

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Оцінка впливу автозаправних станцій на навколишнє середовище/ В. М. Івасенко, Т. О. Винниченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 16(1238). – С. 123–131. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Оценка влияния автозаправочных станций на окружающую среду/ В. М. Ивасенко, Т. О. Винниченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 16(1238). – С.123–131. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Evaluation of petrol stations on the environment/ V. Ivaskenko , T. Vynnychenko //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 16 (1238).– P. 123–131. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Івасенко Віталій Михайлович – кандидат технічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», асистент кафедри "Наукових аналітичних та екологічних приладів та систем"; пр. Перемоги 37, м. Київ, Україна, 03056; e-mail: ivaskenko-vitaliy@ukr.net.

Винниченко Тетяна Олександрівна – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», кафедра "Наукових аналітичних та екологічних приладів та систем", пр. Перемоги 37, м. Київ, Україна, 03056; e-mail: tania.vinnichenko26@gmail.com.

Івасенко Віталій Михайлович – кандидат технических наук, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», ассистент кафедры "Научных аналитических и экологических приборов и систем"; пр. Победы 37, г. Киев, Украина, 03056; e-mail: ivaskenko-vitaliy@ukr.net.

Винниченко Татьяна Александровна – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского», кафедра "Научных аналитических и экологических приборов и систем", пр. Победы 37, г. Киев, Украина, 03056, e-mail: tania.vinnichenko26@gmail.com.

Ivaskenko Vitaliy – PhD, Assistant, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Department of Environmental Analytical Instruments and Systems, ave. Peremogy, 37, Kyiv, Ukraine, 03056; e-mail: ivaskenko-vitaliy@ukr.net.

Vynnychenko Tetiana – National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Department of Environmental Analytical Instruments and Systems; ave. Peremogy, 37, Kyiv, Ukraine, 03056; e-mail: tania.vinnichenko26@gmail.com.

УДК 631.371

И. И. БОРОДАЙ

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПЛОДАХ ФРУКТОВ

Рассмотрена возможность замедления процессов дыхания растительных клеток с помощью высокочастотного электромагнитного излучения. Для замедления процессов дыхания и увеличения сроков хранения плодовоовощной продукции был рассмотрен процесс переноса ионов и протонов через мембрану клетки. Полученное выражение для плотности тока через мембрану клетки позволило определить частоту электромагнитного излучения и наведенный потенциал на мембране, которые приводят к блокировке дыхания плодов в процессе их длительного хранения.

Ключевые слова: мембрана, движение ионов, электромагнитное поле, блокировка дыхания плодов.

Розглянуто можливість уповільнення процесів дихання рослинних клітин за допомогою високочастотного електромагнітного випромінювання. Для уповільнення процесів дихання і збільшення термінів зберігання плодовоовочевої продукції було розглянуто процес перенесення іонів і протонів через мембрану клітини. Отриманий вираз для щільності струму через мембрану клітини дозволив визначити частоту електромагнітного випромінювання і наведений потенціал на мембрані, які призводять до блокування дихання плодів в процесі їх тривалого зберігання.

Ключові слова: мембрана, рух іонів, електромагнітне поле, блокування дихання плодів.

Subject of this article is the possibility of slowing the respiration of plant cells by high-frequency electromagnetic radiation. To achieve that, studies were focused on the ions and protons transfer through the cell membrane. The obtained equation for the current density through the cell membrane has made it possible to calculate the frequency of electromagnetic radiation and the induced potential on the membrane, which lead to the blocking of the respiration of the fruits during their long-term storage.

Keywords: membrane, movement of ions, electromagnetic field, blocking of respiration of fruits.

© И. И. Бородай. 2017

Введение. Одним из важных вопросов обеспечения населения высококачественными продуктами питания является организация длительного хранения фруктов и овощей. Одна из основных причин снижения качества и развития многих заболеваний плодов и овощей при хранении - избыточное накопление этилена. Этилен синтезируется плодами, активизирует их созревание. Накопление этилена в камерах с регулируемой атмосферой оказывает влияние на отдельные процессы обмена веществ, повышая активность некоторых ферментов углеводного, жирового и белкового обменов, увеличивает интенсивность дыхания, вызывает развитие разного рода болезней фруктов [1].

Значительная доля потерь плодов (до 40 %) в период хранения приходится на поражение их физиологическими расстройствами и болезнями [2].

Длительное хранение плодовоовощной продукции возможно в результате эффективного ингибирования синтеза этилена и его биологического действия [1].

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Длительное хранение плодовоовощной продукции можно достигнуть за счет замедления окислительного распада органических веществ и образования химически активных метаболитов. Дело в том, что данный процесс сопровождается освобождением энергии, которая используется клетками для процессов жизнедеятельности. Присоединение кислорода к субстрату приводит к медленно текущему горению питательных веществ в живом организме и, соответственно, снижению качества овощей и фруктов в процессе их хранения. Очевидно, что решение данной задачи лежит в плоскости контроля механизма дыхания [3]. Данная цель может быть достигнута с помощью замедления транспорта ионов и протонов через мембрану растительной клетки. Обычно данная задача решается с помощью создания соответствующего температурного режима в хранилище либо с помощью использования в нем смеси нейтральных газов, тормозящих данный процесс, либо одновременного применения того и другого [4].

Однако заслуживает интереса принципиально другой способ решения данной задачи. Создание соответствующих электрических полей может противодействовать указанному транспорту вплоть до закрытия каналов, по которым этот транспорт осуществляется. Очевидно, что замедление процесса дыхания, а, следовательно, увеличение срока хранения фруктов может быть достигнуто за счет изменения проницаемости мембран клетки. Этого можно достигнуть, уменьшая величину тока наружу и внутрь клетки, чему может способствовать именно высокочастотное электромагнитное воздействие на плодовоовощную продукцию [5, 6].

Влияние внешних электромагнитных полей на процессы жизнедеятельности растений объясняется тем, что основной электрической характеристикой растительной клетки является ее мембранный потенциал, который соответствует состоянию клетки во время физиологического покоя, когда обмен веществ находится в равновесном состоянии [7]. Живые структуры всегда имеют отрицательный заряд по отношению к окружающей среде. Мембранный потен-

циал определяет все типы электрической активности живых организмов, в том числе и процесс дыхания и обмена веществ [8].

Интенсивность дыхания и, следовательно, длительность сохранности фруктов зависит от того, насколько активно происходит перенос ионов и протонов через мембрану клетки. Возможность регуляции этого переноса, а именно его торможение, должно привести к большим срокам хранения фруктов без существенной потери их свойств [5].

На обширном фоне исследований по воздействию электрических и электромагнитных полей с различными характеристиками на биологические мембраны практически неизвестны данные о воздействии электромагнитных полей на биологические клетки с целью не ускорения, а замедления протекающих в них процессов, в том числе и их дыхания [7, 8]. В связи с чем, проведение исследований по данному вопросу является актуальной задачей.

Объект, цель и задачи исследования. *Объект исследования.* Процесс влияния высокочастотных электромагнитных излучений на дыхание фруктоплодов в процессе их длительного хранения.

Целью работы является определение частоты электромагнитного излучения и величины наведенного потенциала на мембране клеток плодов яблонь для ингибирования синтеза этилена в процессе их длительного хранения.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

1. Рассмотреть процесс переноса ионов и протонов через мембрану клетки и получить выражение для плотности тока.
2. Определить частоту электромагнитного излучения и наведенный потенциал на мембране клетки для блокировки дыхания плодов.

Теоретический анализ влияния высокочастотного излучения на плотность тока через мембрану клетки. Будем рассматривать клетку в виде сферы, имеющей диэлектрическую оболочку. Частотно-зависимая составляющая индуцируемого дипольного момента для такой сферической частицы записывается в виде [5]:

$$D = \frac{\omega^2 \varepsilon_m^2 \varepsilon_0^2 A_1 + j \omega \varepsilon_m \varepsilon_0 B_1 + C_1}{\omega^2 \varepsilon_m^2 \varepsilon_0^2 A_2 + j \omega \varepsilon_m \varepsilon_0 B_2 + C_2}, \quad (1)$$

где ε_m – относительная диэлектрическая проницаемость мембраны клетки; ε_0 – диэлектрическая постоянная; j – мнимая единица; $\omega = 2\pi f$ – круговая частота. Параметры A_1 , A_2 , B_1 , B_2 , C_1 и C_2 определяются независимыми от частоты значениями проводимости и диэлектрической проницаемости наружной и внутренней сред и разделяющей оболочки.

Из анализа выражения (1) следует, что в случае воздействия низкочастотного поля мембрана представляет собой хороший изолятор, и ток идет в обход клетки по проводящей среде. Индуцированные заряды увеличивают напряженность поля внутри частицы. Такое распределение индуцированных зарядов соответствует антипараллельной ориентации дипольного

момента частици относительно внешнего поля. При воздействии высокочастотного поля проводимость мембраны высока; и так как электропроводность внутриклеточной среды выше электропроводности бессолевого внеклеточной среды, ток протекает преимущественно через клетку. В этих условиях распределение индуцированных зарядов на поверхности частиц соответствует параллельной ориентации дипольного момента по отношению к внешнему полю.

Очевидно, что замедление процесса дыхания, а, следовательно, увеличение срока хранения фруктов может быть достигнуто за счет уменьшения проницаемости мембран митохондрий. Это можно получить, уменьшая величину тока внутри клетки, который присутствует именно при высокочастотном электромагнитном воздействии на плод.

Для простоты рассматривалась клетка в виде объекта, имеющего сферическую форму. Предполагалось, что среда, заполняющая внутреннюю часть клетки, характеризуется диэлектрической и магнитной проницаемостями ε и μ , которые, при наличии неоднородности, могут являться функциями радиуса сферы. Внешнее по отношению к рассеивателю пространство предполагается однородным. Оно характеризуется постоянными электромагнитными проницаемостями ε_1 и μ_1 .

Найдены компоненты электрической составляющей поля внутри клетки, поскольку именно она влияет на процесс движения ионов через мембрану:

$$E_r = 3\sqrt{\frac{\pi}{2}}E_0 b_1 \frac{J_{\frac{3}{2}}(kr)}{(kr)^{\frac{3}{2}}} \sin\theta \cos\phi; \quad (2)$$

$$E_\phi = -j\frac{3}{2}E_0\sqrt{\frac{\pi}{2kr}}\left(a_1 J_{\frac{3}{2}}(kr) \cos\theta \sin\phi - j\frac{b_1}{2}\left[\frac{J_{\frac{3}{2}}(kr)}{kr} + \left(J_{\frac{1}{2}}(kr) - J_{\frac{5}{2}}(kr)\right)\right] \sin\phi\right); \quad (3)$$

$$E_\theta = j\frac{3}{2}E_0\sqrt{\frac{\pi}{kr}}\left(a_1 J_{\frac{3}{2}}(kr) \cos\phi - j\frac{b_1}{2}\left[\frac{J_{\frac{3}{2}}(kr)}{kr} + \left(J_{\frac{1}{2}}(kr) - J_{\frac{5}{2}}(kr)\right)\right] \cos\theta \cos\phi\right). \quad (4)$$

Мембрана не является однородной фазой для движения ионов, поскольку перенос ионов через мембрану осуществляется через специализированные участки – ионные каналы, представляющие собой липопротеиновые комплексы сложной структуры. В узких каналах невозможна независимая диффузия, а допустимо только одностороннее движение ионов. Вследствие узости поры в канале могут происходить сильные ион-ионные взаимодействия.

Естественно предположить, что повышение скорости движения ионов через канал, вызванное увеличением силы внутриклеточного тока, будет иметь последствия, аналогичные повышению концентрации электролита в цитоплазме фруктов. Ионы, находящиеся в канале, не будут успевать проходить через энергетические барьеры, существующие при входе и выходе из мембраны, а также через барьер внутри канала, что будет тормозить процесс их движения [5].

При движении через канал ион достаточно долго задерживается в каждой потенциальной яме. Перескок возможен только в пустую яму. Второй ион не может попасть в занятую потенциальную яму из-за электростатического взаимодействия с уже находящимся там ионом. Поскольку скорость поступления ионов в канал зависит от силы внутриклеточного тока, связанного с внешним электромагнитным полем, то вероятность перескока зависит от приложенного электрического поля. Следовательно, транспорт ионов следует рассматривать как серию последовательных перескоков через энергетические барьеры в канале.

Рассмотрим случай, когда профиль электрического потенциала в мембране с толщиной h линейен, а на него накладывается внешнее переменное электромагнитное поле $\vec{E}_{\text{вн}}$, существующее внутри плодов фруктов благодаря их облучению ЭМП СВЧ. В этом случае уравнение Нернста—Планка, описывающее электродиффузию, приобретает вид неоднородного линейного дифференциального уравнения первого порядка:

$$\frac{dc}{dr} + \frac{czF}{RT}(E_m + E_{\text{вн}}) = -\frac{J}{uRT}, \quad (5)$$

где u – подвижность ионов; z – валентность иона; T – абсолютная температура; R – газовая постоянная; F – число Фарадея; c – концентрация ионов; ϕ – электрический потенциал на мембране; $E_m = \phi/h$ – напряженность электрического поля, создаваемого на мембране внутриклеточными процессами; J – суммарная интенсивность потока. В нашем случае $E_{\text{вн}} = |\vec{E}| = \sqrt{|E_r|^2 + |E_\phi|^2 + |E_\theta|^2}$, что определяется выражениями (2)-(4).

Решение уравнения (5) дает концентрацию ионов, движущихся через мембрану митохондрий:

$$c = e^{-\frac{zF}{RT}(E_m r + \int |\vec{E}| dr)} \left(K - \frac{J}{uRT} \int e^{\frac{zF}{RT}(E_m r + \int |\vec{E}| dr)} dr \right), \quad (6)$$

где K – произвольная константа.

Подставляя в выражение (6) значения концентраций ионов c на краях мембраны в плоскостях $r = r_0$ и $r = r_0 + h$, а также воспользовавшись свойством интегралов о среднем, приводим выражение (6) к виду:

$$c = K e^{-\frac{zF}{RT}(E_m r + |\bar{E}(r_0)|r)} - \frac{J}{uzFE_m}, \quad (7)$$

где r_0 – радиальная координата середины мембраны относительно центра сохраняемого фрукта.

Полагая, что концентрация ионов на внутренней стороне мембраны равна c' , а на внешней – c'' , из равенства (7) можно найти выражение для величины интенсивности потока ионов сквозь мембрану, вызванного наличием приложенного внешнего ЭМП СВЧ.

Согласно А.Ходжкину и Б.Катцу [10] концентрации ионов на краях мембраны (c' для $r = r_0$ и c'' для $r = r_0 + h$) пропорциональны соответственно концентрациям в наружном и внутреннем омывающих растворах c_0 и c_i :

$$c' = \gamma c_0, \quad c'' = \gamma c_i. \quad (8)$$

Данное утверждение позволяет вычислить суммарную интенсивность потока ионов через мембрану:

$$J = uzFE_m \gamma \frac{c_0 - c_i e^{\frac{zF}{RT}(E_m + |\bar{E}(r_0)|)h}}{1 - e^{\frac{zF}{RT}(E_m + |\bar{E}(r_0)|)h}}. \quad (9)$$

Вводя в выражение (9) проницаемость мембраны

$$P = \frac{uRT\gamma}{h} \text{ окончательно получаем}$$

$$J = \frac{zF\varphi P c_0 - c_i e^{\frac{zF}{RT}(E_m + |\bar{E}(r_0)|)h}}{RT} \frac{1 - e^{\frac{zF}{RT}(E_m + |\bar{E}(r_0)|)h}}{1 - e^{\frac{zF}{RT}(E_m + |\bar{E}(r_0)|)h}}. \quad (10)$$

Тогда значение плотности тока I , переносимого данным видом ионов, равно $I = zFJ$. Уравнение (10) позволяет рассчитать пассивный поток ионов, если известны их концентрация в растворах по обе стороны мембраны, естественная разность потенциалов на мембране, разность потенциалов, наведенная внешним ЭМП, и проницаемость мембраны для данного вида ионов. При наложении сверхвысокочастотного электромагнитного поля концентрация токопереносящих ионов в мембране повышается, что приводит соответственно к повышению их взаимодействия и возможному запиранию канала.

Особенности взаимодействия иона с молекулярными группами канала учитываются соответствующими профилями потенциальной энергии иона в канале, который представляется рядом последовательных потенциальных ям и барьеров. Ион достаточно долго задерживается в каждой потенциальной яме. Перескок возможен только в пустую яму. Второй ион не может попасть в занятую потенциальную яму из-за электростатического взаимодействия с уже находящимся там ионом.

В работе [9] на основании Марковского процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем исследованы вероятностные процессы во время движение ионов через мембрану митохондрий и, соответственно, дыхание фруктов без воздействия внешнего электромагнитного поля, а также при его

наличии. Скорость транспорта в канале будет зависеть от вероятности заполнения ионами участков связывания на границах мембраны, что может приводить к заполнению обоих мест связывания и блокировке канала при высоких концентрациях электролита или при повышении интенсивности перемещения ионов под воздействием внешнего сверхвысокочастотного электромагнитного поля.

Рассмотрены четыре состояния канала, между которыми возможны переходы. Состояние 1 – левый участок занят, а правый свободен (1 0); состояние 2 – правый участок занят, а левый свободен (0 1); состояние 3 – оба участка заняты (1 1); состояние 4 – оба участка свободны (0 0). Каждое состояние описывается своей вероятностью. Для нахождения соответствующих вероятностей составлена и решена система дифференциальных уравнений Колмогорова [10].

Полученные результаты показали, что при отсутствии внешнего наложенного электромагнитного поля система переходит в стационарное состояние. При этом она с вероятностью порядка 0,3 будет находиться или в состоянии (1 0) или (0 1). Иначе говоря, с вероятностью порядка 0,6 будет занят только один выход из канала движения ионов. Вероятность состояния (0 0) (оба выхода из канала дыхания свободны) становится также порядка 0,3. Следовательно, это свидетельствует о низкой вероятности отсутствия перемещения ионов по каналу в обе стороны, если на них воздействует только электрохимический потенциал клетки, а в самом канале для них нет препятствий. Открытое состояние одного из концов канала позволяет беспрепятственно перемещаться иону сквозь канал и выходить из него наружу. Данный результат говорит о том, что процесс дыхания с большой вероятностью порядка 0,9 проходит без блокировки.

При наложении на мембраны клетки внешнего электромагнитного поля с частотой 33,5...36 ГГц и искусственно создаваемого потенциала на мембране величиной 120 мВ ситуация принципиально меняется.

В данном случае вероятности состояний (1 0) или (0 1) со временем становятся порядка 0,1, то есть в сумме порядка 0,2. Вероятность состояния (0 0), когда канал открыт с обоих концов, меньше 0,1. Таким образом, суммарная вероятность свободного движения ионов по каналам равна примерно 0,3. В то же время вероятность блокировки каналов, то есть вероятность P_3 состояния (1 1), возрастает до 0,7. Следовательно, при наложении на хранящиеся фрукты внешнего электромагнитного поля СВЧ диапазона с указанными выше параметрами вероятность возможной блокировки каналов движения ионов возрастает практически в семь раз. Соответственно в семь раз будет замедляться и обмен веществ на уровне мембран клетки и процесс их дыхания, что естественно скажется на сроках хранения фруктов.

Выводы. Таким образом, рассмотрена возможность влияния на процесс переноса ионов через мембраны растительных клеток, что определяет интенсивность их дыхания и длительность хранения, с помощью внешних сверхвысокочастотных электромагнитных полей. С этой целью получены выражения

для этих полей внутри клеток. Движение ионов сквозь каналы в мембранах представлено как однорядный поток, который может тормозиться потенциальными барьерами, создаваемыми не вышедшими из каналов ионами. С помощью системы уравнений Колмогорова, которые описывают рассматриваемый Марковский процесс, получены вероятностные характеристики свободного и замедленного переноса ионов.

Список литературы:

1. *Бородай, И. И.* Биохимические и биофизические основы хранения плодов [Текст] / *И. И. Бородай* // Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко «Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК Украины». – 2016. – № 176. – С. 84–87.
2. *Гудковський, В. А.* Прогрессивные технологии хранения плодов [Текст] / *В. А. Гудковський, А. А. Кладь, Л. В. Кожина, А. Е. Балакирев, Ю. Б. Назаров* // Достижения науки и техники. АПК. – 2009. – № 2. – С. 66–68.
3. *Бородай, И. И.* Анализ методов и устройств контроля дыхания плодов при воздействии на них электромагнитного излучения [Текст] / *И. И. Бородай, Н. П. Кунденко* // Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко «Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК Украины». – 2016. – № 175. – С. 166–168.
4. *Гудковський, В. А.* Эффективность модифицированной атмосферы и ингибитора биосинтеза этилена для хранения плодов, ягод и овощей [Текст] / *В. А. Гудковський, Л. В. Кожина, А. Е. Балакирев, Ю. Б. Назаров* // Вестник МичГАУ. – 2009. – № 1. – С. 53–64.
5. *Бородай, И. И.* Моделирование процесса переноса ионов через мембраны клеток под воздействием внешнего электромагнитного поля [Текст] / *И. И. Бородай* // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Системный анализ, управление и информационные технологии. – 2016. – № 45. – С. 18–21.
6. *Konstantinov, I. S.* Theoretical Analysis of Electromagnetic Field Electric Tension Distribution in the Seeds of Cereals [Text] / *I. S. Konstantinov, A. V. Mamatov, V. A. Sapryka, A. D. Cherenkov, A. V. Sapryka, N. G. Kosulina* // Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015. – № 6 (6). – P. 1686–1694.
7. *Рубин, А. Б.* Биофизика. Том 1. Теоретическая биофизика [Текст] / *А. Б. Рубин*. – М.: МГУ, 1999. – 448 с.
8. *Konstantinov, I. S.* Decision alqoritm of near-field microwave soundinq [Text] / *I. S. Konstantinov, A. V. Mamatov, V. A. Sapryka, A. D. Cherenkov, A. V. Sapryka A. E. Poedinchuk* // International Journal jf Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10. – P. 45186–45189.
9. *Дынкин, Е. Б.* Марковские процессы [Текст] / *Е. Б. Дынкин*. – М.: Физматлит, 1963. – 860 с.
10. *Волькенштейн, М. В.* Биофизика [Текст] / *М. В. Волькенштейн*. – М.: Наука, 1988. – 592 с.

Bibliography (transliterated):

1. *Borodaj, I. I.* (2016). Biohimicheskie i biofizicheskie osnovy hranenija plodov. Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo tehniceskogo universiteta sel'skogo hozjajstva im. P. Vasilenko «Problemy jenergoobespechenija i jenergosberezhenija v APK Ukrainy», 176, 84–87.
2. *Gudkovskij, V. A., Klad', A. A., Kozhina, L. V., Balakirev, A. E., Nazarov, Ju. B.* (2009). Progressivnyye tehnologii hranenija plodov. Dostizhenija nauki i tehniki. APK, 2, 66–68.
3. *Borodaj, I. I., Kundenko, N. P.* (2016). Analiz metodov i ustrojstv kontrolja dyhanija plodov pri vozdejstvii na nih jelektromagnitnogo izluchenija. Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo tehniceskogo universiteta sel'skogo hozjajstva im. P. Vasilenko «Problemy jenergoobespechenija i jenergosberezhenija v APK Ukrainy», 175, 166–168.
4. *Gudkovskij, V. A., Kozhina, L. V., Balakirev, A. E., Nazarov, Ju. B.* (2009). Jefferektivnost' modifitsirovannoj atmosfery i ingibitora biosinteza jetilena dlja hranenija plodov, jagod i ovoshhej. Vestnik MichGAU, 1, 53–64.
5. *Borodaj, I. I.* (2016). Modelirovanie processa perenosa ionov cherez membrany kletok pod vozdejstviem vneshnego jelektromagnitnogo polja. Vestnik NTU "HPI". Serija: Sistemnyj analiz, upravlenie i informacionnye tehnologii, 45, 18–21.
6. *Konstantinov, I. S., Mamatov, A. V., Sapryka, V. A., Cherenkov, A. D., Sapryka, A. V., Kosulina, N. G.* (2015). Theoretical Analysis of Electromagnetic Field Electric Tension Distribution in the Seeds of Cereals. Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 6 (6), 1686–1694.
7. *Rubin, A. B.* (1999). Biofizika. Tom 1. Teoreticheskaja biofizika. Moscow: MGU, 448.
8. *Konstantinov, I. S., Mamatov, A. V., Sapryka, V. A., Cherenkov, A. D., Sapryka, A. V., Poedinchuk, A. E.* (2015). Decision alqoritm of near-field microwave soundinq. International Journal jf Applied Engineering Research, 10, 45186–45189.
9. *Dynkin, E. B.* (1963). Markovskie process. Moscow: Fizmatlit, 860.
10. *Vol'kenshtejn, M. V.* (1988). Biofizika. Moscow: Nauka, 592.

Поступила (received) 21.04.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Влияние внешнего электромагнитного поля на обменные процессы в плодах фруктов/ И. И. Бородай // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 16(1238). – С. 131–135.– Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Вплив зовнішнього електромагнітного поля на обмінні процеси в плодах фруктів/ І. І. Бородай // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 16(1238). – С. 131–135.– Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Influence of external electromagnetic field on metabolic processes in fruits of fruit/ I. Boroday //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 16 (1238).– P. 131–135. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бородай Ирина Ивановна – аспірант, Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко, ул. Алчевских, 44, г. Харьков, Украина, 61002; e-mail: tte_nniekt@ukr.net.

Бородай Ирина Іванівна – аспірантка, Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенко, вул. Алчевських, 44, г. Харьков, Україна, 61002; e-mail: tte_nniekt@ukr.net.

Boroday Irina – postgraduate student, Kharkiv National Technical University of Agriculture of P. Vasilenko, str. Alchevsky, 44, Kharkiv, Ukraine, 61002; e-mail: tte_nniekt@ukr.net.