

3. Ультразвуковой дальномер. [Электронный ресурс.] – Режим доступа: <http://yandex.ru/patents/doc/RU189788U120190604> – Дата доступа: 10.05.2021.

4. Электробезопасность: пособие / сост.: А.И. Федорчук, В.Г. Андруш, О.В. Абметко. – Минск: БГАТУ, 2012. – 188 с.

5. Федорчук, А.И. Снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в АПК / А.И. Федорчук, В.Г. Андруш. – Монография. Минск: БГАТУ, 2012. – 244 с.

6. Сигнализатор опасного приближения к высоковольтным установкам. [Электронный ресурс.] – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2496202> – Дата доступа: 10.05.2021.

7. Андруш, В.Г. Безопасность работы зерноуборочного комбайна под линиями электропередач / В.Г. Андруш, Г.И. Белохвостов, В.Е. Дорохов, В.В. Русских // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сб. статей V МНПК Минск, 25-26 марта 2021 г.) / под общ. ред.: В.Я. Груданова. – Минск: БГАТУ, 2021. – С.165 – 168.

8. Автоматические сигнализаторы опасного напряжения – [Электронный ресурс.] - Режим доступа: <https://mash-xxl.info/info/700176/>. – Дата доступа: 10.05.2021.

9. Сигнализаторы на автокранах – [Электронный ресурс.] – Режим доступа: [https://sinref.ru/000\\_uchebniki/05300\\_tehnika/000\\_avtomobilnie\\_krani\\_zaichev/042.htm](https://sinref.ru/000_uchebniki/05300_tehnika/000_avtomobilnie_krani_zaichev/042.htm) – Дата доступа: 10.05.2021.

## **УДК 620.1:630.4**

**В.С. Корко**, канд. техн. наук, доцент,

**П.В. Кардашов**, канд. техн. наук, доцент,

**М.А. Челомбитько**, канд. с.-х. наук, доцент,

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск*

## **УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Ключевые слова:** семена, плоды, овощи, эффекты ультразвука, кавитация, очистка, обеззараживание.

**Key words:** seeds, fruits, vegetables, ultrasound effects, cavitation, cleaning, disinfection.

**Аннотация:** рассмотрены факторы проявлений и особенности распространения ультразвуковых колебаний в жидких средах, приведены ре-

зультаты исследования разработанных технологических процессов мойки и обеззараживания плодоовощной продукции, стимулирования всхожести семян.

**Abstract:** The factors of manifestations and features of the propagation of ultrasonic vibrations in liquid media are considered, the results of the study of the developed technological processes of washing and disinfection of fruit and vegetable products, stimulating seed germination are presented.

Сельскохозяйственные материалы (семена, корма, пищевые продукты, плодоовощная продукция и др.) представляют собой объекты органической и биологической природы со своими специфическими свойствами и характеристиками, требующими избирательного подхода в выборе физических воздействий и технологий их переработки.

В проектах по глубокой переработке сырья предусматриваются, как правило, операции сортировки, мойки, стерилизации или сушки, охлаждения, упаковки и т.д. В последние годы в потребительских сетях растет спрос на мытые и/или замороженные овощи и фрукты в мелкой фасовке, особенно в вакуумной упаковке. Например, корнеплоды с остатками земли и другими загрязнителями, в отличие от очищенных или мытых, способствуют распространению различных заболеваний, имеют неприглядный вид, их негигиенично приобретать, хранить и использовать потребителю.

В современных условиях перспективными при стерилизации, консервировании считают нетермические методы обработки (высоким давлением, иррадиацией, ультрафиолетовым излучением, ультразвуком и т.п.), поскольку они без разрушающего термического воздействия продлевают срок годности продуктов путем ингибирования или уничтожения микроорганизмов, оказывают минимальное разрушающее воздействие на пищевые и сенсорные свойства продуктов при меньших энергозатратах [1, 2].

Рассмотрим результаты некоторых экспериментальных исследований процессов, протекающих под действием ультразвуковых колебаний в жидкостях: мойки и очистки продуктов от различных загрязнений, обеззараживания, активации сред и биологических объектов.

Выбор конкретной технологии основывается, в первую очередь, на технологических возможностях принятого физического фактора, доступности и стоимости практической реализации. Характерной особенностью современного состояния физики и техники ультразвука как источника механических колебаний в различных средах является широкий диапазон частот (от 16 до 1600 кГц и выше), область интенсивностей (от  $10^2$  до  $10^7$  Вт/м<sup>2</sup>), разнообразие акустических и технологических свойств и эффектов, обуславливающих различные области применения.

В различных влажных материалах и жидких средах воздействие ультразвука на объекты обусловлено комплексом первичных эффектов меха-

нической природы (переменное давление, кавитация, энергичные микропотоки, поверхностное трение и т.п.) а также вторичными эффектами, оказывающими механические, физико-химические и биологические действия [3...4].

Многообразные применения ультразвука условно разбивают на три области в зависимости от используемых свойств, интенсивности и частоты: получение информации о веществе; активное воздействие на вещество; обработка и передача сигналов.

Нами разработаны и реализованы на практике технологии ультразвуковой мойки и очистки яблок, огурцов, картофеля, редиса и др. [3...5]. Для проведения экспериментов использовали ультразвуковую установку УЗУ-0,25 (с выходной мощностью 250 Вт, рабочей частотой 18 кГц и ванной с тремя пьезоэлектрическими преобразователями, расположенными в днище).

В первую очередь исследованы процессы и закономерности распространения ультразвуковых колебаний и связанных с ними кавитационных процессов в однородной жидкой среде и при наличии в ванне различных по размерам и форме продуктов. Измерения активности кавитации в ультразвуковых полях осуществляли кавитометром ICA – 6D.

Акустическое поле в однородной жидкости при одностороннем излучении единичного излучателя в некотором приближении можно представить в виде направленного пучка с ближней зоной максимального и немонотонного изменения интенсивности и дальней зоной в виде расходящихся лучей с постепенно затухающей интенсивностью. При этом по мере удаления от источника ультразвука происходит расхождение луча, поглощение энергии, дифракция и интерференция волн. Уровни кавитации с увеличением расстояния уменьшаются по закону, близкому к экспоненциальному (таблица 1).

**Таблица1 – Зависимость уровня полной кавитации от расстояния до излучателя в ванне установки УЗУ – 0,25**

Расстояние до излучателя, м	Уровни полной кавитации в точках, о.е.		
	в однородной жидкости (воде)		при наличии яблока диаметром 0,04 м в центре ванны
	над излучателем	в центре между излучателями	над излучателем
0,01	62	21	52
0,02	43	26	50
0,04	30	39	40
0,06	25	34	-
0,08	22	30	8
0,10	20	26	15
0,12	18	22	10

Наиболее высокие уровни кавитации в ультразвуковой ванне наблюдаются в ближней зоне ультразвукового поля непосредственно над излучателями по направлению распространения волны. Наличие препятствия даже в виде единичного объекта значительно изменяет конфигурацию ультразвукового поля, особенно над объектом. При полном заполнении ультразвуковой ванны в один слой редисом или другим продуктом размерами от 0,02 до 0,04 м, практически вне зависимости от расстояния до излучателей, в воде над объектами (т.е. за препятствиями), уровни активности кавитации приближались к нулю, а под слоем, (т.е. над излучателями), зависимости были близки к представленным в таблице. Вместе с тем, в ближней зоне к объекту обработки вследствие явлений поглощения, отражения, дифракции, интерференции происходит некоторое увеличение уровня кавитации.

Полученные экспериментальные данные показывают, что наличие одного или нескольких объектов в ванне рассматриваются как сложные препятствия для распространения акустических волн при одностороннем расположении излучателей. В таких условиях ультразвуковому воздействию на объекты подвергаются в большей степени лишь поверхности, обращенные к излучателям. Значит, для эффективного воздействия требуется обеспечивать периодическое переворачивание продукта или предусматривать двухстороннее размещение излучателей относительно объекта обработки.

Для анализа эффективности ультразвукового воздействия при обработке, например яблок, определяли количественный состав поверхностной микробиоты (совокупности различных видов микроорганизмов), в частности, определяли общее содержание мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАМ), а также плесневых грибов и дрожжей.

Эксперименты по очистке и обеззараживанию яблок проводили в осенний период. В сравнении с контролем и образцом, мытым водой в ванне в течение 4 мин с постоянным перемешиванием, мойка в ультразвуковой ванне в течение 4 мин с поворачиванием через 2 мин обеспечивает практически на порядок меньшее количество МАФАМ, дрожжей и плесеней. Аналогичные результаты получены и через 1 месяц хранения образцов при температуре 5 °С.

Процессы ультразвуковой мойки и очистки продуктов от загрязнений обеспечиваются совместными действиями химически активной среды, кавитации и акустических течений, в результате чего происходит разрушение, диспергирование, отделение, растворение и обеззараживание поверхностного слоя вместе с микроорганизмами.

Результаты исследований показывают, что при ультразвуковой обработке вследствие кавитационных процессов происходит активация и стерилизующее действие сред, вследствие чего на поверхности обрабатываемых объектов снижается количество микроорганизмов и в процессе хранения их меньше образуется, что влияет на их качество и продолжительность сохранности [3...5].

Технологии ультразвуковой обработки для стимулирования и повышения всхожести наиболее эффективны для семян культур, обладающих твердокаменностью и низкой всхожестью (например, хурмы, кабачка, огурца и др.). В ванну с водным раствором, содержащим необходимые микроэлементы, стимуляторы, помещают партию семян (примерно 30 % от объема раствора) и обрабатывают в течение 5...10 мин. Некачественные семена всплывают за счет флотации, а кондиционные обеззараживаются, пробуждаются, на 2...3 дня ускоряется их всхожесть, повышается энергия прорастания. В процессе дальнейшего развития в этих образцах увеличивается длина корешков и проростков, что существенно сказывается на урожайности [3].

Характер и эффективность стимулирующего действия ультразвука на семена зависит от их вида, состояния, времени обработки и применения, а также параметров ультразвуковых колебаний и дозы воздействия.

#### **Список использованной литературы**

1. Chemat, F. Applications of Ultrasound in Food Technology: Processing, Preservation and Extraction. Ultrasonics Sonochemistry / F. Chemat [et al] – 2011, vol. 18, pp. 813–835.

2. Ercan, S. Use of ultrasound in food preservation. Natural Sci / S. Ercan, C. Soysal. – 2013, vol. 5, pp. 5–13.

3. Корко, В.С. Электрофизические методы стимуляции растительных объектов / В.С. Корко, Е.А. Городецкая. – Минск: БГАТУ, 2013. – 232с.

4. Корко, В.С. Влияние формы и размеров корнеплодов на характер распространения ультразвуковых колебаний в жидких средах / В.С. Корко. Агропанорама, №1, 2021. – С. 26–30.

5. Корко, В.С. Очистка и обеззараживание плодоовощной продукции в ультразвуковом поле / В.С. Корко, П.В. Кардашов, И.Б. Дубодел. Материалы Всероссийской НПК с международным участием «Энергосберегающие технологии в АПК». - Ярославская с.х. академия, 2018. – С. 134–135.

**УДК 633.375:633.2**

**В.Л. Сельманович**, канд. с.-х. наук, доцент,  
*Учреждение образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет», г.Минск*

### **ФОРМИРОВАНИЕ УКОСНЫХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ С КОЗЛЯТНИКОМ ВОСТОЧНЫМ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Ключевые слова:** многолетние травы, козлятник восточный, травосмесь, исследования, продуктивность.

**Key words:** perennial grasses, eastern goatgrass, herb mix, research, productivity.