

УДК 636.32/38

**Мазур В.А.**

*к.т.н., асистент*

**Гарасимчук І.Д.**

*к.т.н., доцент,  
завідувач кафедри*

**Панцир Ю.І.**

*к.т.н., доцент*

**Потапський П. І.**

*к.т.н., доцент*

*кафедра енергетики та електротехнічних*

*систем в агропромисловому комплексі*

*Інженерно-технічний факультет*

*Подільський державний аграрно-технічний університет*

*Кам'янець-Подільський, Україна*

*E-mail: [ruzam61@yandex.ru](mailto:ruzam61@yandex.ru)*

*E-mail : [igor\\_gera@mail.ru](mailto:igor_gera@mail.ru)*

*E-mail : [panzir\\_yuriy@mail.ru](mailto:panzir_yuriy@mail.ru)*

*E-mail : [p.v.potap@mail.ru](mailto:p.v.potap@mail.ru)*

## ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ РАДІОІМПУЛЬСНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В МОЛОЧНИХ ЗАЛОЗАХ ОВЕЦЬ

*Проведено аналіз та теоретично обґрунтовано застосування інформаційних радіохвильових електромагнітних полів для лікування тварин. За результатами досліджень проаналізовано дію інформаційних параметрів управляючих інформаційних радіохвильових випромінювань на фізико-хімічні процеси в організмі тварин при лікуванні маститів та розроблено модель взаємодії імпульсного радіохвильового випромінювання міліметрового діапазону з внутрішніми тканинами молочної залози овець, хворих маститом. На основі розробленої математичної моделі і її аналізу визначено діапазон змін параметрів біотровів радіоімпульсного електромагнітного поля для лікування інфекційного маститу овець. Виявлено, що для руйнування мембрани патогенних мікроорганізмів у вимені овець потрібний потенціал на мембрані не менше 110мВ, наведений зовнішнім джерелом імпульсного електромагнітного випромінювання потужністю 150 Вт. Доведено, що лікування інфекційного маститу овець слід проводити з використанням радіоімпульсного випромінювання з частотою заповнення 30-32 ГГц; експозицією 80-100с; амплітуда радіоімпульсу усередині вимені віви складає 14В.*

***Ключові слова:** електромагнітне поле, електронні системи, електромагнітна технологія, радіоімпульсне випромінювання, лікування тварин.*

**Вступ.** Дія інформаційних електромагнітних випромінювань (ЕМВ) на живі організми займає важливе місце у ряді проблем, що стоять перед біофізикою, медициною і ветеринарією. Дослідження показують, що для лікування тварин слід використовувати інформаційні радіохвильові випромінювання [1-4].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз досліджень по дії інформаційних електромагнітних полів (ЕМП) на біологічні об'єкти, що проводяться: в Московському центрі інформаційної медицини під керівництвом Бессонова А.Е. у ІРЭ РАН під керівництвом Н.Д.Девяткова; у ТулГУ під керівництвом Нефедова Е.Н.; у Харківському НТУСГ під керівництвом О.Д.Черенкова, М.Л.Лисиченко, Ю.Мегеля, Н.Косуліної; у Новосибірському інституті під керівництвом Козначеева А.П. показують, що найбільший терапевтичний ефект у ветеринарії і медицині слід чекати від інформаційних імпульсних електромагнітних випромінювань міліметрового діапазону [3-6].

**Мета.** Метою досліджень є аналіз дії управляючих інформаційних радіохвильових випромінювань на фізико-хімічні процеси в організмі тварин при лікуванні маститів та розробка моделі розподілу та взаємодії імпульсного радіохвильового випромінювання

міліметрового діапазону з внутрішніми тканинами молочної залози овець, хворих маститом.

**Методологія.** Вирішення завдання про розподіл напруженості електричного поля в молочній залозі овець може бути отримане лише чисельними методами за допомогою комп'ютерних обчислень. Проте, при певних припущеннях вдається отримати рішення в аналітичній формі. Слід зазначити, що в практичному відношенні (реальні електродинамічні і геометричні параметри молочної залози овець) ці припущення як правило виконуються в довгохвильовій частині міліметрового діапазону.

**Результати.** У працях О.Д.Черенкова [3] та В.А.Мазура [6] були отримані розрахункові формули, що дають рішення, про розподіл радіоімпульсного електромагнітного випромінювання в молочній залозі овець. Скористаємося цими формулами і розрахуємо оптимальні параметри послідовності радіоімпульсів, при яких квадрат напруженості електричного поля усереднений за об'ємом молочної залози і по періоду повторюваності радіоімпульсів набуває максимального значення. Як встановлено вище, напруженість електричного поля, що виникає при дії послідовності радіоімпульсів на молочну залозу овець, можна представити у виді

$$E_{\varphi}^p \approx \sum_{m=-N}^N E_{\varphi-m}^p e^{i \frac{2\pi \cdot m}{T} t}, \quad (1)$$

де  $T$  - період повторення радіоімпульсів.

Усереднимо квадрат модуля напруженості електричного поля за часом за період повторюваності радіоімпульсів

$$|E|^2 = \frac{1}{T} \int_0^T |E_{\varphi}^p|^2 dt. \quad (2)$$

Підставимо (2.47) в (2.63), тоді отримаємо

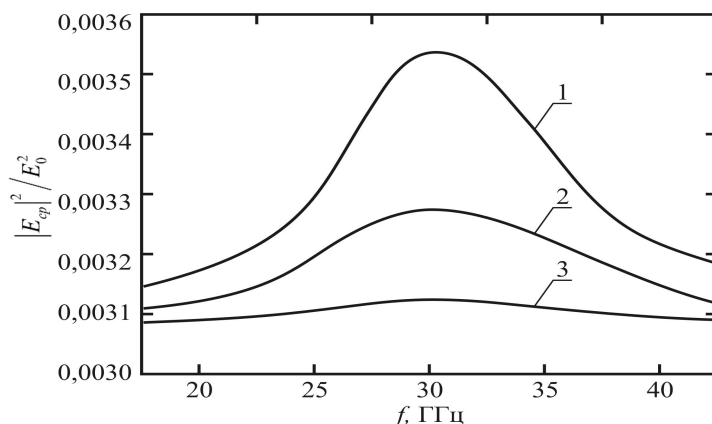
$$|E|^2 = |E_{\varphi 0}^p|^2 + 2 \sum_{n=1}^N |E_{n\varphi}^p|^2. \quad (3)$$

Усереднимо за об'ємом молочної залози

$$|E_{\text{ср}}|^2 = \frac{1}{V} \int_V |E|^2 dV. \quad (4)$$

Величина напруженості електричного поля складним чином залежить від параметрів радіоімпульсів і геометричних і електродинамічних параметрів молочної залози. Нижче представлені результати розрахунків величини для різних значень параметрів радіоімпульсів. Розрахунки проводилися при наступних значеннях параметрів молочної залози: радіуси верхнього і нижнього підстав конуса молочної залози  $R_1=15 \times 10^{-2}$  м і  $R_2=1,5 \times 10^{-2}$  м; висота конуса  $h=17 \times 10^{-2}$  м; товщина шару шкіри  $h_1=0,2 \times 10^{-2}$  м; відносна діелектрична проникність молочної залози, зараженої інфекційними мікроорганізмами  $\varepsilon_2 = \varepsilon_2' + i\varepsilon_2''$ ,  $\varepsilon_2' = 10 \div 15$ ,  $\varepsilon_2'' = 1,2 \div 1,5$ ; відносна діелектрична проникність шару шкіри  $\varepsilon_1 = \varepsilon_1' + i\varepsilon_1''$ ,  $\varepsilon_1' = 2 \div 3$ ,  $\varepsilon_1'' = 0,2 \div 0,5$ . Параметри радіоімпульсів були вибрані: період повторюваності  $T=10^{-4}$  с; тривалість імпульсу  $\tau=10^{-6}$  с. Аналізувалася залежність  $|E_{\text{ср}}|^2 / E_0^2$  як функція частоти заповнення радіоімпульсу  $f$ , яка змінювалася в діапазоні  $f = 20 \div 40$  ГГц.

На рис.2.2. представлені результати розрахунків.



**Рис.1** Залежність квадрата напруженості електричного поля в молочній залозі від частоти заповнення імпульсів при різних значеннях шпаруватості :

1 —  $Q = 100$ ; 2 —  $Q = 150$ ; 3 —  $Q = 50$ .

Аналіз результатів дозволяє зробити висновок, що величина амплітуди радіоімпульсу  $E_{\text{сп}}$  в молочній залозі овець, нормована на квадрат максимальної амплітуди радіоімпульсу  $f$ , резонансним чином залежить від частоти заповнення радіоімпульсу в діапазоні  $f = 20 \div 40$  ГГц. При цьому резонансна частота  $f_{\text{рез}} = 30,8$

ГГц, а максимальне значення величини  $|E_{\text{сп}}|^2 / E_0^2 = 3,5 \cdot 10^{-3}$ . Розрахунки показали, що резонансний характер зміни напруженості електричного поля істотно залежить від шпаруватості радіоімпульсів  $Q = \frac{T}{\tau_u}$ . При шпаруватості  $Q = 100$  напруженість електричного

поля резонансно залежить від частоти заповнення радіоімпульсів (див. рис). Проте, при збільшенні шпаруватості  $Q > 100$ , хоча і зберігається резонансний характер, але максимальне значення електричного поля різко зменшується. При зменшенні шпаруватості резонансна поведінка практично зникає. Таким чином, можна зробити висновок про те, що значення квадрата напруженості електричного поля в молочній залозі досягає максимального значення при шпаруватості радіоімпульсів  $Q = 100$  і частоті заповнення радіоімпульсу  $f = 30,8$  ГГц. При цьому період повторення радіоімпульсів  $T > 10^{-5}$  с. Проведені дослідження показують, що для ефективного лікування маститу молочної залози овець слід використовувати радіоімпульсне електромагнітне випромінювання з параметрами: частота заповнення імпульсів в діапазоні 30-32 ГГц; період дотримання імпульсів  $T = 10-4$  с; тривалість імпульсів  $\tau_u = 10^{-6}$  с; площа опромінення  $280 \text{ см}^2$ . При цих параметрах радіоімпульсів величина середнього значення напруженості електричного поля набуває максимального значення в області знаходження патогенних мікроорганізмів, що викликають запалення молочної залози вівці.

Розробка методу знищення патогенних мікроорганізмів радіоімпульсним ЕМП пов'язана з руйнуванням клітинних мембран мікроорганізмів за рахунок наведеного потенціалу на їх мембранах. Найбільш визнаним нині являється механізм руйнування мембран, обумовлений дефектами типу наскрізної пори. Зазвичай процес руйнування мембран зв'язують з досягненням параметрами системи деяких критичних значень, після

чого процес відхилення стає безповоротним і настає руйнування мембран. Відхилення мембран від рівноваги можна зв'язати з виникненням дефектів в структурі мембран за рахунок локального стискування в подовжньому або поперечному напрямі. Зменшення товщини мембрани носить різко виражений локальний характер, що слід розглядати як початковий етап формування локального поглиблення. Величина потенціалу для руйнування мембран клітин може бути визначена з вираження.

$$\varphi_{\text{нав}} > \varphi_{\text{кр}} = \sqrt{0.376 E_{\text{пр}} \frac{d^2}{\varepsilon_m \cdot \varepsilon_0}}, \quad (5)$$

де  $E_{\text{пр}}$  -модуль пружності мембрани;

$d$  - товщина мембрани;

$\varepsilon_m$  --діелектрична проникність мембрани.

Час опромінення і напруженість ЕМП для знищення патогенних мікроорганізмів визначимо для наведеного потенціалу на мембрані клітин патогенних мікроорганізмів. Воно зв'язує потенціал на мембрані клітини з її фізико-хімічними параметрами: напруженістю електромагнітного поля, що падає на неї, частотою цього поля і часом опромінення молочної залози. У випадку, що розглядається нами, ця формула має наступний вигляд:

$$\varphi_{\text{нав}}^2 = \varphi_0^2 + P \cdot t \frac{C_0 V_0 g^2 C_S}{(4\pi \varepsilon_m \varepsilon_0 d)^2} \cdot e^{\frac{F\varphi_0}{RT_k} \frac{g}{e}} + P \frac{g C_S}{4\pi \varepsilon_m \varepsilon_0 \omega} E \cos \omega t \quad (6)$$

де  $\varphi$  - наведений ЕМП потенціал на мембрані клітини;

$\varphi_0$  - потенціал на мембрані в початковий момент часу;

$P$  - проникність мембран клітин;

$C_0$  - середня концентрація іонів в клітині;

$V_0$  - середній об'єм клітини в початковий момент часу ;

$q$  - заряд іона;

$C_S$  - концентрація іонів поза клітиною;

$\varepsilon_m$  - відносна діелектрична проникність мембран ;

$\varepsilon_0$  - діелектрична постійна;

$F$  - число Фарадея;

$R$  - газова постійна;

$T_k$  - абсолютна температура;

$t$  - час експозиції;

$\omega$  - кругова частота заповнення імпульсів ;

$E$  - напруженість електричної складової ЕМП на мембрані клітин патогенних мікроорганізмів, що викликають мастит овець.

Для розрахунків були використані численні дані, узяті з літературних джерел [6-7]:

$\varepsilon_m = 2,1$ ;  $d = 10^{-8}$ ;  $f = 30,8$  ГГц;  $C_S = 6,0$ ;  $g = 3.3 \cdot 10^{-18}$  Кл;

$P = 0,3 \cdot 10^{-3}$ ;  $F =$ ;  $R =$ ; ; ;  $Q = 100$ ; ;  $V_0 =$ ;

При проведенні чисельних розрахунків було отримано, що критичний потенціал на мембрані патогенних мікроорганізмів складає 110 мВ.

В результаті розрахунків було встановлено, що величина експозиції складає  $t = 90$ с.

З урахуванням отриманих результатів було отримано, що величина амплітуди

радіоімпульсу усередині вимені вівці складає  $E_{cp} = 14В$ , а  $E_0 = 238В$ . Для отриманої напруженості ( $E_0 = 238 В$ ), потужність джерела радіоімпульсного випромінювання для опромінення поверхні вимені вівці буде рівна 150 Вт в імпульсі, а середнє значення за період складає 1,5 Вт.

**Висновки.** 1. Для визначення діапазону змін параметрів біотропів радіоімпульсного електромагнітного поля для лікування інфекційного маститу овець слід використовувати розроблену модель і отримані математичні вирази при її аналізі.

2. Для руйнування мембрани патогенних мікроорганізмів у вимені овець потрібний потенціал на мембрані не менше 110мВ, наведений зовнішнім джерелом електромагнітного випромінювання потужністю 150 Вт в імпульсі.

3. Лікування інфекційного маститу овець слід проводити з використанням радіоімпульсного випромінювання з частотою заповнення 30-32 ГГц, експозицією 80-100с, амплітуда радіоімпульсу усередині вимені вівці складає 14В.

4. Для створення методу інформаційно-хвильової терапії маститу овець необхідні теоретичні дослідження та розробка імпульсного генератора в міліметровому діапазоні.

#### Список використаних джерел

1. Потапский, П. В. Анализ взаимодействия электромагнитных полей с патогенными микроорганизмами в шерсти [Текст] / П. В. Потапский // Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2009. – Вип. 86. – С. 115–119.

2. Думанский, А. В. Производственные результаты внутриутробного лечения эндометрита животных КРС электромагнитным излучением [Текст] / А. В. Думанский // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка : Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2014. – Вип. 153. – С. 80–90.

3. Черенков, А. Д. 2001. Влияние низкоэнергетических ЭМП на клетки тканей вымени коров больных маститом [Текст] / А. Д. Черенков, Л. Ф. Кучин // Вестник ХГТУСХ. – Харьков: ХГТУСХ, Вип. 6. С.32–33.

4. Михайлова, Л. Н. Применение электромагнитного поля крайневьсокой частоты для лечения животных [Текст] / Л. Н. Михайлова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. - № 1. – С. 13–16.

5. Игорь Гарасимчук, Павел Потапский, Юрий Панцир, Иван Гордийчук. Методы и возможности применения электронных систем для повышения иммунитета новорожденных животных [Текст] // MOTROL. Commission of Motorization and energetics in agriculture – 2015, Vol. 17, No. 5. - С. 35-38.

6. Мазур, В. А. Теоретический анализ процесса взаимодействия радиоимпульсного излучения с животными, больными маститом [Текст] / В. А. Мазур // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 4 / 2 (17). – С. 59–63.

7. Черенков, А. Д. Воздействие низкоэнергетических электромагнитных измерений на мембранный потенциал и объем клеток биологических объектов [Текст] / А. Д. Черенков // Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. – 2000. – № 16. – С. 12–15.

#### References

1. Potapskyj, P. V. (2009). Analiz vzaymodejstvija elektromagnytnih polej s patogennimy mykroorganizmamy v shersty [Analysis of the interaction of electromagnetic fields with pathogens in wool]. *Visnyk Harkivs'kogo Nacional'nogo tehnychnogo universytetu sil's'kogo gospodarstva imeni Petra Vasylenka [Herald of the National Technical University of Agriculture named Peter Vasilenko]*, 86, 115–119.

2. Dumanskyj, A.V. (2014). Proyzvodstvennie rezul'tati vnutyutrobnogo lechenyja endometryta zhyvotnih KRS elektromagnytnim yzluchenym [Production of intrauterine treatment of endometritis animals cattle electromagnetic radiation]. *Visnyk Harkivs'kogo nacional'nogo tehnychnogo universytetu sil's'kogo gospodarstva imeni Petra Vasylenka [Herald of the National Technical University of*

*Agriculture named after Peter Vasilenko*, 153, 80–90.

3. Cherenkov, A.D. & Kuchyn, L. F. (2001). Vlyjanye nyzkoenergetycheskykh EMP na kletky tkanej vimeny korov bol'nih mastytom [The effect of low-energy EMF on the udder tissue cells of cows sick of a mastitis]. *Vestnyk HGTUSH [Herald HSTU of Agriculture]*, 6, 32–33.

4. Myhajlova, L.N. (2012). Prymenenye elektromagnynogo polja krajnevisokoy chastoti dlja lechenya zhyvotnih [The use of the electromagnetic field frequency kraynevysokoy for treatment of animals]. *Vostochno-Evropejskyy zhurnal peredovih tehnologiy [Eastern European Journal of advanced technologies]*, 1, 13–16.

5. Garasymchuk, Igor, Potapskyj, Pavel, Pancyr, Juryj, & Gordyjchuk, Yvan (2015). Metodi y vozmozhnosti pryomenenya elektronnih system dlja povishenya ymmunytetu novorozhdennih zhyvotnih [Methods and applications of electronic systems to improve the immunity of newborn animals]. *MOTROL. Commission of Motorization and energetics in agriculture*, 17(5), 35–38.

6. Mazur, V.A. (2015) Teoretycheskyy analiz processa vzaymodejstvya radyoypul'snogo yzlucheniya s zhyvotnymi, bol'nimi mastytom [Theoretical analysis of the interaction of radiation with radiopulse animals with mastitis]. *Tehnologicheskyy audyt y rezervi proyzvodstva [Technological audit and production of reserves]*, 4 / 2 (17), 59–63.

7. Cherenkov, A.D. (2000). Vozdejstvye nyzkoenergetycheskykh elektromagnynnih yzmereniy na membrannij potentsyal y ob'em kletok byologicheskyykh ob'ektov [Impact of low-energy electromagnetic measurements on the membrane potential and cell volume of biological objects]. *Mykrovolnovnie tehnology v narodnom hozjajstve. Vnedrenye. Problemi. Perspektyvi [Cherenkov microwave technology in the national economy. Introduction. Problems. Prospects]*, 16, 12–15.

*Дата надходження статті до редакції* 14.02.2016 р.

*1 рецензування* : 28.02.2016, прийнято в друк 28.03.2016

*Received: 14.02.2016. 1st. Revision: 28.02.2016. Accepted: 28.03.2016*

**Viktor Mazur**

*PhD (Techn.)*

**Igor Garasymchuk**

*PhD (Techn.)*

*Associate Professor,*

*Head of Department*

**Juryj Pancyr**

*PhD (Techn.)*

*Associate Professor*

**Pavel Potapskyj**

*PhD (Techn.)*

*Associate Professor*

*Department of Energy and Electrical Systems in Agriculture  
Engineering Faculty*

*State Agrarian and Engineering University in Podilya  
Kamenets-Podilsky, Ukraine*

*E-mail: [ruzam61@yandex.ru](mailto:ruzam61@yandex.ru)*

*E-mail: [igor\\_gera@mail.ru](mailto:igor_gera@mail.ru)*

*E-mail: [panzir\\_yuriy@mail.ru](mailto:panzir_yuriy@mail.ru)*

*E-mail: [p.v.potap@mail.ru](mailto:p.v.potap@mail.ru)*

## THEORETICAL ANALYSIS DISTRIBUTION IMPULSE RADIO WAVES IN THE MAMMARY GLANDS OF SHEEP

*The purpose of the study is to make the practical and theoretical analysis of radio wave radiation control in animals' treatment of mastitis. The author analyses the influence of radiation on physical and chemical process in animal's body. The model of interaction between impulsive radio frequency radiation of millimeter range with inner. Analysis and proved the feasibility of radio wave information electromagnetic fields to treat animals. On the basis of a mathematical model and its analysis the range of parameter changes biotropiv radiopulse electromagnetic fields for the treatment of infectious mastitis sheep. Found that the destruction of the membrane of pathogenic microorganisms in the sheep udder needed on the membrane potential of at least 110 mV listed external source of pulsed electromagnetic radiation power of 150 watts. It is proved that the treatment of infectious mastitis of sheep should be using radiopulse radiation at a frequency of 30-32 GHz filling; exposure 80-100 s; radio pulse amplitude within*

*the sheep udder is 14 V. To create a method of information-wave therapy mastitis sheep necessary theoretical research and development of pulse generator in the millimeter range.*

**Keywords:** *electromagnetic field, electronic, electromagnetic technology radiopulse radiation treatment of animals.*

**Виктор Мазур**

*к.т.н., ассистент*

**Игорь Гарасимчук**

*к.т.н., доцент,  
заведующий кафедрой*

**Юрий Панцир**

*к.т.н., доцент*

**Павел Потапский**

*к.т.н., доцент*

*кафедра энергетики и электротехнических систем  
в агропромышленном комплексе*

*Инженерно-технический факультет*

*Подольский государственный аграрно-технический  
университет*

*Каменец-Подольский, Украина*

**E-mail:** [ruzam61@yandex.ru](mailto:ruzam61@yandex.ru)

**E-mail:** [igor\\_gera@mail.ru](mailto:igor_gera@mail.ru)

**E-mail:** [panzir\\_yuriy@mail.ru](mailto:panzir_yuriy@mail.ru)

**E-mail:** [p.v.potap@mail.ru](mailto:p.v.potap@mail.ru)

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИО- ИМПУЛЬСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗАХ ОВЕЦ

*В статье проведен анализ и теоретически обосновано применение информационных радиоволновых электромагнитных полей для лечения животных. По результатам исследований проанализированы действие информационных параметров управляющих информационных радиоволновых излучений на физико-химические процессы в организме животных при лечении маститов и разработана модель взаимодействия импульсного радиочастотного излучения миллиметрового диапазона с внутренними тканями молочной железы овец, больных маститом. На основе разработанной математической модели и ее анализа определен диапазон изменений параметров биотропов радиоимпульсного электромагнитного поля для лечения инфекционного мастита овец. Выявлено, что для разрушения мембраны патогенных микроорганизмов в вымени овец нужен потенциал на мембране не менее 110 мВ, приведенный внешним источником импульсного электромагнитного излучения мощностью 150 Вт.*

*Доказано, что лечение инфекционного мастита овец следует проводить с использованием радиоимпульсного излучения с частотой заполнения 30-32 ГГц; экспозицией 80-100 с; амплитуда радиоимпульса внутри вымени овцы составляет 14 В.*

**Ключевые слова:** *электромагнитное поле, электронные системы, электромагнитная технология, радиоимпульсного излучения, лечение животных.*