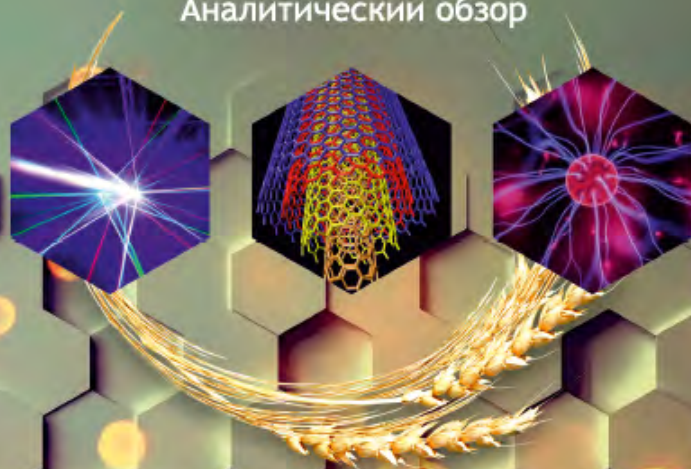


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

Аналитический обзор



Москва 2020

Техника и оборудование для села

Сельхозпроизводство @ Переработка @ Агротехсервис @ Агробизнес

ЖУРНАЛ

«ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА» –

ВАШ ПОМОЩНИК В НАУЧНОЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ,
УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ И УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ!

Ежемесячный полноцветный научно-производственный и информационно-аналитический журнал «Техника и оборудование для села», учредителем и издателем которого является ФГБНУ «Росинформагротех», выпускается с 1997 г. при поддержке Минсельхоза России и Россельхозакадемии. За это время журнал стал одним из ведущих изданий в отрасли и как качественное и общественно значимое периодическое средство массовой информации в 2008, 2009 и 2011 гг. удостоен знака отличия «Золотой фонд прессы». В редакционный совет журнала входят 7 академиков РАН.

В журнале освещаются актуальные проблемы технической и технологической модернизации АПК: инновационные проекты, технологии и оборудование, энергосбережение и энергоэффективность; механизация, электрификация и автоматизация производства и переработки сельхозпродукции; агротехсервис; аграрная экономика; информатизация в АПК; развитие сельских территорий; технический уровень сельскохозяйственной техники, возобновляемая энергетика и др.

Журнал является постоянным участником большинства международных и российских выставок, конференций и других крупных мероприятий в области АПК, проходящих в России, неоднократно отмечался почетными грамотами, дипломами и медалями (более 10).

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, входит в ядро РИНЦ и базу данных RSCI.

Регионы распространения журнала: Центральный, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Северный, Северо-Западный, Калининградская область, а также государства СНГ (Украина, Беларусь, Казахстан).

Индекс в каталоге агентства «Роспечать» – 72493, в объединенном каталоге «Пресса России» – 42285.

Стоимость подписки на 2020 г. с доставкой по Российской Федерации – 8712 руб. с учетом НДС (10%), по СНГ и странам Балтии – 9936 руб. (НДС – 0%).

Приглашаем разместить в журнале «Техника и оборудование для села» информационные (рекламные) материалы, соответствующие целям и профилю журнала.

Подписку и размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» с любого месяца, на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет.

Банковские реквизиты: УФК по Московской области (Отдел № 28 Управления Федерального казначейства по МО);

ИНН 5038001475/КПП 503801001

ФГБНУ «Росинформагротех», п/с 20486Х71280,

р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России по ЦФО, БИК 044525000.

В назначении платежа указать код КБК (000 0000 00000000 000 440),

ОКТМО 46758000.

Адрес редакции: 141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60, Росинформагротех, журнал «Техника и оборудование для села».

Справки по телефонам: (495), 993-44-04, (496) 531-19-92;

E-mail: r_technica@mail.ru, fgnu@rosinformagrotech.ru



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации и технико-
экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению
агропромышленного комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех»)

**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ**

Аналитический обзор

Москва 2020

УДК 664
ББК 41.47
Ф 50

Рецензенты:

С.М. Полозов, д-р физ.-мат. наук, доц. каф. электрофизических установок (ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»);

А.А. Манохина, д-р с.-х. наук, доц., зам. директора по научной работе
Института механики и энергетики им. В.П. Горячкина
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева)

Авторы:

Н.П. Мишуров, Л.А. Неменушая (ФГБНУ «Росинформагротех»);

Ю.С. Павлов, разделы 2, 3 (Институт физической химии и электрохимии
им. А.Н. Фрумкина РАН); **В.В. Кондратенко, М.В. Тришканева**, разделы 1, 2
(ВНИИТеК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН»);

А.А. Королев, раздел 2 (ВНИИПБТ – филиал ФГБНУ «ФИЦ питания,
биотехнологии и безопасности пищи»)

Ф 50 **Физические методы обработки сельскохозяйственного сырья: аналит. обзор.** –
М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 88 с.

ISBN 978-5-7367-1576-3

Рассмотрены технологии, основанные на физических методах обработки сельскохозяйственного сырья, дан анализ отечественных достижений в этой области. Сформулированы основные направления применения данных методов, перспективные для АПК. Предложены технологии с их использованием, внедрение которых обеспечит импортозамещение и повышение конкурентоспособности отечественной сельскохозяйственной продукции.

Предназначен для руководителей и специалистов сельскохозяйственных организаций, консультантов информационно-консультационных служб, студентов и преподавателей отраслевых колледжей и вузов.

Physical methods of processing agricultural raw materials: analytical survey (Moscow: Rosinformagrotekh), 88 (2020).

The technologies based on physical methods of processing agricultural raw materials are considered, and the analysis of domestic achievements in this area is given. The main directions of application of these methods, which are promising for the agro-industrial complex, are formulated. Technologies with their use have been proposed, the introduction of which will ensure import substitution and increase the competitiveness of domestic agricultural products.

Designed for managers and specialists of agricultural organizations, consultants of information and consulting services, students and teachers of industry colleges and universities

УДК 664
ББК 41.47

ISBN 978-5-7367-1576-3

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2020

ВВЕДЕНИЕ

Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы предусмотрено создание и внедрение конкурентоспособных отечественных технологий переработки сельскохозяйственной продукции, способствующих снижению уровня импортозависимости и повышению продовольственной безопасности страны [1]. Одним из способов решения поставленных задач является внедрение технологий, основанных на современных и инновационных физических методах. Для обработки сельскохозяйственного сырья используются технологии на базе ионизирующих излучений; лазерного, ультрафиолетового, инфракрасного, сверхвысокочастотного электромагнитного излучений; акустической обработки; воздействия электрическим током. Эти методы имеют ресурсосберегающие характеристики, их применение снижает химическое загрязнение сельскохозяйственного сырья.

Использование ионизирующих излучений способствует уничтожению патогенной микрофлоры и насекомых-вредителей, повышению качества, увеличению сроков хранения сельскохозяйственного сырья и снижению потерь при этом, обеззараживанию отходов, а также исключению потерь, возникающих при замораживании мясной продукции (до 40 кг/т).

Воздействие лазерного излучения ускоряет созревание теста и технологические процессы переработки молока (в 1,2-2 раза), повышает выход качественного хлеба, инактивирует вредные микроорганизмы на поверхности сырья (плодоовощное, мясное) и в молоке [2-4].

Технологии обработки СВЧ и инфракрасным излучением наиболее часто используются для сушки, стерилизации и пастеризации сельскохозяйственного сырья. Основные их преимущества: энергосбережение и сохраняемость биологически активных веществ, сокращение продолжительности технологических процессов. Ультрафиолетовое облучение наиболее эффективно в технологиях обеззараживания.

С помощью акустического ультразвукового воздействия интенсифицируются процессы экстракции, дегазации, диспергирования и сушки. Перспективно оно и для стерилизации жидких сред. Воздействием звуковых ударных волн можно размягчать мясное сырье, в 2 раза сокращать время маринования мяса.

Технологии, основанные на влиянии электрического поля, ускоряют транспорт масс в растительной или мясной ткани, мягкое консервирование чувствительных к повышенной температуре веществ, интенсифицируют высвобождение внутриклеточных составляющих. Низкая температурная нагрузка, сохранение качества и свежести продуктов – их основные преимущества, сочетающиеся с непрерывностью процесса и непродолжительностью времени обработки [5].

Основной проблемой, обуславливающей недостаточно широкое внедрение физических методов в агропромышленное производство, является необходимость строгого соблюдения параметров интенсивности обработки сырья во избежание снижения его качества, а также обеспечения безопасности специалистов, применяющих данные технологии [6].

В обзоре проанализированы и обобщены исследования и разработки в области использования современных и инновационных физических методов для обработки сельскохозяйственного сырья, определены перспективные направления их применения в АПК. Издание призвано вызвать интерес сельскохозяйственных производителей к использованию данных методов для снижения потерь, увеличения сроков хранения и обеспечения безопасности продуктов переработки сельскохозяйственного сырья, а следовательно, повышению уровня конкурентоспособности отрасли и качества продукции.

1. АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

1.1. Характеристика традиционных физических методов

Процессы переработки сельскохозяйственного сырья относятся к наиболее энергоемким в агропромышленном производстве. Для них характерны повышенные требования к качеству сырья и большие его затраты, что увеличивает себестоимость конечного продукта и снижает конкурентоспособность отрасли. Актуальны создание и внедрение современных технологий, обеспечивающих сокращение энергопотребления в сочетании со сбережением сырья и других ресурсов, усовершенствование технологического оборудования по переработке сельскохозяйственного сырья. Огромный потенциал в этой сфере у современных физических методов.

Физические процессы лежат в основе практически всех традиционных способов обработки сельскохозяйственного сырья (рис. 1), каждый вид которого содержит физические характеристики, отличительные признаки, имеющие важное значение в определении качества и подборе методов его обработки. Например, плотность молока является одним из важнейших показателей его натуральности: если она ниже $1,027 \text{ г/см}^3$, то молоко признается фальсификатом.

Мойка	⇒	Механическое удаление загрязнений
Измельчение	⇒	Деформирование до момента разрушения или разрыва; диспергирование (дробление зерна, образование эмульсий)
Сортирование	⇒	Деление на фракции; отделение некачественного сырья, примесей, загрязнений; стандартизация
Обработка давлением	⇒	Прессование (механическое отделение жидкой фазы от твердой с помощью прессов); формование (брикетирование, таблетирование, придание формы)
Перемешивание	⇒	Беспорядочное распределение двух и более разнородных материалов с различными свойствами (внесение заквасок, составляющих рецептуры)
Разделение, осаждение, фильтрация	⇒	При осаждении частицы движутся относительно сплошной среды (отделение сливок, очистка диффузного сока). При фильтрации дисперсионная среда проходит через фазу или пористое тело
Концентрирование	⇒	Удаление жидкостной составляющей и повышение содержания сухого вещества на различных выпарных аппаратах (производство плодовоовощных пюре)

Рис. 1. Традиционные физические методы переработки сырья

Реализация еще одного из традиционных процессов модификации сельскохозяйственного сырья – температурной обработки – также базируется на физических методах.

В переработке сельскохозяйственной продукции широко используются теплофизические методы, включающие в себя в основном сушку, стерилизацию, пастеризацию.

Стерилизация – наиболее распространенный способ сохранения переработанного сельскохозяйственного сырья, расфасованного и герметически закупоренного в тару того или иного вида. Из всех современных способов стерилизации (термическая, ионизирующее и неионизирующее облучение) чаще используется термическая обработка.

Термическая стерилизация проходит в горизонтальных или вертикальных автоклавах. Более эффективными считаются горизонтальные ротационные автоклавы, обеспечивающие качество продукта благодаря равномерному прогреву и сокращению длительности процесса в 2-3 раза. Но даже они по многим позициям уступают радиационной, СВЧ и лазерной стерилизации [7].

Современный процесс сушки сельскохозяйственного сырья должен обеспечивать максимально возможное сохранение его исходных свойств, продолжительность периода потребления при упрощении хранения и транспортировки. В настоящее время используются конвективный, сублимационный, с использованием СВЧ- и ИК-излучения способы сушки и различные их модификации.

Сублимационная сушка сырья в замороженном состоянии в условиях вакуума обеспечивает высокое качество конечного продукта. В герметичной упаковке продукты сублимационной сушки могут храниться более двух лет. К достоинствам сублимированных продуктов относится также их малая масса, что снижает транспортные расходы в 3-5 раз, а расходы на хранение – в 2-5. Недостатки этого способа – длительность реализации технологического процесса, высокая стоимость оборудования, и, как следствие, получаемого продукта.

Многочисленные исследования подтверждают, что технологии и оборудование, основанные на конвекционных механизмах обезвоживания, не обеспечивают достаточно высокого качества получаемой продукции и характеризуются большой энергоемкостью процесса. Указанные недостатки конвекционной сушки обусловлены спецификой взаимодействия горячего воздуха с высушиваемыми объектами на различных этапах процесса сушки. Вначале процесс протекает достаточно эффективно, его энергоемкость мала, а скорость сушки достаточно высока. Но по мере высыхания продукта значительная часть тепловой энергии теряется, энергоемкость процесса возрастает, время сушки многократно увеличивается, возникают локальные перегревы продукта (в первую очередь его поверхностных слоев).

Аналогичные проблемы возникают при использовании технологий сушки в псевдокипящем слое и других, основанных, как и конвекционная сушка, на поверхностном обогреве высушиваемых продуктов.

СВЧ-сушка является одним из наиболее перспективных методов обработки сельскохозяйственного сырья (технологии будут рассмотрены далее). Его достоинства: высокая скорость, бесконтактность, объемность нагрева, уничтожение микрофлоры, возможность осуществления «мягкого» режима термообработки и импульсного нагрева, высокий КПД преобразования СВЧ-энергии в тепло. Но из-за вредного воздействия на биологические объекты применение данной технологии требует соблюдения тщательных мер безопасности.

Инфракрасное излучение – также очень перспективный метод сушки с одновременной стерилизацией, безвредный для окружающей среды и человека. Срок хранения высушенного сырья – один год без специальной тары и два – в герметичной таре, при этом потери витаминов составляют 10-15%.

Многочисленные исследования подтвердили, что в процессах обезвоживания сельскохозяйственного сырья менее энергоемкой, особенно на заключительных этапах сушки, становится инфракрасная и микроволновая сушка; возможными путями интенсификации

процесса сушки являются применение попеременной подачи высоко- и низкотемпературного агента сушки (использование осциллирующих режимов), комбинирование различных видов сушки, рециркуляция теплоносителя [8, 9].

Применение ультразвука также интенсифицирует сушку: температура снижается, обеспечивая сохранность биологически активных веществ, скорость процесса возрастает, что экономит энергию и сырье. Оборудование для ультразвуковой сушки адаптируется с традиционными сушильными установками, а в поле ультразвука и атмосфере инертного газа в 3 раза снижается удельный расход энергии по испаряемой влаге по сравнению с контактной сушкой.

К физическим методам обработки сельскохозяйственного сырья, базирующимся на температурном воздействии, относят также методы охлаждения (хранение при температуре 0-4°C) и замораживания (обработка температурой, обеспечивающей превращение в лед содержащейся в сельскохозяйственном сырье жидкости). Реализуются технологии замораживания и охлаждения с помощью различных холодильных и морозильных установок и камер [10].

Среди физических методов воздействия отрицательными температурами ресурсосберегающей и наиболее эффективной с точки зрения снижения потерь и сохранности полезных веществ является технология быстрого замораживания. Потери массы, возникающие в результате испарения (высыхания) при замораживании, составляют в обычном режиме 10%. Форсированный режим быстрой заморозки сокращает потери массы до 1,5%. Относительно дешевым и экологически чистым методом быстрого замораживания является безмашинный криогенный.

В табл. 1 приведены данные себестоимости замораживания штучных пищевых продуктов различными методами: воздушным (периодическое в туннеле и непрерывное на конвейере), контактным (в горизонтальных многоплиточных аппаратах) и криогенным (с помощью жидкого азота).

Таблица 1

Структура себестоимости различных систем замораживания, %

Вид расходов	Воздушное замораживание		Горизонтальный плиточный аппарат	Азотный морозильный аппарат
	туннель периодического действия	непрерывный конвейерный аппарат		
Постоянные затраты	37,0	34,7	39,3	3,6
Расходы на ремонт и уход за оборудованием	17,5	16,7	14,3	1,3
Эксплуатационные расходы	45,5	48,6	46,4	95,1
В том числе:				
энергия и вода	17,5	29,3	20,5	0,1
расходы на заработную плату	25,6	18,0	24,4	2,7
дополнительные расходы	2,4	1,3	1,5	0,2
расходы на азот	-	-	-	92,1

Примечание. Сопоставление различных систем замораживания приводится для установок производительностью 500-1000 кг/ч при температуре загрузки 20°C и конечной температуре -20°C. Продолжительность работы установки в смену 7 ч.

Как видно из табл. 1, основная доля затрат при криогенном замораживании приходится только на стоимость азота. Кроме жидкого азота, в данном процессе используют диоксид углерода, обладающий бактерицидными свойствами и обеспечивающий потери массы 0,3%. Подобная технология разработана во ВНИИТеК совместно с МГУПП, реализуется на азотном скороморозильном трехзонном аппарате АСТА [7].

В разделе представлены и кратко охарактеризованы основные традиционные методы обработки сельскохозяйственного сырья, основанные на физических процессах. Анализ материалов показал, что они охватывают практически все разнообразие технологических цепочек переработки сельскохозяйственного сырья и наиболее эффек-

тивные из них базируются на применении современных физических методов, таких как ионизирующее, инфракрасное и СВЧ-излучения, ультразвуковое воздействие (подробнее будут рассмотрены в следующих разделах).

1.2. Физические методы обработки сельскохозяйственного сырья, основанные на технической модернизации

Физические методы обработки сельскохозяйственного сырья постоянно совершенствуются благодаря появлению новых видов оборудования и комплектующих, которые радикально меняют схему проведения и возможности технологических процессов, или использованию новых технологий, требующих разработки и внедрения промышленных видов аппаратного оснащения.

Ярким примером первого направления являются перспективные и активно распространяющиеся *мембранные технологии*, пришедшие на смену традиционной фильтрации и радикально модернизирующие многие технологии обработки сельскохозяйственного сырья.

К основным *мембранным методам* относятся микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос.

За последние годы установки мембранного разделения стали более экономичными и доступными – табл. 2 [11].

Таблица 2

Производственно-экономические показатели мембранных технологий

Технология	Потребление воды на собственные нужды, %	Себестоимость 1 м ³ фильтрата, руб.	Капитальные затраты на 1 м ³ /ч фильтрата, тыс. руб.	Качество фильтрата
1	2	3	4	5
Осветление+механическая фильтрация	2-5	4-10	110-150	Частично осветленный. Частично умягченный

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
Ультра- фльтрация	1-3	1-3	130-160	Полностью осветленный
Нано- фльтрация	10-15	3-4	100-120	Полностью осветленный. Практически умягченный (до 90%). Частично обессоленный
Обратный осмос I (обратный осмос II)	20-25 (5)	3-4 (1-2)	100-120 (80-100)	Полностью осветленный. Полностью умягченный. Обессоленная до 2-20 (1-1,5) мкСм/см
Электро- деионизация	0,2	1	120-150	Полностью осветленный. Полностью умягченный. Обессоленный до 0,05 мкСм/см
Ионный об- мен	3-8	10-20	240-300	Полностью осветленный. Полностью умягченный. Обессоленный до 0,1 мкСм/см

Эффективность использования мембранных методов наглядно демонстрируется примерами переработки первичных и вторичных молочных ресурсов, а также стоков молочных предприятий. Мембранные процессы протекают без энергоемких фазовых превращений и характеризуются низкими температурными режимами обработки (10-15°C). Они интенсифицируют производство и обеспечивают снижение себестоимости продукции за счет ресурсосбережения (табл. 3) [12].

Мембранные процессы способствуют ресурсосбережению и повышению эффективности производства сыра, творога, масла, переработки сыворотки, обеспечивая использование всех компонентов молока. С их помощью реализуются принципы комплексной переработки молочного сырья, что является актуальной проблемой для отечественных предприятий [13].

Таблица 3

**Виды мембранных технологий и преимущества
их использования в переработке молочного сырья**

Процесс	Область применения	Основные преимущества
Электродиализ (ЭД) (электрохимический процесс, позволяющий выделять минеральные вещества из исходного раствора посредством перемещения диссоциированных ионов через ионселективные мембраны)	Деминерализация подсырной, творожной и казеиновой сыворотки от 50 до 90%, УФ-пермеата, обезжиренного молока, лактулозного сиропа. Используется при производстве сухой деминерализованной молочной сыворотки, питьевого молока, кисломолочных продуктов, творожных изделий, продуктов типа «сгущенного молока», мороженого	Глубокая (до 96%) деминерализация молочной сыворотки; снижение кислотности сыворотки до 16-20°Т безреагентным способом; получение продуктов с высокой биологической ценностью и потребительскими свойствами; повышение эффективности молочного производства за счёт высвобождения части сырого молока и использование его на увеличение и расширение ассортимента готовых молочных продуктов; минимизация сброса стоков молочных производств в экосистему. Увеличивается выход продукта при производстве лактозы
Микрофильтрация (МФ) (размер частиц в диапазоне 0,05-10 мкм (бактерии, жировые шарики молока и крупные мицеллы казеина))	Холодная пастеризация молока – 99,5%; регенерация и санация сырного рассола; фракционирование компонентов молока; стандартизация казеина в молоке для производства сыров; концентраты казеина; удаление молочного жира; сухое молоко и сухая сыворотка	Мембраны с порами размером 0,2 мкм удаляют 99,9% жировых частиц, 1,4 мкм – 90-98% жира; содержание бактерий в молоке, профильтрованном через мембраны, размер пор которых составляет 1,4 мкм, снижается на два порядка без заметной задержки протеинов. При микрофильтрации сыворотки удаляются бактерии фосфолипиды и казеин, что позволяет получить сывороточно-протеиновый концентрат более

Продолжение табл. 3

Процесс	Область применения	Основные преимущества
		высокого качества и повысить скорость потока при последующей ультрафильтрации
<p>Ультрафильтрация (УФ) (размер частиц в диапазоне 0,001-0,05 мкм или 5000-500000 дальтон (казеин и сывороточные белки)</p>	<p>Концентрирование молочных и сывороточных белков; производство сыра; стандартизация молока по белку и казеину, питьевого молока; декальцинирование; снижение количества лактозы при производстве низколактозного молока; получение новых продуктов из сыворотки на основе концентратов с высоким содержанием сывороточных белков</p>	<p>Увеличивает массовую долю сухих веществ в среднем с 12,5 до 16% и позволяет удвоить производительность последующих стадий; повышает выход сыра; содействует сокращению расхода молокосвертывающего фермента (до 60%) и бактериальной закваски, времени созревания сыра и продолжительности технологического процесса, автоматизации процессов производства и контроля. Способствует получению белковых концентратов с содержанием белка 30-95%. В ходе концентрирования происходит также отделение раствора лактозы и солей</p>
<p>Нанофильтрация (НФ) (размер частиц в диапазоне 0,0005-0,001 мкм или 400-1000 дальтон)</p>	<p>Концентрирование сыворотки и пермеата; получение лактозы; частичная деминерализация сладкой и кислой сыворотки, концентрата сывороточных белков, молока, пермеата после ультрафильтрации; частично деминерализованная сыворотка; сухая деминерализованная сыворотка; восстановление моющих веществ</p>	<p>Стоимость энергоносителей в 1,2-1,3 раза меньше, чем при концентрировании методом обратного осмоса, и в 5-7 раз, чем при концентрировании соответствующего количества сырья методом вакуум-выпаривания. Способствует интенсификации и снижению энергопотребления дальнейших технологических операций (электродиализ, вакуумное выпаривание, кристаллизация, сушка)</p>

Процесс	Область применения	Основные преимущества
Обратный осмос (ОО) (размер частиц менее 0,0005 мкм или молекулярным весом меньше 400 дальтон)	Предварительное концентрирование молока и молочной сыворотки; производство сгущенного молока, сухой сыворотки, сухой деминерализованной сыворотки, сывороточных концентратов; обработка воды и пермеата; контроль содержания сточных вод	Концентрирование сырья до массовой доли сухих веществ порядка 18-20%. Снижение объемов сырья с целью экономии транспортных затрат, безотходная переработка сухих веществ молока, вторичное использование воды

Примечание. МФ, УФ и НФ можно отнести к процессам, протекающим при относительно низком давлении (менее 12 кгс/см²), при ОО необходимо давление около 20 кгс/см² и более.

Представленные данные подтверждают, что разработка и использование мембранных технологий относятся к перспективному направлению экономики России, дальнейшее развитие которого позволит устранить импортозависимость в водоподготовке для удовлетворения потребностей пищевой промышленности, шире внедрять технологии глубокой переработки вторичного сельскохозяйственного сырья (молочных продуктов, спиртовой барды, соковых выжимок и др.), эффективно решать экологические задачи.

Инновационным применением воздействия на сырье отрицательных температур является технология разделительного вымораживания, опробованная на молочной сыворотке.

Способ криоконцентрирования до недавнего времени не мог конкурировать с выпариванием из-за сравнительно больших (до 20%) потерь сухих веществ со льдом и высокой стоимости оборудования. Научные разработки усовершенствовали технологию разделительного вымораживания и снизили потери сухих веществ со льдом до 1% и ниже, в том числе из-за создания ряда высокоэффективных аппаратов для криоконцентрирования.

Лабораторное исследование по внедрению подобной технологии проводилось на криоконцентрате емкостного типа, разработанном

на кафедре теплохладотехники Кемеровского государственного университета. Полученный образец концентрата сывороточных белков по содержанию сухих веществ (20,19%) и белка (12,8%) соответствовал стандартному альбумину с содержанием сухих веществ 20%. Специалистами подтверждена перспективность криоконцентрирования и обоснована необходимость дальнейших исследований для проектирования установки поточного типа [14].

Примеры применения новых видов оборудования, обеспечивающего использование физических методов, показали их реальные возможности в модернизации и интенсификации процессов обработки сельскохозяйственного сырья. Использование нанофльтрации в технологиях концентрирования обеспечивает в 1,2-1,3 раза меньшую стоимость энергоносителей, чем при концентрировании методом обратного осмоса, и в 5-7 раз, чем при концентрировании соответствующего количества сырья методом вакуум-выпаривания. При криоконцентрировании достигнут минимальный (до 1%) уровень потерь сухих веществ со льдом.

В следующих разделах будут представлены физические методы, основанные на привлечении новых технологий, пока широко не используемых в переработке сельскохозяйственного сырья.

2. ВИДЫ СОВРЕМЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

2.1. Акустические методы

Данные методы в обработке сельскохозяйственного сырья наиболее широко представлены ультразвуковой обработкой.

Обработка ультразвуком. В ультразвуковой диапазон входят частоты от 20 тыс. и выше. По физическим свойствам ультразвуковые волны являются упругими, обладают специфическими особенностями, такими как *малая длина волны*, что провоцирует лучевой характер перемещения ультразвуковых колебаний (УЗ); *малый период колебаний*, благодаря чему появляется возможность использования ультразвуковых колебаний в виде импульсов.

Для создания ультразвуковых колебаний применяются механические (энергия жидкости или газа, свистки, сирены) и электро-механические (ультразвуковая энергия создается из электрической, используя принцип пьезоэлектрического и магнитострикционного эффектов) способы.

В ультразвуковой обработке сельскохозяйственного сырья часто используется эффект кавитации (очистка, дегазация жидкостей, диспергирование, получение аэрозолей, стерилизация) [15]. Летальное действие УЗ начинает проявляться при интенсивности 0,5-1,0 Вт/см² и частоте колебаний порядка десятков килогерц.

Посредством ультразвука переносится значительное количество энергии – от нескольких до десятков ватт на 1 см² излучающей поверхности; бактерии под его воздействием утрачивают вирулентность и погибают; ультразвук интенсифицирует процессы мойки фруктов, отмывания частиц крахмала, изготовления шоколада, разделения жидких неоднородных систем, сокоотделения, сушки.

УЗ-колебания обеспечивают более быстрое и глубокое по сравнению с другими методами понижение концентрации растворенного в жидкости газа. УЗ-дегазация жидких сред применяется для выделения газов из молока, напитков, шоколада, растительного масла, крахмальных и желатиновых эмульсий и др.

В табл. 4 обобщены и отобраны научно обоснованные профильными вузами и НИИ возможности использования ультразвука в технологиях обработки сельскохозяйственного сырья [16-55].

Таблица 4

**Технологии с использованием воздействия ультразвука
для обработки сельскохозяйственного сырья**

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
<i>Переработка растительного сырья</i>	
Обработка свежавыжатых соков, Университет ИТМО	Прибор серии «Волна» мод. УЗТА-0,2/22-ОМ. Интенсивность обработки 75 Вт в течение 3 мин до температуры в продукте 60°C. Позволяет в разы увеличить срок хранения продукта (апельсинового сока – в 2 раза), избежать потерь полезных свойств, многократно повысить эффективность пастеризации
Интенсификация процесса производства густого экстракта плодов расторопши пятнистой, Белгородский государственный университет	Обработка измельченных плодов расторопши пятнистой ультразвуком на стадии намачивания частотой 20 кГц в течение 5 мин в 2 раза повышает выход флаволиганового комплекса
Экстракция растительного сырья, Бийский технологический институт – филиал Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова	Аппарат УТА-1000 с частотой воздействия 22 кГц. Оптимальные режимы УЗ-воздействия для голубики и шиповника: мощность 80 Вт, продолжительность 5 мин, для душицы обыкновенной и шалфея лекарственного – 60 Вт и 3 мин соответственно. Позволяет увеличить общий выход экстрактивных веществ на 6,2-15,8% по сравнению с контролем, интенсифицировать процесс экстракции в 3 раза.
Интенсификация процессов экстрагирования, Донецкий УЭТ имени М. Туган-Барановского	Комбинирование высокого давления с ультразвуковой обработкой. Позволяет увеличить выход целевых компонентов по сравнению с экстрагированием Сокслета на 38%
Технологии экстрагирования растительного сырья, НПП «Александра-Плюс»	Ультразвуковая обработка ускоряет процесс экстрагирования сырья в 2-4 раза. Сокращает сроки проведения экстрагирования: для рябины – с 28 до 8 суток, трав – с 12 до 6, кофе – с 10 до 3 суток

Продолжение табл. 4

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Интенсификация экстрагирования, Воронежский ГУИТ	По сравнению с контролем расход исходного сырья сокращается на 15%, интенсивность цвета усиливается на 40, содержание витамина С повышается на 35%
Технология получения соков, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова	Температура от -2 до +2°С. Продолжительность 20-40 мин с последующей выдержкой на холоде в течение двух-трех суток. Сокоотдача винограда увеличивается с 66 до 71% после первого прессования и с 74 до 79% после второго. Интенсифицируется процесс выпадения винного камня, что обеспечивает удаление необходимого его количества
Технология изготовления кваса, Университет ИТМО, техникум пищевой промышленности, Санкт-Петербургский ГЭУ	Установка «Волна-М» УЗТА-1/22-ОМ, ультразвук 60 и 90 Вт. Микрофльтрация с использованием дозируемого ультразвука. Предусмотрена возможность замены дорогостоящего оборудования, применяемого для варки колеровочного сахарного сиропа. Ускорение процесса получения квасов брожения в 2 раза, холодная стерилизация кваса с повышением его показателей качества
Интенсификации процессов мембранного осветления яблочного сока прямого отжима, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва	Ультразвуковая обработка частотой 22 кГц с интенсивностью излучения до 30 Вт/см ² . Рост скорости фильтрации пропорционален снижению вязкости, что в отличие от метода с использованием ферментации достигается сразу по окончании ультразвуковой обработки
Технология извлечения связанного крахмала из измельченного картофеля, ВНИИ крахмалопродуктов	Устройство серии GENERUS. Продолжительность 18-20 мин при резонансной частоте 18,28 кГц. Позволяет дополнительно извлечь 0,8-0,9% крахмала, содержащегося в пульпе
Технология производства хлебобулочных изделий в полевых условиях, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева	Использование электропечи с ультразвуком в импульсном режиме, генерируемым устройством для ультразвуковой обработки жидких сред УУЗОЖС-1, и ультразвуковой магнитоэстрикционной обработки муки УМОМ-1. Расход удельной тепловой энергии на единицу готового продукта уменьшается на 15-18%, сохраняются ароматические вещества и витамины, сокращается

Продолжение табл. 4

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
	время тепловой обработки, снижается температура выпечки на 70-100°С, упека, усушки, увеличивается срок хранения готовых изделий
Технология ультразвуковой обработки растительного сырья в производстве ликероводочных изделий, ВНИИПБ	Ультразвуковая обработка в течение 15-30 мин. Обеспечивает сокращение сроков настаивания в 3-10 раз в зависимости от вида сырья
Технология интенсификации разваривания пюре, Ставропольский ГАУ	Частота 22 кГц, интенсивность 1,0 Вт/см ² , температура 80-100°С, продолжительность 10-60 мин. Время прохождения разваренной массы сократилось в 3 раза по сравнению с контролем
Обработка отрубей пшеницы, Оренбургский государственный университет	Частота 20-44 кГц, продолжительность от 30 до 240 с, температура 30-70°С на установке Hielsher UIP 1000 hdT. Позволяет разрушить стенки растительной клетки, снизить содержание клетчатки, устранить микробиологическую контаминацию пищевых волокон. Содержание водорастворимого белка возрастает на 0,4 мг/мл
Извлечение комплекса пигментов, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого	Режим 40 кГц при 50°С в течение 30 мин, сырье – микроводоросли <i>C. sorokiniana</i> . Позволяет достигать выхода суммы пигментов около 35 мг/г при содержании суммы каротиноидов в полученном пигментном комплексе до 6,1±0,4 мг/г в пересчете на воздушно-сухую биомассу
Технология обезгорчивания зерна бобовых, ООО «Люпин-продукт», Брянский филиал «РЭУ им. Г.В. Плеханова» (г. Брянск)	Замачивание в молочной сыворотке при температуре 40-50°С, двухстадийная ферментация при воздействии ультразвуком в течение 3-4 ч с удалением оболочки и измельчением до частиц размером 10-150 мкм. Позволяет снизить общие энергозатраты по содержанию изолейцина, лейцина, лизина, фенилаланина+тирозина – до 20% выше аналогичных в составе идеального белка

Продолжение табл. 4

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология модификации штамма микроорганизмов, ВНИИ пивоваренной безалкогольной и винодельческой промышленности	Низкоинтенсивная акустическая обработка штамма термофильного молочнокислого стрептококка <i>Str. Thermophilus</i> СТ-95 с высокой β-галактозидазной активностью. По сравнению с типовыми заквасками, содержащими неселекционированный штамм, позволяет почти в 4 раза уменьшить количество лактозы
<i>Переработка животного сырья</i>	
Обработка молока, Белорусский ГАТУ	Мощность до 150 Вт. Совместная ультразвуковая и тепловая обработка, повышение давления, сокращение времени обработки молока в 2 раза, усиление инактивации бактерий в молоке
Акустическая обработка низкой мощности мясного сырья, МГУПП	Обработка ультразвуком. Получение сочной и нежной консистенции, снижение ПНС мяса индейки на 8 кПА, увеличение на 18% по сравнению с контрольным образцом выхода готового продукта, усиление действия ферментов
Технология приготовления хлебопекарного теста	Обработка ультразвуком воды с использованием кавитации. Структуризация белков клейковины, воздействие на удержание влаги в микроструктуре. Повышение удельного объема и эластичности хлеба, замедление очерствения и уменьшение количества хлебопекарных улучшителей
Эмульгирование молока ультразвуковой обработкой, Алтайский ГТУ	Температура 55-70°C, обработка ультразвуком. Образуется более 80% от общего числа жировых шариков размером менее 2 мкм, на 1/3 повышается питательная ценность при одновременной пастеризации молока
Обработка сычужного фермента	Обработка ультразвуком. Повышается активность порошка сычужного фермента на 1570 тыс. ед. Бóльший выход фермента (на 35%), чем в контрольной партии
Обработка мяса, полученного из сухожильного мускула крупного рогатого скота	Куски мяса погружаются в емкость с 5%-ным рассолом, происходит воздействие ультразвуком. Исключение термического воздействия улучшает вкусовые качества готового продукта.
Извлечение жира из мягкого сырья	Выход жира составляет 60-75%, костного жира – до 15%

Продолжение табл. 4

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология предварительного посола рыбы, Керченский государственный морской технологический университет	Частота 30 кГц, амплитуда колебаний 70, 10-60 м, длительность до 20 мин, массовое соотношение рыбы и раствора NaCl 1:2. Интенсифицирует процесс посола на 28-42%. Сельдь приобретает 12-16%-ную соленость, продолжительность посола сокращается на 31-36%, что меньше, чем при конвекционном посоле
Обработка поверхностной микрофлоры мясных полуфабрикатов, Университет ИТМО	Мощность воздействия 350 Вт с экспозицией 2 мин. Не вызывает денатурационные изменения белков мышечной ткани. Позволяет получить наименьшую поверхностную обсемененность
Снижение бактериальной обсемененности молока, Рязанский ГАТУ	Продолжительность 5 мин, частота 20 кГц и выше, интенсивность более 0,5 Вт/см способствует снижению патогенной микрофлоры. Кислотность не повышается в течение нескольких часов
Стерилизация питьевой воды	Концентрации антисептиков и консервантов в сочетании с УЗ-обработкой может быть уменьшена в десятки раз
Интенсификация процесса восстановления сухого молочного продукта, Южно-Уральский государственный университет	Аппарат серии «Волна М» (мод. УЗТА-04/22-ОМ), мощность 120 Вт, продолжительность 1-3 мин. Отмечаются интенсификация процесса восстановления (индекс растворимости снижается в среднем на 37,5-75%), увеличение массовых долей белка (на 3,3-4,8%) и лактозы (на 0,9-6,5% в зависимости от условий ультразвуковой обработки)
Технология высокочастотной акустической кавитации молока, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ВНИИМП	Частота 45 кГц, прибор погружного типа импульсного воздействия УЗО «Активатор-150». Количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП) снизилось почти на 40%

Анализ данных табл. 4 показал, что все отобранные технологии отличаются эффективными характеристиками. Наиболее широко ультразвуковая обработка используется в технологиях интенсификации процессов экстракции, таких, например, как разработанные в Воронежском ГУИТ, обеспечивающие сокращение расхода исходно-

го сырья на 15%, повышение содержания витамина С на 35% и уничтожение микроорганизмов, как высокочастотная акустическая кавитация молока (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и ВНИИМП), позволяющая снизить количество бактерий группы кишечной палочки почти на 40%.

На практике представленные в табл. 4 ультразвуковые технологии реализуются с помощью различных устройств: чаще всего применяется прибор серии «Волна» мод. УЗТА-0,2/22-ОМ. Эксплуатируются также прибор погружного типа импульсного воздействия УЗО «Активатор-150», установка «Hielsher UIP 1000 hdT», аппараты МАГ-50 и УТА-1000; устройства для ультразвуковой обработки жидких сред УУЗОЖС-1 и ультразвуковой магнитострикционной обработки муки УМОМ-1. Примером промышленного ультразвукового оборудования могут служить экстракторы, выпускаемые НПП «Александра плюс» (рис. 2).



HO-538, 50 л

HO-318, 43 л

HO-299, 250 л

HO-242, 590 л

HO-58, 2,05 м³

Рис. 2. Промышленные экстракторы

(материалы сайта http://alexplus.ru/%D0%A3%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D1%8D%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B.html)

Практический интерес представляет технология акустической заморозки специалистов МГУ технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ООО «Акустическая заморозка», инновационной компании «Академия-Т», ВНИИ МП Acoustic Extra Freezing (AEF). Это современная технология замораживания продуктов пита-

ния при совместном воздействии низких температур и акустических волн. Основана она на разработках отечественных ученых в области нанокристаллизации льда при долговременном хранении продуктов.

Суть технологии АЕФ заключается в действии акустических волн, которые создают внутри клеточной структуры и в межклеточном пространстве микроскопические, многократно меньше размера клеток, ледяные кристаллы. Акустические волны не позволяют расти кристаллам льда и разрывать клетки при замораживании. Быстрое снижение температуры и краткий цикл формирования льда улучшают качество продукта. Система АЕФ базируется на новейших микропроцессорных технологиях и исследованиях в области криобиологии и кристаллографии. Исследования по возможности использования акустической заморозки в основном относятся к области замораживания фруктов, овощей, рыбы, мяса и полуфабрикатов из них, заквасок с бифидо- или лактобактериями и пребиотиками лактулозой или ФОС [56, 57].

Исследованиями отмечается положительное воздействие акустической обработки на семена [58].

Все представленные технологии подтверждают положительное влияние акустической обработки, которая обеспечивает интенсификацию процессов, улучшение качества продуктов, снижение энергозатрат. Для дальнейшего развития акустических технологий и их широкого применения в переработке сельскохозяйственного сырья требуются детальная характеристика протекания соответствующих процессов, разработка технологических регламентов для производства, внедрение эффективного промышленного оборудования.

2.2. Вибрационное воздействие

Эффективным физическим методом интенсификации переработки сельскохозяйственного сырья является вибрационное воздействие. Данный механический процесс способен усовершенствовать такие технологии обработки сельскохозяйственного сырья, как

транспортирование и дозирование, разделение, измельчение, резание, смешивание, уплотнение, центрифугирование, фильтрование, массообменные процессы (сушка, экстрагирование) [59].

Вибрацию часто целесообразно сочетать с другими видами механического воздействия. Большинство традиционных технологий могут осуществляться с помощью вибрационной техники, ускоряясь в десятки раз. Вибрационные машины значительно проще и эффективнее обычных, потребляют меньше энергии, вместе с интенсификацией технологических процессов улучшают качество конечной продукции (при перемешивании сыпучих материалов достигается высокая степень однородности смесей, при формовании обеспечиваются одинаковые свойства по всему объему изделия и др.).

Для реализации вибрационных технологических процессов, используемых в пищевой и перерабатывающей промышленности, необходимо специальное оборудование или комплектующие для модернизации традиционного. Структурная схема технологической вибромашины представлена на рис. 3 [60].

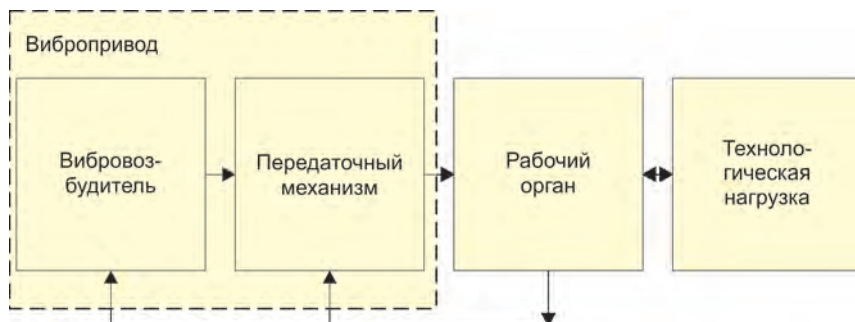


Рис. 3. Структурная схема технологической вибромашины

Направления дальнейшего развития современной вибрационной техники: повышение энергетической эффективности, производительности и качества выпускаемой продукции [61, 62].

В табл. 5 приведены примеры интенсификации технологий обработки сельскохозяйственного сырья с использованием вибрации,

более подробно преимущества данного физического метода представлены в работе [61].

Таблица 5

**Технологии переработки сельскохозяйственного сырья
с использованием вибрации [63-76]**

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Экстрагирование пектиновых веществ из свекловичного жома, Курская ГСХА	Значительно ускоряются процессы массообмена, снижается себестоимость, повышается качество готового продукта. Воздействие механических колебаний создает активный гидродинамический режим, происходит интенсивное обновление межфазной поверхности, скорость экстрагирования увеличивается в 3-10 раз, выход сухих веществ составил около 90-95%. Решаются экологические проблемы. Разработаны оборудование, методика, проведены экспериментальные исследования
Технология производства сушеной моркови, Воронежский ГУИТ	Разработана специальная линия. Позволяет интенсифицировать технологические процессы; значительно сократить продолжительность сушки (с 4,5 ч до 35-40 мин до влажности 8%); получить продукт с более высоким содержанием ценных питательных веществ; уменьшить количество отходов, а также снизить удельные энергозатраты
Инновационная технология производства экструдированных кормов с ультрадисперсными частицами, Оренбургский государственный университет	За счет эффекта вибрации и ультразвуковых колебаний каждая частица приобретает высокую подвижность и предотвращается их агломерация. По сравнению с другими устройствами заявленный роторно-вибрационный смеситель позволяет повысить эффективность смешивания высокодисперсных нановеществ и качество готовой смеси. Разработано аппаратное обеспечение
Технология модернизации транспортного оборудования зерноперерабатывающих предприятий, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева	Разработан способ возбуждения механических колебаний силовых факторов с регулируемым направлением максимального по абсолютной величине силового фактора, возбуждаемого вибровозбудителем

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология термической обработки сои, ВНИИТиН	Представлена установка для термической обработки сои, выполненная на базе вибрационного транспортера. Обеспечивает возможность экономии электроэнергии, повышения эффективности охлаждения сои
Технология смешивания в вязкой среде для комбикормового и пищевого производств, Белгородский государственный университет	Разработаны новые конструкции вибрационных смесителей, с применением которых повышаются производительность и качество продукции, снижаются удельные энергетические затраты. Вибрационные эффекты поддаются быстрому регулированию путем изменения параметров вибрации, что способствует оптимизации основных технологических режимов в соответствии с высокими требованиями, предъявляемыми к качеству смеси
Технология смешивания кормосмеси, Оренбургский государственный университет, Самарский ГУПС	Повышается эффективность процесса вибросмешивания. Используется вибрационный смеситель со стимулирующими виброактивными поверхностями. При приготовлении кормосмеси влажностью до 15% для молодняка кур степень ее однородности повышается на 1,1-1,55% по сравнению с традиционной технологией
Инновационный способ панировки рыбных тушек, Керченский государственный морской технологический университет	Основан на применении вибрационного перемещения по ступенчатой ситовой или стержневой поверхности рабочего органа. При этом отводится лишняя влага от сырья, что позволяет экономить пищевой материал для панировки, который налипают оптимальным и однородным слоем
Технология производства сметаны, Курская ГСХА	Применение вибрационных смесителей обеспечивает сокращение технологического процесса и наилучшее качество продукции

Анализ приведенных данных табл. 5 показывает, что использование физического эффекта вибрации перспективно

практически для всех технологических процессов переработки, но особенно широко он применяется при смешивании сырья, почти в 2 раза повышая его однородность (приготовление кормосмесей, Оренбургский государственный университет, Самарский ГУПС). В технологиях экстрагирования вибрация ускоряет процесс в 3-10 раз (извлечение пектиновых веществ из свекловичного жома, Курская ГСХА), сокращая продолжительность сушки с 4,5 ч до 40 мин (технология производства сушеной моркови, Воронежский ГУИТ).

2.3. Электрофизические методы обработки сельскохозяйственного сырья

К электрофизическим методам относят обработку переменным электрическим током, в электростатическом поле, электроконтактную, высокочастотную, различными видами электромагнитных излучений [77-79].

2.3.1. Обработка с использованием электростатического поля, электроконтактной обработки, токов постоянной и низкой частоты, электрофлотации

Влияние на сырье *электростатического поля* заключается в том, что ионизированный газ, перемещаясь в электрическом поле, сообщает заряд тонкодисперсным частицам вещества, в результате они начинают совершать упорядоченное направленное движение от одного электрода к другому. В табл. 6 показаны примеры эффективного воздействия электростатического поля при обработке сельскохозяйственного сырья.

Все показанные в табл. 6 направления применения электростатического поля исследованы в Саратовском ГАУ имени Н.И. Вавилова, где была доказана их эффективность [80].

Свойства электростатического поля могут сыграть положительную роль в соблюдении экологической безопасности на перерабатывающем сельскохозяйственном сырье производстве.

Современные направления применения электростатического поля высокого напряжения при обработке сельскохозяйственного сырья

Электрофоретический перенос веществ		Стерилизация, увеличение сроков хранения продуктов, дезинфекция оборудования	
электросепарирование	нанесение панировки	внесение вкусоароматических добавок	копчение
Разделение продуктов помола зерна на фракции, удаление посторонних примесей (очистка семян подсолнечника, чая, желатина и др.). Сортировка может быть выполнена по диэлектрической постоянной проводимости	В электростатическом поле мука глубоко проникает в поры продукта, что дает качественную панировку при низком расходе муки	Добавки распыляются с помощью форсунок, проходя через электростатическое поле электризуются, за счет приобретенного электропотенциала осаждаются на поверхность и диффундируют внутрь	Компоненты копотильного дыма под действием электростатических сил интенсивно осаждаются на поверхности и диффундируют внутрь
Высокое качество разделения, минимальное механическое воздействие на сырье	Глубокое проникновение в продукт, высокая адгезия, минимальные потери панировочной смеси	Возможность создания высококачественных инновационных продуктов питания	Многokrатное сокращение длительности, снижение потерь, универсальность (по режимным параметрам), повышение качества продуктов
			Отсутствие тепловой обработки и химических консервантов, простота и низкая энергоёмкость процесса

Представленное в работе Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения РАН теоретическое и экспериментальное исследование подтверждает возможность использования эффективного воздействия электростатического поля на мелкодисперсные частицы аэрозоля [81].

Методы повышения эффективности холодильной обработки, основанные на применении свойств электростатического поля, были разработаны в МГУПП. Согласно данным методам интенсифицировать тепло- и массообмен при замораживании возможно с помощью электроконвективного воздушного потока. При электрическом воздействии непосредственно на сырье отпадает необходимость промежуточной трансформации энергии, вследствие чего сокращается ее потребление. При использовании сильных электрических полей обработка сырья осуществляется сухим способом (без расхода воды), поэтому нет необходимости в очистке сточных вод [7].

Угнетающее влияние *электромагнитных полей крайне низких частот (ЭМП КНЧ)* на микроорганизмы можно применять для стерилизации различных видов сельскохозяйственного сырья. Ингибирующий эффект заключается в особенностях распределения энергии электромагнитных полей между внутриклеточной и межклеточной средой в зависимости от их диэлектрических свойств. В результате подобной обработки в процессе опытных исследований количество *Bacillus subtilis* в питательной среде снизилось на 23,1%, в дистиллированной воде – на 48,3%. Количество *Saccharomyces cerevisiae* в 10%-ном растворе сахара уменьшилось на 48,6%, в дистиллированной воде – на 78,3% [82].

С помощью *электрофлотации* можно разделить жидкие неоднородные системы. Наиболее широко она, как и электрокоагуляция, используется для очистки сточных вод перерабатывающих предприятий, есть также данные об эффективности этого метода в очистке виноградного сока и пивной барды.

Существует значительное количество организаций, занимающихся реализацией таких технологий. Примеры оборудования представлены в табл. 7 [84].

Таблица 7

Оборудование для электрофлотации

Тип установки	Назначение	Производительность, м ³ /ч	Степень очистки, %
Электрофлотатор компании «ЛВ Инжиниринг»	Очистка сточных вод	1-50	96,0-99,5
Электрофлотатор (МУОВ) – модульные установки для очистки воды РХТУ им. Д.И. Менделеева	Для очистных сооружений сточных вод промышленных предприятий	10 96,	0-98,0

Преимущество электрофлотации при сравнении с другими видами флотации заключается в генерации газовых пузырьков размером 10-200 мкм, причем на долю пузырьков размером 25-40 мкм приходится более 50%. Их поверхность обладает большой свободной поверхностной энергией, что повышает эффект очистки [85].

Электрокоагуляция основана на электролитическом растворении металлических электродов с образованием нерастворимых гидроксидов металла, которые обладают повышенной адсорбционной активностью к коллоидным и взвешенным частицам, включая радионуклиды. При ее использовании количество неубранного осадка в загрязненном объекте уменьшается почти в 10 раз [86, 87].

Представленные физические методы, по данным опытных исследований, перспективны для использования во многих технологиях обработки сельскохозяйственного сырья. Активному внедрению данных методов препятствуют недостаточно отработанные методики и научно обоснованные рекомендации их промышленного применения. Пока широко распространён и используется только метод электрофлотации для очистки сточных вод пищевых и перерабатывающих предприятий.

2.3.2. Лазерная обработка

Основная отличительная особенность лазерного излучения – когерентность. Основные физические величины, характеризующие лазерное излучение: длина волны (мкм); энергетическая освещенность (плотность мощности) ($\text{Вт}/\text{см}^2$); энергетическая экспозиция ($\text{Дж}/\text{см}^2$); длительность импульса (с); длительность воздействия (с); частота повторения импульсов (Гц).

Выделяют три направления практического применения лазеров в переработке сельскохозяйственного сырья: целенаправленное воздействие, передача и обработка информации, осуществление контроля и измерений. Технологические разработки, относящиеся к первому направлению использования лазерного излучения, представлены в табл. 8.

Таблица 8

Технологии переработки сельскохозяйственного сырья с использованием лазерного излучения [88-102]

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология обработки плодов, ВНИИ генетики и селекции плодовых растений им. И.В. Мичурина, ВНИИС им. И.В. Мичурина	Низкоинтенсивное высококогерентное облучение гелий-неоновыми лазерами, генерирующими в красной зоне спектра, мощность в диапазоне 0,1-1,0 $\text{Вт}/\text{м}^2$, длительность облучения 20-25 с, мощность 50 мВт. Целесообразно совмещать с приемом сортировки. Длина волны 890 нм, время облучения 10 с, плотность потока излучения 0,25 $\text{Вт}/\text{м}^2$ реализуется с помощью матричного облучателя МОП-15. Повышает выход кондиционной продукции на 12-17%. В зависимости от состояния плодов или ягод улучшается их сохранность за счет снижения потерь в 1,5-4 раза в послеуборочный период
Технология обработки плодов перед закладкой на хранение, Мичуринский ГАУ	Инфракрасное облучение, длина волны 890 нм при модернизации линии по товарной обработке в процессе реализации плодов после их хранения. Разница в повреждении болезнями между обработанными и необработанными плодами составила 70% (на примере сорта «Антоновка обыкновенная»)

Продолжение табл. 8

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология обработки корнеплодов перед закладкой на хранение, Ижевская ГСХА	Светодиодный лазер с красным цветом излучения, длина волны 650 нм с комбинацией облучения и водного аэрозольного распыления. Значительно повышает сохранность корнеплодов без дополнительных капиталовложений в модернизацию овощехранилища
Технология обработки поверхностей мясных отрубов, МГУПБ, НИЦ ИПЛИТ РАН с участием ОАО «Шатурский мясокомбинат»	Рассеянное лазерное излучение. Лазерный комплекс, включающий в себя излучатель CO ₂ -лазер. Длина волны 10,6 мкм. Дозы от 0,2 до 6 Мрад с мощностью дозы 940-560 рад/с. Наибольшая эффективность в сочетании с упаковкой в бактерицидную пленку и понижением температуры до 0°С сразу после облучения. Сроки хранения увеличивались до 1,5-2,5 месяцев
Технология бактериальной обработки молока, МГУПП	Оптимальные дозы лазерного облучения 0,2-0,8 Мрад. Лазерное облучение в дозах 1,0-3 Мрад в сочетании с охлаждением до температуры 0-2°С. Повышает качество и увеличивает сроки хранения цельного сырого молока
Технология обработки дрожжей верхового брожения для интенсификации процессов брожения, МГУПП ООО «Русскарт», ООО «Хопган», ВНИИПБиВП	Лазерное воздействие в инфракрасном диапазоне в течение 2 мин на сырье в процессе сбраживания пивного сусле. Благоприятно воздействуют на физиологическое состояние дрожжевой клетки, уменьшая количество мертвых клеток и стимулируя процессы размножения дрожжей и брожения
Технология лазерной обработки винных материалов, Кубанский ГТУ	Выдержка в контакте с дубовой клепкой и опилками, обработанными лазерным излучением, ускоряет созревание коньячного спирта, экстракции ценных компонентов из древесины дуба, в том числе фенольных, ароматических веществ и лигнина, значительно сокращает время подготовки древесины (клепки). Разработка внедрена в ЗАО «Прасковейское»
Воздействие на качественные показатели сока, Мичуринский ГАУ	Длина волны 890 нм. Полупроводниковый инжекторный импульсный излучатель типа ЛПИ-101. Экспозиция облучения 8-10 с мощностью 0,25 Вт/см ² увеличивает содержание сахаров на 6,7%

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология осветления плодово-ягодных соков, Дагестанский ГТУ	Двухлучевой газовый лазер типа ЛГ-209, работающий в непрерывном режиме с длиной волны излучения 630 нм. Суммарная мощность излучения обоих пучков 1 мВт. Достигаются необходимые показатели осветления за более короткое время

Анализ данных табл. 8 показывает, что обработка лазерным излучением сельскохозяйственного сырья наиболее часто применяется для уничтожения патогенной микрофлоры, лазерное воздействие способно также повысить качественные показатели обрабатываемого сырья (сок, пивное сусло), ускорить технологические процессы (коньячный спирт).

Для реализации технологий обработки лазерным излучением в ООО «НПФ «Биолазер» (г. Краснодар) разработана лазерная установка ЛУ-2. В ООО «НИИ Агролазер» разрабатывается специализированное оборудование. Опытная партия установок ЛОС выпущена ВНИИ генетики и селекции плодовых растений им. И.В. Мичурина и НИИ садоводства им. И.В. Мичурина, более 20 из которых внедрены в хозяйствах Тамбовской, Липецкой и Саратовской областей [19, 104].

Разделка относится к самым трудоемким операциям первичной переработки мяса. По данным исследований МГУПП, одним из перспективных направлений является применение лазерного режущего инструмента. Оптимальные режимы лазерной резки: для мышечной ткани скорость 0,5 м/мин, давление 5 бар, для жировой – 3 м/мин и 5 бар, для костной – 4 м/мин и 10 бар.

Кроме положительного воздействия на технологии обработки сельскохозяйственного сырья, лазерная предпосевная обработка семян может значительно повысить всхожесть и урожайность растений. Исследования показывают, что наиболее эффективным при облучении семян является лазерное излучение импульсного режима с длиной волны 400-700 нм мощностью 10^5 - 10^8 Вт 50-100 импульсов в пачке. Более подробно данные эффекты описаны в работе [105].

Следует упомянуть еще одно направление практического использования лазерного излучения. Лазеры позволяют применять дистанционное управление процессом, дают высокую точность измерений экспериментальных данных, независимость последних от параметров окружающей среды в методической и научной работе, лабораторных исследованиях, при контроле качества сельскохозяйственного сырья [106].

Существуют разработки в области использования лазерного излучения в технологиях анализа сельскохозяйственного сырья, которые могут применяться для определения тяжелых металлов. Примером использования лазера при сортировке является оптоволоконный лазерный сортировщик. Сканирующие лазерные сортировщики представлены также ООО «Технологический инжиниринг» и др. [5, 107, 108].

Лазерное излучение используется в маркировке сельскохозяйственного сырья, которую практически невозможно подвергнуть химическому или механическому воздействию, защищая от фальсификации [109].

Лазеры широко применяются как датчики и регуляторы на технологических линиях, используются при производстве этикеток, контроле и анализе показателей в процессе пищевого производства, например, в системах лазерной флуоресцентной микроскопии для экспресс-диагностики бактериальной обсемененности сыра, сортировки плодов и ягод, оценки их качества [110-114].

Анализ имеющихся публикаций исследований свидетельствует об эффективности применения лазерного излучения.

2.3.3. Плазменная обработка

Плазма – это частично или полностью ионизированный газ, который содержит свободные электроны, положительные и отрицательные ионы, может состоять из различных заряженных и нейтральных частиц. Суммарный заряд в любом малом объеме плазмы равен нулю, что отличает данный вид агрегатного состояния от электронных и ионных пучков и называется квазинейтральностью.

Плазма характеризуется степенью ионизации, которая определяется зависимостью отношения количества заряженных частиц в ее объеме к полному количеству составляющих ее частиц. Она бывает также высокотемпературной и низкотемпературной (газоразрядной) [115].

В последние годы большое внимание уделяется возможному использованию таких характеристик плазмы для решения задач, возникающих в сельскохозяйственном производстве. В Ивановской ГСХА экспериментально исследовано влияние активированной плазмы воды (АПВ) на картофель. АПВ содержит активные частицы, которые проникают сквозь клеточную мембрану и активизируют клеточные процессы, влияя на начальные этапы развития растений. В результате повышаются урожайность картофеля (на 29%), содержание общих сахаров и массы сухого остатка корнеплодов [116].

В Казанском НИТУ и научно-внедренческой фирме «Ренарисорб» проводились опытные исследования по обработке семян кукурузы, подсолнечника, огурцов, моркови, бахчевых на высокочастотной емкостной плазменной установке (мощность разряда 0,1-1,5 кВт, давление в вакуумной камере 26,6 Па, время обработки 30-300 с, расход плазмообразующего газа (50% Ar/50% N₂) 0,04 г/с). Затем семена проращивались в оптимальных условиях в специальной камере (влажность 96-98%, температура 22-25°C).

В результате проращивания и лабораторная всхожесть семян увеличивались по отношению к контрольным образцам на 4-10%, оценка проростков по балльной системе была выше на 8-18%, чем у контрольных [117].

В Казанском НИТУ совместно с Казанским федеральным университетом по результатам оптимизации четырех основных параметров процесса экстрагирования сырья чаги (сухого остатка, выхода меланина, антиоксидантной активности как экстракта, так и меланина чаги) в зависимости от выбранного плазмообразующего газа (аргон, воздух или азот) были рассчитаны оптимальные режимы высокочастотной емкостно-плазменной обработки (ВЧЕ),

позволившие получить экстракты и меланины гриба чаги с улучшенными физико-химическими и антиоксидантными характеристиками [118].

Перспективны плазменные технологии в предварительной обработке хлопкового и льняного сырья. Предлагается воздействие на хлопковое волокно ВЧЕ плазмой пониженного давления воздуха. Полученные результаты позволяют прогнозировать состояние поверхности волокон, составляющих текстильные материалы, в зависимости от параметров ВЧЕ-плазменной обработки и оптимизировать режимы для получения различных технологических эффектов [119, 120]. Обобщение проведенных исследований дает основание предположить, что плазменная обработка изменяет поверхность кутикулы и парафинового слоя, разрыхляя ее, что способствует увеличению сорбции рабочих растворов волокном и волокнисто-пористым материалом в целом [118, 121].

Для реализации технологий с использованием низкотемпературной плазменной обработки во ВНИИРАЭ разработаны надежные, недорогие и высокоэффективные СВЧ-генераторы для питания плазмотронов [122].

Все исследования показали эффективность данных физических методов, но научные опыты в основном были лабораторными. Для широкого промышленного внедрения плазменной обработки требуются разработка методик и рекомендаций для промышленного использования, разработка и выпуск серийного оборудования.

2.3.4. Обработка СВЧ-излучением

Достаточно широкое применение в технологиях обработки сельскохозяйственного сырья нашло сверхвысокочастотное излучение (СВЧ), которое создается электромагнитным излучением в диапазоне частот от 300 МГц до 3 ГГц. Для промышленных целей используют частоты 915 МГц и 2,45 ГГц. Микроволновая обработка сельскохозяйственного сырья применяется для сушки, нагрева, бланширования, варки, пастеризации, стерилизации.

Преимущества, которые способны обеспечить технологии микроволновой обработки сырья растительного и животного происхождения, опираются на свойства, характеризующие взаимодействие микроволнового излучения с диэлектрическими объектами: объемный и селективный характер выделения энергии. Эта особенность обеспечивает высокую конечную однородность объектов обработки. Микроволновая обработка характеризуется высокой скоростью нагрева, меньшим временем обработки, что позволяет сохранить до 96-98% полезных веществ и витаминов в сырье [6].

В табл. 9 представлены технологии обработки сельскохозяйственного сырья с применением СВЧ-излучения [123-130].

Таблица 9

СВЧ-технологии для обработки сельскохозяйственного сырья

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология комбинированной сушки зерна, ВНИПТИМЭСХ	Используется диэлектрический нагрев, выполняемый циклом: конвективный нагрев зерна до 50°C, затем кратковременная его СВЧ-обработка до 60°C. Удельный расход энергии на сушку зерна по сравнению с традиционной конвективной сокращается в 1,3 раза
Экстрагирование компонентов древесины дуба, Воронежский ГУИТ	Интенсивность извлечения целевых компонентов из древесины при ультразвуковом воздействии возрастет в 20-25 раз, режимы: продолжительность 21 мин, частота излучателя 22-24 кГц
Технология комбинированной сушки листьев табака, ВНИИ табака, махорки и табачных изделий	Высококачественная энергия расходуется в основном на нагрев материала и создание температурного градиента. Досушка листьев конвективным способом позволяет сократить ее продолжительность в естественных и искусственных условиях в 4 и 12 раз соответственно
Обеззараживание семян, Красноярский ГАУ	Концентрация фитопатогенной микрофлоры снижается при сочетании следующих режимов: Руд = 509 Вт/дм ³ , 90 с при температуре нагрева семян 31,25°C; Руд = 1529 Вт/дм ³ , 60 с при температуре нагрева семян 42,5°C. Разработана установка для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология экстракции плодов шиповника, Кемеровский ТИПП	Обработка СВЧ повышает содержание биологически активных веществ витамина С на 19,7 мг/100 г, каротиноидов – на 4, биофлавоноидов – на 7, редуцирующих сахаров – на 3,9 мг/100 г
Технология воздействия СВЧ-обработки на нативный крахмал, Кемеровский ТИПП	Воздействие излучением со следующими параметрами: мощность 800 Вт частотой 2,45 Гц, продолжительность 1-1,5 мин приводит к изменениям в структуре крахмала, способствующей повышению его сорбционной активности
Технологии производства алкогольных напитков, Дагестанский ГТУ им. М.М. Джамбулатова	При экстрагировании количество выделенных веществ на 10-15% больше, чем из необработанных плодов
Технология обработки сока ЭМП СВЧ, Дагестанский ГТУ им. М.М. Джамбулатова	Повышает выход сока на 10%. Для реализации технологии разработано специальное устройство
Технологии производства наливки функционального назначения, технология дефростации плодов, Дагестанский ГАУ им. М.М. Джамбулатова	Позволяет значительно сократить время настаивания сырья. Выход компонентов из экстракта плодов под влиянием СВЧ-обработки (мощность 0,5 мВт/см ² частотой 1660 МГц) по сравнению с контрольным вариантом увеличивает содержание сахаров в среднем на 17,5%, титруемых кислот – на 11,6%, фенольных веществ – на 28,5, витамина С – на 14,3, витамина Р – на 9%. При обработке плодов в течение 3-4 мин СВЧ-энергией частотой 2450 МГц и мощностью 180 Вт улучшается качество готового продукта
Технологии для сушки, жарки дефростации, пластификации улучшения микробиологических показателей сушеной продукции, ПК «Ингредиент»	Использование испаренного тепла позволяет повысить производительность, безотходность – на 20%, полностью уничтожить микрофлору, обеспечить сохранность полезных веществ до 92-98%. Разработаны специальные микроволновые установки, которые эксплуатируются на предприятиях пищевой промышленности и в фермерских хозяйствах
Способ обеззараживания сушеных пищевых продуктов, Иванов В. А. Патент РФ 2551093. 2015	Совмещение воздействия СВЧ-поля частотой 2450 МГц и последующего вакуумирования в герметичной рабочей камере обеспечивают достижение показателей деkontаминации, составляющих от 1 до 2,5 порядка

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология стерилизации сухофруктов (изюм, курага, чернослив), Чугленок Н.В., Юсупова Г.Г., Чугленок Г.И., Толмачева Т.А., Чугленок В.Н. Патент РФ 2248128. 2005.	Одностадийная обработка в электромагнитном СВЧ-поле частотой 2450 МГц при удельной мощности 450 Вт/дм ³ в течение 58-60 с до конечной температуры продукта 75-80°C эффективна против грибов рода <i>Penicillium</i> , <i>Mucor</i> и <i>Fusarium</i>
Метод обеззараживания в СВЧ-поле продуктов и материалов с низкой теплопроводностью, сухих и сыпучих материалов, Гуако А.Ю. Патент РФ 2599018. 2016	Эффективен для инактивации всех микроорганизмов как вегетативных, так и споровых форм. Например, при микроволновом нагреве до 110°C измельченной сухой травы – солянки холмовой (<i>Salsolacollina Pall</i>) начальной влажностью 8% анализ показал снижение мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов с 106 до 103 КОЕ/г. Плесени, дрожжи и грибы были полностью уничтожены (при первоначальной обсемененности 2·103 КОЕ/г)
Метод обеззараживания ядер грецкого ореха, семян мака и кунжута, Чугленок Н.В., Юсупова Г.Г., Чугленок Г.И., Толмачева Т.А., Чугленок В.Н. Патент РФ2312505. 2017	Обработка в СВЧ-поле частотой 2450 МГц при удельной мощности 300-600 Вт/дм ³ . Продолжительность 30-90 с до конечной температуры продукта 55-80°C. Обеспечивает повышение степени обеззараживания ядер и семян от таких микроорганизмов, как <i>Penicillium</i> , <i>Mucor</i> , <i>Fusarium</i> и <i>Alternaria</i>
Технология импульсной обработки зернового сырья с целью дезинсекции и дезинфекции, Лисов Г.В. Патент РФ 2143794. 2000	Позволяет сократить энергозатраты в десятки раз по сравнению с использованием прямого СВЧ-нагрева зерна
Способ обеззараживания зерна, Пахомов В.И., Пахомов А.И., Буханцев К.Н., Максименко В.А. Патент РФ 2496291. 2013	СВЧ-воздействие на увлажненное и прошедшее отволаживание зерно вызывает интенсивный нагрев и испарение содержащейся в нем воды, при этом погибают оставшиеся вредные микроорганизмы и плесневые грибы

Продолжение табл. 9

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Способ быстрой одно- временной стерилизации, дезинфекции и дезинсек- ции, Мелниченко А.В., Иклов В.Л., Ощепков А.Ю. Патент РФ 2677783. 2019	Кратковременное воздействие электромагнитным полем сверхвысокой частоты 2,45 ГГц в течение 2 мин при плотности потока мощности не менее 170 мВт/см ² обеспечивает уничтожение (до 99%) болезнетворных микроорганизмов при сохранении свойств пищевых продуктов
Способ обеззараживания зерна ячменя пивоварен- ного, Кретьова Ю.Л.	СВЧ-поле при скорости нагрева 0,6-0,8°С/с и экспозиции обработки 60-90 с вызывает обеззараживающий эффект практически по всем видам грибной инфекции, температура нагрева зерна при этом составляет 60-70°С

Данные табл. 9 подтверждают перспективность использования СВЧ-излучения для обработки сельскохозяйственного сырья. К основным их преимуществам, отмеченным исследователями, относятся энергосбережение, повышение производительности, сохраняемость биологически активных веществ, уничтожение микрофлоры [112, 131-137].

Применение микроволнового нагрева способствует инактивации ферментов, которые существенно влияют на текстуру, цвет, вкус и питательную ценность фруктов и овощей. Для сохранения пищевой ценности продуктов приемлемо использовать микроволновую обработку в качестве альтернативы традиционному бланшированию пищевых продуктов.

Для многих видов растительного сырья длительное воздействие микроволновой энергии наносит необратимые повреждения. Воздействие импульсами микроволнового излучения от 7 до 20 с и более решает эту проблему. Способ эффективен в отношении *E.coli*, *Salmonella sp.*, *Campylobacter sp.*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella sp.*, *Staphylococcus aureus*, дрожжей и плесеней и предназначен для обработки плодоовощной, зерновой молочной и мясной продукции. Мощность и частота им-

пульсов (в диапазоне от 1 до 300 ГГц) могут быть постоянными или переменными величинами в зависимости от цели обработки [6, 138].

Во ВНИИТеК было определено, что при использовании СВЧ-поля с частотой 915 МГц достигается более равномерный нагрев сельскохозяйственного сырья. Это связано с большей глубиной проникновения таких микроволн, по сравнению с микроволнами с частотой 2450 МГц, заявленной у многих исследователей.

Для реализации СВЧ-обработки сельскохозяйственного сырья необходимо оборудование, примеры которого представлены в табл. 10 [139].

Таблица 10

**Оборудование для реализации физических методов,
основанных на СВЧ-облучении**

Производитель	Описание оборудования
Фирма «Продукт-центр», Санкт-Петербург	Универсальная установка микроволновой вакуумной обработки материалов «Родник». Позволяет проводить вакуумную сушку, стерилизацию, высокотемпературный нагрев материалов, предпосевную обработку практически всех семян, уничтожать вредителей
ЗАО «НПП Магратеп», Москва	СВЧ-высокоинтенсивная установка тепловой обработки зерна и зерновых продуктов «Декстрин-1». Предназначена для обеззараживания, предпосевной стимуляции семян и предпомольного кондиционирования зерна
МКБ «Горизонт», г. Дзержинский	Компактные СВЧ-модули для размораживания, сушки, пастеризации и стерилизации; сушки зерна, чайного листа, табака, лекарственных трав, дезинсекции семян и почвы
Серия СВЧ-установок, ВНИИРАЭ, г. Обнинск	Предназначены для размягчения и сушки пищевых продуктов, предпосевной обработки семян, уничтожения жуков-точильщиков и противогрибковой обработки конструкций
Компания «Синергис», Санкт-Петербург	Установка микроволновой термической обработки «Поток». Предназначена для непрерывной обработки больших партий семян подсолнуха, орехов, зерновых и бобовых культур, круп, отрубей.

Производитель	Описание оборудования
	Выпускается для жарки, сушки, снижения микробиологической обсемененности, микронизации зерна и круп, высокотемпературной обработки материалов или предпосевной обработки семян
ПК «Ингредиент», Санкт-Петербург	Ряд микроволновых установок для СВЧ-обработки различных материалов

Анализ результатов исследований применения СВЧ-излучения для обработки сельскохозяйственного сырья подтверждает его эффективность.

2.3.5. Обработка инфракрасным излучением

Инфракрасное излучение (ИК) – электромагнитное излучение с длиной волны больше, чем у видимого света, простирающейся в диапазоне от номинального красного края видимого спектра (740 нм) до 300 мкм, соответствующем частоте примерно от 1 до 400 ГГц. Инфракрасное излучение испускается или поглощается молекулами, когда они совершают колебательные движения.

В технологиях обработки сельскохозяйственного сырья и готовой продукции ИК-излучение наиболее широко применяется в качестве источника тепла в процессах сушки и пастеризации (табл. 11) [140-146].

Таблица 11

ИК-технологии для обработки сельскохозяйственного сырья

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология сушки кисломолочных продуктов, РЭУ им. Г.В. Плеханова	Разработаны обобщенные модели многокритериальной оценки эффективности процесса в зависимости от основных параметров нагрева, позволяющие решить задачи оптимизации и прогнозирования качества готовой продукции, продолжительности сушки, энергозатрат и предельного напряжения сдвига

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Импульсная ИК-сушка семян, МГАУ Иститут механики и энергетики им. В.П. Горячкина	Сушку проводят в сушильной камере в переменном по времени импульсном режиме «нагрев-охлаждение», длиной волны луча 0,8-10 мкм. Постоянными при этом являются максимальная и минимальная температуры материала в процессе. Вызывает для всех семян овощных культур повышение всхожести на 11-24% (от контроля), энергии прорастания на 12-73, а для семян нетрадиционных и редких растений соответственно на 13-24 и 14-82%
Сушка растительного сырья, Саратовский ГАУ	Осуществляется путем инфракрасно-конвективного воздействия с однонаправленными влаго- и температурным напором. Позволяет сократить энергозатраты и продолжительность процесса, снизить продолжительность ИК-нагрева $t_n = 0,9-1,5$ ч, стимулирующего обдува $t_o = (0,45-0,5)$ тн, обдува нагретым воздухом $t_{no} = (0,13-0,15)$ тн
Импульсно-прерывистый метод ИК-облучения корнеплодов моркови, Иркутская ГСХА	Обеспечивает снижение уровня энергоподвода в каждом последующем цикле
Сушка табака в плотной массе, ВНИИ табака, махорки и табачных изделий	Обеспечивает получение качественного сырья с улучшенными технологическими свойствами, снижение энергетических затрат в период отлёжки табака и за счет сокращения общей продолжительности процесса сушки
Технология кондуктивно-инфракрасной сушки плодовоовощного пюре, СибНИПТИП	Экономичнее конвективной сушки по энергозатратам в 1,5-1,8 раза, при её использовании исключаются также пригорание пюре и химические добавки
Технология производства чипсов из белого мяса птицы с использованием вакуумной инфракрасной сушки, Кемеровский ТИПП	При одинаковых размерах образцов чипсов и способах подготовки сырья использование вакуумной инфракрасной сушки позволяет сократить продолжительность процесса в 3-4 раза, получить продукт с повышенным содержанием белка, степень усвоения которого на 21% выше по сравнению с продуктом горячей конвективной сушки
Предварительная ИК-обработка яблок перед сушкой, Нижегородская ГСХА	Способствует сокращению времени сушки на 0,5-1,0 ч и созданию наиболее привлекательных органолептических свойств готового продукта. Появляются карамельный привкус, более интенсивный цвет

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технологии сушки моркови с использованием инфракрасных излучателей СФ-4, Дагестанский ГТУ им. М.М. Джамбулатова	Характеризуется минимальной потерей качественных показателей: потери каротина не более 4-5%, сохранность витамина С 85%
Технология ИК пастеризации молока, Воронежский ГУИТ	Традиционный процесс теплового воздействия в течение 2-5 с при 79-84°С дополнительно усиливается инфракрасным излучением, в результате эффективность пастеризации достигает 99,9%, полностью сохраняются витамины В, С, не ухудшаются вкус и качество. Наиболее эффективно и целесообразно проводить ИК-пастеризацию молока в интервале (1,21-1,22) x 10 ⁻⁴ м ³ /с при температуре обработки 348,6-348,7 К и жирности исходного молока 2-3,1%

Анализ табл. 11 показал, что инфракрасное излучение наиболее широко применяется для сушки сельскохозяйственного сырья и очень эффективно для данного технологического процесса. К основным преимуществам инфракрасной обработки авторы исследований относят энергосбережение и сохранение биологических свойств исходного сырья, к проблемам использования – недостаточное количество промышленных установок. Недостатками эксплуатируемых устройств ИК-сушки являются высокая неравномерность теплового воздействия на облучаемую поверхность, потери теплового излучения, значительные габаритные размеры.

2.3.6. Радиационная обработка

Ионизирующие излучения – это электромагнитные излучения, которые создаются при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе и образуют при взаимодействии со средой различно заряженные ионы. Основные виды ионизирующего радиационного облучения сельскохозяйственного сырья включают в себя гамма-излучение, излучение жестких

фотонов, тормозное рентгеновское и электронно-лучевое (без использования радиоактивных изотопов-ускоренных электронов) излучения [147-150].

В области малых уровней воздействия (0,003-0,05 кГр) проявляется эффект радиационного гормезиса (заключается в стимуляции жизненных процессов), который используют в технологиях предпосевной обработки, сокращения сроков вегетации сельскохозяйственных культур, увеличения урожая и др.

Дальнейшее повышение уровня воздействия вызывает подавление процессов прорастания корнеклубнеплодов, луковиц и фруктов (0,03-1,0 кГр), заложенных на хранение, гибель насекомых-вредителей (0,15-1,0 кГр). Средние (0,1-10 кГр) дозы облучения ингибируют патогены и микроорганизмы, вызывающие порчу сельскохозяйственного сырья, заложенного на хранение, высокие (более 10 кГр) в сочетании с термической обработкой применяются при производстве микробиологически безопасной продукции [150-158].

Наиболее широко методы радиационной ионизирующей обработки используются для стерилизации специй, пряностей, сушеных овощей и трав. В табл. 12 представлены рекомендуемые диапазоны минимальных доз для ряда пряностей и трав [151, 155, 156].

Таблица 12

**Рекомендуемые минимальные дозы облучения
для некоторых пряностей, трав и овощных приправ**

Продукт	Минимальная доза, кГр
Все пряности	4-8
Базилик	6-8
Тмин, корица, паприка, красный перец	3-8
Кардамон, семя сельдерея, кориандр, имбирь, мускат	4-8
Фенхель, чесночный порошок, майоран, орегано, черный перец, тимьян	6-12
Луковый порошок	7-15

Примечание. Для достижения минимальной поглощенной дозы для всей партии обработки некоторые части партии должны получить более высокую дозу облучения. Самая высокая доза должна находиться в пределах указанной верхней границы минимальной поглощенной дозы.

В табл. 13 представлены краткие характеристики разработок научных и образовательных организаций в сфере использования ионизирующих излучений [155, 156, 158-164].

Таблица 13

Методы радиационной обработки плодов, фруктов, ягод, картофеля и грибов

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технологии обработки облучением свежих овощей, фруктов, ягод, ВНИИРАЭ	Обработка γ -облучением дозами 4-20 кГр продлевает срок хранения. Красные, неперезревшие томаты хранятся при 18-22°C 15-17 дней, стандартные, немного перезревшие – при этой же температуре – 6-8
Обработка земляники, ВНИИРАЭ	γ -облучение дозой 2 кГр увеличивает срок хранения на пять дней, а сочетание охлаждения и радиационной обработки дозой 2,5 кГр – на девять по сравнению с хранением в условиях охлаждения
Обработка ягод, овощей, ВНИИРАЭ	Применение гамма-облучения и невысоких температур (0-4°C, доза 6-8 кГр, сорбенты для устранения неприятных запахов) в комплексе с упаковкой в газовой среде с CO позволяет снизить дозу гамма-излучения, хранить землянику при 20°C в течение 30 дней, капусту – 120
Обработка ягод, фруктов, овощей, ВНИИРАЭ	Инактивирование ферментов при 70°C (2 мин), охлаждение холодной водой при 1,1°C 30 мин, дозе облучения 0,7 кГр, температуре хранения 20°C продлевают срок хранения перца красного, яблок, персиков, томатов, цветной капусты, моркови и др.
Обработка кочанного салата, ВНИИРАЭ	В упаковках с модифицированной газовой средой гамма-облучение дозой 0,35 кГр. Гамма-облучение упаковки дозой 1-2 кГр при температуре 3°C в газовой среде с содержанием O ₂ – 1,5-3,7% и повышенной концентрации CO ₂ . Количество микроорганизмов снижается с 105-106 до 1,5 КОЕ/г за 14 суток хранения при 4°C, качество сохраняется. Уменьшаются потери от порчи в период хранения (5 суток)

Продолжение табл. 13

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технологии получения сока из винограда, вишни, малины, сливы, овощей, ВНИИРАЭ	Радиационная обработка дозами 3-4 кГр позволяет увеличить выход сока на 3-12%, а совместно с препаратами ферментов смягчает режим тепловой обработки, сокращает потери от порчи в 3-5 раз
Технологии хранения огурцов и клубники, ВНИИРАЭ	Обработка гамма-излучением в диапазоне доз 0,5-3,0 кГр. Температура хранения от +3 до -4°С. При дозах 0,5 и 1,5 кГр увеличиваются сроки хранения и содержание сахаров в огурцах, при дозе 3,0 кГр подавляется развитие <i>Botrytis cinerea</i> на клубнике и повышается содержание сахаров
Технология облучения картофеля для уменьшения убыли массы при хранении, ВНИИРАЭ	Ускоритель электронов ИЛУ-6 в режиме тормозного гамма-излучения и на гамма-установке ГУР-120 с источником. Облучение дозами свыше 100 Гр снижает потери массы клубней вследствие процессов дыхания и транспирации при хранении в 1,5-2 раза по сравнению с необлученным картофелем
Комплексная технология обработки и хранения вишни, ВНИИТеК	Обработка γ -облучением 1-3 кГр с применением газовой среды и полипропиленовых упаковок при холодильном хранении. Замедление через 5-12 суток процессов созревания и старения, снижение пострадиационной устойчивости фруктов к микроорганизмам. Количество стандартных фруктов на 15-25 суток хранения – 90-96%. Выход стандартной продукции – до 73-82%, контроль – не более 50-69% (по черной смородине), снижение потерь в 2-5 раз
Технология облучения фруктов и овощей, ВНИИТеК	Обработка γ -излучением и ускоренными электронами дозы в диапазоне от 2 до 3 кГр уменьшает общее количество поверхностной микрофлоры, задерживает ее последующее развитие, сокращает потери от порчи в 2-5 раз при высоком товарном качестве, подавляет развитие ряда афлотоксинообразующих культур плесневых грибов. Обработка дозой

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
	1,75 кГр продлевает сроки хранения в 3-5 раз по сравнению с необлученными (для многих видов скоропортящихся свежих плодов и ягод)
Комплексная технология переработки и производства полуфабрикатов, блюд, кулинарных изделий и функциональных продуктов питания на основе полуфабриката из культивированной вешенки, Новосибирский ГТУ	Обработка потоком ускоренных электронов. Обеспечены сбережение нутриентов и биологически активных веществ, пролонгация сроков хранения, улучшение показателей биологической ценности и изменение физико-химических свойств полуфабриката, антиоксидантных свойств, увеличение доли растворимого белка и ферментной активности, изменение доли сахаров, улучшение функциональных свойств продукта

Актуальные радиационные технологии, используемые для задержки созревания плодоовощной продукции, представлены в табл. 14 [165, 166].

Таблица 14

Дозы радиации для задержки созревания сельскохозяйственного сырья

Вид	Доза, Гр	Срок обработки	Примечание
Тропические и субтропические плоды	От 25 до 35	После уборки	Плоды чувствительны к охлаждению даже до температуры 10-15°C, поэтому использование радиационной обработки очень эффективно
Груши, яблоки сливы и др.	Свыше 1000	После уборки	Обработка часто вызывает повреждение плодов (неровное созревание, дряблость), поэтому целесообразно использовать облучение в комбинации с другими способами

Продолжение табл. 14

Вид	Доза, Гр	Срок обработки	Примечание
Картофель	50-70 100-150	Октябрь-ноябрь Позднее	Облучают выдержанный в течение 12-14 суток при температуре 15-20°C и влажности воздуха 85% картофель, который не должен иметь механических повреждений и который нельзя перебирать – это увеличивает потери. Радиационная обработка позволяет хранить картофель на обычном складе без дополнительного охлаждения или химической обработки
Лук	20-40	В течение двух недель после уборки	Обработка лука ионизирующим облучением (доза до 60 Гр) позволяет в течение 9-12 месяцев хранить его практически без потерь (по сравнению с контролем)
Лук-шалот, чеснок	20-60	После уборки	
Орехи	4000	Перед хранением	В упаковке
Грибы	60-1000	После сбора	Задерживает раскрытие шляпок, удлинение ножек

Одной из актуальных является проблема борьбы с вредителями и возбудителями болезней зернового сырья и продукции из него. Существуют проверенные рекомендации по дозам, необходимым для обработки в зависимости от вида насекомых-вредителей (табл. 15). По данным исследований, такие воздействия не изменяют вкус, цвет и запах облученных продуктов [167-169].

В табл. 16 приведены другие возможные направления использования радиационного воздействия на зерновое сырье [167, 168, 170-176].

Таблица 15

Рекомендуемые дозы гамма-облучения для предотвращения развития насекомых-вредителей в муке, зерне, сухофруктах

Насекомое-вредитель	Доза, Гр	Облучаемый материал
Мельничная огневка	250	Мука, крупа, зерно и др.
Рисовый долгоносик	100	Зерно пшеницы, риса и др.
Зерновой долгоносик	160	Зерно
Комплекс вредителей	100-500	Зерно, мука, сухофрукты

Таблица 16

Примеры возможного использования радиационных технологий для обработки зерна, муки

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Уничтожение продуцентов микотоксинов и разрушение токсичных метаболитов в различных видах продукции, ВНИИРАЭ	Разработана специальная камера с двумя источниками электронного излучения, которая при облучении не затрагивает внутренние структуры эндосперма. Полное разложение микотоксинов в зерне кукурузы, пшеницы и ячменя при влажности 20-26% происходит при облучении дозой 20-25 кГр, в сухих зернах при 25 кГр токсины разлагаются на 65-75%. Для ингибирования прорастания доза облучения составляет 10 кГр
Технологии противотоксинной обработки муки и зерна, ИЯФ СО РАН	Мука пшеничная хлебопекарная второго сорта «Алейка» и зерно; обработки от 0,27 до 10 кГр; ускоритель ИЛУ-10 с энергией электронов 5 МэВ; максимальная мощность пучка 50 кВт. Содержание токсичных элементов в обработанных пробах не увеличилось и не превышает предельно допустимые концентрации в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011

Воздействием ионизирующего излучения можно существенно улучшать технологические свойства низкосортной муки. Облучение такой муки дозами 10-20 кГр приводит к «сшиванию»

белковых молекул, что придает ей свойства муки сильной пшеницы [177].

Радиационная обработка является единственным методом, который может применяться для антимикробной обработки упакованных продуктов, готовых к употреблению. При этом целостность упаковки, обеспечивающей сохранность достигнутого антимикробного эффекта, не нарушается, продукт не нагревается и обрабатывается весь объем [178].

На территории Российской Федерации для облучения сельскохозяйственного сырья используются:

♦ γ -установки: КСВ-500 (Обнинский филиал АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»); ГУР-120 (ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск); ГУ-200М (АО «НИИТФА», Москва); РТУ-3000 (разработка АО «НИИТФА», Москва, ООО «Региональный центр облучательных технологий «ЭРА», Челябинская область, г. Озерск);

♦ электронные ускорители: У-003 «Электроника», 5 МэВ (АО «НИИТФА», Москва); ИЛУ-10, 5 МэВ (ИЯФ им. Будкера, г. Новосибирск); два ускорителя ИЛУ-10, 5 МэВ (разработка ИЯФ им. Будкера, г. Новосибирск) в Сибирском центре электронно-лучевой обработки в технопарке «Кольцово» (г. Новосибирск); УЭЛР-10-10-40, 10 МэВ (ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, Москва); УЭЛВ-10-10-С-70, 10 МэВ (ЦКП ФМИ ИФХЭ РАН, Москва); УЭЛР-10-10-С, 10 МэВ (разработка ООО «НПП «Корад», Санкт-Петербург) Центра радиационной стерилизации Уральского федерального университета в г. Екатеринбург; два ускорителя УЭЛР-10-15-С-60, 10 МэВ (разработка АО «НПП «Торий», Москва совместно с НИИЯФ МГУ) Радиационного центра ООО «Теклеор» в Калужской области; УЭЛР-10-15-С («разработка ООО «НПП «Корад», Санкт-Петербург совместно с НИЯУ МИФИ, Москва) Межрегионального центра стерилизационных технологий ООО «Акцентр» в Ивановской области [179].

Анализ информации из опубликованных литературных источников показал, что в агропромышленном комплексе радиационные

технологии могут стать эффективными в ресурсосбережении и повышении качества сельскохозяйственного сырья. Более подробно материалы по данной тематике представлены в работе [180].

2.3.7. Обработка ультрафиолетовым излучением

К ультрафиолетовому (УФ) относится электромагнитное излучение, занимающее диапазон между рентгеновским и видимым излучением (от 100 до 400 нм). Различают несколько участков спектра ультрафиолетового излучения, имеющих разное биологическое воздействие: УФ-А (315-400 нм), УФ-В (280-315 нм), УФ-С (200-280 нм), вакуумный УФ (100-200 нм). Из них участок УФ-С часто называют бактерицидным из-за его высокой обеззараживающей эффективности по отношению к бактериям и вирусам. Максимум бактерицидной чувствительности микроорганизмов приходится на длину волны 265 нм.


Ингибирующие свойства ультрафиолета используются в технологиях обработки сельскохозяйственного сырья. Они основаны на способности высокоэнергетического ультрафиолетового излучения при поглощении белками и нуклеиновыми кислотами бактериальных клеток вызывать в них губительные мутации. Кроме прямого бактерицидного действия, УФ-излучение порождает свободные радикалы и молекулы озона, имеющие высокую окислительную способность, что также способствует уничтожению микробов и бактерий (табл. 17) [146, 181-190].

Таблица 17

УФ-технологии для обработки сельскохозяйственного сырья

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология ультрафиолетового облучения сельскохозяйственных культур (картофель, лук, помидоры, морковь), ВНИИРАЭ	Позволяет снизить отходы при хранении на 25-50%. Для реализации технологии разработана специальная установка

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технология ультрафиолетовой обработки яблок, ВНИИРАЭ	Положительный эффект достигается за счет снижения пораженности физиологическим заболеванием «загар». Доказанный оптимальный режим обработки: длина волны 350-500 нм, максимум излучения 410 нм, освещенность 20-25 люкс, экспозиция 50-60 с
Технология обеззараживания молока УФ и ИК-облучением, ФНАЦ ВИМ (ВИЭСХ)	Позволяет упростить процесс обработки молока при одновременном повышении его качества, сократить время пастеризации до нескольких секунд и потребление электроэнергии до 30%. Рекомендованы источники УФ-излучения мощностью 145 Вт, установлены необходимая нормируемая доза облучения – 16 мДж/см ² и минимально возможный слой обрабатываемого молока – 0,75 см. Разработана специальная установка
Технология электрофизического облучения воздуха коротковолновым УФ-излучением, ФНАЦ ВИМ (ВИЭСХ) совместно с ВНИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН	Разработанный для реализации технологий облучатель-озонатор используется для активного обеззараживания объектов ультрафиолетовым излучением и озон-воздушной смесью. Обеззараживание воздуха достигает 94,6-99,3, поверхностей – 83,4-100% на мясоперерабатывающих предприятиях (убойно-разделочные цеха, колбасные и холодильные камеры для временного хранения готовой продукции и др.); 93,6-98, поверхностей – 40-80% – в холодильных камерах для временного хранения мяса, мясopодуктов, сыров. Разработан облучатель-рециркулятор. Несмотря на то, что его потребляемая мощность (95 Вт) выше, чем у стандартных установок, собранных на УФ-лампах низкого давления, снижение общего микробного числа до 99,9% в помещениях для сортировки яиц наступает в 3,2 раза быстрее по сравнению с бактерицидными озонобразующими лампами мощностью 36 Вт и в 15 раз быстрее по сравнению с установками на бактерицидных лампах мощностью 30 Вт

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
Технологии обеззараживания питьевой, технической и оборотной воды, сточных вод, воды специальных применений, а также воздуха и различных рабочих поверхностей, НПО «Лит»	Разработано серийное или индивидуальное оборудование производительностью 1-50000 м ³ /ч. Его достоинства: обеззараживание в течение 3-5 с (без необходимости создания контактных резервуаров при традиционных способах обработки воды), УФ-лампы последнего поколения имеют высокий срок службы – 12000-16000 ч, совместимость с другими устройствами очистки воды, обслуживание сводится к периодической замене ламп и промывке установки
Технологии бактерицидной обработки в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, ООО «Промышленные системы УФ обеззараживания» (Санкт-Петербург)	Использование разработанных герметичных УФ модулей позволяет существенно снизить активность вредных микроорганизмов и предотвратить их дальнейшее распространение, отказаться от традиционных дезинфицирующих химических средств, имеющих побочные эффекты (появление плесени после влажной обработки, изменение вкусовых качеств готовой продукции и др.)
Технологии обеззараживания питьевой воды, сточных вод, технической и оборотной воды, ООО «УФ-ТЕХ» г. Сергиев-Посад	Выпускает установки единичной производительностью 1-5000 м ³ /ч
Технологии водоочистки, водоподготовки и обеззараживания воды, компания ООО «Сварог»	Одновременно используются ультрафиолетовое облучение, ультразвуковая обработка (увеличивает эффективность действия установок в 100-1000 раз, исключает биообрастание и соляризации), акустические колебания, способствующие полному уничтожению патогенной микрофлоры. Их реализацию обеспечивает бактерицидная установка «Лазурь-М»
Разработка ультрафиолетовой лампы «Световой стерилизатор молока», ВНИМИ	 <p>Удельная энергетическая эффективность ультрафиолетовой нетепловой обработки молока и сывотки не менее чем в 3-4 раза выше традиционной тепловой пастеризации. При обработке пастеризованного молока с м.д.ж. 3,2% лампой</p>

Продолжение табл. 17

Название технологии, разработчик	Особенности технологии, конкурентные преимущества
	ССМ, установленной над его поверхностью на расстоянии 30 см, содержание КМАФАнМ после 10-минутной обработки уменьшается с $8 \cdot 10^5$ до $2,9 \cdot 10^4$ КОЕ/см ³
Технологии очистки и водоподготовки, ООО «Новотех-ЭКО» совместно с ЗАО «Сварог»	Совмещенное с ультрафиолетовым излучением ультразвуковое воздействие позволило снизить интенсивность биообрастания и отложения солей в 6,7 раза, на порядок повысить эффективность очистки. Разработана специальная инновационная установка УОВ-СВ-5

Преимущества обработки ультрафиолетовым излучением: снижение потерь при хранении на 25-50% и использования химических компонентов при обеззараживании; простота использования и надежность используемого оборудования; энергосбережение.

3. ИННОВАЦИОННЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

Радиологические нанотехнологии. При переработке растительного сельскохозяйственного сырья образуется значительное количество отходов (вторичного сырья), из которых при использовании радиологических нанотехнологий можно получить матрицу для инновационного продукта БАН-чипа, включающего в себя средства защиты, питания и стимулирования роста сельскохозяйственных культур, одновременно решая ряд экологических проблем [191].

Для АПК наиболее актуальны:

- ♦ создание нанокompозитов с заданными свойствами и полифункциональной активностью на основе современных радиационных технологий;

- ♦ включение в хозяйственный оборот материалов из ежегодно возобновляемых источников сырья – отходов растениеводства (отходы производства рапса, пшеницы, топинамбура);

- ♦ получение ультрамикрoэлементов, обладающих свойствами стимуляторов роста растений, защитными функциями в отношении болезней и сельскохозяйственных вредителей;

- ♦ создание новых наноматериалов для АПК за счет внедрения наночастиц металлов, необходимых для растений микроэлементов питания – цинка, меди, кобальта, железа, лития, марганца, молибдена и других микро- и мезоэлементов питания в различные матрицы-носители, способствующие их удержанию на поверхности растительного биоматериала и пролонгации действия.

Для этих целей развиваются новые технологии: радиационно-химический метод синтеза наночастиц металлов и радиационное модифицирование активных углей из растительного сырья под воздействием ускоренных электронов и гамма-излучения [192-202].

Активно ведутся работы по созданию БАН-агрочипов в Институте физической химии и электрохимии РАН (г. Москва) под руководством д-ра хим. наук А.А. Ревинной в коллаборации с АО «ЭНПО «Неорганика» (г. Электросталь) под руководством д-ра техн. наук

В.М. Мухина, ФГБНУ ВНИИ рапса (г. Липецк) под руководством д-ра хим. наук Н.Л. Воропаевой и д-ра с.-х. наук В.В. Карпачева, Международного нанотехнологического исследовательского центра POLYMATE (Израиль) под руководством академика Европейской академии наук О.Л. Фиговского.

В работах [193, 196, 198, 202-205] более подробно представлены результаты междисциплинарных исследований и опытов применения радиационно-химических методов получения нанокompозитных материалов БАН-агрочипов на основе ежегодно возобновляемых источников растительного сырья для использования в АПК.

Радиационные методы и обработка матриц агрочипов

При создании агрочипов применялись *методы радиационного модифицирования матрицы* чипа, в качестве которой использованы активные угли (АУ), полученные методом высокотемпературного пиролиза [206, 207] в НПО «Неорганика» (г. Электросталь). Характерные свойства АУ изучены и представлены в работах [193, 197, 206-212]. Воздействие на угли (матрица) (рис. 4, 5) ускоренными электронами (20 кГр) проводилось с целью получения высокоэффективных адсорбентов из углеродного материала растительного происхождения с активными реакционными центрами. Синтезированные в обратных мицеллах («микрореакторах») по радиационно-химической технологии [213] железосодержащие наночастицы (НЧ) обладали свойствами, позволяющими использовать их в качестве многофункционального биологически активного и фитосанитарного компонента БАН-агрочипов.



Рис. 4. Активированные угли из растительного сырья

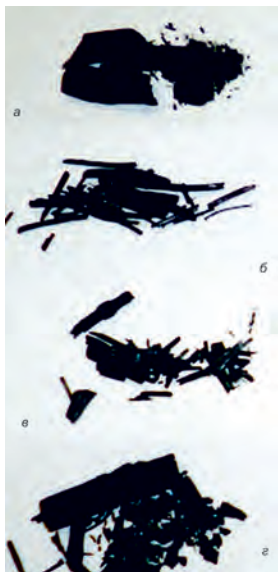


Рис. 5. Активные угли, полученные пиролизом из соломы: а – топинамбура; б – рыжика; в – пшеницы; з – рапса

При использовании *радиационно-химического метода* (RadChem) [15, 20] синтеза стабильных наночастиц (НЧ) в обратно мицеллярных системах (ОМС) восстановление ионов металла в водном пуле ОМС проходит при их взаимодействии с короткоживущими продуктами радиолиза воды, обладающими восстановительными свойствами: сольватированными электронами, атомарным водородом и органическими радикалами $R_{(i)}$. Для изучения активных центров в АУ-матрицах, ответственных за адсорбцию НЧ-металлов и, как следствие, биологическую активность получаемых наноматериалов, применялись метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), радиоспектрометр ПС100.X [193, 196, 208].

Радиационное модифицирование АУ

Электронно-лучевое воздействие на измельченные АУ проводилось пучком ускоренных электронов на ускорителе УЭЛВ10-10-С-70 в ЦКП ФМИ ИФХЭ РАН, обеспечивающем радиационное воздействия на объекты потока электронов перпендикулярной направленности к поверхности исследуемых образцов с энергией 5-10 МэВ, мощностью пучка до 15 кВт, током пучка до 1500 мкА, разверткой пучка 70x2 см, равномерностью облучения объектов с полосой сканирования пучка 70 см на расстоянии 5 см от фланца выпускного окна при неравномерности плотности тока по длине развертки не более 7% и с частотой следования сканирующих импульсов 1÷6 Гц. Поглощенные дозы ионизирующего излучения (Д) составляли 20 кГр при активации АУ и 15 кГр – при проведении синтеза

НЧ-железа в ОМС. Дозиметрическое обеспечение исследований осуществлялось с помощью пленочных детекторов СО ПД(Ф) Р-5/50, погрешность измерения Д: (10-15) % (Р = 0,95).

Приготовление образцов БАН-агрочипов

После измельчения образцы АУ, полученные из различных видов соломы («АУ 1» – из топинамбура, «АУ 2» – пшеницы, «АУ 3» – рыжика, «АУ4» – рапса), и их радиационно-активированные варианты модифицировали НЧ Fe в ОМС методом пропитки: добавляли к раствору НЧ Fe в соотношении 1:1 объемов, перемешивали, выдерживали 14 суток при комнатной температуре, фиксировали кинетику адсорбции НЧ по изменению спектров поглощения. После этого раствор фильтровали, остаток высушивали и использовали в последующих экспериментах.

Оценка предпосевной обработки семян с применением БАН-агрочипов

Апробация наноагротехнологий предпосевной обработки семян с применением полифункциональных многокомпонентных наносистем природного происхождения осуществлялась на базе ФГБНУ «ВНИИ рапса» (г. Липецк), где проводилась оценка БАН-агрочипов при обработке семян растений сурепицы (как тест – культуры масличных капустных). Энергию прорастания и всхожесть семян определяли по ГОСТ 12038-84. Линейные размеры и массу (сырую и сухую) надземных и подземных частей растений (ростки, корешки) измеряли в динамике. Повторность опыта – четырехкратная, температура проращивания 25°С.

Исследовались изменения физико-химических и адсорбционных свойств образцов агрочипов, обусловленных рационально-химической нанотехнологической обработкой АУ [193, 214, 215].

В работах [193, 196, 208] отмечалось, что наноматериал на основе радиационно-модифицированного угля из растительного сырья обладает более высокой электрокаталитической активностью.

Результаты испытаний БАН-агрочипов на тест-культурах подтвердили их применимость для агропромышленного комплекса (АПК) и эффективность методов электронно-лучевой активации и наномодифицирования активных углей из отходов растениеводства [216-224]. В ФГБНУ «ВНИИ рапса» (г. Липецк) проведена оценка результатов апробации предпосевной обработки семян с помощью новых экологически безопасных полифункциональных агрочипов (АУ 4-20 кГр-НЧ Fe), включающих в себя *радиационно-модифицированные* компоненты активных углей и НЧ Fe в качестве физиологически активных элементов. Резкая активизация процесса прорастания семян, энергия прорастания и всхожесть семян, длина проростков находились в зависимости от состава разрабатываемых агрочипов. Сделан вывод о том, что предпосевная обработка семян с применением композитов на основе активных углей и НЧ Fe существенно стимулирует развитие и устойчивость растений.

Применение в агробiotехнологиях метода радиационно-химического синтеза наночастиц металлов для модифицирования адсорбентов из вторичного сельскохозяйственного сырья и радиационной активации матрицы позволило реализовать перспективное решение задач предпосевной обработки семян и получить принципиально новые функционализированные нанокompозитные агрочипы-препараты защиты и стимуляции роста растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Физические методы обработки сельскохозяйственного сырья могут способствовать повышению товарности и конкурентоспособности продукции АПК.

Применение современных видов оборудования, обеспечивающего реализацию физических методов, позволяет на порядок снизить энергопотребление и потери сухого вещества при различных технологических операциях с сельскохозяйственным сырьем. Для фильтрации, концентрирования и очистки в качестве подобного оборудования можно рекомендовать мембранные установки. Так, использование мембранной нанофильтрации в технологиях концентрирования обеспечивает в 5-7 раз меньшую стоимость энергоносителей, чем при концентрировании соответствующего количества сырья методом вакуум-выпаривания.

Наиболее перспективно для дальнейшего развития и применения в агропромышленном производстве ультразвуковое воздействие для интенсификации экстрагирования, сушки, сокоотделения и обеззараживания. При экстрагировании обеспечивается снижение расхода исходного сырья на 15% (Воронежский ГУИТ) и количества бактерий группы кишечной палочки в молоке почти на 40% (высокочастотная акустическая кавитация молока, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ВНИИМП).

Реализуется метод ультразвуковой обработки с помощью различных устройств: «Волна» мод. УЗТА-0,2/22-ОМ; УЗО «Активатор-150»; Hielsher UIP 1000 hdT; УУЗОЖС-1; УМОМ-1; УТА-1000. Примером промышленного ультразвукового оборудования служат экстракторы, выпускаемые НПП «Александра плюс».

Физический эффект вибрации перспективен практически для всех технологических процессов обработки сельскохозяйственного сырья, но особенно широко он применяется при перемешивании, почти в 2 раза повышая однородность смеси (приготовление кормосмесей, Оренбургский государственный университет, Самарский ГУПС); в технологиях экстрагирования вибрация ускоряет процесс в 3-10 раз (извлечение пектиновых веществ из свекловичного жома,

Курская ГСХА), сокращает продолжительность сушки с 4,5 ч до 40 мин (технология производства сушеной моркови, Воронежский ГУИТ). Для реализации вибрационных технологических процессов необходимо специальное оборудование или комплектующие для модернизации традиционного. Промышленные разработки такого оборудования имеются на всех этапах технологической цепочки переработки сырья.

Эффективно применение лазерного излучения для обработки сельскохозяйственного сырья. Лазерная обработка снижает повреждаемость плодов физиологическими заболеваниями в процессе хранения до 17% (технология обработки плодов, ВНИИ генетики и селекции плодовых растений им. И.В. Мичурина и ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина); увеличивает сроки хранения мясных полуфабрикатов до 1,5-2,5 месяцев (технология ВНИИМП и МГУПП), а содержание сахаров в соках на 6,7% (технология воздействия на качественные показатели сока, Мичуринский ГАУ); ускоряет осветление сока и экстракцию; повышает качественные характеристики семян. Для реализации технологий обработки лазерным излучением разработаны лазерная установка «ЛУ-2» (ООО «НПФ «Биолазер»), специализированное оборудование (ООО «НИИ Агролазер»), установка ЛОС (ВНИИ генетики и селекции плодовых растений им. И.В. Мичурина и НИИ садоводства им. И.В. Мичурина). Рекомендуется применять плазменную обработку для предпосевной обработки семян и клубнеплодов, предварительной обработки сырья технических культур. Плазма повышает лабораторную всхожесть семян до 10% (КНИТУ и научно-внедренческая фирма «Ренарисорб»), а урожайность картофеля на 29% (Ивановская ГСХА). К сожалению, исследования в данной области в основном находятся на уровне лабораторных разработок. Для их практической реализации необходимы разработка методик и выпуск серийного оборудования. Примером разработанного оборудования можно считать плазмотрон ВНИИРАЭ.

Научно обоснована эффективность СВЧ-излучения для обработки сельскохозяйственного сырья. Данный вид обработки может широко применяться для сушки, где демонстрирует конкуренто-

способные характеристики: сокращение удельного расхода энергии на сушку в 1,3 раза (технология комбинированной сушки зерна, ВНИПТИМЭСХ) обеспечивает достижение показателей деконтаминации до 2,5 порядка (способ обеззараживания сушеных пищевых продуктов, патент РФ 2551093. 2015). Для реализации этого метода разработан ряд промышленного оборудования: «Родник» (фирма «Продукт-центр»), СВЧ-высокоинтенсивная установка тепловой обработки зерна и зерновых продуктов «Декстрин-1» (ЗАО «НПП Магратеп»), СВЧ-модули (МКБ «Горизонт»), установки «Поток» (компания «Синергис») и ПК «Ингредиент», серия установок ВНИИРАЭ.

Инфракрасное излучение эффективно для сушки сельскохозяйственного сырья, сокращая ее продолжительность в 3-4 раза (технология производства чипсов из белого мяса птицы, Кемеровский ТИПП). Хорошие результаты показывает также ИК-пастеризация, эффективность которой составляет 99,9% с полным сохранением витаминов В, С (технология пастеризации молока, Воронежский ГУИТ). К основным преимуществам инфракрасной обработки относятся энергосбережение и сохранение биологических свойств исходного сырья, к проблемам использования – недостаточное количество промышленных установок.

Методы ионизирующей радиационной обработки имеют высокий потенциал применения в технологиях АПК для повышения сроков хранения и качества сырья. В технологии комплексного влияния режимов обработки свежих фруктов и овощей ВНИИТеК они обеспечивают сокращение потерь в 2-5 раз, а при производстве соков увеличивают их выход на 3-28%.

Радиационная обработка является перспективным методом, который может применяться для антимикробной обработки упакованных продуктов, готовых к употреблению.

Методы ионизирующего облучения эффективны в комплексе с другими методами воздействия для повышения безопасности пищевой продукции и более успешного сохранения важнейших показателей качества (витамины, биологически активные соединения и др.). Так, технология комплексного применения гамма-облучения и невы-

соких температур (0-4°C, доза 6-8 кГр) с упаковками в газовой среде CO₂, разработанная ВНИИРАЭ, позволяет уменьшить используемую дозу гамма-излучения и обеспечить сохранение земляники при 20°C в течение 30 дней, а капусты – 120.

Для реализации технологий воздействия ионизирующим облучением ряд организаций выпускает специализированное оборудование, но его количества пока недостаточно для широкого внедрения в производство.

К преимуществам обработки ультрафиолетовым излучением относятся уменьшение потерь при хранении на 25-50% и использования химических веществ при обеззараживании, простота применения и надежность оборудования, энергосбережение. Широкое применение оно нашло в обеззараживании сырья, технологической воды, производственных помещений. Именно в этой сфере и рекомендуется его внедрять в технологии обработки сельскохозяйственного сырья.

Весьма перспективны радиационные нанотехнологии для обработки вторичного сельскохозяйственного сырья и изготовления БАН-чипов – инновационных средств защиты, питания и стимулирования сельскохозяйственных культур.

Развитие и массовое применение физических методов в сфере обработки сельскохозяйственного сырья сдерживаются несовершенством отечественной методической и нормативно-правовой базы. Для большинства требуются детальная характеристика протекания соответствующих процессов, разработка технологических регламентов для производства и внедрение эффективного промышленного оборудования. В качестве основной рекомендации следует отметить необходимость продолжения научных исследований по всем направлениям (методика, регламенты, оборудование) с целью внедрения выделенных перспективных физических методов обработки сельскохозяйственного сырья в производство и коммерциализацию имеющихся результатов НИР и НИОКР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства [Электронный ресурс] URL: <https://www.fntp.ru/o-programme>. (дата обращения: 25.04.2020).
2. Импульсное лазерное излучение [Электронный ресурс]: URL: [http:// rikta.ru](http://rikta.ru) (дата обращения: 15.05.2020).
3. Практическое применение лазеров [Электронный ресурс]: URL: <http://proiz-teh.ru/lt-lazer-praktika.html> (дата обращения: 05.06.2020).
4. Лазерные технологии в пищевой промышленности [Электронный ресурс]: URL: <http://proiz-teh.ru/lt-lazer-tehnology.html> (дата обращения: 05.06.2020).
5. **Неменушая Л.А.** Методы лазерной, радиационной и других видов обработки сельскохозяйственного сырья и готовой продукции: науч.-аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 56 с.
6. **Королев А.А., Тюрина С.С., Тришканева М.В.** Анализ применения микроволнового излучения в технологиях стерилизации растительного сырья // Науч. журн. НИУ ИТМО. – 2019. – № 3. – С. 81-91. (Процессы и аппараты пищевых производств).
7. **Неменушая Л.А.** Ресурсосберегающие технологии переработки овощной продукции: науч.-аналит. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 72 с.
8. **Виневский Е.И.** Мониторинг современных физических методов обработки сельскохозяйственного сырья // Итоги науч.-исслед. работы за 2017 г.: сб. ст. по матер. 73-й науч.-практ. конф. преподавателей. – 2018. – С. 275-276.
9. **Алёшин В.Н.** Изменение состава антипитательных веществ семян сои при тепловой обработке // Итоги науч.-исслед. работы за 2017 г.: сб. ст. по матер. 73-й науч.-практ. конф. преподавателей. – 2018. – С. 48-52.
10. **Айсанов А.С.** Особенности методов консервирования плодовой продукции // Приоритетные направления развития пищевой индустрии: сб. науч. ст. – 2016. – С. 15-18.
11. **Неменушая Л.А.** Современное состояние мембранной индустрии // Техника и оборуд. для села. – 2012. – № 5. – С. 13-14.
12. **Сидоркин И.А., Бобров Е.С., Царьков С.Е., Смирнов В.Б.** Мембранные методы в молочной промышленности // Молоч. пром.-сть. – 2019. – № 11. – С. 30-32.
13. **Неменушая Л.А., Коноваленко Л.Ю.** Мембранные технологии в молочной промышленности: ресурсосбережение и охрана окружающей среды // Техника и оборуд. для села. – 2017. – № 9. – С. 35-39.

14. **Короткий И.А., Плотников И.Б., Мазеева И.А.** Разделительное вымораживание молочной сыворотки // Молоч. пром-сть. – 2019. – № 11. – С. 33-34.
15. Ультразвуковая обработка [Электронный ресурс]. URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrotehnika/ultrazvuk/> (дата обращения: 05.04.2020).
16. **Толочко Н.К., Прокопьев Н.А., Челединов А.Н.** Перспективы ультразвуковой обработки молока // Молоч. пром-сть. – 2014. – № 8. – С. 28-30.
17. **Коноваленко Л.Ю.** Современные ресурсо- и энергосберегающие технологии переработки продукции животноводства. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 52 с.
18. **Астапова М.С.** Определение видовой принадлежности мяса методом изоэлектрофокусирования // Ветеринария. – М., 2010. – С. 57-59.
19. **Елисеева Л.Г.** Влияние физических факторов обработки на физиологическое состояние и сохраняемость свежей плодовоовощной продукции // Инновационные технологии длительного хранения товаров: сб. науч. ст. Российского гос. торг.-экон. ун-та. – М., 2013. – С. 93-103.
20. **Барсуков В.А.** Инновационные технологии: здоровье нации и эффективное производство // Молоч. пром-сть. – 2008. – № 11. – С. 64-65.
21. Электродиализные установки [Электронный ресурс]. URL: <http://www.n-azot.ru> (дата обращения: 02.07.2020).
22. Сухая сыворотка [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mologa.ru> (дата обращения: 19.05.2020).
23. **Овчарова Г.П., Галат П.В.** Электродиализ сыворотки: практика применения на Брюховецком МКК // Молоч. пром-сть. – 2008. – № 11. – С. 62-63.
24. **Данильчук Т.Н.** Создание инновационных процессов биотрансформации пищевого сырья с применением низкоинтенсивного электроконтактного и акустического воздействия: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.07. – М., 2014. – 431 с.: ил.
25. **Бышова Н.Г.** Инновационная технология производства молока: моногр. / Н.Г. Бышова, Г.М. Туников, Н.И. Морозова, Ф.А. Мусаев. – Рязань: РГАТУ, 2013. – 156 с.
26. **Хмелев В.Н., Леонов Г.В., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Шалунов А.В.** Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве // Алтайский ГТУ, БТИ. – Бийск: Алт. ГТУ, 2007. – 400 с.
27. **Антипов С.Т.** Инновационное развитие техники пищевых технологий: учеб. пособие / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов и др. – СПб: Лань, 2016. – 660 с.

28. **Быков А.В.** Перспективы использования кавитационного гидролиза некрахмалистых полисахаридов // Вестн. ОГУ. – 2011. – № 4 (123). – С. 123-127.

29. **Попова Н.В., Потороко И.Ю.** Эффекты ультразвука в технологиях восстановленных продуктов переработки молока // Молоч. сфера. – 2016. – № 2 (57). – С. 64-67.

30. **Молчанов В.П., Долуда В.Ю., Григорьев М.Е., Сульман Э.М., Рабинович Г.Ю.** Исследование ультразвукового воздействия на выход сахаров в продуктах биоконверсии растительного сырья и органических отходов // Науч.-техн. вестн. Поволжья. – 2017. – № 4. – С. 29-32.

31. **Попова Н.В.** Обеспечение интенсификации технологии восстановления сухого молока на основе методов математического моделирования // Вестн. ЮУрГУ. – 2016. – Т. 4. – № 1. – С. 29-38. (Пищевые и биотехнологии).

32. **Король В.Ф., Лахмоткина Г.Н.** Использование ультразвука при выделении антиалиментарных веществ из зерна люпина // Южно-сибирский науч. вестн. – Март, 2018. – № 1 (21). – С. 27-33.

33. **Горелова Е.Г., Кузнецова О.Ю., Гильманов Р.З.** Разработка способа получения и исследование извлечения из березовых почек // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2016. – № 1 (14). – С. 62-65.

34. **Малинин А.В., Науменко Н.В., Потороко И.Ю.** Инновационные подходы в изменении свойств пищевых ингредиентов // Неделя науки СПбПУ: матер. науч. конф. с междунар. участием. Ин-т пром. менеджмента, экономики и торговли (19-24 ноября, СПб, 2018 г.). – СПб: ФГАОУ ВО «СПбПУ», 2018. – С. 40-42.

35. **Родионова Н.С., Мануковская М.В., Серченя М.В.** Влияние метода ультразвукового экстрагирования на формирование аромата экстракта из натурального сырья // Пищевая пром-сть. – 2018. – № 3. – С. 54-56.

36. **Канина К.А., Красуля О.Н., Жижин Н.А., Семенова Е.С.** Изучение влияния воздействия высокочастотной акустической кавитации на качество молока-сырья и молочных продуктов на его основе // Вестн. ВГУИТ. – 2019. – Т. 81. – № 3. – С. 145-150.

37. **Гольдштейн В.Г., Ковалёнок В.А., Носовская Л.П., Плотников А.А., Адикаева Л.В.** Определение оптимальных параметров извлечения связанного крахмала из картофельной пульпы воздействием ультразвуковыми колебаниями // Пищевая пром-сть. – 2019. – № 10. – С. 76-80.

38. **Погоржельская Н.С., Абрамова И.М., Кудряшов В.Л.** Ультразвуковая обработка растительного сырья в производстве ликероводочных изделий // Пищевая пром-сть. – 2019. – № 10. – С. 84-88.

39. **Бирагова Н.Ф., Бирагов Д.А., Бирагова С.Р.** Интенсификация технологии спирта с использованием ультразвука в процессе водно-тепловой обработки кукурузы // Актуальные проблемы химии, биологии и биотехнологии: матер. XI Всерос. науч. конф. Северо-Осетинский гос. ун-т им. К.Л. Хетагурова. – 2017. – С. 350-354.

40. **Самарин Г.Н., Ружьев В.А., Шилин Е.В.** Обработка молока на малых предприятиях альтернативными методами // Вестн. Ставрополя. – 2017. – № 1(25). – С. 49-53.

41. **Соковнин Е.Л.** Разработка способа консервирования сыворотки, обработанной ультразвуком // Альманах науч. работ молодых ученых XLVI науч. и учеб.-метод. конф. ун-та ИТМО. – 2018. – Т. 1. – С. 269-271.

42. **Дж. А. Шафизаде.** Исследование факторов осветления виноматериалов // Вестн. Мичуринского ГАУ. – 2017. – № 4. – С. 76-79.

43. **Кувшинова О.А., Репин А.Д.** Результаты осветления яблочного сока ультразвуком // Инновации в сел. хоз-ве. – 2019. – № 2 (31). – С. 244-250.

44. **Катанаева Ю.А., Севаторов Н.Н., Декань А.А.** Интенсификация экстрагирования целевых компонентов из отходов томатного производства комбинированной обработкой, высоким давлением и ультразвуком // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: сб. тр. конф. (г. Керчь 15-17 мая 2019 г.). – С. 478-483.

45. **Демченко В.А., Образцова А.С., Иванова М.А.** Влияние ультразвукового воздействия на физико-химические показатели кваса // Вестн. ВГУИТ. – 2016. – № 4. – С. 18-20.

46. **Горяева Н.А., Каменская Е.П., Обрезкова М.В.** Исследование процесса экстракции растительного сырья под действием ультразвука // Проблемы, перспективы биотехнологии и биологических исследований: матер. VIII региональной конф. студентов младших курсов. – Барнаул: ФГБОУ ВПО «Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова», 2018. – С. 79-82.

47. **Жилиякова Е.Т., Цветкова З.Е., Писарев Д.И., Бойко Н.Н., Тимошенко Е.Ю.** Интенсификация процесса производства густого экстракта плодов расторопши пятнистой с использованием ультразвуковой обработки сырья // Фармация и фармакология. – 2018. – № 6 (5).

48. **Токаев В.В.** Повышение эффективности экстракции флавоноидов из растительного сырья – травы астрагала шерстистоцветкового // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск: Веста, 2019. – С. 147-149.

49. **Демченко В.А., Зикруллаев Д.Ф., Асфондырова И.В., Назарова В.В.** Влияние сонохимического воздействия на продолжительность хранения свежеежатых соков // Новые технологии. – 2019. – Вып. 1 (47). – С. 37-46.

50. **Мауль Д., Красникова Л.В., Громцев А.С.** Исследование влияния ультразвуковой обработки в жидких средах различного состава на поверхностную микрофлору мясных полуфабрикатов // Вестн. ВГУИТ. – 2017. – Т. 79. – № 3. – С. 19-25.

51. **Тарасов С.С., Веселов А.П., Корягин А.С.** Влияние ультразвука на активность каталазы в семенах бобовых растений, микромицетов и бактерий // Докл. Башкирского ун-та. – 2018. – Т. 3. – № 4. – С. 466-472.

52. **Романова В.А., Помогова Д.А., Кириш И.А., Безнаева О.В., Банникова О.А., Тверитникова И.С., Новиков М.Н.** Влияние акустически активированной воды на свойства хлебобулочных изделий // Пищевая пром-сть. – 2019. – № 10. – С. 65-67.

53. **Яковлев О.В., Яшонков А.А.** Применение ультразвука для интенсификации процесса посола рыбы // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: сб. тр. конф. (г. Керчь 15-17 мая 2019 г.). – С. 540-543.

54. **Нициевская К.Н., Мотовилов О.К., Мотовилов К.Я., Щербинин В.В.** Исследование продукции из плодов рябины красной, полученной с применением энергии кавитации // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – Т. 8. – № 2 (46). – С. 92-98.

55. **Романчиков С.А.** Технология изготовления хлеба с использованием электрической хлебопекарной печи ХПЭ-ИУЗ с ультразвуком в импульсном режиме // Пищевая пром-сть. – 2019. – № 2. – С. 44-48.

56. **Семенов Г.В.** Замораживание ягод клубники при воздействии акустических микровибраций // Холодильная техника. – 2019. – № 4. – С. 40-43.

57. **Ганина В.И., Балаболин Д.Н., Токаев Э.С., Крысанова Ю.И., Дымова В.А.** Выживаемость микрофлоры заквасок при акустической заморозке. – Молоч. пром-сть. – 2019. – № 11. – С. 40-42.

58. **Исаев А.В.** Применение ультразвука в сельском хозяйстве // Науч.-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. – 2019. – № 13. – С. 249-252.

59. **Яцун С.Ф., Серебровский В.В., Серебровский В.И., Мищенко В.Я., Мищенко Е.В.** Вибрационная техника в пищевой и перерабатывающей промышленности: учеб. пособ. – Курск: Курск. ГСХА, 2010. – 144 с.

60. **Мищенко Е.В., Мищенко В.Я.** Новые подходы к проектированию вибрационного технологического оборудования в пищевой и перерабатывающей промышленности // Вестн. Брянского ГТУ. – 2016. – № 4 (52). – С. 116-119.

61. **Яцун С.Ф.** Вибрационная техника в пищевой и перерабатывающей промышленности: учеб. пособ. / С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко, Е.В. Мищенко. – Курск: Курский ГТУ, 2009. – 148 с.

62. **Коробчук М.В., Веригин А.Н., Джангирян В.Г.** Вибрационная обработка многокомпонентных энергонасыщенных материалов: новые возможности // Вестн. технологич. ун-та. – 2019. – Т. 22. – № 11. – С. 74-80.

63. **Иванова А.П., Васильева М.А., Делигирова (Гунько) В.В., Панов Е.И.** Возможный резерв повышения эффективности процесса вибросмешивания // Изв. Оренбургского ГАУ. – 2020. – № 1 (81). – С. 97-101.

64. Способ получения пектина: пат. № 2305415 РФ. Кл. МПК А23L 1/0524 / Яцун С.Ф., Коновалов М.Б., Мищенко В.Я. // Б.И. – 2007. – № 25. – 3 с.

65. **Мищенко В.Я., Мищенко Е.В.** Применение модульного принципа проектирования при создании вибрационного технологического оборудования // МНТФ Первые Косыгинские чтения-2017. Современные инженерные проблемы (11-12 октября 2017 г.). – С. 83-86.

66. **Секерина И.Ю.** Применение вибрационных процессов для интенсификации технологических процессов в биотехнологии // Молодежь и XXI век-2018: матер. VIII Междунар. молодежной науч. конф. в 5 т. / Отв. редактор А.А. Горохов. – 2018. – С. 95-97.

67. **Бородулин Д.М., Зорина Т.В., Комаров С.С., Сахабутдинова Г.Ф.** Определение рациональных параметров работы вибрационного смесителя при получении сухих комбинированных продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2019. – № 2. – С. 119-129.

68. Линия производства сушеной моркови: пат. RU 2651281 С1 / Калашников Г.В., Черняев О.В. 19.04.2018. Заявка № 2017116459 от 12.05.2017.

69. **Белов А.Г., Шахов В.А., Путрин А.С., Козловцев А.П., Филатов М.И., Борулько В.Г.** Инновационная разработка технологии и оборудования для производства экструдированных кормов с ультрадисперсными частицами // Изв. Оренбургского ГАУ. – 2019. – № 5 (79). – С. 155-158.

70. **Федоренко И.Я., Левин А.М., Табаев А.В.** Инновационные конструкции вибрационных дробилок фуражного зерна // Перспективы внедрения инновационных технологий в АПК: сб. ст. II Рос. (Национальной) науч.-практ. конф. – 2019. – С. 104-106.

71. Способ возбуждения механических колебаний силовых факторов с регулируемыми параметрами: пат. RU 2671933 С1 / Васильев А.М., Стрелюхина А.Н., Потапова М.А. 07.11.2018. Заявка № 2017143862 от 14.12.2017.

72. **Машков А.Н., Шувалов А.М.** Расчет параметров системы охлаждения темперированной сои // Инновации в сел. хоз-ве. – 2018. – № 3 (28). – С. 554-560.

73. **Мачкарин А.В., Рыжков А.В.** Теоретические исследования вибросмешивания сыпучих кормов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 3 (23). – С. 43-54.

74. **Хропач А.И.** Сравнительный анализ технологического оборудования для производства сметаны // Молодежь и XXI век-2019: матер. IX Междунар. молодежной науч. конф. – 2019. – С. 263-265.

75. **Фалько А.Л., Кашуба М.В., Сюгина Е.Г.** Исследование вибрационного перемещения рыбных тушек в панировочной машине // Вестн. Донского ГАУ. – 2018. – № 1-1 (27). – С. 92-97.

76. Вибрационный станок для шлифования семян: пат. 2580457 РФ, МПК А01С 1/00 (2006.01) / Серга Г. В., Резниченко С. М.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 2015100322/13; заявл. 12.01.2015; Опубл. 10.04.2016, бюл. № 10. – 5 с.: ил.

77. **Лукин А.А., Меренкова С.П.** Технологам консервов и пищекокнцентратов: учеб. пособ. к лаб. работам / Мин. обр. и науки России, Южно-Уральский гос. ун-т, каф. «Оборудование и технологии пищевых производств». – Челябинск: ЮУрГУ, 2014. – 50 [2] с.: ил..

78. **Лисовой В.В., Викторова Е.П.** Основные направления и результаты фундаментальных научных исследований ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: фундаментальные и прикладные аспекты: матер. V Междунар. науч.-практ. конф. / Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Е.П. Викторовой; ФАНО; ФГБНУ «Краснодарский НИИ хранения и переработки с.-х. продукции; Ассоциация «Технологическая платформа «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания». – Воронеж, 2015. – 400 с.

79. Электрические воздействия [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nazdor.ru/topics/improvement/devices/current/470064>. (дата обращения: 05.04.2020).

80. **Кагусов Д.Н.** Перспективы использования электростатических способов обработки сельскохозяйственной продукции // Инновационные пути в разработке ресурсосберегающих технологий хранения и перераб. с.-х. продукции: матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Курган: Курганская ГСХА имени Т.С. Мальцева, 2017. – С. 92-96.

81. **Степкина М.Ю., Антонникова А.А.** Применение электростатических и ультразвуковых воздействий для осаждения аэрозолей // Вопросы оборонной техники. – 2018. – № 3-4 (117-118). – С. 65-70 (Технические средства противодействия терроризму).

82. **Михайлюта Л.В., Купин Г.А., Бабакина М.В., Гораш Е.Ю.** Бактерицидные свойства электромагнитных полей крайне низких частот // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: фундаментальные и прикладные аспекты: матер. V Междунар. науч.-практ. конф. – 2015. – С. 60-64.

83. **Семенихин С.О., Городецкий В.О.** Применение электрических и электромагнитных полей для повышения проницаемости тканей клеток сахарной свеклы // Науч. обеспеч. инновационных технологий пр-ва и хранения с.-х. и пищевой продукции: сб. матер. I Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и аспирантов (9-23 апреля 2018 г.) – Краснодар: ФГБНУ ВНИИТТИ, 2018. – С. 353-355.

84. Очистка сточных вод [Электронный ресурс]. URL: <http://enviropark.ru/course/info.php?id=62> (дата обращения: 05.04.2020).

85. **Рерих В.А., Зайцева Д.В., Рылеева Е.М.** Электрофлотационный метод очистки сточных вод: достоинства и недостатки // Инновационные наукоемкие технологии: докл. V Междунар. науч.-техн. конф. / Под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2018. – С. 69-72.

86. **Коноваленко Л.Ю.** Анализ экологической безопасности пищевых производств: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 176 с.

87. **Неменушая Л.А.** Эффективные технологии очистки сточных вод // Науч.-техн. прогресс в с.-х. пр-ве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: матер. Междунар. науч.-техн. конф. в 2 т. – 2016. – С. 189-192.

88. **Будаговский А.В., Ковш И.Б.** Лазерные технологии в сельском хозяйстве. – М.: Техносфера, 2008. – 272 с.

89. **Меньщиков В.П.** Лазерная технология повышения сохранности плодов яблони // Инновационно-технологическое обеспечение ресурсосберегающих технологий АПК. – Мичуринск: Мичуринский ГАУ, 2009. – С. 195-199.

90. **Гордеев А.С.** Автоматизированная обработка яблок [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.07. – М.: МГАУ, 1996. – 32 с.

91. Способ подготовки плодов к хранению: пат. 1750487 Российская Федерация: МКИ5 А01F25/00, А23L3/54, А23В7/015 /Будаговская О.Н.,

Будаговский А.В.; Заявл. № 4849046/13 от 09.07.90; опубл. 30.07.1992, Бюл. 28. – 8 с.

92. **Менщиков В.П.** Влияние лазерного облучения на естественную убыль яблок в предреализационный период // Лазерные технологии в сел. хоз-ве. – М.: Техносфера, 2008. – С. 190-193.

93. **Долговых О.Г., Красильников В.В., Дресвянникова Е.В., Пантелеева Л.А.** Повышение эффективности производства моркови при применении предпосевной лазерной обработки семян и улучшенной технологии хранения // Вестн. Ижевской ГСХА. – 2014. – Т. 29. – № 2. – С. 4.

94. CO₂-лазер (лазер на углекислом газе) [Электронный ресурс]. URL: http://laser-portal.ru/content_481 (дата обращения: 01.04.2020).

95. **Мурашов И.Д., Казюлин Г.П., Степаненко П.П., Горбнева О.Г., Михалева Л.П.** Применение новых биоцидных технологий на предприятиях мясной промышленности // Повышение энергоэффективности техники и технологий в перерабатывающих отраслях АПК. – М.: Московский гос. ун-т прикладной биотехнологии, 2004. – С. 195-198.

96. **Бикташев Р.Р.** Технологические аспекты обработки животных тканей лучом лазера: автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.18.04. – М., 1990. – 18 с.

97. **Мурашов И.Д.** Разработка установки для лазерного разрезания мяса // Мясные технологии. – 2011. – № 2. – С. 32-34.

98. **Мурашов И.Д., Ганина В.И., Морозова В.В.** Влияние ультраструйной и лазерной обработки на обсемененность молока-сырья // Молоч. пром-сть. – 2015. – № 4. – С. 16-18.

99. **Исайкина Е.Ю.** Влияние некоторых физических методов обработки молока на изменение его микробной обсемененности // Изв. Оренбургского ГАУ. – Оренбург. – 2013. – № 4. – С. 246-249.

100. **Костин И.В.** Физико-химическое обоснование технологии коньяков из новых перспективных сортов винограда Ставрополя: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.18.01. – Краснодар, 2002. – 16 с.

101. **Астанов А.Ю.** Технология обработки плодовых соков инфракрасным лазерным излучением // Инновационно-технологическое обеспечение ресурсосберегающих технологий АПК. – Мичуринск: Мичуринский ГАУ, 2009. – С. 199-203.

102. **Шабурова Л.Н., Данилова А.Н., Пономарева М.С., Гернет М.В.** Действие импульсной частоты лазерного излучения на дрожжи верхового брожения // Пиво и напитки. – 2019. – № 2 – С. 16-19.

103. **Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Тихонов В.Н.** Перспективы применения физических факторов в АПК // Радиационные технологии в сель-

ском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 278-282.

104. **Будаговский А.В., Будаговская О.Н.** Разработка лазерных облучательных установок сельскохозяйственного назначения // Нанoeлектротехнологии в сел. хозяйстве. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – С. 77-87.

105. **Буклагин Д.С., Голубев И.Г., Мишуров Н.П.** Применение лазерных технологий в сельском хозяйстве и перерабатывающей промышленности: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 60 с.

106. Способ определения качества плодов и устройство для его осуществления: пат. 2016671 МКИ5 В07С5/342 Российская Федерация: Будаговская О.Н., Будаговский А.В.; заявл. № 490704313/13 от 31.01.91; опубл. 30.07.94. Бюл. № 14. – 7 с.

107. Оптоволоконный лазерный сортировщик: пат. № 2521215 Российская Федерация В07С5/34, В07В13/00. Шульгин В.А., Бабишов Э.М., Гольдфарб В.А., Минаков Д.А., Пахомов Г.В., Соколова О.В.; патентообладатель Чуйко Г.В. / заявл. 2012-12-24; опубл. 27.06.14. – 3 с.

108. Сортировка фруктов и овощей [Электронный ресурс]. URL: http://tiobiz.com/sortirovka_fruktov_i_ovoshei/ (дата обращения: 18.05.2020).

109. Маркировка консервов. Маркировка, хранение, упаковка [Электронный ресурс]. URL: <http://www.indevel.ru> (дата обращения: 29.05.2020).

110. Практическое применение лазеров [Электронный ресурс]. URL: <https://proiz-teh.ru/it-lazer-praktika.html> (дата обращения: 03.04.2020).

111. Контроль качества [Электронный ресурс]. URL: <http://yagody.ru/page/Kontrol-kachestva> (дата обращения: 19.03.2020).

112. **Исмаилов И.Ш., Шихалиев С.С., Кулиева Р.Г.** Использование микроволн в пищевом производстве // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2010. – № 2-3. – С. 37-38.

113. **Тырсин Ю.А., Рамазанова Л.А., Исмаилов Э.Ш., Даудова Т.Н.** Лазерное излучение как способ интенсификации процесса экстракции пищевых красителей // Хранение и перераб. сельхозсырья. – 2005. – № 7. – С. 30.

114. Лазерный детектор сальмонеллы [Электронный ресурс]. URL: http://www.laser-portal.ru/content_962 (дата обращения: 20.05.2020).

115. Плазма [Электронный ресурс]. URL: <http://electricalschool.info/spravochnik/material/2063-plazma-vidy-svoystva-i-parametry.html>. (дата обращения: 05.04.2020).

116. **Субботкина И.Н., Наумова И.К.** Возможности использования плазмохимической обработки для предпосевной подготовки семян // Физика низкотемпературной плазмы ФНТП-2017: сб. тезисов. Всерос. (с междунар. участием) конф. – Казань: Отечество, 2017. – 232.

117. **Шарифуллин Ф.С., Гафаров И.Г.** Влияние ВЧ плазмы пониженного давления на всхожесть семян сельскохозяйственных культур // Физика низкотемпературной плазмы (ФНТП-2017): сб. тезисов Всерос. (с междунар. участием) конф. – Казань: Отечество, 2017. – 196-197.

118. **Кузнецова О.Ю., Абдуллин И.Ш., Шаехов М.Ф., Зиятдинова Г.К., Будников Г.К.** Оптимизация предварительной обработки лекарственного сырья ВЧЕ-плазмой перед экстракцией // Ученые записки Казанского ун-та. – 2016. – Т. 158. – Кн. 2. – С. 197-206. (Естественные науки).

119. **Азанова А.А., Желтухин В.С., Абуталипова Л.Н.** Исследование механизма воздействия ВЧЕ-плазмы пониженного давления на хлопковое волокно // Вестн. технологич. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 24. – С. 72-75.

120. **Азанова А.А., Ившин Я.В., Кирпичников А.П.** Сканирующая электронная микроскопия льняных волокон, обработанных низкотемпературной плазмой // Вестн. технологич. ун-та. – 2017. – Т. 20. – № 17. – С. 63-64.

121. **Неменуцкая Л.А.** Перспективы использования радиационных технологий в АПК // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 118-121.

122. **Князев Б.А.** Низкотемпературная плазма и газовый разряд. – Новосибирск: Новосибирский гос. ун-т, 2003. – 290 с.

123. **Исаев А.В.** Эффективные режимы предпосевной обработки семян рапса в электромагнитном поле сверхвысокой частоты / А.В. Исаев, А.В. Бастрон, А.В. Мещеряков. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2017. – 146 с.

124. **Зубова Р.А.** Обоснование режимов предпосевной обработки семян с твердой оболочкой ультразвуком и электромагнитным полем сверхвысокой частоты / Р.А. Зубова, А.В. Бастрон, В.А. Кожухов. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2018. – 140 с.

125. Явления переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств // Матер. II Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж: ВГУИТКТ, 2016. – 624 с.

126. **Давадов Ф.Д., Гернет М.В., Грибкова И.Н., Борисенко О.А., Янкевич С.В.** Исследование влияния ультразвука на качество непасте-

ризованного пива // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – Т. 8. – № 2 (46). – С. 136-139.

127. **Самарин Г.Н., Скопцова Т.И., Евентьева Е.А., Кривогузов Д.Ю.** Ультразвуковая обработка жидких сред // Изв. Великолукской ГСХА. – 2017. – № 5. – С. 41-45.

128. **Lu Y., Turley A.C., Dong X., & Wu C.** Reduction of *Salmonella enterica* on grape tomatoes using microwave heating. *International Journal of Food Microbiology*. – 2011. – No. 145. – Pp. 349-352.

129. **Kretova Yu.I.** Mycelial contamination of food raw materials and ways to eliminate it. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. – 2014. – V. 2. – No. 3. – Pp. 5-12 (In Russian).

130. **Пестова Л.П., Винеvский Е.И., Чернов А.В., Иваницкий К.И.** Совершенствование комбинированного способа сушки листьев табака на основе применения СВЧ-излучений // Сб. науч. тр. Всерос. науч.-исслед. ин-та табака, махорки и табачных изделий. – 2019. – № 182. – С. 317-323.

131. **Бородин И.Ф., В.И. Пахомов.** Энергосберегающие нанoeлектротехнологии в сельском хоз-ве // Нанoeлектротехнологии в сельском хозяйстве. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – С. 38-45.

132. **Лозманова С.С.** Разработка и исследование технологии функционального кисломолочного продукта с экстрактом шиповника и пищевыми волокнами: автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.18.04. – Кемерово, 2014. – 16 с.

133. **Колоколова А.Ю., Илюхина Н.В., Тришканева М.В., Королев А.А.** Влияние комбинирования микроволнового и ультрафиолетового методов обработки растительного сырья на ингибирование культуры *Salmonella* // Вестн. Воронежского ГУИТ. – 2020. – Т. 82. – № 1 (83). – С. 76-81.

134. **Гусейнова Б.М.** Сортoвые, биохимические и технологические особенности хранения, переработки и производства продуктов питания функционального назначения из плодово-ягодного сырья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук 05.18.01. – Махачкала, 2014. – 49 с.

135. **Джарулаев Д.С., Мустафаева К.К., Гаджимурадова Р.М., Цмиева Н.Р.** Устройство для увеличения проницаемости клеток плодово-ягодного сырья // Пищевая пром-сть. – 2009. – № 8. – С. 21.

136. **Кузьмин К.В.** Обеспечение качества ликероводочных изделий путем стабилизации коллоидной системы с помощью модифицированного крахмала: автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.18.15. – Кемерово, 2014. – 16 с.

137. Оборудование микроволновой, вакуумной сушки, жарки и стерилизации для предприятий пищевой, биохимической, строительной промышленности и фер-

мерских хозяйств [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ingredient.su> (дата обращения: 05.06.2020).

138. **Alvarado C., Brooks J.C., Brashears M.M., Brashears T., Coccoli G., et al.** Method and system for preserving food. United States Patent 8956673. – 2015.

139. **Пискунов Д.А., Логачев А.В.** Обзор СВЧ-установок для предпосевной обработки семян в сельском хозяйстве // Инновационные тенденции развития рос. науки: матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых / Отв. за выпуск В.Л. Бопп. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2016. – С. 163-167.

140. **Беляева М.А., Малази С.А.** Математическая модель процесса сушки кисломолочных продуктов с использованием инфракрасного и конвективного методов нагрева // Пищевая пром-сть. – 2019. – № 10. – С. 89-92.

141. Инфракрасное излучение. Влияние и применение [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nazdor.ru/topics/improvement/devices/current/470064/> (дата обращения: 10.06.2020).

142. **Залётова Т.В., Зубова Е.В., Лаврёнова З.И.** Динамика изменений органолептических показателей качества сушеных яблок в зависимости от времени сушки и предварительной обработки сырья // Вестн. Мичуринского ГАУ. – 2017. – № 2. – С. 64-68.

143. **Иванов И.В.** Исследование и разработка технологии чипсов из мяса птицы с использованием вакуумной инфракрасной сушки: автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.18.04. – Кемерово, 2014. – 19 с.

144. **Омаров М.М., Исламов М.Н., Абдулхаликов З.А.** Сушка моркови с использованием инфракрасных излучателей СФ-4 // Пищевая пром-сть. – 2009. – № 8. – С. 18-19.

145. **Овсянников В.Ю., Бабенко М.С.** Исследование процесса пастеризации молока ИК-излучением // Молоч. пром-сть. – 2014. – № 8. – С. 34-35.

146. Облучение плодов и овощей [Электронный ресурс]. URL: http://www.agrikulture.ru/type/microbiologic2_10.html (дата обращения: 22.06.2020).

147. **Петров А.Н., Шишкина Н.С., Шаталова Н.И.** Перспективные направления применения ионизирующих излучений для оптимизации технологии хранения и переработки плодоовощной продукции // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф.. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 222-225.

148. **Иванова Д.М., Кондакова Е.И., Ультан С.И.** Форсайт мирового рынка радиационных технологий // Молодёжь третьего тысячелетия: сб. науч. ст. – 2017. – С. 553-558.

149. **Андреев М.П.** Радиационные технологии в пищевой промышленности // Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном

мире: матер. III науч. школы молодых учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвящ. 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина / Под ред. А.М. Орлова, И.И. Гордеева, А.А. Сергеева. – 2018. – С. 10.

150. **Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Тихонов В.Н.** Перспективы применения физических факторов в АПК // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 278-282.

151. **Будник С.В., Шилов О.А.** Антимикробная обработка ускоренными электронами рыбы и морепродуктов // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 78-81.

152. **Громов А.А., Жанжора А.П., Коваленко О.И., Тенишев В.П.** Обработка пищевых продуктов ионизирующим излучением в Российской Федерации // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 151-154.

153. Материалы сайта: доступ свободный http://rosatom.ru/about-nuclear-industry/ves-spektr-radiatsionnykh-tekhnologiy/index.php?sphrase_id=731585 (дата обращения: 07.07.2019).

154. **Полякова С.П., Баженова А.Е., Пестерев М.А., Грачева А.Ю., Прокопенко А.В., Илюхина Н.В., Филиппович В.П., Павлов Ю.С., Завьялов М.А.** Использование ионизационного облучения для повышения микробиологической безопасности растительного сырья // Пища. Экология. Качество: матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (8-10 ноября 2017 г.). – Новосибирск: Новосибирский ГАУ, 2017. – Т. 2. – С. 122-125.

155. **Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Кибина И.И., Павлов А.Н.** Перспективы развития рынка радиационных технологий в сельском хозяйстве и перерабатывающей промышленности // Экономика с.-х. и перераб. предпр. – 2015. – № 8. – С. 30-34.

156. **Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Кибина И. И., Павлов А.Н., Тихонов В.Н.** Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 5. – С. 87-92.

157. **Сушенцова Д.М.** Современные технологии обработки пряностей // Евразийское пространство: добрососедство и стратегическое партнерство: Матер. VIII Евразийского экономического форума молодежи: в 3 т. / Отв. за выпуск Я.П. Силин, Р.В. Краснов, Е.Б. Дворядкина. – 2017. – С. 229-233.

158. **Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Федянина Н.И.** Трансформация факторов лежкоспособности свежих фруктов при обработке ионизирующими излучениями, модифицировании состава газовой среды и условий охлаждения // Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти В.М. Горбатова. – 2018. – № 1. – С. 297-299.

159. **Рождественская Л.Н., Дриль А.А.** Использование электронной стерилизации при комплексной переработке культивированной вешенки // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 225-227.

160. **Чиж Т.В., Лой Н.Н., Губарева О.С., Кузнецов В.К., Урсу Н.В., Гулина С.Н.** Влияние гамма-излучения на продолжительность хранения и показатели качества картофеля // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 238-241.

161. **Лой Н.Н., Санжарова Н.И., Губарева О.С., Чиж Т.В., Гулина С.Н.** Применение радиационных технологий при хранении картофеля // Науч. тр. СКФНЦСВВ. – Т. 20. – 2018. – С. 66-71.

162. **Цыгвинцев П.Н.** Торможение физиологических процессов в клубнях картофеля после облучения // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 11. – С. 341-346.

163. **Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Шаталова Н.И., Левшенко М.Т., Коровкина Н.В.** Эффективная комплексная технология хранения фруктов и овощей с применением ионизирующих излучений и модифицированием состава газовой среды // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 318-321.

164. **Лой Н.Н., Кузнецов В.К., Санжарова Н.И., Губарева О.С., Чиж Т.В., Гулина С.Н.** Влияние гамма-облучения на хранение и качество свежих овощей и фруктов // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 214-217.

165. **Ревина А.А., Павлов Ю.С., Суворова О.В.** Радиационная стабильность бурых макро- и микроводорослей, их спиртовых и водно-спиртовых экстрактов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: матер. XII Междунар. конф. (Ялта, 6-10 июня 2016 г.). – М.: РУДН, 2016. – С. 490-493.

166. **Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю., Прокопенко А.В., Филиппович В.П.** Закономерности ингибирования условно-патогенной микрофлоры

ры под воздействием ионизационного облучения // *Междунар. с.-х. журн.* – 2018. – № 5 (365). – С. 70-72.

167. **Санжарова Н.И.** Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: история, современное состояние и перспективы // *Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф.*. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 32-36.

168. **Петров А.Н., Гельфанд С.Ю., Завьялов М.А., Филиппович В.П., Прокопенко А.В.** Перспективы радиационной обработки сельскохозяйственной и пищевой продукции // *Науч.-инновационные аспекты при создании продуктов здорового питания. Перспективы радиационной обработки с.-х. и пищевой продукции.* – РАСХН, 2012. – С. 194-196.

169. **Санжарова Н.И., Гераськин С.А., Исамов Н.Н., Козьмин Г.В., Лой Н.Н., Павлов А.Н., Пименов Е.П., Цыгвинцев П.Н.** Научные основы применения радиационных технологий в сельском хозяйстве. – Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2013. – 133 с.

170. **Бондаренко В.С., Татарова М.Ю.** Полиморфизм IRAP-маркеров в зародышах семян ячменя при радиационном воздействии // *Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф.* – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 54-58.

171. **Гераськин С.А., Волкова П.Ю., Чурюкин Р.С., Битаршвили С.В., Бондаренко В.С., Казакова Е.А.** Механизмы формирования адаптивных реакций при облучении семян сельскохозяйственных культур низкими дозами ионизирующего излучения // *Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф.* – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 69-72.

172. **Перькова А.В., Волкова П.Ю.** Анализ изменений пролиферативной активности клеток корневой меристемы проростков ячменя, выросших из гамма-облученных семян // *Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф.* – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 98-100.

173. **Конюхов Г.В., Низамов Р.Н., Тарасова Н.Б., Вагин К.Н., Шашкаров В.П.** Биологическая полноценность и безвредность зерна, полученного с использованием радиационных технологий // *Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф.* – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 199-202.

174. **Кобялко В.О., Саруханов В.Я., Полякова И.В.** Перспективы использования радиационной обработки для решения проблемы

микотоксинов в сельскохозяйственном сырье и пищевой продукции // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 187-191.

175. **Усенко Н.И., Отмахова Ю.С., Брызгин А.А.** Возможности и условия применения технологии ионизирующего облучения зерна пшеницы и муки // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 234-237.

176. **Кобялко В.О., Полякова И.В., Саруханов В.Я., Фролова Н.А., Дыдыкин А.С., Лауринавичюс К.С., Дороничев Ф.В.** Радиационная обработка пищевых продуктов животного происхождения в целях обеспечения продовольственной безопасности военнослужащих // Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти В.М. Горбатова. – 2018. – № 1. – С. 106-110.

177. **Мусина О.Н., Коновалов К.Л.** Радиационная обработка ионизирующим излучением продовольственного сырья и пищевых продуктов // Пищевая пром-сть. – 2016. – № 8. – С. 46-49.

178. Материалы сайта: доступ свободный http://rosatom.ru/journalist/smi-about-industry/minzdrav-podderzhal-izuchenie-obrabotki-produktov-ioniziruyushchim-oblucheniem/?sphrase_id=731585 (дата обращения: 15.07.2019).

179. **Gracheova A.Yu., Zaviyalov M.A., Kondratenko V.V., Filippovich V.P., Pavlov Yu.S., Prokopenko A.V.** // Accelerators application for radiation processing of foodstuffs. Proc. 24th Russian Particle Accelerator Conference RuPAC 2014. – 2014. – P. 470-472.

180. **Павлов Ю.С., Петров А.Н., Тришканева М.В., Федянина Н.И., Мишуров Н.П., Неменуцкая Л.А.** Радиационные методы в переработке сельскохозяйственных культур: науч. анализ. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.

181. Научные разработки [Электронный ресурс]. URL: <http://гнувиэсх.рф/ozuv.html> (дата обращения: 05.04.2020).

182. **Лебедев Н.М., Грачев В.А., Плямина О.В., Лебедев О.Ю., Лукичёва Д.С., Доильницын В.А., Акатов А.А., Леонов Л.В.** Испытание комбинированного способа ультрафиолетового и ультразвукового обеззараживания сточных вод // Экология и пром-сть России. – 2019. – Т. 23. – № 7. – С. 26-30.

183. **Летаев С.А.** Обоснование параметров установки обеззараживания молока на фермах ультрафиолетовым и инфракрасным излучением: автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.20.02. – М., 2012. – С. 19.

184. Водочистка и водоподготовка [Электронный ресурс] URL: http://www.bryzzgi.ru/UV_equipment.html (дата обращения: 14.05.2020).

185. **Баранов Д.А., Юферев Л.Ю.** Установки для обеззараживания воздуха на основе УФ-ламп последнего поколения // Инновации в сел. хоз-ве. – 2012. – № 1. – С. 44-48.

186. **Юферев Л.Ю., Алферова Л.К., Юферева А.А.** Результаты испытаний УФ-облучателей повышенной эффективности // Инновации в сел. хоз-ве. – 2014. – № 1(6). – С. 36-39.

187. Ультрафиолетовые технологии [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lit-uv.com/ru> (дата обращения: 11.06.2020).

188. УФ-системы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.uv-systems.ru> (дата обращения: 20.06.2020).

189. Обеззараживание воды и сточных вод. Водочистка и водоподготовка [Электронный ресурс]. URL: <http://www.svarog-uv.ru> (дата обращения: 15.06.2020).

190. **Харитонов Д.В., Будрик В.Г.** Инновационные разработки ФГБНУ ВНИМИ для молочной и других отраслей пищевой промышленности // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: фундаментальные и прикладные аспекты: матер. V Междунар. науч.-практ. конф. – 2015. – С. 30-34.

191. **Ласточкина О.В., Горелов П.В.** Биологические микрочипы – новый уровень лабораторных исследований // Аналитика. – 2017. – № 5. – С. 76-86.

192. **Быстров П.А., Полякова С.П., Ревина А.А., Суворова О.В., Павлов Ю.С., Ершов Б.Г.** Возможности радиационного центра ИФХЭ РАН по исследованию электронно-лучевой обработки сельскохозяйственных и пищевых продуктов // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. / (26-28 сентября 2018 г.). – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 131-136.

193. **Ревина А.А., Воропаева Н.Л., Мухин В.М., Чекмарь Д.В.** Влияние наночастиц железа на физикохимические свойства и функциональную активность углей из растительного сырья. Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты // Сб. науч. тр. / Под общ. ред. В.Н. Зеленкова – Вып. 23. – 2016. – М.: Изд-во РАЕН. – С. 30-40.

194. **Кузин А.М.** Идеи радиационного гормезиса в атомном веке. – М.: Наука, 1995. – 185 с.

195. **Бирюлин С.И., Посокина Н.Е., Тришканева М.В.** Выделение углеводов из растительного сырья и их идентификация с применением капиллярного электрофореза // Овощи России. – 2019. – № 5 (49). – С. 84-87.

196. Electron beam agrobionanotechnologies for agriculture and food industry enabled by electron accelerators / Y.S. Pavlov, A.A. Revina, O. V. Souvorova et al. // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2017. – Vol. 941. – P. 012098

197. **Воропаева Н.Л., Мухин В.М., Карпачев В.В., Ткачев А.Г., Гусев А.А.** Модифицированное природное сырье и продукты переработки его отходов в составе экологически безопасных (нано)чипов для АПК // *Экологический вестн. Северного Кавказа*. – 2015. – Т. 11. – № 1. – С. 31-34.

198. **Gusev A.A., Akimova O.A., Zakharova O.V., Godymchuk A.Y., Krutyakov Y.A., Klimov A.I., Denisov N.A., Kuznetsov D.V.** Morphometric Parameters and Biochemical Status of Oilseed Rape Exposed to Fine-Dispersed Metallurgical Sludge, PHMB-Stabilized Silver Nanoparticles and Multi-Wall Carbon Nanotubes // *Advanced Materials Research*. – 2014. – P. 212-218.

199. **Smirnova E., Gusev A., Sheina O., Tkachev A., Lazareva E.** Uptake and accumulation of multiwalled carbon nanotubes change the morphometric and biochemical characteristics of *Onobrychis arenaria* seedlings // *Frontiers of Chemical Science and Engineering*. – 2012. – № 1. – P. 15-19.

200. **Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Голубев И.Г., Неменушая Л.А.** Обзор российских нанопрепаратов для обработки сельскохозяйственных культур // *Российские нанотехнологии*. – 2015. – Т. 10. – № 3-4. – С. 126-131.

201. **Коваленко Л.В., Павлов Г.В., Фолманис Г.Э.** и др. Ультрадисперсные порошки в решении проблемы продовольственной независимости России // *Физикохимия ультрадисперсных систем: тр. конф.* – Обнинск, 1998. – С. 211.

202. **Ruban I.N., Voropaeva N.L., Figovsky O.L., Sharipov M.D., Dadajanov T.K.** Biologically active multifunctional nanochips and method of application thereof for production of high-quality seed // U.S. Patent № 8209902 (2012).

203. **Revina A.A., Suvorova O.V., Pavlov Yu S., Tytik D.L.** The Role of Self-Assembly Processes in the Formation of Iron Nanoparticles in Inverse Micelles. Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2019. – Vol. 55. – № 5. – P. 888-894.

204. **Voropaeva N.L., Mukhin V.M., Revina A.A., Busev C.A., Karpachev V.V.** Recultivation of plant wastes (straw) and obtaining (nano) chips with bactericidal properties based on them // *GeoScience Engineering*. – 2015. – Vol. LXI- N 3. – P. 1-7.

205. **Баранов О.В., Быстров П.А., Гордеев А.В.** и др. Изучение воздействия облучения электронным пучком на многослойные полимерные материалы после обработки и хранения в течение года // *Лазерные, плазменные исследования и технологии: ЛаПлаз-2018: матер. IV Междунар. конф.* – М.: НИЯУ МИФИ. – С. 397-398.

206. **Мухин В.М., Воропаева Н.Л., Карпачев В.В.** и др. Способ получения активного угля из растительных отходов: пат. РФ № 2527221 (2014).

207. Способ получения активного угля (АУ) из растительного сырья – соломы крестоцветных масличных культур: пат. РФ № 2562984 (2015).

208. **Скрипкин К.С., Киран Р., Касаткин В.Э., Ревина А.А.** Электрокаталитические свойства металлических наночастиц Fe, Ni и биметаллических Fe/Ni наноразмерных частиц // Успехи химии и химической технологии: сб. науч. тр. – Т. XXX. – № 6 (175). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. – С. 101-103.

209. **Ефремов С.А., Кишибаев, К.К., Кабулов, А.Т.** и др. Получение и исследование активных углей на основе сополимера фурфурола // Изв. акад. наук. сер. химическая. – 2018 (6). – С. 997-1001.

210. **Мухин В.М., Курилкин А.А., Воропаева Н.Л., Спиридонов Ю.Я.** Новые адсорбенты на основе соломы сельхозкультур для предпосевной обработки семян // Успехи современной науки. – 2017. – № 1 (10). – С. 79-81.

211. **Карпачев В.В., Мухин В.М., Воропаева Н.Л.** Получение новых (нано)материалов из соломы масличных капустных культур // Символ науки. – 2017. – 2 (1). – С. 131-133.

212. **Хвиюзова К.А., Богданович Н.И., Воропаева Н.Л., Карпачев В.В.** Активные угли, полученные методом термохимической активации соломы рапса // Химия растительного сырья. – 2020. – № 1. – С. 337-346.

213. Пат. РФ № 2322327. Ревина А.А. / Бюл. № 11. – 2008.

214. **Ревина А.А., Павлов Ю.С.** Роль радиационной химии в современной нанотехнологии // Радиационная физика твёрдого тела: тр. XXV Междунар. конф. – М.: ФГБНУ «НИИ ПМТ», 2015.

215. **Ruban N., Voropaeva et.al.** Biologically active multifunctional nanochips and method application thereof for production of high-quality seed / Пат. USA, 2012, № 12459518.

216. **Тыньо Я.Я., Воропаева Н.Л., Карпачев В.В., Фиговский О.Л.** Новые функциональные (нано)материалы для АПК из ежегодно возобновляемых растительных отходов // VIII ежегодная конф. Нанотехнологического общества России: сб. тез.; науч. изд. – 2017. – С. 224-226.

217. **Voropaeva N., Yanina M., Gusev A., Karpachev V., Mukhin V., Tkachev A., Varlamov V., Figovsky O.** Innovative application technology for challenging inducers of disease resistance in spring rape in (nano) chips // Inzynieria Mineralna. – 2015. – Т. 2015. – № 2. – С. 257-262.

218. **Воропаева Н.Л., Фиговский О.Л.** Нанотехнологии предпосевной обработки семян с использованием (нано)чипов // Инж. вестн. Дона. – 2014. – № 1 (28). – С. 86.

219. **Воропаева Н.Л., Ибралиу А., Фиговский О.Л., Кадиаси Н., Варламов В.П., Карпачев В.В.** Регулирование роста, развития и продуктивности растений олигохитазаном в составе полифункциональных на-

ночипов с применением нанотехнологий // Вестн. Московского гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2012. – № 7. – С. 32-35.

220. **Воропаева Н.Л., Ревина А.А., Карпачев В.В.** Новые функциональные (нано)материалы из первичных сельскохозяйственных отходов // Инновационная наука: прошлое, настоящее, будущее: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. в 2 ч. – 2016. – Ч. 2. – С. 21-23.

221. **Воропаева Н.Л., Мухин В.М., Ревина А.А., Бусев С.А., Карпачев В.В.** Рекультивация растительных отходов (соломы) и получение на их основе наночипов с бактерицидными свойствами // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и с.-х. пр-ва: сб. матер. IV Междунар. науч. экологической конф. – 2015. – С. 505-510.

222. **Клушин В.Н., Си Т.А., Мухин В.М., Со В.М., Нистратов А.В., Воропаева Н.Л.** Способ получения активного угля из растительного сырья: пат. RU 2609802 С1, 06.02.2017; Заявка № 2015149673 от 19.11.2015.

223. Радиационно-химический синтез наночастиц металлов в обратных мицеллах / Ю.С. Павлов, О.В. Суворова, М.А. Кузнецов, А.А. Ревина // Нанотехнологии. Наука и производство. – 2016. – № 1. – С. 3-19.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ	5
1.1. Характеристика традиционных физических методов	
1.2. Физические методы обработки сельскохозяйственного сырья, основанные на технической модернизации	10
2. ВИДЫ СОВРЕМЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ	16
2.1. Акустические методы.....	16
2.2. Вибрационное воздействие	23
2.3. Электрофизические методы обработки сельскохозяйствен- ного сырья	27
2.3.1. Обработка с использованием электростатического поля, электроконтактной обработки, токов постоянной и низкой частоты, электрофлотации.....	27
2.3.2. Лазерная обработка.....	31
2.3.3. Плазменная обработка	34
2.3.4. Обработка СВЧ-излучением	36
2.3.5. Обработка инфракрасным излучением	42
2.3.6. Радиационная обработка	44
2.3.7. Обработка ультрафиолетовым излучением	52
3. ИННОВАЦИОННЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
ЛИТЕРАТУРА	65

**Николай Петрович Мишуров,
Людмила Алексеевна Неменушая,
Юрий Сергеевич Павлов,
Владимир Владимирович Кондратенко,
Марина Валерьевна Тришканева,
Алексей Александрович Королев**

**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ**

Аналитический обзор

Редактор *В.И. Сидорова*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *Г.А. Прокопенковой*
Корректор *М.А. Обознова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 12.08.2020 Формат 60x84/16
Бумага офсетная Гарнитура шрифта «Times New Roman» Печать офсетная
Печ. л. 5,5 Тираж 500 экз. Изд. заказ 63 Тип. заказ 198

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1576-3



785736 715763

ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ

Информационный бюллетень Минсельхоза России выпускается ежемесячно тиражом более 4000 экземпляров и распространяется во всех регионах страны, поступает в органы управления АПК субъектов Российской Федерации. В журнале публикуются материалы информационно-аналитического характера о деятельности Министерства по реализации государственной аграрной политики, отражаются приоритеты, цели и направления развития сельского хозяйства и сельских территорий, материалы о мероприятиях, проводимых с участием первых лиц государства по вопросам развития отрасли, освещается ход реализации Госпрограммы на 2013-2020 годы.

Вы прочтете проблемные статьи и интервью с руководителями регионов, ведущими учеными-аграрниками, руководителями сельхозпредприятий и фермерами. Широко представлены новости АПК регионов.

В приложении к Информационному бюллетеню публикуются официальные документы – постановления Правительства России, законодательные и нормативные акты по вопросам АПК, приказы Минсельхоза России.

**Подписку можно оформить через Роспечать (индекс 37138)
и редакцию с любого месяца и на любой период,
перечислив деньги на наш расчетный счет.
Стоимость подписки на 2020 г. с учетом доставки
по Российской Федерации – 4752 руб. с учетом НДС (10%);
396 руб. с учетом НДС (10%) за один номер.**

Банковские реквизиты: УФК по Московской области
(Отдел №28 Управления Федерального казначейства по МО)
ИНН 5038001475 / КПП 503801001 ФГБНУ «Росинформагротех»,
л/с 20486Х71280, р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России
по ЦФО БИК 044525000 ОКТ МО 46758000

**Журнал уже получают тысячи сельхозтоваро-
производителей России и стран СНГ**

В Информационном бюллетене Минсельхоза России
Вы можете разместить свои аналитические
и рекламные материалы, соответствующие целям
и профилю журнала. Размещение рекламы
можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех»
перечислив деньги на наш расчетный счет.

Телефоны для справок: 8 (496) 531-19-92,
(495) 993-55-83,
(495) 993-44-04.

e-mail: market-fgnu@mail.ru, ivanova-fgnu@mail.ru



