

УДК 330.34

Экструзионная переработка отходов в экономике замкнутого цикла

Канд. экон. наук **Батова Т.Н.** battat888@gmail.com

Волков А.Р. volkovra@yahoo.com

Канд. экон. наук **Павлова Е.А.** eapavlova@itmo.ru

Университет ИТМО

191187, Россия, Санкт-Петербург, ул. Чайковского, 11/2, Лит. А

Введение: экономика замкнутого цикла является основой сохранения природных ресурсов, защиты окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. При этом, кроме соблюдения законодательных и экологических норм, большое значение имеет использование наилучших доступных технологий обезвреживания и переработки отходов производства и потребления. Обращение с отходами производства и потребления является одним из главных направлений перехода к экономике замкнутого цикла и использованию малоотходного и безотходного производства, что в последнее время активно демонстрируют развитые страны. Одной из перспективных технологий высококачественной переработки отходов является экструзионная переработка. Предмет, задачи и методы исследования: экструзионная переработка отходов – эффективное решение проблем рационального природопользования и формирования экономики замкнутого цикла, так как позволяет дополнительно производить продукцию из вторичных ресурсов и значительно снизить загрязнение окружающей среды за счет отказа от сжигания и захоронения отходов животноводства и мясоперерабатывающих предприятий, обеспечивая тем самым экологическую безопасность производства. В данной статье рассматривается метод экструзионной переработки мясных отходов. Результаты исследований: в Российской Федерации устаревшие технологии обезвреживания и переработки отходов агропромышленного комплекса приводят к потере ресурсов и оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду. Использование технологий экструзионной переработки отходов позволяет не только производить продукцию из отходов и получать дополнительную прибыль, но и предотвращать загрязнение воздушных, водных и земельных ресурсов вредными веществами, обеспечивая тем самым рациональное природопользование, и обеспечивает основу перехода к циркулярной экономике, формирование которой невозможно без экологической безопасности.

Ключевые слова: экструзионные технологии, экологическая безопасность, экономика замкнутого цикла, управление отходами.

DOI: 10.17586/2310-1172-2019-12-2-74-81

Extrusion processing of waste in the circular economy

PhD. **Batova T.N.** battat888@gmail.com

Volkov A.R. volkovra@yahoo.com

PhD. **Pavlova E.A.** eapavlova@itmo.ru

ITMO University

191187, Russia, St. Petersburg, Chaykovskogo str. 11/2

Introduction: The closed-cycle economy is the basis for natural resources conservation, environmental protection and environmental safety. Meanwhile, it is important to use the best available technologies for neutralization and processing of production and consumption waste in addition to observance of the legal and environmental rules. Waste management of production and consumption is one of the main directions of the transition to a circular economy and the use of low-waste and non-waste production, which has recently been actively demonstrated by developed countries. Subject, tasks and methods of a research: The main aim of extrusive processing of meat waste is considered. Extrusive processing of waste – an effective

solution of problems of rational environmental management as allows to make in addition secondary resources products, thereby realizing the principles of economy of the closed cycle; and considerably to reduce environmental pollution due to refusal of burning and waste disposal of livestock production and the meat-processing enterprises. One of perspective technologies of high-quality processing of waste is extrusive processing. Research results: confirm that in Russia outdated neutralization and recycling of agro-industrial waste technologies lead to the loss of resources. Moreover they have a significant negative impact on the environment. This article deals with the method of extrusion recycling of meat waste. Extrusion recycling of waste is an effective solution to the environmental management problems, as additionally it allows to produce products from secondary resources, thereby the principles of closed-cycle economy are implemented, and significantly reduce environmental pollution by eliminating the burning and disposal of animal waste and meat processing plants. Thus, use of extrusive technologies will allow not only to make waste products, to get additional profit, but also to prevent pollution of air, water and land resources harmful substances, providing thereby rational environmental management, and will form a basis of transition to circular economy which formation is impossible without environmental safety.

Keywords: extrusion technology, environmental safety, closed-cycle economy, waste management, recycling.

Введение

Современное состояние окружающей среды требует принципиально нового подхода к осуществлению хозяйственной деятельности. Необходимо рациональное природопользование и переход к экономике замкнутого цикла, примерами которого являются: применение малоотходных и безотходных технологий, внедрение биологических методов борьбы с вредителями сельского хозяйства, создание экологически чистых видов топлива, совершенствование технологий добычи и транспортировки природного сырья [1]. Экономика замкнутого цикла предполагает рациональное природопользование, что обеспечивает экологическую безопасность, эффективное использование природных ресурсов, повышение качества жизни населения и, в конечном итоге, будет способствовать устойчивому развитию. Для достижения целей устойчивого развития особенно важным является развитие аграрного сектора экономики, так как ликвидация голода и производство продовольствия являются важнейшими задачами достойного существования человечества. Однако, увеличение производства продуктов питания, повышение качества увеличивают объем отходов при их производстве. Поэтому существует проблема сокращения отходов, переработки и их повторного использования. Необходимо развивать аграрный комплекс не только в направлении повышения экономической эффективности, но и экологической целесообразности. При этом одной из важнейших задач, стоящих перед аграрным комплексом, является переработка мясных отходов, которые образуются в животноводческих хозяйствах и на мясоперерабатывающих предприятиях.

Деятельность агропромышленного комплекса, так же, как и всех субъектов экономических отношений, должна соответствовать требованиям законодательства в сфере охраны окружающей среды. Однако, сложившаяся ситуация с образованием и утилизацией отходов агропромышленного комплекса ведет к неизбежной деградации природных систем и представляет реальную угрозу здоровью населения. На сегодняшний день Российская Федерация сталкивается с глобальными экологическими проблемами образования и переработки отходов.

Современная стадия развития сельского хозяйства характеризуется усилением технологических процессов, нацеленных, прежде всего, на улучшение качества и расширение ассортимента конечных продуктов, создавая большое количество отходов. Сельскохозяйственные отходы делятся на отходы растениеводства и животноводства. Животноводческие отходы - это туши животных, павших от падежа, выбракованные животные и птицы, отходы от убоя. В данной статье, говоря о мясных отходах, мы имеем ввиду животноводческие отходы и отходы мясной промышленности, образованные в процессе переработки продукции животноводства. Мясные отходы представляют большую опасность для окружающей среды, так как их переработка и обезвреживание в 2017 году составили 31,7% по данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации [2]. Управление процессами переработки отходов является одной из важнейших задач, реализуемых для повышения ресурсоэффективности, достижения устойчивого развития российских предприятий и экономики страны в целом.

Предмет, задачи и методы исследования

Обращение с отходами в Российской Федерации на сегодняшний день только формируется – все больше осознается необходимость возвращения отходов производства и потребления в переработку и воспроизводство.

За последние три года ежегодный объем отходов увеличился почти в полтора раза, а в 2017 году в Российской Федерации образовалось рекордное количество отходов – 6221 млн. тонн [2]. Структура отходов в 2017 году: 0,29% – отходы I-III классов опасности, которые являются крайне опасными и содержат чрезвычайно вредные вещества; 1,46% – отходы IV класса опасности, классификация отходов, представляющие небольшую опасность для окружающей среды, которые могут быть переработаны вторично; 98,25% – отходы V класса опасности, те отходы классификация которых несет самую низкую степень опасности.

Экономическими инструментами в системе обращения с отходами подразумевается создание и становление оптимальный расчет стоимости на временное размещение и утилизацию отходов, установленной платы за захоронение, которое в свою очередь оказывает экологический ущерб. На данном современном этапе тарифы настолько малы, что делают неэффективным рециклинг, то есть переработку отходов; приводят к убыточной работе мусороперерабатывающих компании; отсутствует минимизация негативного воздействия на окружающую среду и предотвращения образования отходов; отсутствует стимулирование внедрение технологий получения энергии от использования отходов; а так же организацию малоотходных и безотходных предприятий [3]. Требуется также совершенствование существующих административных методов влияния на обращение с отходами, усиление контроля за соблюдением законодательных норм, нормативов и запретов на причинение экологического ущерба. В соответствии с «Основными государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» на современном этапе основным направлением является создание условий для минимизации отходов и поэтапная технологическая модернизация, включающая введение запрета на захоронение отходов, не прошедших сортировку и обработку [4].

В общем объеме отходов производства и потребления, по данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, сельское хозяйство составляет 41,5 млн. тонн, то есть 0,67 %; при этом используется и обезвреживается только 78,07 % отходов (табл. 1). Данные государственной статистики представлены в разрезе «использование и обезвреживание» отходов одной строкой, а на практике применяются разные технологии и понятия: «переработка», «утилизация» и «обезвреживание». Поэтому трудно анализировать данные конкретно по отдельным видам отходов с необходимой степенью детализации.

Таблица 1

Образование, использование и обезвреживание отходов производства и потребления в Российской Федерации

Показатель	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год
Отходы – всего:				
– объем образования, млн. тонн	5168	5060	5441	6221
– цепные темпы роста образования, %	–	–2,1	7,5	14,3
– объем использования и обезвреживания, млн. тонн	2357,2	2685,1	3243,7	3264,6
– цепные темпы роста использования и обезвреживания, %	–	13,91	20,8	0,64
В том числе сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство, млн. тонн:				
– объем образования, млн. тонн	43,1	45,8	49,2	41,5
– цепные темпы роста образования, %	11,5	6,2	7,4	–15,6
– объем использования и обезвреживания, млн. тонн	33,6	38	42,1	32,4
– цепные темпы роста использования и обезвреживания, %	–	13,1	10,7	–23,04

Несмотря на небольшой удельный вес, отходы сельского хозяйства имеют большое значение. Во-первых, они относятся к V классу опасности и могут быть полностью переработаны для получения удобрений, биотоплива, энергии, кормов и кормовых добавок. Но на предприятиях Российской Федерации практически отсутствует полезное использование отходов сельского хозяйства, то есть имеют место экономические потери. А во-вторых, отходы животноводства и мясной промышленности оказывают очень сильное негативное влияние на окружающую среду. Используемые методы обезвреживания мясных отходов – захоронение и сжигание – являются экономически неэффективными и ведут к истощению природных ресурсов. Разработка новых, модернизация и даже внедрение давно существующих технологий переработки отходов требуют значительных

финансовых затрат и определенных организационных изменений. Но именно такой подход позволяет говорить не об обезвреживании, а об управлении отходами.

В данной статье предметом исследования является управление процессами переработки мясных отходов, которые называют еще биологическими отходами, и которые образуются, в основном, в животноводстве и на мясоперерабатывающих предприятиях. Одной из перспективных технологий высококачественной переработки отходов является экструзионная переработка [5].

Экструзионная линия переработки отходов используется для создания и реализации безотходного и эффективного производства продуктов с высокими свойствами пищевого, кормового и технического назначения. Экструзионная переработка (в переводе с латинского *extrudo* – выдавливание) – представляет собой непрерывный процесс, который заключается в гидромеханической и термической обработке сырья и получении нового продукта через формирующий инструмент (фильеру). Экструзионные технологии широко используются при производстве изделий из пластмассы, различных снеков, пельменей, мороженого. Виды экструзии представлены в табл. 2.

Таблица 2

Виды экструзии

Холодная экструзия	Теплая экструзия	Горячая экструзия
Механическое изменение материала вследствие его медленного перемещения под сильным давлением и образование новых заданных форм	Небольшое количество исходного сухого сырья с определенным количеством воды подвергается тепловому воздействию; получаемый продукт имеет небольшой размер, плотность и пластичность	За счет максимальной скорости и давления осуществляется переход механической энергии в тепловую; доля влаги в сырье достигает 15–20 %, а температура превышает 120°C

Для переработки мясных отходов наиболее целесообразно использовать экструзионную технологию, которая осуществляется методом горячей экструзии. Экструзионная линия переработки твердых отходов мясного производства позволяет проводить несколько операций с сырьем одновременно в одной машине (экструдере). Формирование нового продукта происходит за короткий период времени и осуществляются процессы методом горячей экструзии: смешивание, сжатие, стерилизация и нагрев. Данный метод переработки отходов мясного производства предоставляет возможность изготавливать продукты питания высокого качества, полностью готовые к употреблению (комбикорм для крупного рогатого скота, корм для домашних животных) [6].

Важное значение имеет то, что экструзионные линии переработки отходов создают продукты с регулируемой пищевой, биологической и энергетической ценностью. Существует возможность изменять состав и производить продукцию с повышенным содержанием белка, минеральных веществ и витаминов, которые играют важную роль в питании животных [7]. Непродолжительное время экструзии не вызывает интенсивного разрушения биологического состава, сохраняя максимально возможное количество витаминов и полезных веществ, но при этом во время обработки происходит разрушение негативно влияющих на организм животного ферментов. Экструзионная линия при переработке твердых мясных отходов сохраняет высокие санитарно-эпидемиологические требования к продукту: полное уничтожение бактерий семейства энтеробактерий, неспорозных бактерий, таких как сальмонеллы, что значительно увеличивает срок хранения кормов [8].

Следует отметить, что внедрение в производственный процесс экструзионных линий переработки отходов окажет существенное влияние на результаты хозяйственной деятельности предприятий и ресурсоэффективность. Можно выделить следующие направления получения экономической выгоды от внедрения данных технологий:

- снижение экономических потерь, возникающих при отказе от использования биологических отходов;
- снижение затрат на обезвреживание отходов;
- устранение экологических последствий, вызванных влиянием на окружающую среду при сжигании или захоронении отходов.

Использование технологий экструзионной переработки отходов в конечном итоге обеспечивает основу перехода к циркулярной экономике, экономике замкнутого цикла, формирование которой основано на принципах устойчивого развития.

Результаты исследования

В связи с принятием в 2014 году Федерального закона «Об отходах производства и потребления» в Российской Федерации стали предприниматься существенные меры по формированию эффективной экологической системы обращения с отходами. Тем не менее, захоронение мясных отходов ведет к загрязнению сточных вод, деградации почвенных слоев и наносит вред природной экосистеме. В 2017 году было накоплено 5,44 млн. тонн отходов мясной промышленности, а если учесть большое количество несанкционированных свалок, данные показатели могут быть в несколько раз больше. Эксперты считают, что в настоящее время в Российской Федерации перерабатывается не более 20% мясных отходов [9, 10]. А ведь еще в СССР успешно занимались переработкой мясных отходов методом экструзии. На каждом предприятии мясной промышленности существовали цеха по производству мясо-костной муки и производству кормов для крупного рогатого скота. На данный момент технология экструдирования отходов мясной промышленности широко используется в европейских странах, ведущим производителем линий экструдирования является Китай, но и в Российской Федерации есть заводы, выпускающие такие линии [11].

Экструзионная линия переработки отходов мясного производства способствует формированию и функционированию процессов безотходного производства. Исходным сырьем являются твердые мясные отходы, которые измельчаются в дробилке и просеиваются для получения частиц размером до 0,8 см. Размер сырья и скорость его подачи в зону приема экструдера влияют на насыщенность сжатия в шнековом механизме. При этом сохраняется на 30 % больше питательных веществ, чем при теплой экструзии, так как шнековый механизм содержит спиралевидное основание внутри механизма и достигает требуемого давления для осуществления экструзии. Нагрев сырья за счет его насыщенного уплотнения и скорости нарастания давления в процессе экструзионной обработки распределяет влагу, содержащуюся в сырье, затем происходит резкий переход вещества из влажного состояния в более пористое [12]. Последним этапом экструзионной переработки мясных отходов является выход готового продукта из фильеры. Сырье нагревается до 200 °С, давление в момент нагрева варьируется от 2,5 до 4 МПа, обрабатываемый материал находится в экструдере менее 1 минуты, что повышает пропускную способность. У такой технологической линии переработки твердых мясных отходов существует возможность проектирования продукта с любой рецептурой. Технологический цикл состоит из смешивания сырья в определённой пропорции с наполнителем, нагрева до 200 °С, измельчения, экструзии смеси, охлаждения [13].

Схема работы экструдера при переработке отходов представлена на рисунке. Исходное сырье из шнека 1 поступает в бункер 2, затем в материальный цилиндр 3, в котором сырье структурируется; после чего вращающийся материальный цилиндр захватывается червяком 13 и поступает к транспортировке формирующего цилиндра, данный цикл определен позицией 4, 12 и 21. Исходное сырье в первом цикле, который является питающим для зоны экструдера 11, становится мягким и преобразовывается в форму пробки. В зоне сжатия 12 сырье нагревают до максимальной температуры, которая регулируется в зависимости от наличия питательных веществ продукта. На этапе дозирования 5 происходит интенсивная механическая обработка, и данное сырье проходит цикл формирования в головку экструдера. Далее осуществляется цикл теплового воздействия, охлаждение водой и нагрев сырья, после чего происходит транспортирование в экструдере на материальном цилиндре, в котором установлены зонные кольцевые нагреватели 5 с охлаждающими механизмами; промежуток между цилиндром вблизи и загрузочным отверстием, которое по каналам 4 охлаждается водой, при этом контроль температуры осуществляется в установленных терморегуляторах 6. Линия экструзионной переработки, как правило, предусматривает внутреннее охлаждение водой, подаваемой и отводимой через устройство 10. Экструдер получает вращательные движения от электромеханического привода, состоящего из двигателя, подключенного к источнику питания 12, имеющего постоянный или переменный поток тока и механизм, предназначенный для редуцирующей передачи энергии 9. В ходе преобразования энергии возникает осевое усилие, которое, в ходе преобразования действует на экструдер в течение, обратном транспортированию массы расплава, которое воздействует и воспринимается на конструкцию, объединяющую корпус и элемент подшипника, называемую, подшипниковым узлом 11. Данные рабочие механизмы экструзионной линии сформированы в блоке 8 [14].

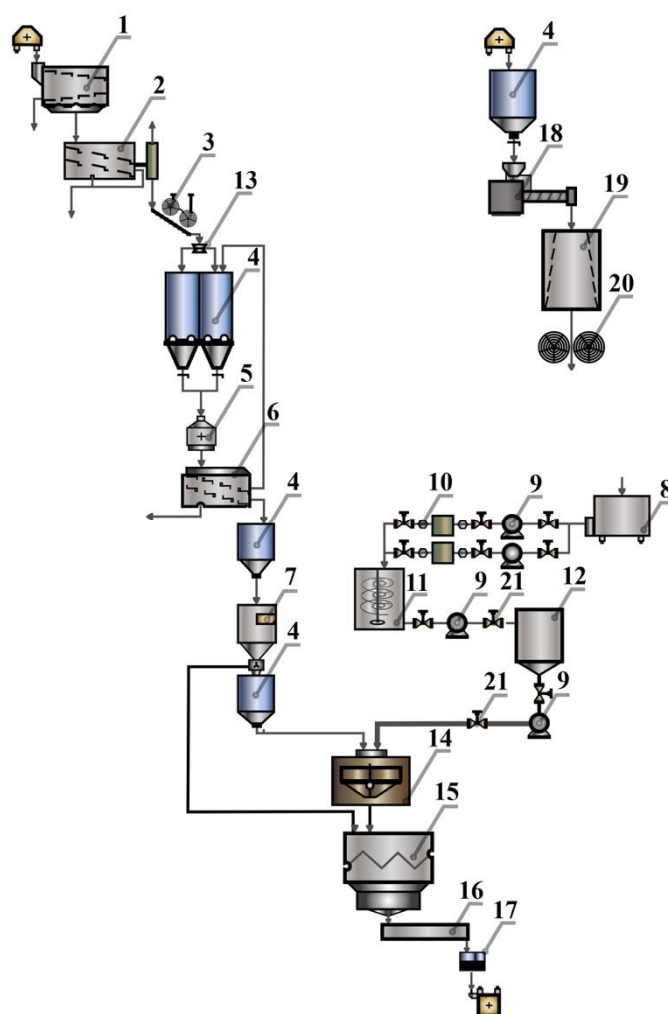


Рис. 1. Схема экструдера

Получаемый продукт из мясных отходов – белковая кормовая добавка – обладает следующими характеристиками: количество протеина – 14–20 % (в зависимости от вида перерабатываемых отходов и растительного наполнителя); высокая биологическая ценность, способствующая усвояемости (порядка 90 %); перевариваемая энергия корма для восстановления энергетических затрат содержит – 290–310 ккал в 100 г. питательных веществ; бактериальная чистота – не более 20 тыс. ед. (при норме 500 тыс. ед.); влажность – не выше 14 %; длительный срок хранения – не более 12 месяцев. Технология позволяет добавить операции введения витаминных добавок для получения полноценных сбалансированных кормов с длительным сроком хранения [15]. Специалисты считают, что экструдированные корма лучше, чем гранулированные [16]. Они позволяют сократить расходы на кормление животных за счет сбалансированной структуры кормов, увеличить выход конечной продукции с высоким уровнем качества, и, в конечном итоге, повысить эффективность результатов деятельности животноводческих ферм и их прибыльность.

Использование экструзионных технологий переработки мясных отходов позволяет повысить эффективность производства за счет управления отходами; создать более интенсивный производственный процесс; снизить энергозатраты (помимо электроэнергии для обеспечения технологического процесса не используются другие энергоносители: газ, пар, горячая вода); снизить трудовые затраты; увеличить степень использования сырья; улучшить усвояемость продуктов; минимизировать микробиологическую обсеменённость продуктов; а также уменьшить загрязнение окружающей среды, грунтовых вод, отсутствуют выбросы в атмосферу, стоки и вторичные отходы. Следует отметить, что стоимость экструдера с моделью горячей линии экструдирования довольно велика, но потенциально возможные доходы организаций от использования экструзионных технологий для переработки мясных отходов могут быть сравнимы с доходами от реализации основных продуктов производства [17].

Заключение

Эффективное управление процессами переработки отходов подразумевает взаимосвязь двух видов деятельности: экологической деятельности, которая ведет к разумному потреблению природных ресурсов и осуществлению мероприятий, направленных на восстановление окружающей среды, и экономической деятельности, которая приводит к отрицательным последствиям и сопровождается истощением природных ресурсов. Для Российской Федерации рассматриваемая в статье проблема является актуальной ввиду большого образования отходов, которые приводят к соответствующему давлению на природные ресурсы и экологическую обстановку, рост индикаторов суммарного объема образования отходов и существенно превышающие параметры, характерные для развитых зарубежных стран. Переработка отходов мясной промышленности с целью создания продуктов с новой структурой, биологическими и потребительскими свойствами позволяет осуществлять экономию сырьевых ресурсов, обеспечивает снижение издержек на сырье, сокращает затраты, уменьшает негативное воздействие на окружающую среду и является примером экономики замкнутого цикла.

Целесообразность использования экструзионных технологий для переработки мясных отходов обусловлена экологической и экономической эффективностью метода горячей экструзии. Переработка мясных отходов также существенно влияет на развитие безотходного производства и переход к экономике замкнутого цикла, которая основывается на ответственном использовании ресурсов в соответствии с экономическими, экологическими и социальными соображениями и обеспечении устойчивого развития.

Таким образом, использование экструзионных технологий позволит не только производить продукцию из отходов, получать дополнительную прибыль, но и предотвращать загрязнение воздушных, водных и земельных ресурсов вредными веществами, обеспечивая тем самым рациональное природопользование, и послужит основой перехода к циркулярной экономике, формирование которой невозможно без экологической безопасности.

Литература

1. Батова Т.Н., Иванова А.Д. Анализ применяемых энергосберегающих технологий в России и развитых странах // Экономика и предпринимательство. 2016. № 12–3. С. 132–136.
2. Статистический сборник «Охрана окружающей среды в России» // Федеральная служба государственной статистики. 2017. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_54/Main.htm (дата обращения: 10.10.2018).
3. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник СПбГУ. Экономика. 2017. Т. 33. № 2. С. 244–268. DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.203.
4. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации; основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года: утв. Президентом Российской Федерации 30.04.2012. Федеральный закон от 21.07.2014 № 219 ФЗ. Государственная Дума (2014).
5. Ioannidou O., Zabaniotou A. Agricultural residues as precursors for activated carbon production – A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2007. P. 1966 – 2006.
6. Елифанова Д.А. Раздельный сбор - ключевой фактор развития переработки ТКО // АНО «Общественный форум «Экология»: Материалы IX Междунар. форума «Экология». – Москва, 2018.
7. Зверев А.И. Экструзионные технологии и повышение его продуктивного действия // Корма из отходов АПК: Материалы научно-технич. конф. – Запорожье, 1988. С. 17–18.
8. Переработка пищевых отходов в корма // О корме. 2017. URL: <https://okorme.ru/korm/pererabotka-pishevyh-othodov-v-korma.html> (дата обращения: 14.01.2019).
9. Технологическая линия переработки жиросодержащих отходов: пат. Рос. Федерации № 2487925; заявл. 26.04.12; опубл. 20.07.13 / Кочетов О.С., Стареева М.О., Стареева М.М.
10. Краус С.В. Совершенствование технологии экструзионной переработки крахмалсодержащего зернового сырья. Московский государственный университет пищевых технологий, 2004.
11. Касьянов Г.И., Семенов Г.В., Грицких В.А., Троянова, Т.Л. Технологии пищевых производств. – М.: Изд-во Юрайт, 2017. 113 с.
12. Информационный ресурс статистики // СПАРК. 2018. URL: <http://www.spark-interfax.ru> (дата обращения: 10.11.2018).
13. Брагинцев С.В. Технологический модуль производства экструдированного комбикорма с включением растительной массы // Техника и оборудование для села. 2016. № 4 С. 26 – 28.

14. Alam M.S., Kaur J, Khaira H., Gupta K. Extrusion and Extruded Products: Changes in Quality Attributes as Affected by Extrusion Process Parameters - A Review // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016. P. 445.
15. Hsieh F. Manufacture of Meat Analogues Through High Moisture Extrusion. // *Journal Module in Food Science*. 2016. P. 211–217.
16. Amelia L. Initiating automotive component reuse in Malaysia // *Journal of Cleaner Production*. 2009. V. 17. № 17. P. 1572–1579.

Reference

1. Batova T.N., Ivanova A.D. Analiz primenyaemyh energosberegayushchih tekhnologij v Rossii i razvityh stranah // *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2016. № 12–3. S. 132–136.
2. Statisticheskij sbornik «Ohrana okruzhayushchej sredy v Rossii» // *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki*. 2017. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_54/Main.htm (data obrashcheniya: 10.10.2018).
3. Pahomova N.V., Rihter K.K., Vetrova M.A. Perekhod k cirkulyarnoj ekonomike i zamknutym cepyam postavok kak faktor ustojchivogo razvitiya // *Vestnik SPbGU. Ekonomika*. 2017. T. 33. № 2. S. 244–268. DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.203.
4. O vnesenii izmenenij v Federal'nyj zakon «Ob ohrane okruzhayushchej sredy» i ot del'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii; osnovy gosudarstvennoj politiki v oblasti ekologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda: utv. Prezidentom Rossijskoj Federacii 30.04.2012. Federal'nyj zakon ot 21.07.2014 № 219 FZ. Gosudarstvennaya Duma (2014).
5. Ioannidou O., Zabaniotou A. Agricultural residues as precursors for activated carbon production – A review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2007. P. 1966 – 2006.
6. Epifanova D.A. Razdel'nyj sbor - klyuchevoj faktor razvitiya pererabotki TKO // ANO «Obshchestvennyj forum «Ekologiya»: Materialy IX Mezhdunar. foruma «Ekologiya». – Moskva, 2018.
7. Zverev A.I. Ekstruzionnye tekhnologii i povyshenie ego produktivnogo dejstviya // *Korma iz othodov APK: Materialy nauchno-tekhnich. konf. – Zaporozh'e*, 1988. S. 17–18.
8. Pererabotka pishchevyh othodov v korma // *O korme*. 2017. URL: <https://okorme.ru/korm/pererabotka-pishchevyh-othodov-v-korma.html> (data obrashcheniya: 14.01.2019).
9. Tekhnologicheskaya liniya pererabotki zhirosoderzhashchih othodov: pat. Ros. Federacii № 2487925; zayavl. 26.04.12; opubl. 20.07.13 / Kochetov O.S., Stareeva M.O., Stareeva M.M.
10. Kraus S.V. Sovershenstvovanie tekhnologii ekstruzionnoj pererabotki krahmalsoderzhashchego zernovogo syr'ya. Moskovskij gosudarstvennyj universitet pishchevyh tekhnologij, 2004.
11. Kas'yanov G.I., Semenov G.V., Grickih V.A., Troyanova, T.L. Tekhnologii pishchevyh proizvodstv. – M.: Izd-vo YUrajt, 2017. 113 s.
12. Informacionnyj resurs statistiki // SPARK. 2018. URL: <http://www.spark-interfax.ru> (data obrashcheniya: 10.11.2018).
13. Braginec S.V. Tekhnologicheskij modul' proizvodstva ekstrudirovannogo kombikorma s vklyucheniem rastitel'noj massy // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2016. № 4 S. 26 – 28.
14. Alam M.S., Kaur J, Khaira H., Gupta K. Extrusion and Extruded Products: Changes in Quality Attributes as Affected by Extrusion Process Parameters - A Review // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016. P. 445.
15. Hsieh F. Manufacture of Meat Analogues Through High Moisture Extrusion. // *Journal Module in Food Science*. 2016. P. 211–217.
16. Amelia L. Initiating automotive component reuse in Malaysia // *Journal of Cleaner Production*. 2009. V. 17. № 17. P. 1572–1579.

Статья поступила в редакцию 28.05.2019 г.