Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Том 75, № 1. С. 52–59.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 658.5.012.1 **DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2026-75-05** **EDN: DZURYZ**

Пилотная установка для получения кормовой добавки «Кормовое смузи» для продуктивных животных из отходов овощей и фруктов

Кирилл Игоревич Коптелов
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия
kkoptelov18@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8111-463X

Аннотация. В настоящее время основная масса отходов плодоовощной продукции исключается из оборота путем их захоронения на полигонах, что негативно влияет на окружающую среду и экономически не выгодно. Для устранения указанных проблем разработан и проверен в производственных условиях способ рециклинга отходов овощей и фруктов с получением кормовой добавки для продуктивных животных. Для увеличения масштабов эксперимента и перехода от лабораторных исследований к промышленному внедрению выполнено проектирование пилотной установки, которая позволит решить ряд важных практических задач. При проектировании были учтены ограничения: на пилотной установке должна быть реализована полная технологическая схема будущего производства, все оборудование должно быть отечественного производства, производительность линии может меняться за счет увеличения или уменьшения производительности отдельных позиций оборудования. Расчеты, проведенные при бизнес-планировании внедрения пилотной установки, показали, что срок окупаемости инвестиций в реализацию пилотной установки составляет один год. Оценка перспективности технологии рециклинга пищевых отходов во вторичные продукты кормового назначения методом статистическая аппроксимации показала, что в ближайшие пять лет целесообразно использовать эту технологию в народном хозяйстве для повышения доли возврата отходов овощей и фруктов в пищевую цепь и снижения негативного воздействия отходов на окружающую среду.

Ключевые слова: отходы плодоовощной продукции, проектирование, технологическое и вспомогательное оборудование, информационный мониторинг, ресурсный потенциал

Для цитирования: Коптелов К. И. Пилотная установка для получения кормовой добавки «Кормовое смузи» для продуктивных животных из отходов овощей и фруктов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Т. 75, № 1. С. 52–59.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2026. Vol. 75, no. 1. P. 52–59.

FOOD SYSTEMS

Original article

A pilot plant for producing a feed additive "Feed smoothie" for productive animals from vegetable and fruit waste

Kirill I. Koptelov
Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia
kkoptelov18@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8111-463X

Abstract. Currently, the bulk of fruit and vegetable waste is eliminated from circulation by dumping it in landfills, which negatively affects the environment and is not economically beneficial. To eliminate these problems, a method for recycling vegetable and fruit waste to produce a feed additive for productive animals has been developed and tested in production conditions. To

© Коптелов К. И., 2026

increase the scale of the experiment and move from laboratory research to industrial implementation, a pilot plant was designed to solve a number of important practical tasks. Limitations were taken into account during the design: a complete technological scheme for future production should be implemented at the pilot plant, all equipment should be of domestic production, and line productivity may vary by increasing or decreasing the productivity of individual equipment items. Calculations carried out during the business planning of the pilot plant showed that the payback period for investments in the pilot plant is one year. An assessment of the prospects of the technology of recycling food waste into secondary feed products using the statistical approximation method has shown that in the next five years it is advisable to use this technology in the national economy to increase the proportion of fruit and vegetable waste returning to the food chain and reduce the negative impact of waste on the environment.

Keywords: waste of fruit and vegetable products, design, technological and auxiliary equipment, information monitoring, resource potential

For citation: Koptelov K. I. A pilot plant for producing a feed additive "Feed smoothie" for productive animals from vegetable and fruit waste. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2026;75(1):52–59. (In Russ.).

Введение

Согласно Закону РФ «Об отходах производства и потребления» в группу продуктов растительного происхождения, утративших потребительские свойства в процессе хранения и транспортирования, входят отходы непереработанных фруктов и овощей и переработанные фрукты и овощи, но утратившие потребительские свойства [1]. Эти отходы согласно законодательству РФ относятся к IV классу опасности (малоопасные), т.е. имеют низкую степень негативного воздействия на окружающую среду [2]. Учитывая это, в настоящее время основная масса отходов овощей и фруктов исключается из оборота путем их захоронения на полигонах. Однако продолжительность восстановления полигонов после захоронения отходов овощей и фруктов составляет не менее 3 лет, что определяет значительные финансовые затраты на их восстановление [3].

Кроме того, многие исследователи отмечают, что в последние годы во всем мире наблюдается устойчивая тенденция увеличения массы отходов плодоовощной продукции [4]. Для повышения эффективности пищевых систем и реализации концепции ZERO WASTE в России был разработан и проверен в производственных условиях способ рециклинга отходов овощей и фруктов с получением кормовой добавки для продуктивных животных [5].

Как правило, при переходе от лабораторных исследований к промышленному освоению определяют ряд важных промышленных факторов и свойств объекта, а именно, способы транспортирования и дозирования сырья, промышленные условия хранения сырья и готовой продукции, выбор способа оформления готового продукта и др. [6, 7, 8].

Учитывая это, перед промышленным внедрением технологии рециклинга отходов плодоовощной продукции в кормовую добавку для продуктивных животных было осуществлено проектирование пилотной установки.

Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследования использовали процессную схему рециклинга отходов овощей и фруктов согласно патенту на изобретение № 2812862 «Способ переработки отходов овощей и фруктов с получением кормового смузи для продуктивных животных» [9]. Для решения задач исследования использовали метод анализа научно-технической информации, методы бизнес-планирования и технологического прогнозирования.

Результаты и их обсуждение

По результатам информационного мониторинга информации о количестве отходов овощей и фруктов на распределительных складах ритейла было установлено, что количество отходов овощей фруктов на распределительных центрах сетевых ритейлеров колеблется от 0,25 т до 1,715 т в сутки [4, 10]. При проектировании пилотной установки выбрана ее производительность 2,0 т отходов/сутки.

При этом были приняты условия, что на пилотной установке должна быть реализована полная технологическая схема будущего производства и все оборудование должно быть отечественного производства.

Изучение перечня специализированного оборудования, предлагаемого отечественными производителями, позволило выбрать основные позиции технологического и вспомогательного оборудования пилотной установки, табл. 1.

Таблица 1

Спецификация оборудования пилотной установки

Table 1

Pilot plant equipment specification

Поз.	Наименование	Характеристика	Тип	Модель	Поставщик
01	Ленточный транспортёр	1000 кг/ч, ленточный наклонный	Наклонный транспортер	Наименование ТЛН Рабочая длина транспортера, м 0,5– 14,0 Рабочая ширина лента, см 20–100	Компания «Агровектор»
02	Бункер сырья	3000 л без мешалки	Вертикальный, коническое днище	3000 л без мешалки	ООО НПО «ТОР»
03	Шнековый питатель	Шнековый питатель	Горизонтальный	Шнековый питатель	ООО НПО «ТОР»
04	Измельчитель	Машина для резки овощей и фруктов	Машина овощерезательная	РСКЕ-КИМ3-Г3 горизонтальная	ООО ИТЦ «Пищмашсервис»
05	Гомогенизатор	Роторно-пульсационный аппарат	С воронкой	РДН-5	ООО ИТЦ «Пищмашсервис»
06	Реактор-смеситель	5000 л с мешалкой	Вертикальный	Я1-ОСВ-5	ООО «Пищевик Инжиниринг»
07	Мерный сборник молочной кислоты	Дозировочный контейнер 100 л с усиленной стенкой	Вертикальная, пластиковая	Артикул: ДКХ100КЗ	ООО «АНИОН»
08	Насос-дозатор	Дозировочный насос НД-1,0Р-100/10-К14А	Одноплунжерный с регулированием подач	Код товара 06192	ООО «Насосы Ампика»
09	Мерный сборник перекиси водорода	Дозировочный контейнер 100 л с усиленной стенкой	Вертикальная, пластиковая	Артикул: ДКХ100КЗ	ООО «АНИОН»
10	Насос-дозатор	Дозировочный насос НД-1,0Р-100/10-К14А	Одноплунжерный с регулированием подач	Код товара 06192	ООО «Насосы Ампика»
11	Шестерённый насос	Q=6,0 $м^3$/ч±10 %, P=0,5 МПа (5атм)	Шестерённый насос	ШНК 15-6 (НРМ-6)	ООО ИТЦ «Пищмашсервис»
12	Приёмная емкость готового продукта	Еврокуб пластиковый	Объем:1000 л Форма:прямоугольная	1185	Всеинструменты.ру, Озон

На рис. 1 приведена аппаратурно-технологическая схема пилотной установки.

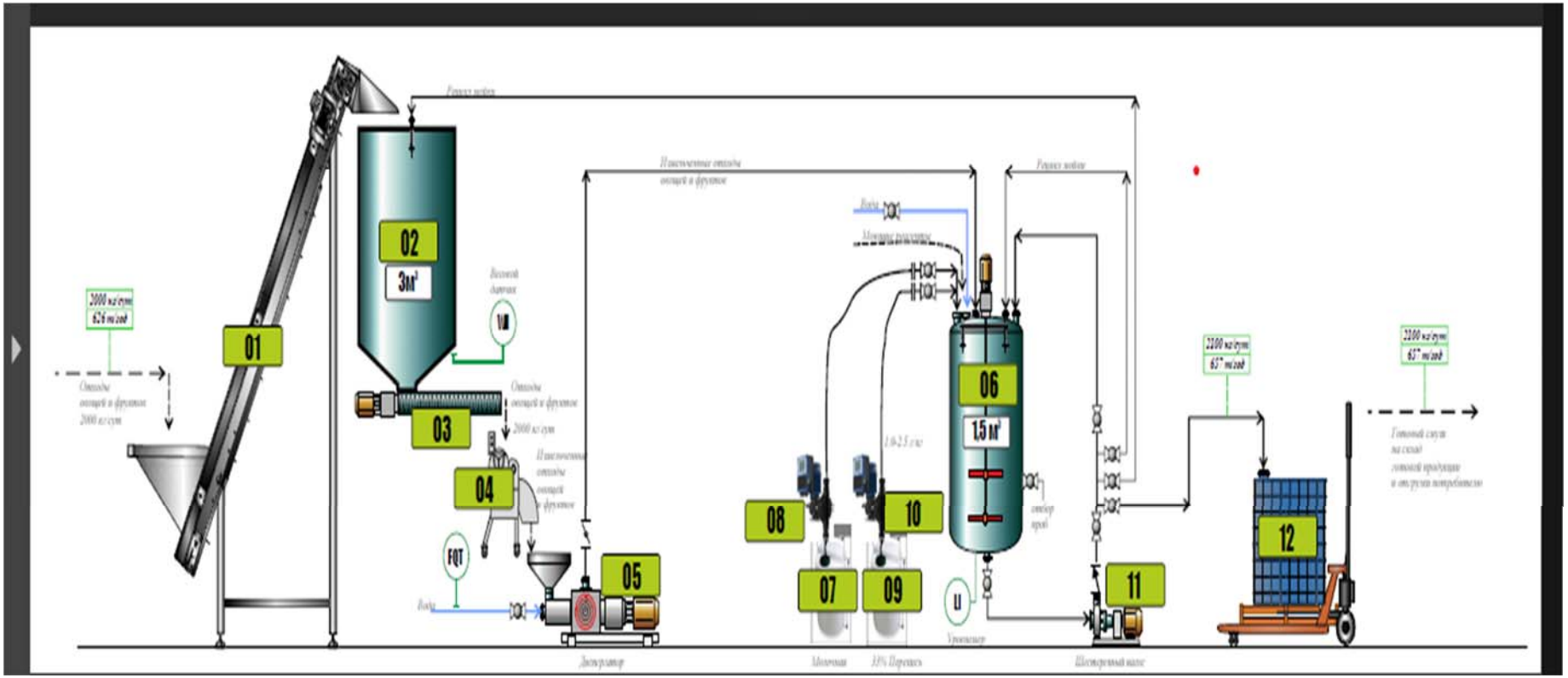


Рис. 1. Проект пилотной установки для производства «Кормовой добавки «кормовое смузи» для продуктивных животных». Составлено автором

Позиции оборудования: 01 – ленточный транспортёр; 02 – бункер сырья; 03 – шнековый питатель; 04 – измельчитель; 05 – гомогенизатор; 06 – реактор-смеситель; 07 – мерный сборник молочной кислоты; 08 – насос-дозатор; 09 – мерный сборник перекиси водорода; 10 – насос-дозатор; 11 – насос шестерённый; 12 – приёмная емкость

Fig. 1. Pilot plant design for the production of "Feed Smoothie" feed additive for livestock. Compiled by the author

Equipment items: 01 – Belt conveyor; 02 – Raw material bin; 03 – Screw feeder; 04 – Chopper; 05 – Homogenizer; 06 – Mixer-reactor; 07 – Lactic acid measuring tank; 08 – Dosing pump; 09 – Hydrogen peroxide measuring tank; 10 – Dosing pump; 11 – Gear pump; 12 – Receiving tank

Технология рециклинга отходов овощей и фруктов во вторичный продукт кормового назначения начинается с формирования партии. Этот этап предложено осуществлять следующим образом. Порцию отходов плодоовощной продукции из хранилищ распределительного склада ритейла помещают в приёмную воронку ленточного транспортера (поз. 01), откуда они транспортируются в приёмный бункер (поз. 02). Из приемного бункера, вмещающего суточный запас сырья, отходы подаются в измельчитель отходов (поз. 04) шнековым питателем (поз. 03), установленным в нижней части бункера. После измельчения продукт под действием гравитационных сил поступает в гомогенизатор (поз. 05), где подвергается интенсивной гидродинамической обработке.

Полученная таким образом суспензия измельченного сырья направляется в реактор-смеситель (поз. 06) под давлением, создаваемым гомогенизатором. В результате механической и гидродинамической обработки суспензия становится однородной и текучей. Если в партию вошли отходы с высоким содержанием сухих веществ, то добавляется холодная питьевая вода с целью достижения содержания влаги в полученной суспензии 90–91 %.

При необходимости в реактор-смеситель из мерного сборника молочной кислоты (поз. 07) насосом-дозатором (поз. 08) подаётся 80 % молочная кислота пищевого назначения для стабилизации pH на уроне 4,0–5,0. В полученную гомогенную суспензию из мерного сборника перекиси водорода (поз. 09) насосом дозатором (поз. 10) подают 33 % перекись водорода из расчёта 1,0–2,5 г/кг суспензии.

После окончания процесса и проверки показателей качества суспензию насосом (поз. 11) передают в приемную емкость (поз. 12) и далее потребителю.

Все позиции оборудования пилотной установки рекомендуется смонтировать на одной раме, а контроль и управление процессом предлагается осуществлять с использованием электронного документооборота на платформе Quality Check [11].

С учетом выбранной производительности пилотной установки 2,0 т отходов плодоовощной продукции в сутки, расхода электроэнергии и технологической воды на мойку оборудования был составлен предварительный материальный баланс процесса получения кормовой добавки на пилотной установке, который представлен в табл. 2.

Таблица 2

Материальный баланс процесса получения кормовой добавки на пилотной установке (за сутки)

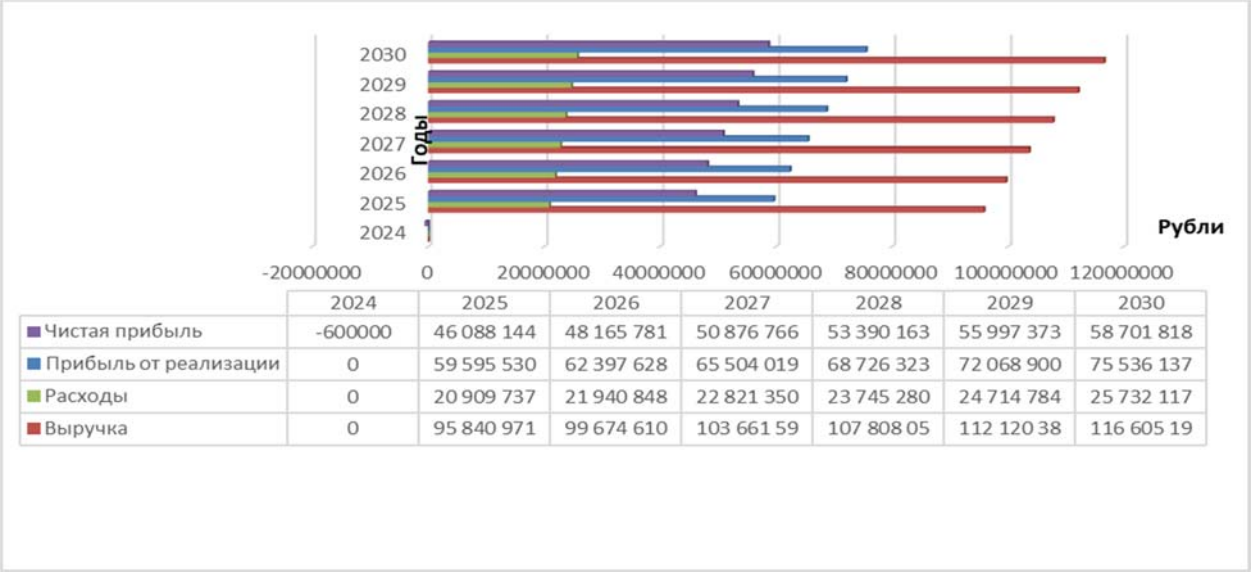
Table 2

Material balance of the process of obtaining feed additives at a pilot plant (per day)

Затрачено		Получено	
Отходы овощей и фруктов, кг	2000	Кормовое смузи, кг	2055,0
Вода питьевая СанПиН 2.1.4.1074-01, л	50,0	Потери, кг	0,8
Перекись водорода 33 %, л	5,0		
Молочная кислота 80 % , л	0.8		
Электроэнергия, кВт · ч	167,2		
Технологическая вода, м^3	22		

С использованием методов бизнес-планирования и учетом предварительного материального баланса были оценены финансовые результаты внедрения пилотной установки [12].

Финансово-экономические показатели внедрения пилотной установки приведены на рис. 2 и 3.



	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Чистая прибыль	-600000	46 088 144	48 165 781	50 876 766	53 390 163	55 997 373	58 701 818
Прибыль от реализации	0	59 595 530	62 397 628	65 504 019	68 726 323	72 068 900	75 536 137
Расходы	0	20 909 737	21 940 848	22 821 350	23 745 280	24 714 784	25 732 117
Выручка	0	95 840 971	99 674 610	103 661 59	107 808 05	112 120 38	116 605 19

Рис. 2. Финансово-экономические показатели внедрения пилотной установки. Составлено автором
Fig. 2. Financial and economic indicators of the implementation of the pilot plant. Compiled by the author

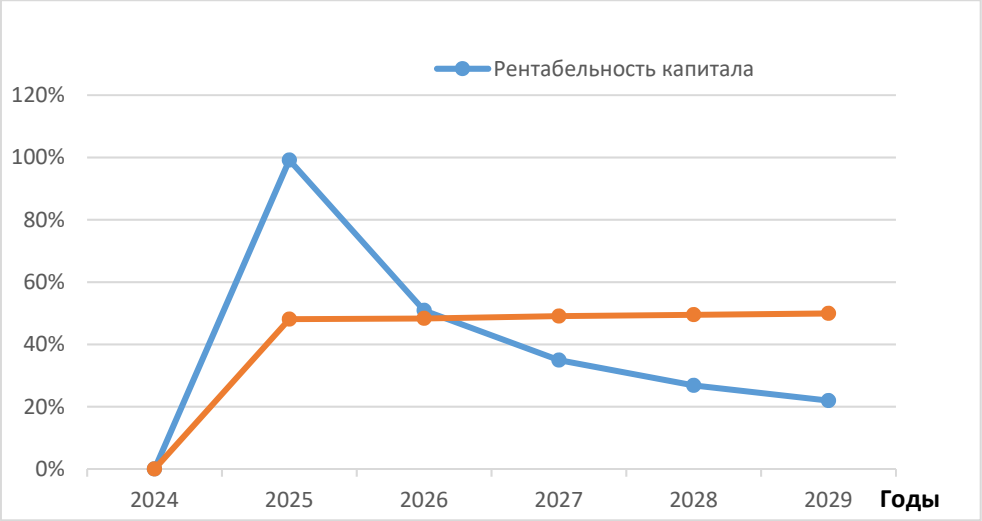


Рис. 3. Рентабельность продаж и капитала по годам. Составлено автором
Fig. 3. Return on sales and capital by year. Compiled by the author

Успех развития техники и технологий от возникновения инновационной идеи до ее последующей реализации во многом определяется правильной аналитической оценкой тенденций инновационного развития, т.е. технологическим прогнозированием [13]. Для оценки перспективности использования новой технологии рециклинга пищевых отходов во вторичные продукты в народном хозяйстве был выбран метод экстраполяции тенденций [14]. Этот метод рекомендуется применять для прогнозирования технологических возможностей [15]. Он не дает точных результатов на длительный срок прогноза, но дает положительные результаты на ближайшую перспективу прогнозирования тех или иных объектов не более 5 лет. Для оценки динамики образования, утилизации и обезвреживания отходов производства и потребления в РФ были проанализированы данные Росприроднадзора, приведенные в статистическом сборнике «Охрана окружающей среды в России» за 2024 г. [16]. Анализ данных показал, что в последние пять лет наблюдается устойчивая тенденция сокращения доли отходов овощей и фруктов в ретейле, которые были возвращены в оборот в виде вторичных продуктов. При этом масса отходов, которые можно вернуть в оборот в виде вторичных продуктов выросла. Согласно вы-

бранному методу технологического прогнозирования предполагаем, что наблюдаемая тенденция в течение последующих пяти лет (с 2025 г. по 2030 г.) сохранится. Следовательно, целесообразно переломить негативную тенденцию увеличения массы отходов, которые можно вернуть в оборот в виде вторичных продуктов, внедряя разработанную технологию в промышленном масштабе.

Заключение

1. Для определения ряда важных показателей технологии рециклинга отходов плодоовощной продукции во вторичные продукты кормового назначения разработана пилотная установка производительностью 2,0 т отходов в сутки.

2. Все позиции оборудования отечественного производства, что отвечает стратегии импортозамещения.

3. Методом бизнес-планирования оценены финансовые результаты внедрения пилотной установки, которые подтвердили ее инвестиционную привлекательность.

4. Оценка перспективности технологии рециклинга пищевых отходов во вторичные продукты кормового назначения методом статистической аппроксимации показала, что в ближайшие пять лет целесообразно использовать эту технологию в народном хозяйстве для повышения доли возврата отходов овощей и фруктов в пищевую цепь и снижения негативного воздействия отходов на окружающую среду.

Список источников

1. Закон РФ от 24.06.1998 N89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/12555 4 01 110 11 39 5.

2. Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО 2017) утвержден Приказом Росприроднадзора № 242 от 22.05.2017. URL: https://rpn.gov.ru/fkko/?states=%D0%92%D1%81%D0%B5&hazardClass%5B%5D=3.

3. Коптелов К. И., Горячева Е. Д., Кузнецова К. С. Проблемы и перспективы технологий утилизации отходов овощей и фруктов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2. С. 112–122.

4. Новикова К. В., Ковалев В. Е., Антинескул Е. А. Минимизация потерь продовольственного ритейла в России Текст научной статьи по специальности «Экономика и бизнес»: Экономика агропромышленного комплекса. DOI:10.24412/2071-6435-2022-3-73-92.

5. Коптелов К. И. Концепция ZERO WASTE и ее реализация в пищевой промышленности России // Вестник МИНО. 2024. № 2. С. 129–136.

6. Князев А. Важность и преимущества создания пилотной установки для масштабирования производств [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ect-center.com/blog/pilot-facility-in-chemistry#rec181392739.

7. Пилотные установки: ключевой элемент инновационных проектов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.techradius.com/.

8. RRT Global: лабораторные и пилотные испытания для современного производства [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://neftegaz.ru/news/companies/682595-ispytaniya-v-laboratornom-i-pilotnom-masshtabakh-kak-garant-vysokogo-kachestva/.

9. Коптелов К. И. Патент на изобретение № 2812862. Способ переработки отходов овощей и фруктов с получением кормового смузи для продуктивных животных. https://patents.google.com/patent/RU2812862C1/ru.

10. Отходы овощей и фруктов: виды, переработка и повторное использование/ rcycle.net [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rcycle.net/othody/pishhevye/ovoshhej-i-fruktov-pererabotka-ispolzovanie.

11. Древсков К. А. Цифровизация контроля спасает не только бизнес, но и людей. https://secrets.tbank.ru/blogi-kompanij/pro-cifrovizaciyu-pishchevoj-bezopasnosti/?ysclid=mk5k6ogjn471402773.

12. Комитет ТПП РФ по инвестиционной политике : методическое пособие по разработке бизнес-планов. https://pm.hse.ru/mirror/pubs/share/551312591.pdf.

13. Корыткин А. В. Методы прогнозирования. http://prognoz.org/lib/metody-prognozirovaniya.

14. Федоров В. К., Луценко А. В., Рыжов Д. А., Сергеев С. В. Методы технологического прогнозирования в инновационных производственных процессах // Качество и жизнь. 2016. № 2. С. 21–24.

15. Чернецов А. Н. Методы технологического прогнозирования // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». 2019. Т. 4, № 6(15). С. 124–129.

16. Охрана окружающей среды в России. 2024 : стат. сб. / Росстат. 0-92. М., 2024. 118 с.

Сведения об авторе

К. И. Коптелов – аспирант кафедры пищевой безопасности, SPIN-код: 4029-9257.

Information about the author

K. I. Koptelov – Postgraduate student of the Department of Food Safety, SPIN-code: 4029-9257.

Статья поступила в редакцию 13.01.2026; одобрена после рецензирования 29.01.2026; принята к публикации 06.02.2026.

The article was submitted 13.01.2026, approved after reviewing 29.01.2026, accepted for publication 06.02.2026.

© Коптелов К. И., 2026.

«Пилотная установка для получения кормовой добавки «Кормовое смузи» для продуктивных животных из отходов овощей и фруктов» [Коптелов К. И.] распространяется под лицензией Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).