



УДК 621.374

DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-22

## АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВПЛИВУ ЕМВ НА ПРОЦЕС ЗБЕРІГАННЯ ЯБЛУК

Бородай І. І., к. т. н., <http://orcid.org/0000-0003-1045-4076>  
Кунденко М. П., д. т. н., <http://orcid.org/0000-0002-5841-4367>  
Єгорова О. Ю., к. т. н., <http://orcid.org/0000-0001-8593-1557>  
Єгоров О. Б., к. т. н., <http://orcid.org/0000-0003-2599-1624>  
Шинкаренко І. М., інженер <http://orcid.org/0000-0002-1318-3323>  
*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*  
E-mail: irina.boroday@gmail.com, тел.: (057)712-28-33

**Анотація** – у повноцінному харчовому раціоні людини важливе місце займають фрукти, що містять такі необхідні для організму речовини як вітаміни, органічні кислоти, мікроелементи і т.п. Фрукти відносяться до продуктів, які повинні споживатися протягом всього року. У зв'язку з цим виникає проблема збереження плодів протягом 6-7 місяців. Існуючі способи зберігання: звичайна, регульована, модифікована атмосфери не забезпечують захист плодів яблуні від фізіологічних і грибкових хвороб, не гарантують збереження їх вихідної якості на стадіях зберігання та реалізації. Основною причиною розвитку захворювань і зниження якості плодів є надмірне накопичення етилену всередині плодів і навколишньому середовищі. З аналізу літературних джерел випливає, що значна частка втрат плодів (до 50%) в період зберігання припадає на поразку їх фізіологічними розладами та хворобами. З усієї кількості отриманої продукції вимогам вищого і першого сортів відповідають не більше 60% плодів. Проведений аналіз показав, що найважливішим фактором тривалого зберігання фруктів є рівень інтенсивності їх клітинного дихання.

Рішення даної задачі, що пов'язана з тривалим збереженням якості плодів, є інгібування синтезу етилену за допомогою хімічних засобів (препарат «Фітомаг» і ін.), що гальмують процеси старіння. Основний недолік від застосування хімічних засобів полягає в тому, що вони накопичуються в плодах. Сучасна технологія зберігання плодів в газовому середовищі є не завжди ефективною, більш того дорогою, що викликає необхідність в розробці нових, більш доступних і менш витратних технологій зберігання. Ефективна, недорога і доступна технологія зберігання плодів може бути здійснена за допомогою використання інформаційного електромагнітного випромінювання для знищення фізіологічних і грибкових хвороб і пригнічення синтезу етилену. Аналіз взаємодії інформаційного ЕМП на клітинному рівні показує, що електромагнітне інформаційне випромінювання слід сприймати як найтонший інструмент майже безмежного впливу на біологічні процеси в живому організмі. Однак, бажані зміни властивостей біологічних об'єктів можуть бути отримані тільки при оптимальному поєднанні біотропних параметрів ЕМП, що впливає (частота



випромінювання, щільність потоку потужності, експозиція і ін.). В результаті розрахунків було встановлено, що максимальне блокування руху іонів через канали в мембрані клітини можливе електромагнітним випромінюванням з частотою 33,5 ... 36 ГГц, експозицією 20 с, потужністю 1,2 Вт, а штучно створений потенціал на мембрані не повинен бути більш 120 мВ.

В результаті досліджень створена резонаторна система вимірювання кількості етилену, що виділяється яблуками, з наступними технічними даними: номінальна частота кварцових генераторів 100 МГц; відносне значення середньої нестабільності частоти кварцових генераторів в нормальних умовах при встановленій температурі не перевищує  $10^{-7}$  за  $10^{-3}$  с; номінальна частота резонаторів 75 ГГц; добротність резонаторів не менше 4870; чутливість вимірювань  $10^{-6}$  по  $\Delta\varepsilon'$ . Для тривалого зберігання в 2017-2018 р. були обрані яблука сорту «Голден» в господарстві Харківської області. При проведенні виробничого експерименту яблука на початку оброблялися електромагнітним випромінюванням з параметрами: частота 75,8 ГГц; потужність 650 мВт; експозиція 60 с. Потім ці ж яблука оброблялися електромагнітним випромінюванням з параметрами: частота 35 ГГц; потужність 1,2 Вт; експозиція 20 с. Застосування комбінованого випромінювання дозволило повністю знищити мікроорганізми на поверхні яблук і блокувати їх дихання перед закладкою на зберігання. Проведений дослід показує, що комбінована дія ЕМ випромінювання на яблука забезпечує їх збереження протягом 6 місяців в умовах зовнішнього середовища при температурі  $20^{\circ}\text{C}$  та тиску  $1,01 \times 10^5 \text{ н/м}^2$ . В процесі зберігання яблук було встановлено, що діелектрична проникність повітряної суміші, при диханні яблук за час їх зберігання (6 місяців), змінюється майже в 10 разів від 0,02% до 0,2%. Біохімічний аналіз показав, що обробка яблук перед закладанням на зберігання електромагнітним випромінюванням з встановленими параметрами не змінює якості плодів і не впливає на їх хімічний склад.

**Ключові слова:** електромагнітне поле, біотропні параметри, грибові мікроорганізми, етилен, тривале зберігання яблук.

**Постановка проблеми.** В повноцінному харчовому раціоні людини фрукти відносяться до продуктів, які повинні споживатися впродовж усього року, так як вони містять у собі необхідні для організму речовини, такі як вітаміни, органічні кислоти, мікроелементи і т. п.

У зв'язку з цим садівництво займає важливе місце серед галузей сільського господарства України. З розвитком інтенсивного садівництва підвищуються вимоги до тривалості зберігання плодів фруктопродукції. При існуючих способах збереження: звичайна, регульована, модифікована атмосфери не забезпечують захист плодів яблуні від фізіологічних та грибкових захворювань, не гарантують їх збереження у початковій якості на стадії зберігання та реалізації [1]. Основною причиною розвитку захворювань і зниження якості плодів є надмірне накопичення етилену всередині плодів і навколишньому середовищу [2].



У зв'язку з цим виникає необхідність в практичній перевірці нової, більш доступної та менш затратної технології збереження фруктоовочевої продукції на основі електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону.

**Аналіз останніх досліджень.** З аналізу літературних джерел відомо, що значна частка втрат плодів (до 40%) у період зберігання припадає на поразку їх фізіологічними розладами й хворобами. Із усієї кількості отриманої продукції вимогам вищого й першого сортів задовольняють не більш 60% плодів. Одна з основних причин зниження якості та розвитку багатьох захворювань плодів і овочів при зберіганні - надмірне накопичення етилену. Етилен синтезується плодами, активізує їх дозрівання. Накопичення етилену в камерах з регульованою атмосферою впливає на окремі процеси обміну речовин, підвищуючи активність деяких ферментів вуглеводного, жирового і білкового обмінів, збільшує інтенсивність дихання, викликає розвиток різного роду хвороб фруктів. Сучасна технологія зберігання плодів в газовому середовищі є не завжди ефективною і дорогою, що викликає необхідність в розробці нових, більш доступних і менш витратних технологій зберігання. Ефективна, недорога і доступна технологія зберігання плодів може бути здійснена за допомогою використання інформаційного електромагнітного випромінювання для знищення фізіологічних і грибкових хвороб і пригнічення синтезу етилену. Аналіз взаємодії інформаційного ЕМП на клітинному рівні показує, що електромагнітне інформаційне випромінювання слід сприймати як найтонший інструмент майже безмежного впливу на біологічні процеси в живому організмі. Однак, бажані зміни властивостей біологічних об'єктів можуть бути отримані тільки при оптимальному поєднанні біотропного параметру впливу ЕМП (частота випромінювання, щільність потоку потужності, експозиція та ін.)

Аналіз літературних джерел показав, що пригнічення патогенних мікроорганізмів під впливом ЄМП НВЧ та КВЧ діапазонів пов'язано з наведеним потенціалом на мембрані клітини. Електричні поля є нормальним чинником функціонування більшості біологічних мембран. Разом з тим, електричні поля високої напруженості викликають появу якісно нових явищ. Відомо, що гіперполяризація клітинної мембрани до деякого критичного значення потенціалу викликає різке збільшення трансмембранного струму - явище, аналогічне електричному пробою діелектриків. Однак у випадку клітинних мембран пробій був повністю зворотнім: при реполяризації клітки низька провідність мембрани відновлювалася, а саме явище



електричного пробою можна було спостерігати неодноразово. Звичайно процес руйнування мембран пов'язують із досягненням параметрів системи деяких критичних значень, після чого процес відхилення стає необоротним і настає руйнування мембран. Поглинаюча енергія змінює метаболічні та біосинтетичні процеси та при певних параметрах ЄМП (частота, потужність, експозиція) може загальмувати та пригнічити клітинний ріст. Теоретичні та експериментальні дослідження останніх років дозволили широко застосовувати ЄМП НВЧ в технологічних процесах переробки та зберіганні сільськогосподарської продукції, в промисловості та медицині.

**Формулювання цілей статті.** Процес впливу інформаційних електромагнітних випромінювань на інгібування синтезу етилену плодами яблунь у процесі їх тривалого зберігання в умовах зовнішнього середовища.

**Основні матеріали дослідження.** Між плодами й навколишнім середовищем при зберіганні відбувається постійний дихальний газообмін, необхідний для життєдіяльності клітин, які використовуючи накопичені раніше запаси живильних речовин, поглинають кисень і виділяють вуглекислий газ, водяні пари й летучі органічні речовини (етилен і ряд речовин, що утворюють у сукупності аромат плодів). Кисень повітря надходить спочатку в міжклітинний простір плода, потім переходить у клітку й утягується в процес дихання. Вуглекислий газ, що виділяється в процесі дихання, рухається у зворотному напрямку із клітин міжклітинний простір, а потім в оточуючий плід середовище. У тканинах яблук при зберіганні на повітрі втримується 10...14% кисню та 8 -15% вуглекислого газу. У зв'язку з тим, що в повітрі втримується кисню більше (близько 21%), його парціальний тиск у навколишньому середовищі вище, ніж у тканинах плода, тому кисень проникає в м'якоть через шкірку. З вуглекислим газом відбувається зворотне - його парціальний тиск у м'якоті вищий, ніж у повітрі, тому вуглекислий газ виділяється із плода у повітря. При незмінних параметрах навколишнього середовища й стану плодів газообмін в обох напрямках протікає в умовах досягнутої рівноваги, тобто з однією й тією ж швидкістю, при якій концентрація газів усередині тканин і, отже, інтенсивність подиху плодів більш-менш однакові.

При зміні концентрації окремих компонентів продукції у навколишньому середовищі змінюється парціальний тиск цих газів і тим самим порушується встановлений за інших рівних умов газообмін. Якщо, наприклад, понизити концентрацію кисню в



навколишньому середовищі й підвищити в ній концентрацію вуглекислого газу, то можна відповідно зменшити концентрацію кисню й збільшити концентрацію вуглекислого газу в міжтканинному просторі й цим загальмувати інтенсивність їх дихання. Таким чином, регулюючи дихальний газообмін, можна впливати на біохімічні процеси й попередити старіння плода. При цьому багато компонентів плодів зберігаються краще, ніж при звичайних умовах холодильного зберігання, менше витрачається кислот, цукрів, затримується розпад хлорофілу, повільніше накопичуються етилен і летучі ароматичні речовини, що є додатковими прискорювачами дозрівання плодів. Усе це сприяє зменшенню втрат, а також скороченню якості й харчової цінності плодів.

Проведений аналіз показав, що найважливішим фактором тривалого зберігання фруктів є рівень інтенсивності їх клітинного дихання. Цей окисний розпад органічних речовин супроводжується утворенням хімічно активних метаболітів і звільненням енергії, яка використовується клітинами для процесів життєдіяльності. Природно, що зростання функціональної активності клітин супроводжується посиленням дихання. У значній мірі це досягається завдяки механізму дихального контролю. У період, що відповідає повному дозріванню соковитих плодів, спостерігається значне короткочасне посилення дихання тканин плода, після чого відбувається неухильне падіння поглинання  $O_2$ . Цей процес супроводжується посиленням утворенням етилену, який має на обмін двоякий вплив. З однієї сторони збільшується проникність мембран і підсилюється гідроліз білків, у результаті чого зростає кількість доступних дихальних субстратів. З іншого боку, у період підйому дихання стимулюється синтез білків [3]. Для того, щоб уникнути більших втрат урожаю яблук при їхньому тривалому зберіганні, необхідно постійно контролювати вміст етилену в газовому середовищі з яблуками. Оскільки діелектрична проникність повітря  $\varepsilon'_g = 1,00059$ , то ми повинні при вимірі діелектричної проникності газового середовища забезпечити правильне значення п'ятого знаку після коми. Це відповідає точності порядку  $10^{-3}\%$  для величини  $\varepsilon'$  або  $(1 \div 2)\%$  для величини  $(\varepsilon' - 1)$

Усі наведені вище дані говорять про те, що мета тривалого збереження плодів рослин може бути досягнута за допомогою зменшення транспорту іонів і протонів через мембрану рослинної клітки. До розв'язання цього завдання може призвести або створення відповідних електричних полів, що протидіють зазначеному транспорту, або закриття каналів, по яких цей транспорт здійснюється [5].



Проведений аналіз теоретичних досліджень показав, що електромагнітне поле підвищує концентрацію струмопереносних іонів у мембрані, що призводить відповідно до підвищення їх взаємодії та можливому запиранні каналу. Таким чином, вільний рух іонів через мембрану клітини, який необхідний для процесу дихання, буде гальмуватися, а саме процес дихання та всі обмінні процеси стають уповільненими [4].

Для тривалого зберігання в 2017-2018 р. були обрані яблука сорту "Голден" у господарстві «Україна» Харківської області. При проведенні виробничого експерименту яблука на початку оброблялися електромагнітним випромінюванням з параметрами: частота 75,8 ГГц; потужність 650 мВт; експозиція 60 с. [6]. Потім ці ж яблука оброблялися електромагнітним випромінюванням з параметрами: частота 35 ГГц; потужність 1,2 Вт; експозиція 20 с. такий метод обробки яблук електромагнітним випромінюванням з оптимальними параметрами підвищив імовірність можливого блокування каналів руху іонів практично в 7-8 разів.

Застосування комбінованого випромінювання дозволило повністю знищити мікроорганізми на поверхні яблук (табл. 1) і блокувати їхнє дихання перед закладкою на зберігання. Контроль над диханням яблук у процесі їх зберігання здійснювався за допомогою диференціальної резонаторної установки з параметрами: номінальна частота відкритих резонаторів (ВР) 75 ГГц; добротність резонаторів не менше 4870; чутливість вимірювань  $10^{-6}$  по  $\Delta\epsilon'$ . Температура навколишнього середовища при зберіганні яблук не перевищувала 18-20<sup>0</sup> С, а тиск складав  $1,01 \times 10^5$  н/м<sup>2</sup>. Результати зберігання яблук наведені в табл. 1.

Таблиця 1

**Чисельність мікроорганізмів на поверхні яблук  
перед закладкою на зберігання (число кліток на 1гр. яблука)**

Варіанти	Сапрофітні бактерії				Середнє за повторюваністю
	1	2	3	4	
контроль	$2,0 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$
дослід	0	0	0	0	0,0
Цвільові гриби					
контроль	6	5	6	3	5,0
дослід	0	0	0	0	0,0
Дріжджові клітини					
контроль	50	50	51	53	51,0
дослід	0	0	0	0	0,0



Проведений дослід показує, що комбінований вплив ЕМ випромінювання на яблука забезпечує їхнє зберігання протягом 6 місяців в умовах зовнішнього середовища.

У процесі зберігання яблук було встановлено, що діелектрична проникність повітряної суміші, при диханні яблук за час їх зберігання (6 місяців), змінилася майже в 10 раз від 0,02% до 0,2% [7].

Для визначення хімічного складу яблук до обробки електромагнітним випромінюванням, після обробки та після шестимісячного зберігання, були проведені біохімічні аналізи. Результати цих аналізів наведено в табл. 2.

Таблиця 2

### Результати зберігання яблук після електромагнітної обробки

Варіант досліджу	Дослідні партії, кг				Загальна кількість, кг	Строк зберігання, днів	Вихід стандартної продукції, %	Зміна дихання яблук в процесі їх зберігання
	1	2	3	4				
контроль	225	225	225	225	900	60	51	Понад 100
№1	225	225	225	225	900	30	100	10
№2	225	225	225	225	900	60	100	22
№3	225	225	225	225	900	90	100	38
№4	225	225	225	225	900	120	100	62
№5	225	225	225	225	900	150	100	83
№6	225	225	225	225	900	180	100	98

У процесі зберігання яблук було встановлено, що діелектрична проникність повітряної суміші, при диханні яблук за час їх зберігання (6 місяців), змінилася майже в 10 раз від 0,02% до 0,2%.

**Висновок.** Для блокування дихання яблук перед закладкою на зберігання їх необхідно обробляти електромагнітним випромінюванням з певними біотропними параметрами ЄМП, що дозволяють, як показали результати апробаційних робіт, знищити мікроорганізми на поверхні плодів, блокувати дихання і збільшити строк зберігання яблук до 180 діб при температурі 18-20<sup>0</sup> С в умовах зовнішнього середовища.

### Список використаних джерел

1. Гудковский В. А., Кожина Л. В., Балакирев А. Е. Эффективность модифицированной атмосферы и ингибитора биосинтеза этилена для хранения плодов, ягод и овощей. *Вестник МичГАУ*. 2009. Вып. 1. С. 53-56.

2. Криворот А. М. Хранение плодов: опыт и перспективы. Минск: Полибиг, 2001. 215 с.



3. *Рубин А. Б.* Термодинамика биологических процессов. Москва: МГУ, 1984. 283 с.
4. *Бородай И. И.* Биохимические и биофизические основы хранения плодов. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*. Харків, 2016. Вип. 176: *Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України*. С. 84-87.
5. *Бородай И. И.* Моделирование процесса переноса ионов через мембраны клеток под воздействием внешнего электромагнитного поля. *Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПИ". Сер.: Системний аналіз, керування та інформаційні технології*. Харків, 2016. № 45. С. 18-21.
6. *Бородай И. И.* Исследование технических параметров системы для обработки яблок электромагнитным излучением. *Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка*. Харків, 2017. Вип. 186: *Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України*. С. 139-142.
7. *Бородай И. И.* Экспериментальные исследования с яблоками, обработанных перед хранением электромагнитным излучением. *Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка*. Харків, 2017. Вип. № 1(6): *Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК*. С. 70-72.

#### **АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЛИЯНИЯ ЭМП НА ПРОЦЕСС СОХРАННОСТИ ЯБЛОК**

**Бородай И. И., Кунденко Н. П., Єгорова О. Ю.,  
Єгоров А. Б., Шинкаренко И. Н.**

**Аннотация** - в полноценном пищевом рационе человека важное место занимают фрукты, содержащие такие необходимые для организма вещества как витамины, органические кислоты, микроэлементы и т.п. Фрукты относятся к продуктам, которые должны потребляться в течение всего года. В связи с этим возникает проблема хранения плодов в течение 6-7 месяцев. Существующие способы хранения: обычная, регулируемая, модифицированная атмосферы не обеспечивают защиту плодов яблони от физиологических и грибковых болезней, не гарантируют сохранения их исходного качества на стадиях хранения и реализации. Основной причиной развития заболеваний и снижения качества плодов является избыточное накопление этилена внутри плодов и окружающей среде. Из анализа литературных источников следует, что значительная часть потерь плодов (до 50%) в период хранения приходится на поражение их физиологическими расстройствами и болезнями. Из всего количества полученной продукции требованиям высшего и первого сортов соответствуют не более 60%





плодов. Проведенный анализ показал, что важнейшим фактором длительного хранения фруктов является уровень интенсивности их клеточного дыхания.

Решение данной задачи, связанной с длительным сохранением качества плодов, является ингибирование синтеза этилена с помощью химических средств (препарат «Фитомаг» и др.), которые тормозят процессы старения. Основным недостатком от применения химических средств заключается в том, что они накапливаются в плодах. Современная технология хранения плодов в газовой среде является не всегда эффективной, более того дорогой, вызывает необходимость в разработке новых, более доступных и менее затратных технологий хранения. Эффективная, недорогая и доступная технология хранения плодов может быть осуществлена посредством использования информационного электромагнитного излучения для уничтожения физиологических и грибковых болезней и угнетение синтеза этилена. Анализ взаимодействия информационного ЭМП на клеточном уровне показывает, что электромагнитное информационное излучения следует воспринимать как тончайший инструмент почти безграничного влияния на биологические процессы в живом организме. Однако, желаемые изменения свойств биологических объектов могут быть получены только при оптимальном сочетании биотропных параметров ЭМП (влияет частота излучения, плотность потока мощности, экспозиция и др.). В результате расчетов было установлено, что максимальное блокирование движения ионов через каналы в мембране клетки возможно электромагнитным излучением с частотой 33,5 ... 36 ГГц, экспозицией 20 с мощностью 1,2 Вт, а искусственно создаваемый потенциал на мембране не должен быть более 120 мВ.

В результате исследований создана резонаторная система измерения количества этилена, выделяемого яблоками, со следующими техническими данными: номинальная частота кварцевых генераторов 100 МГц; относительное значение средней нестабильности частоты кварцевых генераторов в нормальных условиях при установленной температуре не превышает  $10^{-7}$  по  $10^{-3}$  с; номинальная частота резонаторов 75 ГГц; добротность резонаторов не менее 4870; чувствительность измерений  $10^{-6}$  по  $\Delta\epsilon'$ . Для длительного хранения в 2017-2018 г. Были выбраны яблоки сорта «Голден» в хозяйстве Харьковской области. При проведении производственного эксперимента яблоки в начале обрабатывались электромагнитным излучением с параметрами: частота 75,8 ГГц; мощность 650 мВт; экспозиция 60 с. Затем эти же яблоки обрабатывались электромагнитным излучением с параметрами: частота 35 ГГц; мощность 1,2 Вт экспозиция 20 с. Применение комбинированного излучения позволило полностью уничтожить микроорганизмы на поверхности яблок и блокировать их дыхание перед закладкой на хранение. Проведенный опыт показывает, что комбинированное действие ЭМ излучения на яблоки обеспечивает их сохранность в течение 6 месяцев в условиях внешней среды при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  и давлении  $1,01 \times 10^5 \text{ н} / \text{м}^2$ . В процессе хранения яблок было установлено, что диэлектрическая проницаемость смеси, при дыхании яблок за время их хранения (6 месяцев), меняется почти в 10 раз от 0,02% до 0,2%. Биохимический анализ показал, что обработка яблок перед закладкой на хранение электромагнитным излучением с установленными параметрами не меняет качества плодов и не влияет на их химический состав.

**Ключевые слова:** электромагнитное поле, биотропные параметры, грибковые микроорганизмы, этилен, длительное хранение яблок.



## APPROBATION OF RESULTS OF THE EFFECT OF EMP ON THE PROCESS OF SAFETY OF APPLES

**I. Boroday, M. Kundenko, O. Yegorova, O. Yegorov, I. Shynkarenko**

**Summary.** In the dietary intake of humans an important place is occupied by fruits containing such substances necessary for the body as vitamins, organic acids, trace elements, etc. Fruits are products that should be consumed throughout the year. In connection with this, the problem arises of preserving the fruit within 6-7 months. Existing methods of storage: conventional, regulated, modified atmosphere do not provide protection of apple fruits from physiological and fungal diseases. In addition to that they do not guarantee preservation of their initial quality at the stages of storage and sale. The main cause of the development of diseases and a decrease in the quality of the fruit is the excessive accumulation of ethylene inside the fruit and the environment. Based on source analysis it is obvious that significant proportion of fruit losses (up to 50%) during the storage period is due to their physiological disorders and diseases. From the total quantity of manufactured products no more than 60% of the fruits satisfy the requirements of the higher and the first class. The analysis showed that the most important factor of long-term fruit storage is the intensity level of their cellular respiration. This oxidative process of decomposition of organic substances is accompanied by creation of chemically active metabolites and liberation of energy that is used by cells for the vital processes. The process of breathing in some sense is similar to the burning process in both cases heat is released. In both processes, oxygen is added to the substrate, so breathing is a slowly flowing burning of nutrients in the living body. The solution to long-term preservation of fruit quality problem is the inhibition of the synthesis of ethylene with the help of chemical agents ("Phytomag" drug etc.), which inhibit the aging process. The main drawback of using chemicals is that they accumulate in the fruit. Modern technology of storing fruits in the gas environment is not always effective furthermore it's expensive. Thus it forces development of new more affordable and less expensive storage technologies. Effective, inexpensive and affordable technology for storing fruits can be achieved by using information electromagnetic radiation to destroy physiological and fungal diseases and to inhibit the synthesis of ethylene. Analysis of the interaction of information EMF at the cellular level shows that electromagnetic information radiation should be perceived as a subtle instrument of almost unlimited influence on biological processes in a living organism. However the desired changes in the properties of biological objects can be obtained only with the optimal combination of biotropic parameters of the influencing EMF (radiation frequency, power flux density, exposure, etc.). At the same time an analysis of a large number of domestic and foreign studies shows that they lack theory for calculation of the numerical values of the biotropic EMF parameters for inhibition of the synthesis of ethylene. In addition to that insufficient research has been done on the development of electronic systems for measuring concentration ethylene, carbon dioxide and oxygen for prolonged storage of apple fruits.

Thus research and development of information electromagnetic methods and electronic systems for monitoring the gas environment for long-term fruit storage is an urgent problem.



It is possible to establish aspects of the effect of electromagnetic fields associated not with the power of the impact and the absorbed energy but with information encoded in the biotropic EMF parameters based on theoretical studies which are not available at this moment. Based on theoretical studies biotropic EMF parameters (frequency, power, exposure) of electro-magnetic field inside the cell were calculated which allow to cause the blocking of the respiration of apples. External space relative to the scatterer is assumed to be homogeneous. Measurement of the minimum amount of ethylene  $\Delta\varepsilon'_{\min} = 0,02\%$  and maximum  $\Delta\varepsilon'_{\max} = 0,2\%$  is possible by usage of a multiplication factor  $N_{\text{уч}}=750$ , frequency of the crystal oscillator 100 MHz and its relative frequency instability  $10^{-6} \dots 10^{-7}$ . As a result of the research, a resonator system was created for measuring the amount of ethylene released by apple with the following technical parameters: the nominal frequency of quartz generators is 100 MHz; the relative value of the average instability of frequency of quartz generators under normal conditions at a steady temperature does not exceed  $10^{-7}$  for  $10^{-3}$  s; nominal frequency of resonators is 75 Hz; quality of resonators not less than 4870; measurement sensitivity  $10^{-6}$  by  $\Delta\varepsilon'$ . In order to block the breathing of apples by electromagnetic radiation an installation was developed which includes: a diffraction radiation generator operating in the frequency range 33-37 GHz. Apples of the brand Golden were chosen for long-term storage in 2017-2018 in the farm at the Kharkov region. During the production experiment apples were initially processed with electromagnetic radiation with parameters: frequency 75.8 GHz; power 650 mW; exposure 60 s. Then these same apples were treated with electromagnetic radiation with parameters: frequency of 35 GHz; Power 1.2 W; Exposure 20 s. The use of combined radiation allowed to completely destroy microorganisms on the surface of apples and block their breath before depositing for storage. Experiment has shown that the combined effect of EM radiation on apples ensures their safety for 6 months in an environment with the temperature  $20^{\circ}\text{C}$  under pressure of  $1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ . During the process of apple storage it was found that the dielectric constant of the air mixture during this time (6 months) will change almost 10 times from 0.02% to 0.2%. Biochemical analysis showed that the processing of apples prior to laying for storage with electromagnetic radiation with calculated parameters does not change the quality of the fruit and does not affect their chemical composition.

**Keywords:** electromagnetic field, biotropic parameters, fungal microorganisms, ethylene, long storage of apples.