетоксичны [16].

Коллаген является ключевым структурным белком дермы, однако использование нативного коллагена в гидрогелевых пленках затруднено его высокой молекулярной массой.

Применение гидролизата коллагена в составе биоразлагаемой основы для косметических масок научно обосновано следующими факторами:

- низкомолекулярные пептиды коллагена обладают высоким сродством к кератиноцитам. Они способны выступать в роли субстрата для синтеза собственного коллагена, оказывая регенерирующее действие¹;

- белковые молекулы встраиваются в полисахаридную сетку агара [21], что предотвращает

¹ Флегонтова Е.А. Особенности барьерной функции кожи и комплексная anti-age корнеотерапия для женщин 50+. Косметика&Медицина Special Edition, 2022; 2. <https://www.cmjournal.ru/>

растрескивание основы при высыхании и придает ей тактильно приятную, шелковистую текстуру;

— наличие свободных amino- и карбоксильных групп в гидролизате коллагена способствует связыванию воды и других активных водорастворимых ингредиентов (например, витаминов или экстрактов), обеспечивая их пролонгированное высвобождение [22].

Добавление альгината натрия и гидролизата коллагена в агаровую матрицу основы обеспечивает устойчивость маски к механическому разрыву. При этом все компоненты являются природными полимерами, полностью разрушаемыми ферментативными системами микроорганизмов в почве или воде, что отвечает современным экологическим требованиям [23].

Таким образом, комбинация агара с альгинатом и гидролизатом коллагена позволит трансформировать хрупкую полисахаридную сетку в высокофункциональную биомиметическую систему, обладающую одновременно высокими эксплуатационными характеристиками и выраженным космецевтическим потенциалом.

Целью данного исследования является изучение влияния модификации агаровой матрицы альгинатом натрия и гидролизатом коллагена на комплекс функционально-технологических свойств (механическую прочность, растворимость, оптические характеристики) и скорость биodeградации перспективных основ для косметических масок.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: изготовлены образцы основ на агаре с добавлением гидролизата коллагена, на агаре с добавлением альгината натрия; оценены органолептические, физические и физико-химические свойства биоразлагаемых основ; установлена длительность биологической деструкции основ; сделан вывод о возможности применения полученных основ для косметических масок.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в лабораториях кафедры пищевых и биотехнологий Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета) в период с сентября по декабрь 2025 г.

Объектами исследования являлись основы для косметических масок:

— на агар-агаре;

— на агаре и альгинате натрия;

— на агаре и гидролизате коллагена (ГК).

Для изготовления основ для косметических масок применяли следующее сырье и материалы: агар-агар с желирующей способностью 900 блум (ООО «Нулька», Россия), гидролизат коллагена со степенью гидролиза не менее 25% (ООО «НПО «Пищевые биотехнологии», Россия), альгинат натрия (Jiangsu Benefit Ocean Technology Co., LTD, Китай).

В качестве пластификатора применяли глицерин (Artex, Германия).

Контрольный образец получен из агара, а опытные образцы содержали гидролизат коллагена и альгинат натрия.

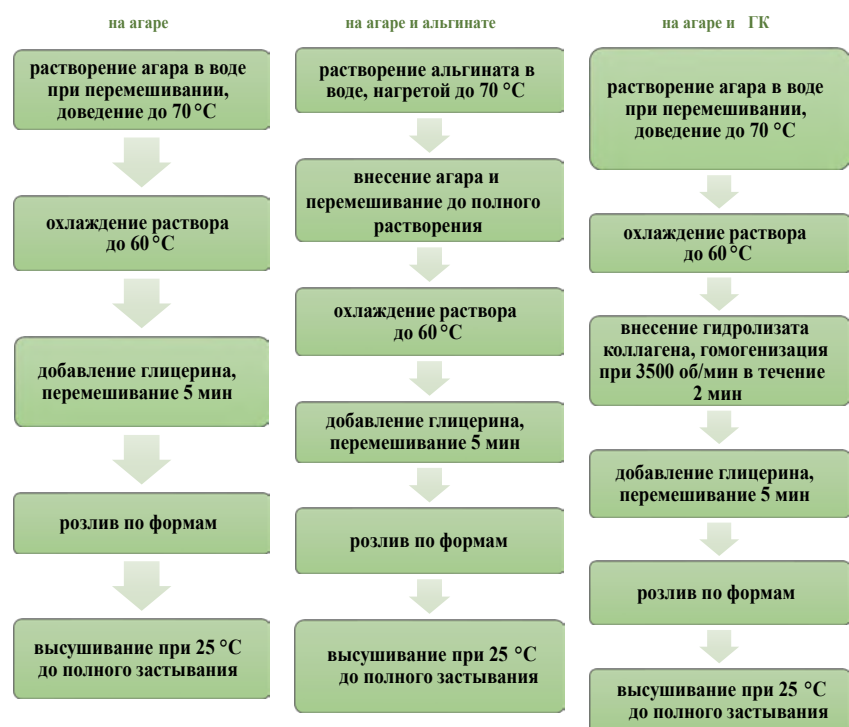
Схема изготовления косметических основ представлена на рисунке 1, рецептуры — в таблице 1.

У основ определяли органолептические (внешний вид, цвет, запах), физические и физико-химические показатели (активная кислотность, толщина, прозрачность, растворимость, прочность на растяжение), исследовали биоразлагаемость и проводили микроскопию.

Таблица 1. Рецептуры основ для косметических масок
Table 1. Recipes for bases for cosmetic masks

Компонент	Содержание компонентов, %		
	на агаре	на агаре и ГК	на агаре и альгинате натрия
Агар-агар	2,5	1,25	1,25
Альгинат натрия	–	–	1,25
Гидролизат коллагена	–	1,25	–
Глицерин	3	3	3

Рис. 1. Технологическая схема получения косметических основ
Fig. 1. Technological scheme for obtaining cosmetic bases



Органолептические показатели исследовали согласно требованиям ГОСТ 29188.0-2014² и ГОСТ 33489-2015³.

Внешний вид и цвет определяли путем осмотра поверхности продукции. Также было отмечено наличие трещин, пузырьков, посторонних включений, липкость и гибкость.

Показатель активной кислотности pH исследовали по ГОСТ 29188.2-2014⁴.

Кислотность измеряли в водной вытяжке с массовой долей продукции 10%. Навеску (не менее 5 г) помещали в стакан, добавляли дистиллированную воду, обеспечивая соотношение массы продукции и воды (1:9) для получения водной вытяжки с массовой долей образца 10%, перемешивали содержимое с помощью стеклянной палочки в течение 1 мин.

Толщину определяли электронным штангенциркулем (ЧИЗ, Россия). Замеры проводили в пяти разных точках основы и находили среднее значение.

Прозрачность устанавливали на фотоколориметре КФК-2МП (Загорский оптико-механический завод, Россия) при использовании зеленого светофильтра (590 нм). Для этого вырезали кусочек основы под размер кюветы, аккуратно помещали этот кусочек в кювету и производили замер T %.

Для определения растворимости образцы размером 2 × 2 см взвешивали, помещали в дистиллированную воду на 60 мин при комнатной температуре, периодически перемешивая.

По истечении заданного времени растворы отфильтровывали через фильтровальную бумагу для отделения нерастворимых частиц основ.

Затем фильтры с остатками основ высушивали, взвешивали и определяли растворимость по формуле (1):

$$\text{Растворимость} = 100 - ((m_1 - m_2)/m_3) \times 100, \quad (1)$$

где m_1 — масса фильтра и образца основы до растворения, г; m_2 — масса фильтра с навеской основы после растворения и высушивания, г; m_3 — масса навески основы, г

Для оценки биоразлагаемости из основы вырезали квадрат размером 5 × 5 см, помещали в закрытые ёмкости с компостом «Биогумус» (Грунт Эко, Россия), предварительно увлажненного (от 40 до 60% влаги), и оставляли при комнатной температуре (22 ± 2 °C) до полного разложения образца.

Один раз в неделю проверяли образцы и отмечали через сколько недель произошло полное разложение.

Растяжимость оценивалась при растягивании основы и выражалась в мм.

Для полученных образцов также производили микроскопию на биологическом микроскопе Микмед-2 (ЛОМО, Россия) при увеличении ×100.

Оценка свойств образцов производилась согласно ГОСТ 29188.0-2014², ГОСТ 33489-2015³, ГОСТ 29188.2-2014⁴, ТР ТС 009/2011⁵.

Средние значения трех измерений принимали за достоверные при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Требования к органолептическим и физико-химическим показателям основ, а также полученные результаты исследований представлены в таблицах 2–4.

На рисунке 2 представлен внешний вид готовых образцов основ.

По внешнему виду пленок-основ (рис. 2) наглядно видно, что добавление к агару других биополимеров влияет на прозрачность.

Рис. 2. Внешний вид образцов основ для косметических масок: 1) на агаре; 2) на агаре и альгинате; 3) на агаре и ГК
Fig. 2. Appearance of samples of cosmetic mask bases: 1) on agar; 2) on agar and alginate; 3) on agar and HC

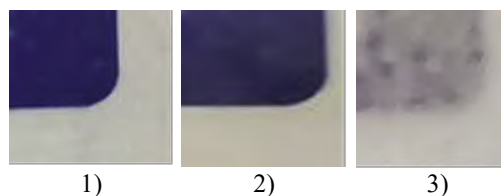


Таблица 2. Органолептические свойства образцов

Table 2. Organoleptic properties of samples

Наименование показателя	Требования согласно ГОСТ 33489-2015	Полученные результаты		
		Агар	Агар и альгинат	Агар и ГК
Внешний вид	Свойственный внешнему виду продукции конкретного названия	Прозрачная, однородная пленка		Полупрозрачная однородная пленка
Цвет	Свойственный цвету продукции конкретного названия	Бесцветная	С желтоватым оттенком	Молочный
Запах	Свойственный запаху продукции конкретного названия	Без посторонних запахов		
Наличие трещин, пузырьков, посторонних включений, липкость и гибкость	–	Трещин, пузырьков и посторонних включений не обнаружено, небольшая липкость присутствует, пленка мало гибкая		
		пленка не липкая, достаточно гибкая	пленка не липкая, достаточно гибкая	присутствует небольшая шероховатость, пленка не липкая, гибкая

² ГОСТ 29188.0-2014 Продукция парфюмерно-косметическая. Правила приемки, отбор проб, методы органолептических испытаний

³ ГОСТ 33489-2015 Продукция косметическая на носителях. Общие технические условия

⁴ ГОСТ 29188.2-2014 Продукция парфюмерно-косметическая. Метод определения водородного показателя pH

⁵ ТР ТС 009/2011 «О безопасности парфюмерно-косметической продукции»

Результаты в таблице 3 показали, что опытные образцы имеют более высокую прочность на растяжение по сравнению с контролем — добавление альгината способствовало увеличению прочности в 5 раз, а гидролизата коллагена — почти в 2 раза.

Также отмечена более низкая растворимость у опытных образцов основ, а толщина существенно не отличалась от контрольного образца.

Водородный показатель исследуемых основ соответствует требованиям ГОСТ 33489-2015. Прозрачность основы с добавлением альгината снизилась на 4,5 %, а с коллагеном — на 45,5 %.

Процесс биодеструкции замедлился с добавлением альгината — образец сохранял свою структуру на протяжении 3-х недель, в то время как добавление коллагена значительно ускорило данный процесс — по окончании 3-й недели образец практически полностью превратился в компост (таблица 4).

Результаты проведения микроскопии образцов показаны на рисунке 3. Все образцы имели однородную структуру с равномерно распределенными частицами модификаторов.

Таким образом, внесение альгината и коллагена позволило значительно увеличить прочность на растяжение основы, а также снизить растворимость, способствуя возможности проведения дополнительных исследований по использованию полученных основ в качестве носителя действующего раствора активных компонентов маски для лица.

Добавление коллагена ускорило процесс биодegradации, что является одним из положительных свойств при утилизации отходов косметических средств.

Однако следует отметить, что необходимо провести дополнительные исследования по определению кинетики биоразложения, оценке экотоксикологических свойств готовых изделий для однозначного вывода о влиянии на окружающую среду.

Выводы/Conclusions

Проведенные исследования основ косметических масок показали, что образцы соответствуют требованиям ГОСТ 33489-2015, ТР ТС 009/2011 по таким показателям как внешний вид, цвет и запах, активная кислотность.

В ходе исследования отмечено, что введение альгината натрия увеличило показатель прочности на растяжение основы на 32 мм, а гидролизата коллагена — на 7 мм.

Параллельно наблюдалось снижение растворимости модифицированных основ. Так, значение для основ из агара и альгината составило 7,68%, для агара и гидролизата коллагена — 10,46%, в то время как для контрольного образца — 51,56%.

Таблица 3. Физические и физико-химические показатели
Table 3. Physical and physicochemical indicators

Наименование показателя	Норма по ГОСТ 33489-2015	Полученные значения		
		Агар	Агар и альгинат	Агар и ГК
Водородный показатель, ед. рН	3,0–9,0	4,51 ± 0,04	4,23 ± 0,03	4,35 ± 0,04
Прозрачность при 590 нм, %	–	77,0 ± 1,1	72,5 ± 0,9	27,1 ± 0,2
Толщина, мм	–	0,14 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,17 ± 0,01
Растворимость, %	–	51,56 ± 1,23	7,68 ± 0,08	10,46 ± 0,12
Растяжение, мм	–	8 ± 1	40 ± 1	15 ± 1

Таблица 4. Динамика биоразложения основ
Table 4. Dynamics of biodegradation of bases



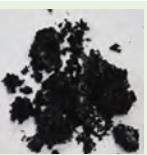




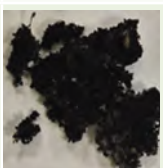
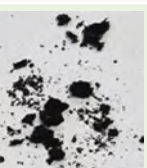
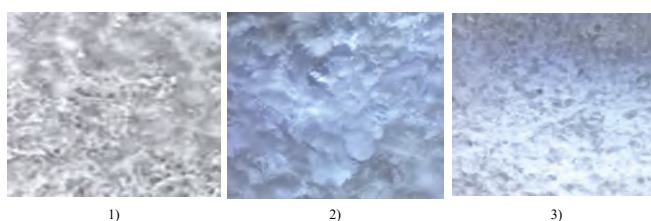
Основа для косметической маски	1-я неделя	2-я неделя	3-я неделя
Агар			
Агар и альгинат			
Агар и ГК			

Рис. 3. Микроскопия образцов основ для косметических масок (×100): 1) на агаре; 2) на агаре и альгинате; 3) на агаре и ГК

Fig. 3. Microscopy of samples of cosmetic mask bases: 1) on agar; 2) on agar and alginate; 3) on agar and HC



Толщина всех основ не имела значимых отличий от контроля.

Оптические свойства варьировались: прозрачность основы с альгинатом снизилась на 4,5%, а с гидролизатом коллагеном — на 45,5%.

Оценка биоразлагаемости показала, что введение альгината замедлило процесс деградации — образец сохранял структурную целостность в течение трёх недель.

Напротив, добавление гидролизата коллагена значительно ускорило распад материала — к концу третьей недели образец практически полностью превратился в компост.

Таким образом, модификация состава основы косметических масок способствовала улучшению

отдельных технологических характеристик, и в случае с гидролизатом коллагена — ускорению процесса биоразлагаемости, что является преимущественным по сравнению с синтетическими материалами.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукин А.А. Методы идентификации микропластиков в пищевых системах. *Аграрная наука*. 2026; 403(02): 110–126. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-403-02-110-126>
2. Zhou Y., Wang J., Zou M., Jia Z., Zhou S., Li Y. Microplastics in soils: A review of methods, occurrence, fate, transport, ecological and environmental risks. *Science of The Total Environment*. 2020; 748: 141368. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141368>
3. Coyle R., Hardiman G., O'Driscoll K. Microplastics in the marine environment: A review of their sources, distribution processes, uptake and exchange in ecosystems. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2020; 2: 100010. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100010>
4. Bai C.-L., Liu L.-Y., Guo J.-L., Zeng L.-X., Guo Y. Microplastics in take-out food: Are we over taking it?. *Environmental Research*. 2022; 215(3): 114390. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114390>
5. Campanale C. *et al.* Microplastics pollution in the terrestrial environments: Poorly known diffuse sources and implications for plants. *Science of The Total Environment*. 2022; 805: 150431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150431>
6. Luqman A. *et al.* Microplastic Contamination in Human Stools, Foods, and Drinking Water Associated with Indonesian Coastal Population. *Environments*. 2021; 8(12): 138. <https://doi.org/10.3390/environments8120138>
7. Cho Y.M., Choi K.-H. The current status of studies of human exposure assessment of microplastics and their health effects: a rapid systematic review. *Environmental Analysis Health and Toxicology*. 2021; 36(1): e2021004. <https://doi.org/10.5620/eaht.2021004>
8. Jin Y., Lu L., Tu W., Luo T., Fu Z. Impacts of polystyrene microplastic on the gut barrier, microbiota and metabolism of mice. *Science of The Total Environment*. 2019; 649: 308–317. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.353>
9. Симонова А.К. Факторы, способствующие биодegradации упаковочных материалов. Шаг в науку — 2021. Сборник статей победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых. М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова. 2022; 136–142. <https://www.elibrary.ru/rwzama>
10. Платонова Т.П. Микропластик в окружающей среде: распространение, токсическое воздействие на живые организмы. Современные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти почвовед-агрохимика, кандидата сельскохозяйственных наук, доцента Валентины Федоровны Прокопчук. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ. 2023; 159–166. EDN RUQGX5
11. Тарасова В.В. Анализ основных видов загрязнений производства косметических средств. *Безопасность городской среды. Материалы XI Международной научно-практической конференции*. Омск: ОмГТУ. 2024; 182–185. EDN GKGIKR
12. Кич А.В. Проблемы и перспективы развития сферы индустрии красоты. *Механизм реализации стратегии социально-экономического развития государства. Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции*. Махачкала: ДГТУ. 2023; 251–253. EDN TYSZTY
13. Bialik-Wąs K. *et al.* Design and development of multibicomponent hybrid alginate hydrogels and lipid nanodispersion as new materials for medical and cosmetic applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024; 278(1): 134405. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134405>
14. Khoobakht F. *et al.* Modification of mechanical, rheological and structural properties of agar hydrogel using xanthan and locust bean gum. *Food Hydrocolloids*. 2024; 147(A): 109411. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109411>

Более глубокие исследования косметических масок на полученных основах позволят сделать вывод о влиянии на окружающую среду и эффективности при использовании потребителями.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

1. Lukin A.A. Methods for identifying microplastics in food systems. *Agrarian science*. 2026; 403(02): 110–126 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-403-02-110-126>
2. Zhou Y., Wang J., Zou M., Jia Z., Zhou S., Li Y. Microplastics in soils: A review of methods, occurrence, fate, transport, ecological and environmental risks. *Science of The Total Environment*. 2020; 748: 141368. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141368>
3. Coyle R., Hardiman G., O'Driscoll K. Microplastics in the marine environment: A review of their sources, distribution processes, uptake and exchange in ecosystems. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2020; 2: 100010. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100010>
4. Bai C.-L., Liu L.-Y., Guo J.-L., Zeng L.-X., Guo Y. Microplastics in take-out food: Are we over taking it?. *Environmental Research*. 2022; 215(3): 114390. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114390>
5. Campanale C. *et al.* Microplastics pollution in the terrestrial environments: Poorly known diffuse sources and implications for plants. *Science of The Total Environment*. 2022; 805: 150431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150431>
6. Luqman A. *et al.* Microplastic Contamination in Human Stools, Foods, and Drinking Water Associated with Indonesian Coastal Population. *Environments*. 2021; 8(12): 138. <https://doi.org/10.3390/environments8120138>
7. Cho Y.M., Choi K.-H. The current status of studies of human exposure assessment of microplastics and their health effects: a rapid systematic review. *Environmental Analysis Health and Toxicology*. 2021; 36(1): e2021004. <https://doi.org/10.5620/eaht.2021004>
8. Jin Y., Lu L., Tu W., Luo T., Fu Z. Impacts of polystyrene microplastic on the gut barrier, microbiota and metabolism of mice. *Science of The Total Environment*. 2019; 649: 308–317. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.353>
9. Simonova A.K. Factors contributing to the biodegradation of packaging Materials. *A step into science — 2021. Collection of articles by the winners of the competition of scientific research papers of students, postgraduates and young scientists*. Moscow: Plekhanov Russian University of Economics. 2022; 136–142 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rwzama>
10. Platonova T.P. Microplastics in the environment: distribution, toxic effects on living organisms. *Current problems of soil science, agrochemistry, and ecology. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the memory of soil scientist and agrochemist, Candidate of Agricultural sciences, Associate Professor Valentina F. Prokopchuk*. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University. 2023; 159–166 (in Russian). EDN RUQGX5
11. Tarasova V.V. Analysis of the main types of pollution in the production of cosmetics. *Urban safety. Proceedings of the XI International scientific and practical conference*. Omsk: Omsk State Technical University. 2024; 182–185 (in Russian). EDN GKGIKR
12. Kich A.V. Challenges and prospects for the beauty industry. *Mechanism for implementing the strategy of socioeconomic development of the state. Proceedings of the XV International scientific and practical conference*. Makhachkala: Dagestan State Technical University. 2023; 251–253 (in Russian). EDN TYSZTY
13. Bialik-Wąs K. *et al.* Design and development of multibicomponent hybrid alginate hydrogels and lipid nanodispersion as new materials for medical and cosmetic applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024; 278(1): 134405. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134405>
14. Khoobakht F. *et al.* Modification of mechanical, rheological and structural properties of agar hydrogel using xanthan and locust bean gum. *Food Hydrocolloids*. 2024; 147(A): 109411. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109411>

15. Зинина О.В., Вишнякова Е.А., Меренкова С.П., Неверова О.П. Исследование свойств пищевых пленок на основе агара с добавлением функциональных компонентов. *Аграрный вестник Урала*. 2023; 23(12): 55–64. EDN EYBURY

16. Hegde V., Uthappa U.T., Altaihi T., Jung H.-Y., Han S.S., Kurkuri M.D. Alginate based polymeric systems for drug delivery, antibacterial/microbial, and wound dressing applications. *Materials Today Communications*. 2022; 33: 104813. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104813>

17. Qiao D., Li H., Jiang F., Zhao S., Chen S., Zhang B. Incorporation of k-carrageenan improves the practical features of agar/konjac glucomannan/k-carrageenan ternary system. *Food Science and Human Wellness*. 2023; 12(2): 512–519. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.07.053>

18. Abka-khajouei R., Tounsi L., Shahabi N., Patel A.K., Abdelkafi S., Michaud P. Structures, Properties and Applications of Alginates. *Marine Drugs*. 2022; 20(6): 364. <https://doi.org/10.3390/md20060364>

19. Varela-Feijoo A. *et al.* Multiscale investigation of viscoelastic properties of aqueous solutions of sodium alginate and evaluation of their biocompatibility. *Soft Matter*. 2023; 31(19): 5942–5955. <https://doi.org/10.1039/D3SM00159H>

20. Bojorges H., López-Rubio A., Martínez-Abad A., Fabra M.J. Overview of alginate extraction processes: Impact on alginate molecular structure and techno-functional properties. *Trends in Food Science and Technology*. 2023; 140: 104142. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104142>

21. Dylgė G., Eisinaityė V., Damulevičienė G., Leskauskaitė D. Agar-collagen fluid gels as a dysphagia food: Rheological characterization vs fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2026; 339(2): 149776. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.149776>

22. León-López A., Morales-Peñaloza A., Martínez-Juárez V.M., Vargas-Torres A., Zeugolis D.I., Aguirre-Álvarez G. Hydrolyzed Collagen—Sources and Applications. *Molecules*. 2019; 24(22): 4031. <https://doi.org/10.3390/molecules24224031>

23. Wang X. *et al.* Assessment of the environmental impact of agar, alginate, and gellan gum carbohydrate gum macro beads biodegradation in a simulated agricultural field system. *Environmental Technology & Innovation*. 2023; 30: 103034. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103034>

15. Zinina O.V., Vishnyakova E.A., Merenkova S.P., Neverova O.P. Study of the properties of food films based on agar with the addition of functional components. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 23(12): 55–64 (in Russian). EDN EYBURY

16. Hegde V., Uthappa U.T., Altaihi T., Jung H.-Y., Han S.S., Kurkuri M.D. Alginate based polymeric systems for drug delivery, antibacterial/microbial, and wound dressing applications. *Materials Today Communications*. 2022; 33: 104813. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104813>

17. Qiao D., Li H., Jiang F., Zhao S., Chen S., Zhang B. Incorporation of k-carrageenan improves the practical features of agar/konjac glucomannan/k-carrageenan ternary system. *Food Science and Human Wellness*. 2023; 12(2): 512–519. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.07.053>

18. Abka-khajouei R., Tounsi L., Shahabi N., Patel A.K., Abdelkafi S., Michaud P. Structures, Properties and Applications of Alginates. *Marine Drugs*. 2022; 20(6): 364. <https://doi.org/10.3390/md20060364>

19. Varela-Feijoo A. *et al.* Multiscale investigation of viscoelastic properties of aqueous solutions of sodium alginate and evaluation of their biocompatibility. *Soft Matter*. 2023; 31(19): 5942–5955. <https://doi.org/10.1039/D3SM00159H>

20. Bojorges H., López-Rubio A., Martínez-Abad A., Fabra M.J. Overview of alginate extraction processes: Impact on alginate molecular structure and techno-functional properties. *Trends in Food Science and Technology*. 2023; 140: 104142. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104142>

21. Dylgė G., Eisinaityė V., Damulevičienė G., Leskauskaitė D. Agar-collagen fluid gels as a dysphagia food: Rheological characterization vs fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2026; 339(2): 149776. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.149776>

22. León-López A., Morales-Peñaloza A., Martínez-Juárez V.M., Vargas-Torres A., Zeugolis D.I., Aguirre-Álvarez G. Hydrolyzed Collagen—Sources and Applications. *Molecules*. 2019; 24(22): 4031. <https://doi.org/10.3390/molecules24224031>

23. Wang X. *et al.* Assessment of the environmental impact of agar, alginate, and gellan gum carbohydrate gum macro beads biodegradation in a simulated agricultural field system. *Environmental Technology & Innovation*. 2023; 30: 103034. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103034>

ОБ АВТОРАХ

Анастасия Олеговна Галушко¹

студент кафедры пищевых и биотехнологий
anastasiahalushko@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0007-9972-0137>

Виктория Андреевна Живагина¹

студент кафедры пищевых и биотехнологий
zhivagina2005@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-3931-0498>

Максим Олегович Петров¹

студент кафедры пищевых и биотехнологий
maks1741999@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-0685-2825>

Оксана Владимировна Зинина¹

доктор технических наук, профессор кафедры пищевых и биотехнологий
zininaov@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4817-1645>

Максим Борисович Ребезов^{2,3}

– доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник²;
– доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹Ужно-Уральский государственный университет, пр-т им. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

³Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Anastasia Olegovna Galushko¹

student of the Department of Food and Biotechnology
anastasiahalushko@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0007-9972-0137>

Victoria Andreevna Zhivagina¹

student of the Department of Food and Biotechnology
zhivagina2005@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-3931-0498>

Maksim Olegovich Petrov¹

student of the Department of Food and Biotechnology
maks1741999@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-0685-2825>

Oksana Vladimirovna Zinina¹

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food and Biotechnology
zininaov@susu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4817-1645>

Maksim Borisovich Rebezov^{2,3}

– Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher²;
– Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹South Ural State University, 76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia

²Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin st., Moscow, 109316, Russia

³Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht st., Yekaterinburg, 620075, Russia