

**მიკროტალღური დიაგნოზის ელექტრომაგნიტური ველის  
გენერაციის და მიმართული გამოსხივების ელემენტების და  
მათი გამოსხივების ველის გათვლის მაგალითი სასოფლო-სამეურნეო  
მავნებლების პროფილაქტიკის კონტროლის მიზნით**

არჩილ ჭირაკაძე, რამაზ გახაკიძე, აკაკი გიგინეიშვილი, ნუგზარ ყავლაშვილი,

საქარია ბუაჩიძე, მინეილ თაქთაქიშვილი, კახა გორგაძე

achikochirakadze@gmail.com

სამუშაოს მიზანია სახედასხვა სასოფლო-სამეურნეო მავნებლების განადგურების მიზნით სპირალური და რუბორული გამომსხიველების საფუძველზე კომპაქტური მიკროტალღური მოწყობილობების შესაძლებლობის შეფასება. ჩატარებული გათვლები ცხადყოფს, რომ ამ ტიპის ანტენების გაბარიტული ზომები და სხვა ძირითადი პარამეტრები შესაძლებელს ხდის აღნიშნული მიზნებით მათ წარმატებით გამოყენებას, მათ შორის მცირე და საშუალო ზომის მცენარეების დასაცავად. გამოკვლევის წინასწარი მონაცემები გვიჩვენებს, რომ ასეთი ვხით შესაძლებელია როგორც ინსექტიციდების აქტიური ნივთიერებების კონცენტრაციის, ასევე გამოსხივების სიმძლავრის 2-ჯერ ან მეტჯერ შემცირება.

საკვანძო სიტყვები: მიკროტალღური ველი, აზიური ფაროსანა, სასოფლო-სამეურნეო მავნებლები.

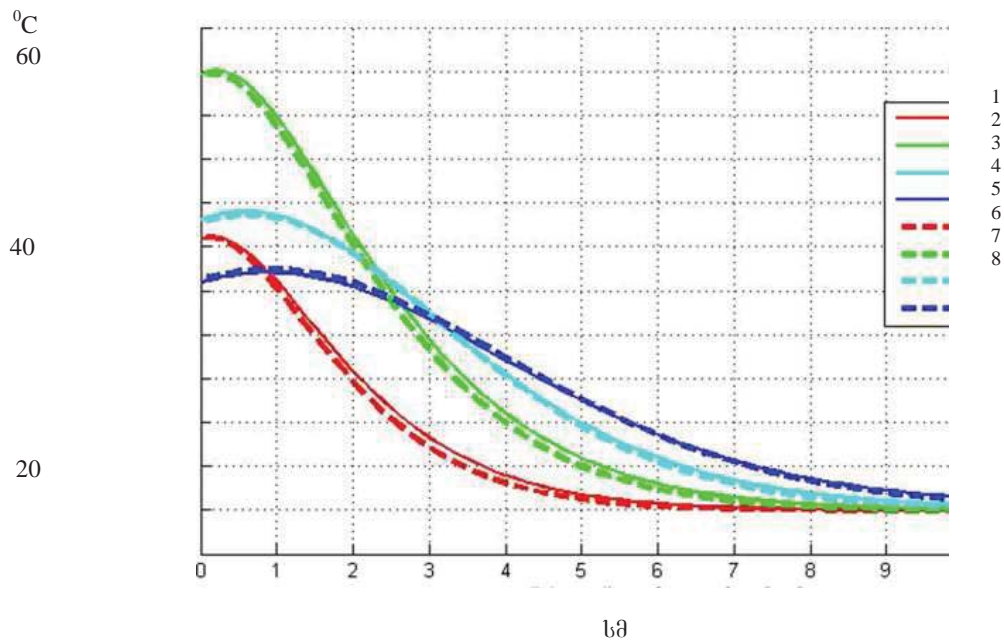
**პრობლემის დასმა.** სასოფლო-სამეურნეო მავნებლებთან ბრძოლის ერთ-ერთი ახალი მეთოდი გახლავთ მიმართული მიკროტალღური ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გამოყენება მწერებისა და მათი კვერცხების, მატლების და ემბრიონების გასანადგურებლად. აღნიშნული მეთოდი შესწავლილია ლაბორატორიულ პირობებში და რეკომენდირებულია კოლორადოს კარტოფილის ხოჭოს (*Leptinotarsa decemlineata* Say), ხოჭო-გრძელცხვირას (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier 1790), ხის სიღამპლის გამომწვევი სოკოს (*Serpula lacrimans*) და მწერთა დიდ ნაირსახეობის (მაგალითად *Hylotrupes bajulus*, *Anobium punctatum*, *Xestobium rufovillosum*, beech furniture beetle, *Ptilinus pectinicornis*, *Hadrobregmus pertinax*, *Lyctus* spp.) წინააღმდეგ გამოსაყენებლად [1-3]. კოლორადოს კარტოფილის ხოჭოს შემთხვევაში, 20 ვტ სიმძლავრის 2,5 გჰც სისხირის გამოსხივებით დამუშავება იძლევა დამაკმაყოფილებელ შედეგებს.

აზიური ფაროსანა (*Brown marmorated stink bug – Halyomorpha Halys*) არის კავად ცნობილი სასოფლო-სამეურნეო მავნებელი, რომელიც აზიანებს მრავალ სხედასხვა სამეურნეო კულტურას, მათ შორის თხილს, ვაზს, მარცვლეულს, ხილეულს და ბოსტნეულ კულტურებს. აზიური ფაროსანა გამოირჩევა რამდენიმე თავისებურებით, რომელიც განაპირობებს მის განსაკუთრებით მაღალ საშიშროებას [4-6]. ამჟამად გამოყენებული ინსექტიციდებიდან (პესტიციდებიდან) ლაბორატორიული კვლევების პირობებში შედარებით მაღალი ეფექტურობა გამოამჟღავნა თხუთმეტამდე ქიმიურმა ნაერთმა (რომლებიც ძირითადად მიეკუთვნება საშუალოდ ტოქსიური, პოტენციურად კანცეროგენული, უარყოფითი ენდოკრინული და/ან რეპროდუქციული ეფექტების მქონე, ფუტკრისა და/ან წყლის ბინადართათვის უაღრესად ტოქსიური ნივთიერებების რიცხვს) აგრეთვე ოქსამილმა [8] ( $C_7H_{13}N_3O_5S$ ), რომელიც უაღრესად მაღალი ტოქსიურობის გამო აკრძალულია ევროკავშირსა და დიდ ბრიტანეთში, ხოლო ამერიკის შეერთებულ შტატებში კლასიფიცირებულია, როგორც უაღრესად საშიში ნივთიერება. ამასთანავე, მისი მოქმედება ძლიერ ხანმოკლეა მიწაში ან ატმოსფეროში მიხედვრისას სწრაფი დეგრადაციის გამო. ყველა სხვა ინსექტიციდი (პესტიციდი) გამოიყენება უფრო აზიური ფაროსანას სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან მოცილების მიზნით, ვიდრე მათ გასანადგურებლად.

**პრობლემის გადაწყვეტის გზები.** არსებულ პირობებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ახალი, არასტანდარტული მეთოდების კვლევას და მოდიფიკაციას მათი აზიური ფაროსანას პროფილაქციის მაღალეფექტური კონტროლის მიზნით. ჩატარებული გამოკვლევების [1-3] შედეგად ნაჩვენებია რომ მიკროტალღური გამოსხივება შეიძლება წარმატებით გამოიყენოს მავნე მწერების და მათი კვერცხების გასანადგურებლად საცხოვრებელ სახლებსა და სხვა შენობებში. ასევე სავარაუდოა, რომ შესაბამისი კვლევების შემდეგ შესაძლებელი გახდება მიკროტალღური დანადგარის მაღალეფექტური გამოყენება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებში და ღია გარემოში მავნებლების გასანადგურებლად. ამ უკანას-

კნელ შემთხვევაში განსაკუთრებით პერსპექტიულად მიგვაჩნია მიკროტალღური მეთოდის კომბინირება ნაკლებად ტოქსიკური ინსექტიციდების (პესტიციდების) გამოყენებასთან ერთად. ასეთ პირობებში აგრეთვე მიზანშეწონილია ბიოაქტივატორების და იმუნური სისტემის სტიმულატორების გამოყენება. ასეთმა სინერგიულმა მიდგომამ უნდა მნიშვნელოვნად შეამციროს გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედება და გაზარდოს მავნებლებთან ბრძოლის ეფექტურობა. ზემადღასისშირული გამოსხივება არატოქსიკურია, მკვებავი ძაბვის გამორთვის შემდეგ არ გააჩნია რაიმე ნარჩენი ზემოქმედება, ხასიათდება მაღალი ეფექტურობით და (შესაბამისი დამცავი ზომების მიღების პირობებში) უსაფრთხოა ოპერატორისა და გარემოსთვის. დანადგარის შემადგენლობაში შედის მიკროტალღური გამოსხივების წყარო, ტალღსატარული არხი, სპირალური ან რუპორული გამომსხივებელი (ანტენა) და ტემპერატურის დისტანციური გაზომვის მოწყობილობა. სისტემის ერთ-ერთი ძირითადი ელემენტია გამომსხივებელი ანტენა, რომელიც პირველ რიგში განაპირობებს დანადგარის საექსპლუატაციო თვისებებს და ეფექტიანობას. ცხადია, რომ პრაქტიკული გამოყენებისათვის ვარგისი ანტენა (გამომსხივებელი) უნდა იყოს შედარებით კომპაქტური, უზრუნველყოფდეს გამოსხივების გაშლის შედარებით მცირე კუთხეს, ქონდეს შესაბამისი შემავალი წინაღობა (იმპედანსი), მდგარი და მსროლი ტალღის კოეფიციენტები, გაძლიერების კოეფიციენტი, გამოსხივების მაქსიმალური სიძლავრე, მიმართულების დიაგრამა, გატარების ზოლი (სიხშირული დიაპაზონი) და სხვა. აღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით გათვლის ობიექტად ავირჩიეთ რუპორული და სპირალური ტიპის ანტენები და მოვახდინეთ მათი რამდენიმე ძირითადი პარამეტრის გათვლა მიკროტალღურ დიაპაზონში CST Studio Suite პროგრამული პაკეტის CST Microwave Studio მოდულის გამოყენებით [9].

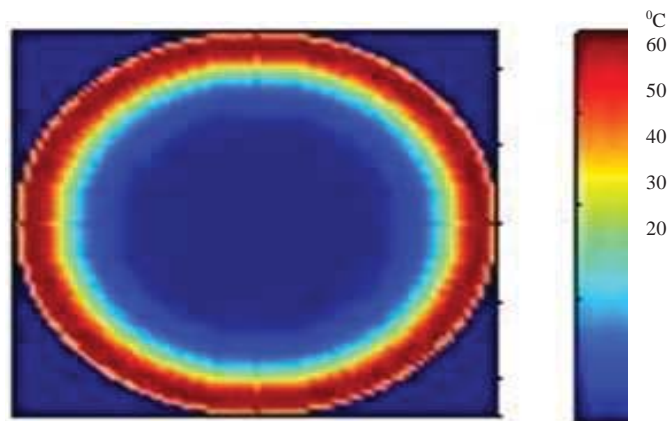
სადღეისოდ თეორიული და პრაქტიკული თვალსაზრისით ყველაზე უფრო შედეგაანი კვლევა ჩატარებულია იტალიელი მეცნიერების მიერ [3], რომლებიც იკვლევდნენ მიკროტალღური გამოსხივების ზემოქმედებას ე. წ. წითელი პალმის ხოჭო-ცხვირგრძელაზე (*Red Palm Weevil*, ლათინური დასახელება *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier 1790). ხოჭო-ცხვირგრძელა, აზიურ ფაროსანას მსგავსად, მიხნეულია ერთ-ერთ საშიშ მავნებლად, რომელიც აზიანებს და ანადგურებს ქოქოსის, ზეთის და სოგოს პალმებს და მნიშვნელოვან ზიანს აყენებს კარიბის ზღვის და ატლანტიკური არეალის ქვეყნების სოფლის მეურნეობას [10]. ღია გარემოში გამოყენებისთვის (განსაკუთრებით, მავნებლების ხე-მცენარეებზე გავრცელების შემთხვევაში) დიდი მნიშვნელობა აქვს მიკროტალღური ველის განაწილებას მცენარის ღეროში. იტალიელი მეცნიერების მიერ მიღებული შედეგების გათვალისწინებით, სახელდობრ, მიკროტალღური გამოსხივების ხოჭო-ცხვირგრძელასთვის ლეტალური სიმძლავრის ნაკადის (დაახლოებით 5 ვტ/სმ<sup>2</sup>), აგრეთვე სხვადასხვა ზომის პალმის ხეზე დაცემული მიკროტალღური ველის განაწილების შედარებით ჩვენი ჯგუფის მიერ მიღებულ წინასწარ შედეგებთან, შესაძლებელი გახდა შეგვეფასებინა ხის ზედაპირზე და მის სიღრმეში არსებული მავნებლისათვის (აზიური ფაროსანა) მომაკვდინებელი მიკროტალღური გამოსხივების სიმძლავრის ნაკადის სავარაუდო დიაპაზონის შეფასება (დახლოებით 10-12 ვტ/სმ<sup>2</sup>), რაც ადვილად მისაღწევია ჩვენს მიერ გათვლილი [11] ანტენების და კომერციულად ადვილად მისაწვდომი მიკროტალღური ელემენტური ბაზის საფუძველზე. 24 სმ დიამეტრის და 25%-მდე ტენიანობის მქონე ხე-მცენარეში მიკროტალღური ველით განპირობებული სითბური ველის განაწილების ტიპური მაგალითი ოვალური სიმეტრიის მცენარის ზედაპირზე 20 °C ტოლი საწყისი ტემპერატურის შემთხვევაში მოცემულია სურათებზე 1 და 2. ცხადია, რომ შეფასებული პარამეტრები მნიშვნელოვნად იქნება დამოკიდებული პაერის და მცენარის ტენიანობაზე, მცენარის ზომაზე და მავნებლის პოზიციაზე (მცენარის ზედაპირიდან მის სიღრმეში შეღწევის მანძილზე, მაგრამ გამოსხივების ზემოქმედების სასურველი დონის მიღწევა შესაძლებელია ზემოქმედების ხანგრძლივობის რეგულირებით, რომელიც ჩვენი შეფასებით არ უნდა აღემატებოდეს 12-15 წუთს, რაც სრულიად უსაფრთხო იქნება მცენარეებისთვის.



სურათი 1. სითბური ველის ტიპური განაწილება (ცენტრალური კვეთა)

- 1 – გაცხელება 8 წთ, თეორიული გათვლა; 5 – ექსპერიმენტული აპროქსიმაცია.  
 2 – გაცხელება 15 წთ, თეორიული გათვლა; 5 – ექსპერიმენტული აპროქსიმაცია.  
 3 – გაცივება 30 წთ, თეორიული გათვლა; 7 – ექსპერიმენტული აპროქსიმაცია.  
 4 – გაცივება 30 წთ, თეორიული გათვლა; 8 – ექსპერიმენტული აპროქსიმაცია.

- 4 – გაცივება 45 წთ, სწრაფი გათვლა; 8 – დაზუსტებული გათვლა.



სურათი 2. სითბური ველის ტიპური განაწილება (პორიზონტალური კვეთა)

ამრიგად, გამოთვლების შედეგები ცხადყოფს, რომ როგორც გაბარიტული ზომებით, ასევე სხვა პარამეტრებით (იმპედანსი, გაძლიერების კოეფიციენტი, სიხშირული დიაპაზონი), აგრეთვე სხვადასხვა ზომის ხის ობიექტებში მიკროტალღური ველის განაწილების მიხედვით, სპირალური და რუპორული ანტენები შეიძლება წარმატებით გამოვიყენოთ მანევრების პოპულაციების კონტროლისთვის განკუთვნილ ხელსაწყოებში და სისტემებში.

როგორც აღვნიშნეთ, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება კომპლექსური მიდგომის შემუშავებას და გამოყენებას, როდესაც სხვადასხვა მეთოდების თანამიმდევრული გამოყენება საშუალებას მოგვცემს შევამციროთ როგორც ბიოლოგიური და/ან ქიმიური პრეპარატებით, ასევე მიკროტალღური გამოსხივებით გამოწვეული ზემოქმედება ადამიანის ჯანმრთელობაზე და გარემოზე. ამ თვალსაზრისით ყველაზე უფრო პერსპექტიულად მიგვაჩნია თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბიოლოგიური ტექნოლოგიების ინსტიტუტში შექმნილი „მწვანე“ მეთოდებით სინთეზირებული ბუნებრივი წარმოშობის პრეკ-

რატების გამოყენება მიკროტალღურ გამოსხივებასთან ერთად, რაც საშუალებას მოგვცემს შევამციროთ როგორც ძირითადი აქტიური ნივთიერების კონცენტრაცია პრეპარატულ ხსნარებში, ასევე მიკროტალღური გამოსხივების ლეტალური დოზა მათი კუმულატიური სინერგიული ეფექტის შედეგად. წინასწარი მონაცემები გვჩვენებს, რომ ასეთი გზით შესაძლებელია როგორც აქტიური ნივთიერებების კონცენტრაციის, ასევე გამოსხივების სიმძლავრის 2-ჯერ ან 3-ჯერ შემცირება.

### ლიტერატურა

1. J. Koerner. Use of the microwave method in controlling wood-destroying insects and dry rot (*Serpula lacrimans*). 2013, 8 p.p., available at [www.mikrowellenverfahren.de](http://www.mikrowellenverfahren.de).
2. В. Каплин, Э. Савельева. Обоснование применения электромагнитного излучения СВЧ-диапазона в защите картофеля от колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*). Мзвестия Самарского научного центра Российской академии наук, 2011, 13,1, 251-256).
3. R. Massa, G. Panariello, D. Pinchera, F. Schettino, E. Caprio, R. Griffo, M. D.Migliore. Experimental and numerical evaluations on palm microwave heating for Red Palm Weevil pest control. Scientific RepoRts | 7:45299 | DOI: 10.1038/srep45299, 2017.
4. D. Lee, B. Short, S. Joseph, J. Bergh, N. T. Leskey. Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. Environ. Entomol., 2013, 42, 4, 627-41.
5. G. Bernon Biology of *Halyomorpha halys*, The Brown Marmorated Sink Bug (BMSB): Final Report. 2004, 33 p.p., available at <http://cphst.aphis.usda.gov/docs/BernonfinalreportT3P01.pdf>
6. United States Department of Agriculture: Animal and Plant Health Inspection Service: Plant Protection and Quarantine. Qualitative analysis of the pest risk potential of the brown marmorated stink bug (*BMSB*), *Halyomorpha halys* (Stål), in the United States. 2010, available at [http://www.michigan.gov/documents/mda/BMSB\\_Pest\\_Risk\\_Potential\\_USDA\\_APHIS\\_Nov\\_2011\\_344862\\_7.pdf](http://www.michigan.gov/documents/mda/BMSB_Pest_Risk_Potential_USDA_APHIS_Nov_2011_344862_7.pdf)
7. T. Leskey, D.-H. Lee, B. D. Short, and S. E. Wright. Impact of Insecticides on the Invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae): Analysis of Insecticide Lethality. Journal of Economic Entomology, 2012, 105, 51726-1735.
8. Oxamyl – Identification, toxicity, use, water pollution potential, ecological toxicity and regulatory information. PAN Pesticides Database – Chemicals. 2012, available at [http://www.pesticideinfo.org/Detail\\_Chemical.jsp?Rec\\_Id=PC35367](http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC35367)
9. Dassault Systems. CST MICROWAVE STUDIO: Specialist tool for the 3D EM simulation of high frequency components, available at <https://www.cst.com/products/cstmws>
10. Red Palm Weevil (RPW). National Pest Diagnostic Network. A Quarterly Pest Update for WPDN First Detectors, 2010, 3,3, 5-6, available at <https://www.npdn.org/system/files/WPDN%20Fall%202010%20News.pdf>
11. ა. ჭირაქაძე, ა. გვიგინიშვილი, ნ. ყაველაშვილი, ზ. ბუაჩიძე, მ. თაქთაქიშვილი, კ. გორგაძე. ზემოდაღსის-შირული დიაპაზონის რუპორული და სპირალური გამომსხივებლის გათვლა საოფლო-სამეურნეო მაგნებლების პოპულაციების კონტროლის დანადგარებში გამოსაყენებლად. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 2017. მიღებულია გამოსაქვეყნებლად.

### ПРИМЕР РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ГЕНЕРАЦИИ И НАПРАВЛЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ МИКРОВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА С ЦЕЛЮ КОНТРОЛЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ

А. Чиракадзе, Р. Гахокидзе, А. Гигинеишвили, Н. Кавлашвили,

З. Буачидзе, М. Тактакишвили, К. Горгадзе

Резюме

Работа посвящена оценке возможности разработки компактных микроволновых устройств на основе спиральных и рупорных СВЧ-излучателей (антенн) для борьбы с различными сельскохозяйственными вредителями. Расчеты показывают, что габариты и параметры этого типа антенн позволяют с успехом использовать их для указанных целей, в том числе и для обработки деревьев малого и среднего размера.

Предварительные результаты исследования показывают, что подобным способом возможно в два и более раза снизить как концентрацию активного вещества в инсектицидах, так и требуемую мощность СВЧ-излучения.

*Ключевые слова:* микроволновое поле, мраморный клоп, сельскохозяйственные вредители.

**AN EXAMPLE OF DESIGN OF ELEMENTS FOR GENERATION AND DIRECTED RADIATION OF AN MICROWAVE ELECTROMAGNETIC FIELD FOR APPLICATION IN DEVICES FOR CONTROL OF THE AGRICULTURAL PESTS**

**A. Chirakadze, R. Gakhokidze, A. Gigineishvili, N. Kavlashvili,**

**Z. Buachidze, M. Taktakishvili, K. Gorgadze**

**Summary**

The work deals with the evaluation of possibility for developing compact microwave devices based on spiral and horn microwave sources (antennae) for combating various agricultural pests. Calculations show that the dimensions and parameters of this type of antennae allow us to successfully use them for these purposes, including processing of small and medium-sized trees. Preliminary results of the study show that in this way it is possible to decrease twice or more both the concentration of the active substance in insecticides and the required microwave power.

*Key words:* microwave field, Brown Marmorated Stink Bug, agricultural pests.