

Авторефер.
К 64

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

КОНОВАЛОВ Сергей Александрович

УДК 631.563

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КРАТКОСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ИОННО-ОЗОННОЙ СРЕДЕ

Специальность 05.18.03 - хранение зерна (элеваторно-
складское хозяйство) и других сельскохозяйственных
продуктов

Перечет 1984

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1984

ботки и определение режимов, обеспечивающих минимальные потери сырья в заданный период хранения. В соответствии с поставленной целью решаются следующие основные задачи:

- изучение кинетики потерь качества исследуемого сырья в процессе краткосрочного хранения в неохлаждаемой ИОС;
- определение режимов ИОС, обеспечивающих минимальные потери растительного сырья в заданный период хранения;
- исследование и выбор генераторов ионов (ГИ) и озона, обеспечивающих требуемые режимы хранения растительного сырья;
- уточнение оптимальных условий транспортирования ионизированного газа в воздуховодах.

Методы исследований: Результаты экспериментов обрабатывали с помощью методов математической статистики и регрессионного анализа с надежностью 0,95. Товароведческую экспертизу и биохимические анализы хранимого сырья проводили общепринятыми методами.

Научная новизна работы заключается:

- в определении параметров неохлаждаемой ИОС, благоприятствующих хранению исследуемого сырья, и изучении кинетики потерь его качества в процессе краткосрочного хранения;
- в установлении зависимости общих потерь массы томатов от времени хранения и продолжительности ионно-озонной обработки;
- в разработке способа ионизации воздуха электрическим ГИ с фазоуправляемым источником питания и комбинированным включением системы коронирующих электродов (СКЭ), обеспечивающего заданный режим хранения;
- в обосновании выбора материала воздуховодов и нахождении оптимальных условий транспортирования ионизированного воздуха в зону хранения растительного сырья;
- в оптимизации режимов краткосрочного хранения в неохлаждаемой ИОС: плодов апельсинов – по показателю "минимальные потери за время перевозки" плодов из Кубы в СССР (18...20 суток), плодов

томатов – по показателю "минимальные удельные затраты электроэнергии на хранение";

- в установлении рациональных параметров ИОС для обработки влажного зерна пшеницы и кукурузы, обеспечивающих краткосрочное сохранение его посевных свойств в неохлаждаемых условиях.

Практическая ценность работы заключается в том, что результаты исследований автора и полученные рекомендации нашли применение: при организации опытной перевозки цитрусовых из Кубы в СССР в неохлаждаемой ИОС; при создании различных устройств ионизации воздуха и электроантисептирования пищевых продуктов. Экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы составил 139 тыс. рублей, ожидаемый экономический эффект – 115 тыс. рублей в год.

Основные положения диссертационной работы изложены и одобрены на Всесоюзном симпозиуме по атмосферному электричеству (Ленинград, 1973 г.), Всесоюзном научно-техническом симпозиуме "Физико-математические и биологические проблемы действия электромагнитных полей и ионизации воздуха" (Ялта, 1975 г.), III Всесоюзной конференции по применению аэрозолей в народном хозяйстве (Ереван, 1977 г.), Всесоюзной конференции "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов" (Воронеж, 1977 г.), Республиканской конференции "Пути сохранения сельскохозяйственной продукции" (Одесса, 1978 г.), V Всесоюзной конференции по кондиционированию воздуха на судах (Николаев, 1978 г.), VI и VII Всесоюзных конференциях по применению ЗИТ в народном хозяйстве (Тбилиси, 1981 и 1982 г.г.), Республиканской научной конференции молодых ученых по актуальным проблемам пищевой промышленности II пятилетки, посвященной 60-летию Советской Грузии (Тбилиси, 1981 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 25 работ и получено одно авторское свидетельство.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 120 страницах машинописного текста, иллюстрируется 44 ри-

сунками, 12 таблицами и состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы из 222 наименований и приложения на 15 страницах.

На защиту выносятся установление оптимальных режимов краткосрочного хранения плодов апельсинов, томатов, влажного зерна пшеницы и кукурузы в неохлаждаемой ИОС, а также метод и модели устройств обеспечения необходимых параметров ИОС.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

I. Состояние вопроса. В работе рассматриваются различные аспекты применения ИОС в промышленности, сельском хозяйстве и для хранения пищевых продуктов. Исследованиями, проведенными в Ленинградском технологическом институте холодильной промышленности, Ленинградском институте советской торговли, Московском институте народного хозяйства, Белорусском Государственном университете, институте фотобиологии АН БССР, Украинском научно-исследовательском институте торговли и общественного питания и др. показано, что ИОС обладает определенным биологическим действием. Большинство исследователей использует ИОС в качестве дополнительного физико-химического фактора, улучшающего сохраняемость пищевых продуктов при одновременном хранении в холодильных камерах. Получены положительные результаты при хранении картофеля, капусты, лука, чеснока, яблок, моркови, мяса, колбас и т. д. Озон широко применяют в процессе краткосрочных перевозок судами-рефрижераторами быстропортящихся охлажденных пищевых продуктов, в том числе и растительного сырья. Это отражается в технологических инструкциях зарубежных фирм поставщиков. Отмечается, что в некоторых работах необоснованно преувеличено положительное воздействие неохлаждаемой ИОС на процесс хранения растительного сырья. Отсутствуют объективные данные о влиянии этой среды на потери цитрусовых при краткосрочном хранении. Не исследована применимость ИОС для снижения потерь томатов при краткосрочном хранении на сырьевых площадках консервных заво-

дов, для продления сроков хранения влажного зерна пшеницы и кукурузы без существенной потери семенных свойств.

Сравнимые результаты по комплексу показателей контрольного и хранящегося в ИОС сырья можно получить только при воспроизведении основных параметров среды: температуры, влажности, скорости воздуха, концентрации озона, плотности объемного заряда ионов обоих знаков. Анализ литературных данных показывает, что вопросы выбора ГИ, материала воздухопроводов для транспортировки ионно-озонной смеси, влияния озона на работу ГИ требуют уточнения. Неоднозначность сведений об использовании неохлаждаемой ИОС для краткосрочного хранения растительного сырья и малочисленность исследований работы ГИ в таких средах позволили сформулировать изложенные выше цель и задачи исследования.

2. Результаты исследований. Объекты исследований: плоды томатов ("Факел"), апельсинов ("Валенсия"), влажное зерно пшеницы ("Кавказ I") и кукурузы ("Одесская IO"). В процессе эксперимента поддерживали следующие параметры (температура, °C - влажность, %): для плодов апельсинов (22...24 - 76...84), для томатов (12...18 - 72...85), для зерна (18...22 - 60...68). Исследования проводили одновременно в 4 опытных и I контрольной камерах.

Оборудование для ионизации воздуха. Применяв фазовую отсечку переменного напряжения промышленной частоты для питания "сотовой" СКЗ ГИ, мы получили ионы обоих знаков в широком диапазоне управляемых плотностей объемного заряда (ρ). Установлено, что для предложенного режима питания на расстоянии L_0 от СКЗ ρ^+ , ρ^- зависят от величины приложенного напряжения U , длительностей положительной τ^+ и отрицательной τ^- полуволн, радиуса вспомогательного кольца R и скорости набегающего потока воздуха ω . Безразмерную зависимость ρ от перечисленных переменных мы установили, применив метод анализа размерностей и аппроксимацию квадратичной моделью данных экспериментов, приведенных с привлечением

ортогонального центрального композиционного плана размерностью 5 для ρ^+ , рототабельного - для ρ^- ($\rho = n \cdot 1,5 \cdot 10^{-19}$ К/см³, n - условная концентрация ионов)

$$L_0^3 n^+ \cdot 10^{-6} = 1,065 + 0,5843 X_1 - 0,999 X_2 + 0,6533 X_3 + \\ + 0,2499 X_3^2 - 0,1295 X_4^2 + 0,16 X_1 X_3 + 0,105 X_1 X_4 - \\ - 0,1512 X_2 X_4 - 0,13 X_3 X_5 + 0,205 X_4 X_5 \quad (3)$$

$$L_0^3 n^- \cdot 10^{-6} = 1,577 - 0,553 X_1 + 1,138 X_2 + 0,607 X_3 + 0,2687 X_4 + \\ + 0,1919 X_5^2 - 0,269 X_1 X_2 - 0,236 X_1 X_4 - 0,115 X_1 X_5 + \\ + 0,36 X_2 X_3 - 0,1125 X_2 X_5 + 0,1 X_4^2 \quad (4)$$

где $X_{i-1} = \frac{2\pi_i - (\gamma_i + \beta_i)}{\beta_i - \gamma_i}$; $\pi_2 = \tau^+ \cdot d \cdot L_0^3$; $\pi_3 = \tau^- \cdot d \cdot L_0^3$; $\pi_4 = \omega L_0^2 \cdot d^{-1}$
 $i = 2 \dots 6$ $\pi_5 = U \cdot k \cdot L_0 \cdot d^{-1}$; $\pi_6 = R L_0^{-1}$

$$2,5 \cdot 10^3 \text{ В} \leq U \leq 7 \cdot 10^3 \text{ В}$$

$$L_0 = 0,15 \text{ м}$$

$$10^{-3} \text{ с} \leq \tau^+ \tau^- \leq 9 \cdot 10^{-3} \text{ с} \quad k = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$10^{-2} \text{ м} \leq R \leq 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м} \quad d = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$$

$$0,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} \leq \omega \leq 3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

$[\gamma_i, \beta_i]$ - интервал изменения величины π_i .

Исследовали влияние на ионизационную способность ГИ обдува СКЭ воздухом с концентрацией озона ($n[O_3]$) до 25 мг/м³. Установлено, что в данном случае на выходе ГИ наблюдается рост ρ^+ в среднем до 8%, а ρ^- - до 14%. Показана возможность изменения ионизационной способности ГИ с короной постоянного тока путем воздействия на потенциал кольца в "сотовой" СКЭ - рис. 1.

Созданные в зоне СКЭ ионы передаются в рабочий объем технологического помещения по системе воздуховодов. Экспериментально доказано, что оптимальным с точки зрения минимизации потерь является совместное транспортирование в металлическом воздуховоде положительных и отрицательных легких ионов. Их потери в этом случае уменьшаются в среднем на 50% по сравнению с раздельным транспортированием. Изменение n на выходе из воздуховодов, изготовленных

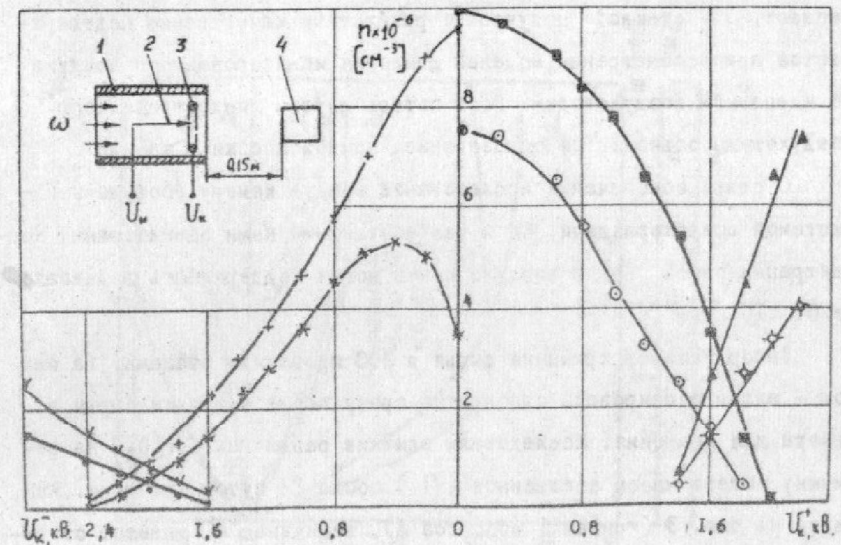


Рис. 1

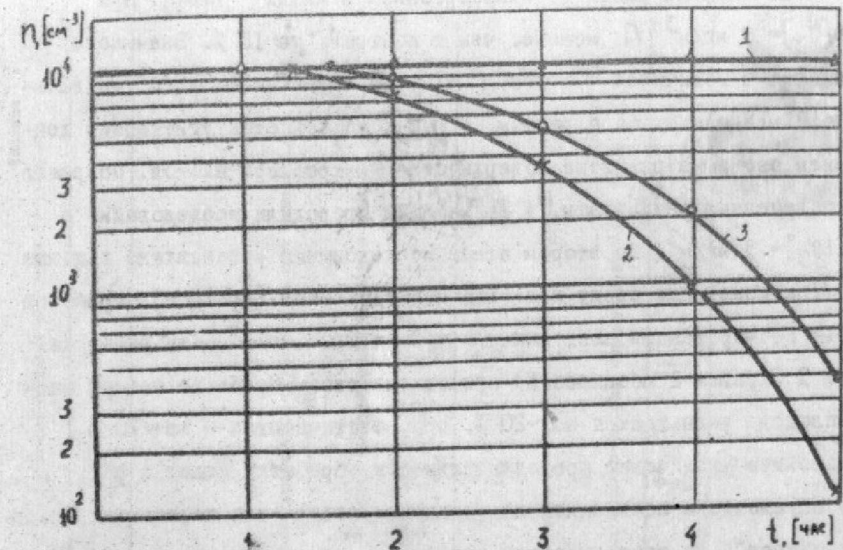


Рис. 2

из различных материалов, приведено на рис. 2 (1 - металл, 2 - винипласт, 3 - стекло). Полученные результаты качественно подтверждают при рассмотрении моделей движения ионизированного воздуха по идеальным воздуховодам. Рост потерь внутри диэлектрического воздуховода объясняется образованием ионной пробки в канале.

С целью обеспечения исследований каждую камеру оборудовали системой воздухоподдачи, ГИ и разработанными нами озонаторами. Концентрация озона в воздухе камер могли поддерживать в диапазоне 0...10 мг/м³.

Выбор режимов хранения сырья в ИОС проводили этапами. На первом - плоды озонировали однократно сразу после закладки сырья в камеры для хранения. Исследовали влияние различных $n[O_3]$ на величину потерь массы апельсинов (Π) после 22 суток хранения. Как видно из рис. 3 (кривая 1 абсцисса А), величина Π зависит от режима обработки. При $n[O_3]=0,1$ мг/м³, $\Pi = 122\%$ ($\Pi = 100\%$ в контрольной партии). Полученный результат объясняется стимулирующим действием на развитие микроорганизмов малых $n[O_3]$. При $n[O_3]=3$ мг/м³ Π меньше, чем в контроле на 18%. Значимого различия в величинах Π для $n[O_3]=3$ мг/м³ и 10 мг/м³ не выявлено. Уменьшение Π с ростом $n[O_3]$ объясняется угнетающим действием озона на развитие поверхностной микрофлоры плодов. Опираясь на полученные результаты, в дальнейшем проводили исследования с $n[O_3]=3$ мг/м³. Во втором этапе исследований установлено влияние на Π к конечному сроку хранения периодической (дробной) обработки сырья озонированным воздухом с $n[O_3]=3,07$ мг/м³. Как видно из рис. 3 (кривая 2 абсцисса Б) при одночасовой обработке потери массы плодов уменьшаются на ~20%, при девятичасовой - на ~70%. Дальнейшее увеличение продолжительности обработки ведет к росту Π , что обусловлено появлением на некоторых плодах так называемых "озонных ожогов". На третьем этапе определяли влияние ионизации воздуха на величину Π плодов апельсинов в процессе их краткосрочного

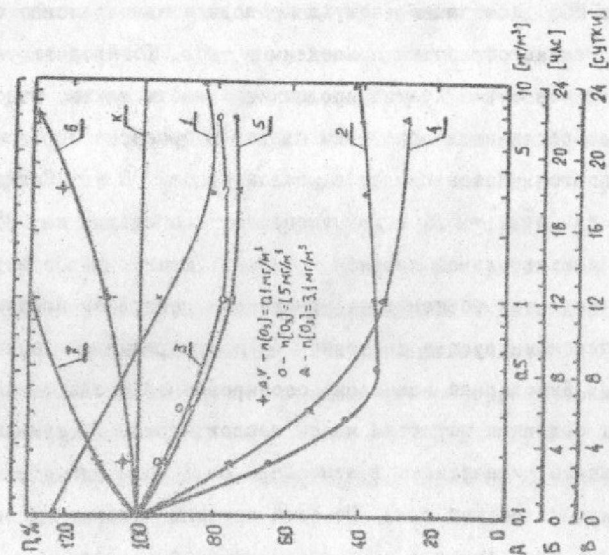


Рис. 3

Таблица 1
Режимы молно-озоновой обработки цитрусовых

Эксп. та	$F \cdot 10^7$ К/м ³	$F \cdot 10^7$ К/м ³	$n[O_3]$ мг/м ³
1	1,2	-	1,79
2	4,9	3,2	0,09
3	-	3,2	0,11
4	9,6	-	3,07
К	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$4,9 \cdot 10^{-4}$	-

Продолжительность обработки во всех опытах 6 ч в сутки
К - контрольный опыт

Таблица 2
Режимы молно-озоновой обработки томатов

Эксп. та	Время обработки томатов в сутках ч - мин	$F \cdot 10^8$ К/м ³	$F \cdot 10^9$ К/м ³	$n[O_3]$ мг/м ³
1	0 - 15	4,48	4,8	3,4
2	3 - 00	9,12	3,2	3,4
3	7 - 00	9,12	3,2	3,4
К	-	$5,6 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	-

Таблица 3
Режимы молно-озоновой обработки вязкого зерна

Эксп. та	$F \cdot 10^7$ К/м ³	$F \cdot 10^7$ К/м ³	$n[O_3]$ мг/м ³
1	2,7	-	-
2	3,1	-	15
3	-	2,5	-
4	-	2,8	16
К	$5,3 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	-

хранения в ИОС. Ионизацию воздуха проводили одновременно с озонированием. Режимы обработки приведены в табл. I. Продолжительность обработки 8 ч в сутки кратна продолжительности вахты, что упрощает контроль регламента обработки плодов в процессе перевозки морским транспортом. Масса плодов в каждой пробе ~50 кг. Создание ρ^+ в воздухе с $n[O_3] = 0,1 \text{ мг/м}^3$ уменьшает Π плодов на 25 % по сравнению с контрольной партией - рис. 3 (кривая 5 абсцисса B). Полученный результат объясняется угнетающим действием положительных ионов. Интенсифицирующее действие ρ^- подтверждается данными рис. 3 (кривая 7). Биполярная ионизация озонированной среды также характеризуется большими потерями массы плодов - рис. 3 (кривая 5).

Апельсины, хранящиеся в атмосфере с ρ^+ при дегустационной оценке получили низкий балл. По этой причине положительные ионы для хранения апельсинов в дальнейшем не использовали.

Увеличение $n[O_3]$ при дробном озонировании ионизированного воздуха способствует снижению Π плодов апельсинов в процессе хранения. При $n[O_3] = 1,79 \text{ мг/м}^3$ и ρ^- величина Π была ниже контрольной к 22 суткам хранения на 20 % - рис. 3 (кривая 3), при $n[O_3] = 3,07 \text{ мг/м}^3$ и $\rho^- = 9,6 \cdot 10^{-7} \text{ К/м}^3$ потери снижались на 71 % по отношению к Π контрольной партии - рис. 3 (кривая 4). Плоды, хранящиеся в ИОС с ρ^- , получили наивысшую дегустационную оценку по истечении срока хранения. Приведенные результаты объясняются благоприятным действием на обменные процессы ρ^- и угнетающим воздействием озона на микроорганизмы.

Кинетика изменения качества плодов апельсинов неразрывно связана с оптимизацией режима хранения. Данные изменения комплекса биохимических показателей апельсинов в процессе хранения приведены в табл. 4. Изменение содержания сухих веществ в опытных партиях плодов апельсинов больше, чем в контрольных и возрастает в процессе хранения. Эти изменения связаны с интенсивностью дыхания плодов, т.к. их потери от естественной убыли массы к конечному сроку хра-

нения могут быть больше или меньше, чем в контрольных.

Установлено (табл. 4), что в зависимости от параметров ИОС потери общего сахара в опытных плодах могут быть меньше или больше по сравнению с контрольными. Т.к. потери сахаров находятся в прямой зависимости от интенсивности дыхания, то меньший их расход определяет предпочтительные параметры ИОС. На 22 сутки хранения потери сахаров (в процентах к исходному количеству) составили в плодах контрольной партии 14,3 %, в условиях ИОС 4-го опыта - 1,1 %.

Изучали динамику показателей "общая кислотность" и "массовая доля витамина С". На 22 сутки хранения потери органических кислот в плодах, хранящихся в ИОС 4-го опыта составили 22,5 %, в контрольных - 45 %. Уменьшение массовой доли витамина С, соответственно, 1,2 % и 15,4 %.

Определяли воздействие ИОС на общую микробную обсемененность плодов апельсинов. Наиболее эффективной в своем бактерицидном действии на микроорганизмы является среда с параметрами 4-го опыта. Аналогично ее действие и на плесневую микрофлору.

Следовательно ИОС с $n[O_3] = 3,1 \text{ мг/м}^3$ и $\rho^- = 9,6 \cdot 10^{-7} \text{ К/м}^3$ при обработке плодов ежедневно в течение 8 ч является оптимальной для краткосрочного хранения плодов апельсинов при температуре 22...24 °С и относительной влажности воздуха 76...84 %. Критерии оптимальности - "минимальные потери плодов за 18...22 суток хранения" и "наилучшая сохранность продовольственного качества".

Как следует из акта производственной проверки, результаты исследований подтвердились в ходе опытной перевозки в неохлаждаемой ИОС цитрусовых из Кубы в СССР, организованной и проведенной в 1982 г. Черноморским ЦПКБ ММФ СССР.

Оптимизацию режима хранения томатов проводили также несколькими этапами. С помощью описанной установки по аналогии с исследованиями хранения в ИОС цитрусовых определили, что ИОС с $n[O_3] = 3...4 \text{ мг/м}^3$ и $\rho^+ = (3...5) \cdot 10^{-9} \text{ К/м}^3$, $\rho^- = (7...9) \cdot 10^{-8} \text{ К/м}^3$

Таблица 5
Показатели качества томатов

Показатель качества	Продолжительность хранения, сутки					
	4	7	13	17	20	26
А	5,2	5,2	5,15	4,9	4,7	4,3
	2,82	2,81	2,81	2,8	2,7	2,55
	11,5	12,5	12,5	11,4	9,5	5,5
	0,505	0,5	0,495	0,485	0,47	0,46
Режим 1 $\eta[0,3] = 3,4 \text{ кг/м}^3$ $P = 4,86 \cdot 10^{-9} \text{ К/м}^3$ $P' = 4,8 \cdot 10^{-9} \text{ К/м}^3$ Время обработки 15 минут в сутки						
А	5,2	5,4	5,44	5,4	5,3	5,2
	2,82	2,91	2,95	2,93	2,97	2,9
	11,5	12,8	13,7	14,5	13,5	11,3
	0,505	0,515	0,523	0,52	0,5	0,48
Режим 2 $\eta[0,3] = 3,4 \text{ кг/м}^3$ $P = 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ К/м}^3$ $P' = 3,12 \cdot 10^{-9} \text{ К/м}^3$ Время обработки 3 часа в сутки						
А	5,2	5,3	5,32	5,28	5,2	5,0
	2,82	2,86	2,91	2,95	2,93	2,8
	11,5	13,0	13,8	14,8	14,5	13,0
	0,505	0,525	0,532	0,54	0,53	0,5
Режим 3 $\eta[0,3] = 3,3 \text{ кг/м}^3$ $P' = 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ К/м}^3$ $P = 3,12 \cdot 10^{-9} \text{ К/м}^3$ Время обработки 7 часов в сутки						
А	5,2	5,3	5,28	5,19	5,0	4,8
	2,82	2,9	2,93	2,98	2,97	2,94
	11,5	12,6	13,1	13,0	12,0	10,9
	0,505	0,52	0,525	0,53	0,5	0,478

Обозначения к табл.

- А - содержание сухих веществ, %;
- В - содержание общего сахара, %;
- С - массовая доля лимонной С, мг/100 г;
- Д - содержание общей (лимонной) кислотности, %.

Таблица 4
Показатели качества плодов апоморфов

Показатель качества	Продолжительность хранения, сутки					
	исходные	6	12	15	1	22
А	13,0	13,2	13,4	13,9	14,5	14,5
	0,28	0,273	0,252	0,245	0,24	0,24
	4,1	4,2	4,12	3,8	3,47	3,47
	0,04	0,038	0,031	0,025	0,022	0,022
Режим 1 $\eta[0,3] = 1,79 \text{ кг/м}^3$ $P = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ К/м}^3$						
А	13,0	13,5	14,1	14,7	15,2	15,2
	0,28	0,275	0,27	0,269	0,266	0,266
	4,1	4,05	3,95	3,92	3,9	3,9
	0,040	0,037	0,032	0,031	0,029	0,029
Режим 2 $\eta[0,3] = 0,09 \text{ кг/м}^3$ $P = 4,9 \cdot 10^{-7} \text{ К/м}^3$ $P' = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ К/м}^3$						
А	13,0	13,25	13,9	14,1	14,9	14,9
	0,28	0,273	0,262	0,255	0,239	0,239
	4,1	4,4	4,15	3,5	3,0	3,0
	0,040	0,035	0,027	0,024	0,021	0,021
Режим 3 $\eta[0,3] = 0,11 \text{ кг/м}^3$ $P = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ К/м}^3$						
А	13,0	13,22	13,6	14,0	14,3	14,3
	0,28	0,27	0,265	0,264	0,245	0,245
	4,1	4,09	4,08	4,05	3,9	3,9
	0,040	0,037	0,032	0,030	0,027	0,027
Режим 4 $\eta[0,3] = 3,07 \text{ кг/м}^3$ $P = 9,5 \cdot 10^{-7} \text{ К/м}^3$						
А	13,0	13,7	14,5	14,1	15,5	15,5
	0,28	0,26	0,279	0,278	0,277	0,277
	4,1	4,45	4,6	4,2	4,05	4,05
	0,04	0,039	0,037	0,033	0,031	0,031

способствует продлению срока хранения плодов томатов в неохлаждаемых условиях. Изучали влияние на кинетику изменения качества томатов регламента обработки плодов согласно табл. 2. Результаты определения комплекса биохимических показателей томатов в процессе хранения сведены в табл. 5. Анализ результатов исследований показывает, что снижение содержания органических кислот, сахаров, витамина С и расход сухих веществ в плодах, хранимых в ИОС, меньше, чем в контрольных. Следовательно, томаты опытных партий устойчивее контрольных при хранении.

Выбор режима хранения томатов в ИОС рассмотрели как задачу оптимизации. Критерием оптимизации выступала величина удельных затрат электроэнергии на хранение \dot{V} . Ограничения на процесс: продолжительность обработки $0,1 \text{ ч} \leq \Delta t \leq 7 \text{ ч}$, продолжительность хранения $t \leq 16$ суток, т.к. далее наблюдается резкое ухудшение качества хранимых томатов (табл. 5). Стоимость единицы массы сохраненного в ИОС сырья $C_T = |A_1 - A_2| / a_2$, a_2 - стоимость единицы массы томатов, A_1 и A_2 - относительные потери массы сырья в контроле ($\Delta t = 0$) и опыте, определяемые из выражения

$$A = \frac{\Delta m}{m} = \exp \left[- \frac{1,407}{(636 + 340 \sqrt{\Delta t})^{0,75}} \frac{(636 + 340 \sqrt{\Delta t} - t)^{1,5}}{t^{0,75}} \right]$$

Стоимость затраченной на обработку единицы массы томатов электроэнергии $C_3 = a_2 \cdot p \cdot \Delta t \cdot t / 24$, где a_2 - тарифная стоимость электроэнергии, p - удельная мощность ионно-озонного генератора. Для упрощения расчетов рассматривали величину $\xi = \dot{V}^{-1}$ и искали параметры, обеспечивающие ее максимальное значение. Результаты расчетов представлены на рис. 4 кривыми 1...9, характеризующими следующие режимы обработки

№ кривой	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Δt , час	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	7,0

Анализ изменения величины $\xi = c_1/c_2$ показывает, что хранение томатов более суток в неохлаждаемых условиях целесообразно осуществлять в ИОС. Наибольший эффект от ее использования достигается на 15 сутки хранения при обработке плодов по 15 мин в сутки. Как следует из табл. 5, данный режим обеспечивает и максимальную сохранность пищевого качества томатов в течение 15 суток хранения.

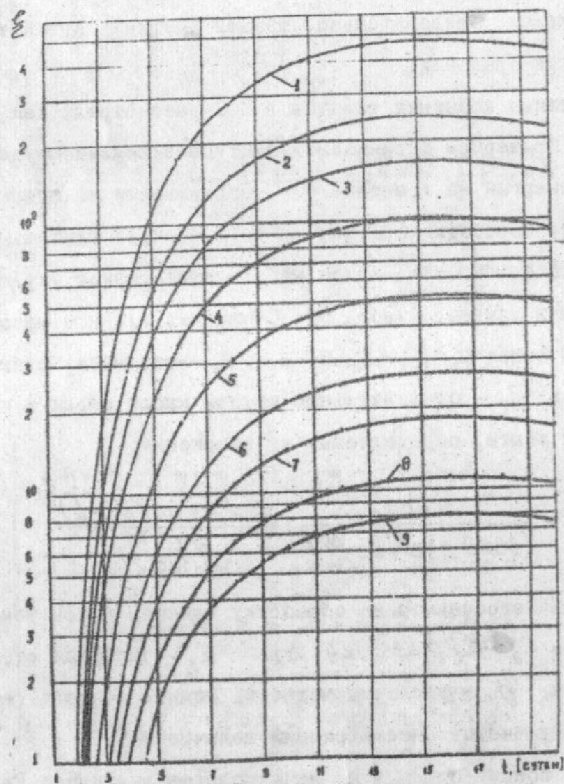


Рис. 4

Хранение влажного зерна в ИОС с параметрами табл. 3 позволяет сохранить на высоком уровне всхожесть и энергию прорастания семян пшеницы влажностью 20 % до 30 суток, кукурузы - до 15 суток.

Оценка микробиологического заражения обработанных и контрольных семян подтверждает бактериостатический эффект ИОС.

Различия химико-технологических характеристик контрольной и обработанных партий зерна в пределах использованных для хранения $n[O_3]$ и ρ не выявлено.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Доказано, что повышенное (по сравнению с естественным) содержание ионов и озона в неохлаждаемой изолированной атмосфере хранилища способствует улучшению лежкости, сохранению биологической ценности плодов апельсинов, томатов, а также обеспечивает высокий уровень энергии прорастания и всхожести влажного зерна пшеницы и кукурузы при их краткосрочном хранении.

2. Исследован процесс краткосрочного хранения томатов в ионно-озонной среде с нерегулируемой температурой (+12 °C...+18 °C) и относительной влажностью (72...86 %) воздуха. Установлена эмпирическая зависимость суммарных потерь массы плодов от времени хранения и продолжительности их обработки в сутки воздухом с концентрацией озона 3...4 мг/м³, плотностями объемного заряда (3...5)·10⁻⁹ К/м³ положительных и (7...9)·10⁻⁸ К/м³ отрицательных ионов.

3. Доказано, что в течение 18...22 суток (продолжительность перехода судна из Кубы в СССР) при температуре 22...24 °C и относительной влажности воздуха 76...84 % плоды апельсинов целесообразно хранить в ионно-озонной среде с параметрами: концентрация озона 3...4 мг/м³; плотность объемного заряда отрицательных ионов (9...11)·10⁻⁷ К/м³; продолжительность обработки 8 часов в сутки.

4. Установлено, что однократная 15-ти минутная обработка влажного зерна пшеницы и кукурузы воздухом с концентрацией озона 12...15 мг/м³ и плотностью объемного заряда ионов (2...3)·10⁻⁷ К/м³ способствует сохранению посевных свойств зерна.

5. Изучена кинетика потерь качества плодов апельсинов, тома-

№ 014444
 Одесский технологический институт пищевой промышленности
 Библиотека

БИБЛИОТЕКА

тов, влажного зерна пшеницы и кукурузы в процессе краткосрочного хранения сырья в неохлаждаемой ионно-озонной среде.

6. Анализ зависимости потерь массы томатов, хранящихся в ионно-озонной среде с позиции критерия, обратного удельным затратам электроэнергии, показал целесообразность обработки томатов при продолжительности их хранения более суток. Величина критерия достигает максимального значения на 15 сутки хранения.

7. Получена зависимость производительности генератора ионов от величины переменного напряжения промышленной частоты, соотношения его полувольт, радиуса вспомогательного электрода и скорости обдуваемого воздуха. Исследовано влияние на работу генератора ионов различных концентраций озона в воздухе.

8. Доказано, что изменением потенциала кольца "сотовой" системы коронирующих электродов генератора ионов можно управлять соотношением объемных зарядов ионов обоих знаков на его выходе.

9. Определены оптимальные условия транспортирования ионизированного воздуха в металлических воздуховодах. Обоснована неприменимость диэлектрических (виниловых и стеклянных) воздуховодов для этих целей в связи с возникновением явления "запирания" ионов вследствие зарядки диэлектрика.

10. Разработаны методика и оборудование для ионно-озонной обработки растительного сырья в лабораторных и промышленных условиях.

11. Экономический эффект от использования результатов диссертационной работы составил 139 тыс. рублей. Ожидаемый экономический эффект от внедрения устройств ионизации воздуха составит 115 тыс. рублей в год. Режимы ионно-озонной обработки цитрусовых подтвердили свою эффективность в процессе опытной перевозки партии апельсинов из Кубы в СССР, организованной и проведенной Черноморским центральным проектно-конструкторским бюро ММФ СССР.

Основные материалы по теме диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Проблема автоматического регулирования концентрации аэроионов в помещениях с искусственно ионизированной атмосферой/ Наремский Н.К., Никульча И.П., Коновалов С.А. и др. - В кн.: Тез. докл. и сообщений на заседании Всесоюз. симпозиума по атмосферному электричеству. 27-29 ноября 1973г. Л., 1973, с. 62-63.

2. Исследование и разработка аппаратуры для дистанционного измерения концентрации и дозы ионов/ Н.К.Наремский, И.П.Никульча, С.А.Коновалов и др. - Там же, с. 63.

3. Автоматизированные системы ионизации воздуха лечебных комплексов "биотрон"/ Н.К.Наремский, П.Н.Монтик, С.А.Коновалов и др. - В кн.: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. симпозиума "Физико-математические и биологические проблемы действия электромагнитных полей и ионизации воздуха". Ялта, 1975, с. 284-287.

4. А.с. 538314 [СССР]. Аспирационный конденсатор/ С.А.Коновалов, П.Н.Монтик, Н.К.Наремский. - Опубл. в Б.И., 1976, № 45.

5. Лашманов В.И., Монтик П.Н., Коновалов С.А. Транспортирование заряженных высокодисперсных аэрозолей. - В кн.: Материалы физ.-хим. пр-сти и приборной секции III Всесоюз. конф. по аэрозолям. 12-14 октября 1977 г. Ереван, 1977, с. 53-54.

6. Монтик П.Н., Коновалов С.А. О практическом применении электронно-ионной обработки продуктов в некоторых областях пищевой промышленности. - В кн.: Тез. докл. Всесоюз. конф. "Электрофиз. методы обработки пищ. продуктов". Воронеж, 1977, с. 90-91.

7. Счетчики аэроионов серии ИКД-ОТИ/ Н.К.Наремский, П.Н.Монтик, С.А.Коновалов, А.В.Кирвас. - Технология электротехнич. произва, 1977, вып. I(92), с. 17-18.

8. Применение электронно-ионной обработки для удлинения сроков хранения охлажденного мяса/ П.Н.Монтик, Л.Г.Винникова, С.А.Ко-

новалов и др.- ЗИ/ЦНИИТЭИмясомэлпром, 1978, вып.2, с. 15-19.

9. Электронно-ионная обработка овощей/ П.Н.Монтик, С.А.Коновалов и др.- Пищевая пром-сть, 1978, № 3(97), с. 31-33.

10. Лашманов В.И., Коновалов С.А., Монтик П.Н. Об оптимальных условиях транспортирования ионизированного воздуха.- В кн.: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. "Пути повышения эффективности и качества исследований и разработок судовых систем кондиционирования воздуха и ускорение внедрения результатов в производство". 26-28 сентября 1978 г. Николаев, 1978, с. 74-77.

11. Коновалов С.А., Монтик П.Н. Синтез автоматических систем управления ионным составом воздуха для закрытых помещений.- Там же, с. 78-80.

12. Коновалов С.А., Монтик П.Н. Многоканальная система измерения и автоматического поддержания ионного состава воздуха в системах комфортного кондиционирования.- Там же, с. 82-85.

13. Коновалов С.А., Монтик П.Н. Высоковольтный источник напряжения сложной формы для питания установок ЗИТ.- В кн.: Тез. докл. Всесоюз. конф. по применению электронно-ионной технологии в нар.хоз-ве. 24-27 октября 1978 г. Тбилиси, 1978, с. 38-39.

14. Лашманов В.И., Коновалов С.А., Монтик П.Н. Выбор материала воздухопроводов и расчет потерь ионов при их транспортировании.- В кн.: Тез. докл. II Всесоюз. конф. по применению электронно-ионной технологии в нар. хоз-ве. Тбилиси, 1978, с. 32-34.

15. Монтик П.Н., Коновалов С.А. О действии электронно-ионной обработки на микрофлору пищевого сырья.- В кн.: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. "Пути сохранения сельскохозяйственной продукции". 6-9 декабря 1978 г. Одесса, 1978, с. 66-67.

16. Монтик П.Н., Коновалов С.А., Березовский А.Д. Результаты хранения некоторых сельскохозяйственных культур с использованием ЗИО.- В кн.: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. "Пути сохранения сельскохозяйственной продукции". Одесса, 1978, с. 64-65.

17. Монтик П.Н., Коновалов С.А. Многоканальный счетчик ионов- В сб.: Методы и приборы контроля параметров окружающей среды. Л., 1979, с. 78-81.

18. Коновалов С.А., Монтик П.Н., Лашманов В.И. Транспортирование ионизированного воздуха с наименьшими потерями.- Электронная обработка материалов, 1979, № 3, с. 60-62.

19. Коновалов С.А., Монтик П.Н. Исследование управляемого генератора ионов.- Электронная обработка материалов, 1979, № 4, с. 64-67.

20. Яковенко В.А., Монтик П.Н., Коновалов С.А. Влияние электронно-ионной обработки сырых семян на сохранение их семенных свойств.- Науч.-техн. реф. сб./ ЦНИИТЭИ Минзага, сер.: Элеватор. пром-сть, 1979, вып. 1, с. 11-13.

21. Лашманов В.И., Монтик П.Н., Коновалов С.А. Погрешности измерения концентрации ионов конденсатором с продуваемыми сетками.- Изв. вузов. Приборостроение, 1980, т. 23, № 7, с. 60-64.

22. Коновалов С.А. Оптимизация параметров высоковольтного источника питания для процессов электронно-ионной технологии.- В кн.: Тез. докл. III Всесоюз. конф. по применению электронно-ионной технологии в нар.хоз-ве. 25-27 ноября 1981 г. Тбилиси, 1981, с. 87.

23. Экспериментальное исследование воздействия факторов ЗИТ на продление сроков хранения сельскохозяйственной продукции/ Н.К.Наремский, С.А.Коновалов, Е.Н.Павлова.- Там же, с. 170.

24. Коновалов С.А. Экспериментальное исследование работы ионизатора, обдуваемого озонированным воздухом в процессах ЗИТ.- Там же, с. 171.

25. Контроль специфических физико-химических характеристик воздушно-газовой среды, обработанной методами ЗИТ/ С.А.Коновалов, Е.Ф.Песчаный, Н.К.Наремский, И.Н.Ксензова.- Там же, с. 190.

26. Коновалов С.А., Ксензова И.Н., Павлова Е.Н. Ионно-озонная обработка воздушно-газовой среды как электрофизический фак-

тор воздействия на пищевые продукты и биологические процессы.- В
кн.: Тез. докл. респ. науч. конф. молодых ученых по актуальным
проблемам пищевой пром-сти II-й пятилетки, посвященной 60-летию
Советской Грузии. 2-3 июля 1981 г. Тбилиси, 1981, с. 43-45.

Кочвадзе