

January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

---

# მათემატიკის დეპარტამენტი

**სამეცნიერო ქვემიმართულება: დიფერენციალური განტოლებები**

ტელეფონი: 2 30 40 98; მობ: 893 61 23 74. ელ-ფოსტა: tamaz.tadumadze@tsu.ge.

კვლევაში ჩართული პერსონალი: გ. გიორგაძე, თ. თადუმაძე, ი. თავხელიძე, რ. კოპლატაძე, ნ. ჩინჩალაძე, ო. ჯოხაძე.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

არაკომპაქტურ ორიენტირებული ორგანოზომილებიან მრავალსახეობებზე კონფორმული სტრუქტურისაგან ანალიზურად აგებულია კომპლექსური სტრუქტურა. პარამეტრზე დამოკიდებული მარყუჟისათვის, მნიშვნელობებით კომპაქტურ ლის ჯგუფში, დამტკიცებულია ბირკჰოფის ფაქტორიზაციის ანალოგი. დადგენილია რიმან-ჰილბერტის მონოდრომიული ამოცანის ამოხსნადობის კრიტერიუმი აღნიშნული ფაქტორიზაციის ტერმინებში. დამტკიცებულია ურთიერთვალსახა თანადობის არსებობა ბელტრამის და ჰოლომორფული დისკის განტოლების ამოხსნებს შორის. (გ. გიორგაძე).

სამართი დაგვიანებულ არგუმენტის ფუნქციონალურ-დიფერენციალური განტოლებისა– თვის შერეული საწყისი პირობით, დაგვიანების პარამეტრების ორმხრივი ვარიაციის შემთხვევაში, დადგენილია ამონახსნის ნაზრდის სიმცირის რიგი მცირე პარამეტრის მიმართ, დამტკიცებულია ამონახსნის ვარიაციის ფორმულები და საწყისი მონაცემების ოპტიმალურობის აუცილებელი პირობები. (თ. თადუმაძე).

დადგენილია კავშირი “განზოგადებულ მეტიუს-ლისტინგის” სხეულების “ძირითად” გეომეტრიულ მახასიათებლებს (გრეხვის მაჩვენებელი და “სიმეტრიის” მაჩვენებელი), ე.წ. “გრძივი ჭრის” რაოდენობასა და “გაჭრის შედეგად” მიღებული გეომეტრიული ობიექტის “ძირითად” მახასიათებლებს (“დამოუკიდებელი” გეომეტრიული ფიგურების რაოდენობა, თითოეული ფიგურის “გრეხვის მაჩვენებელი” და თითოეულის “რადიალური ჭრილის სახე”) შორის, როდესაც “რადიალური ჭრილის სახე - ორკუთხედაა”. ამოწერილია ლაპლასის ოპერატორის სახე ამგვარი სხეულების ლოკალურ კოორდინატებში და ნაჩვენებია, რომ მიღებული განტოლების მთავარი ნაწილის კოეფიციენტები ძლიერად არიან დამოკიდებულნი “გრეხვის” მაჩვენებელზე. (ი.თავხელიძე)

დადგენილია ვარსკვლავისებურ ბრტყელ არეში, ჰემჰოლცის განტოლებისათვის, რობენის შიგა და გარე სასაზღვრო ამოცანის ამონახსნების ყოფაქცევა. (ი. თავხელიძე, დ. კარატელი, პ. ნატალინი, ი. ჯიელსი, პ. რიჩი)

ემდენ-ფაულერის განზოგადებული ფუნქციონალურ-დიფერენციალური განტოლებისათვის დამტკიცებულია უსასრულობაში სწრაფად ზრდადი, ქრობადი და რხევადი ამონახსნების არსებობა. (რ. კოპლატაძე).

თხელი ცვლადი სისქის დრეკად ფირფიტას და თხევად გარემოთა (ი. ვეკუას იერარქიული და რაისნერ-მინდლინის მოდელების ფარგლებში) ურთიერთქმედების სამგანზომილებიანი საწყის-სასაზღვრო, არაკლასიკური სასაზღვრო ამოცანებისათვის დამტკიცებულია ამონახსნის არსებობისა და ერთადერთობის თეორემები. (ნ. ჩინჩალაძე).

მიღებულია, დისიპატიური და დამშობი არაწრფივი წევრების შემცველი ტალღის განტოლებისათვის, კომის ამოცანის კლასიკური გლობალური ამონახსნის არსებობისა და ერთადერთობის ეფექტური საკმარისი პირობები. გამოვლენილია კლასები განტოლებებისა, რომელთათვის აღნიშნული პირობების დარღვევა იწვევს ამონახსნის არარსებობას ან არა-ერთადერთობას. (ო. ჯოხაძე).

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

1. G. Giorgadze . Some properties of the space of generalized analytic functions In “Recent developments in generalized analytic functions and its application”, Ed. G.Giorgadze, Tbilisi, 2011, 56-62.
2. G.Giorgadze. Some analytical and Geomertical aspects of the stable partial indices. In Proc.of the International Conference on Modern Algebra and its Application. Batumi, 1 (2011), 129-146.
- 3.G.Giorgadze. Monodromic Quantum Computing. In book “Networks and Quantum Computing”, Ed.: Nikos E. Mastorakis, Nova Press, 2011.
4. G. Giorgadze, G. Khimshashvili. Factorization of Loops in Loop Groups. Bull. Georgian Nat. Acad. Sci. 5 (2011), No.3, 35-38.

5. T. Tadumadze, A. Arsenashvili, Optimal control of variable structure systems with delays and mixed intermediate condition . Functional Differential Equations, **17**(2010), No.3–4, 295–317.
6. T. Tadumadze. Variation formulas of solution for a delay differential equation with taking into account delay perturbation and the continuous initial condition, Georgian Math. J. **18** (2011), No. 2, 348–364.
7. T. Tadumadze, A. Nachaoui. Variation formulas of solution for a controlled delay functional-differential equation considering delay perturbation, TWMS J. App. Eng. Math. **1**(2011), No. 1, 34–44 .
8. T. Tadumadze. Existence of optimal initial data and well-posedness with respect to functional for a neutral optimal problem. Seminar of I. Vekua Institute of Applied Mathematics, REPORTS., **36-37**( 2010-2011),38–41.
9. T. Tadumadze, N. Gorgodze. On effects of constant delay perturbation and the discontinuous initial condition in variation formulas of solution of delay controlled functional-differential equation. Seminar of I. Vekua Institute of Applied Mathematics, REPORTS., 36-37(2010-2011),81-97.
10. T. Tadumadze. On new effects of constant delays in variation formulas and optimality conditions. Abstracts of the IV Congress of the TWMC, Baku, 1-3 July, 2011, p. 399.
11. T. Tadumadze, N. Gorgodze. Variation formulas of solution for a controlled delay functional- differential equation considering delay perturbation and the discontinuous initial condition. Abstracts of the International Conference “ Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, Tbilisi, September 9-14, 2011, 106-107.
12. T. Tadumadze, A. Nachaoui, and N. Gorgodze. Optimization of initial data for nonlinear delay functional-differential equations with the mixed initial condition. Abstracts of the International Workshop on the Qualitative Theory of Differential Equations, November 4-6, 2011, Tbilisi, Georgia, 78-79 ([http://www.rmi.ge/eng/QUALITDE-2011/workshop\\_2011.htm](http://www.rmi.ge/eng/QUALITDE-2011/workshop_2011.htm))
13. P. E. Ricci, I. Tavkhelidze - About Some Geometric Characteristic of the Generalized Möbius Listing's surfaces. Georgian Math. J. **18** (2011), No. 2, 329 – 343;
14. I. Tavkhelidze . Classification of a Wide Set of Trajectories. Select articles of the International scientific conference devoted to 80-th birthday of prof. I.Prangishvili “Information and Computer technologies, Modelling, Control” – “Nova Publisher USA” 2011.
15. D. Caratelli, P. Natallini, P. E. Ricci, J. Gielis, I. Tavkhelidze - The Robin problem for Helmholtz equation in a starlike planar domain. Georgian Math. J. **18** (2011), No. 3, 465 – 481.
16. J. Gielis P. E. Ricci, I. Tavkhelidze, Bulky Links, which are Generated by Generalized Möbius-Listing's bodies GMLn2 - Proceedings of the International conference “Modern Algebra and its Applications” vol.1–Batumi, Georgia 2011 (19-25 IX) - pp.115-128
17. R. Koplatadze, G. Kvinikadze . Nonlinear Generalized Equations of Emden-Fowler Type with Advanced Argument. Functional Differential Equations **18** (2011) no. 3-4, 177-183 .
18. R. Koplatadze, G. Kvinikadze and G. Giorgadze. Oscillatory Properties of Solutions of Generalized Emden-Fowler Equations with Advanced Argument. Proc. A. Razmadze Math. Inst. **157** (2011) 149-154.
19. R. Koplatadze, G. Kvinikadze and G. Giorgadze. On Asymptotic Behavior of Solutions of Generalized Emden-Fowler Equations with Advanced Argument. Seminar of I. Vekua Institute of Applied Mathematics REPORTS , 36-37(2010-2011),17-22.
20. R. Koplatadze. On oscillatory properties of solutions of functional differential equations. International Conference on Differential & Difference Equation and Applications (Ponta Delgada, Portugal, 2011), Abstracts Book, 37-38.
21. R. Koplatadze. Oscillation Criteria for Higher Order Nonlinear Functional Differential Equations. International Conference: Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis (Tbilisi, Georgia, 2011), Book of abstracts, 104-105.
22. N. Chinchaladze. Cylindrical bending of cusped Reissner-Mindlin plates. Dynamical Systems and Differential Equations, DCDS Supplement 2011, Proceedings of the 8th AIMS International Conference, 2011, 282-291
23. N. Chinchaladze, G. Jaiani, B. Maistrenko and P. Podio-Guidugli. Concentrated Contact Interactions in Cuspidate Prismatic Shell-like Bodies. Archives of Applied Mechanics **81**(2011), No. 10, 1487-1505
24. N. Chinchaladze, G. Jaiani, R. Gilbert, S. Kharibegashvili, D. Natroshvili. Initial Boundary Value Problems for Solid-Fluid Composite Structures. ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND PHYSIK ZAMP, online first - published online 14 December 2011, DOI: ZAMP-D-11-00028R1 (web-page:

<http://www.springer.com/birkhauser/engineering/journal/33> online first articles ; <http://www.springerlink.com/content/43701x43k1757668/>

25. N. Chinchaladze. Cubature of the solution of the thin wedge-shaped shells deflections problem by approximate quasi-interpolant. BOOK OF ABSTRACTS of the SIXTH INTERNATIONAL International Workshop Meshfree Methods for Partial Differential Equations, OCTOBER 04–06, 2011, Bonn, Germany, p. 22 (for electronic version see: [http://wissrech.ins.uni-bonn.de/meshfree/2011/meshfree\\_program2011.pdf](http://wissrech.ins.uni-bonn.de/meshfree/2011/meshfree_program2011.pdf)).
26. N. Chinchaladze. Vibration Problems for the Cusped Plates on the Basis of the Refined Theories. Abstracts of the IV Congress of the TWMC, Baku, 1-3 July, 2011, p 181
27. N. Chinchaladze. Vibration of elastic plates with variable thickness on a basis of the refined theories. Abstracts of the International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, Tbilisi, September 9-14, 2011, p. 71.
28. N. Chinchaladze. Cubature of the Solution of the Dirichlet problem for Euler–Poisson– Darboux Equation in the half-plane by Approximate Quasi-Interpolation. Abstracts of the II International Conference of the Georgian Mathematical Union, September 15-19, 2011, Batumi, Georgia, pp. 118-119.
29. G. Berikelashvili, O. Jokhadze, S. Kharibegashvili, B. Midodashvili. Finite difference solution of a nonlinear Klein-Gordon equation with an external source. Math. Comput. **80** (2011), No. 274, 847-862.
30. O. Jokhadze, S. Kharibegashvili. Some properties and applications of the Riemann and Green-Hadamard functions for linear second-order hyperbolic equations . (Russian) *Differentsial'nye Uravneniya* **47** (2011), No. 4, 477-492; English transl.: *Differ. Equations* **47** (2011), No. 4, 1-17.
31. S. Kharibegashvili, O. Jokhadze. The Cauchy problem for generalized Liouville equation . (Russian) *Differentsial'nye Uravneniya* **47** (2011), No.12, 1741-1753; English transl.: *Differ. Equations* **47** (2011), No.12.
32. Kharibegashvili, O. Jokhadze. The boundary value problem for wave equations with nonlinear dissipative and source terms . “International Journal of Dynamical Systems and Differential Equations (IJDSDE)”. Volume 3 – Issue 3 – 2011, 328 – 348. DOI: 10.1504/IJDSDE.2011.041879.
33. O. Jokhadze. The Cauchy Problem for One-Dimensional Wave Equations with Nonlinear Dissipative and Damping Terms, “Proceedings of A. Razmadze Mathematical Institute”, **155** (2011), 126-130.
34. O. Jokhadze. The Initial-Characteristic Problems for Wave Equations with Nonlinear Damping Term. Abstracts of the International Workshop on the Qualitative Theory of Differential Equations, November 4-6, 2011, Tbilisi, Georgia, 30-31 ([http://www.rmi.ge/eng/QUALITDE-2011/workshop\\_2011.htm](http://www.rmi.ge/eng/QUALITDE-2011/workshop_2011.htm)).
35. O. Jokhadze. On the influence of nonlinear dissipative and damping terms for hyperbolic equations. Abstracts of the Sixth International Conference on Differential and Functional Differential Equations, August 14-21, 2011, Moscow, Russia, p.30.

**მონაწილეობა სამეცნიერო ღონისძიებებში (სემინარი, კონფერენცია, და ა. შ. ):**

1. გ. გიორგაძე. სტაბილური კერძო ინდექსების ზოგიერთი გეომეტრიული და ანალიზური საკითხები. თსუ ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარი XXV გაფართოებული სხდომები, 20-23 აპრილი, 2011.
2. G. Giorgadze. Some properties of the space of generalized analytic functions . International Conference “Generalized Analytic Functions and Their Applications”, Tbilisi, 12 – 14 September 2011.
3. G. Giorgadze, G. Khimshiashvili . Recent Advances in Riemann–Hilbert Problem. International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, Tbilisi, September 9-14, 2011
4. G. Giorgadze. Some Aspects of the Stable Partial Indices International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, Tbilisi, September 9-14, 2011
5. გ. გიორგაძე, ვ.ჯიქია. წარმომქნელი სამეული არარეგულარული კარლემან-ვეკუას განტოლებისათვის. საქართველოს მათემატიკოსთა კავშირის მე-2 საერთაშორისო კონფერენცია, ბათუმი, 15-19 სექტემბერი, 2011
6. T. Tadumadze. Variation formulas of solution for delay differential equations taking into consideration delay perturbation and their applications in optimization and inverse problems. Scientific Seminar of The Sh. Rustaveli National Science Foundation Project-399 “Some Problems of the Theory of Differential Equations”, I.Vekua Institute of Applied Mathematics of TSU, February 25 , 2011.
7. თ. თადუმაძე, ა. ნაშავი (საფრანგეთი). ამონახსნის ვარიაციის ფორმულები სამართი დიფერენციალური განტოლებისათვის დაგვიანების პარამეტრის შემფოთების და უწყვეტი საწყისი

პირობის გათვალისწინებით და მათი გამოყენება ოპტიმალური მართვის ამოცანებში. თსუ ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარი XXV გაფართოებული სხდომები, 20-23 აპრილი, 2011.

8. T. Tadumadze. On new effects of constant delays in variation formulas and optimality conditions. The 4<sup>th</sup> Congress of the Turkic World Mathematical Society (TWMS) Baku, Azerbaijan, 1-3 July, 2011.

9. T. Tadumadze, N. Gorgodze. Variation formulas of solution for a controlled functional- differential equations, considering delay perturbation and the discontinuous initial condition. International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, Tbilisi, September 9-14, 2011.

10. T. Tadumadze, A. Nachaoui (France) and N. Gorgodze. Optimization of initial data for nonlinear delay functional-differential equations with the mixed initial condition. International Workshop on the Qualitative Theory of Differential Equations, November 4-6, 2011, Tbilisi, Georgia.

11. თ. თადუმაძე. მუდმივი დაგვიანების შემფოთების ეფექტები ვარიაციის ფორმულებში და ოპტიმალურობის აუცილებელი პირობები. თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის მათემატიკის დეპარტამენტის სამეცნიერო სემინარი, 9 ივნისი, 2011.

12. ი. თავხელიძე – განზოგადებული მეზიუს-ლისტინგის ზედაპირები და მათი კავშირი ლენტისებრი ხლართებისა და კვანძების სიმრავლესთან – ივ.ჯავახიშვილის თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის მათემატიკის მიმართულების სამეცნიერო სემინარი 17. I. 2011;

13. ი. თავხელიძე – განზოგადებული მეზიუს-ლისტინგის ზედაპირები და მათი კავშირი ლენტისებრი ხლართებისა და კვანძების სიმრავლესთან – სტუ ნაგებობების, სპეციალური სისტემებისა და საინჟინრო უზრუნველყოფის ინსტიტუტის სამეცნიერო სემინარი 9. III. 2011;

14. ი. თავხელიძე, ი. ჯეილსი (ჰოლანდია), პ. რიჩი (იტალია) . მოცულობითი ხლართების ერთი კლასის ზოგიერთი თვისების შესახებ.- ილია ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის XXV გაფართოებული სხდომები – 20. IV. 2011;

15. ი. თავხელიძე, მ. როგავა – “საუბრები გულზე” – ივ. ჯავახიშვილის თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის გენეტიკის ინსტიტუტის სამეცნიერო სემინარი 6. V. 2011;

16. Gielis J. . Ricci P. E., **Tavkhelidze, I.**, Bulky Links, which are Generated by Generalized Möbius-Listing's bodies **GML**<sub>2</sub> – (main speaker) the International conference “Modern Algebra and its Applications” vol.1–Batumi, Georgia ,(19-25 IX);

17. ი. თავხელიძე გეომეტრიული ფიგურების – ტრაექტორიების ფართე კლასის კლასიფიკაციის ერთი მეთოდის შესახებ – ივ.ჯავახიშვილის თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის მათემატიკის მიმართულების სამეცნიერო სემინარი 17. XI. 2011

18. ი. თავხელიძე – განზოგადებული მეზიუს-ლისტინგის ზედაპირები და მათი კავშირი ლენტისებრი ხლართებისა და კვანძების სიმრავლესთან –საქართველოს უნივერსიტეტის ფიზიკის სამეცნიერო სემინარი 2. XII. 2011;

19. J. Gielis P. E. Ricci, **I. Tavkhelidze**, One class of “Bulky” Links, Generated by Generalized Möbius-Listing's bodies – International conference on Mathematical Modelling of Environment Pollution Problems and Assessment of Risk Factors - Tbilisi, Georgia 14-15.XII, 2011 ;

20. რ. კოპლატაძე. დაგვიანებულ არგუმენტის დიფერენციალურ განტოლებათა ამონახსნების სპეციფიკური თვისებების შესახებ. თსუ ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარი XXV გაფართოებული სხდომები, 20-23 აპრილი, 2011.

21. R. Koplatadze. Oscillation Criteria for Higher Order Nonlinear Functional Differential Equations. International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, Tbilisi, September 9-14, 2011.

22. R. Koplatadze. Oscillation of Nonlinear Difference Equations with Delay Argument. Scientific Seminar of The Sh. Rustaveli National Science Foundation Project-399 “Some Problems of the Theory of Differential Equations”, I.Vekua Institute of Applied Mathematics of TSU, February 25 , 2011.

23. R. Koplatadze. On oscillatory properties of solutions of functional differential equations. International Conference on Differential & Difference Equation and Applications, Ponta Delgada, Portugal, 2011.

24. რ. კოპლატაძე. ემდენ-ფაულერის განზოგადებული დიფერენციალური განტოლებები თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის მათემატიკის დეპარტამენტის სამეცნიერო სემინარი, 2011.

25. რ. კოპლატაძე. ფუნქციონალურ-დიფერენციალური და დისკრეტულ განტოლებათა დადებითი ამონახსნების არსებობის შესახებ. თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის მათემატიკის დეპარტამენტის სამეცნიერო სემინარი, 2011.
26. R. Koplatadze. Asymptotic criteria for second order nonlinear difference equations. International Workshop of the Qualitative Theory of Differential Equations, Tbilisi, Georgia, 2011.
27. ნ. ჩინჩალაძე. თხელი სოლისებური გარსების ჩაღუნვის ამოცანის კვაზი- ინტერპოლაციის მეთოდით მიახლოებითი ამოხსნის შესახებ. ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის XXV გაფართოებული სხდომები, 20-23 აპრილი, 2011.
28. N. Chinchaladze. Vibration Problems for the Cusped Plates on the Basis of the Refined Theories. IV Congress of the Turkic World Mathematical Society, July 1-3, 2011, Baku, Azerbaijan.
29. N. Chinchaladze. Vibration of an Elastic Plates with Variable Thickness on a Basis of the Refined Theories. International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, September 9-14, 2011, Tbilisi, Georgia.
30. N. Chinchaladze. Cubature of the Solution of the Dirichlet Problem for Euler-Poisson-Darboux Equation in the Half-Plane by Approximate Quasi-Interpolation. II International Conference of the Georgian Mathematical Union, September 15-19, 2011, Batumi, Georgia.
31. O. Jokhadze. “Boundary Value Problems for Wave Equations with Nonlinear Dissipative and Damping Terms”. Scientific Seminar of The Sh. Rustaveli National Science Foundation Project-399 „Some Problems of the Theory of Differential Equations”, I. Vekua Institute of Applied Mathematics of TSU, February 25, 2011.
32. O. Jokhadze . ”BVP-s for one-dimensional wave equations with nonlinear dissipative and damping terms”. Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Seminar of Necas Center for Mathematical Modeling, Prague, Czech Republic, 12 April, 2011.
33. O. Jokhadze . ”On the Influence of Nonlinear Dissipative and Damping Terms for Hyperbolic Equations”. The Sixth International Conference on Differential and Functional Differential Equations, Moscow, Russia, August 14 – 21, 2011.
34. O. Jokhadze. “The Initial-characteristic Problems for Wave Equations with Nonlinear Damping Term”. International Workshop on the Qualitative Theory of Differential Equations “QUALITDE - 2011” (Dedicated to the 70<sup>th</sup> birthday anniversary of Professor T. Chanturia), November 4 – 6, 2011, Tbilisi, Georgia.
35. O. Jokhadze. “The periodic boundary value problem for hyperbolic wave equations with nonlinear source term”. Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Seminar on the Function Spaces, Prague, Czech Republic, 23 November, 2011.

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები ( სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.) ან სხვა სახის ღონისძიებების ორგანიზებაში მონაწილეობა**

1. International Conference on Modern Algebra and its Application. Batumi, 25-29 September, 2011 (გ. გიორგაძე, ი. თავხელიძე –საორგანიზაციო კომიტეტის წევრები).
2. International Conference “Generalized Analytic Functions and Their Applications”, Tbilisi, 12 – 14 September 2011 (გ. გიორგაძე–საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარე).
3. Scientific Seminar of The Sh. Rustaveli National Science Foundation Project-399 “ Some Problems of the Theory of Differential Equations”, I.Vekua Institute of Applied Mathematics of TSU, February 25 , 2011 (თ. თადუმაძე - ორგანიზატორი).
4. ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარი XXV გაფართოებული სხდომები, 20-21 აპრილი, 2011 (თ. თადუმაძე, რ. კოპლატაძე -საორგანიზაციო კომიტეტის წევრები, სექციის თანახელმძღვანელები).
5. International Conference “ Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, Tbilisi, September 9-14, 2011 (თ.თადუმაძე -საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი).
6. International conference on Mathematical Modelling of Environment Pollution Problems and Assessment of Risk Factors - Tbilisi, Georgia 14-15.XII. 2011(ი. თავხელიძე – საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი).
7. International conference Advanced Learning Technologies (ALTA'2011) - Kaunas, Lithuania 27.X. 2011 (ი. თავხელიძე – სარედაქციო კომიტეტის წევრი).

8. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის XXV გაფართოებული სხდომების (20-23 აპრილი, 2011), (ნ. ჩინჩალაძე- საორგანიზაციო კომიტეტის სწავლული მდივანი).
9. საერთაშორისო კონფერენციის „უწყვეტ გარემოთა მექანიკა და ანალიზის მონათესავე საკითხები“ (9-14 სექტემბერი, 2011) (ნ. ჩინჩალაძე- საორგანიზაციო კომიტეტის სწავლული მდივანი).
11. საქართველოს მექანიკოსთა კავშირის მეორე ყოველწლიური კონფერენცია, 15-17 დეკემბერი, 2011 ((ნ. ჩინჩალაძე- საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარე, სამეცნიერო კომიტეტის წევრი ).
10. მათემატიკასა და ინფორმატიკაში თბილისის საერთაშორისო ცენტრის ბიულეტენის პასუხიმგებელი მდივანი (ნ. ჩინჩალაძე).

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

1. შ. რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი (გ. გიორგაძე).
2. შ. რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი (თ. თადუმაძე).
3. შ. რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი (რ. კოპლატაძე).
4. შ. რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი (მოკლევადიანი ინდივიდუალური სამოგზაურო გრანტი, # 11\_tr\_096). ( ნ. ჩინჩალაძე).

**მექანიკის ქვემომართულება**

უნივერსიტეტის ქ. 2, ტელეფონი: 2 18 63 42; მობ: 593 31 95 64. ელ-ფოსტა: george.jaiani@tsu.ge.

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** გ. ჯაიანი.

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** გარსული ტიპის წამახილებული სტრუქტურები სხვადასხვა ველის ზემოქმედების პირობებში.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

გარსული ტიპის წამახილებული სტრუქტურები, კერძოდ წამახილებული პრიზმული გარსები და რეროები წარმოადგენენ სხვადასხვა მნიშვნელოვან კონსტრუქციას ან მათ დეტალებს. პრაქტიკული თვალსაზრისით განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს მათი დამაბული მდგომარეობისა და დეფორმაციის დინამიკის შესწავლა სხვადასხვა ველის გავლენის, თუ გარემოსთან ურთიერთქმედების პირობებში. წამახილებული გარსების, ფორფიტების და ღეროების შესწავლას მრავალი ნაშრომი მიეძღვნა, რომლებიც დეტალურადაა მიმოხილული წელს გამოსულ მონოგრაფიაში (იხ. 2a).

კვლევის საგანი და მეთოდები აქტუალურია, როგორც მათემატიკის თვალსაზრისით, რამდენადაც ის დაკავშირებულია გადაგვარებულ კერძოწარმოებულთან განტოლებებისა და სისტემებისათვის არაკლასიკური სასაზღვრო ამოცანების გამოკვლევასთან, ასევე მექანიკის თვალსაზრისით, რამდენადაც ის ითხოვს მიღებული მათემატიკური შედეგების დასაბუთებულ ფიზიკურ ინტერპრეტაციას. ამ საკითხებზე კვლევის აქტუალობაზე ისიც მიუთითებს, რომ ამ მიმართულებით სამეცნიერო სამუშაოები დაფინანსებული იყო GRDF-CRDF-ის (GEP1-3339-TB-06, ხელმძღვანელი გ. ჯაიანი, შემსრულებლები: გ. ჯაიანი, დ. ნატროშვილი, ნ. ჩინჩალაძე, ს. ხარიბეგაშვილი, გ. აფციაური, გ. თოდუა), INTAS-ის (INTAS-06-1000017-8886, ხელმძღვანელი გ. ჯაიანი, შემსრულებლები: გ. ჯაიანი, გ. ავალიშვილი, მ. ავალიშვილი, დ. გორდეზიანი, ნ. ჩინჩალაძე, გ. თოდუა) და საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (ხელმძღვანელი გ. ჯაიანი, შემსრულებლები: გ. ჯაიანი, გ. ავალიშვილი, მ. ავალიშვილი, რ. ბოჭორიშვილი, დ. გორდეზიანი, თ. ვაშაყმაძე, ნ. ჩინჩალაძე, მ. წიკლაური) მიერ, ხოლო მომავალი (2012) წლისათვის დაფინანსებულია ერთობლივი სამეცნიერო გრანტი (კოორდინატორი გ. ჯაიანი, შემსრულებლები: გ. ჯაიანი, გ. ავალიშვილი, დ. გორდეზიანი, ნ. ჩინჩალაძე) CNR-ის (იტალიის ეროვნული კვლევის საბჭო) და რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ (იხ. დამატებითი ინფორმაცია 4.1.ბ).

კვლევის მიზანია ამ მიმართულების შემდგომი განვითარება და მისი დაკავშირება ბიოლოგიისა და გარემოს დაცვის ამოცანებთან.

**1. კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

შესწავლილია ბრტყელი თერმოდრეკადობის თეორიის ზოგიერთი საკითხი მიკროტემპერატურის გათბალისწინებით (იხ. სტატია 2e).

**2. გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

**2.1. 2011 წელს გამოქვეყნებული შრომები:**

- G. Jaiani. Cusped Shell-like Structures, SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology, Springer-Heidelberg-Dordrecht-London-New York, 2011
- G. Jaiani. On Cusped Shell-like Structures. in Shell-like Structures: Non-classical Theories Applications in Advanced Structured Materials. Eds.: H. Altenbach and V. Eremeyev, 63-74, 2011
- N. Chinchaladze, G. Jaiani, B. Maistrenko and P. Podio-Guidugli. Concentrated Contact Interactions in Cuspidate Prismatic Shell-like Bodies. Archives of Applied Mechanics, 2011, Volume 81, Number 10, Pages 1487-1505
- N. Chinchaladze, G. Jaiani, R. Gilbert, S. Kharibegashvili, D. Natroshvili. Initial Boundary Value Problems for Solid-Fluid Composite Structures. ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND PHYSIK – ZAMP, online first - published online 14 December 2011, DOI: ZAMP-D-11-00028R1 (web-page: <http://www.springer.com/birkhauser/engineering/journal/33> online first articles ან <http://www.springerlink.com/content/43701x43k1757668/>)
- M. Bacheishvili, L. Bitsadze, G. Jaiani. On Fundamental and Singular Solutions of the System of Equations of the Equilibrium of the Plane thermoelasticity theory with microtemperatures. Bulletin of TICMI, vol.15, 2011, 5-12



**2.2. მოხსენებები სამეცნიერო ღონისძიებებზე (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.)**

1. გ. ჯაიანი. წამახვილებული პრიზმული გარსების ორი მოდელის თავისებურების შესახებ. ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის XXV გაფართოებული სხდომები, 20-23 აპრილი, 2011
2. G. Jaiani. Invited talk “On Cusped Shell-like Structures”. EUROMECH527, August 21-27, Wittenberg, Germany
3. G. Jaiani. Semi-Plenary talk “Mathematical Models of Elastic Cusped Shells, Plates, and Rods”. International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, September 9-14, 2011, Tbilisi, Georgia
4. გ. ჯაიანი. ილია ვეკუას ცხოვრება და მოღვაწეობა. საქართველოს მექანიკოსთა კავშირის მეორე ყოველწლიური კონფერენცია, 15-17 დეკემბერი, 2011 (თანამომხსენებელი: თ. მეუნარგია)
3. კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):
  - a) ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის XXV გაფართოებული სხდომების (20-23 აპრილი, 2011) საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარე
  - b) საერთაშორისო კონფერენციის „უწყვეტ გარემოთა მექანიკა და ანალიზის მონათესავე საკითხები“ (9-14 სექტემბერი, 2011, თბილისი) სამეცნიერო კომიტეტის წევრი
  - c) მათემატიკასა და ინფორმატიკაში თბილისის საერთაშორისო ცენტრის მიერ ორგანიზებული ვორკშოპის „1D Nanostructures - Theory and Technology“ კოორდინატორი (13, 14, სექტემბერი, 2011)
  - d) საქართველოს მექანიკოსთა კავშირის მეორე ყოველწლიური კონფერენციის სამეცნიერო კომიტეტის თავმჯდომარე (15-17 დეკემბერი, 2011)
  - e) მათემატიკასა და ინფორმატიკაში თბილისის საერთაშორისო ცენტრის მიერ ორგანიზებული ვორკშოპის „Applications of Mathematics in Biology and Medicine“ კოორდინატორი (19, 20 დეკემბერი, 2011)

**4. დამატებითი ინფორმაცია****4.1. უცხოეთის სამეცნიერო ან/და სასწავლო დაწესებულებებთან თანამშრომლობა:**

- a. რომის უნივერსიტეტთან „La Sapienza“ ხელშეკრულების შესაბამისად დოქტორ ლანძარასთან (გუიდო კასტელნუოვოს მათემატიკის ინსტიტუტი) ერთად (გ. ჯაიანი, ნ. ჩინჩალაძე) მიმდინარეობს გამოკვლევები გადაგვარებული კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებისათვის სასაზღვრო ამოცანების რიცხვითი ამოხსნების ეფექტური მეთოდების დამუშავებისათვის.
- b. იტალიის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მაურო პიკონეს გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტთან (პროფ. რ. ნატალინი) და რომის უნივერსიტეტ „ტორ ვერგატა“ სამოქალაქო ინჟინერიის დეპარტამენტთან (პროფ. პ. პოდო-გუიდელი) ერთად (გ. ჯაიანი (კოორდინატორი), ნ. ჩინჩალაძე, დ. გორდეზიანი, გ. ავალიშვილი) წარდგენილი იყო რუსთაველის ეროვნულ ფონდში სამეცნიერო გრანტი იტალია-საქართველოს ორმხრივი ხელშეკრულების ფარგლებში, რომელიც დაფინანსდა ორი წლით (2012, 2013).

**4.2.** NATO-ს მიერ ორგანიზებული საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის “Philosophy and Synergy of Information: Sustainability and Security” (20-24 აპრილი, 2011) სამეცნიერო კომიტეტის წევრი.

**4.3.** მათემატიკის მიმართულების (სამაგისტრო პროგრამა „გამოყენებითი მათემატიკა“) მეორე კურსის მაგისტრანტების არჩილ და მამუკა კვინიკაძეების სამეცნიერო მუშაობის ხელმძღვანელი (იხ. მათი თანდართული ანგარიშები)

**მამუკა კვინიკაძის სამეცნიერო ანგარიში**

პრიზმული გარსების ილია ვეკუას იერარქიული მოდელების  $N=0$  მიახლოებაში, როდესაც პირით ზედაპირებზე ძაბვის ვექტორია მოცემული, განხილულია ექსპონენციალური წამახვილების მქონე პრიზმული გარსები, რომელთა სისქეები იცვლება

$$0, k = const > 0$$

$$0, k = const > 0$$

კანონით. ორივე შემთხვევაში დასმულია განხილული ცილინდრული ღუნვის შესაბამისი  
20 მხები გადაადგილებები. დამტკიცებულია მათი ერთადერთობა.

**არჩილ კვინიკაძის სამეცნიერო ანგარიში**

პრიზმული გარსების ილია ვეკუას იერარქიული მოდელების  $N=0$  მიახლოებაში, როდესაც პირით ზედაპირებზე გადაადგილების ვექტორია მოცემული, განხილულია ექსპონენციალური წამახვილების მქონე პრიზმული გარსები, რომელთა სისქეები იცვლება

$$0, k = const > 0$$

და

$$0, k = const > 0$$

კანონით. ორივე შემთხვევაში დასმულია განხილული ცილინდრული ღუნვის შესაბამისი სასაზღვრო  
20 მხები გადაადგილებები. დამტკიცებულია მათი ერთადერთობა.

### ალგებრა-გეომეტრიის ქვემიმართულება

[t-vepkhvdze@hotmail.com](mailto:t-vepkhvdze@hotmail.com); [ketevanshavgulidze@yahoo.com](mailto:ketevanshavgulidze@yahoo.com); [mikhel.amaglobeli@tsu.ge](mailto:mikhel.amaglobeli@tsu.ge);  
[malkhaz.bakuradze@tsu.ge](mailto:malkhaz.bakuradze@tsu.ge);

სამეცნიერო მიმართულება: რიცხვთა თეორია, ალგებრა, გეომეტრია და ტოპოლოგია

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: სრული პროფესორი - თეიმურაზ ვეფხვაძე;  
ასოცირებული პროფესორები: - ქეთევან შავგულიძე, მიხეილ ამაღლობელი, მალხაზ ზაკურაძე;  
ასისტენტ პროფესორი - რუსლან სურმანიძე.

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

1. კვადრატულ ფორმათა ანალიზური თეორია;
2. ჯგუფთა თეორია;
3. სასრული ჯგუფების მორავას თეორია

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):

1. კვადრატულ ფორმათა ანალიზური თეორია;

კვლევაში ჩართული პერსონალი:

სრული პროფესორი - თეიმურაზ ვეფხვაძე;

ასოცირებული პროფესორი - ქეთევან შავგულიძე.

კვლევის აქტუალობა და მიზნები:

1. კვადრატულ ფორმათა ანალიზური თეორია რიცხვთა თეორიის ის ნაწილია, რომელიც კვადრატული ფორმებით რიცხვთა წარმოდგენის პრობლემასთან დაკავშირებულ საკითხებს იხილავს; ამ პრობლემას მიუძღვნეს თავისი შრომები ეილერმა, გაუსმა, იაკობიმ, ვენკოვმა, ჰარდიმ, მიწკოვსკიმ და სხვა ცნობილმა მათემატიკოსებმა, თუმცა, პრობლემა ბოლომდე გადაწყვეტილი არ არის.

ამ პრობლემის გადაწყვეტის გზებმა წარმოშვა ანალიზური მეთოდები, რომლებიც სხვადასხვა ტიპის განზოგადებულ თეტა-ფუნქციათა სივრცეების გამოკვლევას უკავშირდება. ამ მეთოდის გამოყენება სათავეს იღებს მე-20 საუკუნის დასაწყისში ინგლისელი მათემატიკოსის მორდელის შრომიდან ( On the representations of a number as a sum of an odd number of squares, Camb. Pril. Trans. 22(1919) ). მოდულარულ ფორმათა თეორიის გამოყენებით, მორდელმა შეძლო 9 კვადრატით მთელი დადებითი რიცხვების წარმოდგენის საკითხი დაეყვანა 7 კვადრატით რიცხვთა წარმოდგენაზე. ეს შედეგი შემდგომში გააუმჯობესა გიორგი ლომაძემ (Acta Arithmetica, LXVIII. 3 (1994) ). გ. ლომაძემ მახასიათებლიანი მარტივი თეტა-ფუნქციების გამოყენებით ააგო პარაბოლური ფორმები და განიხილა ზოგიერთი 16 საფეხურის 9 ცვლადიანი კვადრატული ფორმა (Georgian Math. J. 8 (2001), No. 1, 111-127; Proceedings of A Razmadze Mathematical Institute, 127, 2001). განზოგადებული თეტა-ფუნქციების გამოყენებით კვადრატული ფორმებით რიცხვის წარმოდგენის ფორმულების მიღების საკითხი შესწავლილია ლ. კოჯანის მიერ (Representations of numbers by quadratic forms, Tr. Mat. Inst.Steklova, 1997, vol. 218, p. 248-261).

ერთიანი მიდგომა მახასიათებლიანი განზოგადებული თეტა-ფუნქციების გამოყენების გადმოცემულია თეიმურაზ ვეფხვაძის ნაშრომში ( Modular properties of theta-functions and representations of numbers by positiv quadratic forms, Georgian Mathematical Journal, Vol.4, No. 4.4, 1997, 385-400).

შემდგომში ამ შედეგებზე დაყრდნობით აგებულ იქნა კონტცვლადიანი კვადრატული ფორმების შესაბამისი პარაბოლური ფორმები და მიღებულ იქნა ახალი ზუსტი ფორმულები 5 ცვლადიანი და 7 ცვლადიანი კვადრატული ფორმებით რიცხვის წარმოდგენათა რაოდენობისათვის.

2011 წელს განხილულ იქნა 16 საფეხურის 9 ცვლადიანი კვადრატული ფორმების შესაბამისი პარაბოლური ფორმები. ამ პარაბოლური ფორმების გამოყენებით მიღებულია ფორმულები 2) კვადრატული ფორმებით. აგებული პარაბოლური ფორმების გამოყენებით შესაძლებელი იქნება მომავალში ერთიანი მიდგომით განვიხილოთ ყველა 16 საფეხურის 9 ცვლადიანი კვადრატული ფორმა

2,  $k = 1, 2, \dots, 8$ .

მიღებული შედეგების შესახებ გაკეთდა მოხსენებები საერთაშორისო კონფერენციებზე (ბათუმი, ვილნიუსი) და გამოქვეყნდა სტატია აკადემიის მოამბეში. გაკეთდა მოხსენებები ი.ვეკუას სახელობის

გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის გაფართოებულ სემინარზე და თსუ მათემატიკის დეპარტამენტის სამეცნიერო სემინარზე.

გარდა ამისა, თეიმურაზ ვეფხვაძე რედაქტორი და ერთ-ერთი ავტორია სახელმძღვანელოების კომპლექტისა 1-6 კლასის მოსწავლეებისათვის, რომელმაც გაიმარჯვა კონკურსში და მიენიჭა გრიფი 2011 წელს საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს ს.ს.ი.პ. ეროვნული სასწავლო გეგმებისა და შეფასების ცენტრის მიერ, შექმნილია შესაბამისი მასწავლებელთა სარეკომენდაციო წიგნებიც, რომლებსაც მიენიჭა გრიფი 2011 წელს.

კვადრატულ ფორმათა ანალიზური თეორიის ერთ-ერთი საკითხის გადასაწყვეტად, კერძოდ ზოგადი ოთხკვადრადიანი კვადრატული ფორმებით ნატურალური რიცხვის წარმოდგენათა რაოდენობისათვის ფორმულების მისაღებად, საჭიროა მოცემული ზოგადი ოთხკვადრადიანი კვადრატული ფორმებისათვის შესაბამისი სფერული ფუნქციების აგება და მისი საშუალებით განზოგადებულ თეტა-მწკრივთა სივრცეების ბაზისების მიღება (ასეთი ტიპის ამოცანაზინარულიკვადრატული ფორმებისათვის განხილულია გუდინგის სტატიაში: F. Gooding, Modular forms arising from spherical polynomials and positive definite quadratic forms, J. Number Theory 9(1977), 36-47, ხოლო სამკვლადიანი კვადრატული ფორმებისათვის განხილულია ქ. შავგულიძის სტატიაში On the dimension of some spaces of generalized ternary theta-series, Georgian Math. J., vol. 9, No 1, pp. 167-178, 2002 ), საჭიროა აგრეთვე გარკვეული ტიპის კვადრატული ფორმების აგებაც. ამ ამოცანებს ეხება ქეთევან შავგულიძის მიერ 2011 წელს მიღებული შედეგები, კერძოდ, მის მიერ განხილულ იქნა ზოგადი ოთხკვადრადიანი დიაგონალური და ზოგიერთი არადიაგონალური კვადრატული ფორმა, აიგო ამ ფორმებისათვის სფერული ფუნქციები და შესაბამისი განზოგადებული თეტა-მწკრივები და მათგან შეირჩა წრფივად დამოუკიდებელი თეტა-მწკრივები, ასეთნაირად დადგინდა განზოგადებულ თეტა-მწკრივთა სივრცეების განზომილების ზედა საზღვრები. აღმოჩნდა, რომ ჩვენს მიერ განხილულ ყველა კონკრეტულ შემთხვევაში თეტა-მწკრივთა სივრცეების განზომილების ზედა საზღვრები დაემთხვა თვით განზომილებას.

კვადრატული ფორმებით ნატურალური რიცხვის წარმოდგენათა რაოდენობისათვის ფორმულების 2 დისკრიმინანტის მქონე  $(-2, q, 1)$  ტიპის კვადრატული ფორმის აგების ალგორითმი ნებისმიერი კენტი მარტივი  $q$ -სთვის, ხოლო  $q \equiv 1 \pmod{6}$ -სთვის ასეთი ტიპის კვადრატული ფორმები აიგო ცხადი სახით. შემდეგ მივიღეთ შესაბამისი დაყვანილი კვადრატული ფორმები და მათი საშუალებით შევადგინეთ ფორმულები კვადრატული ფორმებითნატურალური რიცხვის წარმოდგენათა რაოდენობისათვის.

მიღებული შედეგების შესახებ გაკეთდა მოხსენებები საერთაშორისო კონფერენციებზე (27-th Journees Arithmetiques, 27.06. - 01.07.2011, Vilnius, Lithuania; საქართველოს მათემატიკოსთა კავშირის II საერთაშორისო კონფერენცია, ბათუმი) და ადგილობრივ სემინარებზე: ი.ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის გაფართოებულ სემინარზე და თსუ მათემატიკის დეპარტამენტის სამეცნიერო სემინარზე. გამოსაქვეყნებლად გადაეცა 3 სტატია.

**2011 წელს გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მოწოდება, და ა.შ.):**

1. Teimuraz Vepkhvadze, Modular functions and representations of positive integers by quadratic forms. Abstracts, II International conference, September 15-19, 2011, Batumi, Georgia.
2. Teimuraz Vepkhvadze, Generalized theta-function with characteristics and cusp forms corresponding to quadratic forms in nine variables. Bull. Georgian Acad. Scie., vol.5, no.2, 2011.
3. Teimuraz Vepkhvadze, On the number of representations of positive integers by some quadratic forms in nine variables, International conference, 27-th Journees Arithmetiques, 27.06. - 01.07.2011, Vilnius, Lithuania;
4. Teimuraz Vepkhvadze – Cusp forms corresponding to quadratic forms of 16 level, Scientific Seminar of Ilia Vekua Institute of Applied Mathematics, 20. 04. 2011.
5. Teimuraz Vepkhvadze – On the number of representations of positive integers by some quadratic forms in nine variables, Journal de Théorie des Nombres de Bordeaux, 2011 (in print)
6. K. Shavgulidze, On the dimension of some spaces of generalized theta-series, Journal de Théorie des Nombres de Bordeaux, 2011 (in print).
7. K. Shavgulidze, On the dimension of spaces of generalized theta-series for some quaternary quadratic forms, Proceedings of I. Vekua Institute of Applied Mathematics, 2011.

8. K. Shavgulidze, On the construction of the quadratic form of type  $(-2, q, 1)$  with discriminant  $q^2$ , Applied Mathematics Informatics and Mechanics, 2011.
9. K. Shavgulidze, On the dimension of some spaces of generalized theta-series, Abstracts, II International conference, September 15-19, 2011, Batumi, Georgia, Abstract Book, p. 87-88.
- K. Shavgulidze, On the dimension of spaces of generalized theta-series, *27-th Journees Arithmetiques*, 27.06. - 01.07.2011, Vilnius, Lithuania, Programme and Abstract Book, p. 55.
- Ketevan Shavgulidze – The dimension of some spaces of generalized Theta-series. Scientific Seminar of Ilia Vekua Institute of Applied Mathematics, 20. 04. 2011.

#### მონაწილეობა კონფერენციებში:

1. Teimuraz Vepkhvadze, Modular functions and representations of positive integers by quadratic forms. Abstracts, II International conference, September 15-19, 2011, Batumi, Georgia.
2. Teimuraz Vepkhvadze, On the number of representations of positive integers by some quadratic forms in nine variables, International conference, 27-th Journees Arithmetiques, 27.06. - 01.07.2011, Vilnius, Lithuania;
3. თემურაზ ვეფხვაძე, 16 საფეხურის კვადრატული ფორმების შესაბამისი პარაბოლური ფორმები, გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის გაფართოებული სემინარი. 20. 04. 2011.
4. თემურაზ ვეფხვაძე, 16 საფეხურის კვადრატული ფორმების შესაბამისი პარაბოლური ფორმები, თსუ მათემატიკის დეპარტამენტის სამეცნიერო სემინარი, 16.06.2011
5. K. Shavgulidze, On the dimension of some spaces of generalized theta-series, Abstracts, II International conference, September 15-19, 2011, Batumi, Georgia, Abstract Book, p. 87-88.
6. K. Shavgulidze, On the dimension of spaces of generalized theta-series, *27-th Journees Arithmetiques*, 27.06. - 01.07.2011, Vilnius, Lithuania, Programme and Abstract Book, p. 55.
7. ქეთევანშავგულიძე - განზოგადებულ თეტა-მწკრივთა ზოგიერთი სივრცის განზომილებისა შესახებ, გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის გაფართოებული სემინარი. 20. 04. 2011.
8. ქეთევან შავგულიძე - განზოგადებულ თეტა-მწკრივთა სივრცეების განზომილებისა შესახებ, თსუ მათემატიკის დეპარტამენტის სამეცნიერო სემინარი, 23.06.2011

## 2. გეომეტრია და ტოპოლოგია

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** *სასრული ჯგუფების მორავას თეორია*

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ასოცირებული პროფესორი - მალხაზ ბაკურაძე

### 1.1 კვლევის აქტუალობა

მოცემულ პროექტში ჩვენ ვიყენებთ ტრანსფერის ასახვების მეთოდებს ჯგუფთა მორავას K-თეორიის რგოლთა შესასწავლად. მულტიპლიკატური კოჰომოლოგიის თეორიების შესწავლისთვის მძლავრ იარაღს წარმოადგენენ ტრანსფერის ასახვები. სტაბილური ტრანსფერის ასახვები და მათი გამოყენებები უკვე ალგებრული ტოპოლოგიის ცალკეულ დარგად ჩამოყალიბდა. საკმარისია ითქვას, რომ ერთ-ერთთავის ყველაზე პოპულარულ წიგნში ჯ. Aდამსი ურჩევს ყველა ტოპოლოგს გაეცნოს ტრანსფერის ასახვებს, როგორც გამოყენებებსა და დამტკიცებებში ძირითად იარაღს. ტრანსფერები პირველად გაჩნდა ჯგუფთა თეორიაში მეოცე საუკუნის დასაწყისში ი. შურის შრომებში, როგორც ბუნებრივი ასახვების ასრული

ჯგუფის აბელიზაციიდან მისი ქვეჯგუფების აბელიზაციებში, და შემდეგ განზოგადებულ იქნა ა. დოლდისა და სხვების მიერ. ჯ. ს. ბეკერისა და პ. ჰ. ოტლიზის შრომაში ტრანსფერის ასახვები აგებულ იქნა როგორც მორფიზმები სტაბილურ კატეგორიაში და მას შემდეგ ფართოდ გამოიყენება ჰომოტოპიის თეორიაში. სტაბილური ჰომოტოპიის თეორიაში დიდი ხნის ღია პრობლემად რჩება სხვადასხვა სასრული ჯგუფების (მაკლასიფიცირებელი სივრცეების) კომპლექსურად ორიენტირებული კოჰომოლოგიების რგოლების მულტიპლიკატური სტრუქტურის გამოსახვა ჩერნის კლასების ტერმინებში. სასრული ჯგუფების მორავას K-თეორიის რგოლების მრავალ მოტივაციათა შორის ვახსენებთ წინა ამოცანასთან დაკავშირებით, რომ სასრული ჯგუფების მაკლასიფიცირებელი სივრცეების ელიფსური კოჰომოლოგიები იძლევა შესაძლო ელიფსურ ობიექტთა შესწავლისგან

საკუთრებით მოხერხებულ „საცდელ მასალას“, რაც დემონსტრირებულია ბეკერის, ტომასის, დევოტოს და სხვათა შრომებში.

ბ. შუსტერის, მ. ტეცუკასა და ნ. იაგიტას შრომებში ნაჩვენებია იყო, რომ სასრულ ჯგუფთა მრავალი მაგალითებისთვის მორავას  $K$ -თეორიის რგოლი ჩერნის კლასებითაა წარმოქმნილი. მ. ჰოპკინსმა, ნ. კუნმა და დ. რავენელმა აჩვენეს, რომ კიდევ უფრო მეტი ჯგუფი „კარგია“ იმ აზრით, რომ მათი მორავას  $K$ -თეორია წარმოიქმნება ქვეჯგუფთა კომპლექსური წარმოდგენების ტრანსფერირებული ჩერნის კლასებით. არცისე იოლი აღმოჩნდა ი. კრიჟის მიერ ისეთი ჯგუფის მოძებნა, რომელიც ამ აზრით „კარგი“ არარის. ის ნათლად გვიჩვენებს, რომ სასრული ჯგუფის კომპლექსურად ორინეტირებული რგოლის თანაფარდობათა ის ნაწილი, რომელიც ტრანსფერის თვისებებით განისაზღვრება, მთელი მულტიპლიკატური სტრუქტურის განსაზღვრაში გადამწყვეტ როლს უნდა თამაშობდეს. შუსტერის, ტეცუკასა და იაგიტას ნახსენებ შრომებში მულტიპლიკატური შტრუქტურა მხოლოდ გარკვეულ განუზღვრელობამდე სიზუსტით იქნა დადგენილი. ცხადი რგოლური სტრუქტურის მისაღებად ბრუნეტისა და შუსტერის შემდგომ შრომებში შემოთავაზებული იქნა ჩერნის კლასებისგან არსებითად განსხვავებული წარმოდგენილები. მოგვიანებით მაკლურისა და სნეიტის, ჰანტონისა და სხვების შრომებში აგებული იქნა ჰომოტოპიურ ორბიტათასივრცეებისკოჰომოლოგიის ჯგუფები, მაგრამ განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს რგოლური სტრუქტურის აღწერა სუფთად ჩერნის კლასების ტერმინებში და ამის საშუალებით ტრანსფერისთვის ცხადი ფორმულების მიღება. ამ ამოცანას მივყავართ სასრული გადაფარვებისას ტრანსფერის მიმართ ჩერნის კლასების ყოფაცქევის განხილვის ამოცანასთან, მ. ბაკურადისა და ს. პრიდის შრომებში “Transfer and complex oriented cohomology rings” (*Algebr. Geom. Topol.* **3** (2003) 473–509) და “Transferred Chern classes in Morava  $K$ -theory” (*Proc. Am. Math. Soc.* **132** (2004) 1855–1860) მოცემული მეთოდების გამოყენებით. საწყისი შედეგები, მოცემული მ. ბაკურადისა და ვ. ვერშინინის შრომაში “Morava  $K$ -theory rings for the dihedral, semi-dihedral and generalized quaternion groups in Chern Classes” (*Proc. Am. Math. Soc.* **134** (2006) 3707–3714) და მ. ბაკურადის შრომაში “Morava  $K$ -theory rings for modular groups in Chern classes” (*K-theory*, **38**, N2(2008), 87–94) პირველებია, სადაც მულტიპლიკატური სტრუქტურა სუფთად ჩერნის კლასების ტერმინებშია განხილული.

## 1.2 კვლევის მიზნები

ზემოთ მოყვანილი აღწერის მიხედვით, წარმოდგენილი პროექტის ძირითადი მიზანი შეიძლება ჩამოყალიბდეს თემად: სხვადასხვა სასრული  $Pp$ -ჯგუფებისთვის მორავას  $K$ -თეორიის რგოლების ცხადი წარმოდგენა ტრანსფერირებული ჩერნის კლასებისა და ფორმალური ჯგუფის ტერმინებში. ამ თემის ქვეშ პროექტის ამოცანებია:

- მორავას  $K$ -თეორიის ფორმალური ჯგუფის გარკვეული საწყისი სეგმენტების (მიახლოებების) აღწერა.
- სასრული ჯგუფების სხვადასხვა მაგალითებისთვის  $K(s)^*$ -ეილერის მახასიათებლების გამოთვლა ჰოპკინს-კუნ-რავენელის განზოგადებული ხარაკტერების თეორიის გამოყენებით.
- ატია-ხირცებრუხ-სერის სპექტრული მიმდევრობის წევრის აღწერა ინვარიანტების გამოთვლით  $B$  ამოცანაში განხილული ჯგუფებისთვის.
- წარმოდგენების თეორიის გამოყენებით  $K(s)^*(BG)$  რგოლების ჩერნის მიახლოებების გამოთვლა  $B, C$  ამოცანებში განხილული ჯგუფებისთვის.
- ტრანსფერის ფორმალური თვისებების და ტრანსფერირებული ჩერნის მახასიათებელი კლასების გამოსათვლელი ფორმულის გამოყენებით  $K(s)^*(BG)$  რგოლებში თანაფარდობათა სრული სისტემის გამოთვლა. კომპიუტერული ალგებრა SINGULAR-ის გამოყენება ცხადი გამოთვლებისთვის.

## 2011 წელს გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, ა.შ.):

- Mod 2 Morava  $K$ -theory rings of Frobenius complements of exponents dividing  $2^n - 1$ , *Journal of Homotopy and Related Structures*, v.6, N1(2011), 65–69.
- Morava  $K$ -theory rings of groups  $G_{32}, \dots, G_{41}$  of order 32, (Jointwork with M.Jibladze) *Uspekhi Mat. Nauk*, 66:5(401) (2011), 185–187
- Induced representations, transferred Chern classes and Morava Rings  $K(s)_*(BG)$ : some calculations, *Proc. Steklov Inst. of Math.*, vol. 275(2011), 1–9.

**მონაწილეობა კონფერენციებში.**

15th NRW Topology Meeting, Transfer and Morava Ktheory rings for some 2-groups Wuppertal, Germany, May 5-7, 2011,

<http://www2.math.uni-wuppertal.de/hornbost/nrwtopology.html>

International conference, Homotopy and Non-Commutative Geometry, Morava K theory rings for groups of order 32 Tbilisi State University, March 2011. <http://tcms.org.ge/Conferences/conf2011/>

**3. ალგებრა**

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** ჯგუფთა თეორია, მოდულების თეორია, ალგებრის ალგორითმული პრობლემები.

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ასოცირებული პროფესორი - მიხეილ ამაღლობელი.

1.1 **კვლევის თემატიკა:**  $R$  რგოლის მიმართ  $R$  -ჯგუფთა კატეგორიები, ალგებრული გეომეტრია ალგებრულ სისტემებზე.

1.2 **კვლევის აქტუალობა და მიზნები:** უსასრულო ჯგუფთა გამოკვლევა ხშირად აწყდება სერიოზულ სიძნელეებს, რომელთა მიზეზია შეისწავლოს ობიექტის სირთულე. პრაქტიკულად უსასრულო ჯგუფთა შესწავლის ყოველი მიდგომა ან ნაკლებად ეფექტურია, ან გამოყენებადია მხოლოდ ჯგუფთა ვიწრო კლასებისათვის. მაგალითისათვის, მოდულთა თეორიის განვითარებული და მეტად მძლავრი ცნებათა სისტემა და ტექნიკა თავისი კლასიკური სახით გამოყენებადია მხოლოდ აბელური ჯგუფებისათვის. ამიტომ ფრიად მნიშვნელოვანია მოდულთა თეორიის იდეების და მეთოდების გავრცელების ამოცანა არაკომუტაციური ჯგუფების შემთხვევისათვის.

არაერთხელ იყო ნაცადი იმ ჯგუფების შესწავლა, რომელთა ელემენტებისათვის აზრი აქვს არა მარტო მთელ ხარისხში აყვანას. ბევრ შემთხვევაში მათი განხილვა გახდა აუცილებელი. უპირველეს ყოვლისა ეს იყო განპირობებული ჯგუფთა თეორიის კონკრეტული პრობლემებით. ამასთან დაკავშირებით ვახსენოთ ა.ი.მალცევის კლასიკური ნაშრომი გრეხვის გარეშე ლოკალურად ნილპოტენტური ჯგუფების გასრულების შესახებ (1961, 1965, 1971წ), აგრეთვე ფ. ჰოლის მიერ აგამოსახულებას, სადაც  $\alpha$  არის რაიმე ბინომიალური  $R$  რგოლის ელემენტი. საყურადღებო მნიშვნელობა აქვს რ. ლინდონის ცნობილ შრომას, რომელშიც განხილულია  $R$ -ხარისხოვან ჯგუფთა კატეგორიები, სადაც  $R$  ნებისმიერი ერთეულიანი ასოციაციური რგოლია.

გაერთიანებული ქვეჯგუფით ჯგუფთა თავისუფალი ნამრავლის ცნების გამოყენებით ბ. ნეიმანმა დაამტკიცა (1943 წ), რომ ნებისმიერი ჯგუფი შეიძლება გასრულდეს, ე.ი. შეიძლება ჩაიდგას ქვეჯგუფის  $n =$  მანტოლებას აქვს ერთი მაინც ამონახსნი ნებისმიერი ნატურალური  $n$  -თვის და ნებისმიერი  $g \in G$  ელემენტისათვის. მეტად მნიშვნელოვანია თეორემები კონკრეტული კლასის ნებისმიერი ჯგუფის იმავე კლასის სრულ ჯგუფში ჩადგმის შესახებ.

შემდგომ არაერთხელ იყო ნაცადი გასრულების ისეთი აქსიომატიზაცია, რომ შესაძლებელი ყოფილიყო უფრო ზოგადი პრობლემების გადაჭრისათვის კოეფიციენტთა რგოლების უფრო ფართო კლასების გამოყენება. აქ გამოირჩევა რ. ლინდონის მიერ შემოტანილი აქსიომატიკა. რ. ლინდონის ყველაზე უფრო ზოგად მიდგომას გააჩნია არსებითი ნაკლი - აბელურ შემთხვევაში  $R$  ჯგუფები ყოველთვის არ არიან  $R$  მოდულები. დიდი ხანი არაა, რაც ამ აქსიომატიკას ა.გ.მისანიკოვის და ვ.ნ. რემესლენიკოვის მიერ დაემატა ერთი საკმაოდ ბუნებრივი აქსიომა, რამაც შესაძლებელი გახდა ჩართულიყო  $R$  ჯგუფთა კატეგორიაში ისეთ ბუნებრივი ობიექტი, როგორც  $R$  მოდულებია. ამგვარად  $R$  კატეგორია (Мясников А.Г., Ремесленников В.Н. Степенные группы I: Основы теории и тензорные пополнения. Сиб. Матем. Журн -1994; - т.356 №56 с.1106-1118)

ხარისხოვან ჯგუფთა თეორიის განვითარებასთან ერთად დაწყებული იყო მუშაობა ჯგუფებზე ალგებრული გეომეტრიის აგებისათვის. გ. ბაუმსლაგმა, ა.გ.მისანიკოვმა და ვ.ნ.რემესლენიკოვმა შემოიტანეს  $G$  ჯგუფის, შესაბამისი კატეგორიის, მორფიზმების, ალგებრული სიმრავლეების და ა.შ. უმნიშვნელოვანესი ცნებები. თეორიის -ჯგუფებზე ალგებრული გეომეტრიის- საფუძვლები გადმოცემულია რიგ ფუნდამენტურ შრომებში და წარმოადგენს შესამჩნევ წვლილს თანამედროვე ალგებრაში (Journal of Algebra, 1999, 2001).

ჯგუფებზე ალგებრული გომეტრიის პრობლემების შესწავლამ მოითხოვა ისეთი უნივერსალური კლასების უნივერსალური ალგებრების თეორიის განვითარება, რომელთა სიგნატურა ჯგუფური სიმბოლოების გარდა მოიცავს აგრეთვე კონსტანტებს, რომლებიც შეესაბამება  $G$  ჯგუფის ელემენტებს. აუცილებელი გახდა ამგავართობულ სიგნატურაში მრავალსახეობების ( $G$  მრავალსახეობების) შესწავლა. მსგავსი ცნებები გვხვდება ვ.ს. ანაშინის (1977, 1986), რ. ბრაიანტის (1982), ი.ხ. გოლუბჩიკის და ა.ვ. მიხაილოვის (1982), გ.მ. ტამანოვის (1984) შრომებში.

მ. ამაღლობელის შრომებში სისტემატიურად შეისწავლება  $R$ -ჯგუფთა და  $G$ -ჯგუფთა მრავალსახეობები, რომლებიც მიეკუთვნებიან მათემატიკის აქტიურად განვითარებად და ნაყოფიერ დარგს.  $R$ -ჯგუფთა და  $G$ -ჯგუფთა თეორიების და შესაბამისი მეთოდების განვითარება მეტად სასარგებლო აღმოჩნდა თავისუფალი ჯგუფების ელემენტარული თეორიების შესახებ ტარსკის ცნობილი თეორემების და რიგი სხვა პრობლემების გადაჭრისათვის.

კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

1. შემოტანილია  $R$ -ჯგუფთა მრავალსახეობების და ამ მრავალსახეობაში ჯგუფთა ტენზორული გასრულების ცნებები.
2. დაწვრილებითაა შესწავლილი  $R$ -ჯგუფთა აბელური მრავალსახეობები და დაწყებულია  $R$ -ჯგუფთა ნილპოტენტური მრავალსახეობების შესწავლა.
3. შემოტანილია ცანტრალური მწკრივები და კომუტანტთა მწკრივები. განიხილება  $n$  საფეხურიან ნილპოტენტურ  $R$ -ჯგუფთა განსაზღვრების სამი ვარიანტი. მტკიცდება, რომ როცა  $n=1, 2$  ყველა ეს განსაზღვრება ტოლფასია. ღიად რჩება ამ ცნებების დამთხვევის საკითხი, როცა  $n>2$ .
4. დამტკიცებულია, რომ 2 საფეხურიანი ნილპოტენტურიჯგუფის გასრულება 2 საფეხურიანი ნილპოტენტურია.
5. გამოკვლეულია ძირითადი ალგორითმული პრობლემები ( $\alpha$ -სიტყვების ტოლობის პრობლემა;  $\alpha$ ; წრფივად დამოკიდებულების პრობლემა  $\alpha$  კომუტატორებისათვის) 2 საფეხურიან ნილპოტენტური  $R$ -ჯგუფებისთვის.
6. დამტკიცებულია, რომ დამატებითი პირობის -სასრულად განსაზღვრულობის - შემთხვევაში, ყველა ამ პრობლემას აქვს დადებითი გადაწყვეტა, ხოლო ზოგად შემთხვევაში - სასრულად წარმოქმნილი ჯგუფებისათვის - უარყოფითი გადაწყვეტა.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:**

1. AmaglobeliM., Bokelavadze T. Abelian and Nilpotent varieties of pover groups. Georgian Mathematical Journal, 18 (2011), N3, pp. 415-430.
2. Амаглобели М.Г., Ремесленников В.Н., Свободные 2-ступенно нильпотентные R-группы. РАН. Представлено 15.08.11. академиком РАН Ю.Л. Ершовым.
3. AmaglobeliM., Category of A-groups over a ring A. REPORTS of enlarged sessions of the seminar of I. Vekua institute of applied mathematics, vol.25, 2011.
4. AmaglobeliM., Tensor completion in the category R-groups over a ring R. PROCEEDINGS of the international conference "Modern algebra and its applications", vol 1, pp.19-24, september 19-25, 2011, Batumi, Georgia.
5. Амаглобели М.Г., Ремесленников В.Н., Алгоритмические проблемы для 2-ступенно нильпотентных MR-групп. Межд. Конф. "Мальцевские чтения", посв. со дня рождения С.С.Гончарова. 11-14 октября 2011 г. Новосибирск, тезиси докладов, с.30 (<http://www.Math.Nsc.ru/conference/malmeet2011.pdf>).

**კვლევის/პროექტის თემატიკა:** რიმანის ერთგვაროვანი სივრცეები და მათ დაკავშირებული ტენზორული ალგებრები

**ხელმძღვანელი/შემსრულებლები:** ასისტენტ პროფესორი - რუსლან სურმანიძე.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

საზოგადოდ, რიმანის ერთგვაროვანი სივრცეები კვლევის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ობიექტებს წარმოადგენენ გომეტრიაში. ჩვენი კვლევების საგანს წარმოადგენს რიმანის ერთგვაროვანი სივრცეების ერთი მნიშვნელოვანი კლასი. განხილული კლასი წარმოადგენს ისეთი სიმეტრიული სივრცეების სიმრავლეს, რომლებსაც გააჩნიათ დაუყვანადი ოზოტროპიის ჯგუფი. მათ ე. წ. ოზოტროპულად დაუყვანადი რიმანის ერთგვაროვანი სივრცეები ეწოდებათ.



გასული საუკუნის 60-იან წლებში, იზოტროპულად დაუყვანადი რიმანის ერთგვაროვანი სივრცეების თეორია განავითარეს და ასეთი სივრცეების სრული კლასიფიკაცია მოახდინეს რუსმა მათემატიკოსმა ო. მანტუროვმა და გერმანელმა მათემატიკოსმა ჯ. ვოლფმა.

აღნიშნული სივრცეების კლასიფიკაციის სქემები უშუალოდ დაკავშირებულნი არიან ნახევრადმარტივი ლის ალგებრების თეორიასთან და ნახევრადმარტივი ლის ალგებრების წარმოდგენათა თეორიასთან და გამოიყენებს დინკინის ცნობილ სქემებს.

ერთგვაროვანი სივრცეების თვისებები არ იცვლება, ინვარიანტული რჩება, მოძრაობათა გარკვეული ჯგუფის მოქმედების შედეგად. სივრცის მოძრაობათა ასეთი ჯგუფი იგება ყოველი ერთგვაროვანი სივრცისათვის და მას რიმანის ერთგვაროვანი სივრცის იზოტროპიის ჯგუფს უწოდებენ. ერთგვაროვანი რიმანის სივრცეების თვისებები შეიძლება აღიწეროს ამ სივრცის იზოტროპიის ჯგუფის მიმართ ინვარიანტული ტენზორების ტერმინებში. რიმანის სივრცეებზე განხილული ასეთი ტენზორების შესწავლა დაიყვანება ინვარიანტული ტენზორების შესწავლამდე ერთგვაროვანი სივრცის მხებ სივრცეში. ნებისმიერი ერთგვაროვანი სივრცე შეიძლება წარმოდგენილ იქნას  $X/Y$

ფაქტორსივრცის სახით, სადაც  $X$  და  $Y$  ლის ჯგუფებია.  $X/Y$  ერთგვაროვანი სივრცის მხებ სივრცეში ყოველი ტენზორი, რომელიც ინვარიანტულია იზოტროპიის  $Y$  ნახევრადმარტივი ლის ჯგუფის მიმართ, წარმოქმნის ტენზორულ ველს, ინვარიანტულს  $X$  ნახევრადმარტივი ლის ჯგუფის მიმართ. ჩვენ შევისწავლით ტენზორულ ველებს, ინვარიანტულს დაუყვანადი იზოტროპიის ჯგუფის მქონე ზოგიერთი იზოტროპულად დაუყვანადი ერთგვაროვანი სივრცეების იზოტროპიის ჯგუფების მიმართ. განვიხილავთ ტენზორებს რომელთა ვალენტობა ტოლია 2-ის, 3-ის და 4-ის. აგრეთვე, ვაწარმოებთ მუშაობას, ისეთი ტენზორული ველების შესასწავლად, რომელთა ვალენტობა ნებისმიერი ნატურალური რიცხვია.

კერძოდ, ლის ალგებრის იმ  $\Phi$  წარმოდგენისათვის, რომელიც ერთგვაროვანი სივრცის იზოტროპიის ჯგუფს განსაზღვრავს, ვპოულობთ  $\Phi \otimes \Phi$  ტენზორული ნამრავლების გაშლას დაუყვანადი კომპონენტების პირდაპირ ჯამად. ამისათვის გამოვიყენებთ ე.წ. ლითელვუდ-რიჩარდსონის ალგორითმსა და იუნგი-ფრობენიუსის სიმეტრიზატორებს.

$\Phi \otimes \Phi$  ტენზორული ნამრავლის პირდაპირ ჯამად განაშალში ერთგვაროვანი, ტრივიალური კომპონენტების საშუალებით ჩვენ ვადგენთ ინვარიანტული ტენზორული ველების სივრცეთა განზომილებებს, ტენზორთა მითითებული ვალენტობების დროს. მიღებული ინვარიანტული ტენზორები, ერთგვაროვანი სივრცის მხებ სივრცეში განსაზღვრავენ პოლიწრფივ ფორმებსა და პოლიწრფივ ასახვებს ანუ განსაზღვრავენ ბინარულ, ტერნარულ და  $n$ -არული ალგებრებს. ინვარიანტული ტენზორული ველების შესასწავლად გამოვიყენებთ ე.წ. ჩადგმის პრინციპს, რომელიც 1985 წელს შემოგვთავაზა ო. მანტუროვმა. ამ მეთოდის გამოყენებით, შესაძლებელია აღიწეროს ბინარული, ტერნარული და საზოგადოდ,  $n$ -არული ალგებრები, რომელთა ავტომორფიზმების ჯგუფი დაუყვანადია.

წარმოდგენილი თემატიკა თავისთავად აქტუალურია მათემატიკასა და კერძოდ გეომეტრიაში. აღნიშნულ თემატიკაში მუშაობენ ისეთი ავტორები როგორებიც არიან ჯ. ვოლფი, ო. მანტუროვი, ა. ბორზენკო, ი. დექტერიოვი, ც. დოროფევი და სხვები.

ამ თემატიკისადმი დიდი ინტერესი ფიზიკოსების მხრიდანაც. კერძოდ, ამ თეორიის გამოყენებებს ადგილი აქვს კვანტურ ფიზიკაში.

კვლევის შემდგომ მიზანს წარმოადგენს ანალოგიური ამოცანა გადაწყვეტოთ ამ კლასის სხვა სივრცეებისათვის და შევისწავლოთ ის ნებისმიერი ვალენტობის ტენზორებისათვის ამ სივრცეებზე.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:** ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები სტატიის სახით ("Tensor invariants and homogeneous Riemann spaces") გამოქვეყნდება 2012 წლის დასაწყისში, ჟურნალში: "Journal of Mathematical Sciences", Springer. Journal no. 10958.

## ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის ქვემომართულება

ველევის თემატიკა: სტატისტიკურ შეფასებათა შეფასებათა თეორიის ზოგიერთი საკითხი. სტოქასტური ანალიზი. გამოყენებები.

თემის ხელმძღვანელი – ელიზბარ ნადარაია

შემსრულებლები – გრიგოლ სოხაძე, პეტრე ბაბილუა, ბესარიონ დოჭვირი, ომარ ლლონტი, ომარ ფურთუხია, ზაზა ხეჩინაშვილი

ძირითადი შედეგები:

მიღებულია ალბათური განაწილების ფუნქციის შეფასება იმ შემთხვევაში, როცა ადგილი აქვს არაპირდაპირ დაკვირვებებს. გამოკვლეულია ასეთი შეფასების ზღვართი თვისებები.

მოცემულია რეგრესიის ფუნქციის ნადარაია-ვატსონის ტიპის შეფასება ბერნულის სქემაში და შესავლილია მისი თვისებები.

ფერმენტული რეაქციის ერთი სტოქასტური მოდელისათვის მიღებულია ამ მოდელის უცნობი პარამეტრების სტატისტიკური შეფასების ცხადი გამოსახულებები.

მიღებულია ოპტიმალური გაჩერების მომენტის ცხადი სახე ვინერის პროცესის დარღვევის ამოცანაში. ვინერის პროცესის საშუალო მნიშვნელობის ჰიპოთეზათა შემოწმების ამოცანაში დადგენილია ოპტიმალური გაჩერების მომენტების და გაჩერების არეების კრებადობის საკითხები უწყვეტი სქემის დისკრეტული სქემით აპროქსიმაციის დროს.

ფინანსური ბაზრის კოქსის, როსის და რუბინშტეინის ბინომური მოდელის შემთხვევაში ევროპული და ამერიკული ტიპის ოპციონებისათვის მიღებულია მინიმალური ჰეჯის და მისი შესაბამისი კაპიტალის პროცესის ცხადი გამოსახულებები.

შემოღებულია A-დამოუკიდებლობის ცნება, სადაც A არის სიბრტყის ზომადი ქვესიმრავლე. აგებულია A-დამოუკიდებელი შემთხვევითი სიდიდეების მაგალითი. ნაპოვნია მათი მახასიათებელი ფუნქციის სახე.

განხილულია დისკრეტული დროით ფინანსურ ბაზარზე რისკიანი აქტივის ფასის ევოლუციის ერთი ახალი მოდელი, რომლის ლოგარითმული ამონაგები და ვოლატილობა აღიწერება გაუსის მარტინგალეს საშუალოებით. ნაჩვენებია, რომ აღნიშნული მოდელი ადექვატურად ასახავს ფინანსური მწკრივების ცნობილ დამახასიათებელ ეფექტებს.

მოცემულია პუასონის პოლინომიალური ფუნქციონალების სტოქასტური გაწარმოების ოპერატორის ახალი ცხადი კონსტრუქცია. შესწავლილია ამ ოპერატორისა და სკოროხოდის ინტეგრების ოპერატორის ზოგიერთი თვისება.

### 2011 წელს გამოქვეყნებული სტატიები:

1. Babilua P., Nadaraya E., Sokhadze G. On the Estimation of a Distribution Functions by an Indirect Sample. I. Advances and Applications in Mathematical Sciences, Volume 8, Issue 1, 2011, p. 27-38.
2. Babilua P., Nadaraya E., Sokhadze G. On the Estimation of a Distribution Function by an Indirect Sample. II. Advances and Applications in Mathematical Sciences, Volume 9. Issue 2, 2011. p. 125-135.
3. Dochviri B., Nadaraya E., Tkemaladze G., Sokhadze G. On the Estimation of the Coefficients in One Stochastic Models of an Enzymic Reaction. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. vol. 5, no. 1, 2011. p. 104-107.
4. Dochviri B., Dochviri T., Purtukhia O., Sokhadze G. On the modeling of the standard options pricing process. Proceedings of the Sciences Conference "Problems of Modern Mathematics". Karshi, Uzbekistan. 2011. p. 7-10.
5. Babilua P., Nadaraya E., Sokhadze G. On one nonparametric estimate of a Bernoulli regression function. Proceedings of the Sciences Conference "Problems of Modern Mathematics". Karshi, Uzbekistan. 2011. p. 22-27.
6. Babilua P., Nadaraya E., Sokhadze G. On the Estimation of a Distribution Functions by an Indirect Sample. II. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. vol.5, no. 2, 2011. p. 11-18.

### 2011 წელს გადაცემული სტატიები:

1. Nadaraya E., Babilua P., Patsatsia M., Sokhadze G. On the Cramer-Rao Inequality in an Infinite Dimensional Space. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences.

2. Nadaraya E., Babilua P., Sokhadze G. About nonparametric estimation of the Bernoulli regression. Communication of Theory of probability and mathematical statistics.
3. Nadaraya E., Babilua P., Sokhadze G. On Estimation of the Regression Function. Reports of Enlarged Session of the Seminar of I. Vekua Institute of Applied Mathematics.
4. Dochviri B., Nadaraya E., Purtukhia O., Sokhadze G. On One Problem of Stephan. Reports of Enlarged Session of the Seminar of I. N. Vekua Institute of Applied Mathematics.
5. Надарая Э., Бабилуа П., Сохадзе Г. Об интегральной квадратической мере отклонения одной непараметрической оценки бернуллиевской регрессии. Теория вероятностей и ее применения.
6. ნადარაია ე., სობაძე გ. ენტროპია – განუსაზღვრელობის ზომა. ჟურნალი “იმათემატიკა”.
7. Glonti O. Partially independence of random variables. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences.

**სამეცნიერო კონფერენციებზე მონაწილეობა:**

1. Nadaraya E., Babilua P., Sokhadze G. On Estimation of Bernoulli Regression Function. Program of Enlarged Session of the Seminar of I. N. Vekua Institute of Applied Mathematics. April. 2011.
2. Dochviri B., Nadaraya E., Purtukhia O., Sokhadze G. On One Problem of Stephan. Program of Enlarged Session of the Seminar of I. N. Vekua Institute of Applied Mathematic. April. 2011.
3. Nadaraya E., Purtukhia O., Sokhadze G. On Cramer-Rao inequality in infinite dimensional space. 58th World Statistical Congress. ISI Dublin, August 21st-26th. Dublin, Ireland.
4. Babilua P., Nadaraya E., Khechinashvili Z., Sokhadze G. On Limit Distribution of a Quadratic Deviation for Nonparametric Estimate of the Bernoulli Regression.
5. Dochviri B., Nadaraya E., Purtukhia O., Sokhadze G. On One Problem of Disorder. Abstracts of the Second Annual Conference of the Georgian Mathematical Union. 15-19 September, Batumi, Georgia. p.120-120. 2011.
6. Nadaraya E., Babilua P., Khechinashvili Z., Sokhadze G. Limit Distribution of a Quadratic Deviation for Nonparametric Estimate of the Bernoulli Regression. Abstracts of the Second Annual Conference of the Georgian Mathematical Union. 15-19 September, Batumi, Georgia. p. 118-118. 2011.
7. Glonti O. Partially independence of random variables. Abstracts of the International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis” Dedicated to the 120<sup>th</sup> birthday anniversary of Academician N. Muskhelishvili. September 9-14, 2011, Tbilisi, Georgia. p.109-110.
8. Purtukhia O., Sokhadze G. Cramer-Rao Inequalities in a Functional Spaces. Abstracts of the International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis” Dedicated to the 120<sup>th</sup> birthday anniversary of Academician N. Muskhelishvili. September 9-14, 2011, Tbilisi, Georgia. p. 134-134.

### სამეცნიერო მიმართულება: მათემატიკური ანალიზი

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** უშანგი გოგინავა, ლერი გოგოლაძე, ვახტანგ ცაგარეიშვილი, თენგიზ კოპალიანი, ლაშა ეფრემიძე, თემურ ახოზაძე, ანა დანელია, გივი ნადიბაიძე, გიორგი ჭელიძე, შალვა ზვიადაძე.

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** ფუნქციათა სივრცეები და აპროხიმაცია

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):** კარგადაა ცნობილი, რომ ფუნქციონალურ სივრცეები უმნიშვნელოვანეს როლს თამაშობენ როგორც კლასიკურ ასევე თანამედროვე ანალიზში. ისინი წარმოადგენენ მნიშვნელოვან ინსტრუმენტს დიფერენციალური განტოლებების (ჩვეულებრივი და კერძოწარმოებულებიანი), დიფერენციალური გეომეტრიის, ფუნქციათა თეორიის, ვარიაციული აღრიცხვის პრობლემატიკის კვლევის დროს. გვასული საუკუნის სამოციან წლებში შემოდებული იქნა მთელი რიგი ფუნქციონალური სივრცეები **ბესოვის (ლიფშიცის სივრცეები), ბესელის პოტენციალთა სივრცეები (ლიუვილის სივრცეები), ზიგმუნდის კლასები, ჰარდის სივრცეები**, სასრული რხევის ფუნქციები. შეიქმნა მძლავრი მეთოდები რომლებიც იძლევიან აღნიშნული სივრცეების სტრუქტურულ დახასიათებას. ააგებული იქნა სხვადასხვა ტიპის ბაზისები (უპირობო ბაზისები) ზემოთ აღნიშნულ სივრცეებში, რომელთა ბაზაზე დამუშავებული იქნა ეფექტური წრფივი და არაწრფივი აპროქსიმაციული ალგორითმები.

ფუნქციონალური სივრცეების დახასიათებისათვის ფართოდ იყენებენ ტრიგონომეტრიულ, უოლშის და ჰარის სისტემებს. ამ სისტემების საშუალებით აგებული აპროქსიმაციული ალგორითმები არსებითად გამოიყენება როგორც თეორიულ ასევე გამოყენებით მათემატიკაში. ჰარის და უოლშის სისტემები თავიანთი დისკრეტული სტრუქტურის გამო თამაშობენ მნიშვნელოვან როლს გამოსახულებათა ციფრული დამუშავების დროს, ციფრული ფილტრების აგებისათვის, ინფორმაციის შენახვის, კუმშვის ალგორითმების დამუშავების დროს. აღნიშნული თემატიკა ფართოდაა წარმოდგენილი შემდეგ მონოგრაფიებში:

*B. Golubov, A. V. Efimov, V. A. Skvortsov. Walsh series and transforms. Theory and applications. Moscow, "Nauka", 1987. (Russian)*

*F. Schipp, W.R. Wade, P. Simon and J. Pál, Walsh Series, an Introduction to Dyadic Harmonic Analysis. Adam Hilger, Bristol, New York, 1990.*

გასული საუკუნის ოთხმოცდაათიან წლებში უმნიშვნელოვანესი გამოყენება ჰპოვა ვეივლეტ ორთონორმირებულმა სისტემებმა. ვეივლეტების თანამედროვე თეორიის არიალი მეტად ვრცელია და ის უაღრესად ფართო გამოყენებას პოულობს გამოყენებითი და თეორიული მათემატიკის მრავალ დარგში. ვეივლეტების მთელმა რიგმა თავისებურებებმა გამოიწვია მათი გამოყენება (და პოპულარობა) მეცნიერების და პრაქტიკის სხვადასხვა დარგებში: სეისმური და აკუსტიკური სიგნალების, გამოსახულებათა ანალიზში, ტურბულენტური ველების შესწავლა დროს, დიდი მოცულობის ინფორმაციის შენახვის დროს, ფუნქციონალური სივრცეების სტრუქტურული დახასიათების დროს, კერძოწარმოებულებიანი დიფერენციალური განტოლებათა რიცხვითი ანალიზის დროს.

წინამდებარე პროექტში შესწავლილი იქნება ვეივლეტ სისტემებით არაარქიმედულ ველზე განსაზღვრულ ლებეგისა და სობოლევის სივრცეების დახასიათება. ამჟამად  $p$ -ადიკური (არაარქიმედესეული) ანალიზი ინტენსიურად ვითარდება მსოფლიოს სხვადასხვა სამეცნიერო ცენტრებში. რიცხვთა  $p$ -ადიკური ველი მიიღება რაციონალური რიცხვების გასრულებით, რომელიც არსებითად განსხვავდება ნამდვილ რიცხვთა  $R$  ველისაგან. 80-იანი წლებიდან აღნიშნულმა თეორიამ მნიშვნელოვანი გამოყენება ჰპოვა კვანტურ მექანიკაში და ველის თეორიაში.  $p$ -ადიკური რიცხვები არსებითად გამოიყენება კოდირების თეორიაში. მათ უმნიშვნელოვანესი გამოყენება ჰპოვეს ბიოლოგიაში და სოციოლოგიაში. აღნიშნული თემატიკა ფართოდაა წარმოდგენილი შემდეგ მონოგრაფიებში:

*V. S. Vladimirov and I. V. Volovich, and E. I. Zelenov,  $p$ -adic Analysis and mathematical physics, Series on Soviet and East European Mathematics, Vol. I, World Scientific, Singapore, 1992.*

A. Khrenicov , *Non-Archimedean analysis: quantum paradoxes, dynamical systems and biological models.* Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands, 1997.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

- დადგენილია განზოგადებული სასრული ვარიაციის მქონე ფუნქციების ფურიეს მწკრივების წერილობრივი და თანაბარი კრებადობა.
- დადგენილია ჯერადი ფურიე-უოლშის მწკრივების ეხპონენციალურად ძლიერად შეჯამებადობის საკითხები
- დადგენილია ზოგიერთი მაქიმალური ოპერატორების შემოსაზღვრულობის საკითხები ჰარდის სივრცეებში.
- დადგენილია ვეივლეტ სისტემების უპირობო ბასისურობის საკითხები ზოგიერთ ფუნქციონალურ სივრცეებში. კალდერონ-ლოზანოვსკის საინტერპოლაციო მეთოდის საშუალებით დადგენილია ფუნქციონალურ სივრცეთა წყვილები, რომელთათვისაც სრულდება სუსტი მინკოვსკის უტოლობა
- დადგენილია მატრიც ფუნქციების სპექტრალური ფაქტორიზაციის ახალი ეფექტური ალგორითმი. წარმოდგენილია კომპიუტერული სიმულაციების შედეგები, რითაც ეს ალგორითმი შედარებულია ფაქტორიზაციის სხვა ალგორითმებთან. დადგენილია აუცილებელი და საკმარისი პირობა სპექტრალურ სიმკვრივეთა კრებად მიმდევრობაზე, რათა შესაბამისი სპექტრალური ფაქტორები იქნენ კრებადნი.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

**\*-ით აღნიშნულია ინფრაქტ-ფაქტორის მქონე ჯურნალები**

1. \*Ushangi Goginava and Karoly Nagy , Convergence in measure of logarithmic means of quadratical partial sums of double Walsh-Kaczmarz-Fourier series, *J. Funct. Spaces Appl.* (In press)
2. Ushangi Goginava and Larry Gogoladze , Strong Convergence of Cubic Partial Sums of Two-Dimensional Walsh-Fourier series, *Constructive Theory of Functions* (In press)
3. \*Ushangi Goginava and Ferenc Weisz, Maximal Operator of Fejer Means of Triangular Partial Sums of Two-Dimensional Walsh-Fourier Series, *Georgian Math. J.* (In press)
4. \*Ushangi Goginava and Larry Gogoladze, A note on strong summability of two-dimensional Walsh-Fourier series *Period. Math. Hungar* (In press)
5. \*Ushangi Goginava and Larry Gogoladze, Strong approximation of two-dimensional Walsh-Fourier series, *Studia Sci. Math. Hungar.*(In press)
6. Yuri Farkov, Ushangi Goginava and Tengiz Kopaliani, Unconditional Convergence of Wavelet Expansion on the Cantor Dyadic Group, *Jaen J. Approximations*, 3, 1(2011)
7. \*Ushangi Goginava and Karoly Nagy ,Boundedness of the maximal operators of double Walsh-logarithmic means of Marcinkiewicz type, *Math.Slovaca.*(In press)
8. \*Ushangi Goginava and Larry Gogoladze, Strong approximation by Marcinkiewicz means of two-dimensional Walsh-Fourier series, *Constr Approx* 35, (2012), 1-19.
9. Ushangi Goginava , Norm Convergence of Fejer means of Two-Dimensional Walsh-Fourier Series, Banach Publication Center (In press)
10. \*Ushangi Goginava and Ferenc Weisz, Pointwise convergence of Marcinkiewicz-Fejér means of two-dimensional Walsh-Fourier series, *Studia Sci. Math. Hungar.*(In press)
11. \*Ushangi Goginava and Larry Gogoladze, Pointwise summability of Vilenkin-Fourier series, *Publ. Math. Debrecen.* Vol 79, 1-2 (2011), 89-108.
12. \*Ushangi Goginava, Weak type inequality for the one-dimensional dyadic derivative, *Math. Inequal. Appl.* 14, 4(2011), 839-848
13. \*Ushangi Goginava, The martingale Hardy type inequality for the maximal operator of the one-dimensional dyadic derivative, *Acta Mathematica Scientia*, Issue 4, Vol.31, (2011) 1489-1493.
14. \*Ushangi Goginava, The martingale Hardy type inequality for the Marcinkiewicz-Fejer means of the two-dimensional conjugate Walsh-Fourier series, *Acta Math. Sin. (Engl. Ser.)* 27, 10(2011), 1949-1958
15. \*Ushangi Goginava and Karoly Nagy , On the maximal operator of Walsh-Kaczmarz-Fejer means, *Czechoslovak Mathematical Journal*, 62, 3(2011), 673-686.

16. Ushangi Goginava, Artur Sahakian, On the convergence of Cesàro means of negative order of double trigonometric Fourier series of functions of bounded partial generalized variation, *Acta. Sci. Math. (Szeged)* 77 (2011), 451-471.
17. \*U. Goginava, The weak type inequality for the two-dimensional diagonal Sunouchi operator on Hardy space. *Georgian Math. J.* 18 (2011), no. 1, 67-81.
18. \*Ushangi Goginava and Karoly Nagy, Marcinkiewicz-Fejér means of double conjugate Walsh-Kaczmarz-Fourier series and Hardy spaces, *Turkish Math. Journal*.
19. \*Sh. Zviadadze, On some properties of double conjugate trigonometric Fourier series, *Acta Math. Hungar.* to appear. (2011)
20. \*T. Kopaliani, Higher rank Haar wavelet system in  $L^p_\omega(R)$  spaces, *Georgian Math. J.* 18(2011), 517-532.
21. T. Kopaliani, On the weak Minkowski inequality in Banach function spaces, *Proceedings of A. Razmadze Mathematical Institute* Vol. 156 (2011), 57-63.
22. G. Janashia, E. Lagvilava and L.Ephremidze, A new method of matrix spectral factorization, *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 57, no. 4, (2011), 2318-2326. DOI: 10.1109/TIT.2011.2112233
23. \*L.Ephremidze, G. Janashia and E. Lagvilava, On approximate spectral factorization of matrix-functions, (with) *J. Fourier Anal. Appl.*, vol. 17, no. 5, pp. 976-990. DOI: 10.1007/s00041-010-9167-9
24. L.Ephremidze, A. Gamkrelidze, and E. Lagvilava, An approximation of Daubechies wavelet matrices by perfect reconstruction filter banks with rational coefficients, to appear in *Adv. Comput. Math.*(In press)
25. V. Tsagareishvili, L. Gogoladze, Convergence almost everywhere of Fourier series of the functions of bounded variation, *AMAPN*, 27(2011).
26. \*V. Tsagareishvili, Fourier-Haar coefficients of continuous functions, *Acta math. Hung.* 132(1-2)2011, 1-14.
27. \*V. Tsagareishvili, Functional classes and convergence almost everywhere, *Georg. Math. Journ.* DOI 10.1515/GMJ.2011,008 p.1-13.
28. V. Tsagareishvili, Functional conditions for the convergence of Fourier series with respect to general orthonormal systems, *Russian math.* 55:5, 2011, 56-62.
29. \*L. Gogoladze, On the strong maximal functions, *Georg. Math. J.* 2011.

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

1. უ. გოგინავა, ა. სააკიანი, განზოგადებული სასრული ვარიაციის მქონე ფუნქციათა კლასები და ჯერადი ფურიეს მწკრივების კრებადობა. მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის XXIV გაფართოებული სხდომები-2011
2. U. Goginava,  $(H_p, L_p)$ -type inequalities on Walsh group. Spring School on Analysis-2011, Functions Spaces, Approximation, Inequalities and Lineability, Paseky, Czech Rep., May 29-June 4, 2011;
3. Yuri Farkov, Ushangi Goginava and Tengiz Kopaliani, [Unconditional Convergence of Wavelet Expansion on the Cantor Dyadic Group, Second International Conference GMJ, Batumi, September 15-19, 2011;
4. U. Goginava, Almost everywhere summability of Walsh-Fourier series, International Conference Harmonic Analysis and Approximations, V 10 - 17 September, 2011, Tsaghkadzor, Armenia;
5. A. Sahakian and U. Goginava, Partial generalized variation and multivariate Fourier Series. International Conference Harmonic Analysis and Approximations, V 10 - 17 September, 2011, Tsaghkadzor, Armenia;
6. Continuous functions and their Fourier coefficients with respect to general orthogonal systems, Second International Conference GMJ, Batumi, September 15-19, 2011;
7. L. Gogoladze, On the problem of convergence of multiple functional series to infinity. Intern.conf.continuum mech.and related prob. of analysis. Book of abstracts, 118-119;
8. L. Gogoladze, On the approximation of functions of several variables by the Fourier series. Intern.conf.harmon.analysis and approximation. V.Yerevan 5.Continuous functions and their Fourier coefficients with respect to general orthonormal systems. II Intern.conf.of Georgian mathematicians Abstracts,p.39;
9. L. Gogoladze, On the Fourier coefficients of continuous functions with respect to general orthonormal systems. Reports. Enlarged seminar of I.Vekua Institute of Applied Mathematics.

# ინტერდისციპლინური – მათემატიკა, კომპიუტერული მეცნიერებები

**ქვემიმართულება - რიცხვითი ანალიზი და გამოთვლითი ტექნო-  
ლოგიები**, მის.: ი. ჭავჭავაძის გამზ. 3, თბილისი 0179, ტელ.: 577553372

1. **კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): არაკლასიკური საწყის-სასაზღვრო ამოცანები პარაბოლური განტოლებებისა და სისტემებისათვის და მათი განზოგადება აბსტრაქტულ ჰილბერტის სივრცეებში**

**სამეცნიერო მიმართულება:** მათემატიკა

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** გია ავალიშვილი

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

შესწავლილია არაკლასიკური საწყის-სასაზღვრო ამოცანები პარაბოლური განტოლებებისა და სისტემებისათვის და მათი განზოგადება აბსტრაქტულ ჰილბერტის სივრცეებში. გამოკვლეულია არაკლასიკური ამოცანები არალოკალური საწყისი პირობებით აბსტრაქტული პირველი რიგის ევოლუციური განტოლებებისათვის დროზე დამოკიდებული ოპერატორის შემთხვევაში საკმარისად ზოგადი ოპერატორული სახით მოცემული არალოკალური პირობით. მიღებული ამონახსნის არსებობის და ერთადერთობის შედეგები და აგებულია არალოკალური ამოცანის კლასიკური ამოცანებით აპროქსიმაციის იტერაციული ალგორითმი, რომელიც სათანადო პირობებში საშუალებას იძლევა დამტკიცებული იყოს ამონახსნის არსებობა. განხილულია მიღებული ზოგადი შედეგების გამოყენება პარაბოლური ტიპის კერძოწარმოებულნი დიფერენციალური განტოლებებისა და სისტემებისათვის დისკრეტულ-ინტეგრალური არალოკალური საწყისი პირობებით და მიღებულია პირობები კოეფიციენტებზე და მოცემულ ფუნქციებზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ ამონახსნის არსებობას და ერთადერთობას სათანადო სობოლევის სივრცეებში.

განხილულია ელიფსური და ჰიპერბოლური კერძოწარმოებულნი დიფერენციალური განტოლებებისათვის ინტეგრალური არალოკალური სასაზღვრო პირობებით არაკლასიკური ამოცანები. შესწავლილია სასაზღვრო ამოცანები ელიფსური განტოლებებისათვის მრავალგანზომილებიან ცილინდრულ არეში ერთი და ორი ინტეგრალური სასაზღვრო პირობებით. არაკლასიკური ამოცანები ელიფსური განტოლებებისათვის გამოკვლეულია ვარიაციული მიდგომის გამოყენებით სათანადო სობოლევის სივრცეებში და დამტკიცებულია ამონახსნის არსებობის და ერთადერთობის შედეგები. შესწავლილია არაკლასიკური ამოცანები მრავალგანზომილებიანი ჰიპერბოლური განტოლებებისათვის ინტეგრალური სასაზღვრო პირობებით და დამტკიცებულია კლასიკური ამონახსნის ერთადერთობა.

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. G. Avalishvili, M. Avalishvili, On nonclassical problems for first-order evolution equations, Georgian Math. J., vol. 18, 2011, 441-463;
2. G. Avalishvili, M. Avalishvili, D. Gordeziani, On nonlocal problem with integral boundary conditions for multidimensional elliptic equation, Appl. Math. Letters, vol. 24, 2011, № 4, 566-571;
3. G. Avalishvili, M. Avalishvili, D. Gordeziani, On integral nonlocal boundary value problems for some partial differential equations, Bull. Georgian Natl. Acad. Sci., vol. 5, 2011, № 1, 31-37;
4. G. Avalishvili, M. Avalishvili, On some nonlocal in time problems for one modification of Navier-Stokes equations, Abstr. of the Second Intern. Conference of Georgian Math. Union, 2011, 117;
5. G. Avalishvili, M. Avalishvili, On one nonclassical two-dimensional model of thermoelastic shells, Abstr. of International Conference "Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis", 2011, 153.

კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):

2. კვლევის/პროექტის თემა : არალოკალური ამოცანები პირველი რიგის ჰიპერბოლური განტოლებებისთვის

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: რამაზ ბოჭორიშვილი

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:

პროექტის მიზანია პირველი რიგის ჰიპერბოლური განტოლებებისთვის არალოკალური ამოცანების დასმა, არსებობისა და ერთადერთობის შესწავლა, ამოხსნის ალგორითმების შექმნა, ანალიზი და იმპლემენტაცია.

კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

სივრცით ერთ განზომილებიანი სკალარული განტოლების შემთხვევაში განხილულია კლასიკური არალოკალური ამოცანა. მუდმივ კოეფიციენტებიან შემთხვევაში ჩაწერილია ამონახსნის ფორმულა. დასმულია ორი ახალი ამოცანა არაწრფივი არალოკალური პირობებით. შესწავლილია არსებობა და ერთადერთობა.

3. კვლევის თემატიკა: სივრცით და დროით არალოკალური ზოგიერთი სასაზღვრო და საწყის-სასაზღვრო ამოცანის რიცხვითი ამოხსნის ალგორითმის აგვა და ანალიზი (შემსრულებელი – დავით გორდეზიანი).

კვლევაში ჩართული პერსონალი: დავით გორდეზიანი, შორენა ადუაშვილი(მაგისტრანტი) და ეთერ სიმსივე (მაგისტრანტი), ანა ქინქლაძე (მაგისტრანტი)

მიღებული შედეგი. გამოკვლულა სითბოგამტარებლობის გატოლებისათვის დასმული სივრცით არალოკალური საწყის-სასაზღვრო ამოცანის შესაბამისი ასმეტრიული სხვაობიანი სქემის მდგრადობა, კრებადობა; შეფასებულია კრებადობის სიჩქარე.



## გამოქვეყნებულია შრომები:

1. G. Avalishvili, M. Avalishvili, D. Gordezani, "On a nonlocal problems with integral boundary conditions for a multidimensional elliptic equation ", Applied Mathematics Letters, 24, 2011, pp.566-571;
2. D. Gordeziani, H. Meladze, "On Some Parallel Algorithms for Approximate Solution of Problems of Mathematical Physics", Information and Communication Technologies - Theory and Practice: Proceeding of the International Scientific Conference ICTMC-2010 devoted to the 80th Anniversary of I.V. Pranhgishvili, Novapublishers, 2011, (link: [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=25352&osCsid=13469042639e9422a24143497d0bdb66](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=25352&osCsid=13469042639e9422a24143497d0bdb66));
3. T. Davitashvili, D. Gordeziani, I. Samkharadze, "Numerical Modeling of Oil Infiltration into The Soil for Risk Assessment", Information and Communication Technologies - Theory and Practice: Proceeding of the International Scientific Conference ICTMC-2010 devoted to the 80th Anniversary of I.V. Pranhgishvili, Novapublishers, 2011 (link: [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=25352&osCsid=13469042639e9422a24143497d0bdb66](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=25352&osCsid=13469042639e9422a24143497d0bdb66));
4. David Gordeziani, Teimuraz Davitashvili, Tinatin Davitashvili, "On one Mathematical Model Describing Oil Propagation in The Seas", Information and Communication Technologies - Theory and Practice: Proceeding of the International Scientific Conference ICTMC-2010 devoted to the 80th Anniversary of I.V. Pranhgishvili, Novapublishers, 2011 (link: [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=25352&osCsid=13469042639e9422a24143497d0bdb66](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=25352&osCsid=13469042639e9422a24143497d0bdb66));
5. D. Gordeziani, E. Gordeziani, "In Time Non-local Problems for Pluri-Parabolic Equations", Proceeding of the Seminars devoted to the 120th Anniversary of N.I. Muskhelishvili, Novapublishers, 2011 (გადაცემულია გამოსაქვეყნებლად).

შრომები წარმოდგენილია საერთაშორისო კონფერენციებზე მათ შორის, ი. ვეკუას გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარზე გაკეთდა ორი მოხსენება.

## 4. კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

ნავთობისა და გაზის მილსადენებზე ექსტრემალური ავარიებისა და გარემოს შესაძლო გაჭუჭყიანების რისკ-ფაქტორების შეფასება მათემატიკური მოდელებით

## სამეცნიერო მიმართულება:

რიცხვითი ანალიზი, გამოთვლითი მათემატიკა

## ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:

დავით გორდეზიანი, თეიმურაზ დავითაშვილი, თინათინ დავითაშვილი, არჩილ პაპუკაშვილი

## კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:

## კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

განიხილება პარაბოლური ტიპის, სივრცის მიხედვით არალოკალური საწყის-სასაზღვრო ამოცანები. კერძოდ, ნივთიერებათა გადატანისა და ტურბულენტური დიფუზიის ორგანზომილებიანი წრფივი განტოლება კლასიკური საწყისი და არაკლასიკური (არალოკალური) სასაზღვრო პირობებით საზღვრის ნაწილზე ან მთელ საზღვარზე. დასმული ამოცანები გამოკვლეულია. აგებულია იტერაციული პროცედურა, რომელსაც არაკლასიკური ამოცანა დაყავს კომპი-დირიხლეს კლასიკური ამოცანების მიმდევრობაზე. მტკიცდება იტერაციული პროცესის კრებადობა, ზოგიერთ შემთხვევაში შეფასებულია კრებადობის სიჩქარეც. საწყისი ამოცანის ოპერატორის დეკომპოზიციის საფუძველზე

აგებულია და შესწავლილია პარალელური თვლის უპირობოდ მონოტონური, ადიტიურად გასაშუალოებული სქემები. გამოკვლეულია მათი მდგრადობისა და კრებადობის საკითხები.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

1. H.Meladze, T.Davitashvili, Parallel Algorithms for Solution of One Mathematical Model of Electropower Systems, Proceedings of 8th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2011), September 26 - 30, 2011, Yerevan, Armenia, pp.259-263.
2. D. Gordeziani, Tinatin Davitashvili - On one mathematical model of the Black Sea pollution by oil, Report of Enlarged Session of the Seminar of I.Vekua Institute of Applied Mathematics, April, 2011
3. David Gordeziani, Teimuraz Davitashvili, Tinatin Davitashvili . On one Mathematical Model Describing Oil Propagation in The Seas // Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80th Anniversary of I.V. Prangishvili - Nova Publishers, 2011  
([https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=26035](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=26035),  
[https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=25352](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=25352) )
4. Teimuraz Davitashvili, G.Gubelidze, A.Papukashvili, I.Samkharadze, Tinatin Davitashvili, Mathematical Modelling Of Hydrates Origin in the Gas Pipelines, Abstracts of II International Conference of Georgiam Mathematical Union, September 15–19, 2011, Batumi, Georgia, p.136.  
[http://www.rmi.ge/~gmu/II\\_Annual\\_Conference/Mathematical%20Union2011-22.pdf](http://www.rmi.ge/~gmu/II_Annual_Conference/Mathematical%20Union2011-22.pdf)
5. H.Meladze, T.Davitashvili, Z.Tsveraidze, Finite Difference Schemes for Systems of ODE on Graphs, Abstracts of II International Conference of Georgiam Mathematical Union, September 15–19, 2011, Batumi, Georgia, p.151. [http://www.rmi.ge/~gmu/II\\_Annual\\_Conference/Mathematical%20Union2011-22.pdf](http://www.rmi.ge/~gmu/II_Annual_Conference/Mathematical%20Union2011-22.pdf)
6. D.Gordeziani, T.Davitashvili, H.Meladze. On Some Methods of Decomposition for Approximate Solution of Problems of Mathematical Physics. Book of Abstracts of International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, to Celebrate the 70th Anniversary of the Georgian National Academy of Sciences & the 120th Birthday of its First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili, Tbilisi, September 9–14, 2011, pp. 159. [http://www.rmi.ge/~gmu/PDF\\_files/Conference2011\(Internet\).pdf](http://www.rmi.ge/~gmu/PDF_files/Conference2011(Internet).pdf)
7. T. Davitashvili, G. Gubelidze, D. Gordeziani, A. Papukashvili, T. Davitashvili, M. Sharikadze. On Modelling of Liquid-Phase Formation in Gas Pipelines for Nonstationary Flow. Book of Abstracts of International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, to Celebrate the 70th Anniversary of the Georgian National Academy of Sciences & the 120th Birthday of its First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili, Tbilisi, September 9–14, 2011, pp.156.  
[http://www.rmi.ge/~gmu/PDF\\_files/Conference2011\(Internet\).pdf](http://www.rmi.ge/~gmu/PDF_files/Conference2011(Internet).pdf)
8. Давиташвили Т.Д., Меладзе Г.В., Церцвадзе Г.Н., О вероятностной модели декартова произведения канонически сопряженных нечетких подмножеств // Proceedings of International Conference SAIT 2011 “System Analysis and Information Technologies”, Kyiv, Ukraine, May 23–28, 2011 - p.232  
(<http://sait.kpi.ua/books/sait2011.ebook.pdf>)

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

1. T.P.Davitashvili, D.Gordeziani, G.Gubelidze, T.D.Davitashvili, A. Papukashvili, Mathematical Modelling of Liquid Phase Detection in the Main Gas Pipelines // International Conference on Mathematical Modelling of Environment Pollution Problems and Assessment of Risk Factors, I.Vekua Institute of Applied Mathematics of the Tbilisi State University, 14 December, 2011;
2. T.D.Davitashvili, D.Gordeziani, T.P.Davitashvili, On One Numerical Algorithm for Solution of Non-local in Space Initial-value Problems for Two-dimensional Parabolic Equation Describing Oil Propagation in the Seas // International Conference on Mathematical Modelling of Environment Pollution Problems and Assessment of Risk Factors, I.Vekua Institute of Applied Mathematics of the Tbilisi State University, 14 December, 2011.

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

5. კვლევის თემატიკა : ერთი და მრავალგანზომილებიანი საწყის-სასაზღვრო ამოცანების მათემატიკური მოდელირება და რიცხვითი სქემების აგების საკითხების შესწავლა ამოცანათა ქვეკლასებზე მიახლოებითი ამონახსნის მისაღებად საჭირო არითმეტიკული ოპერაციების ოპტიმალური რიგით.

კვლევაში ჩართული პერსონალი: თამაზ ვაშაყმაძე

მიღებული შედეგები:

კომის ამოცანისათვის ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლების შემთხვევაში აგებულ იქნა გაუს-ჰერმიტის ტიპის (გლუვი ფუნქციებისათვის ნებისმიერი სიზუსტის, არაგლუვისათვის- ოპტიმალური არტურ სარდის ტიპის მუდმივებით) კრებადი, მდგრადი სქემა, რომელიც აზუსტებს ადამისის, რუნგე-კუტას, ბულიშის, შტეტერის, ბახვალაოვის შედეგებს. მდგრადობის პრობლემის კვლევისას არსებითია კვანძების არჩევის საკითხი.

სამართლიანია

**ლემა1:** თუ კვანძების შესაბამისი მატრიცა ნორმალური ტიპისაა (ფეიერის აზრით), მაშინ გაუს-ჰერმიტის ტიპის პროცესი მდგრადია.

ევოლუციური კვაზიწრფივი განტოლებისათვის იგება გაუს-ჰერმიტისა და მრავალწერტილოვანი მეთოდის გამოყენებით კრებადი, მდგრადი ეკონომიური რიცხვითი სქემები, რომლებიც მიახლოებითი ამონახსნის მისაღებად საჭიროებენ არითმეტიკულ ოპერაციათა მინიმალურ რიგს ამოცანათა კლასებზე, თუ განტოლების კვაზიწრფივი ნაწილი აკმაყოფილებს პიკარ-შაუდერის ან მონოტონურობის სახის პირობებს. პირველი შემთხვევისათვის, როდესაც ევოლუციური განტოლება პირველი რიგის ორი სკალარული განტოლებისაგან შედგება, სამართლიანია

**ლემა2:** შესაძლებელია აიგოს ჩეზარო-სტილტიესის ტიპის მავალწერტილოვანი სქემა, რომელიც საჭიროებს ზემოთაღნიშნული აზრით არითმეტიკულ ოპერაციათა  $O(n \ln n)$  რიგის ჰორნერს, სადაც  $n_h = 1, h$  ბადის ბიჯია.

აღნიშნული პრობლემატიკის შესწავლისას, რიგი საკითხებისა, მათ შორის რიცხვითი რეალიზაციისა, გადაჭრილ იქნა დ. არაბიძესა, გ. მანელიძესა და რ. ჩიკაშუასთან ერთად.

სამეცნიერო შრომები

გამოქვეყნდა:

1. The Theory of Anisotropic Elastic Plates, (2010, December-9), Springer-Kluwer Acad. Publ. Second Edition,
2. The nonlinear dynamical processes for some thin-walled deformable structures, The Problems of Dynamics of Interaction of Deformable Media, Proceed. VII International Conference, Sept. 19-23, Goris-Stepanakert, 2011, Yerevan, Ins. Mechanics NSA Am., 455-460,
3. On Construction and Justification of Systems of von Karman-Reissner Type for Binary Mixture, Porous Elastic Plates and Piezo-Electric and Electrically Conductive Continuum Media, Mechanics of the Continuum of Environments Issues, dedicated to 120-th Anniversary of Acad. Nikoloz Muskhelishvili, USA, p. 17-35

მიღებულია გამოსაქვეყნებლად:

1. Some numerical optimal scheme for initial and boundary value problems of ordinary differential equations, 20 p

გამოსაქვეყნებლად მომზადების სტადიაშია:

1. შეშვოთების თეორიის ალტერნატიული მეთოდით ალგებრულ განტოლებათა სისტემისა და მეორე რიგის წრფივი ინტეგრალ-დიფერენციალური განტოლებისათვის სასაზღვრო ამოცანების გამოკვლევისა და რიცხვითი რეალიზაციის საკითხები (დოქტორანტ გ. მანელიძესთან ერთად)

2. ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებისათვის სასაზღვრო ამოცანებისა და ულტრასფერულ ორთოგონალურ სისტემათა რეალიზაციის ტექნოლოგიის შესახებ(დოქტორანტ რ.ჩიკაშუასთან ერთად)
3. ზოგიერთი კვაზიწრფივი სასაზღვრო ამოცანისათვის ჩვეულებრივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის შემთხვევაში, ოპტიმალური სქემების აგებისა და რიცხვითი რეალიზაციის შესახებ (დოქტორანტ დ.არაბიძესთანერთად)

#### საერთაშორისო და ქვეყნის შიგნით მმომდინარე სამეცნიერო შეკრებებში მონაწილეობა:

თ. ვაშაყმაძე– მათემატიკური მოდელირებისა და რიცხვითი მეთოდების“ სექციის თანათავმჯდომარე ი.ვეკუას სახ.გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის გაფართოებული სხდომების XXV სესიაზე.

მოხსენებები:

თ. ვაშაყმაძე – “რიცხვითი მეთოდების თანამედროვე პრობლემები ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებებისათვის“. ი.ვეკუას სახ.გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის გაფართოებული სხდომები

1. To uniform systems of continuum mechanics and some mathematical problems for thin-walled structures, მეცნიერებათა აკადემიის დაარსების 70 წლისთავთან დაკავშირებული საერთაშორისო კონფერენცია;
2. New technologies for approximate solution of ordinary differential equations(with R.Chikashua) აკად.ნ.მუსხელიშვილის დაბადებიდან 120 წლისთავთან დაკავშირებული საერთაშორისო კონფერენცია;

თ. ვაშაყმაძე (ერნსტ სტეფანთან ერთად – გერმანია) ერთად რიცხვითი ანალიზისა და მათემატიკური მოდელირების სექციის თავმჯდომარე

თ. ვაშაყმაძე – პლენარული მოხსენება ქ.გორისში მე-7 საერთაშორისო კონფერენციაზე,

თ. ვაშაყმაძე – საიუბილეო სხდომა, მიძღვნილი პროფესორ ალექსანდრე ხვოლესის დაბადების 90 წლისთავისადმი. „ა. ხვოლესის ცხოვრებისა და სამეცნიერო-პედაგოგიური მოღვაწეობის შესახებ“.

თ. ვაშაყმაძე – საქართველოს მეანიკოსთა კავშირის მეორე ყოველწლიური კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი: პლენარული მოხსენება: „ არაწრფივი მექანიკის ზოგიერთი ამოცანის ამოხსნის პირდაპირი და იტერაციული მეთოდები“

თ. ვაშაყმაძე – მოხსენება ფაკულტეტზე მათემატიკური მიმართულებით მოქმედ სემინარზე:

„ზოგიერთი შენიშვნა რიცხვითი ანალიზის სწავლების შესახებ „

რეზიუმე

„რიცხვითი ანალიზის, I“, 2009 (თსუ –ის გამომცემლობა) მეოთხე ნაკვეთი ეძღვნება ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლების ამოხსნის რიცხვით მეთოდებს. აქ აგებულია და შესწავლილია მაღალი რიგის სიზუსტის სქემები კოშისა და სასაზღვრო ამოცანებისათვის.

მოხსენებაში განიხილება მეთოდოლოგია, რომელიც ეყრდნობა შემდეგი სახის დებულებებს:

**დებულება 1.** არითმეტიკულ ოპერაციათა რიცხვი, რომელიც საჭიროა ნორმალური სახის მეორე რიგის არაწრფივი დიფერენციალური განტოლების მიახლოებითი ამონახსნისა და მისი წარმოებულისთვის შტურმ-ლიუვილის ტიპის სასაზღვრო პირობების შემთხვევაში არის  $O(n \ln n)$  ჰორნერის ერთეული. კრებადობის რიგი არის  $(p-1)$  ბადის ბიჯის  $h = 1/n$  მიმართ, თუ საძიებელ ფუნქციას აქვს  $(p+1)$  უწყვეტი წარმოებული. როდესაც სივლევის რიგი ნაკლებია  $p - ზე, მაშინ შესაბამის სქემებს აქვთ საუკეთესო მუდმივები არტურ სარდის აზრით.$

**დებულება 2.** შექმნილია ახალი სქემები და შესაბამისი სტანდარტული პროგრამები, რომელთა საშუალებით ხორციელდება კლასიკური ორთოგონალური (ულტრასფერული, მათ შორის ლეჟანდრის, ლაგერის, ჰერმიტის, ჩეიბიშევის) პოლინომების თვლა, როდესაც მათი რიგი 50000 აღემატება, ხოლო სიზუსტე მიმდინარე შემდეგ 200 ათობითი ციფრით განისაზღვრება.

ამგვარ დებულებათა ჭრილში, აგრეთვე კომის ამოცანის სხვაობიანი მეთოდებით ამოხსნისა და ფუნქციათა მიახლოების საკითხების მიმართულებით, ჩატარებულია შედარებითი ანალიზი რიგ თანამედროვე და ადრე გამოცემულ აღიარებულ სახელმძღვანელოებსა და მონოგრაფიებში წარმოდგენილ შესაბამის მეთოდოლოგიასთან.

საერთაშორისო კონფერენციაზე “AMAT2012”(ანკარა, თურქეთი) დაგეგმილია ორი მოხსენების წაკითხვა. გაგზავნილია თეზისები

1. Tamaz S.Vashakmadze, Yusuf Fuat Gülever, Approximate Solution of some BVP for Kármán- Mindlin-Reissner type Refined 2Dim Models,
2. Tamaz Vashakmadze, To Approximate Solution of Ordinary Differential Equations

**თანამშრომლობა ქვეყნის გარეთ ფუნქციონირებად დაწესებულებებთან:**

1. უკრაინის მეცნიერებათა აკადემიის მათემატიკის ინტიტიტუტის
2. (აკად. ვ. მაკაროვი),
3. ტ. შევჩენკოს სახ. სახელმწიფო უნივერსიტეტის (პროფესორები ვ. მელეშკო,
4. ო. ლიმარჩენკო),
5. კრიტოსის უნივერსიტეტის (პროფ. ა. მურადოვა),
6. ფლორიდის ატლანტიკის უნივერსიტეტის (პროფ. ი. ელიშაკოვი)
7. რომის ლა საპინცისა და მილანის ტექნიკური უნივერსიტეტების (პროფესორების ფ. ლანცარასა და პ. ქვარტერონის დეპარტამენტების) თანამშრომლებთან

6. **კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): ზოგიერთი არასტაციონარული დიფერენციალური განტოლებებისათვის საწყის-სასაზღვრო ამოცანებისათვის მიახლოებითი ამოხსნის ალგორითმების აგება და გამოკვლევა**

**სამეცნიერო მიმართულება:** რიცხვითი მეთოდები არასტაციონარული დიფერენციალური განტოლებებისათვის

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** **ჯ. როგავა, მ. წიკლაური, ნ. დიხამინჯია**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

გამოყენებითი პროცესების აღმწერი ამოცანების მიახლოებითი ამოხსნის ალგორითმების აგება, გამოკვლევა და კომპიუტერულ რეალიზაცია წარმადგენს თანამედროვე მათემატიკური ფიზიკისა და რიცხვითი ანალიზის აქტუალურ სფეროს.

ტალღური და დიფუზიური პროცესების მათემატიკურ მოდელს მივყავართ არასტაციონარულ კერძო წარმოებულ დიფერენციალურ განტოლებებზე შესაბამისი საწყის-სასაზღვრო პირობებით. ამ ამოცანათა უდიდესი ნაწილი არაწრფივია და მრავალგანზომილებიანი. ეს მომენტები ერთიორად ართულებს ასეთი მოდელების შესწავლას. ჩვენი მიზანია მსგავს ამოცანათა ზოგიერთი კლასისთვის მიახლოებითი ამოხსნის ალგორითმების აგება, გამოკვლევა და კომპიუტერული რეალიზაცია.

მათემატიკური ფიზიკის მრავალგანზომილებიანი ამოცანებისათვის ეკონომიური ალგორითმების აგების ზოგად მეთოდს წარმოადგენს დეკომპოზიციის მეთოდი. იგი საშუალებას იძლევა მრავალგანზომილებიანი ამოცანების რედუცირება მოვახდინოთ ერთგანზომილებიანი ამოცანების სერიაზე, რომელთა რიცხვითი რეალიზაცია ცხადია გაცილებით უფრო ნაკლებ მანქანურ რესურსებს საჭიროებს. ამ მიმართულებით მუშაობა დაიწყო XX საუკუნის ორმოცდაათიანი წლებიდან

და დღესაც ინტენსიურად მიმდინარეობს. შევნიშნოთ, რომ XX საუკუნის ოთხმოცდაათიან წლებამდე გამოქვეყნებულ შრომებში განხილული დეკომპოზიციის სქემები პირველი ან მეორე რიგის სიზუსტისაა. ბუნებრივად იბადება კითხვა: არსებობს თუ არა ორზე უფრო მაღალი რიგის სიზუსტის დეკომპოზიციის სქემები. დასმული პრობლემის მნიშვნელობა არსებითია, რადგან დროითი ცვლადის მიხედვით ოსცილირებადი გლუვი ამონახსნების მქონე მათემატიკური ფიზიკის მრავალგანზომილებიანი არასტაციონარული ამოცანების რიცხვითი გათვლისათვის დაბალი რიგის სიზუსტის დეკომპოზიციის სქემების გამოყენების შემთხვევაში აუცილებელია დროითი ბიჯის მკვეთრად შემცირება. ეს მომენტი ერთის მხრივ საგრძობლად ზრდის მანქანურ დროს, მეორის მხრივ კი უარყოფითად აისახება დამრგვალების ცდომილების მიმართ მდგრადობაზე.

დღეისთვის სხვადასხვა ავტორთა მიერ აგებულია ორზე მაღალი რიგის სიზუსტის დეკომპოზიციის ფორმულები (შესაბამისად დეკომპოზიციის სქემები), მაგრამ ეს ფორმულები არ არიან ავტომატურად მდგრადი. დეკომპოზიციის ფორმულის ეს თვისება მნიშვნელოვანია, რადგან აქედან პირდაპირ გამომდინარეობს შესაბამისი დეკომპოზიციის სქემის მდგრადობა. ზემოთ ნათქვამიდან გამომდინარე ცხადად იდგა ევოლუციური ამოცანის მიახლოებითი ამოხსნისათვის მაღალი რიგის სიზუსტის უპირობოდ მდგრადი დეკომპოზიციის სქემების აგების პრობლემა. ჩვენი მიერ 1999-2006 წლებში გამოქვეყნებულ შრომებში აგებულია მესამე და მეოთხე რიგის სიზუსტის ავტომატურად მდგრადი დეკომპოზიციის ფორმულები როგორც ორი ისე მრავალგანზომილებიანი წრფივი ევოლუციური ამოცანებისათვის.

მაღალი რიგის სიზუსტის უპირობოდ მდგრადი დეკომპოზიციის სქემები არაწრფივი ევოლუციური ამოცანისათვის არ არის აგებული. ცხადია, ეს საკითხი მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს და იგი დაკავშირებულია მაღალი რიგის სიზუსტის დეკომპოზიციის ფორმულების საშუალებით არაწრფივი ნახევარჯგუფის აპროქსიმაციის საკითხთან. ჩვენი მიზანია წრფივი ევოლუციური ამოცანისათვის მიღებული შედეგების განზოგადება ისეთი არაწრფივი ევოლუციური ამოცანებისათვის, რომლის მთავარი ნაწილი წრფივია.

ფიზიკისა და მათემატიკის მნიშვნელოვან მოდელს წარმოადგენენ გეოფიზიკური დინებების აღმწერი ჩარნი-ობუხოვისა და მისი ანალოგიური, მაგნიტურ ველში მოთავსებული ლაბორატორიული პლაზმური შემფოთებების გავრცელების ამსახველი, ჰასეგავა-მიმას არაწრფივი განტოლებები. ამ განტოლებების რიცხვითი ამოხსნა მნიშვნელოვანია, რადგან ისინი აღწერენ დედამიწის ატმოსფეროსა და იონოსფეროში და ასევე პლაზმაში მიმდინარე ფიზიკურ პროცესებს. ექსპერიმენტულად დამტკიცებულია, რომ არსებობს გარკვეული კავშირი ამ პროცესებსა და მოსალოდნელ ბუნებრივ არაორდინარულ მოვლენებს (მიწისძვრა, ტაიფუნი, ცუნამი და სხვა) შორის. აქედან გამომდინარე დედამიწის ატმოსფეროსა და იონოსფეროში მიმდინარე პროცესების რიცხვითი მოდელირება პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით უმნიშვნელოვანესია. ამ საკითხების შესწავლა ინტენსიურად დაიწყო გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან და დღესაც აქტიურად მიმდინარეობს.

#### კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

1. როგორც ცნობილია, აბსტრაქტული პარაბოლური განტოლებისათვის კომისის ამოცანის ამოხსნა მოიცემა ექსპონენციალური ოპერატორული ფუნქციის (ნახევარჯგუფის) საშუალებით, ხოლო აბსტრაქტული ჰიპერბოლური განტოლებისათვის კომისის ამოცანის ამოხსნა მოიცემა სინუს და კოსინუს ოპერატორული ფუნქციების საშუალებით. ამ ოპერატორული ფუნქციების რაციონალური აპროქსიმაციის საფუძველზე კვაზიწრფივი აბსტრაქტული პარაბოლური და ჰიპერბოლური განტოლებისათვის, სადაც ძირითადი ოპერატორი არის თვითშეუღლებული, დადებითად განსაზღვრული და წარმოდგება, როგორც სასრული ჯამი ასეთივე ოპერატორების, აგებულია და გამოკვლეულია მაღალი რიგის სიზუსტის დეკომპოზიციის სქემები.
2. განხილულია ჩარნი-ობუხოვისა და მისი ანალოგიური, მაგნიტურ ველში მოთავსებული ლაბორატორიული პლაზმური შემფოთებების გავრცელების ამსახველი, ჰასეგავა-მიმას არაწრფივი განტოლები დისიპაციის გათვალისწინებით. ამ განტოლებებისთვის აგებულია

და გამოკვლეულია პირველი და მეორე რიგის სიზუსტის არაცხადი სხვაობიანი სქემები და მათი გამოყენებით ჩატარებული რიცხვითი ექსპერიმენტების საფუძველზე შესწავლილია გრიგალური სტრუქტურების ყოფაქცევა. გამოკვლეულია აგრეთვე განხილული განტოლებისთვის საწყის-სასაზღვრო ამოცანის ამონახსნის ერთადერთობის საკითხი.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

სტატიები

1. J. Rogava, M. Tsiklauri. On Local Convergence of Symmetric Semi-discrete Scheme for Abstract Analog of Kirchhoff Equation, Journal of Computational and Applied Mathematics, Elsevier, doi:10.1016/j.cam.2011.07.003, accepted for publication.  
[http://authors.elsevier.com/TrackPaper.html?trk\\_article=CAM8433&trk\\_surname=Tsiklauri](http://authors.elsevier.com/TrackPaper.html?trk_article=CAM8433&trk_surname=Tsiklauri)
2. J. Rogava, M. Tsiklauri. Construction and Numerical Realization of Decomposition Scheme for Multidimensional Quasi-Linear Evolution Equation, AIP Conf. Proc. NUMERICAL ANALYSIS AND APPLIED MATHEMATICS ICNAAM 2011; Volume 1389, pp. 1802-1805, doi:10.1063/1.3636958 .
3. N. Dikhaminjia , J. Rogava, M. Tsiklauri. Construction of High Order Accuracy Decomposition Scheme for an Abstract Hyperbolic Equation with the Lipschitz Continuous Operator on the Basis of Rational Splitting of the Cosine-Operator Function, AIP Conf. Proc. NUMERICAL ANALYSIS AND APPLIED MATHEMATICS ICNAAM 2011, Volume 1389, pp. 1679-1682, doi:10.1063/1.3636932.
4. Г. Д. Абурджания, Д. Л. Рогава, О. А. Харшиладзе. НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА ДРЕЙФОВЫХ СТРУКТУР В ЗАМАГНИЧЕННОЙ ДИССИПАТИВНОЙ ПЛАЗМЕ, Физика плазмы, т. 37, no.6, 2011.  
G. Aburjania, J. Rogava, O. Kharshiladze. Nonlinear dynamics of drift structures in a magnetized dissipative plasma, Plasma Physics Reports, v.37, no.6, 2011 June, p.477(21).

საკონფერენციო მასალები

5. N. Dikhaminjia , J. Rogava, M. Tsiklauri. Construction and Numerical Realization of Decomposition Scheme for Multidimensional Quasi-Linear Evolution Equation, 9th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics, Halkidiki, Greece, 19-25 September 2011.
6. J. Rogava, M. Tsiklauri. Construction of High Order Accuracy Decomposition Scheme for an Abstract Hyperbolic Equation with the Lipschitz Continuous Operator on the Basis of Rational Splitting of the Cosine-Operator Function, 9th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics, Halkidiki, Greece, 19-25 September 2011.
7. J. Rogava, M. Tsiklauri. On Approximate Solution of Generalized Kirchhoff Equation, 10<sup>th</sup> IMACS International Symposium on Iterative Methods in Scientific Computing, May 18-21, 2011, Marakech, Morocco.
8. N. Dikhaminjia , J. Rogava, M. Tsiklauri. Construction, Investigation and Numerical Resolution of High Order Accurate Semi-Discrete Decomposition Scheme for Multidimensional Quasi-Linear Evolution

Problem, 10th IMACS International Symposium on Iterative Methods in Scientific Computing, May 18-21, 2011, Marakech, Morocco.

9. T. Davitashvili, N. Dikhaminjia, J. Rogava, M. Tsiklauri. Numerical Investigation of Spilled Oil Spreading Into Soil for Underground Water Pollution Risk Assessment, II International Conference, September 15–19, 2011, Batumi, Georgia.

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

7. **კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** მიახლოებითი ალგორითმები მექანიკის ზოგიერთი სასაზღვრო და საწყის-სასაზღვრო ამოცანებისათვის

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ჯ.ფერაძე, ვ.ოდიშარია, გ.პაპუკაშვილი, ზ.წიკლაური

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

2011 წელს დაგეგმილი იყო ერთი კლასის არაწრფივი ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლებებისათვის რიცხვითი მეთოდების შემუშავება და თეორიული დასაბუთება. ამ კლასის განტოლებებს აქვთ მექანიკური შინაარსი. კირპოფის და ტიმოშენკოს ცნობილ თეორიებში მათი საშუალებით აღიწერება სიმების, ძელებისა და ფირფიტების სტატიკური და დინამიური მდგომარეობა. შესაბამისი სასაზღვრო და საწყის-სასაზღვრო ამოცანების ამოსახსნელად გამოიყენება ალგორითმები, რომელთა შემადგენელ ნაწილებს წარმოადგენს სხვაობიანი, ვარიაციული და იტერაციული მეთოდები. დადგენილია ალგორითმების კრებადობის პირობები და შეფასებულია ცდომილება. პირობებში და შეფასებებში მონაწილე ყველა მუდმივი ცხადად გამოსახა ამოცანის საწყისი მონაცემების საშუალებით, რაც განსაკუთრებით არსებითია გამოთვლების დროს. კვლევის შედეგები ახალია და, ჩვენი ვარაუდით, ხელს შეუწყობს შესაბამისი მოდელების პოპულარიზაციას, გამოყენებას იპოვის მსგავსი არაწრფივობის მქონე განტოლებების შესწავლისას.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

1. განხილულია საწყის-სასაზღვრო ამოცანა ტიმოშენკოს ტიპის არაწრფივი ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლებისათვის, რომელიც აღწერს ძელის დინამიურ მდგომარეობას. სივრცული ცვლადის მიმართ ამონახსნის მიახლოებისათვის გამოყენებულია გალიორკინის მეთოდი. შეფასებულია მეთოდის ცდომილება.
2. განხილულია სასაზღვრო ამოცანა ჩვეულებრივ დიფერენციალურ განტოლებათა ტიმოშენკოს არაწრფივი სისტემისათვის, რომელიც აღწერს სტატიკური ფირფიტის ღერძულ-სიმეტრიულ მდგომარეობას. ორი სამიხრეული ფუნქცია გამოსახება მესამე უცნობი ფუნქციის საშუალებით, რომლის მიმართ იწერება არაწრფივი ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლება დირიხლეს სასაზღვრო პირობით. ვარიაციული მეთოდის გამოყენების შედეგად მიიღება არაწრფივ ალგებრულ განტოლებათა სისტემა, რომელიც იხსნება იტერაციული მეთოდის საშუალებით. დადგენილია იტერაციის კრებადობის პირობები და შეფასებულია კრებადობის სიჩქარე.
3. განხილულია არაწრფივი საწყის-სასაზღვრო ამოცანა ძელის რხევის შესახებ. შესაბამისი განტოლება მიღებულია ჯ.ბოლის მიერ ტიმოშენკოს თეორიაზე დაყრდნობით. სივრცული და დროის ცვლადების მიმართ ამონახსნის მიახლოების მიზნით გამოყენებულია ვარიაციული და სხვაობიანი მეთოდები. ამის შედეგად მიღებული დისკრეტული სისტემა იხსნება იტერაციული პროცესის საშუალებით. შეფასებულია პროცესის ცდომილება.
4. ამოწერილია არაცხადი სხვაობიანი სქემა სიმის რხევის კირპოფის არაწრფივი განტოლებისათვის. ბაზისის შეცვლის შედეგად მიღებულია შესაბამისი სხვაობიანი სისტემის ისეთი სახე, რომელიც ამარტივებს მის ამოხსნას და სქემის თვისებების კვლევას.



5. კირკოფის არაწრფივი დიფერენციალური განტოლება სტატიკური ძელისათვის იხსნება იტერაციული პროცესის საშუალებით. გრინის ფუნქციის გამოყენების შედეგად იტერაციის მომდევნო მიახლოება წარმოიდგინება განსაზღვრული ინტეგრალებით წინა მიახლოებიდან. შეფასებულია მეთოდის ცდომილება.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

სტატიები

1. *J.Peradze, On the Accuracy of the Galerkin Method for a Nonlinear Dynamic Beam Equation, Math. Meth. Appl. Sci., 34, 1725-1732, 2011.*
2. *J.Peradze, On an Iteration Method of Finding a Solution of a Nonlinear Equilibrium Problem for the Timoshenko Plate, ZAMM – Z. Angew. Math. Mech., 91, No.12, 993-1001, 2011.*
3. *J.Peradze, On the Convergence of an Iteration Method in Timoshenko's Theory of Plates, Proc. of Euromech Colloquium 527 Shell-like Structures Nonclassical Theories and Applications, 37-44., Lutherstadt Wittenberg, Germany, 2011.*
4. *G.Papukashvili, J.Peradze, Z.Tsiklauri, On a Stage of a Numerical Algorithm for Timoshenko Type Nonlinear Equation, Proc. A. Razmadze Math. Inst. Tbilisi, 7 p., 2011 (submitted).*
5. *J.Peradze, A Representation of a Difference Scheme for Kirchhoff Nonlinear Equation, Rep. Enlarged Sess. Semin. I. Vekua Inst. Appl. Math., Tbilisi, 4 p., 2011 (submitted).*
6. *J.Peradze, An Iteration Method for the Kirchhoff Static Beam, AMIM, I. Vekua Inst. Appl. Math., Tbilisi, 7 p., 2011 (submitted).*

საკონფერენციო მასალები

1. *J.Peradze, On the Convergence of the Iteration Method When Solving a Timoshenko System of Equations for a Plate, Euromech Colloquium 527 Shell-like Structures, Nonclassical Theories and Applications, Lutherstadt Wittenberg, Germany, August 22-26, 2011. Book of Abstracts, p.79, 2011.*
2. *G.Papukashvili, J.Peradze, Z.Tsiklauri, On a Stage of a Numerical Algorithm for Timoshenko Type Nonlinear Equation, XXV Enlarged Sessions of the Seminar of I.Vekua Institute of Applied Mathematics of Iv.Javakishvili Tbilisi State University, 21-23 April, Tbilisi, Georgia, 2011, Program of the Sessions, 2011.*
3. *J.Peradze, A Representation of a Difference Scheme for Kirchhoff Nonlinear Equation, XXV Enlarged Sessions of the Seminar of I.Vekua Institute of Applied Mathematics of Iv.Javakishvili Tbilisi State University, 21-23 April, Tbilisi, Georgia, 2011, Program of the Sessions, 2011.*
4. *J.Peradze, An Approximate Algorithm for a Timoshenko Beam Equation, International Conference "Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis" Dedicated to the 120-th Birthday Anniversary of Academician N. Muskhelishvili, September 9-14, 2011, Tbilisi, Georgia. Book of Abstracts, p. 165-166, 2011.*
5. *J.Peradze, A Numerical Algorithm of Solving a Nonlinear System for a Plate, Second International Conference of Georgian Mathematical Union, Batumi, Georgia, 15-19 September, 2011, Book of Abstracts, p.133-134, 2011.*
6. *J.Peradze, An Iteration Method for the Kirchhoff Static Beam, Second Annual Conference of Georgian Mechanical Union, Tbilisi, Georgia, December 15-17, 2011, Book of Abstracts, p.35-36, 2011.*

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**  
**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

## ქვემიმართულება – მათემატიკური ლოგიკა და დისკრეტული სტრუქტურები

ტელ.: 2304095, ელ-ფოსტა: roland.omanadze@tsu.ge

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

1. ზოგიერთი დისკრეტული მათემატიკური სტრუქტურის ლოგიკური პრობლემების კვლევა ალგე-ბრული, ალგორითმული და კომბინატორული მეთოდებით
2. უნიფიკაცია, თავისუფალი ალგებრები და პროექციულობა რეზიდუუმის მქონე ალგებრათა ზოგიერთ მრავალსახეობებში;
3. ოპერატორებიანი ფაზილოგიკის გამოყენება ცოდნაზე დაფუძნებულ სისტემებში;
4. ლოგიკური სტრუქტურების სტრუქტურული და გამოთვლითი მეთოდები.

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: როლანდ ომანაძე- სრული პროფესორი, რევაზ გრიგოლია- ასოცირებული პროფესორი ტატიანა კისელიოვა- ასისტენტ პროფესორი, ნანა ოდიშელიძე - ასისტენტ პროფესორი, ვლადიმერ ოდიშარია- ასისტენტ პროფესორი, არჩილ ყიფიანი- ასისტენტ პროფესორი, დოქტორანტი - რამაზ ლიპარტელიანი, დოქტორანტი -ფრიდონ ალშიბაია.

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):

კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):  
რ.ომანაძე

1. Immunity properties and strong positive reducibilities. Archive for Mathematical Logic , 50, 3- 4, 2011, 341-352, with I.O.Chitaia and A.Sorbi.
2.  $Q_{1,N}$ -Reducibility and Splittings of  $r$ -Maximal Sets. Abstracts Logic Colloquium 2011. Barselona, Catalonia, Spain. Juli11-16, p.88-89.
3.  $Q_1$ -Degrees of C.E. Sets. Archive for Mathematical Logic (მიღებულია დასაბეჭდად) ,with I.O.Chitaia.

ა.ყიფიანი -

1. Archil Kipiani, On Representations of Abstract Groups as Automorphism Groups of Graphs. <http://www.winterschool.eu/2011>
2. Archil Kipiani, On isomorphism types of some infinite graphs. Abstracts. Logic Colloquium 2011, Barcelona Catalonia, Spain, July 11-16. p.p.71-72.
3. Archil Kipiani, Some Combinatorial Problems Concerning Infinite Mono-Unary Algebras, Abstracts, II International Conference, Dedicated to the 70 th Anniversary of the Georgian National Academy of Sciences & the 120th Birthday of its First President Academician Nikiloz (Niko) Muskhelishvili, September 15- 19, 2011, Batumi, Georgia, p.p. 85-86.

*გადაცემულია დასაბეჭდად*

1. რ. გრიგოლია. გოედელის თეორემა, თსუ.
2. R. Grigolia. On one Problem of Harvey Friedman. Mathematical Logic quartally.
3. R. Grigolia. On projective MV-algebras. Mathematical Logic quartally.
4. R. Liparteliani.  $C_nMV_m$ -Algebras. Multiple Valued Logic and Soft Computing.
5. T. Kiseliyova, M. Korinteli, I. Korinteli and K. Pagava. Fuzzy Logic in Diagnostics of Rare Diseases. Hidelberg et al.: Springer Verlag. Rudolf Seising and Marco Tabacchi esition, 2012.

კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

დალაგებული ჯგუფები და მესერები ალგებრულ ლოგიკაში (OGLAL) 2011, Tbilisi, Georgia, September 20-23, 2011. <http://oglal2011.tsu.ge/index.html>

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):

სამეცნიერო გრანტები  
საქართველოს რუსთაველის (ეროვნული) ფონდით დაფინანსებული პროექტები:

ცხრილი 1

#	თემის დასახელება	შესრულების ვადები	დაფინანსების მოცულობა	შემსრულებლები	შენიშვნა
1	2	3	4	5	6
1	უნიფიკაცია, თავისუფა-ლი ალგებრები და პროექციულობა რეზიდუუმის მქონე ალგებრათა ზოგი-ერთ მრავალსახეობებში	01.01.2010 – 31.12.2012 წ.წ.	146454 ლარი	რ. გრიგოლია რ. ომანაძე ტ. კისელიოვა რ. ლიპარტელიანი	
2	ზოგიერთი დისკრეტული მათემატიკური სტრუქტურის ლოგიკური პრობლემების კვლევა ალგებრული, ალგორითმული და კომბინატორული მეთოდებით	01.01.2010 – 31.12.2012 წ.წ.	149820 ლარი	რ. ომანაძე რ. გრიგოლია გ. ფანცულაია ა. ყიფიანი რ. ლიპარტელიანი	
3	ოპერატორებიანი ფაზილოგიკის გამოყენება ცოდნაზე დაფუძნებულ სისტემებში	2009-2011 წ.წ.	40416 ლარი	რ. გრიგოლია ტ. კისელიოვა ვ. მესხი რ. ლიპარტელიანი	
4	ლოგიკის სტრუქტურული და გამოთვლითი თვისებები	2010-2011 წ.წ.	€ 30 000	რ. გრიგოლია დ. გაბელაია ტ. კისელიოვა რ. ლიპარტელიანი	

სხვა ფონდებიდან დაფინანსებული პროექტები

ცხრილი 3

#	თემის დასახელება	შესრულების ვადები	დაფინანსების მოცულობა	შემსრულებლები	შენიშვნა დონორი
1	2	3	4	5	6
1	ოპერატორებიანი ფაზილოგიკის გამოყენება ცოდნაზე დაფუძნებულ სისტემებში	2009-2011 წ.წ.	\$ 25260	რ. გრიგოლია ტ. კისელიოვა ვ. მესხი რ. ლიპარტელიანი	STCU ევროკავშირი
2	ლოგიკის სტრუქტურული და გამოთვლითი თვისებები	2010-2011 წ.წ.	€ 30 000	რ. გრიგოლია დ. გაბელაია ტ. კისელიოვა რ. ლიპარტელიანი	საფრანგეთის სამეცნიერო კვლევების ეროვნული ცენტრი (CNRS)

საერთაშორისო კონფერენციებში მონაწილეობა და გამოქვეყნებული მასალები

1. R. Grigolia, Unification problem and structurally completeness of the logic of perfect MV-algebras. Workshop on Admissible Rules and Unification, Utrecht, May 26-28, 2011.

2. R. Grigolia, Formulas of Finite Number Propositional Variables in the Intuitionistic Logic With the Solovay Modality. Topology, Algebra, and Categories in Logic, TACL 2011, Marseilles, France, July 26-30, 2011.
3. R. Grigolia, Unification problem and structural completeness of Intermediate logics and the logic of perfect MV-algebras. Workshop on Structural and Computational Proof Theory, Innsbruck, October 26-28, 2011.
4. R. Grigolia, Finitely generated Heyting and Boolean algebras with operators. Ordered Groups and Lattices in Algebraic Logic, OGLAL 2011, Tbilisi, Georgia, September 20-23, 2011
5. R. Grigolia, Unification problem and structural completeness of Intermediate logics and the logic of perfect MV-algebras. International workshop, October 26 -28, Innsbruck, Austria, 2011.
6. R. Liparteliani, MV-algebras with constant elements. International workshop, October 26 -28, Innsbruck, Austria, 2011.
7. R. Liparteliani, MVn-algebras with constants. Eight Panhellenic Logic Symposium, July 04 -08, 2011, Ioannina, Greece.
8. G. Acampora, T. Kiseliova, K. Pagava and A. Vitiello. *Towards Application of FML in Suspicion of non-Nommon Diseases*. In 2011 IEEE Intrn. Conf. on Fuzzy Systems. Taipei. Taiwan. June, 27-30, 2011.
9. K. Pagava, T. Kiseliova, I. Korinteli and M. Korinteli. *Medical guidelines in clinical practice*. The 1st Global Congress for Conesensus in Pediatrics and Child Health. p. 178, 17-20, Februari, 2011.
10. K. Pagava, T. Kiseliova, I. Korinteli and M. Korinteli. *How to Improve General Physician's/Pediatrician's Awereness on Rare Diseases*. The 1st Global Congress for Conesensus in Pediatrics and Child Health. p. 178, 17-20, Februari, 2011.
11. T. Kiseliova and K. Pagava, *Fuzzy logic in diagnostics of rare diseases*. International Symposium Fuzziness, Philosophy, and Medicine and International open Workshop Fuzziness and Medicine. ECSC Mieres (Asturias), Spain, March 23-25, 2011.

# კომპიუტერული მეცნიერებების დეპარტამენტი

## 1. სამეცნიერო მიმართულება: ინფორმაციული და ინტელექტუალური სისტემები. ცოდნის ინჟინერია

**კვლევის თემა 1:** სუსტად სტრუქტურირებადი სისტემების მოდელირებისა და სიმულაციის ფაზი-ტექნოლოგიები.

**კვლევის ხელმძღვანელი,** პროფესორი გია სირბილაძე (ტელ: 599588658, [gia.sirbiladze@tsu.ge](mailto:gia.sirbiladze@tsu.ge))

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** პროფ. გია სირბილაძე, ასოც. პროფ. ანა სიხარულიძე, ასისიტ. პროფ. თეიმურაზ მანჯაფარაშვილი, ასოც. პროფ. ირინა ხუციშვილი, ასოც. პროფ. ბექან ღვაბერიძე, ასისტ. პროფ. ბიძინა მაცაბერიძე, დოქტორანტი მიხეილ კაპანაძე, მაგისტრანტები.

### კვლევის აქტუალობა და მიზანი

1. 2011 წელს კვლევები გაგრძელდა, როგორც შოთა რუსთაველის სამეცნიერო ფონდის 2010 წელს დასრულებული საგრანტო თემის (გრანტი GNSF/ST08/1-361) ახალ ამოცანებზე.

2. აღნიშნული გრანტის ფარგლებში შეიქმნა პროგრამული ბიბლიოთეკა, რომლის გამოყენებითაც სრულდება ახალი ტიპის კვლევები ექსტრემალური ფაზი-პროცესების იდენტიფიკაციის ამოცანებში. პროგრამული ბიბლიოთეკის გამოყენებით საშუალება მოგვეცა გავსულიყავით ისეთ კვლევებზე, რომლებიც მოიცავს ბუნებაში და საზოგადოებაში მიმდინარე ანომალური თუ ექსტრემალური მოვლენების რაოდენობრივ-ფუნდამენტურ პროცესების შესწავლას.

განიხილება სუსტად სტრუქტურირებადი დინამიკური სისტემების მდგომარეობების შეფასებისა და პროგნოზის ამოცანები დროის მიმართ დისკრეტულ შემთხვევაში. შემუშავდა ოპტიმალური შემფასებელი - ევოლუციის აღმწერი ექსტრემალური პროცესის არსებობის საკმარისი პირობებისა და კარგად ცნობილი ექსპერტონების მეთოდის გამოყენებით. კერძოდ, პროგრამული პაკეტის გამოყენებით აიგო შესაძლებლობითი ფაზი-პროცესის ტრაექტორია, რომელიც იდენტიფიკაციის ამოცანის გამოყენებით ითვალისწინებს სისტემის მდგომარეობების ევოლუციის საექსპერტო შეფასებებს წინა ისტორიულ პერიოდში. პრაქტიკაში ხშირად შეფასებებს აკეთებს არა ერთი ექსპერტი, არამედ ექსპერტთა ჯგუფი, ასე რომ გვექნება არა ერთი ტრაექტორია, არამედ საპროგნოზო ტრაექტორიების გარკვეული სიმრავლე. გადაწყდა ამოცანა, რომელიც თვალისწინებს ამ ტრაექტორიების კონდენსირებაში ერთ ოპტიმალურ ტრაექტორიაში. განიხილებოდა კონდენსირების სამი ვარიანტი: 1) ექსპერტონების მეთოდით მოდელირების ყოველ ბიჯზე ყველა ექსპერტთა მიმართებაში ითვლება გასაშუალებული ექსპერტონები, რომლებიც წარმოადგენს მოცემულ ბიჯზე სისტემის მდგომარეობების შესაძლებლობით ხარისხებს; 2) საექსპერტო ცოდნის ტრაექტორიების კონდენსირება არასტოქსტური სარგებლიანობის თეორიის ფარგლებში; 3) პესიმისტურ-ოპტიმისტურ შეფასებათა გარემოს შექმნა, რომელიც ეფუძნება დემპსტერ-შეიფერის სტრუქტურის არსებობას, თუკი ეს უკანასკნელი დასტურდება ექსპერტთა მიერ. ამ მიდგომაში იქმნება შესაძლებლობა მოდელირების ყოველ ბიჯზე ტემპორალიზაციის შემოღებით დაზუსტდეს მოდელირებით მიღებული ოპტიმალური ტრაექტორია. წარმოდგენილი კონდენსირების პირველი მეთოდით პროგნოზირების კონსტრუირების პროცესში ჩამოყალიბდა ფაზი-დამკვირვებლის, როგორც საპროგნოზო ტრაექტორიის აგების რეკურენტული ვარიანტი.

სუსტად სტრუქტურირებადი სისტემის - ექსტრემალური ფაზი- დინამიკური სისტემის ამოცანების კვლევის მიმართულებით გასული წლის განმავლობაში გადაწყდა არასტოქსტური სარგებლიანობის თეორიის აგების საკითხები დემპსტერ-შეიფერის ტემპორალურ გარემოში.

შემუშავდა ნდობის დომინირების კონცეფცია სარგებლიანობის თეორიაში, ჩატარდა შეიფლის ინფორმაციული ენტროპიის ანალიზი. აგებული თეორიის მიახლოებაში გათვალისწინებულია ფაზი-რისკების ექსპერტული შეფასების ამოცანები სუსტად სტრუქტურირებადი დინამიკური სისტემის მდგომარეობებისათვის.

შემუშავდა დემპსტერ - შეიფერის ტემპორალური ნდობის სტრუქტურის დომინირების კონცეფცია ევრისტიკული გადაწყვეტილების მიღების მეთოდებისთვის ფაზი-განუზღვრელობის გარემოში, რომელიც ფაზი-პროგნოზირების რეგულარიზაციის ამოცანებში იძლევა მაღალი სანდოობის ამოცნობას.

გრძელდება კვლევები სუსტად სტრუქტურირებადი სისტემის შესაძლებლობითი სასრული ფაზი-მოდელების იდენტიფიკაციის ამოცანებში გენეტიკური ალგორითმების აგების დაზუსტებებზე და მისი გამოყენების საიმედოობის გაზრდაზე.

ამ მიმართულებით დღეს-დღეობით კვლევების ასეთი სურათია: ჩამოყალიბდა სუსტად სტრუქტურირებადი დინამიკური სისტემების ფაზი-მოდელირების ყოველი ბიჯისთვის სარგებლიანობის თეორიის გარემო დემპსტერ-შეიფერის ნდობის სტრუქტურის ტემპორალიზაციის ფორმირებით. ყოველივე ეს გულისხმობს საექსპერტო ნაკადების ფორმირებისა და მოდელირების პროცესში ინფორმაციის დაზუსტების ახალი ტექნოლოგიის შექმნას, რაც ზრდის მოდელირების საიმედოობას. ტემპორალიზებული სარგებლიანობის თეორიის ფარგლებში, სუსტად სტრუქტურირებადი დინამიკური სისტემების მოდელირების ყოველ ბიჯზე გენეტიკური ალგორითმების გამოყენებით უკვე გადაწყვეტილია იდენტიფიკაციისა და პროგნოზირების, ასევე ოპტიმალური მართვისა და ფილტრაციის ამოცანები. შედეგები ნაჩვენებია მაგალითებზე.

პროგრამულმა ბიბლიოთეკამ შეიძინა დამატებით გრაფიკული ინტერფეისი, რითაც მან ძლიერი ინტერაქტიულობა შეიძინა. ექსპერიმენტები წარმატებით მიმდინარეობს თსუ კომპიუტერულ მეცნიერებათა დეპარტამენტის კომპიუტერულ ლაბორატორიაში (ლაბორატორიის ხელმძღვანელი - ჟულიეტა გაგლოშვილი). პრობლემების გადაწყვეტამ საშუალება მოგვცა ავგეგო ანომალური და ექსტრემლური პროცესების ანალიზის შესაძლებლობით-ობიექტური სიმულაციების სანდო ევრისტიკული ალგორითმები. ასევე შეიქმნა სუსტად სტრუქტურირებადი დინამიკური სისტემის შესაძლო ევოლუციის ექსპერტულ-შესაძლებლობითი სცენარების ალგორითმები. ეს ალგორითმები ძირითადად ეყრდნობა გენეტიკური ალგორითმების შესაძლებლობებს. შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფა-ბიბლიოთეკა ექსპერიმენტების ჩატარებით ადასტურებს ტემპორალური სტრუქტურით სარგებლობას იდენტიფიკაციისა და ფილტრაციის ამოცანებში.

შესრულდა ერთი მონოგრაფია (ავტორი გია სირბილაძე), რომელიც დასაბეჭდად გადაეცა Springer გამომცემლობას სისტემური კვლევებისა საერთაშორისო ფედერაციის (IFSR) სერიული გამოცემის - International Series on Systems Science and Engineering - ეგიდით. მონოგრაფია გამოიცემა 2012 წელს.

ამ მიმართულებით მომავალშიც გაგრძელდება მუშაობა.

#### გამოქვეყნებული (ან გამოსაქვეყნებლად გადაცემული) სამეცნიერო მასალა:

1. **Gia Sirbiladze**, Extremal Fuzzy Dynamic Systems - Theory and Applications, Monography, IFSR International Series on Systems Science and Engineering (to be published in 2012),
2. **Mikheil Kapanadze and Gia Sirbiladze**, Genetic Algorithm Approach for the Identification Problem of the Discrete Possibilistic Dynamic System, 10th WSEAS International Conference On Applied Computer And Applied Computational Science (Acacos '11), Venice, Italy, March 8-10, 2011, Recent Researches In Applied Computer And Applied Computational Science, 122-127.
3. **Anna Sikharulidze and Gia Sirbiladze**, Evaluation of Climate Simulations using Linguistic Variables, 10th WSEAS International Conference On Applied Computer And Applied Computational Science (Acacos '11), Venice, Italy, March 8-10, 2011, Recent Researches In Applied Computer And Applied Computational Science, 127-132.
4. **Gia Sirbiladze, Mikheil Kapanadze, Irina Khutsishvili and Anna Sikharulidze**, More Precise Decision Construction on the basis of Dempster-Shafer Temporalized Belief Structure and Finite Possibilistic Extremal Fuzzy Dynamic Systems (to be published, International Journal of General Systems).
5. **Gia Sirbiladze, Teimuraz Manjafarashvili, Mikheil Kapanadze, Bezhan Ghvaberidze and Givi Tchatchia**, Application of The Discrete Possibilistic Dynamic System in the Prediction Problem of Weakly Structurable Processes (to be published, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems).
6. **Mikheil Kapanadze, Gia Sirbiladze and Anna Sikharulidze**, Prediction Problem's Solution for the Finite Possibilistic Model of Expert Knowledge Streams (presented at the 14th WSEAS Int. Conf. on Automatic Control, Modelling & Simulation (Acmos '12), France, Saint Malo, 2012.

7. **Gia Sirbiladze**, On the Application of New Fuzzy Technologies in the Methods of Expert Knowledge Engineering and Decision Making for the Modelling and Prediction of Weakly Structurable Processes, Plenary Lecture (presented at the 14th WSEAS Int. Conf. on Automatic Control, Modelling & Simulation (Acmos '12), France, Saint Malo, 2012.

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები:**

1. 10th WSEAS International Conference On Applied Computer And Applied Computational Science (Acacos '11), Venice, Italy, March 8-10, 2011
2. კომპიუტერული მეცნიერებების დარგობრივი სამეცნიერო სემინარი.
3. გამოყენებითი ინფორმატიკის შიდა სამეცნიერო სემინარი.

**კვლევის თემა 2:** ფაზი-ოპტიმიზაციის ამოცანები: დისკრეტული ფაზი-დაფარვის ამოცანები

**კვლევის ხელმძღვანელი**, პროფესორი გია სირბილაძე (ტელ: 599588658, [gia.sirbiladze@tsu.ge](mailto:gia.sirbiladze@tsu.ge))

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** პროფ. გია სირბილაძე, ასოც. პროფ. ანა სიხარულიძე, ასოც. პროფ. ბექან ღვაბერიძე, ასისტ. პროფ. ბიძინა მაცაბერიძე,

**კვლევის აქტუალობა და მიზანი**

გრძელდება ორი წლის წინ დაწყებული სამუშაოები დისკრეტული ფაზი-დაფარვის ამოცანებში: კერძოდ მიმდინარე წელს შეისწავლებოდა ისეთი ამოცანები, როგორცაა:

1. ფაზი-დაფარვის ამოცანა ზოგადი განუზღვრელობის გარემოში.
2. საესპერტო ცოდნის ინჟინერიის ტექნოლოგიები დისკრეტული ფაზი-დაფარვის ამოცანების არასანდოობის კრიტერიუმის აგებაში.

3. კნუტის ძიების ალგორითმის მოდიფიკაცია კლასიკური დაფარვის ამოცანის ზუსტი ამონხისთვის. დაპარალების ამოცანები მოდიფიცირებული ალგორითმისთვის.

კლასიკური დაფარვების ამოცანების პარალელურად განხილული იქნა საკითხები, როდესაც მოცემულია აპრიორული საესპერტო ცოდნა როგორც ფაზი-ბინარული მიმართება შესაძლო გადაწყვეტილებებსა და დასაფარ კლასებს შორის. როგორც ყოველთვის ასეთი ტიპის საესპერტო ცოდნა წარმოდგენილი და ფორმირებულია არაზუსტი ინფორმაციის მატარებლებში: ქულებში, ბალებში, შეფასებებში, ხარისხებში და ა.შ. წარმოქმნილი განუზღვრელობის ფორმირებისთვის გამოყენებულია საესპერტო ცოდნის ინჟინერიის ისეთი აღიარებული ინსტრუმენტი, როგორცაა დემპსტერ-შეიფერის ნდობის სტრუქტურა. ამ ორი ფენომენის (საესპერტო ცოდნის უზუსტობისა და განუზღვრელობის) კონდენსირებისთვის დაფარვის ამოცანის არასანდოობის კრიტერიუმში გამოყენებულია აგრეგაციის სხვადასხვა მექანიზმები (მონოტონური მოლოდინი (შოკეს ინტეგრალი), არამკაფიო მოსალოდნელი მნიშვნელობა (სუჯენოს ინტეგრალი), დემპსტერის ექსტრემალური მოლოდინები და სხვა (გამომდინარე აპრიორული საესპერტო ინფორმაციისთვის და ინფორმაციის წყაროსთვის). კრიტერიუმის უზუსტობის ხარისხების, დაფარვის კლასების შესაძლებლობითი ხარისხების ფორმირებაში გამოყენებულია ექსტრემალური დისკრიმინაციული ზომები. საესპერტო ცოდნა, რომელიც აღწერს დასაფარი კლასების ხარისხებს შესაძლო გადაწყვეტილებებთან მიმართებაში აკუმულირებულია კლასების არასანდოობის კრიტერიუმში აქ ნახსენები აგრეგირების სხვადასხვა ინსტრუმენტებით. აიგო ერთიანი სქემა არასანდოობის კრიტერიუმისთვის დემპსტერ-შეიფერის ნდობის სტრუქტურის გარემოში. ამ კრიტერიუმის პარალელურად განიხილებოდა დასაფარი კლასების მოსალოდნელი ფასის მინიმიზაციის კრიტერიუმიც, რომელიც აიგო კლასებზე ობიექტური ინფორმაციის ბაზაზე, სადაც განუზღვრელობის აღწერის ინსტრუმენტად ისევ გამოყენებული იყო დემპსტერ-შეიფერის ნდობის სტრუქტურა. შეიქმნა ბიკრიტერიალური დისკრეტული ოპტიმიზაციის ამოცანა კრიტერიუმების მინიმიზაციისთვის. ამოცანის რეალიზაციისთვის გამოყენებული იყო კრიტერიუმთა სკალირება ერთ კრიტერიუმში, რომელიც ფორმირდება უკვე კლასიკური დაფარვის ამოცანაში.

ჩვენს მიერ განხილული პრაქტიკული ამოცანების უმრავლესობა არ არის ძალიან დიდი განზომილებების მქონე. სწორედ ამიტომ, არჩევანი ზუსტ ალგორითმებზე იქნა შეჩერებული.

ამას გარდა, არსებობს დაფარვის ამოცანის განზომილებების შემცირების სხვადასხვა მეთოდები. მათი გამოყენებით საძიებო არიდან გამოირიცხება ისეთი დამფარავი სიმრავლეები (კლასები),



რომელთა განხილვას აზრი არ აქვს (მაგალითად, შეგვიძლია გამოვრიცხოთ სიმრავლეები, რომელთა მიერ დაფარული ელემენტები (შესაძლო გადაწყვეტილება) იფარება უფრო დაბალი ფასის მქონე სხვა სიმრავლით ან სიმრავლეების ერთობლიობით და ა.შ.). თუმცა, ხშირ შემთხვევაში, აღნიშნული ოპტიმიზაციები საკმაოდ დიდ გამოთვლით რესურსს მოითხოვს და ამიტომ დასაცავია გარკვეული ზღვარი.

ზუსტი ალგორითმები, ძირითადად, შტოების და საზღვრების მეთოდებს ეფუძნება და კომპიუტერული ტექნიკის სიმძლავრეების ზრდასთან ერთად იზრდება მათი ეფექტურობაც. საინტერესო ზუსტი ალგორითმები არის შემოთავაზებული ბიზლის (Beasley) და ქრისტოფიდეს (Christofides) მიერ, თუმცა არჩევანი დონალდ კნუტის “ზუსტი დაფარვის” (ანუ დაყოფის) ალგორითმზე შევაჩერეთ, რომელიც გამოირჩევა დინამიური მეხსიერების ოპტიმალური გამოყენების ხარჯზე მიღწეული ეფექტურობით (ქრისტოფიდესის ალგორითმი ასევე რეალიზებულია ჩვენს მიერ შექმნილ პროგრამულ პაკეტში).

კნუტის X ალგორითმს, რომელიც გადაწყვეტილია ე.წ. “მოცეკვავე ბმულების” (Dancing Links) მიმთითებლების გამოყენებით, ჩაუტარდა ორი სახის მოდიფიკაცია: 1) ალგორითმი გადაკეთებულ იქნა დაფარვის ამოცანების გადასაჭრელად, 2) ალგორითმში ჩაიღო ამოცანის პარალელურად შესრულების შესაძლებლობა. პროცესორის ბირთვების რაოდენობის გათვალისწინებით, შესაძლებელია ოპტიმალური ამონახსნ(ებ)ის ძიების პროცესის სხვადასხვა ნაკადებში განშტოება, შემდეგ კი თითოეული შტოს მიერ ნაპოვნი ოპტიმალური ამონახსნების სინქრონიზაცია.

ჩვენს მიერ დამუშავებულ და გამოყენებულ ალგორითმებს ტესტირება ჩაუტარდა ცნობილ OR-ბიბლიოთეკის ამოცანებზე და მიღებულმა შედეგებმა მათი მაღალი ეფექტურობა აჩვენა.

განხილებოდა ფაზი-დაფარვის ამოცანის ამოხსნის ახალი რეალიზაცია რამდენიმე პრაქტიკული მაგალითზე (თარჯიმანთა ოპტიმალური ამორჩევის ამოცანა, ორგანიზაციის ადამიანური და ტექნოლოგიური რესურსების ოპტიმალური სარგებლობის და სხვა) სამომავლოდ გამოყენებითი ტიპის კვლევითი პროექტის შესაქმნელად.

#### გამოქვეყნებული (ან გამოსაქვეყნებლად გადაცემული) სამეცნიერო მასალა:

1. **Gia Sirbiladze, Anna Sikharulidze, Bezhan Ghvaberidze and Bidzina Matsaberidze** Fuzzy-probabilistic Aggregations in the Discrete Covering Problem. International Journal of General Systems. 2011, 40: 2, 169 -196.

#### კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები:

1. კომპიუტერული მეცნიერებების დარგობრივი სამეცნიერო სემინარი.
2. გამოყენებითი ინფორმატიკის შიდა სამეცნიერო სემინარი.

#### კვლევის თემა 3: გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი ფაზი-ტექნოლოგიები საექსპერტო შეფასებების ნაკადებში

კვლევის ხელმძღვანელი, პროფესორი გია სირბილაძე (ტელ: 599588658, [gia.sirbiladze@tsu.ge](mailto:gia.sirbiladze@tsu.ge))

კვლევაში ჩართული პერსონალი: პროფ. გია სირბილაძე, ასოც. პროფ. ანა სიხარულიძე, ასოც. პროფ. ირინა ხუციშვილი, ასოც. პროფ. ბექან ღვაბერიძე, პროფ. კობა გელაშვილი, ასისტ. პროფ. თეიმურაზ მანჯაფარაშვილი, ასისტ. პროფ. ფრიდონ დვალიშვილი, დოქტორანტები, მაგისტრანტები

#### კვლევის აქტუალობა და მიზანი

თემის ფუნდამენტური კვლევის მიზანია შეიქმნას ან მოდიფიცირება გაუკეთდეს გარკვეულ ცოდნაზე და ცოდნის წარმოდგენებზე დაფუძნებულ ისეთ საექსპერტო ცოდნის ანალიზის ევრისტოკულ მეთოდებს, რომლებიც გამოირჩევიან გადაწყვეტილების მიღების გარკვეული საიმედოობით პრაქტიკაში ფართო სპექტრის ამოცანებისთვის (სამედიცინო დიაგნოსტიკა, ბიზნესი, მარკეტინგი, მენეჯმენტი, ინფორმაციის მართვა და სხვა). ისინი შეასრულებენ დაზუსტებად გადაწყვეტილებათა მოდელირებას საექსპერტო ცოდნის ნაკადების არსებობის შემთხვევაში, უკვე თემის ფარგლებში ჩატარებული კვლევის შედეგებზე. ეს მეთოდებია: 1.

დისკრიმინაციული ანალიზი; 2. ბმულობათა ანალიზი; 3. ფაზი-დაფარვების ანალიზი; 4. ფაზი-კლასების სტატისტიკის ტექნოლოგიები; 5. ექსპერტონების მეთოდი და 6. საექსპერტო ცოდნის წარმოდგენის კონსილიუმის შექმნის რამდენიმე მეთოდი. გადაწყვეტილების დაზუსტება, პირველ რიგში, გულისხმობს გადაწყვეტილების მიღების ფაქტორების წარმოდგენის გაუმჯობესებას დემპსტერ-შეიფერის ნდობის სტრუქტურის გარემოში. რა თქმა უნდა, არსებობს ცოდნის წარმოდგენისა და გადაწყვეტილების მიღების უამრავი ევრისტიკური მეთოდი, რომელიც წარმატებით გამოიყენება გადაწყვეტილების მიღების ამოცანებში, თუმცა კი ეს მეთოდები მოკლებულნი არიან ფუნდამენტურ კვლევებს მონაცემთა სტრუქტურირებისა და კრიტერიუმში საექსპერტო ცოდნის აგრეგირების თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით. ამ მიმართულებით კვლევაში არის სიახლე: მონაცემთა ტანის სტრუქტურის დაზუსტების ტექნოლოგიების შექმნა, რომელსაც მონაცემთა ტანის ტემპორალიზაციას ვუწოდებთ. ტემპორალიზაცია გულისხმობს: მონაცემთა ტანთა ერთობლიობაზე ინფორმაციის დაზუსტების (ჩართვის) მიმართების კონსტრუირებას. მიმდინარე წელს განვითარებული ეს მიდგომა სრულიად ახალია საექსპერტო ცოდნის წარმოდგენისა და სტრუქტურირების ფუნდამენტურ საკითხებში. ამან თავის მხრივ გამოიწვია ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდების მოდიფიცირება, რომლებიც გამოყენებული იქნა მრავალი პრობლემური გამოყენებითი ამოცანის რეალიზებაში და შესაბამისი გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემის აგებაში. რაც ნიშნავს შემდეგს:

1. არსებული მეთოდების შემავალ მონაცემთა წარმოდგენას დემპსტერ-შეიფერის სტრუქტურაში, ე.წ. პესიმისტურ\_ოპტიმისტურ შეფასებათა წარმოდგენებში, ეს კი საექსპერტო ცოდნას და რქსპერტის ინტელექტუალურ აქტივობას უკეთესად წარმოაჩენს.
2. გათვალისწინებულია საექსპერტო საინფორმაციო ნაკადების წარმოდგენის შესაძლებლობები ფაზი-სამკუთხა და ფაზი-ტრაპეციულ რიცხვებში.
3. ასევე გათვალისწინებულია შემთხვევები, როდესაც ეტალონები დემპსტერ\_შეიფერის სტრუქტურაში წარმოდგენილია ფაზი\_სიმრავლეებით, ხოლო ფოკალური ელემენტების ალბათობები კი სამკუთხა ან ტრაპეციული ფაზი-რიცხვებით.
4. გადაწყვეტილების მიღების სისტემის ცოდნის ბაზაში წარმოდგენილი მეთოდების კრიტერიუმებში გამოყენებულია უზუსტობისა და განუზღვრელობის აგრეგირების ისეთი ტექნოლოგიები (ინსტუმენტები) როგორცაა: შოკეს ინტეგრალი, სუჯენოს ინტეგრალი, დემპსტერის ქვედა და ზედა მოლოდინები, დადებითი და უარყოფითი დისკრიმინაციები და ა.შ.
5. შერჩეულ მეთოდებში ამ აგრეგირებებით მოგვეცა საშუალება აგვეგო ახალი ტიპის კრიტერიუმები, რომლებიც უზრუნველყოფენ დაზუსტებადი გადაწყვეტილებების მიღებას. ამით, ევრისტიკულმა მეთოდებმა შეიძეს ფუნდამენტური საფუძველი, რომელთა საბოლოო მიზანია საექსპერტო ინფორმაციის ნაკადების შემოსვლის პირობებში დაზუსტებადი გადაწყვეტილებების მოდელირება.
6. გადაწყვეტილების მიღების სისტემის მეთოდების გამოყენებით შეიქმნა კონსილიუმის გარემო დემპსტერ-შეიფერის ტემპორალიზებულ სტრუქტურის მიახლოებაში.
7. ყოველივე ზემოდ წარმოდგენილი შედეგების საფუძველზე მომავალში შექმნილი გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემა შეიძენს მაღალ სანდოობას, რომლის შეფასებაც მოდიფიცირებულ მეთოდებში შესაძლებელი იქნება ისეთი საინფორმაციო ზომებით, როგორცაა დაზუსტებად გადაწყვეტილებებზე აგებული კონფიზიისა და ქაოსის, ასევე უზუსტობისა და არასპეციფიურობის ზომები და ა.შ.

ამ მიმართულების კვლევებში ჩვენს აქტივობებშია დაზუსტების ტექნოლოგიების გამოყენება ბიზნესისა და მენეჯმენტის ამოცანებში: კერძოდ ბოლო წლებში ინტენსიურად ვმუშაობთ საინვესტიციო პროექტების შერჩევაში რისკების მინიმიზების საკითხებზე, რაც ითვალისწინებს საინვესტიციო გადაწყვეტილებათა მიღების ახალი ტექნოლოგიების დამუშავებასა და შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნას.

ამ წელს ჩვენ მიერ განვითარებულია ახალი – შესაძლებლობითი დისკრიმინაციული ანალიზის – მეთოდი, რომელიც წარმოადგენს ცნობილი ფაზი დისკრიმინაციული ანალიზის მეთოდის შესაძლებლობით განზოგადებას. ამ მეთოდის საფუძველზე დავამუშავეთ საინვესტიციო პროექტების შეფასების ახალი ორსაფეხურიანი ტექნოლოგია. პირველ საფეხურზე ხდება უმნიშვნელო ან მცირე რისკების მქონე პროექტების გამოვლენა კაუფმანის ექსპერტონების მეთოდის გამოყენებით (მეთოდი იყენებს ექსპერტთა ინტერვალურ პესიმისტურ და ოპტიმისტურ ხარისხობრივ შეფასებებს ყველა პროექტთან მიმართებაში). მეორე საფეხური ეფუძნება შესაძლებლობითი დისკრიმინაციული ანალიზის მეთოდს და გულისხმობს პირველი

საფეხურიდან შერჩეული შედარებით მცირე რაოდენობის პროექტებიდან მათი ერთმანეთთან შედარების საშუალებით გამოავლინოს მაღალი ხარისხის მქონე პროექტები. ამის საფუძველზე კეთდება რჩევა-დასკვნა კრედიტების გაცემის მიზანშეწონილობის თაობაზე. შექმნილია შესაბამისი პროგრამული პროდუქტი, რომლის ტესტირება განხორციელდა "საქართველოს ბანკის" მონაცემების საფუძველზე (ბანკის ფინანსური მენეჯერების რეკომენდაციების გათვალისწინებით). შესაძლებლობითი დისკრიმინაციული ანალიზის მეთოდმა მიიღო კიდევ ახალი, შემდგომი განვითარება. მეთოდის მოდიფიცირებული ვერსია გამოყენებულ იქნა საინვესტიციო პროექტების შერჩევის ისეთი ამოცანისთვის, როდესაც დაფინანსება უნდა გაუნაწილდეს რამდენიმე პროექტს. აქ დგება საკითხი, თუ რომელი პროექტები უნდა დაფინანსდეს ისე რომ საინვესტიციო ფონდმა მიიღოს მაქსიმალური მოგება მინიმალური რისკების გაწევის საფასურად. ამ ამოცანის გადასაჭრელად შეიქმნა ახალი სამსაფეხურიანი ტექნოლოგია და შესაბამისი პროგრამული პროდუქტი.

მიუხედავად იმისა, რომ მრავლადაა შექმნილი განუზღვრელობის გარემოში გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი საექსპერტო სისტემები და საექსპერტო სისტემის გარსები, მათში რეალიზებული მეთოდები ძირითადად სტატიკური და ევრისტიკული ხასიათისაა, რაც მათ გამოყენებას გარკვეულ შეზღუდვებს ადებს. ასეთი სისტემების გამოყენება შეუძლებელია ბევრ ისეთ რეალურ სიტუაციაში, სადაც ახალი საექსპერტო შეფასებათა საინფორმაციო ნაკადის შემოდინება ტემპორალურ ხასიათს ატარებს და იქმნება შესაძლებლობა მივიღოთ მაღალი სანდოობის რჩევები დაზუსტებად გადაწყვეტილებებზე. ამიტომ ასეთი სისტემების თეორიულ კვლევასთან ერთად განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს მათ საფუძველზე შეიქმნას გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი საექსპერტო სისტემების პროგრამული უზრუნველყოფა. ეს ამოცანები შემდეგი ჩვენი გამოყენებითი კვლევების მიმართულებაა. იგი აისახება ჩვენს პროექტებში, რომლებიც წარდგენილი იქნება როგორც ადგილობრივ ასევე საერთაშორისო ფონდებში.

კვლევის საბოლოო მიზანია დაზუსტებადი გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი საექსპერტო-ანალიტიკური კომპიუტერული სისტემის შექმნა. სისტემის შექმნის პროცესში გადაწყდება ისეთი ამოცანები, როგორცაა: 1) საექსპერტო ცოდნის შესაბამისი მონაცემების წარმოდგენის ეფექტური საშუალებების ძიება, სისტემის მასშტაბირებადობის მოთხოვნის გათვალისწინებით; 2) სისტემის სრული ობიექტზე-ორიენტირებული დიზაინი და რეალიზაცია; 3) კვლევის ფარგლებში განხორციელებული ფუნდამენტური კვლევის შედეგებისა და მეთოდების შესაბამისი ალგორითმების რეალიზაცია. 4) მომხმარებლისთვის სისტემის შესაძლებლობათა გაფართოების საშუალების მიცემა.

კომპიუტერული საინფორმაციო ტექნოლოგიის პროექტირებისას სისტემის გამოყენების სცენარები შედგენილი იქნება რომელიმე ბიზნეს-ორგანიზაციის ამოცანების მიხედვით. ეს საშუალებას მოგვცემს, ფოკუსირება მოვახდინოთ რეალური ორგანიზაციის მენეჯმენტისა და ფინანსური რისკების ანალიზის, შეფასებისა და დაზუსტების ამოცანებზე.

თანამედროვე მსოფლიოში ასეთი ინტელექტუალური საინფორმაციო ტექნოლოგიები სახელმწიფო აპარატებსა, გადაუდებელ სტრატეგიულ სამსახურებსა, სამედიცინო დაწესებულებებსა თუ ბიზნესში აქტიურად გამოიყენება. ასეთი სისტემები იწვევენ საექსპერტო დახმარების დროის, ღირებულებისა და ძალისხმევის საგრძნობ შემცირებას. ეს კი მათ კომერციულ ღირებულებას განსაზღვრავს. დამატებით უნდა აღინიშნოს, რომ გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემების შექმნის საჭიროება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ხდება ისეთი განვითარებადი ქვეყნებისათვის, რომლებიც განიცდიან ძლიერი ექსპერტების სიმცირეს და სადაც საექსპერტო ცოდნა ერთ გარკვეულ ადგილას (ქალაქში) არის თავმოყრილი და მოსახლეობის დიდი ნაწილისათვის არ არის ხელმისაწვდომი (მაგალითად, საქართველო). ასეთმა სისტემებმა შეიძლება შეასრულონ პირველადი კონსულტანტის როლი, რაც თავის მხრივ, გამოიწვევს საექსპერტო დახმარების დროის, ღირებულებისა და ძალისხმევის საგრძნობ შემცირებას. ცოდნის საინჟინრო აპარატი აპარატი, რომელიც შემუშავებულია მიმდინარე წელს და რომელიც საფუძვლად დაედება აღნიშნულ პროგრამულ სისტემას, უზრუნველყოფს მის ბაზაზე შექმნილი მხარდამჭერი სისტემების მაღალ საიმედოობას.

ჯგუფის მიერ შეიქმნა გამოყენებითი ტიპის კვლევითი პროექტი, „საექსპერტო ცოდნის ნაკადების დაზუსტების ფაზი-ტექნოლოგიების ინჟინერია ინტელექტუალურ სიმულაციურ სისტემაში“,

რომელიც მიმდინარე წელს წარდგენილი იყო შ. რუსთაველის სამეცნიერო ფონდის კონკურსებზე გამოყენებითი კვლევების მიმართულებით.

**გამოქვეყნებული (ან გამოსაქვეყნებლად გადაცემული) სამეცნიერო მასალა:**

1. **Gia Sirbiladze**, Extremal Fuzzy Dynamic Systems - Theory and Applications, Monography, IFSR International Series on Systems Science and Engineering (Springer, to be published in 2012).
2. **Anna Sikharulidze and Gia Sirbiladze**, Evaluation of Climate Simulations using Linguistic Variables, 10th WSEAS International Conference On Applied Computer And Applied Computational Science (Acacos '11), Venice, Italy, March 8-10, 2011, Recent Researches In Applied Computer And Applied Computational Science, 127-132.
3. **Gia Sirbiladze, Mikheil Kapanadze, Irina Khutsishvili and Anna Sikharulidze**, More Precise Decision Construction on the basis of Dempster-Shafer Temporalized Belief Structure and Finite Possibilistic Extremal Fuzzy Dynamic Systems (to be published, International Journal of General Systems).
4. **Gia Sirbiladze and Irina Khutsishvili**, Two Stage Decision Precising Fuzzy Technology for Investment Decision-making ( to be published, Information Sciences).
5. **Gia Sirbiladze, Irina Khutsishvili and Bezhan Ghvaberidze**, Multistage Decision-making Fuzzy Technology for Optimal Investments based on Experts Valuations (presented in the European Journal of Operational Research).
6. **Gia Sirbiladze, Irina Khutsishvili and Bezhan Ghvaberidze**, Fuzzy Modeling of Minimal Crediting Risks in Investment Decisions (presented at the 14th WSEAS Int. Conf. on Automatic Control, Modelling & Simulation (Acmos '12), France, Saint Malo, 2012).
7. **Gia Sirbiladze, Koba Gelashvili, Irina Khutsishvili and Anna Sikharulidze**, Application of the Dempster-Shafer Temporalized Belief Structure in A. Kaufmann's Theory of Expertons (to be published, Information Sciences).

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები:**

1. 10th WSEAS International Conference On Applied Computer And Applied Computational Science (Acacos '11), Venice, Italy, March 8-10, 2011
2. კომპიუტერული მეცნიერებების დარგობრივი სამეცნიერო სემინარი.
3. გამოყენებითი ინფორმატიკის შიდა სამეცნიერო სემინარი.

**კვლევის თემა 4.** გადაწყვეტილებების მიღების მხარდამჭერი საინფორმაციული სისტემის აგება და დანერგვა საწარმოს საფინანსო-ეკონომიკური მდგომარეობის ავტომატური შეფასებისა და პროგნოზირებისათვის, კირის ღუმელის ოპერატიული მართვისათვის.

**კვლევის ხელმძღვანელი,** ასისტ. პროფესორი თეიმურაზ მანჯაფარაშვილი (ტელ: 595118203, [teimuraz.manjafarashvili@tsu.ge](mailto:teimuraz.manjafarashvili@tsu.ge))

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ასისტ. პროფესორი თეიმურაზ მანჯაფარაშვილი, მაგისტრანტები

**კვლევის აქტუალობა და მიზანი:**

განვიხილოთ პერიოდში შექმნილი თეორიული მოდელების საფუძველზე მიმართულების მაგისტრანტებთან ერთად მიმდინარეობდა მუშაობა ფაზი-მათემატიკისა და ფაზი-ლოგიკის საფუძველზე აგებული მოდელის გამოყენებაზე რეალური, კონკრეტული ამოცანისათვის – ინფორმაციული სისტემა საწარმოს საფინანსო-ეკონომიკური მდგომარეობის ავტომატური შეფასებისა და პროგნოზირებისათვის. ცხადია, რომ ასეთი პროგნოზირება საწარმოს საქმიანობის წარმატებული მენეჯმენტისათვის სრულ აუცილებლობას წარმოადგენს, შესაბამისად ნათელია პროგნოზირების ასეთი სისტემის მნიშვნელობაც და საჭიროებაც ფუნქციონირებადი საწარმოებისათვის.

ამოცანას წარმოადგენს ყოველი თვის დამთავრების შემდეგ წინა თვეში მიღებული ფინანსური შედეგებისა (რომელიც განსაზღვრავს მენეჯმენტის შესაძლებლობებს) და არსებული მდგომარეობის (ტერიტორიაზე არსებული მარაგების დონის, უკვე შეკვეთილი და რაღაც დროში მისაღები (ზოგადად ზუსტად განუზღვრელში) მარაგებისა და სარემონტო მასალებისა და

მოწყობილობების დონის, სხვა ფაქტორების) გათვალისწინებით საწარმოს მომავალი თვის საქმიანობის ფინანსური შედეგების განსაზღვრა. ან ეკვივალენტურ ტერმინებში – საწარმოს გაკოტრების რისკის შეფასება მომავალ კონკრეტულ თვეში. გაკოტრების ქვეშ აქ იგულისხმება გამოშვებული პროდუქციის გაყიდვით მიღებული ფინანსური სახსრები, რომლებიც საკმარისი აღარ იქნება შემდეგ თვეში საწარმოს გამართული საქმიანობის უზრუნველსაყოფად. თუ მდგომარეობის პროგნოზი ცუდი იქნება – ანუ გაკოტრების რისკი ძალიან მაღალი იქნება – საწარმოს მენეჯმენტმა უნდა გაატაროს დამატებითი სპეციალური ღონისძიებები ამ რისკის შესამცირებლად (არსებული მდგომარეობის გაუმჯობესების გზით, ან თუ ამის საშუალება არ არის – დამატებითი ფინანსური სახსრების მოსაზიდად მომავალ თვეში).

დეტალურად შესწავლილი იქნა საწარმოო პროცესი, გამოიყო ყველა ფაქტორი, რომელიც გავლენას ახდენს საწარმოს საფინანსო-ეკონომიკური მდგომარეობაზე – მოხდა საწარმოს საქმიანობის პარამეტრიზაცია, შემდეგ მოხდა ამ პარამეტრების ფაზიფიკაცია, ლოგიკური წესების ჩამოყალიბება გამოკითხვების შედეგად და ლოგიკური წესების ბაზის ფორმირება. ლოგიკური გამოყვანის წესები მიღებულია საწარმოს ექსპერტების გამოკითხვისა და გამოკითხვის შედეგების შეჯერების საფუძველზე. ასევე მოხდა წესების შემოწმება და კორექტირება გასული პერიოდის მონაცემების საფუძველზე. გასული პერიოდის მონაცემებზე შემოწმებით დადგინდა, რომ ჩვენი ინფორმაციული სისტემის მიერ მოცემული პროგნოზები კარგად ეთანხმება რეალობას, როგორც მდგომარეობების მნიშვნელობებით, ისე დასაჯერებლობის დონეებით, ასევე საწარმოს მდგომარეობის განვითარების ტენდენციების პროგნოზირებით, თანაც როგორც მდგომარეობის გაუმჯობესების, ისე მდგომარეობის გაუარესების ტენდენციებით, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია. ამგვარად, სისტემა იძლევა საწარმოს მომავალი მდგომარეობის რეალური პროგნოზირების შესაძლებლობას, რადგან იგი აკეთებს საწარმოს მომავალი მდგომარეობების რეალური პროგნოზის, რაც ამგვარი სისტემების პრაქტიკაში გამოყენებადობის მთავარი პირობაა.

შექმნილია შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც ახდენს საწარმოს მდგომარეობის ავტომატური პროგნოზირების სისტემის პრაქტიკულ რეალიზაციას MATLAB Fuzzy Toolbox-ის საფუძველზე. ამგვარად, სამუშაოს შედეგად მიღებულია პროგრამული პროდუქტი, რომელიც ნებისმიერმა კონკრეტულმა საწარმომ შეიძლება გამოიყენოს პრაქტიკული მენეჯმენტისათვის.

ასევე დაიწყო სამუშაოები შესაბამისი მოდელისა და შემდგომ ინფორმაციული სისტემის – კირის ღუმელის ოპერატიული მართვისათვის გადაწყვეტილებების მიღების მხარდამჭერი საინფორმაციო სისტემის ასაგებად და დასაწერად საწარმოში. ამისათვის გაფორმდა შესაბამისი მემორანდუმი შპს „ინდუსტრია კირსა“ და თსუ შორის. მემორანდუმის მიზანი არის რეალური თანამშრომლობის ჩამოყალიბების ხელშეწყობა საგანმანათლებლო-სამეცნიერო დაწესებულებასა და მოქმედ საწარმოს შორის, მეცნიერებისა და ბიზნესის ნამდვილი ურთიერთკავშირების დამყარება, ბიზნესის წინაშე მდგარი ფაქტიური ამოცანების რეალიზაცია ულტრათამედროვე მიდგომების გამოყენებით.

ამ კვლევების მიზანია შეიქმნას ღუმელის მართვისათვის ოპერატიული გადაწყვეტილებების მხარდამჭერი სისტემა, რომელიც ოპერატორებს მისცემდა მყისიერ რჩევებს სწორი გადაწყვეტილებების მისაღებად, რაც მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებდა ღუმელის მართვას, გამოშვებული პროდუქციის რაოდენობასა და ხარისხს, ანუ საწარმოს დაეხმარებოდა მთავარი მიზნის მიღწევაში, მაქსიმალური ეფექტიანობით მუშაობაში და მაქსიმალური ფინანსური მოგების მიღებაში. გაჩნდებოდა შესაძლებლობა ღუმელის მართვა ერთნაირად წარმატებულად განხორციელებულიყო როგორც დღის, ისე ღამის ცვლაში. ოპერატიული გადაწყვეტილებების მიღების მხარდამჭერ სისტემაში ჩადებული იქნებოდა როგორც საწარმოს მაღალი კვალიფიკაციის თანამშრომლების, ისე ზოგადად კირის წარმოების ტექნოლოგიაზე არსებული სამეცნიერო ცოდნა, რაც საშუალებას მოგვცემდა ღუმელის მართვაზე ოპერატორებისათვის მიცემული რჩევები ერთნაირად კარგი ყოფილიყო ორივე ცვლაში.

დეტალურად შესწავლილია საწარმოო პროცესი, გამოყოფილია პარამეტრები, რომლებიც მიეკუთვნებიან ღუმელის ისეთ პარამეტრებს, რომლებიც ყოველწამიერად იზომება და მათი მნიშვნელობების დასაშვები არიდან გამოსვლის შემთხვევაში საჭიროა ოპერატორის მხრიდან მყისიერი რეაგირება. წინააღმდეგ შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ დაბალი ხარისხის პროდუქცია, ღუმელი გადავიდეს მუშაობის არასწორ რეჟიმში და უკიდურეს შემთხვევაში

მოხდეს მისი გაჩერებაც კი. ეს ბოლო მდგომარეობა სრულიად მიუღებელია, რადგან ღუმელის ხელახლა ამუშავებას სჭირდება დაახლოებით 3 თვე.

შპს „ინდუსტრია კირის“, და ზოგადად სხვა ანალოგიური საწარმოების, ღუმელის ოპერატიული მართვისათვის გადაწყვეტილებების მიღების მხარდამჭერი საინფორმაციო სისტემის აგება და დანერგვა ძალიან მნიშვნელოვანია საწარმოსთვის შემდეგი მიზეზების გამო:

1. საწარმოში მუშაობს 4 ცვლა, ანუ ღუმელს მართავს 4 სხვადასხვა ოპერატორი, რომელთა კვალიფიკაცია და კირის გამოწვის პროცესის ცოდნის დონე არაერთგვაროვანია, რაც ხშირად ღუმელის არასწორ რეჟიმში მუშაობას განაპირობებს. გადაწყვეტილებების მიღების მხარდამჭერი სისტემა მათ მყისიერად მისცემდა რეკომენდაციებს საჭირო მოქმედებების შესახებ, რაც ზემოთ აღნიშნულ არაერთგვაროვნებას მნიშვნელოვანწილად შეამცირებდა
2. ოპერატორებს უჭირთ ღუმელის მართვაზე პარამეტრების ზემოქმედების ყოველთვის სწორად გათვალისწინება, რადგან ეს პარამეტრები მართალია ოპერატიულ, მაგრამ გარკვეულწილად მიმდინარე სტრატეგიული მენეჯმენტის განმსაზღვრელები არიან. ოპერატორებს უჭირთ მყისიერ გადაწყვეტილებებში დროის შესაბამის მომენტებში სტრატეგიული ასპექტების გათვალისწინება
3. ღუმელის მართვისთვის განსაკუთრებით მძიმე პერიოდია ღამის ცვლა სადამოს 8 საათიდან დილის 8 საათამდე, როდესაც საწარმოში არ იმყოფებიან მენეჯმენტის წამომადგენლები (ტექნიკური დირექტორი, წარმოების უფროსი, ტექნოლოგი), ამიტომ მხოლოდ ოპერატორების გადაწყვეტილებებზეა დამოკიდებული ღუმელის სწორი მართვის განხორციელება, მითუმეტეს რომ ღამის ცვლაში დამატებითი ხელშემშლელი ფაქტორიცაა - სიბნელე, რაც 40-მეტრიანი სიმაღლის ღუმელის ყველა ნაწილების ვიზუალურ დაკვირვებას ართულებს.
4. ღამის ცვლაში საჭირო მომენტებში ღუმელის მართვაზე მყისიერი გადაწყვეტილებების მიღება ხორციელდება უფრო დაბალი კვალიფიკაციის მქონე თანამშრომლების მიერ (ცვლის უფროსი და ოპერატორი), რომლებსაც კირის წარმოების ტექნოლოგიაზე სრული ცოდნა ნაკლებად აქვთ. ეს შეიძლება იწვევდეს არასწორ გადაწყვეტილებებს.

ამ ინფორმაციული სისტემის შექმნის სამუშაოები გრძელდება. ასეთი სისტემების მნიშვნელობა ცხადია; ისინი საწარმოს საშუალებას აძლევენ ტექნოლოგიური პროცესების მიმდინარეობა და მართვა მნიშვნელოვნად გააუმჯობესონ, ერთგვაროვანი გახადონ, რაც საწარმოს წარმატებული საქმიანობის მყარ გარანტიას წარმოადგენს.

სამომავლო გეგმები: სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები ყველა თემის ფარგლებში გაგრძელდება, ნავარაუდევია ოპერატიული მართვისათვის გადაწყვეტილებების მიღების მხარდამჭერი საინფორმაციო სისტემის პრაქტიკული რეალიზაციის დამთავრება და მისთვის სასაქონლო პროგრამული პაკეტის სახის მიცემა, ამ სისტემის მიყიდვა და დანერგვა საწარმოში. მოხდება სისტემის შეთავაზება სხვა საწარმოებისთვისაც მის ყოველდღიურ საქმიანობაში გამოსაყენებლად.

**გამოქვეყნებული (ან გამოსაქვეყნებლად გადაცემული) სამეცნიერო მასალა:**

1. თ. მანჯაფარაშვილი, ვ. ასლანოვა, მ. ოვანესიანი. ფაზი – მიდგომების გამოყენება საწარმოს საფინანსო-ეკონომიკური მდგომარეობის ავტომატური შეფასებისა და პროგნოზირებისათვის, Georgian Electronic Scientific Journal: Computer Science and Telecommunications, 2011, No.3(32) , pp. 59-85.  
<http://gesj.internet-academy.org.ge/download.php?id=1905.pdf>
2. Gia Sirbiladze, Teimuraz Manjafarashvili, Mikheil Kapanadze, Bezhan Ghvaberidze and Givi Tchatchia, Application of The Discrete Possibilistic Dynamic System in the Prediction Problem of Weakly Structurable Processes (to be published, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems).

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები:**

1. გამოყენებითი ინფორმატიკის შიდა სამეცნიერო სემინარი.

**კვლევის თემა 5: რთული სისტემების ქცევის მოდელირება და მართვა**

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ასოც. პროფესორი ტარიელ ხვედელიძე (ტელ.593956947, [tariel.Khvedelidze@tsu.ge](mailto:tariel.Khvedelidze@tsu.ge))

**ჩატარებული სამუშაოების მოკლე რეზიუმე:** 2011 წელს კვლევები გაგრძელდა ავტომატების კონსტრუქციების აგების, მათი ქცევის ანალიზისა და გამოყენების მიმართულებით.

განიხილება არაბინარულ სტაციონარულ შემთხვევით გარემოში ავტომატების ფუნქციონირება. აგებული და გამოკვლეულია სასრული და უსასრულო (მდგომარეობათა თვლადი რიცხვით) ავტომატების ქცევის ალგორითმი. ანალიზური სახით მიღებულია აღნიშნული ავტომატების სტატისტიკური მახასიათებლების გამოსათვლელი ფორმულები. დადგენილია სასრული ავტომატის სტატისტიკური მახასიათებლების კრებადობა იმავე სტრუქტურის უსასრულო ავტომატის შესაბამისი მახასიათებლებისაკენ, ჩატარებულია სასრული ავტომატის ქცევის სრული ანალიზი და მიღებულია პირობები, რომლის შესრულების შემთხვევაშიც ავტომატის ქცევა აღნიშნულ გარემოში ასიმპტოტურად ოპტიმალურია.

განხილულია აგრეთვე ექსტრემუმის ძებნის ბიჯური ალგორითმები და ხმაურის პირობებში ექსტრემუმის ძებნის ბიჯური ალგორითმის გაუმჯობესების ერთ-ერთი მეთოდი - ზღურბლური ფილტრაცია. ამ მეთოდისათვის აგებულია ძებნის ავტომატური მოდელი, რომელშიდაც მმართველ რგოლს წარმოადგენს სხვადასხვა სტრუქტურის მქონე მიზანშეწონილი ქცევის სასრული ავტომატი. სხვადასხვა დონის ხმაურისათვის დადგენილია ავტომატის მეხსიერებისა და ზღურბლის მნიშვნელობა, რომლის დროსაც ექსტრემუმში მიღწევის დრო ოპტიმალურია.

**გამოსაქვეყნებლად მომზადებულია სამეცნიერო მასალა:**

1. **Tariel Khvedelidze.** The asymptotic analysis of the behavior finite automata with irregular tactics in a stationary random medium.

**კვლევის თემა 6: გენეტიკური ალგორითმი და ცხრილის შედგენის ამოცანა**  
**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ასოც. პროფესორი ბიძინა მიდოდასვილი

**ჩატარებული სამუშაოების მოკლე რეზიუმე:** უნივერსიტეტის სასწავლო ცხრილის შედგენა წარმოადგენს NP-რთულ პრობლემას და მისი გადაჭრა, ჩვეულებრივ, ხორციელდება "შეუიარაღებელი ხელით", რაც მოითხოვს არცთუ ხანმოკლე დამაბულ შრომას. ცნობილია აღნიშნული პრობლემის კლასიკური მეთოდების გამოყენებით გადაწყვეტის არაერთი მცდელობა, მაგრამ ასეთი მეთოდები არ არიან მოხერხებული ამონახსნის მიღების პროცესის აღწერისათვის ალგორითმული თვალსაზრისით.

ამოცანის გადაწყვეტისათვის წარმოდგენილია შესაბამისად კონფიგურირებული გენეტიკური ალგორითმი, რომლის საფუძველზე შექმნილი პროგრამა იყენებს რეალური უნივერსიტეტის MS SQL მონაცემთა ბაზაში შენახულ მონაცემებს და წარმატებით წყვეტს უნივერსიტეტის სასწავლო ცხრილის პრობლემას.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:**

1. **B. Midodashvili,** Genetic algorithm and university timetable problem (with L. Midodashvili, P. Midodashvili). Transactions, Automated Control Systems, GTU, No 1(10), 2011.

**კვლევის თემა 7: უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებაში სასწავლო პროცესის ადმინისტრირების სისტემა**

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ასოც. პროფესორი ბიძინა მიდოდასვილი

**ჩატარებული სამუშაოების მოკლე რეზიუმე:** საგანმანათლებლო დაწესებულებაში სასწავლო პროცესის ადმინისტრირების ერთერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტია სათანადო მონაცემების შეგროვება, დამუშავება და გამოყენება. უმაღლესი საგანმანათლებლო პროგრამის განხორციელების თანამედროვე კონცეფციით გათვალისწინებული კომპონენტების (სტუდენტთა ინდივიდუალური საგანმანათლებლო პროგრამები, დამატებითი სპეციალობები, არჩევითი ან თავისუფალი კურსები) მართვა იმდენად დიდი რაოდენობის ინფორმაციის დამუშავებასთანაა დაკავშირებული, რომ მისი რეალიზაცია პრაქტიკულად შეუძლებელია სათანადო პროცესების ავტომატიზაციის გარეშე. ამასთან ერთად, საქართველოს კანონმდებლობით უმაღლესი

საგანმანათლებლო დაწესებულებები ვალდებული არიან სასწავლო პროცესთან დაკავშირებული მონაცემები განათავსონ საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს რეესტრის სისტემაში. ამიტომ, მნიშვნელოვანია და სასარგებლო ისეთი გამოყენებითი პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავება, რომლის საშუალებით შესაძლებელი იქნებოდა, ერთის მხრივ, საგანმანათლებლო დაწესებულებაში სასწავლო პროცესის ადმინისტრირება საქართველოს საგანმანათლებლო სივრცეში არსებული სტანდარტების გათვალისწინებით და, მეორეს მხრივ, საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს რეესტრის სისტემაში ინფორმაციის განთავსების ავტომატიზაცია.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:** შემუშავებულია უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებაში სასწავლო პროცესის მართვის პროგრამა. გამოყენებულია MS SQL Server-ის მონაცემთა ბაზები. გათვალისწინებულია საგანმანათლებლო დაწესებულებებისათვის საქართველოს კანონმდებლობით განსაზღვრული მოთხოვნები.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:**

1. **B. Midodashvili**, Program for Teaching Process Management in a University (with L. Midodashvili, P. Midodashvili). Transactions, Automated Control Systems, GTU, No 1(10), 2011.

განსხვავებულ თემატიკაში პუბლიკაციები

1. **B. Midodashvili**, Global solvability of the Cauchy characteristic problem for one class of nonlinear second order hyperbolic systems (with S. Kharibegashvili). J. Math. Anal. Appl. **376** (2011) 750–759.
2. **B. Midodashvili**, On the solvability of one boundary value problem for some semilinear wave equations with source terms (with S. Kharibegashvili). Nonlinear Differ. Equ. Appl. **18** (2011), 117–138.
3. **B. Midodashvili**, Finite difference solution of a nonlinear Klein-Gordon equation with an external source. (with G. Berikelashvili, O. Jokhadze, S. Kharibegashvili). Mathematics of Computation, Volume 80, Number **274**, April 2011, Pages 847–862.

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები:**

1. **B. Midodashvili**, Genetic algorithm and university timetable problem (with L. Midodashvili, P. Midodashvili), International Conference: “Automated Control Systems & new IT”, Tbilisi, 20-22.05, 2011.
2. **B. Midodashvili**, Program for Teaching Process Management in a University (with L. Midodashvili, P. Midodashvili), International Conference: “Automated Control Systems & new IT”, Tbilisi, 20-22.05, 2011.
3. **B. Midodashvili**, On the solvability of Cauchy spatial characteristic problem for one class of second order semilinear wave equations (with S. Kharibegashvili). II International Conference dedicated to 70th anniversary of the Georgian National Academy of Sciences and the 120th Birthday of its First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili, Batumi, September 15-19, 2011.
4. **B. Midodashvili**, The Cauchy characteristic problem for one class of the second order semilinear hyperbolic systems in the light cone of the future (with S. Kharibegashvili). International Conference "Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis" to celebrate the 70th anniversary of the Georgian National Academy of Sciences and the 120th Birthday of its First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili, Tbilisi, September 9-14, 2011.

2. **სამეცნიერო მიმართულება: ინფორმაციული უსაფრთხოების სისტემები და ტექნოლოგიები**

**კვლევის თემა 1. გენეტიკური ალგორითმების გამოყენება თანამედროვე კრიპტოანალიზში**

**კვლევის ხელმძღვანელი,** ასოც. პროფესორი ზურაბ ქოჩლაძე (ტელ: 599401534,

[zurab.qochladze@tsu.ge](mailto:zurab.qochladze@tsu.ge))

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ასოც. პროფესორი ზურაბ ქოჩლაძე, მაგისტრანტები

**კვლევის აქტუალობა და მიზანი:**



შეიქმნა გენეტიკური ალგორითმი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია მარშრუტული გადანაცვლების კრიპტოალგორითმის გატეხვა ღია ტექსტით შეტევის საფუძველზე (შედეგები აისახა სამაგისტრო ნაშრომში, მზადდება სტატია გამოსაქვეყნებლად).

მომზადდა გენეტიკური ალგორითმის პარამეტრები მერკლი - ჰელმანის ღია გასაღებიანი კრიპტოსისტემის გასატეხად ანალოგიური შეტევის საფუძველზე. შესწავლილი იქნა იმ ალგორითმების დროითი სირთულე, რომელთა საშუალებითაც დღეს შესაძლებელია ამ კრიპტოსისტემის გატეხვა, რათა შევადაროთ ჩვენს ალგორითმს. მიმდინარე წელს დამთავრდება პროგრამის დახვეწა და გადაიჭრება დასმული ამოცანა. ფაქტობრივად ეს იქნება მოსამზადებელი ეტაპის დასასრული, რის შემდეგაც დაიწყება ისეთი ალგორითმების აგება, რომელთა საშუალებითაც მოხდება დღეს მოქმედებაში მყოფი კრიპტოალგორითმების კრიპტანალიზი გენეტიკური ალგორითმების გამოყენებით.

### კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები:

1. გამოყენებითი ინფორმატიკის შიდა სამეცნიერო სემინარი.

### კვლევის თემა 2. მატრიცული სტრუქტურები და კრიპტოგრაფიული ალგორითმები.

კვლევა მოიცავს შემდეგ ოთხ ქვემიმართულებას:

კვლევის თემა 1.1: გალუას  $GF(p^n)$  გაფართოებულ ველში  $(1+\alpha)$  ელემენტის პრიმიტიულობის ამოცანა;

კვლევის თემა 1.2: სერპინსკის სამკუთხედის მოდიფიცირების შედეგად მიღებული ე.წ. `სრული სტრუქტურის` ექსპერიმენტული გამოკვლევა;

კვლევის თემა 1.3: `სრული სტრუქტურის` ქვესტრუქტურების საფუძველზე მიღებული საწყისი მატრიცების თერიულ-ექსპერიმენტული გამოკვლევა;

კვლევის თემა 1.4: გასაღების გაცვლის ორიგინალური ალგორითმის შემდგომი კვლევა: ა) მატრიცების შიდა რეკურსიულობა; ბ) ტროპიკული ოპერაციები და კრიპტოგრაფია.

**კვლევის ხელმძღვანელი:** ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი. თსუ ასოც. პროფესორი, რიჩარდ მეგრელიშვილი (ტელ: 595-559-159, [richard.megrelishvili@tsu.ge](mailto:richard.megrelishvili@tsu.ge)).

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ასოც. პროფ. რიჩარდ მეგრელიშვილი, ასისტ. პროფ. გელა ზესიაშვილი, დოქტორანტი მალხაზ ჯინჯიხაძე, დოქტორანტი სოფო შენგელია, მაგისტრანტი ალექსი თავხელიძე.

### კვლევის აქტუალობა და მიზანი

წინამდებარე სამეცნიერო ანგარიში წარმოადგენს იმ კვლევების ძირითად ნაწილს, რომელიც ხორციელდება ჩვენს მიერ მატრიცული სტრუქტურების ანალიზისა და სინთეზის თვალსაზრისით. თავის მხრივ, ეს უკანასკნელი მიზნად ისახავს ასიმეტრიული კრიპტოგრაფიული ალგორითმების კვლევას და აგებას.

ძირითად მატრიცულ სტრუქტურას შეადგენს სტრუქტურა, რომელიც მათემატიკური კვლევის საგანს წარმოადგენდა ჯერ კიდევ გასული საუკუნის შუა წლებიდან და უკავშირდება ცნობილი პოლონელი მეცნიერის ვლაცლავ სერპინსკის სახელს. ეს სტრუქტურა არის სერპინსკის სამკუთხედი, რომელიც განიხილება, აგრეთვე, როგორც ფრაქტალური სტრუქტურა რამოდენიმე მოდიფიკაციით.

არმოჩნდა, რომ სერპინსკის სამკუთხედის მიღება შესაძლებელია სრულიად სხვა გზით და სხვა თავდაპირველი ამოცანის გათვალისწინებით. ჩვენ შემთხვევაში ეს ამოცანა უკავშირდება გალუას  $GF(p^n)$  სასრულ ველებში  $(1+\alpha)$  ელემენტის პრიმიტიულობის საკითხს (თუ  $GF(p^n)$  ველი ნაწარმოებია  $p(x)=1+x+x^2+\dots+x^n$  წრიული მრავალწევრით,  $p(\alpha)=0$  და სიმარტივისათვის ძირითადი ველის სახით განიხილება  $GF(2)$  ველი). მართლაც, თუ განვიხილავთ  $(1+\alpha)$  ელემენტის  $i$ - ურ ხარისხებს (ანუ  $(1+\alpha)^i$  - ს, სადაც  $i < n$ ), მაშინ  $i=0,1,2,\dots,n-1$  მნიშვნელობებისათვის მივიღებთ გალუას მულტიპლიკაციური ჯგუფის იმ ნაწილს, რომელიც არის ე.წ. სერპინსკის სამკუთხედი:

$$\begin{aligned} (1+\alpha)^0 &= 1 && - (1000\dots 0) \\ (1+\alpha)^1 &= 1+\alpha && - (1100\dots 0) \\ (1+\alpha)^2 &= 1+\alpha^2 && - (10100\dots 0), && (1) \\ (1+\alpha)^3 &= 1+\alpha+\alpha^2+\alpha^3 && - (11110\dots 0) \end{aligned}$$

$$(1+\alpha)^4=1+ \quad +\alpha^4 \quad - (10001\dots 0)$$

სადაც (1) გამოსახულების მარცხენა სვეტი მოცემულია  $(1+\alpha)$  ელემენტის  $i$ -ური ხარისხები; შუა სვეტი მოცემულია  $(1+\alpha)$  ელემენტის  $i$ -ური ხარისხების შესაბამისი მრავალწევრები, ანუ  $GF(2^n)$  ველის გაფართოების ელემენტები; ხოლო მესამე სვეტი წარმოადგენს ამ ელემენტების შესაბამის ვექტორებს  $V_n$  ვექტორული სივრციდან  $GF(2)$  ველზე. თუ (1) სტრუქტურას პირველ სტრიქონად დავუმატებთ  $v=(v_1, \dots, v_{n-1})$  vectors, რომლისთვისაც  $v_i=1$  ( $i=1, \dots, n-1$ ), მივიღებთ ჩვენთვის საინტერესო  $(n-1) \times (n-1)$  სრულ სტრუქტურას.

### მიღებული შედეგები

თემა 1. გრძელდება თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა  $(1+\alpha)$  ელემენტის პრიმიტიულობის დამტკიცების თვალსაზრისით. განიხილება, აგრეთვე, მოცემულ საკითხთან დაკავშირებული მატრიცული სტრუქტურების აქტუალურობა. ჰიპოთეზა და მტკიცებულებები მოხსენებულ იქნა კონფერენციაზე (იხ. გამოქვ. მასალა).

თემა 2. მიღებული ექსპერიმენტული შედეგებით დასტურდება გამოკვლეული სტრუქტურების აქტუალურობა და მათი მნიშვნელობა სხვა ავტორების მიერ მიღებული შედეგების გათვალისწინებით. შედეგები მოხსენებულ იქნა კონფერენციაზე (იხ. გამოქვ. მასალა).

თემა 3. მიღებული ექსპერიმენტული შედეგებისა და თეორიული გამოკვლევების თანხვედრა აღინიშნა სპეციალისტების მიერ კონფერენციაზე (იხ. გამოქვ. მასალა).

თემა 4. გრძელდება კვლევები არა მარტო არსებული ალგორითმის კვლევის მიზნით, არამედ ახალი ტროპიკული ოპერაციების განხილვის თვალსაზრისითაც, რაც კრიპტოგრაფიულ სიახლეს წარმოადგენს. გაგრძელდება კვლევები, რაშიც მოხდება მაგისტრანტების ჩართვაც. საყურადღებოა სემინარზე, კონფერენციაზე და სხვა პუბლიკაციებზე გამომხატვრებებიც (იხ. გამოქვ. მასალა).

### საანგარიშო წელს გამოქვეყნებული (ან გასულ წელს გადაცემული და საანგარიშო წელს გამოქვეყნებული) სამეცნიერო მასალა:

1. **რ.მეგრელიშვილი, მ.ჯინჯიხაძე** (რუსულ ენაზე), პრიმიტიული მატრიცული ელემენტების გენერაცია და ახალი ცალმხრივი ფუნქცია კრიპტოგრაფიული გასაღებების გაცვლისათვის, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია “ინფორმაციული ტექნოლოგიები და ინფორმაციული უსაფრთხოება მეცნიერებაში, ტექნიკასა და განათლებაში,” “ИНФОТЕХ - 2011”, 5-10 სექტემბერი, 2011, სევასტოპოლი, უკრაინა, მე -3 სექცია, კომპიუტერული სისტემები, ქსელები და კომპონენტები, პროგრამა სევასტოპოლი, 2011, გ. 13.
2. **ა. ბელეკვი, რ.მეგრელიშვილი** (რუსულ ენაზე), კრიპტოგრაფიული ცალმხრივი მატრიცული ფუნქცია, საერთაშორისო ახალგაზრდული სკოლა, “გამოთვლების ოპტიმიზაციის საკითხები (ΠΟΟ-XXXVII)”, 22-29 სექტემბერი, 2011, კაციველი, იალტა, უკრაინა, მოსაწვევი, პროგრამა და შრომები, კიევი, 2011, გ. 6, გვ. 19-21.
3. **რ. მეგრელიშვილი, ა.თაგხელიძე** (რუსულ ენაზე),  $GF(2^n)$  ველის სპეციალური კლასის ზოგიერთი ელემენტის პრიმიტიულობა და მისი კავშირი გასაღებების გაცვლის კრიპტოგრაფიულ ალგორითმთან, საერთაშორისო კონფერენცია SAIT-2011, სისტემური ანალიზი და ინფორმაციული ტექნოლოგიები, შრომები, კიევი, უკრაინა, 23-28 მაისი 2011, გ. 473
4. **რ. მეგრელიშვილი, მ. ჭელიძე, გ. ბესიაშვილი** (რუსულ ენაზე), ცალმხრივი კრიპტოგრაფიული ფუნქციის აგება მატრიცებზე, აკადემიკოს ი.ფრანგიშვილის დაბადების 80 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა”, 1-4 ნოემბერი, 2010, თბილისი, საქართველო, შრომები, თბილისი, 2011, გვ. 181-184.
5. **რ. მეგრელიშვილი, მ. ჯინჯიხაძე** (ქართულ ენაზე), მაღალი რიგის მატრიცული ელემენტების გენერაცია და კრიპტოგრაფიული გასაღების გაცვლის ახალი ცალმხრივი ფუნქცია, 5-ე საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია “ინტერნეტი და საზოგადოება” ინსო-2011, (17-18 ივნისი) ქუთაისი, საქართველო, შრომები, ქუთაისი, 2011, გვ. 130-135.

6. **რ. მეგრელიშვილი, გ. ბესიაშვილი, ს. შენგელია** (ინგლისურ ენაზე), ახალი ცალმხრივი მატრიცული ფუნქცია და გასაღებების ღია არხით გაცვლა, საერთაშორისო კონფერენცია SAIT–2011, სისტემური ანალიზი და ინფორმაციული ტექნოლოგიები, შრომები, კიევი, უკრაინა, 23-28 მაისი, 2011, შრომები, 2011, გ. 407.
7. **რ. მეგრელიშვილი, მ. ჯინჯიხაძე** (რუსულ ენაზე), ცალმხრივი მატრიცული ფუნქცია გასაღებების გაცვლისათვის და მულტიპლიკაციური მატრიცული ჯგუფების გენერაციის მეთოდი, საერთაშორისო კონფერენცია SAIT–2011, სისტემური ანალიზი და ინფორმაციული ტექნოლოგიები, შრომები, კიევი, უკრაინა, 23-28 მაისი 2011, გ. 472.
8. **რ. მეგრელიშვილი, გ. ბესიაშვილი, ს. შენგელია** (ინგლისურ ენაზე), ორიგინალური ცალმხრივი მატრიცული ფუნქცია და გასაღებების გაცვლის ალგორითმი, საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, ფილოსოფია და ინფორმაციული სინერგიულობა და უსაფრთხოება, 20-24 აპრილი 2011, თბილისი, საქართველო, პროგრამა და თეზისები, თბილისი – SPRING - 2011, გვ. 48-49.
9. **რ. მეგრელიშვილი, გ. ბესიაშვილი, ს. შენგელია** (ინგლისურ ენაზე), ცალმხრივი კრიპტოგრაფიული ფუნქცია  $n \times n$  მატრიცების გამოყენებით, 11-ე საერთაშორისო კონფერენციის შრომები, სახეთა ამოცნობა და ინფორმაციული პროცესები, PRIP 2011 (18-20 მაისი 2011, მინსკი, რესპუბლიკა ბელორუსია), მინსკი, 2011, გვ. 355-357.
10. **რ. მეგრელიშვილი, მ. ჭელიძე, გ. ბესიაშვილი, მ. ჯინჯიხაძე** (რუსულ ენაზე), ახალი ცალმხრივი მატრიცული ფუნქციის აგება და მისი გამოყენება კრიპტოგრაფიაში, ოპტოელექტრონული ინფორმაციული ენერგეტიკული ტექნოლოგიები, 2(20), უკრაინა, 2010, გვ. 67-71.
11. **ა.ი. ბელეცი, რ.პ. მეგრელიშვილი** (რუსულ ენაზე), მატრიცული ცალმხრივი ფუნქცია, მე-8 საერთაშორისო კონფერენცია ალგებრაში, სექცია IV, კომპიუტერული ალგებრა და დისკრეტული მათემატიკა, შრომები, უკრაინა, ივლისი 5-12, 2011, გვ. 54-56.

### 3. სამეცნიერო მიმართულება: ინფორმაციული ტექნოლოგიები

**კვლევის თემა 1: მოლეკულური ნანოტექნოლოგიის და სპინელექტრონიკის მასალების მოდელირების პროგრამული სისტემის შექმნა**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** მანანა ხაჩიძე, მია არჩუაძე, გელა ბესიაშვილი

#### **კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები :**

მოლეკულური სისტემების შესწავლასთან დაკავშირებული კვლევები მეცნიერების სხვადასხვა დარგში თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნოლოგიური განვითარების ერთერთ მნიშვნელოვან სფეროს წარმოადგენს, სადაც ფუნდამენტური კვლევები ძირითადად ეფუძნება მასალათა ქიმიის და ფიზიკის თანამედროვე მიღწევებს. ამ მიმართულების განვითარებას შეუძლია ძირეული ცვლილებები მოახდინოს თანამედროვე ტექნოლოგიის ბევრ დარგში და მათი გამოყენების სფეროებში.

პროექტის მიზანია კვლევების ჩატარება მოდელირებაში ნანოდონეზე და არაორგანული მოლეკულური სტრუქტურების (არართული სტრუქტურების) მოდელირების ახალი მეთოდების ანალიზი პრსპექტიული მასალების შესაქმნელად. ამ მასალების გამოყენება უკავშირდება მოლეკულური მანქანების და მოლეკულური მოწყობილობების დამზადებას. მოლეკულური მოდელირება წარმოადგენს სასარგებლო ინსტრუმენტს სინთეზისათვის. ნივთიერების მიერ წარმოჩენილი თვისებები და რეაქციები რომელშიც ისინი შედიან, წარმოადგენენ მათი მოლეკულური სტრუქტურის შედეგს, ატომარული გეომეტრიის და ელექტრონული განაწილების საფუძველზე. ამიტომ ცხადია ქიმიური შემადგენლობის კარგი მოდელის ქონა საშუალებას მოგვცემს გავიგოთ და განვსჭვრიტოთ ნივთიერების ქიმიური ქცევა.

#### **კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

პროექტი ხორციელდება საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის ფარგლებში. იგი სრულდება ამ წელს. პროექტის მთავარი შედეგია მოლეკულური მოდელირების და

ნანომასალების საცნობარო პროგრამული სისტემა თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიებისათვის ნანონდუსტრიის განსავითარებლად და ასევე პერსპექტიული მასალების შესამუშავებლად სხვადასხვა სფეროში გამოყენების თვალსაზრისით.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა :**

**M.Khachidze, P.Kervalishvili**, Some Size and Quantum Effects in Molecular Nanostructures, The Seventh Japanese-Mediterranean and Central European Workshop on Applied Electromagnetic Engineering for Magnetic, Superconducting and Nano Materials (JAPMED'7), Budapest, Hungary, 6-9- July, 2011.

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი :** შოთა რუსთაველის სახ. საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდი (ხელშეკრულება 7/73)

**კვლევის თემა 2: ინფორმაციის ძიება და რანჟირება - ქვანტური მიდგომები.**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** მანანა ხაჩიძე, მია არჩუაძე, გელა ბესიაშვილი.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები :**

ინტერნეტში ინფორმაციოული ძიების ამოცანების წარნატებით გადასაწყვეტად, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება საინფორმაციო საძიებო სისტემების ინტელექტუალიზაციის საკითხებს, რისთვისაც გადაწყვეტა სემანტიკური ძებნის მეთოდები. დიდი ზომის ინფორმაციულ ნაკადებში, მონაცემთა ცოდნის ბაზებში, სულ უფრო იზრდება არასრული ინფორმაციის ნაწილი. ასეთი მონაცემების და აგრეთვე სასრული ინფორმაციის კლასიფიკაციის, კლასტიზაციის, ამოცნობის, ფილტრაციის და პროგნოზირების - ახალი ნივთიერებებისა და შენაერთების სტრუქტურულ სქემებში ელემენტების სავარაუდო სივრცული გადაადგილების და ორიენტაციის განსასაზღვრავად გამოყენებულია ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმები და განსაკუთრებით კარგად მუშაობენ ხელოვნური ნეირონული ქსელები (არამკაფიო ნეირონული ქსელები). ამ ამოცანებისათვის მუშავდება ქვანტური მიდგომები არსებულ ალგორითმებზე.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

დამუშავდა რანჟირების არამკაფიო ალგორითმი ინფორმაციის საძიებო სისტემებისათვის და ამ ალგორითმის საფუძველზე შეიქმნა სატესტო პროგრამა, რომელმაც გამოავლინა ალგორითმის აის ადგილები, რომელიც მოითხოვს უფრო მეტ დაზუსტებას. კვლევების საფუძველზე მომზადდა პუბლიკაციები და გაკეთდა მოხსენებები სხვადასხვა სამეცნიერო ფორუმებზე.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა :**

1. **M. Archuadze, G. Besiashvili, M. Khachidze, P. Kervalishvili**, Knowledge Engineering: Quantum Approach. International Conference Philosophy and Synergy of Information: Sustainability and Security, NATO - Science for Peace and Security, 20-24 April, 2011.
2. **P. Kervalishvili, M. Khachidze, G. Besiashvili, M. Archuadze**, Fuzzy Ranking Algorithms in Search Information Systems, eRA - 6. The Conference for International Synergy in Energy, Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education. Piraeus, Greece, 19-24 September 2011.
3. **მ. ხაჩიძე, მ. არჩუაძე, გ. ბესიაშვილი**, საძიებო ქვევითი ფაქტორები ინფორმაციის საძიებო სისტემების რანჟირების არამკაფიო ალგორითმში. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №15, 2011 წ., გვ.-231-234.

#### 4. სამეცნიერო მიმართულება: პროგრამული უზრუნველყოფა

**კვლევის თემა 1: მათემატიკური სოფტის შემუშავება პრაქტიკული ოპტიმიზაციის და თამაშთა თეორიის ამოცანების ფართო სპექტრისთვის**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** კობა გელაშვილი, ირინა ხუციშვილი, ლელა ალხაზიშვილი, ნათელა ანანიაშვილი, გიორგი საღინაძე

**კვლევის თემის ქვემიმართულებები:**

1. რეალური პროცესების ადეკვატური ოპტიმალური მართვის ამოცანები.

## 2. დაგვიანებული და მართვადი მძიმე ბირთვი უპირობო ოპტიმიზაციაში

**კვლევის აქტუალობა და მიზნები :**

ოპტიმალური მართვის ზოგადი ამოცანების შესწავლა არ წარმოადგენს ჩვენს ძირითად ფუნქციას, - პრაქტიკული ინფორმატიკის ფუნქციაში ნამდვილად შედის ყველაზე ალბათური და ხშირად გამოყენებადი ამოცანების თეორიული კვლევა და მისი მათემატიკური უზრუნველყოფის დამუშავება. მით უმეტეს, რომ კარგად ცნობილი მათემატიკური პაკეტებში (მატლაბი, მეპლი და სხვა) ეს მიმართულება დანარჩენებთან შედარებით სუსტადაა დამუშავებული.

მძიმე ბირთვი” წარმოადგენს გლუვი ფუნქციის უპირობო მინიმიზაციის  $f(x) \rightarrow \min, x \in R_n$ , ამოცანის ამოსნის კარგად ცნობილ და საკმაოდ ეფექტურ მეთოდს. ეს მეთოდი თავისი შინაარსით მრავალფუნქციურია: იგი გამოიყენება როგორც ”პირველივე” ლოკალური მინიმალის სწრაფი მიღწევისთვის, ასევე გლობალური (ან კარგი ლოკალური) მინიმალის განსაზღვრისთვის. მძიმე ბირთვის თემაზე სისტემატურად ქვეყნდება სამეცნიერო ნაშრომები, რაც ადასტურებს მის სამეცნიერო აქტუალობას; მძიმე ბირთვის მეთოდი წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული არაგლუვი ფუნქციების მინიმიზაციისთვის.

ჩვენს მიერ შემოღებული ტერმინი ”მართვადი ” გულისხმობს, რომ ასეთი მძიმე ბირთვი უშვებს დამუხრუჭების, გაჩერების, ან (პირიქით) აჩქარების შესაძლებლობას. მართვად მძიმე ბირთვის, ჩვეულებრივთან შედარებით, გააჩნია მთელი რიგი უპირატესობები, რომელთა გამოვლენას ეთმობა ეს და შემდეგი პარაგრაფები. მძიმე ბირთვის მეთოდის კრებადობის დამტკიცება საკმაოდ რთულია, მაგალითად, სტანდარტული გრადიენტული მეთოდის (ფიქსირებული ბიჯით) დამტკიცებასთან შედარებით. ჩვენს მიერ მოდიფიცირებული მეთოდის კრებადობის დამტკიცება სირთულის დონით პრაქტიკულად არ განსხვავდება სტანდარტული გრადიენტული მეთოდის კრებადობის დამტკიცებისგან.

საინტერესოა ახალი მიდგომის გეომეტრიულ გააზრება, ხოლო ახალი ალგორითმის პროგრამული რეალიზაციის ტესტირების შედეგები რამდენიმე კარგად ცნობილ ამოცანაში უაღრესად იმედისმომცემ შედეგებს იზლევა. ახალი ალგორითმის პროგრამული რეალიზაცია გაცილებით მოქნილია, აქვს პარამეტრების შერჩევის უფრო მდიდარი საშუალებები და ტესტებზე სტაბილურად აჩვენებს გაცილებით სწრაფ შედეგებს მძიმე ბირთვის მეთოდთან შედარებით.

ამ ეტაპზე ჩვენს მიზანს წარმოადგენს ახალი ალგორითმისთვის დარგის სპეციალისტების ყურადღების მიპყრობა და არა მისი ამომწურავი შესწავლა, ამიტომ, ჩვენ ვამტკიცებთ მხოლოდ მეთოდის კორექტულობის, მაგრამ არ ვცდილობთ შევავასოთ კრებადობის სიჩქარე, ვკმაყოფილებით რა ტესტების შედეგების ჩვენებით, რაც საკმაოდ მრავლისმეტყველია.

**გამოქვეყნებული ან გამოსაქვეყნებლად გამზადებული სამეცნიერო მასალა :**

1. **K. Gelashvili**, The existence of optimal control on the basis of Weierstrass's Theorem. Journal of Mathematical Sciences, [Volume 177, Number 3](#), 373-382.
2. გამოსაცემად მომზადებულია სტატია მძიმე ბირთვის მოდიფიცირებული ვარიანტის, ე.წ. მართვადი მძიმე ბირთვის შესახებ. ამჟამად მიმდინარეობს მისი გაფორმების პროცესი.

**კვლევის თემა 2: ვერიფიკაციისა და სინთეზის ამოცანების განხილვა პროგრამირების ფუნქციონალური ენების საშუალებით.**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ასოცირებული პროფესორი ნათელა არჩვაძე

**კვლევის აქტუალობა და მიზნები:** კომპიუტერულ მეცნიერებებში ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს კომპიუტერული პროგრამების ვერიფიკაცია, რომელიც მიეკუთვნება პროგრამული უზრუნველყოფის ინჟინერიას. ვერიფიკაცია დღემდე აქტუალური პრობლემაა, რადგანაც პროგრამულ უზრუნველყოფაში დაშვებული შეცდომები ხშირად გამოუსწორებელ შედეგებს იძლევა. ვერიფიკაციასთან დაკავებულია პროგრამების ავტომატიზირებული სინთეზი, ვინაიდან სინთეზისას აიგება სწორი და შესასრულებადი პროგრამები.

თანამედროვე მიდგომა ვერიფიკაციის დარგში მდგომარეობს ფორმალური სპეციფიკაციების განსაზღვრასა და მათი სისწორის დამტკიცებაში (მაგალითად, Model Cheking-ში გამოყენებულია

ტემპორალური ლოგიკა და კრიპკეს სტრუქტურები). პროგრამების ავტომატური სინთეზისადმი კი არსებობს ამჟამად ოთხი მიდგომა. ეს მიდგომებია: 1. დედუქციური სინთეზი (ლოგიკური გამოყვანა), 2. ინდუქციური სინთეზი, რომელსაც მიეკუთვნება პროგრამების სინთეზი მაგალითებით (generation of procedure from examples). ამ დროს სპეციფიკაციებით მოიცემა პროგრამის შესრულების მაგალითები და პროგრამა გამომდინარეობს ამ მაგალითებიდან. 3. ტრანსფორმაციული სინთეზი (ტრანსლიაცია). ეს მეთოდი მდგომარეობს საწყისი კოდის შესასრულებელ კოდში ეტაპობრივ გარდაქმნაში და 4. უტილიტარული სინთეზი, სადაც განიხილება პროგრამების სტრუქტურული სინთეზი, რომელიც იძლევა შეზღუდული სახის პროგრამის სინთეზის საშუალებას ვიწრო საგნობრივ არეში.

კვლევის მიზანი იყო ვერიფიკაციისა და სინთეზის ამოცანების განხილვა პროგრამირების ფუნქციონალური პარადიგმის ენების საშუალებით. კერძოდ, მონაცემების დინამიური სტრუქტურების აღწერისა და მოცემული სტრუქტურისათვის პროგრამების ავტომატური აგებისა და ვერიფიკაციის ამოცანების განხილვა Lisp და Haskell ენებისთვის.

პროგრამირების ფუნქციონალურ პარადიგმაში მონაცემთა სტრუქტურის ასაგებად გამოყენებული მეთოდიკები საშუალებას იძლევა პარალელურად შეიქმნას ტიპური ფუნქციის შაბლონები ამ სტრუქტურების დასამუშავებლად. ასე, რომ სინტაქსურად ორიენტირებული კონსტრუირება საშუალებას იძლევა მონაცემების შექმნილი ტიპებისთვის ავტომატურად აიგოს ფუნქციის აღწერის ზოგიერთი კარკასი, რომლებითაც დამუშავდება მონაცემების შესაბამისი ტიპები. ასეთი კარკასები შეიძლება განხილული იყოს როგორც შაბლონები, რომლებიც შეავსებენ აუცილებელი ფუნქციონალურობით. ასეთი შაბლონების ზოგადი სახე რჩება უცვლელი, იცვლება მხოლოდ შინაარსი, რომელიც დამოკიდებულია მომხმარებლის მიერ განსაზღვრული მიზნის ფუნქციის მოთხოვნებით. მონაცემთა სტრუქტურის დასამუშავებლად ფუნქციების შაბლონების აგება დამახასიათებელია მხოლოდ ფუნქციონალური პროგრამირებისთვის.

სინტაქსურად ორიენტირებული კონსტრუირების მეთოდი შემოთავაზებული იყო ბრიტანელი მათემატიკოსის ჩარლზ ხოაროს მიერ. მან შემოგვთავაზა მეტაენა, რომელიც საშუალებას იძლევა აღიწეროს ნებისმიერი სირთულის მონაცემთა სტრუქტურა, მათ შორის ისეთის, რომელიც განისაზღვრება რეკურსიულად თავისი თავის გამოყენებითაც. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა არა მარტო მონაცემთა დინამიური სტრუქტურების დამუშავების ამოცანის, არამედ ამ მონაცემების დასამუშავებლად ფუნქციების შაბლონების ავტომატურად შესაქმნის ამოცანის გადაწყვეტას. ასევე გამოიყენება ფუნქციონალური პროგრამირების კიდევ ერთი ტიპური ამოცანის – ფუნქციების თვისებების დამტკიცებისთვის.

#### **კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

შესწავლილი იყო მონაცემების ისეთი სტრუქტურა, როგორცაა A ტიპის ელემენტების სია და მისი წარმოდგენა სინტაქსურად ორიენტირებული კონსტრუირების მეთოდის საშუალებით. ეს მეთოდი მდგომარეობს მონაცემთა ტიპების (მათ შორის რეკურსიულად მოცემული ტიპითაც) კონსტრუირებაში ორი მარტივი ოპერაციის-დეკარტული ნამრავლისა და გაერთიანების საშუალებით. ასეთი სიის ტიპისთვის შესწავლილი იყო ენა Haskell-ის სტანდარტულ Prelude მოდულში განსაზღვრული ფუნქციის შაბლონი. ჩვენ მოვახდინეთ ამ შაბლონის ვერიფიკაცია სტრუქტურული ინდუქციის მეთოდის გამოყენებით. ეს მეთოდი გამოიყენება ისეთი ტიპის რეკურსიული ფუნქციებისთვის, რომელთა არგუმენტები არის არა რიცხვები, არამედ სტრუქტურები. ინდუქცია ხორციელდება სიის სიგრძის მიხედვით ანუ ვთვლით, რომ ფუნქციის არგუმენტის “მარტივია”, თუ ის შეიცავს უფრო ნაკლებ ელემენტს, ვიდრე “რთული” არგუმენტი.

Haskell-ის სიების დამუშავების ფუნქციის შაბლონი შევადარეთ პროგრამირების ენა Lisp-ისთვის შექმნილ აბსტრაქტული პროგრამების ფორმასთან და დავაფიქსირეთ მსგავსება-განსხვავება მათ შორის. ასევე ვიხილავთ Lisp-ისთვის რეკურსიული ფუნქციების მეორე ფორმასაც, რომელსაც Haskell-ში ანალოგი არ აქვს. Lisp-ის ეს ფორმები გამოვიყენეთ აგრეთვე პროგრამების ავტომატური სინთეზის ამოცანებისთვის.

ენა Lisp-ისთვის ვიხილავთ პროგრამების ავტომატური სინთეზის მაგალითებით. ეს არის პროგრამების შექმნის პროცედურა, როცა განსაზღვრულია შესავალი და გამოსავალი გამოსახულებების მაგალითები და შესრულების პროცედურა (ტრასირება). მაგალითებს, რომლებიც მიეწოდება ამ პროცედურას შესავალი მონაცემების სახით, ეწოდება სპეციფიკაციები.

საზოგადოდ, მაგალითები შეიცავენ მხოლოდ მიზნობრივი პროგრამის შესახებ მხოლოდ "ნაწილობრივ შეზღუდულ ინფორმაციას".

ეს მეთოდი მეტად პრაქტიკულია რეკურსიული ფუნქციებისთვის. თავიდან მოიცემა ორი მაგალითი და გამოითვლება განსხვავებები როგორც არგუმენტებს შორის, ასევე შედეგებს შორის. ცხადი სახით განსაზღვრულ რეკურსიული ფუნქციების ზოგად ფორმებში მოცემული მაგალითებისთვის ნაპოვნი განსხვავებების შესაბამისად ევრისტიკების გამოყენებით ხდება ფორმებში შემავალი ფუნქციების მოძებნა (დაკონკრეტება) სისტემის ცოდნის ბაზიდან.

იგივე ალგორითმი გამოიყენება იმპერატიული ენებისთვის (მაგალითად, C-თვის). შეიქმნა მექანიზმი, რომლითაც ციკლის ოპერატორები (იმპერატიული ენების) გადადის რეკურსიულ ფუნქციებში (ფუნქციონალური ენებისთვის), რათა რეკურსიული ფუნქციების ზოგადი ფორმები იქნას გამოყენებული იმპერატიული ენებისთვისაც.

#### გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა :

1. **N.Archvadze, M.Pkhovelishvili, L.Shetsiruli. Universal attitude to the program verification.** Proceedings of the 5th International Conference on Application of Information and Communication Technologies. 12-14 October 2011. Baku, Azerbaijan. IEEE Catalog number CFP 1156H-ART. ISBN 978-1-61284-832-7. pp. 652-656. <http://aict.info/2011/?page=488800>
2. **Archvadze N.N., Pkhovelishvili M.G., Shetsiruli L.D.** Several issues of programs synthesis. Proceedings of the International Conference on System Analysis and Information Technologies. ISSN 2075-4086. pp. 403. <http://sait.kpi.ua/books/sait2011.ebook.pdf/view>
3. **N.Archvadze, M.Pkhovelishvili, L.Shetsiruli.** The complexity of program synthesis from examples. Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2011). Proceedings of the Eleventh International Conference 18-20 May 2011. Minsk, Belarus. ISBN 978-985-448-772-7. <http://lsi.bas-net.by/conferences/prip2011/>. pp. 275-279.
4. **ნ. არჩვაძე.** პროგრამირების ენების შემსწავლელი ელექტრონული სასწავლო კურსების შექმნა დისტანციური სწავლებისთვის. [http://elearning.tsu.ge/index.php?option=com\\_content&view=article&id=28&Itemid=36](http://elearning.tsu.ge/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=36)
5. **Natela Archvadze.** Templates Processing Lists in Haskell. Abstracts II International Conference Dedicated to the 70<sup>th</sup> Anniversary of the Georgian National Academy of Sciences & the 120<sup>th</sup> Birthday of First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili. September 15-19, 2011, Batumi, Georgia. pp. 64. [http://rmi.ge/~gmu/II\\_Annual\\_Conference/E\\_II\\_Annual.htm](http://rmi.ge/~gmu/II_Annual_Conference/E_II_Annual.htm)
6. **N.Archvadze, M. Nizharadze.** Typical Template Verification for List Editing In Haskell Language. „მართვის ავტომატიზირებული სისტემები და თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიები“. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „მართვის ავტომატიზირებული სისტემები და თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიები“. შრომები. გვ 170-172. თბილისი, 2011. ISSN 1512-3979.

#### კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები:

1. Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2011). The Eleventh International Conference. 18-20 May 2011. Minsk, Belarus. <http://lsi.bas-net.by/conferences/prip2011/>
2. System Analysis and Information Technologies (SAIT 2011). International Conference. Kyiv, Ukraine, May 23-28, 2011. <http://sait.kpi.ua/ru/2011>
3. შიდასაუნივერსიტეტო კონფერენცია ელექტრონულ სწავლებაზე. 11 მარტი, 2011. [http://elearning.tsu.ge/index.php?option=com\\_content&view=article&id=28&Itemid=36](http://elearning.tsu.ge/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=36)
4. 5th International Conference on Application of Information and Communication Technologies. 12-14 October 2011. Baku, Azerbaijan. <http://aict.info/2011/>
5. მეორე საერთაშორისო კონფერენცია მიძღვნილი ეროვნული მეცნიერებათა აკადემიის 70-ე წლისთავისადმი და პირველი პრეზიდენტის ნიკო მუსხელიშვილის დაბადების 120-ე წლისთავისადმი. 15-19 სექტემბერი 2011. ბათუმი. საქართველო. <http://rmi.acnet.ge/~gmu/>

6. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „მართვის ავტომატიზირებული სისტემები და თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიები“. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი. 2011.

### კვლევის თემა 3: ტექსტური კორპუსების მენეჯერის შემუშავება

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: ლიანა ლორთქიფანიძე

#### კვლევის აქტუალობა და მიზნები:

1. ქართული ენის კორპუსისთვის შემუშავდა ინფორმაციის მოპოვების, ანალიზის და ალგორითმიზაციის ტექნოლოგია;
2. დასრულდა ქართული ენის მორფოლოგიური პროცესორის კომპილაციის პროგრამული უზრუნველყოფა;
3. შემუშავდა პროგრამული ინსტრუმენტები ენის კორპუსის მენეჯერის კომპილაციისათვის.

#### სამომავლო გეგმები

დაგეგმილია სხვადასხვა სახის ტექსტური კორპუსების მაგალითზე კორპუსის მენეჯერის პროგრამული რეალიზაცია და ინტერნეტ პორტალზე განთავსება.

#### გამოქვეყნებული პუბლიკაციები:

1. **Л. Лордкипანიძე.** Программные инструменты для морфологического аннотирования корпуса. Труды международной конференцт «Корпусная Лингвистика – 2011», Санкт-Петербург. 2011, стр. 243.
2. **ლ. ლორთქიფანიძე.** ინფორმაციის შემუშავების ტექნოლოგია ქართული ენის კორპუსისთვის. ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული#15, 2011წ. გვ.

#### მოხსენებები კონფერენციებზე:

1. **L. Lortkipanidze, M. Beridze.** The issue of Morphological Annotation of the Georgian Dialect Corpus. Conference Gude of the 8th International Symposium on Language, Logic and computation, Kutaisi, 2011.

#### 4. სამეცნიერო მიმართულება: ალგორითმები და მათი სირთულე

### კვლევის/პროექტის თემა 1: დიდი პოლინომიური მატრიცების სწრაფი ფაქტორიზაციის თეორიული და პრაქტიკული საკითხები

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: ალექსანდრე გამყრელიძე, ლაშა ევრემიძე

#### კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:

პროექტის მიზანია ზოგადად დიდი მატრიცების ფაქტორიზაციის ეფექტური ალგორითმების შექმნა და იმპლემენტაცია, რაც ფართოდ გამოიყენება მეცნიერებასა და პრაქტიკაში - ინფორმაციის გადამამუშავებელ სისტემებში, კერძოდ მობილური ტელეფონების ქსელებში, სატელიტურ გადამცემებში, დიგიტალურ ტელევიზიაში და ა.შ.

#### კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

განხორციელებულია ე.წ. დობემის ვეივლეტ მატრიცების გამოთვლის ალგორითმი, რომელიც მიახლოებითი მონაცემებიდან გამომდინარე გამოითვლის უფრო ზუსტ რაციონალურ კოეფიციენტებს, რომლებიც ზუსტად აკმაყოფილებენ გარკვეულ მათემატიკურ პირობებს.

#### გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:

1. **L. Ephremidze, A. Gamkrelidze and E. Lagvilava,** An approximation of Daubechies wavelet matrices by perfect reconstruction filter banks with rational coefficients, Advances in Computational Mathematics, Springer Verlag, Oct. 2011.



**კვლევის/პროექტის თემა 2: დაბალგანზომილებიანი ტოპოლოგიური სტრუქტურების (კვანძების, გრაფების და ა.შ.) ინვარიანტების გამოთვლა.**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ალექსანდრე გამყრელიძე, გიუნტერ ჰოთცი (გერმანია), ლევან ვარამაშვილი.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

დაბალგანზომილებიანი ტოპოლოგიური სტრუქტურები სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება მეცნიერების ისეთ დარგებში, როგორცაა მათემატიკა, ფიზიკა, ქიმია, ბიოლოგია და სხვა. გრაფების, კვანძებისა და ლინკებისთვის ინვარიანტების გამოთვლა გადამწყვეტი უნდა იყოს ამ მეცნიერებათა შემდგომი განვითარებისათვის.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

საარლანდის უნივერსიტეტის პროფესორ გიუნტერ ჰოთციდან თანამშრომლობით შემუშავდა გრაფთა ინვარიანტის გამოთვლის ახლებური ალგორითმი, რომლის ტესტირების პროცესი ახლა მიმდინარეობს. ამას გარდა, შემუშავებულია ე.წ. კვანძების ჰოლონომურიობის გამოთვლისა და კონცეფციის ინტეგრალის გამოსათვლელად საჭირო სწრაფი ალგორითმები.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:**

1. Algorithms in Low-Dimensional Topology: Holonomic Parametrization of Knots, Journal of Mathematical Sciences, Springer Verlag, 2011 (მიღებულია დასაბეჭდად).

აკადემიკოს ნიკოლოზ ვახანიას სამეცნიერო საქმიანობის ამსახველი  
233 24 38; ელ-ფოსტა: [nikovakhanian@yahoo.com](mailto:nikovakhanian@yahoo.com)

**სამეცნიერო მიმართულება: ნამდვილი და სტოქასტური ანალიზი**

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** კვატერნიონული შემთხვევითი სიდიდეები. სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტები ჰილბერტის სივრცეში. მწკრივთა უპირობო კრებადობა ბანახის მესერში.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

საანგარიშო წელს სამეცნიერო კვლევა წარიმართა რამდენიმე მიმართულებით. მიმოვიხილოთ თითო-უული მათგანის აქტუალობა და მიზანი.

ა) საანგარიშო წელს გაგრძელდა კვატერნიონული შემთხვევითი სიდიდეების თვისებების შემდგომი შესწავლა. გამოკვლეული იქნა პოიას თეორემის მართებულობის საკითხი.

ბ) სუბგაუსის შემთხვევითი სიდიდის ცნება 1960 წელს შემოიტანა ცნობილმა ფრანგმა მათემატიკოსმა ჟ.პ. კახანამ ნაშრომში [J.P. Kahane. Propriétés locales des fonctions à séries de Fourier aléatoires. *Studia Math.*, 19, 1, 1960, 1-25]. მოგვიანებით ეს ცნება მრავალი ავტორის მიერ იქნა გამოყენებული. გასული საუკუნის მიწურულს გაჩნდა ბანახის სივრცეში მნიშვნელობების მქონე სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტების განხილვის აუცილებლობა და ამ პრობლემას მრავალი მათემატიკოსის ნაშრომი მიეძღვნა. სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტების თვისებების შესწავლა დღესაც საკმაოდ აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს, რაზედაც მეტყველებს სამეცნიერო ჟურნალებში ამ მიმართულებით გამოქვეყნებულ ნაშრომთა სიმრავლე.

ამ მიმართულებით საანგარიშო წელს ჩვენი კვლევის ძირითად მიზანს წარმოადგენდა სეპარაბელურ ჰილბერტის სივრცეში სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტების დახასიათება. ამოცანა შემდეგნაირად ისმება: რა შემთხვევაში წარმოადგენს სეპარაბელურ ჰილბერტის სივრცეში მნიშვნელობების მქონე სუსტად სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტი (ძლიერად) სუბგაუსის შემთხვევით ელემენტს? ამ ამოცანაზე ნაწილობრივი პასუხი იყო გაცემული იტალიელი მათემატიკოსის რ.ჯ. ანტონინის ნაშრომში [R.G. Antonini. Subgaussian random variables in Hilbert spaces. *Rend. Sem. Mat. Univ. Padova*, 98, 1997, 89-99].

გ) ადვილი შესამჩნევია, რომ სასრულგანზომილებიან ბანახის მესერში ელემენტთა მოდულებისგან შემდგარი მწკრივის კრებადობა თვით ამ ელემენტებისგან შემდგარი მწკრივის უპირობო კრებადობის ეკვივალენტურია. საზოგადოდ, ნებისმიერ ბანახის მესერში ელემენტთა მოდულებისგან შემდგარი მწკრივის კრებადობა იწვევს თვით ამ ელემენტებისგან შემდგარი მწკრივის უპირობო კრებადობას. ნაშრომში [G.J.O. Jameson. Unconditional convergence in partially ordered linear spaces. *Math. Ann.*, 200, 1973, 227-233] ჩამოყალიბებულია შემდეგი ჰიპოთეზა: თუ ბანახის მესერი არ არის აბსტრაქტული  $M$ -სივრცის იზომორფული, მაშინ მასში არსებობს ისეთი უპირობოდ კრებადი მწკრივი, რომლის შესაკრებების მოდულებისგან შემდგარი მწკრივი განშლადია. ეს ჰიპოთეზა დადებითად იქნა გადაწყვეტილი ნაშრომში [Y.A. Abramovic, E.D. Positselskii, L.P. Yanovskii. On some parameters with normed lattices and on series characterization of  $M$ -spaces. *Studia Math.*, 63, No. 1, 1978, 1-8]. ჩვენი მიზანია ეს ჰიპოთეზა დავამტკიცოთ ჩვენ მიერ შემუშავებული მეთოდით, რომელიც სილვესტრის მატრიცების გამოყენებაზე არის დაფუძნებული. ადრე ამ მეთოდით ჩვენ დავამტკიცეთ ამ ჰიპოთეზის სუსტი ვარიანტი ნაშრომში [V. Kvaratskhelia, N. Vakhania. On unconditional convergence in Banach spaces with unconditional basis. *Bull. Georgian Acad. Sci.*, 3, No. 1, 2009, 10-14].

**5. კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

კვლევის დასახული მიზნების ირგვლივ საანგარიშო წელს მიღებული იქნა შემდეგი შედეგები:

ა) დამტკიცდა, რომ გაუსის განაწილების პოიას დახასიათება არ არის სამართლიანი კვატერნიონული შემთხვევითი სიდიდეებისათვის.

ბ) ვთქვათ  $X$  არის ნორმირებული სივრცე და  $X^*$  არის მისი შეუღლებული სივრცე. ჩვენ ვიტყვით, რომ შემთხვევითი ელემენტი  $\xi$  მნიშვნელობებით  $X$ -ში არის

- **სუსტად სუბგაუსის**, თუ  $\langle x^*, \xi \rangle$  არის სუბგაუსის შემთხვევითი სიდიდე ყოველი  $x^* \in X^*$ -სათვის;
- **(ძლიერად) სუბგაუსის**, თუ არსებობს გაუსის შემთხვევითი ელემენტი  $\eta$  მნიშვნელობებით  $X$ -ში ისეთი, რომ  $E e^{\langle x^*, \xi \rangle} \leq E e^{\langle x^*, \eta \rangle}$  ყოველი  $x^* \in X^*$ -სათვის.

თუ  $\xi$  სუბგაუსისაა, მაშინ ის აგრეთვე სუსტად სუბგაუსისაც არის. შებრუნებული დებულება სწორია სასრულგანზომილებიან სივრცეებში. საზოგადოდ კი ის სწორი არ არის.

ამ მიმართულებით ჩვენი ძირითადი შედეგი ასე ფორმულირდება.

**თეორემა 1.** ვთქვათ  $\xi$  სუსტად სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტია მნიშვნელობებით სეპარაბელურ  $H$  ჰილბერტის სივრცეში. მაშინ  $\xi$  არის სუბგაუსის მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა

$$\sum_{k=1}^{\infty} \tau^2(\langle \xi, e_k \rangle) < \infty$$

$H$ -ის ყოველი  $(e_k)$  ორთონორმირებული ბაზისისათვის, სადაც  $\tau(\langle \xi, e_k \rangle)$  წარმოადგენს  $\langle \xi, e_k \rangle$  შემთხვევითი სიდიდის სუბგაუსის სტანდარტს.

ჩვენ მიერ აგრეთვე დამტკიცებული იქნა შემდეგი ინტეგრალური უტოლობა, რომელიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ჩვენს გამოკვლევებში.

**თეორემა 2.** ვთქვათ, რაიმე  $[a, b]$ ,  $a < b$ , ინტერვალზე განსაზღვრული  $f$  ფუნქციისათვის მოიძებნება ისეთი  $p > q > 0$  და  $C \geq 1$  რიცხვები, რომ

$$\left( \int_a^b |f(x)|^p dx \right)^{1/p} \leq C \left( \int_a^b |f(x)|^q dx \right)^{1/q} < \infty.$$

მაშინ, ყოველი  $r$  და  $s$  რიცხვებისათვის,  $0 < r, s \leq p$ , სამართლიანია უტოლობა

$$\left( \int_a^b |f(x)|^r dx \right)^{1/r} \leq C^\beta \left( \int_a^b |f(x)|^s dx \right)^{1/s},$$

სადაც  $\beta = 0$  თუ  $0 < r \leq s \leq p$ ;  $\beta = 1$  თუ  $q \leq s < r \leq p$ ;  $\beta = \frac{q(p-s)}{s(p-q)}$  თუ  $0 < s < q < r \leq p$  და

$$\beta = \frac{p(q-s)}{s(p-q)} \text{ თუ } 0 < s < r \leq q.$$

გ) კვლევის შემდეგი ქვემიმართულებით სილვესტრის მატრიცების გამოყენებით მიღებული იქნა შემდეგი ძირითადი შედეგი.

**თეორემა 3.** ვთქვათ  $X$  არის ბანახის მესერი. შემდეგი დებულებები ერთმანეთის ეკვივალენტურია.

(i)  $X$  რიგობრივად იზომორფულია  $M$ -სივრცის.

(ii) არსებობს კონსტანტა  $K \geq 2$  ისეთი, რომ ყოველი  $n$  ნატურალური რიცხვისათვის და  $X$  -

ის ელემენტთა ყოველი  $x_1, x_2, \dots, x_n$  მიმდევრობისათვის სრულდება უტოლობა

$$\left\| \sum_{i=1}^n |x_i| \right\| \leq \max_{\Delta \subset \{1, 2, \dots, n\}} \left\| \sum_{i \in \Delta} x_i \right\|.$$

(iii)  $X$ -ში  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$  მწკრივის უპირობო კრებადობიდან გამომდინარეობს  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k|$  მწკრივის კრებადობა.

#### გრანტებში მონაწილეობა:

საანგარიშო წელს მონაწილეობას ვიღებდი შემდეგი საგრანტო პროექტის შესრულებაში:

- შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტი **GNSF/FT09\_99\_3-104** „ალბათური განაწილებების დახასიათების ამოცანები და მათი გამოყენებები“. <http://217.147.224.46/PUBLIC2009/default.aspx>

#### გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.): მიღებული შედეგები:

- გამოქვეყნებულია აკადემიკოს ი. ფრანგიშვილის დაბადების 80 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენციის „საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა“ შრომათა კრებულში, რომელიც 2011 წელს დაიბეჭდა ამერიკის შეერთებულ შტატებში გამომცემლობა “Nova Science Publishers”-ის მიერ;
- მოხსენდა აკადემიკოს ნიკო მუსხელიშვილის დაბადების 120 წლისთავისადმი მიძღვნილ საერთაშორისო კონფერენციას „უწყვეტ გარემოთა მექანიკა და ანალიზის მონათესავე საკითხები“, თბილისი, 9-14 სექტემბერი, 2011 წელი;
- მოხსენდა საქართველოს მათემატიკოსთა კავშირის მე-2 საერთაშორისო კონფერენციას, ბათუმი, 15-19 სექტემბერი, 2011 წელი;
- მოხსენდა საერთაშორისო კონფერენციას „თანამედროვე ალგებრა და მისი გამოყენებები“, თბილისი, 19-25 სექტემბერი, 2011 წელი.

#### სტატიები:

1. V. Kvaratskhelia, R. Denchev, N. Vakhania. On an integral inequality. Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80th Anniversary of I.V. Prangishvili. Nova Science Publishers, 2011. [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=25352](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=25352)
2. G. Chelidze, N. Vakhania. On a quaternion valued Gaussian random variables. Stud. Univ. Babeş - Bolyai Math. 56(2011), No. 2, 295–298.

#### საკონფერენციო მასალები:

1. V. Kvaratskhelia, N. Vakhania, V. Tarieladze. A Characterization of Subgaussian Random Elements in a Separable Hilbert Space. The II International Conference Dedicated to the 70th Anniversary of the Georgian National Academy of Sciences & the 120th Birthday of its First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili, September 15–19, 2011, Batumi, Georgia. Book of abstracts, p. 115. [http://www.rmi.ge/~gmu/II\\_Annual\\_Conference/Mathematical%20Union2011-22.pdf](http://www.rmi.ge/~gmu/II_Annual_Conference/Mathematical%20Union2011-22.pdf)
2. V. Kvaratskhelia, N. Vakhania. An Application of Sylvester Matrices. Proceedings of the International Conference “Modern Algebra and its Applications”, September 19-25, 2011, Batumi, Georgia, p. 65-74.

#### კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

საანგარიშო წელს ვიყავი:

- ნიკო მუსხელიშვილის დაბადების 120 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენციის სამეცნიერო კომიტეტის წევრი.

სხვა აქტივობა: სამეცნიერო ჟურნალების “Georgian Mathematikal Journal” და «Теория Вероятностей и её Применения» სარედაქციო კოლეგიის წევრი.

January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

---

# ფიზიკის დეპარტამენტი

## არაწრფივი მოვლენების ფიზიკის ქვემიმართულება და არაწრფივი მოვლენების ფიზიკის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

თბილისი, ი. ჭავჭავაძის პრ. 3. 222-34-84; [a\\_ugulava@yahoo.com](mailto:a_ugulava@yahoo.com)

### სამეცნიერო მიმართულება: არაწრფივი მოვლენების ფიზიკა

#### 1. არაწონასწორული თერმოდინამიკა და კვანტური ინფორმაციის მეცნიერების პრობლემები ნანო-სისტემებში

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:**

ხელმძღვანელი - ა.უგულავა.

კვლევაში ჩართული პერსონალი – ს. ჩხაიძე, ლ. ჭოტორლიშვილი, გ. მჭედლიშვილი,

ზ. ტოკლიკიშვილი, რ. აბრამიშვილი

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):**

ძლიერად-ბმული ნანო-ელექტრომექანიკური რეზონატორების არაწრფივი დინამიკა.

მცირე მაკროსიდიდეთა კვანტური შესწორებები

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები :**

შესწავლილია ძლიერად-ბმული ნანო-ელექტრო მექანიკური რეზონატორების არაწრფივი დინამიკა, რომელიც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მცირე მასებისა და ძალების დეტექტირებისათვის საჭირო დიდი სიზუსტის მქონე სენსორების შესაქმნელად.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

ჩვენ შევისწავლეთ ორი, ცვალებადი ძალით გამოწვეული, ძლიერად ბმული არაწრფივი ოსცილატორის დინამიკა ორი ნანო-ელექტრომექანიკური რეზონატორის მაგალითზე, რაც მეტად მნიშვნელოვანია ასეთი რეზონატორების პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით. ჩვენს მიერ მიღებულ იქნა ოსცილატორთა ამპლიტუდებისა და ენერგიების განაწილების დამოკიდებულება გარეშე მაიმულებელი ძალის სიხშირეზე. ვაჩვენეთ, რომ არაწრფივი ძალები იწვევენ რეზონანსული პიკების "გადაზნექას", რომლებიც თავის მხრივ ჰისტერეზისის მარყუჟს წარმოქმნიან. ნაჩვენებია, რომ ელექტრომექანიკურ ოსცილატორთა ენერგიების განაწილების დეტექტირება შესაძლებელია გარეშე ძალის სიხშირის ნელი ცვლილებით. ელექტრომექანიკური რეზონატორები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მცირე მასებისა და ძალების დეტექტირებისათვის საჭირო დიდი სიზუსტის მქონე სენსორების შესაქმნელად.

არაწრფივი მერხევი სისტემა, წარმოდგენილი "ქმედება-კუთხე" ცვლადებში, ხასიათდება სიხშირის დამოკიდებულებით ქმედებაზე  $\omega_0(I)$ . ასეთ სისტემებში სტაციონარული არაწრფივი-რეზონანსული რეჟიმი განხორციელდება ქმედების იმ კონკრეტული მნიშვნელობისათვის, რომელიც აკმაყოფილებს რეზონანსის პირობას  $\omega_0(I) \approx \omega$ , სადაც  $\omega$  - გარეშე ძალის სიხშირეა. ზოგიერთი ფიზიკური ამოცანისათვის შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ  $I \gg \hbar$ , რაც  $I$ -ს კლასიკურად განხილვის საშუალებას იძლევა, ხოლო ქმედების შესწორება  $\Delta I \approx \hbar$  კვანტურ სიდიდედ წარმოგვიდგება.  $\Delta I$  სიდიდის კვანტური დინამიკა ზომიერი არაწრფივობის მიახლოებაში  $\varepsilon \ll \frac{d\omega}{dI} \cdot \frac{I}{\omega} \ll \frac{1}{\varepsilon}$ , სადაც  $\varepsilon$  არის ურთიერთქმედებასთან დაკავშირებული მცირე პარამეტრი, აღიწერება მათი-შრედიგერის განტოლებით. საწყისი მდგომარეობა, რომელიც ასეთ სისტემაში ჩამოყალიბდება აღიწერება  $\hat{\Delta}$  ოპერატორის საკუთარი ფუნქციით. რომელიც არ კომუტირებს სრულ ჰამილტონიანთან.  $\Delta I$ -ს საკუთარი ფუნქციების გაშლით ფურიეს ფუნქციებად შესაძლებლობა გვეძლევა ვიპოვოთ ენერგეტიკულ დონეთა დასახლებების განაწილება. ნაჩვენებია, რომ ასეთ სიტუაციაში შესაძლებელია ინვერსიულ დასახლებათა წამოქმნა.

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. L.Chotorlishvili., A.Ugulava, G.Mchedlishvili, A.Komniki, S. Wimberger and J.Rerakdar. J.Phys. B. 44, 215402, 9, (2011)
2. A.Ugulava, G.Mchedlishvili, S.Chkhaidze, L.Chotorlishvili. Phys. Rev. E84, 046606 (2011)
3. Угулава А., Токликишвили З., Чхаидзе С., Чоторлишвили.Л, Абрамишвили Р. Хаотические уровни энергии трехатомной молекулы GESJ: Physics. 2011. No.1 (5) pp.61-68. (<http://gesj.internet-academy.org.ge/download.php?id=1838.pdf>)
4. Угулава А., Мчедlishvili Г., Чхаидзе С., Чоторлишвили. Полуклассическая теория нелинейного резонанса. GESJ: Physics // 2011 | No.1(5) , pp. 69-79 (<http://gesj.internet-academy.org.ge/download.php?id=1839.pdf>)

კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

1. სამეცნიერო სემინარები

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):

1. Science and Technology Center in Ukraine (STCU) Grant No.5053
2. რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

## 2. დინამიური ეფექტები ძლიერად კორელირებულ დაბალგანზომილებიან სისტემებში

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: რამაზ ხომერიკი

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):

დაბალგანზომილებიანი ქვანტური სისტემების ფიზიკა იხილავს ბუნებაში არსებულ ან ხელოვნურად შექმნილ ობიექტებს, რომლებშიც ელემენტარული აგზნებების დინამიკა ერთი ან ორი სივრცული განზომილებით არის შეზღუდული. ასეთი სისტემების თვისებების სისტემატური შესწავლა წინა საუკუნის მეორე ნახევარში დაიწყო, უმთავრესად თეორიულ დონეზე. თეორიულმა კვლევებმა დაადგინეს, რომ დაბალგანზომილებიან მრავალნაწილაკოვან სისტემებში ფიზიკური სიდიდეების ფლუქტუაციები გაზრდილ როლს თამაშობენ. ასეთი ძლიერად კორელირებული სისტემების ადექვატური აღწერა პრინციპულად ახალ თეორიულ მიდგომებს მოითხოვს.

ბოლო ოცი წლის განმავლობაში ამ დარგს უამრავი პრაქტიკული და გამოყენებითი ასპექტი გაუჩნდა. ფენოვანი სტრუქტურის მქონე მაღალტემპერატურული ზეგამტარები, ნახევარგამტარი ჰეტეროსტრუქტურები, რომლებშიც დაიმზირება ქვანტური ჰოლის ეფექტი, ნანომეტრის ზომის ქვანტური მავთულები, ნახშირბადის ნანომილები, და გრაფენი, ოპტიკური ფერმი და ბოზე მესერები, ეგრეთწოდებული სპინური კიბეები და ა.შ. – ყველა ეს ობიექტი დაბალგანზომილებიანია, დაწვრილებით ისწავლება ექსპერიმენტულად და მნიშვნელოვან როლს თამაშობს თანამედროვე ტექნოლოგიური პროგრესის განვითარებაში.

უნდა აღინიშნოს, რომ დაბალგანზომილებიან ქვანტურ სისტემებს ოპტიკური ანალოგი გააჩნიათ სტრუქტურირებული ფოტონური კრისტალების სახით. სინათლის ინტენსიობის სტაციონარული განაწილება ასეთ სისტემებში იძლევა ქვანტური საბაზისო მოვლენების (როგორებიცაა ლანდაუ-ზენერის ტუნლირება, ბლოხის და რაბის ოსცილაციები და ა.შ.) ვიზუალიზაციის საშუალებას. თავის მხრივ კი ასეთ ოპტიკურ სისტემებს დიდი პოტენციალი აქვთ სხვადასხვა სახის მთლიანად ოპტიკური მოწყობილობების (ოპტიკური გადამრთველების, ფილტრების, გამამლიერებლების) შექმნისათვის სატელეკომუნიკაციო სისტემებისთვის. იმის გამო, რომ სინათლის გავრცელებას ასეთი ტიპის ფოტონურ სისტემებში რთული ბუნება აქვს, გამოყენებითი კვლევების პროგრესი დიდადა დამოკიდებული ახალი თეორიული კონცეფციებისა და სქემების შემუშავებაზე და გაუმჯობესებული რიცხვითი გამოთვლების მეთოდებზე. წინამდებარე პროექტის ერთი ნაწილის მიზანია სწორედ ქვანტური დაბალგანზომილებიანი სისტემებში აღმოჩენილი ეფექტების ოპტიკური ანალოგების პოვნა და ასეთი ფუნდამენტური კვლევების მიმართვა პრაქტიკულად გამოსაყენებელი ოპტიკური მოწყობილობების შექმნისათვის. ამ მიზნის განსახორციელებლად დიდად გამოგვადგება სხვადასხვა გრანტების (GNSF, NATO, CRDF, FP6) ფინანსირებით ჩვენს უცხოელ კოლაბორატორებთან (იტალია, საფრანგეთი, გერმანია, აშშ) თანამშრომლობის დროს დაგროვილი გამოცდილება.

ჩვენს მიერ შესრულებული თეორიული კვლევები ზემოთაღნიშნული დარგის სხვადასხვა ასპექტს ეხება.

1. ანომალური დიფუზიის რეჟიმები დისკრეტულ ოპტიკურ სისტემებში

ჩვენ დაგეგმილი გვაქვს შევისწავლოთ ტალღური პაკეტების გაფართოების დინამიკა გრადიენტული ველის მოქმედებისას. ჩვენ ვაპირებთ შევისწავლოთ ოპტიკური სხივის თვითჩაჭერისა და მომდევნო „აფეთქების“ ეფექტი ოპტიკურ ტალღამტარულ არეებში. კერძოდ, როცა დიდი ინტენსიურობის ლაზერის სხივი შემვებულია მხოლოდ ერთ ტალღამტარში, მაშინ დიდ მანძილებზე სხივი ჩაჭერილი იქნება იმავე ტალღამტარში, ხოლო შემდეგ სინათლე გადავა სხვა ტალღამტარებში ბლოხის ოსცილაციების მეშვეობით. ფაქტიურად, ინტენსიობის მცირე ზრდით შეიძლება დიდად შევცვალოთ „აფეთქების“ ადგილი. პროექტის ამ ნაწილის მიზანია დამაკმაყოფილებლად ავხსნათ ეს არატრივიალური ეფექტი და შევთავაზოთ ექსპერიმენტული პარამეტრები ეფექტის დასაკვირვებლად.

## 2. სტოქასტური რეზონანსი ოპტიკურ ტალღამტარებში

ამ ნაწილში შევეცდებით ჩვენს მიერ ახლახან ნაპოვნი სტოქასტური რეზონანსის ეფექტი საზღვრიდან აღზნებულ სისტემებში გამოვიყენოთ ოპტიკურ კონტექსტში. ეფექტი გამოჩნდება იმით, თუ სხივი გადავა ნაკლები გარდატეხის მაჩვენებლიან არეში და ჩვენ შეგვეძლება გავაკონტროლოთ ეს გადასვლა ხმაურის ინტენსიურობის მომატებით ან დაკლებით. ამ რიცხვითი ტესტის წარმატების შემთხვევაში ჩვენ შეგვეძლება ამ ეფექტის განზოგადება სხვა მსგავსი განვრცობილი არაწრფი სისტემებისათვის.

## 3. ოპტიკური იმპულსების გავრცელება ორგანოზომილებიან ოპტიკურ მესერებში

ჩვენ შევისწავლით სინათლის იმპულსების გავრცელებას ოპტიკურ ფირფიტაში, რომლის გარდატეხის მაჩვენებელი მოდულირებულია ორივე სივრცით განზომილებაში. ჩვენს წინა შრომაში განხილული იყო სტაციონარული სხივების ტრაექტორია ანალოგიურ გარემოში და ამოცანა დაიყვანებოდა პარამეტრულად აღზნებული მათემატიკური ქანქარის მოდელზე. შესაბამისად არსებობდა ოპტიკური სხივის ქაოსური ტრაექტორიებიც. ოპტიკური იმპულსების განხილვისას ამოცანა საკმაოდ რთულდება და რეალურად 2+1 (ორი სივრცული და ერთი დროითი) განზომილებიან შემთხვევასთან გვაქვს საქმე. განსაკუთრებით საინტერესო იქნება ისეთი შემთხვევის განხილვა, როცა ოპტიკური ფირფიტის გარდატეხის მაჩვენებლის მოდულაციის ცვლილებით შესაძლებელი იქნება სინათლის იმპულსის მოძრაობის ქაოსურიდან პერიოდულში გადასვლა და პირიქით.

## კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

მოუწესრებელი კვაზიერთგანზომილებიანი სისტემების შესწავლა ხელს შეგვიწყობს უფრო დაწვრილებით და ღრმად გავიგოთ ნიმუშის მოცულობაში განვითარებული კორელაციების გავლენა ელექტრონების მინარევებზე გაბნევის პროცესებში. ჩამ ამოცანის გადაჭრა საშუალებას მოგვცემს დავინახოთ მინარევებზე გაბნევის პროცესებში ერთგანზომილებიანი ლატინჯერის სითხიდან ფერმი სითხეში გადასვლის სპეციფიკა. ამ მიმართულებით ზუსტად მიღებულ შედეგებს განსაკუთრებული თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა ექნება. როგორც აღვნიშნეთ, დაგეგმილია აგრეთვე ქვანტური ეფექტების ვიზუალიზაციის შესაძლებლობის შესწავლა სტრუქტურირებად ფოტონურ კრისტალებში, როლებიც ექსპერიმენტული შემოწმების შემდეგ შეიძლება პირდაპირ გამოყენებულ იქნას ახალი ოპტიკური დანადგარების (გამაძლიერებლების, ზემგრძობიერი დეტექტორების, ჩამრთველების, ლოგიკური ელემენტების) შესაქმნელად. მეორეს მხრივ, ჩვენს მიერ გამოკვლეული არაწრფივი და მრავალჯერადი ლანდაუ-ზენერის ტუნელირების ეფექტი შეიძლება ავტომატურად განზოგადდეს ბოზე-აინშტაინის კონდენსატების კონტექსტში და ეს ეფექტი აგრეთვე შეიძლება განიხილებოდეს როგორც ბაზისი ოპტიკური და ატომური ფილტრების შესაქმნელად.

- შედეგები პროექტების/მიმართულებების მიხედვით:

**ელექტრონული სიმკვრივის განაწილება და ქვანტური ტრანსპორტი კვაზიერთგანზომილებიან მოუწესრიგებელ სისტემებში:** ამ მიმართულებით ჩატარებული კვლევების შედეგად სტანდარტული (ერთჯაჭვიანი) კეინ-ფიშერის პრობლემა განზოგადებული და ამოხსნილი იქნება მრავალჯაჭვიანი ელექტრონული სისტემების შემთხვევაში. ეს ხელს შეუწყობს რეალისტურ სისტემებში (ქვანტურ მავთულებში, ნახშირბადის ნანომავთულებში და ა.შ.) ელექტრონ-მინარეული გაბნევის დეტალურ შესწავლას და ასეთი სისტემების ტრანსპორტული თვისებების ადეკვატურ აღწერას.

**ანომალური დიფუზიის რეჟიმები დისკრეტულ ოპტიკურ სისტემებში:** ამ მიმართულებით ჩატარებულ კვლევებში შედეგად ჩაითვლება სრული გაგების მიღწევა დიფუზიის ანომალური რეჟიმების კვლევაში მოცემული ოპტიკური სისტემის შემთხვევაში და რეალისტური პარამეტრების შეთავაზება პრობლემის შემდგომი ექსპერიმენტული კვლევისთვის.



**სტოქსტური რეზონანსი ოპტიკურ ტალღამტარებში:** ამ ნაწილის შედეგი იქნება ოპტიკური გადასვლების გაკონტროლება ხმაურის მეშვეობით და გამოყენებითი დანადგარის მოდელის შეთავაზება.

**ოპტიკური იმპულსების გავრცელება ორგანზომილებიან ოპტიკურ მესერებში:** შედეგი იქნება ოპტიკური იმპულსების ტრაექტორიების მართვა ორგანზომილებიანი ფირფიტის პარამეტრების ცვლით და ამის ბაზაზე ახალი ოპტიკური გადამრთველების შეთავაზება ექსპერიმენტული შემოწმებისთვის.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

- (1) R. Khomeriki (2011), "Multiple Landau-Zener tunnelling in two weakly coupled waveguide arrays", European Physical Journal D, **61**, 193, <http://dx.doi.org/10.1140/epjd/e2010-10447-9>
- (2) D.O. Krimer, R. Khomeriki, S. Flach, (2011), "Two interacting particles in a random potential", JETP Letters, **94**, 438, [http://www.jetpletters.ac.ru/ps/1946/article\\_29517.shtml](http://www.jetpletters.ac.ru/ps/1946/article_29517.shtml)
- (3) D.O. Krimer, R. Khomeriki, (2011), "Realization of discrete quantum billiards in a two-dimensional optical lattice", Phys. Rev. A, **84**, 041807, <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevA.84.041807>
- (4) J.-P. Nguenang, S. Flach, R. Khomeriki, (2012), "Resonant invisibility with finite range interacting fermions", Phys. Lett. A, **376**, 472, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375960111014332>

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

- (1) D.O. Krimer, R. Khomeriki, S. Flach, (2011) "Localization of two interacting bosons in a random potential", MEETING OF GERMAN PHYSICAL SOCIETY (DPG), Dresden (Germany), March 13 – 18; <http://www.dpg-verhandlungen.de/2011/dresden/dy35.pdf>
- (2) R. Khomeriki, D.O. Krimer, (2011), „Optical Analogy of Quantum Particles Interaction in a Lattice“, INTERNATIONAL SCHOOL ON NON-LINEAR DYNAMICS IN COMPLEX SYSTEMS, Yaounde, (Cameroon), October 31 – November 11, [http://cdsagenda5.ictp.it/full\\_display.php?email=0&ida=a10190](http://cdsagenda5.ictp.it/full_display.php?email=0&ida=a10190)
- (3) R. Khomeriki, (2011), "Playing with Jerome Using pendula and Waveguides", COLLOQUIUM IN HONOUR OF JEROME LEON, Montpellier, (France), November 14-16, <http://www.coulomb.univ-montp2.fr/Colloque-en-l-honneur-de-Jerome>

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

Two-year grant from Science and Technology Centre in Ukraine (STCU), # 5053 & რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი 09/04 (1010-2012).

### 3. დინამიური სტოქსტურობისა და არაწრფივი მოვლენების შესწავლა ოპტიკურ რეზონატორებში, მაგნიტურ სისტემებში. კვანტური სითბური მანქანების თვისებების შესწავლა და მარგი ქმედების კოეფიციენტის გამოთვლა ტავის-კამინგის მოდელის მაგალითზე.

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ზაზა ტოკლიკიშვილი, ზუსტ და

საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის ფიზიკის მიმართულების ასისტენტ-პროფესორი;

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):** რეზონატორების კვანტური ელექტროდინამიკა დღესდღეისობით წარმოადგენს ფიზიკის ერთ-ერთ სწრაფად განვითარებად დარგს რომელიც სწავლობს ატომების ურთიერთქმედებს ფოტონებთან მაღალი სიზუსტის რეზონატორებში, ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ფართო სპექტრში მიკროტალღებიდან ხილულ სინათლემდე. ინტერესი ასეთი სისტემების მიმართ გამოწვეულია რამდენიმე მიზეზით: ერთ-ერთი მათგანია შესაძლებლობა იმისა რომ უფრო ღრმად შევისწავლოთ ღია სისტემების დინამიკა.

ისმის კითხვა როგორ ავლწეროთ ატომის ურთიერთქმედება სინათლესთან. პირველი შეხედვით ეს რთული ამოცანაა, რადგანაც ის შეიცავს ბევრ თავისუფლების ხარისხს. თვითონ ატომი შედგება ატომბირთვისა და მის გარშემო მოძრავი ელექტრონებისაგან, უმარტივეს შემთხვევაში შეგვიძლია განვიხილოთ წყალბადის ატომი რომელიც შედგება ერთი პროტონისა და ერთი ელექტრონისაგან. გარდა იმისა რომ ატომი მოძრაობს როგორც ერთი მთლიანი, უნდა მხედველობაში მივიღოთ ელექტრონის მოძრაობა ატომის შიგნით. ორივე ეს მოძრაობა უნდა განვიხილოთ კვანტურ მექანიკურად.

თუ განვიხილავთ ატომის ურთიერთქმედებას ელექტრომაგნიტურ ველთან, მაშინ პირველ მიახლოებაში ატომი შეგვიძლია ჩავთვალოთ როგორც ელექტრული დიპოლი დიპოლური მომენტი  $\vec{P} = e\vec{r}$ , რომელიც ურთიერთქმედებს ელექტრულ ველთან  $\vec{E}$  და ურთიერთქმედების ჰამილტონიანს აქვს შემდეგი სახე:

$$H_{\vec{r}, \vec{E}} = -\vec{P} \cdot \vec{E}(\vec{R}, t)$$

სადაც  $\vec{r}$  და  $\vec{R}$  აღნიშნავენ შესაბამისად ელექტრონისა და ატომის მასათა ცენტრის რადიუს ვექტორებს.. ამრიგად დიპოლური მომენტი შეიცავს ატომის შიდა თავისუფლების ხარისხებს, ხოლო  $\vec{R}$  აღწერს მასათა ცენტრის მოძრაობას.

მოცემული სისტემის ქვანტურ მექანიკურად აღწერისას, არარელატივისტური კვანტური მექანიკის ფარგლებში შიდა კოორდინატი  $\vec{r}$ , მასათა ცენტრის  $\vec{R}$  კოორდინატი და ელექტრული ველი  $\vec{E}$  ხდებიან ოპერატორები. ყველაზე მარტივია განვიხილოთ შემთხვევა როცა გვაქვს მხოლოდ ორი ელექტრული მდგომარეობა, ესე იგი ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებასთან ურთიერთქმედების პროცესში მონაწილეობს მხოლოდ მხოლოდ ორი შიდა დონე და ამ ორ დონესთან ურთიერთქმედებს და იწვევს გადასვლებს ამ დონეებს შორის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მხოლოდ ერთი მოდა. ასეთ მოდელი შემოთავაზებული იყო ე. კეიმიის და ფ. კომიგის და დამოუკიდებლად გ. პაულის მიერ.

ზოგადად დისიპაციური პროცესები უნდა იყოს მხედველობაში მიღებული როდესაც ვიხილავთ რეზონატორების კვანტურ ელექტროდინამიკას. ათეული წლების განმავლობაში ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სიცოცხლის ხანგრძლივობა რეზონატორებში იყო გაცილებით მცირე ვიდრე დროითი მასშტაბები დაკავშირებული ატომების შინაგან დინამიკასთან, რომლებიც ამ რეზონატორულ ველებთან ურთიერთქმედებდნენ. მხოლოდ ბოლო დროს დამზადებულ იქნა ახალი რეზონატორები მიკროტალღურ და ოპტიკურ დიაპაზონში, რომლებშიც ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას გააჩნია გაცილებით მეტი სიცოცხლის დრო. თანამედროვე ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა დამზადდეს ერთმოდინად რეზონატორები, რომლებშიც ფოტონის საშუალო სიცოცხლის ხანგრძლივობაა 0.2 წმ. აატომს შეუძლია შთანთქას გამოსხივოს და კვლავ შთანთქას ერთი და იგივე ფოტონი მრავალჯერ. ამრიგად თანამედროვე რეზონატორებში რეალიზდება ისეთი სიტუაცია როდესაც რეზონატორის შიგნით არსებობს გამოსხივების მხოლოდ ერთი მოდა, რომელიც ურთიერთქმედებს ატომის მხოლოდ ორ დონესთან.

ბოლო წლებში დიდი ყურადღება ექცევა ატომების დინამიკის შესწავლას ოპტიკურ რეზონატორებში, რადგანაც ისინი შეიძლება გამოყენებული იქნას კვანტურ გამოთვლებში, ქვანტურ კრიპტოგრაფიაში. რაც ახალ შესაძლებლობებს გვპირდება ინფორმაციის დამუშავებისა და გადაცემის საქმეში.

ჩვენი მიზანი იყო შეგვესწავლა ტავის-კომინგის მოდელის მაგალითზე ორდონიანი ატომის დინამიკა ოპტიკურ რეზონატორში. ეს მოდელი აღწერს ორფოტონიან გადასვლებს ძირითად და აგზნებული დონეებს შორის საშუალოდ დონის გათვალისწინებით. შუალედური მდგომარეობა შეიძლება გამოიხატოს იქნას მოძრაობის განტოლებებიდან დინამიური შტარკის წანაცვლების გამოყენებით.

ინფორმაციის დამუშავების და გადაცემის საქმეში ნანო მაგნიტური სტრუქტურების შესწავლა ახალ შესაძლებლობებს გვპირდება რადგან სწორედ ასეთი ნანო მაგნიტური სტრუქტურები შეიძლება გამოყენებულ იქნას მომავალში ნანოელექტრონიკაში, ქვანტურ კომპიუტერებში. ამ მიზნით ბოლო წლებში დიდი ყურადღება ექცევა მოლეკულური მაგნიტების დინამიკის შესწავლას. ჩვენი მიზანი იყო შეგვესწავლა ასეთ ნანომაგნიტებში სპინის არაწრფივი დინამიკა.

#### **კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

ჩვენ შევისწავლეთ ტავის-კომინგის ატომის დინამიკა რეზონატორში დინამიური შტარკის წანაცვლების გათვალისწინებით. მიღებულია მოძრაობის განტოლებები რომელთა ანალიზის საშუალებით შესწავლილია ტავის-კომინგის ატომის რეგულარული და არწრფივი დინამიკა ოპტიკურ რეზონატორებში.

შესწავლილია აგრეთვე ქვანტურ-მექანიკურად ტავის-კომინგის ატომისა და ველის მდგომარეობების გადაბმულობის ამოცანა, რეზონატორში ატომის მოძრაობის ქაოსურობის გათვალისწინებით.

ორი ტავის-კომინგის ატომის მაგალითზე შესწავლილია ქვანტურ-სითბურ მანქანებში თერმოდინამიკული ეფექტები, ოტოს ციკლი და ტავის-კომინგის სითბური გადაბმულობის ამოცანა.

გამოთვლილია ასეთი სითბური მანქანის მარგი ქმედების კოეფიციენტი და შესწავლილია შტარკის დინამიური წანაცვლების გავლენა მარგი ქმედების კოეფიციენტზე.

შესწავლილია აგრეთვე მოლეკულური ნანომაგნიტებში სპინის არაწრფივი დინამიკა. მოლეკულური ნანომაგნიტები წარმოადგენენ სტრუქტურებს დიდი ეფექტური სპინით. დათვლილია სპინების კორელაციის ფუნქცია ასეთ ნანომაგნიტებში. მიღებულია სპინების სტოქასტური დინამიკის კრიტერიუმი.

მიღებულია განტოლება რომელიც ქაოსურ რეჟიმში აღწერს სპინების დიფუზიას.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

1. L. Chotorlishvili, Z. Toklikishvili, S. Wimberger, and J. Berakdar, “**Two-photon-driven nonlinear dynamics and entanglement of an atom in a nonuniform cavity**”, PHYSICAL REVIEW A **84**, 013825 (2011);
2. L. Chotorlishvili, Z. Toklikishvili, A. Komnik, and J. Berakdar “**Chaotic dynamics and spin correlation functions in a chain of nanomagnets**”, PHYSICAL REVIEW B **83**, 184405 (2011) ;
3. Levan Chotorlishvili, Zaza Toklikishvili, and Jamal Berakdar, “Thermal entanglement and efficiency of the quantum Otto cycle for the su(1,1) Tavis-Cummings system”, J. Phys. A: Math. Theor. **44** (2011) 165303 (9pp);
4. А.Угулава, З. Токликишвили, С. Чхаидзе, Л.Чоторлишвили, Р. Абрамишвили, “Хаотические уровни энергии трехатомной молекулы”, GESJ: Physics 2011 | No.1(5).

## ასტროფიზიკის ქვემომართულება

თსუ II კორპუსი, ოთახი 235

### 1. დისკი-ჯეტის სისტემის მოდელი

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: პროფ. ნანა შათაშვილი  
კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა დისკ-ჯეტის სისტემის უნივერსალური მოდელის აგება არარელატივისტურ პირობებში, რაც აქტუალურია დამზერილი ასტროფიზიკური ჯეტების ფორმირების ამოცანის ამოსახნელად.

ბელტრამის ველს აქვს დიდი გამოყენება რადგანაც ის უმარტივესი გრიგალური სტრუქტურაა, რომელიც ბუნებაში ფორმირდება. ბელტრამის პირობით მოითხოვება, რომ დინება და მისი გრიგალობა ერთმანეთის გასწვრივ იყოს, რაც შემდეგ იწვევს იმას, რომ ენერჯის სიმკვრივე განაწილდეს ერთგვაროვნად (ე.წ. ბერნულის პირობა); კომბინირებული ბელტრამი-ბერნულის პირობა ეთანადება “წონასწორული მდგომარეობის” ცნებას, თუმცა არც ისე ტრივიალურია, რადგანაც მას გააჩნია სასრული სპირალობა (helicity). ბელტრამის ველი, როგორც ერთ-ერთი შემთხვევა სტატიკური მდგომარეობისა, კარგად შესწავლილია და მისი მნიშვნელობა სპირალობასთან და რელაქსირების პროცესთან მიმართებაში განსაკუთრებით გამოკვლეულია პლაზმისათვის “ძალის გარეშე მაგნიტური ველებით” (ფორცე-ფრეე მაგნეტიც ფილდს). შემდგომში შემოთავაზებულ იქნა ორმაგი ბელტრამის ველები ორ-სითხოვანი მკდ-სათვის და უფრო საინტერესოა ალფენის ტალღების წარმოდგენა როგორც “გავრცელებადი” (propagating) ბელტრამის ველებისა.

ჩვენ განვაზოგადეთ ბელტრამის ველების გამოყენება შემოვიტანეთ რა ძლიერი სიმკვრივის ჰეტეროგენობა და ასევე ხახუნის ეფექტიც. ახალი მოდელი გამოვიყენეთ დისკ-ჯეტის სისტემისათვის – აკრეციული დისკი ხშირად გვხვდება კომბინაციაში ზურიალასმაგვარ ჯეტთან ამოფრქვეული გაზისა და შეადგენს ტიპიურ სტრუქტურას, რომელიც თანმხლებია სხვადასხვა მასშტაბის მასიური ობიექტებისა. გასწვრივობის პირობის არსებობის სადემონსტრაციოდ და იმისათვის, რომ აგვეხსნა, თუ როგორ განსაზღვრავს იგი სინგულარულ სტრუქტურას თხელი დისკისა და ვიწროდ-კოლიმირებული ჯეტისა, ჩვენ გამოვიყენეთ მინიმალური მოდელი მაგნიტური ჰიდროდინამიკისა. შემდეგ კი ფორმულირებულია განტოლებათა სისტემა და პირობები, რომლებსაც მივეყვართ სრულიად ზოგად ბელტრამის სტრუქტურებამდე – ეს უკანასკნელნი კი აკმაყოფილებენ გასწვრივობის პირობას.

კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

#### ნაპოვნია

- (i) ბელტრამის სტრუქტურების არსებობის პირობები დისკი-ჯეტი სისტემისათვის დინებისა და განზოგადოებული გრიგალობის პარალელობისას პლაზმაში.
- (ii) მიდგომა დისკი-ჯეტის სისტემის მოდელის ასაგებად განზოგადოებულ ბელტრამის ველზე დაყრდნობით

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. Z. Yoshida and N.L. Shatashvili. *Beltrami structures in disk-jet system: alignment of flow and generalized vorticity*. *ArXiv*: 1105.5281 [astro-ph.GA] 26 May 2011.

The combination of a thin disk and a narrowly-collimated jet is a typical structure that is observed in the vicinity of a massive object such as AGN, black hole or YSO. Despite a large variety of their scales and possible diversity of involved processes, a simple and universal principle dictates the geometric similarity of the structure; we show that the singularity at the origin ( $r=0$ ) of the Keplerian rotation ( $V_{\theta} \propto r^{-1/2}$ ) is the determinant of the structure. The collimation of jet is the consequence of the alignment ---so-called Beltrami condition--- of the flow velocity and the “generalized vorticity” that appears as an axle penetrating the disk (the vorticity is generalized to combine with magnetic field as well as to subtract the friction force causing the accretion). Typical distributions of the density and flow velocity are delineated by a similarity solution of the simplified version of the model.

2. N. L. Shatashvili and Z. Yoshida. *Generalized Beltrami field modeling disk-jet system*. *AIP Conf. Proc.* **1392**, 73-82 (2011), DOI: 10.1063/1.3647233.

A generalized Beltrami field, including the effect of inhomogeneous density, can model the singular structure of thin-disk and collimated-jet combination. On an accretion disk, the singularity at the origin ( $r = 0$ ) of the Keplerian rotation ( $V_{\theta} \propto r^{1/2}$ ) is the determinant of the geometry and mechanics of accompanying jet: the collimation of the jet is the consequence of the alignment — so-called Beltrami

condition — of the flow velocity and the “generalized vorticity” that appears as an axle penetrating the disk (the vorticity is generalized to combine with magnetic field as well as to subtract the friction force causing the accretion). We construct an analytical solution of the simplified version of the model by the method of similarity solution.

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

ნანა შათაშვილი მიწვეული მომხსენებელი IFP – CNR Chalmers-ის საერთაშორისო კონფერენციაზე: CNR – Chalmers workshop on nonlinear phenomena in fusion plasmas (8-10 June, 2011, Varenna, Italy)  
მომხსენებით “Generation/Acceleration of Large Scale Plasma Flows due to Magneto-Fluid Coupling”.

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

ნაწილობრივი დაფინანსება - შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტი 1-4/16

“დინებისა და გრიგალური სტრუქტურების დინამიკა და გენერაცია მრავალკომპონენტთან პლაზმაში”

## 2. ტალღების არაწრფივი დინამიკა მრავალკომპონენტთან პლაზმაში

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: პროფ. ნანა შათაშვილი**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):**

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა განზოგადოებული ჰიდრონიკამიკური მოდელის აგება დრეიფული კინეტიკური ტალღების არაწრფივი დინამიკისათვის მრავალკომპონენტთან პლაზმაში სიმკვრივისა და ტემპერატურის საწყისი არაერთგვაროვნების არსებობისას, რომელშიც გათვალისწინებულია არალოკალური პროცესები, გრიგალური მოვლენები და პლაზმური წანაცვლებითი დინების თვითშეთანხმებული არსებობა და მათ მიერ გამოწვეული ეფექტებიც. ეს განზოგადებული მოდელი შემოთავაზებულია და საინტერესოა ახალი მიდგომის მიმართება ადრინდელ მოდელთან კონკრეტული ასტროფიზიკური სიტუაციებისათვის და ტოკამაკის ლაბორატორიული პირობებისათვის. ჩაწერილია განტოლებათა სისტემა აღმწერი პარამეტრების დინამიკისათვის და გათვალისწინებულია არაწრფივი ლანდაუს ჩაქრობა, დაბალსიხშირული მაგნიტური ველის გენერაცია, ჰოლის ეფექტი. გათვალისწინებულია ელექტრონების ეფექტებიც. კვლევის შედეგად ნაპოვნია თვითშეთანხმებული ბმები მაღალსიხშირულ (დრეიფული ბგერა) და დაბალსიხშირულ (სუფთა ბგერა) ტალღებს შორის კონკრეტულ პირობებში, რომლებიც კარგად აღწერს მოვლენებს ტოკამაკის პლაზმისათვის. ნაჩვენებია არაწრფივი კინეტიკური ეფექტების როლი ენერჯის ტრანსფორმაციის პროცესში. მითითებულია ამ ეფექტის მნიშვნელობა დღეს არსებული ექსპერიმენტების შედეგების აღწერის მართებულად განსახორციელებლად და ანალიზური ილუსტრაციისათვის. დაისახა გზები ამ ეფექტების გათვალისწინების რიცხვით სიმულაციებში.

აღსანიშნავია, რომ ტემპერატურის საწყისი არაერთგვაროვნების გამო დისპერსიული თანაფარდობები ისეთია, რომ საკმაოდ მოულოდნელი ეფექტები ხდება განმსაზღვრელი. გათვალისწინებულია ელექტრონების ეფექტებიც (რომლებიც მოცემული ამოცანისათვის ბოლცმანისა) და ნაჩვენებია პირობები, რომლებისთვისაც მიღებული განტოლებები გადადის ცნობილ თანაფარდობებში. გამოყვანილია არაწრფივი გიროკინეტიკური განტოლება კუბური წევრის გათვალისწინებით. ეს განტოლება მოიცავს არაწრფივ სიხშირის წანაცვლებასა და არაწრფივ ხახუნს, ისევე როგორც არაწრფივ დიფუზიას. შესაბამისად ნაჩვენებია, რომ ჩვენ შეგვიძლია აღვწეროთ არაწრფივი ლანდაუს ჩაქრობა და მასთან დაკავშირებული შედეგები არაწრფივი ფოკერ-პლანკის განტოლებით. ყველაფერი ეს კი დაკავშირებულია მაგნიტოჰიდროდინამიურ ჩაკეტვასთან არაწრფივი დინამიკის აღმწერ განტოლებათა სისტემისა და წარმოდგენილი მიდგომა ამ პრობლემასაც კარგად ხსნის.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

**ნაპოვნია:**

- (i) მიდგომა დრეიფული ტალღების არაწრფივი დინამიკისათვის მრავალკომპონენტთან პლაზმაში სიმკვრივის არაერთგვაროვნების არსებობისას როდესაც ასევე გათვალისწინებულია გრიგალური მოვლენები და დინების არსებობა, ლანდაუს არაწრფივი ჩაქრობა.
- (ii) განზოგადებული მიდგომა ერთსიხშირის, ორსიხშირის და კინეტიკური აღწერისათვის თერმობირთვული სინთეზის პლაზმისათვის და ნაჩვენებია, რომ

კვაზიწრფივი მიახლოება უკეთესად მუშაობს ჰიდროდინამიკური მიდგომისას ვიდრე კინეტიკურისას.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

1. Jan Weiland, Anatoly Zagorodny, Vlodymyr Zasenka and **Nana Shatashvili**. *On the Physics Description of Fusion Plasmas I. AIP Conf. Proc.* (2011, accepted).

The one fluid, two fluid and kinetic descriptions of fusion plasmas are discussed from basic theoretical points and from that of application to present day problems of relevance to fusion reactors. In particular both statistical and deterministic aspects are considered. Of special importance are non-Marcovian effects.

2. Jan Weiland, Anatoly Zagorodny, Vlodymyr Zasenka and **Nana Shatashvili**. *On the Physics Description of Fusion Plasmas II. AIP Conf. Proc.* (2011, accepted).

In this second lecture we will consider the foundations of kinetic theory, gyrokinetic averaging, quasilinear theory and transport. In particular we will note that quasilinear theory works much better in the fluid description than in the kinetic.

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

იან ვაილანდი მიწვეული მომხსენებელი საერთაშორისო კონფერენციაზე: Joint ICTP- IAEA- ITER Advanced Workshop on Fusion and Plasma Physics (3-14 October, 2011, ICTP, Trieste, Italy) მოხსენებით “*On the Physics Description of Fusion Plasmas I & II*”.

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

ნაწილობრივი დაფინანსება - შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტი 1-4/16 “დინებისა და გრიგალური სტრუქტურების დინამიკა და გენერაცია მრავალკომპონენტური პლაზმაში” და EUROTAM-ის გრანტი ჩალმერსის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტიდან (გეტებორგი, შვედეთი)

### 3. პლაზმური დინების დინამიკა და გრიგალური მოვლენები მრავალკომპონენტური პლაზმაში.

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** პროფ. ნანა შათაშვილი

თსუ ანდრონიკაშვილის ინსტიტუტის

პლაზმის ფიზიკის განყოფილების

შემდეგი სამეცნიერო პერსონალი:

ვ. ბერეჟიანი (მთ.მეცნ.თან.)

ნ. ცინცაძე (მთ.მეცნ.თან.)

დავით ცხაკაია (უფ.მეცნ. თან.)

დევი ცხაკაია (უფ. მეცნ.თან.)

ქ. სიგუა (უფ.მეცნ.თან.)

ს. მიქელაძე (უფ.მეცნ.თან.)

გ. მილოშევიჩი

თსუ მაგისტრანტი:

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):**

**კვლევის მიზანს წარმოადგენდა:**

ა) აღმწერი მოდელის შედგენა მრავალკომპონენტური რელატივისტური პლაზმისა და ფოტონური გაზის სისტემის დინამიკისათვის რაც აქტუალურია ასტროფიზიკური ობიექტების დინამიკის შესასწავლად.

გათვალისწინებულია, რომ ძირითადი პარამეტრი, რომელიც განსაზღვრავს ფოტონური გაზისა და მრავალკომპონენტური პლაზმის ბმას, არის ფოტონების თავისუფალი განარბენის სიგრძის ფარდობა სისტემის მახასიათებელ სიგრძესთან. ფოტონების თავისუფალი განარბენი კი პლაზმაში უკუპროპორციულია პლაზმის სიმკვრივისა და ფოტონების ელექტრონებზე გაბნევის ტომპსონის განიკვეთის ნამრავლისა. განხილულ იქნა 2 ზღვრული შემთხვევა: (ი) ოპტიკურად მკვრივი პლაზმა – ანუ შემთხვევა, როდესაც ფოტონების განარბენის სიგრძე ნაკლებია პლაზმის ზომებზე და, პირიქით, (იი) ოპტიკურად გამჭვირვალე პლაზმის შემთხვევა. ოპტიკურად მკვრივი პლაზმის შემთხვევაში ფოტონური გაზი სწრაფად მოდის თერმოდინამიურ წონასწორობაში პლაზმასთან. ამ შემთხვევაში ძლიერი ბმის გამო მთლიანად სისტემა იქცევა როგორც ერთიანი, მაგრამ კვაზინეიტრალური სითხე. ასეთი სისტემის აღსაწერად ჩაწერილ იქნა სრულიად კოვარიანტული მოძრაობის განტოლება ენერგია-იმპულსის ჯამური მნიშვნელობისათვის. სისტემის ენტალპია გამოთვლილია ნაწილაკებისათვის

იუტერის განაწილების ფუნქციის გამოყენებით, ხოლო ფოტონების წვილი აღწერილია შავი სხეულის გამოსხივების კლასიკური ფორმალიზმით. შემოთავაზებული მოდელი სამართლიანია რელატივისტურად ცხელი პლაზმისთვისაც. განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ მოდელში გათვალისწინებულია ელექტრონ-პოზიტრონული წყვილების დაბადების შესაძლებლობა, რასაც ადგილი აქვს ულტრარელატივიზმში. ამ შემთხვევებში გამოთვლების გასამართლებლად დაშვებულია, რომ წყვილები, ფოტონებთან ურთიერთქმედების გამო, სწრაფად მოდიან თერმოდინამიკურ წონასწორობაში პლაზმასთან და შესაბამისად წყვილების ქიმიური პოტენციალი არის ნოლის ტოლი.

აგებული მოდელი საშუალებას გვაძლევს შევისწავლოთ როგორც დიდ-მასშტაბიანი პლაზმური-ფოტონური სისტემების დინებები, ასევე ასტროფიზიკისათვის ერთ-ერთი უმნიშვნელო-ვანესი საკითხი: დარტყმითი ტალღების გავრცელება ასეთ გარემოებში. შემოთავაზებული მოდელი (რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია), პირველად იძლევა საშუალებას გათვალისწინებულ იქნას დარტყმითი ტალღების ფრონტის რელატივისტური გახურება და ამ დროს ფრონტის გასწვრივ ელექტრონ-პოზიტრონული წყვილების დაბადება. ამავე დროს, რადგან დაბადებული ნაწილაკები ზრდის სიბრტყის ერთეულის ეფექტურ მასას, იწვევს ეფექტური დისიპაციის წარმოქმნას სისტემაში. შედეგად ეფექტური დისიპაცია განსაზღვრავს დარტყმითი ტალღის ფრონტის შიგა სტრუქტურას.

**ბ)** პლაზმური დინება-მაგნიტური ველის ურთიერთქმედების პროცესის შესწავლა ვარსკვლავთა ატმოსფეროში ტრანზიენტული ჯეტების ამოფრქვევის ამოცანისათვის რაც მეთად აქტუალურია ვარსკვლავთა ატმოსფეროს დინამიკის შესასწავლად. განხორციელდა დინების აჩქარების/გენერაციის კვლევები დამყარებული ჩვენს მიერვე ადრე შემოთავაზებულ დინამიურ ორ-სიბრტყიან დისიპაციურ მოდელზე (ბრუნვითი ეფექტები უგულებელყოფილია) 3-განზომილებიანი შემთხვევისათვის. მნიშვნელოვანი ხდება არსებული ჩაკეტილი მაგნიტური სტრუქტურების სიცოცხლის ხანგრძლივობისა და გეომეტრიული თვისებების გათვალისწინებაც. წინასწარმა კვლევებმა აჩვენეს შესაძლებლობა საწყისი მაგნიტური სტრუქტურების დეფორმირებისა და გახლეჩისა და აჩქარების პროცესში დამატებითი წყაროს – დარტყმითი ტალღის ეფექტის – გამოვლენისა. ნაჩვენებია, რომ გასათვალისწინებელი ხდება აგრეთვე არსებული ან ახლად წარმოშობილი მეზობელი სტრუქტურების ურთიერთქმედებაც. განტოლებებში გათვალისწინებულია სიბლანტე და რადიაციული გაცივება. ძლიერ მნიშვნელოვანია პლაზმის არაერთგვაროვნების გათვალისწინება. შესაბამისად განხორციელდა ადრინდელი რიცხვითი კოდის მოდიფიკაცია დინამიური პროცესის აღმწერი განზოგადოებული დისიპაციური მაგნიტო-ჰიდროდინამიკურ განტოლებათა სისტემის ამოსახსნელად კონკრეტული გეომეტრიებისათვის, გაზრდილია აპროქსიმაციის დრო და შესწორებულია უზუსტობები, რომლებსაც მიეყვადით არაფიზიკურ შედეგებამდე. რიცხვითი მეთოდებით რეალიზება განხორციელდა არსებული (ჩვენს მიერ შემუშავებული) კოდის 3-განზომილებიანი პირობებისათვის მოდერნიზების საშუალებით, რომელშიც გათვალისწინებულია კინეტიკური კოეფიციენტების ლოკალურობა (მაგნიტური ველის პირობებში) და დისიპაცია. ასევე გათვალისწინებულია დინამიური ბიჯი. ჩატარებული იქნა რიცხვითი ექსპერიმენტები ფიზიკური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

**ნაპოვნია:**

- (i) მოდელი დიდ-მასშტაბიანი პლაზმურ-ფოტონური სისტემების დინებების შესასწავლად, ასევე დარტყმითი ტალღების გავრცელების გამოსაკვლევად ასეთ გარემოებში შემოთავაზებული მოდელი (რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია), პირველად იძლევა საშუალებას გათვალისწინებულ იქნას დარტყმითი ტალღების ფრონტის რელატივისტური გახურება და ამ დროს ფრონტის გასწვრივ ელექტრონ-პოზიტრონული წყვილების დაბადება.
- (ii) განზოგადოების გზები 2-განზომილებიანი რიცხვითი კოდისათვის 3-განზომილებიანი შემთხვევისათვის ჩაკეტილი სტრუქტურების მოდელირებისათვის დამაგნიტებულ პლაზმაში, ჩატარებულია რიცხვითი ექსპერიმენტები ვარსკვლავთა ატმოსფეროს კონკრეტული შემთხვევებისათვის.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

მზადდება 2 სტატია გამოსაქვეყნებლად ზემოთ მოყვანილი შედეგების შესაბამისად.

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

ნანა შათაშვილი მიწვეული მომხსენებელი IFP – CNR Chalmers- ის საერთაშორისო კონფერენციაზე: CNR – Chalmers workshop on nonlinear phenomena in fusion plasmas (8-10 June, 2011, Varenna, Italy) მოხსენებით “Generation/Acceleration of Large Scale Plasma Flows due to Magneto-Fluid Coupling”.

ჩატარდა პლაზმის ფიზიკის განყოფილების ღია სემინარები თსუ ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტში: 27 მაისს – მომხსენებელი პროფ. ნანა შათაშვილი და 23 სექტემბერს – მომხსენებელი პროფ. ვაჟა ბერეჟიანი.

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

ნაწილობრივი დაფინანსება - შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტი 1-4/16 “დინებისა და გრიგალური სტრუქტურების დინამიკა და გენერაცია მრავალკომპონენტური პლაზმაში”

#### 4. კინემატიკურად და თერმოდინამიკურად არაერთგვაროვანი პროტოპლანეტური დისკების დინამიკის შესწავლა

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ასოც. პროფ. ალექსანდრე თევზაძე  
პროფ. ნანა შათაშვილი

თსუ დოქტორანტები:

ელენე უჩავა

ვიქტორ ავსარქისოვი

თსუ ნოდისა გეოფიზიკის ინსტიტუტი:

გიორგი ჩაგელიშვილი

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):**

დისკისებური მბრუნავი ობიექტები წარმოადგენენ ჩვენი სამყაროს ფართოდ გავრცელებულ და მნიშვნელოვან სტრუქტურულ ელემენტს. მათ რიცხვს მიეკუთვნებიან გალაქტიკები, კვარტები, პროტოვარსკვლავური და პროტოპლანეტარული დისკები, აკრეციული დისკები კომპაქტური ვარსკვლავური ნარჩენების ირგვლივ ორმაგ სისტემებში. სწორედ ამ ტიპის მბრუნავ დინებებში, პროტოპლანეტურ დისკებში მიმდინარეობს პლანეტების ზრდის პროცესი. დღეს დღეობით პლანეტების წარმოშობის ზოგადი თეორიის მიხედვით პლანეტები იბადებიან პროტოპლანეტარულ დისკებში. განსაკუთრებული აქტუალობა პლანეტების ფორმირების თეორიის შესწავლამ შეიძინა უკანასკნელი ათწლეულის განმავლობაში, მას შემდეგ რაც დაიწყო არამზიური (extrasolar) პლანეტების დაკვირვება. ამ პროექტის დაწერის მომენტში აღმოჩენილია სხვადასხვა ვარსკვლავების გარშემო არსებული 700-მდე პლანეტა. ასეთი რაოდენობის არამზიური პლანეტების მონაცემები საშუალებას იძლევა რეალურად შემოწმდეს პლანეტების ფორმირების ზოგადი მოდელები. დღეისათვის პლანეტების ფორმირების აქტუალური თეორია დაფუძნებულია გრიგალურ მოდელებზე. გრიგალური მოდელი წარმოადგენს სამ ფაზოვან მოდელს რომელიც იწყება მძლავრი თვითშენარჩუნებადი გრიგალების გენერაციით, რომელსაც მოყვება მტვრის ნაწილაკების ჩაჭერისა და პლანეტის ჩანასახის ფორმირების ფაზა და ბოლოვდება პლანეტის ჩანასახზე გაზისა და მატერიის აკრეციით და პლანეტის ბირთვის ფორმირებით.

მატერია რომელიც ბრუნავს ცენტრალური გრავიტირებადი ობიექტის ირგვლივ კეპლერულ ორბიტაზე ქმნის დიფერენციალურად მბრუნავ ობიექტს: დინებას მკვეთრად გამოხატული სიჩქარის რადიალური წანაცვლებით. დინების სიჩქარის ეს წანაცვლება რომელიც უზრუნველყოფილია დისკისა და ცენტრალური ობიექტების გრავიტაციული ენერჯით წარმოადგენს ენერჯის ძირითად წყაროს კინემატიკურ მასშტაბებზე. ამიტომაც წანაცვლებითი დინებების ეფექტების სწორი აღწერა ასტროფიზიკური დისკების დინამიკის შესწავლისათვის წარმოადგენს ერთ-ერთ დასაყრდენ წერტილს. მნიშვნელოვანი მიღწევები წანაცვლებითი დინებების ტურბულენტობის თეორიაში მიღწეულ იქნა გასული საუკუნის ბოლოს. პროგრესის მიღწევა შესაძლებელი გახდა მას შემდეგ რაც გაირკვა ტრადიციული მოდელური ანალიზმა შეიძლება მოგვეცეს არასწორი შედეგები წანაცვლებით ნაკადებში. ოპერატორები რომელთაც ეყრდნობა მოდელური ანალიზი არიან არაორთოგონალური წანაცვლებითი ნაკადის შემთხვევაში და შესაბამისი საკუთარი ფუნქციები განიცდიან ძლიერ ინტერფერენციას. ამ შემთხვევაში კორექტული აღწერა უნდა ეყრდნობოდეს საკუთარი ფუნქციების ინტერფერენციის სრულ ანალიზს, ხოლო ეს უკანასკნელი შესაძლებელია მხოლოდ ასიმპტოტიკაში. არაორთოგონალური პროცესების გამოვლენა წანაცვლებით ნაკადებში შესაძლებელი გახდა ე.წ. არამოდალური ანალიზის საშუალებით. კერძოდ, ნანახი იქნა რომ შემფოთებებმა შეიძლება



განიცადონ ტრანზიენტული ზრდა, მოდები შეიძლება იყვნენ ერთმანეთთან კავშირში და წრფივ მიახლოებაში მოხდეს მათი ურთიერთტრანსფორმაცია ფონური დინების სიჩქარის წანაცვლების გამო. პროტოპლანეტარული დისკების თერმოდინამიკური არაერთგვაროვნებები პირობითად შეგვიძლია გავყოთ ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ კომპონენტებად. ვერტიკალური სტრათიფიკაცია შეიძლება იყოს კონვექციურად მდგრადი, ან არამდგრადი, დამოკიდებული იმაზე თუ რა თერმოდინამიკურ მდგომარეობაში იმყოფება ასტროფიზიკური დისკი. ღიად რჩება შეკითხვა გადააქვთ თუ არა კონვექციურ მოძრაობებს იმპულსი შიგნით დისკში დამყარებული ვერტიკალური თერმული ბალანსიდან დამოუკიდებლად. რადიალური სტრათიფიკაცია იწვევს შემფოთებების ბაროკლინურ ხასიათს. ცნობილია რომ ბაროკლინურ დისკებში შესაძლებელია პოტენციური ცირკულაციის გენერაცია, ხოლო ეს უკანასკნელი წარმოადგენს ენერგეტიკულად ყველაზე აქტიურ მოდას აკრეციულ დისკებში და პლანეტების წარმოშობის წინაპირობას პროტოპლანეტულ დისკებში. ბაროკლინურ ძალებს შეუძლიათ თერმული ენერჯის პოტენციური ცირკულაციის ენერჯიაში გადაქაჩვა. როგორც ვიცით დინების სიჩქარის წანაცვლება იწვევს წრფივი მოდების ბმას და მათ შორის ენერჯის მიმოცვლას წანაცვლებით დროით მასშტაბებზე. მნიშვნელოვანია გავიგოთ რა ზემოქმედება გააჩნია მრავალგანზომილებიანი სტრათიფიკაციისა და ძლიერი დიფერენციალური ბრუნვის ერთდროულ არსებობას დისკის გლობალური დინამიკაზე. ასეთ ნაკადებში არსებობს რთული წრფივი სპექტრი რომელმაც უნდა გამოავლინოს რთული არაორთოგონალური ხასიათი. ამ გამოვლინებათა შორის იქნება ტრანზიენტული გამდიერება, მოდების წრფივი კონვერსია და პოტენციური ცირკულაციის გენერაცია.

პროექტის მიზანია დინამიურ მოვლენათა შესწავლა ჰიდროდინამიკურ დიფერენციალურად მბრუნვან ასტროფიზიკურ დისკებში კინემატიკური და თერმოდინამიკური არაერთგვაროვნებებით. პროექტი შეისწავლის აკრეციული დისკების თეორიის ღია საკითხებს, პროტოპლანეტარული დისკების თეორიას და ზოგადად ასტროფიზიკური დიფერენციალურად მბრუნავი დისკების თეორიას.

#### **კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

შესწავლილია წრფივ შემფოთებათა ევოლუცია ვერტიკალურად სტრათიფიცირებული დიფერენციალურად მბრუნავი კუმშვადი დინებებში. განხილულია ვერტიკალური კონვექციის დამყარების პირობა ზოგადი ვერტიკალური სტრათიფიკაციის კანონის პირობებში. ნაპოვნია შემფოთებების რენორმალიზაციის კანონი რომელიც საშუალებას იძლევა გავწვიხილოთ ამოცანა ლოკალურ წანაცვლების სიბრტყის მიახლოებაში. დადგენილია ბრუნვითი მომენტის რადიალური გადატანის მიმართულეობა სხვადასხვა ვერტიკალური სტრათიფიკაციის კანონის მქონე გარემოსათვის.

განხილულია სამგანზომილებიანი ჰიდროდინამიკური დიფერენციალურად მბრუნავი ქვეკვლერული ასტროფიზიკური დისკი რადიალური კინემატიკური არაერთგვაროვნებით და ზოგადი სტრათიფიკაციის კანონით. რადიალური სტრათიფიკაცია შეესაბამება დაკვირვებით პროფილებს და აღებულია ხარისხობრივი კანონის ფორმით. ვერტიკალური სტრათიფიკაცია გამოწვეულია კვლერული ბრუნვით სქელი დისკის მიახლოებაში. გამოთვლილია წრფივ შემფოთებათა სპექტრი სრული სამგანზომილებიანი კუმშვადი ამოცანისათვის. დადგენილია სტრათიფიკაციის კანონები რომლებიც იწვევენ სხვადასხვა ტიპის არამდგრადობებს ვერტიკალური ან რადიალური მიმართულებით.

#### **გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

გამოსაყვენებლად მზადდება 2 სტატია ზემოთ მოყვანილი შედეგების შესაბამისად.

#### **კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):

### **5. კოსმოლოგიური ტურბულენტობის და მაგნიტური ველების რიცხვითი მოდელირება**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ასოც. პროფ. ალექსანდრე თევზაძე

#### **კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):**

დაკვირვებები გვიჩვენებენ რომ გალაქტიკებს გააჩნიათ  $10^{-6}$  გაუსის სიდიდის დიდმასშტაბოვანი მაგნიტური ველები. ამ მაგნიტური ველების წარმოშობისა და ევოლუციური თვისებების დადგენა

თანამედროვე ასტროფიზიკის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია. დღეისათვის შემუშავებულია ამ ტიპის მაგნიტური ველების გენერაციის ორი კონკურირებადი მოდელი: ეგრედწოდებული bottom-up მოდელი, რომელშიც ველი ჩნდება მცირე მასშტაბებზე და შემდეგ ენერგია გადაიტანება დიდ მასშტაბებზე, და მეორე, ე.წ. top-down, სადაც მაგნიტური ველის წამროშობა კოსმოლოგიური ეფექტია და გალაქტიკები ყალიბდებიან სამყაროში უკვე არსებული მაგნიტური ველების ფონზე. მაგნიტური ველი მცირე მასშტაბებზე შეიძლება გენერირებული იქნას პლაზმური პროცესებით, ან კომაქტური ობიექტებიდან მაგნიტური ველის დიდ მასშტაბებზე ტრანსპორტით (მაგ. აქტიური გალაქტიკური ბირთვები). ცხადია ამ ტიპის მაგნიტური ველების კორელაციური სიგრძე გაცილებით ნაკლებია გალაქტიკის ზომებთან შედარებით. ამ შემთხვევაში საჭიროა დამატებითი მექანიზმი ველის დიდ მასშტაბებზე გადასატანად. ალტერნატიულ თეორიაში მაგნიტური ველის ზომა შეიძლება იყოს ჰაბლის რადიუსის სადარი. ამ შემთხვევაში იგულისხმება, რომ მაგნიტური ველი გააჩინეს ქვანტურმა ფლუქტუაციებმა ადრეულ სამყაროში ინფლაციის ეპოქის დროს. ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვანია ადრეულ სამყაროში გენერირებული მაგნიტური ველების სამყაროს ევოლუციასთან ერთად ცვლილების შესწავლა და დრეისათვის შესაძლო დაკვირვებითი თვისებების დადგენა.

ამოცანის მიზანია მაგნიტური ველის ევოლუციის შესწავლა ადრეული სამყაროდან დღევანდელ ეპოქამდე მაგნიტოჰიდროდინამიკური ტურბულენტობისა და სამყაროს გაფართოების ეფექტების გათვალისწინებით. კოსმოლოგიური მაგნიტური ველების ევოლუციის შედეგები მნიშვნელოვანია ისეთი მოვლენების აღსაწერად როგორცაა სამყაროში ბარიონული ასიმეტრია, კინემატიკური ტურბულენტობის გენერაცია და კოსმოსური რელიქტური ფონის დიდმასშტაბოვანი ანომალიების ახსნა (არაგაუსურობა, ლუწობის დარღვევა). კოსმოლოგიურ მაგნიტურ ველებს ასევე შეუძიათ გრაიტიაციული ტალღების გენერირება, რომელთა დაკვირვებაც შესაძლებელი გახდება მომავალი გრავიტაციული ტალღების გასაზომ კოსმოსური მისიებით.

სამყაროში ევოლუციისას მნიშვნელოვანია როგორც მაგნიტური ველების გაჩენის, ისე მიღევის პროცესების გათვალისწინება. ეს კი თავის მხრივ ნიშნავს ტურბულენტობისა და სტოქასტურ მაგნიტურ ველებს შორის ურთიერთქმედების კორექტულ გათვლას. კოსმოლოგიური მაგნიტური ველების მოდელირება შესაძლებელია სტანდარტული მაგნიტოჰიდროდინამიკური განტოლებებით თუ მოვახდენთ ამ განტოლებების თანმყოფ სისტემაში გადაწერას. ამ შემთხვევაში მაგნიტური ველების წყაროებათ შეგვიძლია ცალკე-ცალკე განვიხილოთ ფაზური გადასვლები ადრეულ სამყაროში, ნუკლეოსინთეზი, რეკომბინაცია და რეიონიზაცია. ამ ეპოქების დროს ხდება კოსმოლოგიური პლაზმის თვისებების მნიშვნელოვანი ცვლილება. შესაბამისად, ყველა ამ ეფექტის გათვალისწინება ფორმალურად რთული საკითხია და მოითხოვს რიცხვით მოდელირებას.

ჩვენ ვგეგმავთ ადრეული სამყაროს მაგნიტოჰიდროდინამიკის პირდაპირ რიცხვით მოდელირებას სხვადასხვა დინამიურ მასშტაბებზე. ეს მასშტაბები უნდა მოიცავდნენ კონკრეტული ფაზური გადასვლების მახასიათებელ ზომებს, ხოლო სრულყოფილი თვლა უნდა მოიცავდეს ჰაბლის რადიუსს ფაზური გადასვლის დასრულების მომენტისათვის.

#### **კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

ჩატარებულია ადრეული კოსმოლოგიური მაგნიტოჰიდროდინამიკური ტურბულენტობის ევოლუციის მოდელირება სხვადასხვა ფაზური გადასვლის პირობებში. შეფასებულია ადრეულ სამყაროში გენერირებული მაგნიტური ველების დღევანდელ ეპოქაში დაკვირვებების ზედა ზღვრები. დაწყებულია კოსმოლოგიური მაგნიტოჰიდროდინამიკური ტურბულენტობით ადრეულ სამყაროში გრავიტაციული ტალღების გაჩენის რიცხვითი მოდელირება.

#### **გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

Kahniashvili, T., **Tevzadze, A. G.**, Ratra, B., “Phase Transition Generated Cosmological Magnetic Field at Large Scales”, *Astrophys. J.* **726**, 78 (2011)

We constrain a primordial magnetic field (PMF) generated during a phase transition (PT) using the big bang nucleosynthesis bound on the relativistic energy density. The amplitude of the PMF at large scales is determined by the shape of the PMF spectrum outside its maximal correlation length scale. Even if the amplitude of the PMF at 1 Mpc is small, PT-generated PMFs can leave observable signatures in the potentially detectable relic gravitational wave background if a large enough fraction (1%-10%) of the thermal energy is converted into the PMF.

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

---

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):

ნაწილობრივ ფინანსდება აშშ ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით NSF-AST-1109180 *“Cosmic magnetic fields: origin, evolution, and signatures”*.

## თეორიული ფიზიკის ქვემიმართულება

ოსტ კორპუსი, ოთახი # 230, 877 718 999; merab.eliasvili@tsu.ge

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** მერაბ ელიაშვილი, მერაბ გოგბერაშვილი, გიორგი ციციშვილი, თეიმურაზ ნადარეიშვილი.

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):**

ა) დაბალგანზომილებიანი კვანტური ველებისა და მეზოსკოპური სისტემების თეორიული საკითხების კვლევა

ბ) ლაპლასის ოპერატორის სინგულარობის საკითხი სფერულ კოორდინატებში და შრედინგერის რადიალური განტოლების სტატუსის საკითხი.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):**

ა) კვლევები მიზანს წარმოადგენს დაბალგანზომილებიანი კვანტური სისტემის (გრაფენი) შესწავლასთან დაკავშირებული პრობლემების სისტემატური და კომპლექსური შესწავლა. ეს პრობლემები უკავშირდება კვანტური ველების თეორიისა და ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის, მათემატიკური ფიზიკის, მეზოსკოპური და ნანო- სისტემების ფიზიკის ამოცანებს.

გრაფენს, რომელიც წარმოადგენს ფიჭისიბურ (ჰექსაგონალურ) მესერზე განლაგებული ატომების ერთობიან სისტემას, გააჩნია განსაკუთრებული ელექტრონული თვისებები, რის გამოც იგი შეადგენს ღრმა თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საგანს. ასევე იგი არის მრავალრიცხოვანი ტექნოლოგიური გამოყენებების პოტენციური კანდიდატი.

გრაფენის ერთ-ერთ უჩვეულო თვისებას წარმოადგენს მისი დაბალენერგეტიკული აგზნებების სპექტრი, რომელიც აღიწერება 2+1 განზომილებიანი დირაკის განტოლებით.

ძირითადი ამოცანა არის სისტემის შესწავლა ძლიერი ბმის მოდელში, სადაც მაგნიტური ველი ჩართულია ე.წ. “პაიერლსის ჩანაცვლების” გზით. ძირითადი ყურადღების საგანია კავშირი შესაბამის ერთ-ნაწილაკოვან ჰამილტონიანსა და კვანტურ ჯგუფებს შორის. ასეთი საკითხები კარგად არის შესწავლილი კვადრატული მესერის შემთხვევაში. ამასთან, შეიმჩნევა ამგვარი მიდგომის გამოყენების ნაკლებობა ჰექსაგონალური მესერისათვის.

განხილულია ჰოფსტადტერის პრობლემა ფიჭურ მესერზე. ერთ-ნაწილაკოვანი ჰამილტონიანის 2 კვანტურ ჯგუფთან. ნაჩვენებია, რომ ამოცანაში მონაწილე კონკრეტული მატრიცები ადგენენ კვანტური ჯგუფის ციკლურ წარმოდგენას, რომელიც იმპულსების გარკვეული მნიშვნელობების შემთხვევაში გადადის წარმოდგენაში უმაღლესი წონით. ფიჭური მესერზე აგებული ჰარპერის განტოლება გადაწერილია კვანტური ჯგუფის ფუნქციონალური წარმოდგენაში და მიღებულია განტოლება, რომელიც აღწერს უახლოეს მეზობელ კვანტებს შორის ელექტრონების მოძრაობას. რიცხვითი მეთოდების გამოყენებით მიღებულია აღნიშნული განტოლების პოლინომიალური ამოხსნები. გრაფიკულად არის წარმოდგენილი ამ პოლინომების ფესვების განაწილება კომპლექსურ სიბრტყეზე, საიდანაც ნათლად ჩანს ტალღური ფუნქციების მოწესრიგებული სტრუქტურა (მ.ელიაშვილი, გ. ციციშვილი).

ბ) ლაპლასის ოპერატორის დეტალურმა ანალიზით სფერულ კოორდინატებში, ჩვენს მიერ დადგენილი იქნა, რომ შრედინგერის რადიალური განტოლების მიღებისას კვანტური მექანიკის მთელი ისტორიის მანძილზე, ყურადღების გარეთ რჩებოდა ზედმეტი სინგულარული დელტა ფუნქციის შემცველი წევრი. სახელდობრ, სრული რადიალური განტოლებიდან წმინდად მეორე რიგის განტოლებაზე გადასვლისას, რაც ტრადიციულად გამოიყენება ხოლმე განტოლების რედუქციისათვის, წარმოიქმნება “ზედმეტი” დელტა-ფუნქციის შემცველი წევრი, რომელიც დღემდე რატომღაც შეუმჩნეველი რჩებოდა. ჩვენი დაკვირვება ამჟამად უკვე აღიარებულია [იხილეთ წელს გამოქვეყნებული ჩვენი შრომების ჩამონათვალი]. თუ გვინდა, რომ შევინარჩუნოთ ათეული წლების მანძილზე რადიალური განტოლებით მიღებული კლასიკური შედეგები, ნათელია, რომ დამატებითი სინგულარული წევრი გამკვეთულ უნდა იქნას განტოლებიდან.

ჩვენს მიერ შესწავლილია ეს პრობლემა და არის ნაჩვენები, რომ შრედინგერის სრულ განტოლებასთან თავსებადი რადიალური განტოლების მიღება ხერხდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გარკვეული სასაზღვრო პირობა სრულდება. ამ პირობის დაცვა შესაძლებელია მხოლოდ რეგულარული პოტენციალებისათვის.

რაც შეეხება სინგულარულ პოტენციალებს, მათთვის ტრადიციად ქვეულ რადიალურ განტოლებას ადგილი არ აქვს. ამის გამო, ამ განტოლებაზე დაყრდნობილ შედეგებს გააჩნიათ მხოლოდ წმინდა მათემატიკური ინტერესი და რეალურ ფიზიკასთან არავითარი კავშირი არ აქვთ.

რეალური ფიზიკის ამოცანები რეგულარულად დაისმის მხოლოდ სრული რადიალური განტოლების ჩარჩოებში. ამიტომ აუცილებელია სრულ განტოლებაზე დაყრდნობით იქნას შესწავლილი სინგულარული პოტენციალების პრობლემები.

ფიზიკური ამოცანები განხილულ უნდა იქნას მხოლოდ სრული რადიალური განტოლების გამოყენებით, რომლის გამოკვლევასაც ჩვენ ვაპირებთ. ასევე განზრახული გვაქვს მიღებული შედეგების განზოგადება სხვადასხვა რელატივისტური განტოლებებისთვისაც (ერთ და ორნაწილაკოვანი კლეინ-გორდონის, დირაკის, კვაზიპოტენციალური და ა.შ.) და მრავალი განზომილების შემთხვევაში.

ჩვენმა ანალიზმა ლაპლასის ოპერატორისა, საშუალება მოგვცა ახალი თვალთ შეგვეხედა უკვე ცნობილი ამოცანებისთვის და დაგვენახა მათში არსებული წინააღმდეგობები. ჩვენი შედეგები შრედინგერის განტოლებისათვის შეიძლება გავავრცელოთ ყველა იმ შემთხვევისათვის, სადაც მონაწილეობს ლაპლასის ოპერატორი (ელექტროსტატიკა, ტალღური განტოლებები, დიფუზია, სითბოგამტარობა და მათემატიკური ფიზიკის უამრავი სხვა ამოცანა). **(თ.ნადარეიშვილი)**

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

**1.გამოქვეყნდა სტატიები:**

1. მ.ელიაშვილი, გ.ციციშვილი *Algebraic Aspects of the Hofstadter Problem in Graphene,, Proc. Int. Conf. MODERN ALGEBRA AND ITS APPLICATIONS*, Batumi 2011.

2. ანზორ ხელაშვილი, თეიმურაზ ნადარეიშვილი. “What is the boundary condition for radial wave function of the Schrödinger equation?”. *American Journal of Physics*. Vol. 79, No 6, pp 668-671. (2011).

იხილეთ: <http://ajp.aapt.org/resource/1/ajpias/v79/i6>

3. ანზორ ხელაშვილი, თეიმურაზ ნადარეიშვილი. “On the Boundary Conditions for the Radial Schrodinger Equation”. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences (Moambe)* . Vol 5, N2 . pp 37-41. (2011)

იხილეთ: <http://www.science.org.ge/>

**2. მომზადებულია სტატია:**

1. Z.F. Ezawa, G. Tsitsishvili and A. Sawada. *Josephson Tunneling in Bilayer Quantum Hall System*,

2. Anzor A. Khelashvili, Teimuraz P. Nadareishvili . “Delta-like singularity in the Radial Laplace Operator and the Status of the Radial Schrodinger Equation”. [arXiv:1102.1185](http://arxiv.org/abs/1102.1185).

იხილეთ: <http://arxiv.org/abs/1102.1185>

**3. მოხსენება კონფერენციაზე:**

ანზორ ხელაშვილი, თეიმურაზ ნადარეიშვილი. “Singularity of the Laplace operator in spherical coordinates and some of its consequences for the radial Schredinger equations”. “**Physics in the LHC Era**” . UNESCO Regional Bureau for Science in Europe-Georgian Academy of Sciences. Tbilisi State University. საერთაშორისო კონფერენცია. 17-21 ოქტომბერი.

იხილეთ: <http://lhc.tsu.edu/en/program>

მ. ელიაშვილი, გ. ციციშვილი: “Algebraic aspects of the Hofstadter problem in graphene”, *Int. Conf. MODERN ALGEBRA AND ITS APPLICATIONS*, Batumi 2011.

მ. ელიაშვილი, გ. ციციშვილი: “Quantum Group and the Hofstadter Problem in Graphene”, *Int. Conf. “Recent Advances in Quantum Field and String Theory”* September 26-30, Tbilisi 2011

მ. ელიაშვილი, გ. ციციშვილი: “Hofstadter Problem in Graphene”, *Int. Conf. “Physics in the LHC era”* 17-21 October, Tbilisi 2011

მ. ელიაშვილი, გ. ციციშვილი: “Quantum Group and the Hofstadter Problem in Graphene”, რაზმაძის მათემატიკის ინსტიტუტის სამეცნიერო კონფერენცია 28-ნოემბერი – 1 დეკემბერი, 2011.

**გ) 1. მემბრანული მოდელები;**

**2. არალოკალური გრავიტაციის მოდელი**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):**

ჯერ–ჯერობით არ არსებობს კვანტური გრავიტაციის მისაღები თეორია, ამიტომ მნიშვნელოვანია კვლევები რომელთა მიზანი იქნება გრავიტაციის თეორიის დაახლოება თეორიული ფიზიკის სხვა მიმართულებებთან.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

1. შემოთავაზებული იქნა ახალი 5–განზომილებიანი მემბრანული მოდელი, რომელიც გენერირებულია ექსტრა სივრცეში მდგარი გრავიტაციული ტალღების მეშვეობით. ნაჩვენები იქნა სხვადასხვა ველების მემბრანაზე ლოკალიზაციის შესაძლებლობა (სტატიები 1–4).
2. შესწავლილი იქნა არალოკალური მოდელი, რომლის ფარგლებში გრავიტაცია განიხილება როგორც ტემპერატურის ცვლილება. ნაჩვენები იქნა ამ მოდელის კავშირები სტანდარტული ფიზიკის სხვა თეორიებთან

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

1. *Massless fermions in the standing wave braneworld*, arXiv: 1109.3758 [hep-th];
2. *Localization of gauge bosons in the 5D standing wave braneworld*, Phys. Lett. **B**, მიღებულია დასაბეჭდად ([DOI:10.1016/j.physletb.2011.12.004](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2011.12.004));
3. *Localization of scalar and tensor fields in the standing wave braneworld with increasing warp factor*, Phys. Lett. **B 702**: 276-280, 2011;
4. *A standing wave braneworld and associated Sturm-Liouville problem*, *Class. Quantum Grav.* **29**: 025007, 2012 (DOI: [10.1088/0264-9381/29/2/025007](https://doi.org/10.1088/0264-9381/29/2/025007));
5. *Thermodynamic Gravity and the Schrodinger Equation*, Int. J. Theor. Phys. **50**: 2391-2402, 2011;
6. *Machian Origin of the Entropic Gravity and Cosmic Acceleration*, Int. J. Theor. Phys., მიღებულია დასაბეჭდად (DOI: [10.1007/s10773-011-0971-z](https://doi.org/10.1007/s10773-011-0971-z));

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

1. მოხსენება საერთაშორისო კონფერენციაზე "Recent Advances in Quantum Field and String Theory", თბილისი, 26-30 სექტემბერი, 2011;
2. სამი მოხსენება უნივერსიტეტის ნორჩ ფიზიკოსთა სკოლის მსმენელებისთვის.

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

შოთა რუსთაველის სახელობის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

## ატომის, ატომბირთვისა და ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის ქვემომართულება

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:**

**ხელმძღვანელი:** თამაზ კერესელიძე, ჩართული პირები: ზაალ მაჭავარიანი, მალხაზ გოჩიტაშვილი, გიორგი ჭკადუა.

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):**

1. ატომების ერთჯერადი და მრავალჯერადი იონიზაცია ელექტრონებით;
2. ორი კულონური ცენტრის ამოცანა.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):**

ჩვენი თეორიული ჯგუფი ტრადიციულად მუშაობს ორი ტიპის ამოცანებზე: ა) ჩვენ შევისწავლით ინერტული ატომების და მათი იონების ერთჯერად, ორჯერად და მრავალჯერად იონიზაციას ელექტრონებით და ბ) ჩვენ ვიკვლევთ მსუბუქი ორატომიანი მოლეკულების სტრუქტურას, ანუ გამოვითვლით მოლეკულების ენერგეტიკულ თემებს და შესაბამის ტალღურ ფუნქციებს ბირთვებშორისი მანძილების ფართო დიაპაზონში.

პირველი ტიპის ამოცანების გადასაწყვეტად ვიყენებთ ჰიულტენ-კოონოს დინამიკური ვარიაციულ მეთოდს გაფანტვის ამპლიტუდისათვის. ეს საშუალებას გვაძლევს გაფანტული ელექტრონები განვიხილოთ როგორც ნაწილაკები რომლებიც მოძრაობენ ეფექტურ ველში, ხოლო ეფექტური ველის მუხტი განვსაზღვროთ დინამიკური ვარიაციული მეთოდის გამოყენებით. ასეთი მიდგომა საგრძნობლად ამარტივებს მათემატიკურ გამოთვლებს და საშუალებას იძლევა შევისწავლონთ მრავალელექტრონიანი ატომების და იონების როგორც ერთჯერადი ისე მრავალჯერადი იონიზაცია.

მეორე ტიპის ამოცანების გადასაჭრელად ჩვენ ვიყენებთ ე. წ. კულონურ სფეროიდალურ ბაზის. აღნიშნული საბაზისო ფუნქციები ანალიზური სახით ჩვენს მიერ მიღებული იქნა შრედინგერის შესაბამისი განტოლების პირდაპირი ამოხსნის გზით (T. Kereselidze, Z.S. Machavariani and G. Chkadua, EPJ D v. 63, p. 81-87 (2011)). ნაჩვენებია, რომ ძლიერი ბმის მეთოდის გამოყენება, როდესაც კულონური სფეროიდალური ფუნქციები მოდიფიცირებულია ეფექტური მუხტის შემოტანით, საგრძნობლად ზრდის მეთოდის კრებადობას.

აღნიშნული ტიპის ამოცანების თეორიული შესწავლა ძალზე მნიშვნელოვანია ჩვენს გარშემო მიმდინარე უამრავი ფიზიკური პროცესების სწორად გასაგებად. გარდა ამისა, ასეთი ტიპის თეორიული გამოთვლები აინტერესებთ ექსპერიმენტატორებს, რომლების უშუალოდ ცდაზე აკვირდებიან ამ მოვლენებს. ჩვენ თეორიულ ჯგუფს ხანგრძლივი (14 წლიანი) სამეცნიერო კავშირი აქვს ქალაქ ლუვენის (ბელგია) კათოლიკური უნივერსიტეტის ექსპერიმენტულ ჯგუფთან (ხელმძღვანელი პროფესორი პიერ დეფრანსი). აღნიშნული სამეცნიერო კავშირის ფარგლებში პროფ. პ. დეფრანსი არაერთხელ ყოფილა თბილისში და ჩვენი ჯგუფის წევრებიც (თ. კერესელიძე, ზ. მაჭავარიანი) არაერთხელ ყოფილან სამეცნიერო ვიზიტით ლუვენის კათოლიკურ უნივერსიტეტში.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

გამოქვეყნებული სტატიები:

1. T. Kereselidze, Z.S. Machavariani and G. Chkadua, "Explicit spheroidal wave functions of the hydrogen atom", The European Physical Journal D, (EPJ D) v. 63, p. 81-87 (2011)
2. P. Defrance, T. Kereselidze, J. Lecointre and Z.S. Machavariani, "Electron-impact ionization of atomic hydrogen: dynamical variational treatment", The European Physical Journal D, (EPJ D) v. 64, p. 303-310 (2011)
3. Z.S. Machavariani and T. Kereselidze, "Application of the variational method for scattering problems", Proceeding of the International Conference, Modern Algebra and its Application, v. 2, p. 48-56 (2011).

**მოხსენებები კონფერენციებზე:**

1. P. Defrance, T. Kereselidze, J. Lecointre and Z.S. Machavariani, "Electron-impact ionization of atomic hydrogen: dynamical variational treatment", Tu002, Conference Programme, XXVII International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collision, Belfast, United Kingdom, 27 July - 2 August, 2011.

2. P. Defrance, T. Kereselidze, J. Lecoindre and Z.S. Machavariani, “Application of the Coulomb spheroidal basis for diatomic molecular calculations”, Tu079, Conference Programme, XXVII International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collision, Belfast, United Kingdom, 27 July - 2 August, 2011.

3. T. Kereselidze and G. Chkadua, “Application of the Coulomb spheroidal basis for diatomic molecular calculations”, International Conference “Physics in the LHC Era”, UNESCO Regional Bureau for Science in Europe-Georgian Academy of Sciences, Tbilisi State University, 17-21 October 2011.  
<http://lhc.tsu.edu.ge/en/program>

4. T. Kereselidze and Z.S. Machavariani, “Electron-impact ionization of atomic hydrogen: dynamical variational treatment”, International Conference “Physics in the LHC Era”, UNESCO Regional Bureau for Science in Europe-Georgian Academy of Sciences, Tbilisi State University, 17-21 October 2011.  
<http://lhc.tsu.edu.ge/en/program>

5. Z.S. Machavariani and T. Kereselidze, “Application of the variational method for scattering problems”, International Conference Modern Algebra and its Application, September 9-25 Batumi, Georgia (2011).

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

1. ერთობლივი სამეცნიერო კვლევების ჩასატარებლად მივლინება 2011 წლის 30 იანვარიდან - 3 მარტამდე ლუვენის კათოლიკურ უნივერსიტეტში (ბელგია). დამფინანსებელი - ლუვენის კათოლიკური უნივერსიტეტი.

2. მონაწილეობა ფოტონების, ელექტრონების და ატომების დაჯახებების XXVII საერთაშორისო კონფერენციის მუშაობაში (XXVII ICPEAC), (დიდი ბრიტანეთი, ბელფასტი, 27 ივლისი - 2 აგვისტო, 2011 წელი). ნაწილობრივი დამფინანსებელი - თსუ-ს ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი.

3. მონაწილეობა საერთაშორისო კონფერენციის მუშაობაში “Physics in the LHC Era”, UNESCO Regional Bureau for Science in Europe-Georgian Academy of Sciences, Tbilisi State University, 17-21 October 2011.

4. მონაწილეობა საერთაშორისო კონფერენციის მუშაობაში თანამედროვე ალგებრა და მისი გამოყენება, ბათუმი, საქართველო 19 – 25 სექტემბერი 2011 წელი.

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** 1) კოსმოგენური იზოტოპების  $^{14}\text{C}$ ,  $^{10}\text{Be}$  და  $^{26}\text{Al}$ -ის საშუალებით დედამიწის მახლობელ სივრცეში სხვადასხვა ასტროფიზიკური მოვლენის შესწავლა; 2) მარსის კლიმატო კამერა ასტრობიოლოგიური კვლევებისათვის.

**სამეცნიერო მიმართულება:** 1) ბირთვული ასტროფიზიკა; 2) ასტრობიოლოგია

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ხელმძღვანელი სიმონ წერეთელი, კვლევაში ჩართული პერსონალი: მაია სამხარაძე, მიხეილ მახვილაძე.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

1) სპექტრალური ანალიზის მეთოდის გამოყენებით დამუშავდა ჩამოთვლილი კოსმოგენური იზოტოპების დროითი მწკრივები 1600-1940წ. დროის პერიოდისთვის. შემდგომ ეტაპზე მოხდება მიღებული შედეგების ანალიზი და მათი შედარება სხვა ექსპერიმენტულ მონაცემებთან.

აღნიშნული თემატიკის სახით დამტკიცებულია სადოქტორო პროგრამა, რომელზედაც მუშაობს ერთი დოქტორანტი – მაია სამხარაძე, სადოქტორო თემის სახელწოდებაა “ზის აქტივობისა და კოსმოსური სხივების ვარიაციების შესწავლა კოსმოგენური იზოტოპების საშუალებით”.

დოქტორანტთან ერთად სრულდება მუშაობა აღნიშნული სამუშაოს ირგვლივ პუბლიკაციაზე.

2) რუსთაველის ფონდის სამეცნიერო გრანტის (რომელიც დამთავრდა 2011 წლის მარტში) შესრულებისას შეიქმნა ახალი მოდელის მარსის კლიმატო კამერა ასტრობიოლოგიური ექსპერიმენტებისათვის. კერძოდ, დათვლილი იქნა მზიდან მარსის ზედაპირზე მოსული ულტრაიისფერი და ხილული გამოსხივების ინტენსივობა მზის გარშემო მარსის ერთი შემობრუნების დროის განმავლობაში, რის შემდეგაც მარსის კლიმატო კამერაში ხელოვნურად შექმნილი იქნა აღნიშნული დათვლილი ინტენსივობის შესაბამისი ულტრაიისფერი გამოსხივების წყარო და შეიქმნა პირობები ასტრობიოლოგიური ექსპერიმენტების ჩასატარებლად. აღნიშნულ სამუშაოზე მზადდება პუბლიკაცია.

გარდა ზემოთ აღნიშნულისა ჩემი ხელმძღვანელობით 2011 წელს შესრულებულია 6 საბაკალავრო ნაშრომი.



კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები: მარსის კლიმატო კამერა დაპატენტებისათვის წარდგენილია საქპატენტში 2011 წლის ნოემბერში (12522/02).

**დამატებითი ინფორმაცია:**

1. თ. კერესელიძე – ლექცია საბავშვო უნივერსიტეტში: „ფიზიკოსები ხუმრობენ“ (15 დეკემბერი 2011 წელი);
2. თ. კერესელიძე ლექციების კურსი ინტერნეტში მაგისტრატურის ძირითად საგანში: „კვანტური მექანიკის დამატებითი თავები“.
3. ზ. მაჭავარიანი – შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტი: ახალგაზრდა მეცნიერთა უცხოეთში სტაჟირების შესახებ (2011).
4. მ. გოჩიტაშვილი – ლექცია საბავშვო უნივერსიტეტში „ნაწილაკების და ტალღების ორმაგი ბუნება“.
5. მ. გოჩიტაშვილი – მომზადებული სასწავლო მასალა:
  - (i) ინტერფერენციული მოვლენები იონ-ატომურ, იონ-მოლეკულურ დაჯახების პროცესებში
  - (ii) კორპუსკულარულ-ტალღური დუალიზმი
  - (iii) ატომები და მოლეკულები ძლიერ ლაზერულ ველში

## კონდენსირებული გარემოს ფიზიკის ქვემიმართულება და კონდენსირებული გარემოს ფიზიკისა და პერსპექტიულ მასალათა ინსტიტუტი

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:  
სრული პროფესორი ალექსანდრე შენგელაია  
ასოცირებული პროფესორი ანატოლი ახალკაცი  
ასისტენტ პროფესორი თამარ ჭელიძე

სრული პროფესორი ალექსანდრე შენგელაია  
კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): ზეგამტარობა და მაგნეტიზმი (Superconductivity and Magnetism)

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები :

Within the project of “Superconductivity and Magnetism” we investigate the basic magnetic and electronic properties of novel superconductors and related magnetic systems by means of a combination of different complementary experimental techniques, including muon-spin rotation ( $\mu$ SR), electron paramagnetic resonance (EPR), nuclear magnetic resonance (NMR), nuclear quadrupole resonance (NQR), as well as SQUID and VSM magnetometry. The goal of these investigations is to provide new information on the macroscopic and microscopic physical properties of high-temperature superconductors (HTSs) and other materials with novel electronic properties. This may help to clarify fundamental questions concerning the nature of high-temperature superconductivity and magnetism in copper and iron based superconductors.

კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

In 2011 we performed experimental investigations of microscopic properties of cuprate and iron based high temperature superconductors. The Georgian team from Tbilisi State University together with the University of Zürich group performed common muon-spin rotation ( $\mu$ SR) experiments at the Paul-Scherrer Institut (PSI) in Villigen. During these experiments measurements of the magnetic penetration depth  $\lambda$  in the Fe-based superconductor  $\text{Ba}_{1-x}\text{Rb}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$  ( $x = 0.3, 0.35, 0.4$ ) were carried out. We found that the temperature dependence of  $\lambda$  is well described by a two-gap  $s + s$ -wave scenario with a small gap  $\Delta_1 \approx 1-3$  meV and a large gap  $\Delta_2 \approx 7-9$  meV. By combining the present data with those previously obtained for  $\text{RbFe}_2\text{As}_2$  a decrease of the BCS ratio  $2\Delta_2/k_B T_c$  with increasing Rb content  $x$  is observed. On the other hand, the BCS ratio  $2\Delta_1/k_B T_c$  is almost independent of  $x$ . In addition, the contribution of  $\Delta_1$  to the superfluid density is found to increase with  $x$ . These results were discussed in light of the suppression of interband processes upon hole doping.

The magnetic properties of single crystals of  $\text{EuFe}_2\text{As}_2$  and  $\text{EuFe}_{1.8}\text{Co}_{0.2}\text{As}_2$  were studied by means of susceptibility, magnetization, and magnetic torque investigations. The susceptibility and magnetization experiments performed for various temperatures and magnetic fields along the crystallographic axes provided information on the magnetic structure of the studied crystals. In addition, the evolution of the magnetic structure as a function of the tilting angle of the field and the crystallographic axes is studied by magnetic torque experiments. The phase diagrams for the ordering of the  $\text{Eu}^{2+}$  magnetic sublattice with respect to temperature, magnetic field, and the angle between the magnetic field and the crystallographic  $c$  axis in  $\text{EuFe}_{2-x}\text{Co}_x\text{As}_2$  are determined and discussed. The present investigations reveal a complex and sophisticated interplay of magnetic phases in  $\text{EuFe}_{2-x}\text{Co}_x\text{As}_2$ . The magnetic ordering temperature of the  $\text{Eu}^{2+}$  moments remains nearly unchanged upon Co doping. However, unlike the parent compound, in which the  $\text{Eu}^{2+}$  moments order antiferromagnetically at low temperatures, the Co-doped system  $\text{EuFe}_{1.8}\text{Co}_{0.2}\text{As}_2$  exhibits a C-AFM state with a FM component in the  $ab$  plane. The magnetic anisotropy  $\chi_{\text{cr}}$  becomes smaller as a result of Co doping. This implies that the magnetic configuration of the Eu moments is strongly influenced by the magnetic moments of the Fe sublattice, where superconductivity takes place for a certain range of Co doping. A detailed knowledge of the interplay between the  $\text{Eu}^{2+}$  moments and magnetism of the Fe sublattice is important to understand the role of magnetism of the localized  $\text{Eu}^{2+}$  moments for the occurrence of superconductivity in  $\text{EuFe}_{2-x}\text{Co}_x\text{As}_2$ .

University of Zürich and Tbilisi State University teams also performed common muon-spin rotation ( $\mu$ SR) experiments to study the pressure dependence of the magnetic penetration depth  $\lambda$  of polycrystalline high- $T_c$  cuprate superconductor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  ( $x = 6.45, 6.6, 6.8, \text{ and } 6.98$ ). A key finding of this study is that the pressure-dependence of the superfluid density  $\rho_s \propto \sigma \propto 1/\lambda^2$  as a function of the superconducting transition temperature  $T_c$  does not follow the standard Uemura relation, which predicts the superconducting critical temperature is linearly proportional to the superfluid density. (This result typically holds for underdoped cuprates at ambient pressure.) Pressure has a similar effect on the penetration depth as the well-known isotope effect, suggesting pressure indeed perturbs the lattice. Also, the superconducting gap increases with pressure for underdoped samples, suggesting an increase of the coupling strength. It should be mentioned that the  $\mu$ SR measurements of the penetration depth in superconductors under high pressure is a difficult task due to serious technical problems such as (i) the low fraction of muons stopping in the sample inside the pressure cell and (ii) the strong diamagnetism of a superconductor, which substantially influences the  $\mu$ SR response of the pressure cell. In the present work we have overcome these difficulties and developed a method of data analysis for transverse-field  $\mu$ SR measurements of magnetic and diamagnetic samples loaded in a pressure cell. This method leads to a substantial reduction of systematic errors in the data analysis.

Obtained results were published in high-ranked physics journals and were presented at international conferences (see the list of the publications and conference reports). In particular, the study of pressure effect on magnetic penetration depth in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  using  $\mu$ SR technique was selected by Editors of Physical Review as an “editors suggestion” and has been chosen as a SYNOPSIS by PRB.

In May 2011 PhD student of Tbilisi State University, Mamuka Chikovani visited University of Zürich, where he participated in materials synthesis and muon-spin rotation experiments at the University of Zürich and PSI. Due to the SCOPES project he had an opportunity to participate in unique experiments and gain an important experience in experimental physics.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

1. Z. Guguchia, J. Roos, **A. Shengelaya**, S. Katrych, Z. Bukowski, S. Weyeneth, F. Murányi, S. Strässle, A. Maisuradze, J. Karpinski, and H. Keller “Strong coupling between  $\text{Eu}^{2+}$  spins and  $\text{Fe}_2\text{As}_2$  layers in  $\text{EuFe}_{1.9}\text{Co}_{0.1}\text{As}_2$  observed with NMR” Phys. Rev. B **83**, 144516 (2011)
2. Z. Guguchia, Z. Shermadini, A. Amato, A. Maisuradze, **A. Shengelaya**, Z. Bukowski, H. Luetkens, R. Khasanov, J. Karpinski, and H. Keller “[Muon-spin rotation measurements of the magnetic penetration depth in the iron-based superconductor  \$\text{Ba}\_{1-x}\text{Rb}\_x\text{Fe}\_2\text{As}\_2\$](#) ”, Phys. Rev. B **84**, 094513 (2011)
3. Z. Guguchia, S. Bosma, S. Weyeneth, **A. Shengelaya**, R. Puzniak, Z. Bukowski, J. Karpinski, and H. Keller “[Anisotropic magnetic order of the Eu sublattice in single crystals of  \$\text{EuFe}\_{2-x}\text{Co}\_x\text{As}\_2\$  \( \$x=0.0.2\$ \) studied by means of magnetization and magnetic torque](#)”, Phys. Rev. B **84**, 144506 (2011)
4. A. Maisuradze, A. Shengelaya, A. Amato, E. Pomjakushina, and H. Keller, “Muon spin rotation investigation of the pressure effect on the magnetic penetration depth in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ ”, Phys. Rev. B **84**, 184523 (2011)
5. “[Lattice dynamics and anomalous softening in the  \$\text{YbFe}\_4\text{Sb}\_{12}\$  skutterudite](#)”, A. Möchel, I. Sergueev, H.-C. Wille, J. Voigt, M. Prager, M. B. Stone, B. C. Sales, Z. Guguchia, A. Shengelaya, V. Keppens, and R. P. Hermann, Phys. Rev. B **84**, 184306 (2011)

**A. Shengelaya (Invited talk).**

“Spin, Charge and Lattice dynamics in copper and iron based high- $T_c$  superconductors as revealed by EPR”

International Conference “Resonances in Condensed Matter” (Kazan, Russia, 2011)

კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):  
კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):

Swiss National Science Foundation

ასოცირებული პროფესორი ანატოლი ახალკაცი (თსუ),

**samecniero mimarTuleba:**

1. radiosixSiruli impulsis zemoqmedebis Sedegad formirebuli mravlobiT<sub>i</sub> spinuri eqo signalebis Taviseburebebis Teoriuli da eqsperimentaluri Seswavla
2. sxvadasxva magnitur masalebSi da maT Soris magnitur nanofxvnilbSi birTvul spinuri eqo signalebze magnituri videoimpulsis zemoqmedebis Seswavla.
3. Zlieri magnituri impulsebiT magnitoakustikuri movlenebi Seswavla
4. magnitur polimerul kompozitebis firebSi da Wimvis Sedegad formirebuli magnituri nanonawilakebis simkvrivis gradientis Sesaswavla.

**xelmZRvaneli da kvlevaSi CarTuli personali:** xelmZRvaneli a. axalkaci (asocir.prof.), Semsruleblebi \_ mamniaSvili (mT.mecn.Tanam.), c.gavaSeli (fiz.maT.mecn. doqt.)

**kvlevis/proeqtis Tematika (saTauri):** kondensirebuli garemos magnituri Tvisebebis Seswavla

**kvlevis/proeqtis aqtualoba, miznebi da kalendaruli wlis ganmavlobaSi miRebuli Sedegebi:**

1. gagrZelda ori nebismeri sigrZis radiosixSiruli impulsis zemoqmedebis Sedegad formirebuli mravlobiT<sub>i</sub> eqo signalebis Taviseburebebis Teoriuli da eqsperimentaluri Seswavla [1]. kerZod, am SemTxvevaSi Seswavlilia orimpulsiani eqos signalebis Tvisebebi da relaqsaciuri procesebi farTo klasis magnetikebSi. momzadebulia Sromebi Phys. Lett. A-Si gasagzavnad da ICSM 2012 (International Conference on Superconductivity and Magnetism) konferenciaze warsadgenad, romelic TurqETSi gaimarTeba.

2. pirvelad Catarda droiT<sub>i</sub> da sixSiruli diagramebis sistematiuri Seswavla, romlebic asaxaven magnituri videoimpulsis zemoqmedebas birTvul eqo signalebze sxvadasxva magnitur masalebSi, maT Soris magnitur nanofxvnilbSi [2,3]. es Sedegebi agreTve gamoyenebulia magnituri-videoimpulsis zemoqmedebis efeqtebis Sesaswavlად ararwrfivi meqanizmiT Fformirebul eqo signalze Eu<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>-Si dabal (heliumis) temperaturebze. Sedegebi wardgenilia Jurnal Физика Низких Температур (Харьков) gamosaqveyneblad, da agreTve wardgenilia ICSM 2012 konferenciaze TurqETSi. Eu<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>-Si

3. Seswavlilia Zlieri magnituri videoimpulsiT agznebuli magnitoakustikuri signalebi magnitoamorful-piezokeramikul da magnitobiokeramikul-piezokeramikul kompozitebSi [4]. kerZod Seiswavlebeda magnituri videoimpulsis zemoqmedebis Sedegad generirebuli eleqtruli velis Zabva.

4. partnioruli proeqtis farglebSi (P 446, STCU) Catarda Cu-W nanokompozitis meqanikuri da eleqtruli Tvisebebis Seswavl<sub>i</sub>s kvlevebi. Cu-W nanokompozitebi sinTezirebuli iyo dartyimiTi talRiT<sub>i</sub> kompaqtirebis meTodiT. wardgenilia bolo angariSi da gagzavnilia Tezisebi TMS 2012 konferenciaze (USA).

5. monawileoba miviReT ISTC biznes-forumSi, sadac warvadgineT wylis gamwmendi sinergetikuli mowyobiloba. forumi Catarda alma-aTaSi, yazaxeTi.

6. ganviTarebulia LC-generatorze dafuZnebuli skanirebis meTodi da Wimvis Sedegad formirebuli magnituri nanonawilakebis simkvrivis gradientis Sesaswavlად magnitur polimerul kompozitebis firebSi. Sroma gamosaqveyneblad wardgenilia Journal of Applied Polymer Science-Si.

7. Seswavlilia mzis energiis STanTqm<sub>i</sub>s efeqturobis procesebi magnituri (Ni, Co) nanoklasterebiT dafenil TiO<sub>2</sub> safuZvelze damzadebul nanofxvnilbSi [5].

## გამოკვეთილი შრომები:

1. [M.D. Zviadadze](#), G.I. Mamniashvili, [R.L. Lepsveridze](#), [A.M. Akhalkatsi](#). “Multiple nuclear spin-echo signals excited by arbitrary duration radiofrequency pulses”. The Physics of Metals and Metallography, 111, 547-553 (2011) [Физика Металлов и Metallovedenie 111, No.6, 1-7 (2011) Fizika Metallov i Metallovedenie 111, No.6, 1-7 (2011)].
2. G.I. Mamniashvili, T.O. Gegechkori, T.N. Kopperia, T.I. Zedgenidze, F.K. Akopov, A.M. Akhalkatsi, T.A. Gavasheli. “Spectra of the magnetic video-pulse influence on the nuclear spin echo in multidomain magnets”. Book: Nova Science Publisher. New Developments in Materials Science, ISBN: 978-1-61668-852-3, Chapter 5, p. 35-42 (2011).
3. G.I. Mamniashvili, T.O. Gegechkori, E.R. Kutelia, M.N. Okrosashvili, V.A. Peikrishvili, A.M. Akhalkatsi, T.A. Gavasheli, D.M. Daraselia, D.L. Djaparidze, A.D. Shengelaya, A.B. Peikrishvili. “NMR and magnetometry study of nanosized cobalt powders synthesized with electron-beam technology”. Int. Conf. Recent Trends in Nanomagnetism, Spintronics and their Applications (RTNSA), 1-4, June 2011, Ordizia, Basque Country, Spain. Book of Abstracts, p.154.
4. J. Aneli, D. Gventsadze, G. Mamniashvili, Yu. Sharimanov, T. Gegechkori, A. Akhalkatsi, T. Gavasheli. “Magnetoacoustic and memory effects in magnetostrictive materials studied by pulsed NMR and magnetic video-pulse excitation techniques”. Advances in Applied Physics and Materials Science Congress (APMAS2011), 12-15 May 2011, Antalya, Turkey. Book of Abstracts. vol.2. p. 241.
5. T. Kopperia, G. Mamniashvili, M. Nadareishvili, T. Zedgenidze. “Competitive Nanotechnology for Deposition of Films and Fabrication of Powder-Like Particles”. ECS Trans. **35** (10), 17 (2011).

## კონფერენციები:

1. Int. Conf. Recent Trends in Nanomagnetism, Spintronics and their Applications (RTNSA), 1-4, June 2011, Ordizia, Basque Country, Spain.  
G.I. Mamniashvili, T.O. Gegechkori, E.R. Kutelia, M.N. Okrosashvili, V.A. Peikrishvili, A.M. Akhalkatsi, T.A. Gavasheli, D.M. Daraselia, D.L. Djaparidze, A.D. Shengelaya, A.B. Peikrishvili. “NMR and magnetometry study of nanosized cobalt powders synthesized with electron-beam technology”. Book of Abstracts, p.154, 2011.
2. Int. Conf. Advances in Applied Physics and Materials Science Congress (APMAS2011), 12-15 May 2011, Antalya, Turkey.  
J. Aneli, D. Gventsadze, G. Mamniashvili, Yu. Sharimanov, T. Gegechkori, A. Akhalkatsi, T. Gavasheli. “Magnetoacoustic and memory effects in magnetostrictive materials studied by pulsed NMR and magnetic video-pulse excitation techniques”. Book of Abstracts. vol.2. p. 241, 2011.
3. rusTavelis erovnuli samecniero fondi ivane javaxiSvilis saxelobis Tbilisi saxelmwifo universiteti. saerTaSoriso konferencia “meoradi nedleulis da bunebrivi resursebis gamoyeneba adamianis da teqniki progressis samsaxurSi”, 1-2 noemberi 2011, Tbilisi, saqarTvelo.  
a) T. Kopperia, T. Zedgenidze G. Mamniashvili, M. Nadareishvili, E. Khachatrian, R. Mazmiashvili. “Competitive powder and thin-film nanotechnology”. p.31-35, 2011.  
b) T. Kopperia, G. Mamniashvili, M. Nadareishvili, R. Mazmiashvili. “Fabrication of mezzo- and nano-sized magnetic particle”. p.36-38, 2011.
4. saerTaSoriso samecniero konferencia kvlevis fizikuri meTodebi medicinaSi. 27-29 oqtomberi 2011. Tbilisi, saqarTvelo.  
T. Хоперия, Г. Мамниашвили, М. Надареишвили. Изготовление наночипов и нанесение нанокластеров с помощью химической металлизации. Тезисы докладов, с. 70, 2011.

ივ.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიზიკის დეპარტამენტის, კონდენსირებულ გარემოთა ფიზიკის მიმართულების, “მაგნიტური სისტემების” კვლევის ჯგუფის 2012 წლის სამეცნიერო სამუშაო გეგმა

1. bmr spektroskopii Teoriuli da eqsperimentaluri ganviTareba ori nebisimieri sigZis radiosixSiruli impulsis zemoqmedebisas. mrvlobiTiqos swrafi relaqsaquri procesebis Seswavla svadasxva magnitur masalebSi, gansakuTrebiT ferometalebsa da maT nanofxvnilibSi.
2. magnituri nanofxvnilibis da nanokompozitebis sinTezis meTodebis ganviTareba. kerZod, eleqtron-sxivuri meTodis, qimiuri orTqliT dafenisas (CVD), da dartyimTi talRis zemoqmedebiT kompozitebis miRebisa magnitorezonansuli da magnitometriis meTodebis gamoyenebiT.
3. magnitoeleqtruli efeqtების Seswavla axial ferit-piezo fenovan da moculobiT kompozitebSi.
4. magnituri nanoklasterebiT dafenil TiO<sub>2</sub> fxvnilibis magnituri Tvisებების Seswavla magnitorezonansuli da magnitometriis meTodebis gamoyenebiT da am Tvisებების korelacia mzis energiis STanTqmის speqtrTan.
5. sinergiuli wylis gawmendis mowyobilobis stendis Seqmna da misi optimaluri reJimebis Seswavla erTdroulad magnituri velis, ultrabgeris da ultraisferi gamosxivebis zemoqmedebisas

ასისტენტ პროფესორი თამარ ჭელიძე (თსუ),

B. Janko, M. Kuno, F. Vietmayer (Notre Dame University, IN, USA )

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): Electric field-induced emission intensity modulation in CdSe nanowire**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები :** Semiconductor nanowires (NWs) are promising candidates for a battery of applications in nanoelectronics, nanooptics and electrooptics, using advantages such as tunable electronic structures using quantum confinement and dielectric engineering through screening effects. To put these concepts into practice, precise tailoring of materials properties is required to have a good grasp of carrier transport and recombination processes. While a remarkable level of control is routinely achieved in bulk-like materials, nanomaterials are inherently harder to regulate due to very pronounced surface effects that stem from large surface-to-volume ratios. This strong influence of surface traps, in turn, gives rise to interesting size-dependant optical and electrical properties in NWs. While the influence of defects needs to be minimized in a number of applications (i.e. solar cells, LEDs or photodetectors), it offers great potential to control the optical properties of nanomaterials for other applications including electrochromic devices and optical modulators or even completely new classes of devices.

**we studied voltage dependent emission intensities in single CdSe nanowires which we directly link to changes in surface trap kinetics that stem from presence of electric fields. we observe a reversed response of the NW emission modulation to the two biasing schemes. Namely, wires exhibit an Iem modulation of the same amplitude irrespective of whether which of the two electrodes is biased relative to ground. To better explain the effect, a traditional model for recombination dynamics in CdSe nanowires is extended to account for field-enhanced carrier detrapping rates and is found to accurately predict observed experimental trends.**

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

**გაგზავნილია დასაბეჭდად:** Felix Vietmeyer, Tamar Tchelidze, Veronica Tsou, Boldizsar Janko, Masaru Kuno “*Electric field-induced emission intensity modulation in CdSe nanowires*”

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში): Fulbright Faculty Development Program**

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: თამარ ჭელიძე (ოსუ), ეკატერინე ჩიკოიძე, E. Y. Dumont, E. Popova, B. Warot-Fonrose, and N. Keller (*Groupe d'Etudes de la Matière Condensée (GEMaC)*, Université de Versailles St-Quentin en Y. – CNRS, 45 Av. des Etats-Unis, 78035 Versailles, France)

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): Variable range hopping conduction in  $Fe_{1.5}Ti_{0.5}O_{3-\delta}$  thin films**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები :**

$Fe_{2-x}Ti_xO_{3-\delta}$  (FTO), the solid solution of hematite( $Fe_2O_3$ ) and ilmenite ( $FeTiO_3$ ) is a mixed valence transition metal oxide. The electrical and magnetic properties of this wide band gap material in bulk form were already investigated half a century ago. Recently, a new interest occurred for this material in thin films due to its potentiality for spintronics applications, which require a combination of room temperature ferromagnetic properties and spin polarized conductivity.

Electrical transport properties for  $Fe_{1.5}Ti_{0.5}O_{3-\delta}$  thin films in disordered magnetic (R-3c) phase epitaxially grown on  $Al_2O_3(0001)$  sapphire substrate are studied. Measured magnetization in film-perpendicular and film-parallel magnetic field configurations show weak values and a strong anisotropy with no saturation perpendicularly to the film; properties associated with the atomic scale disorder of Ti/Fe ions along c-axis. At zero-magnetic field, the conduction mechanism appears to be Efros-Shklovskii variable range hopping in the 80K-400K region, with carrier localization length 0.26 nm. Magnetoresistance MR is positive in the perpendicular configuration, while it is negative in the parallel configuration, with significant values of  $|MR| = 27 - 37\%$  at room temperature. Electron localization length were calculated and compared to the values deduced from experiment, for different external magnetic fields. The anisotropy of magnetic compressibility of wavefunctions regarding orientation of external magnetic field has been observed.

We saw from theoretical calculations that the external magnetic field is expected to shrink the wavefunctions, reducing the localization length of electron, exactly what we observe in experiment. Compare the theoretical and experimental values of localization length we find quite good agreement, encouraging us to think that approach we have for the interpretation of conductivity mechanism and magnetoresistance is correct.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

**მომზადებულია დასაბეჭდად:** E. Chikoidze, Y. Dumont, T. Tchelidze, E. Popova, B. Warot-Fonrose, and N. Keller „*Variable range hopping conduction in  $Fe_{1.5}Ti_{0.5}O_{3-\delta}$  thin films*“

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**  
Coordination meeting in Ankara Turkey on Radiation Synthesis of Nanostructures

**ქვემომართულება – რადიოფიზიკა, ფიზიკური პროცესების მოდელირება**თბილისი, ი.ჭავჭავაძის 3, ტელ.: 599-53-16-02, ელ-ფოსტა: [o.kharshiladze@mail.ru](mailto:o.kharshiladze@mail.ru)**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: ოლეგ ხარშილაძე****კვლევის/პროექტის თემატიკა შიდა-გრაფიტაციული ტალღური (შგტ) სტრუქტურების გენერაცია, ინტენსიფიკაცია და თვითორგანიზაცია წანაცვლებითი დინებით მართულ დისიპაციურ იონოსფეროში****კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

ბოლო წლებში საგრძნობლად გაიზარდა ინტერესი შიდა გრაფიტაციული ტალღების (შგტ) შესწავლისადმი, რომლებიც წარმოიქმნებიან ატმოსფეროში ჰაერის სიმკვრივის გრაფიტაციული სტრატოფიკაციის შედეგად და თამაშობენ მნიშვნელოვან როლს დედამიწის და სხვა პლანეტების ატმოსფეროს და იონოსფეროს დინამიკაში. მომატებული ინტერესი პირველ რიგში განპირობებულია იმ ფაქტით, რომ ამ ტალღებს შეუძლიათ გავრცელდნენ წყაროდან რამდენიმე ასეულ და ათასეულ კილომეტრის მანძილზე მნიშვნელოვანი ჩაქრობის (მილევის) გარეშე. ვრცელდებიან რა ჯგუფური სიჩქარით, შგტ განაპირობებენ ენერჯის, სითბოს და იმპულსის გადატანას ტროპოსფეროდან ზედა ატმოსფეროში, სადაც ახდენენ გავლენას გარემოს სითბურ და დინამიკურ რეჟიმზე [Francis, 1975; Kim, Mahrt, 1992; Nakamura et al., 1993; Rishbeth, Fukao, 1995; Fritts et al., 2006; Alexander et al., 2008; Alexander, 2010; Hecht et al., 2010]. ბოლო რიცხვითი ექსპერიმენტები აჩვენებენ [Gavrilov, Fukao, 2001; Alexander, Rosenlof, 2003; Alexander et al., 2009], რომ კლიმატის ცვლილების და შუა ატმოსფეროს ცირკულაციის ადექვატური აღწერისათვის სავალდებულოა ფონური ნაკადის აჩქარების და სითბოს მოდინების გათვალისწინება, რომელიც განპირობებულია ტროპოსფეროდან წამოსული შიდა-გრაფიტაციული ტალღებით.

მრავალრიცხოვანი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებით დადგენილია, რომ შგტ მოძრაობების წყარო შეიძლება იყოს: მიწისძვრები [Липеровский и др., 1992; Hayakawa, 1999], ვულკანების ამოფრქვევა [Cheng, Huang, 1991], მაგნიტური ქარიშხლები და ზღვის შტორმები [Testud, 1970; Голицын и др., 1975], ქარბორბალა, ტაიფუნი, ტორნადო [Kuester et al., 2008; Ming et al., 2010], მზის დაბნელება [Chimonas, Hines, 1971], ჭავლური დინებები [Bertin, et al., 1978], ტერმინატორი [Бурмака и др., 2003], მეტეორების გადაადგილება [Pokhotelov et al., 1995], ძლიერი რაკეტების გაშვება [Бурмака и др., 2003], პოლარული და ეკვატორიალური დენების სისტემები [Chimonas, Hines, 1970], ასევე სამრეწველო, სამხედრო და ატომური აფეთქებები [Tolstoy, Herron, 1970; Дробнжев и др., 1986; Shaefer et al., 1999].

მრავალრიცხოვანი დაკვირვებების შედეგები აგრეთვე აჩვენებს, რომ ატმოსფერულ-იონოსფერულ შრეებში მუდმივად არსებობენ სივრცით – არაერთგვაროვანი ზონალური ქარები [Госсард, Хук, 1978; Казимировский, Кокоруев, 1979; Педლოსки, 1984] – წანაცვლებითი დინებები, გამოწვეული მზის გამოსხივების მიერ ატმოსფეროს არაერთგვაროვანი გათბობით. ამის გამო აქტუალური ხდება ამოცანა შგტ შეშფოთებების გენერაციის და შემდგომი ევოლუციის შესახებ ატმოსფერო-იონოსფეროს სხვა და სხვა შრეებში მათზე არაერთგვაროვანი ზონალური ქარების (წანაცვლებითი დინებების) ზემოქმედებისას.

წანაცვლებითი დინებებისადმი (არაერთგვაროვანი ქარებისადმი) ინტერესი განპირობებულია მათი ფართოდ გავრცელებით, როგორც დედამიწის მახლობელ გარემოში (როგორც ზემოთ აღინიშნა) და ასტროფიზიკურ ობიექტებში (გალაქტიკებში, ვარსკვლავებში, ჭავლურ დინებებში, ოკეანეებში და სხვა), ასევე ლაბორატორიულ და ტექნიკურ მოწყობილობებში (ნავთობ და გაზ-სადენებში, პლანეტარულ მაგნიტო-დამჭერებში, მაგნიტოჰიდროდინამიკურ გენერატორებში და ა.შ.) დინებებში სიჩქარის წანაცვლება (არაერთგვაროვნება) წარმოადგენს სხვა და სხვა სახის ენერგოტევადი პროცესების წყაროს უწყვეტ გარემოებში. წრფივი პროცესების კანონიკური (მოდალური) მეთოდებით გამოკვლევა – ტალღური შეშფოთებების სპექტრალური გაშლა და შემდგომ, საკუთარი მნიშვნელობების ანალიზი – წანაცვლებით დინებებში მხედველობის არიდან კარგავს უაღრესად მნიშვნელოვან ფიზიკურ პროცესებს, როგორცაა მაგალითად, ტალღების გაძლიერება და მოდების წრფივი ურთიერთ ტრანსფორმაცია [Reddy et al., 1993; Trefenthen et al., 1993].



წანაცვლებითი დინებების ზუსტმა მათემატიკურმა აღწერამ გამოავლინა [Reddy et al., 1993], რომ წრფივი პროცესების კანონიკური (მოდალური) ანალიზისას, დინამიკურ განტოლებებში შემავალი ოპერატორები არიან არა-თვითშეუღლებულნი [Trefenthen et al., 1993] და, როგორც ამის შედეგი, ამოცანის საკუთარი ფუნქციები არიან არაორთოგონალური ერთმანეთის მიმართ – ისინი ძლიერად ინტერფერირებენ ერთმანეთთან. ეს გარემოება, მოვლენების კორექტულად აღწერისათვის, აუცილებელს ხდის საკუთარი ფუნქციების ინტერფერენციის შედეგების ზუსტ გაანგარიშებას, რაც ხშირად წამოადგენს გადაუღებავ სიძნელეს. საბედნიეროდ, ამის გაკეთება არ არის აუცილებელი, რადგანაც არსებობს ალტერნატიული მიდგომა – წანაცვლებითი დინებებში წრფივი პროცესების ე.წ. არამოდალური ანალიზი. ასეთი მიდგომისას იხსნება მოდიფიცირებული საწყისი ამოცანა (კომის ამოცანა), შეისწავლება სივრცითი ფურიე-ჰარმონიკების დროითი ევოლუცია [Graik, Criminale, 1986; Chagelishvili et al., 1996]. არამოდალური მიდგომა, წამოადგენს რა ასეთი პროცესების კვლევის ოპტიმალურ ენას, მაქსიმალურად ამარტივებს წანაცვლებითი დინებებში შემფოთებების მათემატიკურ აღწერას და შესაძლებლობას იძლევა გამოვლენილ იქნას ძალზე მნიშვნელოვანი მოვლენები, რომლებიც მოდალური მიდგომისას მხედველობის მიღმა რჩებოდნენ.

ამიტომ მოცემულ პროექტში შგტ სტრუქტურების წრფივი დინამიკა იონოსფეროში შეისწავლება არამოდალური მათემატიკური ანალიზი გამოყენებით. არამოდალური მიდგომა საშუალებას იძლევა დინამიკურ განტოლებებში სივრცითი არაერთგვაროვნება, რომელიც განპირობებულია წანაცვლებითი დინებებით, შეიცვალოს დროის მიმართ არაერთგვაროვნებით და შემდგომ თვალი მივადევნოთ ტალღური შემფოთების სივრცითი ფურიე-კომპონენტების დროით ევოლუციას.

მოცემულ პროექტში ყურადღება გამახვილებული იქნება შგტ ერთერთ ყველაზე საინტერესო თვისებაზე – იზოთერმულ ატმოსფეროში ვრცელდება რა ვერტიკალურად ზევით საკმაოდ ადვილად, შგტ-ს გააჩნია ტენდენცია ჰიდროდინამიკური სიჩქარის ექსპონენციალური გაზრდისა სიმძლის მიხედვით, რომელიც გამომდინარეობს ენერჯის შენახვის კანონიდან, როცა გარემოს სიმკვრივე სიმძლის მიხედვით ეცემა [Hines, 1960; Голцард, Хук, 1978]. ასე რომ, მაშინაც კი როცა ტალღის საწყისი ენერჯია მცირეა, არაწრფივი ეფექტები საკმაო დიდ სიმძლევებზე ხდება ძალზე მნიშვნელოვანი და აუცილებელი ხდება მისი გათვალისწინება. ცხადია, რეალურ პირობებში ატმოსფეროში არ შეიძლება ჰიდროდინამიკური სიჩქარე ასე უსასრულოდ გაიზარდოს. რომელიღაც სიმძლევზე სიჩქარე გახდება იმდენად დიდი, რომ თამაშში ჩაერთვება არაწრფივი პროცესები, რომლებიც მოდების არაწრფივი ურთიერთქმედების შედეგად წყვეტს სიჩქარის ამპლიტუდის ზრდას, გადაანაწილებს რა ამ ენერჯიას მოდებს შორის (ტალღების გაჯერება) და მაგალითად, გამოიწვევს ტალღების თვითორგანიზაციას ლოკალიზებული გრიგალური სტრუქტურების სახით [Анурджаниа, 1996; Анурджаниа, 2006]. არაწრფივი გრიგალურ სტრუქტურებს გადააქვთ ჩაჭერილი ნაწილაკები და ურთიერთქმედებენ რა ერთმანეთთან და გარემოსთან, შეუძლიათ წარმოქმნან ძლიერი ატმოსფერული ტურბულენტობა [Waterscheid, Schubert, 1990], რომელსაც შეუძლია შექმნას სერიოზული საფრთხე საავიაციო ტრანსპორტისთვის, ასევე გამოიწვიოს ქვედა ატმოსფეროდან მინარევების გადატანა, გამოიწვიოს მათი ქიმიური რეაქციები და მავნე შენაერთების წარმოქმნა [Friedrich et al., 2009]. ასე რომ, შგტ სტრუქტურებს შეუძლიათ აგრეთვე იქონიონ გავლენა “კოსმოსური ამინდის” ფორმირებაზე იონოსფეროში რეგულარული არაწრფივი სტრუქტურების გენერაციის გზით [Schunk, Sojka, 1996].

ზემოთაღნიშნული პრობლემების აქტუალობიდან გამომდინარე, წარმოდგენილი პროექტის მიზანს წამოადგენს დისიპაციურ იონოსფეროში შიდა-გრავეტაციული ტალღების გენერაციის, ინტენსიფიკაციის და თვითორგანიზაციის თავისებურებების გამოკვლევა ლოკალურ არაერთგვაროვან ქარებთან (წანაცვლებითი დინებებთან) ურთიერთქმედებისას.

#### **კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

1. იონოსფეროს მაგნიტური ჰიდროდინამიკის სრულ განტოლებათა სისტემის ანალიზის საფუძველზე მიღებულია არაწრფივი კერძოწარმოებულიანი ორი განტოლებისაგან შედგენილი თვითშეთანხმებული განტოლებათა მოდელური სისტემა, რომელიც აღწერს შედარებით მოკლეტალღოვანი (100მ\_10კმ) შიდა-გრავეტაციული ტალღების (შგტ) დინამიკას არაერთგვაროვანი ქარებით და გეომაგნიტური ველებით მართულ დისიპაციურ იონოსფეროში.
2. დინამიკური განტოლებათა სისტემის ზუსტი ანალიზური ამონახსნების ყოფაქცევის შესწავლის შედეგად დადგენილია, რომ შგტ შემფოთებები თავისი ევოლუციის წრფივ სტადიაზე კი

- ინტენსიურად ართმევენ ენერგიას ფონურ არაერთგვაროვან დინებებს (ქარებს). ამის გამო, შესაბამისად, მნიშვნელოვნად იზრდება ამ ტალღური შემფოთებების ამპლიტუდა (ერთი რიგით).
3. ნაჩვენებია, რომ ამპლიტუდის ზრდის კვალობაზე კოლექტიურ ურთიერთქმედებაში ერთვება არაწრფივი პროცესები, რაც თავის მხრივ განაპირობებს აღძვრული შემფოთებების თვითლოკალიზაციას სხვა და სხვა სახის არაწრფივი სოლიტონურ-გრიგალური სტრუქტურების სახით.
  4. არაწრფივი დინამიკურ განტოლებათა სისტემის სტაციონარული ანალიზური და რიცხვითი ამონახსნების თავისებურებების შესწავლის საფუძველზე გამოვლენილია სხვადასხვა ტიპის არაწრფივი სტრუქტურების: მონოპოლური სოლიტონების, დიპოლური გრიგალების, გრიგალების ჯაჭვების და სხვა სახის ლოკალიზებული წარმონაქმნების გენერაციის შესაძლებლობა წანაცვლებითი დინებებით მართულ იონოსფეროში.

#### გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:

1. Aburjania G.D., Rogava J.L., Kharshiladze O.A. Nonlinear dynamics of drift structures in a magnetized dissipative plasma// *Plasma Physics Reports*. V.37. № 6. P.477-497. 2011.

**აბსტრაქტი:** გამოკვლეულია ძლიერად ლოკალიზებული გრიგალური სტრუქტურების გენერაციისა და არაწრფივი დინამიკის თავისებურებანი მაგნიტოაქტიურ ნაწილობრივ-იონიზებულ არაერთგვაროვან დისიპაციურ პლაზმაში. ამ პროცესის აღმწერი არაწრფივი დინამიკური განტოლების (რომელიც შეიცავს ორი სახის არაწრფივობას – სკალარულს და ვექტორულს) რიცხვითი ამონახსნების ბაზაზე გამოკვლეულია სტაციონარული გრიგალის არასტაციონარული დინამიკა მასზე არაწრფივი და დისიპაციური ფაქტორების ზემოქმედებისას. რიცხვითი მოდელირების საფუძველზე გამოვლენილია, რომ ვექტორული არაწრფივობა თმამობს ორგვარ როლს – ეხმარება ან დისპერსიას ანდა სკალარულ არაწრფივობას (მათი სიდიდის და მიხედვით) ურთიერთ წონასწორობის შენარჩუნებაში და შესაბამისად, ხელს უწყობს განმხოლოებული გრიგალური სტრუქტურების თვითორგანიზაციას. ნაჩვენებია, რომ დისპერსია ანაწევრებს საწყის დიპოლურ გრიგალს შედარებით მცირემასშტაბიანი, ნაკლებად ინტენსიური და მჭიდროდ განაწილებული მონოპოლური გრიგალების ერთობლიობად – ერთმანეთის მიყოლებით განლაგებულ ციკლონებად და ანტიციკლონებად. სუსტი დისპერსიის პირობებში საწყისი დიპოლის ევოლუციისას, სკალარული არაწრფივობა სიმეტრიულად განაცალკევებს ციკლონ-ანტიციკლონის წყვილს და წარმოიქმნება თითქმის ერთნაირი ინტენსივობის, ფორმისა და ზომის დამოუკიდებელი ციკლონი და ანტიციკლონი. დისპერსიული ეფექტების გაზრდისას სტრუქტურების განაცალკეება ხდება ანიზოტროპიული: წარმოქმნილი ანტიციკლონი არის უფრო ინტენსიური და ლოკალიზებული, ხოლო ციკლონი არის უფრო სუსტი და დიდმასშტაბიანი. შემდგომში ციკლონი შედარებით დიდხანს ნარჩუნდება, ხოლო ანტიციკლონი ნაწევრდება მცირე ზომის გრიგალებად და დისიპაცია უფრო აჩქარებს ამ პროცესს. გრიგალის მილევის დრო არსებითად არის დამოკიდებული გრიგალის მახასიათებელ ზომაზე: დიდმასშტაბიანი გრიგალები უფრო მეტ ხანს ცოცხლობენ. ნაჩვენებია, რომ არამდგრადობის არსებობისას საწყისი გრიგალი ძლიერდება, ხოლო დიპოლის შემადგენელი წყვილის (ციკლონ-ანტიციკლონის) სიცოცხლის ხანგრძლივობა იზრდება. დროთა განმავლობაში სისტემაში გენერირდება მცირემასშტაბიანი ხმაური და შემფოთებების სივრცითი სტრუქტურა ხდება არარეგულარული. განმხოლოებული გრიგალური სტრუქტურების ერთმანეთთან და გარემოსთან ურთიერთქმედების დადგენილი სურათი აჩვენებს, რომ არაერთგვაროვან პლაზმურ გარემოში გრიგალური სტრუქტურებს შეუძლიათ განაპირობონ ძლიერი დრეიფული ტურბულენტობის, ნივთიერებისა და სითბოს ანომალური გადატანის ფორმირება.

2. Aburjania G.D., Zimbardo G., Kharshiladze O.A. Effect of the shear flow on the generation and self-organization of IGW structures in the dissipative ionosphere// *Plasma Physics Reports*. (Accepted). 2011.

**აბსტრაქტი:** შესწავლილია შიდა გრავიტაციული ტალღების (შგტ) გენერაცია და მათი შემდგომი წრფივი და არაწრფივი ევოლუცია დისიპაციურ იონოსფეროში არაერთგვაროვანი ზონალური ქარის (წანაცვლებითი დინების) არსებობისას. ჩატარებულია შიდა გრავიტაციული ტალღების წრფივი გამლიერების პროცესის ანალიზი არაერთგვაროვან ქართან ურთიერთქმედებისას. წანაცვლებითი დინების არსებობისას წრფივ ამოცანაში შემავალი ოპერატორები არ არიან თვითმეულლებულნი და

შესაბამისად საკუთარი ფუნქციებიც არ არიან ორთოგონალური, რის გამოც კანონიკური მოდალური მიდგომა ნაკლებად გამოსადეგია ასეთი პროცესების შესასწავლად და საჭირო ხდება ეგრეთწოდებული არამოდალური მათემატიკური ანალიზის გამოყენება. ნაჩვენებია, რომ ევოლუციის წრფივ ეტაპზე შტეტ ეფექტურად ქაჩავს ენერგიას წანაცვლებითი დინებიდან რის შედეგაც მნიშვნელოვნად (რიგით) იზრდება მისი ამპლიტუდა და საკუთარი ენერგია. Dდადგენილია წანაცვლებითი დინების არამდგრადობის აღძვრის კრიტერიუმი. წანაცვლებითი არამდგრადობის განვითარებისა და შეშფოთების ამპლიტუდის ზრდის კვალობაზე, თამაში ერთეუბა არაწრფივი თვითორგანიზაციის მექანიზმი და პროცესი სრულდება ძლიერად ლოკალიზებული არაწრფივი განმხოლოებული შიდა გრავიტაციული გრიგალური სტრუქტურების ფორმირებით. ამით სისტემა იძენს თავისუფლების ახალ ხარისხს, შესაბამისად, იკვეთება წანაცვლებით დინებებში შეშფოთებების ევოლუციის ახალი მიმართულება. წანაცვლებითი დინების სიჩქარის პროფილისგან დამოკიდებულებით არაწრფივი სტრუქტურა შესაძლებელია იყოს მონოპოლური გრიგალი, ან გრიგალების ჯაჭვი ზონალური ქარის ფონზე. იონოსფერულ გარემოში ასეთი გრიგალების დაგროვებამ შესაძლოა განაპირობოს ძლიერ ტურბულენტური მდგომარეობა.

**საგრანტო პროექტში მონაწილეობა:**

**ო.ხარშილაძე** – ევროპის მე-7 ჩარჩო პროგრამის ფარგლებში გასულ წელს მოპოვებული მარია კიურის სახელობის მეცნიერთა გაცვლის სამ-წლიანი (2011-2013) საერთაშორისო გრანტის შემსრულებელი.

პროექტის სათაური: “დისიპაციური სტრუქტურები და კინეტიკური პროცესები დედამიწის მახლობელ პლაზმაში” (2011-2013).

Project: “Dissipative structures and kinetic processes in the Earth plasmas”. Marie-Curie International Research Staff Exchange Scheme (IRSEE). Call: FP-7-PEOPLE-2010-IRSES. № 269198. 2011-2013.

**მიკრო და ნანოელექტრონიკის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი**

ი.ჭავჭავაძის გამზ. 13, 2232 695, E-mail: amiran.bibilashvili@tsu.ge

**სამეცნიერო მიმართულება: მიკრო და ნანოელექტრონიკა**

**ხელმძღვანელები და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორები, ასოც. პროფესორი ამირან ბიბილაშვილი და ნინა ხუჭუა; „მიკრო და ნანოელექტრონიკის“ სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლები: ზაურ ჭახნაკია, ზურაბ ჯიბუტი, ნუგზარ დოლიძე, რევაზ მეღვინე, ალბერტ ტუტუნჯიანი, მარინა ტიგიშვილი, ტატიანა სახაროვა, გივი კალანდაძე, გივი დიდუბაშვილი, სერგო ავსარქისოვი, ზურაბ ყუშიტაშვილი, ნოდარ უშვერიძე, ალექსანდრე ჯომარჯიძე, თამილა ხელაშვილი, მარინა აშიანი.

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):**

**1) „იონებით იმპლანტირებული Si იზოლატორზე სტრუქტურების ელექტროფიზიკური და ოპტიკური პარამეტრების შესწავლა“**

მიკრო და ნანოელექტრონიკა მეცნიერების და ტექნიკის განვითარების ერთ-ერთი ყველაზე დინამიურად მზარდი და პერსპექტიული მიმართულებებია. მიკროელექტრონული სქემების ფუნქციონალური განვითარების ძირითადი ტენდენციაა ინტეგრაციის ხარისხისა და სწრაფქმედების განუხრელი ზრდა, მათი შექმნის ტექნოლოგიის ტემპერატურის შემცირებით. მაღალი ტემპერატურისას ხდება ნიმუშში არასასურველი მინარევების დიფუზია, მიკროფორიანობის და დამაბულობის გაზრდა და სხვა, რაც აუარესებს მიკროსქემის პარამეტრებს. ამიტომ საჭიროა შეიქმნას მიკრო და ნანოსტრუქტურების და სისტემების მიღების დაბალტემპერატურული, სტიმულირებული მეთოდები.

საანგარიშო კვლევების მიზანი იყო შექმნილიყო მიკრო- და ნანოსტრუქტურებში დიფუზიის დაბალტემპერატურული ტექნოლოგიური მეთოდები და გადაწყვეტილიყო შემდეგი ამოცანები:

1. იმპულსური-ფოტონური გამოწვის გავლენის შესწავლა იონებით იმპლანტირებული „სილიციუმი იზოლატორზე“ (სი)-სტრუქტურების ოპტიკურ და ელექტროფიზიკურ მახასიათებლებზე;
2. „ცივი დნობის“ კონცეფციისა და მისი ფიზიკური მექანიზმის მოდელის შექმნა განზომილებიან ნანო-ფირებისთვის. კრიტიკული კონცენტრაციის ფორმულის მიღება;
3. კვლევების შედეგად დაბალტემპერატურული დიფუზიის იმპულსური-ფოტონური გამოწვის ოპტიკური რეჟიმების დადგენა;
4. დეფექტების გამოწვისა და იმპლანტირებული მინარევის აქტივაციის დაბალტემპერატურული იმპულსური-ფოტონური გამოწვის პროცესების შემუშავება.

კერძოდ დადგენილია, რომ:

1. Si-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ეპიტაქსიურ სტრუქტურებში მექანიკური დამაბულობების წარმოქმნაზე პასუხისმგებელია არა წერტილოვანი დეფექტები, არამედ რთული დარღვევები, წარმოქმნილი როგორც ზრდის პროცესში (სტრუქტურული დეფექტები), ასევე იონური იმპლანტაციის შედეგად (რადიაციული დეფექტები);

2. 2-განზომილებიან ნანო-ფირებისთვის მიღებულია „ცივი დნობის“ განხორციელებისთვის აუცილებელი ანტიდამაკავშირებელი ნაწილაკების კრიტიკული კონცენტრაციის ფორმულა

$$n_{cr} = \frac{k\sqrt{m_{de}m_{dp}}}{\pi h^2 L \sqrt{T_m}} e^{\frac{\epsilon_g(T_m)}{2kT_m}} T^{\frac{1}{2}}, \text{ , სადაც } m_{de} \text{ და } m_{dp} \text{ არის მდგომარეობათა სიმკვრივის ეფექტური}$$

მასები შესაბამისად ელექტრონებისა და ხვრელებისათვის,  $L$  - თხელი ფირის სისქე,  $\epsilon_g(T_m)$  - აკრძალული ზონის სიგანე დნობის ტემპერატურაზე,  $h$  - პლანკის დაყვანილი მუდმივა,  $k$  - ბოლცმანის მუდმივა,  $T$  - მოცემული ტემპერატურა,  $T_m$  - დნობის ტემპერატურა;

3. შემოთავაზებულია Si-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> სტრუქტურებში მექანიკური დამაბულობების მოხსნისა და ელექტროფიზიკური მახასიათებლების ერთგვაროვანი განაწილების გაუმჯობესების დაბალტემპერატურული იმპულსური-ფოტონური დამუშავების მეთოდი;

4. ნაჩვენებია, რომ თუ ლაზერული ზემოქმედებისას Si -ის თხელ ფირებში მიიღწევა ანტიდამაკავშირებელი კვაზინაწილაკების კონცენტრაცია  $n > n_{cr}$ , მაშინ ხორციელდება ფირის „ცივი დნობა“ შემდგომი რეკრისტალიზაციით, შესაბამისად, დეფექტების მაღალეფექტური გამოწვა და ელექტროფიზიკური მახასიათებლების ერთგვაროვანი განაწილება;

5. იმპულსური-ფოტონური გამოწვევის ეფექტურობის განსაზღვრისთვის აუცილებელია ფართის ერთეულზე დროის ერთეულში დაცემული კვანტების რიცხვის და მისი სპექტრალური შემადგენლობის ცოდნა. ვინაიდან პროექტის ერთერთ ძირითად ამოცანას შეადგენდა იმპულსური-ფოტონური გამოწვევის დროს იონიზაციური და თერმული ზემოქმედების ფაქტორების გამიჯნვაგამიჯნვა, ამიტომ შეიქმნა ალგორითმი ექსპერიმენტებში გამოყენებული ხელსაწყოს გამოსხივების წყაროების (ვარვარების ნათურა) მიერ დროის ერთეულში გამოსხივებული კვანტების ინტენსივობის სპექტრალური განაწილების შესაფასებლად.

კვლევების შედეგად დაბალტემპერატურული მეთოდიკისთვის შემუშავდა იმპულსური-ფოტონური გამოწვევის რეკომენდაციები:

1. ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მოდელით, Si-ს თხელი ფირებში ატომებს შორის ქიმიური კავშირების იზოტროპიზაციისა და შესუსტებისთვის განისაზღვრა კრიტიკული კონცენტრაცია, რამაც შეადგინა -  $n_c \approx 10^{19} \text{სმ}^{-3}$ ;

2. „Si იზოლატორზე“ სტრუქტურის სინათლით დასხივების მხარე არ მოქმედებს გამოწვევის ეფექტურობაზე;

3. ლაზერული გამოწვევისას სინათლის შთანთქმის შედეგად გენერირებული ელექტრონ-ხერელური წყვილების (ანტიდამაკავშირებელი კვაზინაწილაკები) კონცენტრაცია ექსპერიმენტის პირობებში შესაძლებელია მიღებულ იქნას რეჟიმებში: მილიწამური ლაზერული გამოწვევისას -  $T \approx 1000^\circ\text{C}$ ,  $\Delta n \approx 4 \times 10^{18} \text{სმ}^{-3}$ , და ნანოწამური გამოწვევისას -  $T \approx 1200^\circ\text{C}$ ,  $\Delta n \approx 6,5 \times 10^{19} \text{სმ}^{-3}$ ;

4. ფოტონებით დასხივებით (ვარვარების ნათურები) საუკეთესო შედეგები - დენის მატარებელთა ძვრადობის 2-ჯერ ზრდა და სტრუქტურის დეფექტურობის შემცირება, მიიღწევა, როცა დასხივება წარმოებს რეჟიმებში - სიმძლავრე  $P=80 \pm 100 \text{ვტ/სმ}^2$  და იმპულსის ხანგრძლივობა  $\tau=5 \pm 7 \text{წმ}$ .

## 2) „მიკრო და ოპტოელექტრონული მოწყობილობების კვლევა და დამუშავება“

სამუშაოები კომერციალიზაციის განხრით მიმდინარეობდა კონცეპტირებული ფოტოვოლტაიკის (CPV) სფეროში, რომელიც ეფუძნება ახალი ტიპის ოპტიკურ კონცენტრატორს.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის და შპს SolCom Enetgy სახელით ეს პროექტი წარდგინდა იქნა მსოფლიო ბანკის InfoDev მიერ გამოცხადებულ კონკურსში. პროექტის მონაწილეები კონკურსში გამარჯვებულ 50 პროექტანტებთან ერთად მიწვეულ იქნენ ჰელსინკში ფორუმზე InfoDev 4<sup>th</sup> global Forumon Innovation Technology Entrepreneurship (28 მაისი-3 ივნისი) და პრეზენტაციის შედეგებიდან გამომდინარე პროექტს მიენიჭა სერტიფიკატი “საბაზრო არეალში მონაწილეობა და ფინანსური პრიზი” (სერტიფიკარი მიიღო 20 მონაწილემ 50-დან).

InfoDev გრანტის ფარგლებში 2011 წლის ოქტომბერში პროექტმა გაიარა საცდელი აპრობაცია ევროპს წამყვან ინსტიტუტში შვის ენერგეტიკის საკითხებში Frahofer ISE (ფრაიზურგი, გერმანია).

მიღებულ იქნა წერილობითი თანხმობა (მემორანდუმის და თათბირის ოქმის სახით) Frahofer ISE მონაწილეობის შესახებ CPV-მოდულის პროტოპის დამუშავებაში.

ამჟამად მსოფლიო ბანკის InfoDev პატრონაჟით მიმდინარეობს ინვესტორის მოძიების ინტენსიური პროცესი.

## 3) ნახევარგამტარული ფოტოგეტექტორების შექმნა SiGe-ის საფუძველზე

ამჟამად სამუშაო პროცესში ჩატარებული კვლევების საფუძველზე განსაზღვრულია ფოტოდეტექტორის დასამზადებლად აუცილებელი ნახევარგამტარული ეპიტაქსიური სტრუქტურების არქიტექტურა და მიმდინარეობს ტექნოლოგიური უზნის პროფილაქტიკა და ცალკეული ტექნოლოგიური პროცესების დამუშავება ასეთი ტიპის ხელსაწყოების შესაქმნელად.

გარდა ამას, საანგარიშო პერიოდში მომზადდა ოთხი პროექტი, რომელიც წარდგენილია “შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდის” საგრანტო კონკურსში:

1. "ნანოზომების ნახევარგამტარული სტრუქტურების კვლევა და დამუშავება მაღალექტური ფოტოდეტექტორების შექმნის ახალი ტექნოლოგიებისთვის";

2. "მოზილური სენსორული სისტემები ფარული სახიფათო ობიექტების დეტექტირებისთვის";

3. "ნანოსტრუქტურული ქვესტური ჭების ელექტრონული თვისებები";

4. "სილიციუმზე ზეთხელი დიელექტრიკული ფირების ფორმირების დაბალტემპერატურული ტექნოლოგიის შემუშავება ნანოელექტრონიკისთვის".

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

**გამოყენებული სამეცნიერო მასალა****ა) სტატია**

1. ა. ბიბილაშვილი. ერთელექტრონიანი ნანოსისტემები // J.Nano Studies, v.3, pp.205-216, 2011;
2. A.V.Гигинеишвили, З.В.Джибути, Н.Д.Долидзе, Г.И.Илуридзе, Т.А.Минашвили. Оптические методы исследования физических свойств материалов нанoeлектроники. // j.Nano studies, 4, 55-58, 2011;
3. З.В.Джибути, Н.Д.Долидзе. Метод оценки интенсивности излучения ламп накаливания в зависимости от спектрального состава для фотонного отжига наноструктур. // j. Nano studies, 4, 59-66, 2011;
4. З.В.Джибути, Н.Д.Долидзе, Г.Л.Эристави. Экситонно-плазменный резонанс в полупроводниковых сверхтонких слоях. // j. Nano studies, 4, 67-72, 2011;
5. A. Bibilashvili, A. Gerasimov, Z. Kushitashvili Plasma Anodizing GaAs, with Application of Ultra-Violet Irradiation // New Developments in Materials Science, Nova Science Publishers, Inc., New York, pp.95-101, 2011;
6. Z.V.Jibuti, N.D.Dolidze, B.E.Tzekvava The Electronic Mechanism of Melting of Semiconductor Materials // New Developments in Materials Science, Nova Science Publishers, Inc., New York, pp.43-54, 2011;
7. N.D.Dolidze, Z.V.Jibuti, B.E.Tzekvava Identifikation and Model of Divacancy in Ge and GaAs // New Developments in Materials Science, Nova Science Publishers, Inc., New York, pp.55-66, 2011;

**ბ) საკონფერენციო მასალა**

1. A.Tavkheldze, A.Bibilashvili, L.Jangidze New Quantum Interference Effect in Nanostructured Films With Special Geometri International Cooperation for Sustainable Development through Science and Technology// 19-20 April, Tbilisi, Georgia, p.21, 2011;
2. N.D.Dolidze, Z.V.Jibuti Mechanism of Low Temperature Melting of Semiconductor Mikro and Nanomaterials // 19-20 April, Tbilisi, Georgia, p.26-27, 2011;
3. მ.ნ.დოლიძე, ნ.დ.დოლიძე, მ.ი.ჯიბლაძე. ფოტოთერაპიის ფიზიკური საფუძვლები. // საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის "გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები" მოხსენებათა კრებული. თბილისი, 2011 წ. მარტი, 37-38;
4. A.V.Гигинеишвили, З.В.Джибути, Н.Д.Долидзе, Г.И.Илуридзе, Т.А.Минашвили. Оптические методы исследования физических свойств материалов микро и нанoeлектроники. // Сборник докладов Международной научной конференции «Актуальные вопросы прикладной физики». Тбилиси. Март 2011, 21-22;
5. ა.ბიბილაშვილი, ა.გერასიმოვი, ზ.ყუშიტაშვილი. ულტრაიისფერი დასხივების გამოყენება GaAs-ზე ზესწრაფი მიკროსტრუქტურების მისარებად// საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის "გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები" მოხსენებათა კრებული. თბილისი, 2011 წ. მარტი, 14-15;
6. ა.თავხელიძე, ზ.ტალიაშვილი, ლ.ჯანგიძე. პოლარული Si-ის საფუძველზე ნანოლრეწიანი, ურთიერთგამეორებადი ზედაპირის მქონე ელექტროდების მირების ტექნოლოგია // საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის "გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები" მოხსენებათა კრებული. თბილისი, 2011 წ. მარტი, 38;
7. N. Khuchua, M. Shur, Z. Chakhnokia, R. Melkadze, T. Sakhrova, L. Imnaishvili, "III-V Semiconductor devices to bridge the Terahertz", // International Scientific Conf. Modern Issues of Appl.Physics, Tbilisi, Marrch 2011,116;
8. R. Melkadze, A. Bertold, G. Didebashvili, G. Kalandadze, T. Lezhneva. V. Osipov, "X-ray sensor with preamplifier on InGaAs/AlGaAs/GaAs heterostructures",// International Scientific Conf. Modern Issues of Appl.Physics, Tbilisi, Marrch 2011,69;
9. А.А. Тутунджян, "Низкотемпературные СВЧ переключающие устройства, основанные на примесном пробое в германий"// «Актуальные вопросы прикладной физики». Тбилиси.Март 2011, 86;

10. М.Тигишвили, Н.Гапишвили, Р.Мелкадзе, Т.Хелашвили. // Сборник докладов Международной научной конференции «Актуальные вопросы прикладной физики». Тбилиси.Март 2011, 84-85;
11. З.Джибути. Применение импульсного фотонного отжига в технологиях микро и наноэлектроники // Сборник докладов Международной научной конференции «Актуальные вопросы прикладной физики». Тбилиси.Март 2011, 119-120;
12. მ.ნ.დოლიძე, ნ.დ.დოლიძე, ი.გ.მუხამე, ნ.მ.ცინცაბაძე, დ.ა.ჯინჭარაძე. ფოტოთერაპია სამეცნიერო პრაქტიკაში. // საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის "კვლევის ფიზიკური მეთოდები მედიცინაში" მოხსენებათა კრებული. თბილისი, 2011წ. ოქტომბერი. 49-53.
13. ა.გეგინეიშვილი, ქ.კოტეტიშვილი, ნ.დ.დოლიძე, გ.ჩიხლაძე. სამედიცინო ფიზიკისა და ადამიანისა და გარემოს რადიაციული უსაფრთხოების სპეციალობების პერსპექტივები სტუ-ში. // საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის "კვლევის ფიზიკური მეთოდები მედიცინაში" მოხსენებათა კრებული. თბილისი, 2011წ. ოქტომბერი. 84-87.
14. A.B.Bibilashvili, Z.V.Jibuti, N.D.Dolidze. Influence of an Irradiation on Parameters of the NO and NC MESFET on GaAs. // Proc. of V International scientific conference "Physical and chemical principles of formation and modification micro- and nanostructures" (FMMN-2011), Kharkov, Ukraine, October, 2011.

**გ) წიგნი/მონოგრაფია:**

ა.ბიბილაშვილი., ნანოტექნოლოგია და ახალი მასალები“// თბილისი, თსუ, 2011,188 გვ.

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):** სამუშაოს ნაწილი სრულდებოდა „მოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდ“-ის ფარგლებში, გრანტ: GNF-473-ით.

## პლაზმის ფიზიკის ქვემიმართულება

ოსუ II კორპუსი, ოთახი 226, e-mail: [georgema08@gmail.com](mailto:georgema08@gmail.com)

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** გიორგი მამაცაშვილი

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** სპირალურ-კუმშვადი ტალღები დამაგნიტებულ აკრეციულ დისკებში

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):**

კოლაფსის დროს და შედეგად ვიღებთ ცენტრალურ პროტოვარსკვლავს, ანუ ვარსკვლავს რომელიც ჯერ არ შესულა ძირითადი მიმდევრობის ფაზაში და გაზურ დისკს, რომელიც ამ უკანასკნელის გარშემო ბრუნავს. ამის შემდეგ ხდება გაზის აკრეცია დისკიდან პროტოვარსკვლავზე რის შედეგადაც ეს ვარსკვლავი იზრდება, ხოლო თვითონ დისკი კი თანდათან ქრება. იმისათვის რომ ასეთი აკრეცია შესაძლებელი იყოს საჭიროა გარკვეული მექანიზმი რომელიც დისკის მზრუნავ გაზს წაართმევს (გადაანაწილებს) ბრუნვის მომენტს. ასეთი ბრუნვის მომენტის გადამტანი შესაძლო მექანიზმი რამდენიმეა, მაგრამ ყველაზე ეფექტურია სპირალურ-კუმშვადი ტალღები -- გაზის კუმშვადობით გამოწვეული ჩვეულებრივი აკუსტიკურ ტალღები, რომლებიც მოდიფიცირებულია დისკის ბრუნვით და ბრტყელი გეომეტრიით, და მაგნიტო-ბრუნვითი არამდგრადობა, რომელიც იწვევს დისკში ტურბულენტობის გაჩენას და ამ გზით ბრუნვის მომენტის გადაანაწილებას ისე რომ დისკის შიდა ნაწილი მუდმივად კარგავს ბრუნვის მომენტს და ეცემა ცენტრალურ ობიექტს. როგორც წესი ცენტრალურ ვარსკვლავს გააჩნია მაგნიტური ველი, რომელიც განჭოლავს დისკს, ხოლო კოსმოსური სხივები, ვარსკვლავის რადიაცია და ა.შ. ახდენენ დისკის გაზის იონიზაციას. ასე რომ აკრეციული დისკი ფაქტობრივად წარმოადგენს გარე მაგნიტურ ველში მზრუნავ პლაზმას. აქვე ავლნიშნავთ რომ როგორც წესი ცენტრალური პროტოვარსკვლავის მასა გაცილებით მეტია დისკის მასაზე და გამომდინარე აქედან დისკის ბრუნვა დიდ სიზუსტით ემორჩილება კეპლერის კანონს, ე.ი., ბრუნვის კუთხური სიჩქარე დამოკიდებულია რადიუსზე. ასეთი დიფერენციალური ბრუნვის და მაგნიტური ველის ერთობლივი თანაარსებობისას კი იონიზირებული გაზში (პლაზმაში) აღიძვრება მაგნიტო-ბრუნვითი არამდგრადობა.

როგორც წესი, ლიტერატურაში ბრუნვის მომენტის გადამტანი ეს ორი მექანიზმი განიხილება ცალ-ცალკე. სპირალურ-კუმშვადი ტალღების დინამიკის აღსაწერად უგულებელყოფილია მაგნიტური ველი, ხოლო მაგნიტო-ბრუნვითი არამდგრადობის შესწავლისას არ ითვალისწინებენ სპირალურ-კუმშვად ტალღებს. ზოგადად, სპირალურ-კუმშვადი ტალღები მეტად მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ აკრეციული დისკების დინამიკაში და ამიტომ მათი აღძვრის პროცესების იდენტიფიცირებას და შესწავლას დიდი ყურადღება ეთმობა. გარდა ბრუნვის მომენტის გადატანისა, მათ შეუძლიათ დისკში პლანეტების მიგრაციის დინამიკაზე გავლენის მოხდენა. სპირალურ-კუმშვადი ტალღები დისკში ალაგზნებენ სიმკვრივის ფლუქტუაციებს, რომლებიც თავის მხრივ იწვევენ პლანეტაზე მოქმედი გრავიტაციული ძალის ცვლილებას და პლანეტების მიგრაციის შენელებას. წინააღმდეგ შემთხვევაში მოხდებოდა პლანეტის სწრაფი მიგრაცია ვარსკვლავისკენ და მისი "ჩაყლაპვა", უფრო ადრე ვიდრე იგი მოასწრებდა სრულად ფორმირებას.

ცნობილია რომ აკრეციულ დისკში პლაზმა მაგნიტო-ბრუნვითი არამდგრადობასთან ერთად შეიძლება იყოს ასევე კონვექციურად არამდგრადი დისკის სიბრტყის მართობული მიმართულებით. ჩვენ ვაჩვენეთ, რომ ასეთი არამდგრადობის შედეგად წარმოქმნილ ვერტიკალურ კონვექციას შეუძლია სპირალურ-კუმშვადი ტალღების გენერაცია. ასევე გაანალიზებული იქნა გაჩენილი ტალღების მიერ ბრუნვითი მომენტის გადატანის საკითხიც. სხვა სიტყვებით, კონვექციური მოდა და სპირალურ-კუმშვადი ტალღები დინამიურად გადაბმულნი არიან და მთავარი მიზეზი შეშფოთებათა მოდების ასეთი კავშირისა არის დისკის პლაზმის დიფერენციალური ბრუნვა.

სპირალურ-კუმშვადი ტალღების აღზნება ვერტიკალური კონვექციის მიერ მნიშვნელოვანია დისკის იმ ნაწილებში სადაც პლაზმის იონიზაცია მცირე/არასაკმარისია მაგნიტო-ბრუნვითი არამდგრადობის აღზნებისთვის. მაგრამ ასეთი თითქმის ნეიტრალური უბნების წვლილი დისკის მთელ მოცულობაში დიდი არ არის და დისკის პლაზმის უმეტესი ნაწილი საკმარისად იონიზირებულია მაგნიტო-ბრუნვითი არამდგრადობისთვის. ასე რომ, მაგნიტო-ბრუნვითი არამდგრადობის როლი უფრო დიდია აკრეციულ დისკებში ვიდრე ვერტიკალური კონვექციის. გამომდინარე აქედან ჩვენ ასევე განვიხილეთ მეორე ამოცანა: დამაგნიტებულ პლაზმაში, რომელშიც არსებობს მაგნიტო-ბრუნვითი არამდგრადობა, სპირალურ-კუმშვადი ტალღების გენერაციის საკითხი. მოტივაცია შემდეგია: როგორც ზემოთ ავლნიშნეთ, წინა შრომებში ხდებოდა ამ ორი მოდის ცალ-ცალკე განხილვა, მაგრამ როგორც



ირკვევა პლანეტის დიფერენციალური ბრუნვის გამო ადგილი აქვს შემფოთებათა სხვადასხვა მოდების ერთმანეთთან დინამიურ ბმას, როგორც ეს კონვექციის და სპირალურ-კუმშვადი ტალღების მაგალითზე დავინახეთ. ამ მოსაზრებაზე დაყრდნობით, ჩვენ განვიხილეთ პლანეტა რომელიც ბრუნავს დიფერენციალურად და განჭოლილია ვერტიკალური მაგნიტური ველით (სიმარტივისთვის დისკის ვერტიკალურ სტრატეფიკაციას არ ვითვალისწინებთ). ასეთ პლანეტაში არსებობს შემფოთებათა სამი მოდა: ისევ სპირალურ-კუმშვადი ტალღები, ინერციული ტალღები და თვითონ მაგნიტური მოდა, რომელიც განსაზღვრავს მაგნეტო-ბრუნვით არამდგრადობას. ჩვენ ვაჩვენეთ წრფივი თეორიის ფარგლებში, რომ მაგნიტური მოდა ზრდის პროცესში, დიფერენციალური ბრუნვის გამო, დინამიურად ბმულია სპირალურ-კუმშვად ტალღასთან რის შედეგადაც ხდება ამ უკანასკნელის აღზნება და გამძლიერება. აქვე აღვნიშნავთ, რომ ეს ეფექტი არ დაიმზირებოდა წინა კვლევებში იმის გამო რომ პლანეტის კუმშვადობა ხშირად უგულვებელყოფილი იყო. თანამედროვე რიცხვითი კოდის PLUTO-ს საშუალებით ასვე მოვახდინეთ მაგნეტო-ბრუნვითი არამდგრადობით გამოწვეული ტურბულენტობის მოდელირება. ტურბულენტობის სპექტრის ფურიე ანალიზი ნათლად გვიჩვენებს, რომ წრფივ მიახლოებაში აღწერილი ბმა მაგნიტურ მოდასა და სპირალურ-კუმშვად ტალღებს შორის ასევე დაიკვირვება შესაბამისი ფურიე ჰარმონიკებიშთვის ტურბულენტურ სპექტრშიც.

#### **კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

შესწავლილი იქნა იონიზირებულ აკრეციულ დისკებში სპირალურ-კუმშვადი ტალღების გენერაციის ახალი მექანიზმები:

1. ნაჩვენები იქნა რომ სუსტად იონიზირებულ დისკებში დიფერენციალური ბრუნვის გამო ვერტიკალური კონვექცია ალაგზნებს სპირალურ ტალღებს. გაანალიზებული იყო წარმოშობილი ტალღების მიერ ბრუნვის მომენტის გადატანის საკითხი.
2. დისკის პლანეტის შედარებით მაღალი იონიზაციის შემთხვევაში, გარე მაგნიტურ ველში დიფერენციალურად მბრუნვისას მასში აღიმკრება მაგნეტო-ბრუნვითი არამდგრადობა, რომელიც, ისევ დიფერენციალური ბრუნვის წყალობით, წრფივ მიახლოებაში ალაგზნებს სპირალურ-კუმშვად ტალღებს. ასევე გაანალიზებული იყო მაგნეტო-ბრუნვითი არამდგრადობით გამოწვეულ ტურბულენტობაში სპირალური ტალღების ევოლუცია

#### **გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

1. Mamatsashvili G.R. & Rice W.K.M. *Excitation of spiral density waves by convection in accretion discs.* *MNRAS*, **417**, 634 (2011)
2. Rice W.K.M., Armitage P.G. Mamatsashvili G.R., Lodato G. & Clarke C.J. Stability of self-gravitating discs under irradiation. *MNRAS* **418**, 1356 (2011).
3. Excitation of density waves by magnetorotational instability – მზადდება

#### **კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

პროექტის პირველი ნაწილი \_\_ კონვექციის და სპირალურ-კუმშვადი ტალღების ბმა მოხსენებული იყო ედინბურგში, ასტრონომიის ინსტიტუტში სემინარზე, 2011 წლის იანვარში

#### **კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

კვლევის თანადამფინანსებელია იტალიის უნივერსიტეტთა კონსორციუმი CINECA.

## ინტერდისციპლინური ქვემომართულება ბიოფიზიკა და სამედიცინო და გამოყენებითი ბიოფიზიკის ინსტიტუტი

ჭავჭავაძის პრ.პ, თბილისი. ტელ.: 2250149; 577 213062; [tamaz.mdzinarashvili@tsu.ge](mailto:tamaz.mdzinarashvili@tsu.ge)

ინსტიტუტის მუშაობის სამოქმედო გეგმის მიხედვით წარმართული იყო კვლევები:

დნმ-ის და მისი ცილასთან კომპლექსების მიმართულებით. ჩატარებული კვლევების შედეგები - საერთაშორისო დონის კონფერენციებში მონაწილეობა:

1. The thermodynamic Investigation T5 bacteriophage ejection DNA. 35<sup>th</sup> FEBS Congress - Molecules of Life. June 26-July 1, 2010, Gethendurg, Sweden; FEBS Journal, 277, pp. 249.

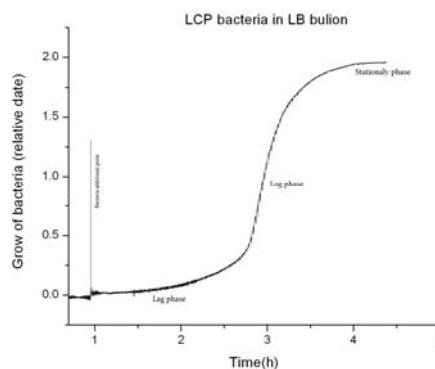
მონაწილენი იყვნენ ინსტიტუტის თანამშრომლები: თამარ ფარცხალაძე, თამაზ მძინარაშვილი, ნინო შენგელია.

2. Impact of pH on the DNA Structure Studied by Fourier Transform Infrared-Spectroscopy 36<sup>th</sup> FEBS Congress - Biochemistry for Tomorrow's Medicine. June 25-30, 2011, Torino, Italy. FEBS Journal, 278, pp. 472.

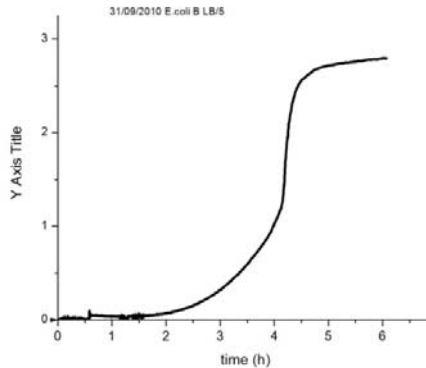
მონაწილენი იყვნენ ინსტიტუტის თანამშრომლები: თამარ ფარცხალაძე, თამაზ მძინარაშვილი, ნინო შენგელია.

### ბაქტერიები გამრავლების პროცესების კვლევები -

ნახაზ 1-ზე მოცემულია ტურბიდიმეტრული მეთოდით E.coli ბაქტერიების გამრავლების დროზე დამოკიდებულების პროცესის ამსახველი მრუდი, რომლის პროფილიც ზუსტად აღწერს ლიტერატურაში არსებულ ბაქტერიების გამრავლების ეტაპებს. როგორც მოყვანილი ნახაზიდან ჩანს გამოკვეთილია ბაქტერიების გამრავლების ე.წ. Lag (მოსამზახადებელი), Log (ლოგარითმული ან ექსპონენციალური ზრდის) და სტაციონალური ფაზები, რომელიც იმეორებს ამ პროცესისათვის დამახასიათებელ სტანდარტული მრუდის ფორმას, რომელიც მრავალ ლიტერატურაში არის მოცემული []. როგორც აღმოჩნდა ბაქტერიების გამრავლების ეტაპები შეიძლება იყოს განსხვავებულიც, რისთვისაც საკმარისია შეიცვალოს სტანდარტულად დამზადებული საკვები ბულიონის შემადგენლობა კი არა, არამედ საკმარისია ბულიონის ბულიონის კონცენტრაცია იყოს სტანდარტურად შედარებით უფრო მცირე. ნახ.2 -ზე მოყვანილია ბაქტერია E.coli C -ს გამრავლების მრუდები ორ სხვადასხვა ბულიონში (ენდო და LB), ოღონდ მოყვანილ ექსპერიმენტებში ბულიონი არის განზავებული დისტირილებული (სტერილური) წყლით. როგორც ნახ.2-დან ჩანს განზავებულ ბულიონში ბაქტერიების გამრავლების მრუდის ფორმა სტანდარტულისაგან არის განსხვავებული. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ბაქტერიების გამრავლების ის დროითი ინტერვალი (შესაბამისი პროცესის დაწყების დროის მნიშვნელობით), სადაც ხდება ბაქტერიების დიდი, მათთვის არადამახასიათებელი სიჩქარით გამრავლება, რომელიც ჩვენი შეფასებით შეადგენს რამდენიმე ათეული ათასი ბაქტერია ერთ წამში.

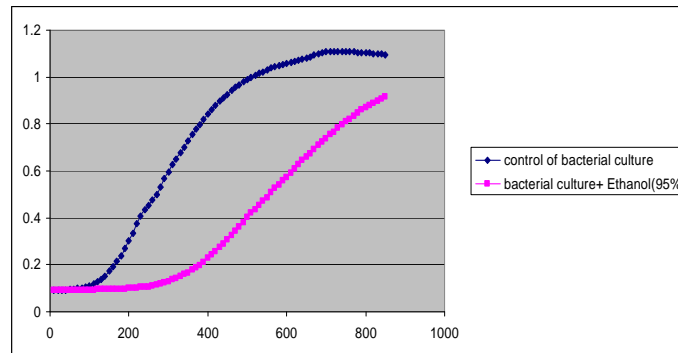


ნახ.1. ბაქტერია LCP-ს სტანდარტული LB ბულიონში T=37 გრადუსზე გამრავლების გრაფიკი.



ნახ. 2. ზე მოცემულია E.coli C ტიპის ბაქტერიების გამრავლების დროზე დამოკიდებულების ჩანაწერი სხვადასხვა განზავებული საკვები ბულიონის შემთხვევაში. ა) LB ბულიონი განზავებული 5<sup>-</sup>ჯერ; ბ) ენდო ბულიონი განზავებული 5-ჯერ.

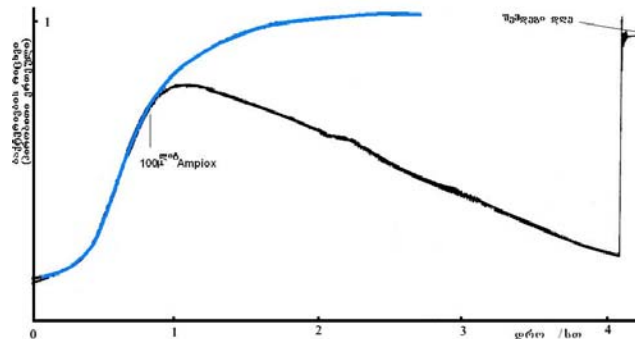
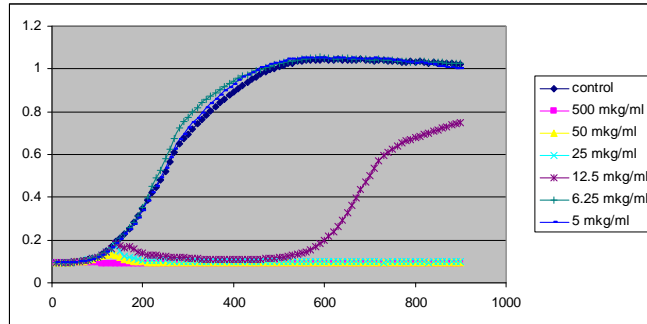
როგორც ავლინუნეთ უჯრედის ფუნქციონირებაში მნიშვნელოვანია ცოცხალი უჯრედის მემბრანის გარემოცვა, რასაც ადასტურებს ჩვენს მიერ ჩატრებული ექსპერიმენტებიც. საკმარისია საკვებ არე დაემატოს უმნიშვნელო რაოდენობის ეთილის სპირტი (ჯამში ბულიონში ეთილის სპირტი შეადგენს 7%-ს), რომ ბაქტერიებმა დაწყონ გამრავლება რამდენიმე საათის დაგვიანებით (იხ.ნახ.3). ვფიქრობთ, რომ ეს დროითი პერიოდში ბაქტერიას ესაჭიროება იმისთვის, რომ მოხდეს უჯრედის ადაპტაცია ახალ გარემოებებთან, ბაქტერიაში მიმდინარეობს ახალ პირობების შესაბამისი ცვლილებები, რომლის დასრულების შემდეგ ბაქტერიას შეუძლია დაიწყოს გამრავლება.



ნახ.3. LCB ბაქტერიის ტიტრის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკები. იისფერ მრუდს შეესაბამება 7% ეთანოლის ბულიონში ბაქტერიის ტიტრის დროზე დამოკიდებულება.

ჩატარდა ექსპერიმენტები გამრავლების პროცესში მყოფ ბაქტერიულ კულტურაზე ანტიბიოტიკების მოქმედების დადგენის მიზნით. ექსპერიმენტებში გამოყენებულია კომერციულად დამზადებული ანტიბიოტიკი ამპიოქსი, ხოლო ბაქტერიული კულტურა წარმოდგენილია LCB და MG1655. ნახ.4-ზე მოცემულია სპექტროფოტომეტრული მეთოდით საკვებ ბულიონში (LB სტანდარტული ბულიონი) LCB ბაქტერიის ტიტრის ცვლილების დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, როდესაც ბულიონში იმყოფება სხვადასხვა კონცენტრაციის ანტიბიოტიკი ამპიოქსი. ნახაზიდან ჩანს, რომ ბულიონში ამპიოქსის მცირე კონცენტრაციის პირობებში (ამპიოქსის კონცენტრაცია შეადგენს 0.4-0.6 მკგ/მლ), ანტიბიოტიკი არავითარ გავლენას არ ახდენენ ბაქტერიების გამრავლების პროცესზე (იხ. ნახ.4. ლურჯი). საპირისპიროდ, თუ ბულიონში შეტანილი იქნება იგივე ანტიბიოტის დიდ კონცენტრაცია (2-40მკგ/მლ), მაშინ ხდება ბაქტერიების გამრავლების პროცესის სრული შეწყვეტა (იხ.ნახ.6. ყვითელი, ცისფერი ....), რაც სრულიად ლოგიკურია ანტიბიოტიკის დანიშნულებიდან გამომდინარე. თუმცა გაუგებარი რჩება ექსპერიმენტული შედეგი თუ რატომ არის ბაქტერია აბსოლიტურად უგრძობი

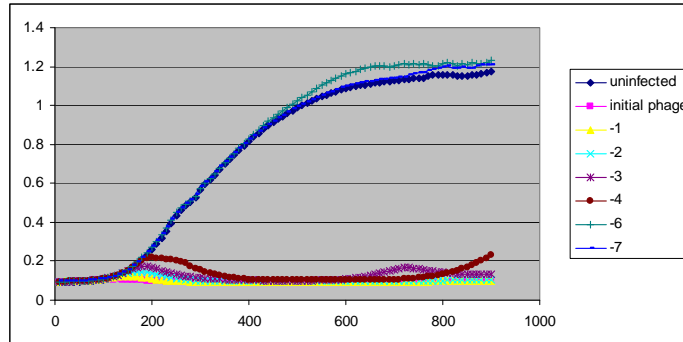
ამპიოქსის მცირე კონცენტრაციების მიმართ (ნახ.4. ლურჯი და ..). ამ ექსპერიმენტებში ასევე შევეცადეთ გაგვეცა პასუხი კითხვაზე - ანტიბიოტიკის დიდი კონცენტრაციის დამატება კლავს ბაქტერიულ უჯრედს თუ აკეთებს მხოლოდ მის პარალიზებას. საინტერესო ბაქტერიების ქცევა ანტიბიოტიკების საშუალო კონცენტრაციების პირობებში. ნახაზ 4 -ზე (გ) მოცემულია ბაქტერიების გამრავლების პროცესი, როდესაც ამპიოქსი ანტიბიოტიკის კონცენტრაცია სუსპენზიაში შეადგენს დაახლოებით 1მკგ/მლ. ნახაზიდან ჩანს, რომ ანტიბიოტიკის ეს კონცენტრაცია დროს ბაქტერიები მხოლოდ რამოდენიმე საათის შემდეგ იწყებენ გამრავლებას. ამ შემთხვევისთვისაც დაკავშირებით საინტერესოა გაეცეს პასუხი კითხვას თუ რაში ჭირდება ბაქტერიას დრო (რამოდენიმე საათი) იმსათვის, რომ მან დაიწყოს გამრავლება?



ნახ.4 ბაქტერია LCB -ს LB ბულიონში გამრავლების პროცესის დროზე დამოკიდებულების ჩანაწერი სხვადასხვა კონცენტრაციის ამპიოქსის (ანტიბიოტიკი) მოქმედების დროს (ა,ბ,გ მრუდები). ამპიოქსის კონცენტრაცია ბულიონში შეადგენს ა) მრუდებისთვის 0.4-0.5 მკგ/მლ; ბ) 2-40 მკგ/მლ; გ)1მკგ/მლ.

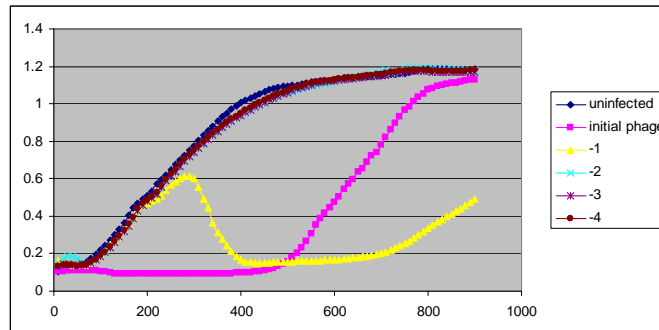
ანალოგიური ექსპერიმენტები იქნა ჩატარებული იგივე ბაქტერიებზე, ოღონდ ანტიბიოტიკების მაგივრად ექსპერიმენტებში გამოყენებული იქნა ბაქტერიოფაგები. კარგადაა ცნობილი, რომ ბაქტერიოფაგის მიერ ბაქტერიის იფიცირება დაიწყება მხოლოდ მაშინ, როდესაც ბაქტერიის მემბრანის ზედაპირზე არსებულ რეცეფტორებზე მოხდება ბაქტერიოფაგების ურთიერთქმედება, თანაც ეს ურთიერთქმედება არის სპეციფიური. ავლნიშნავთ, რომ ფაგმა შეიძლება განახორციელოს ურთიერთქმედება ბაქტერიის მემბრანასთან (მემბრანულ ცილებთან ან სხვა მის სტრუქტურულ ელემენტთან) და არა ამ ფაგის სპეციფიურ ცილა-რეცეფტორებთან, რის გამოც არ მოხდება ბაქტერიის ფაგით ინფიცირება. ამიტომაცაა, რომ ყვლა ბაქტერიოფაგს აქვს თავისი „მასპინძელი“ ბაქტერიული უჯრედი. ჩვენს ექსპერიმენტებში გამოყენებული იყო რამდენიმე ტიპის ბაქტერია და ბაქტერიოფაგები, რომელთაგანაც თითოეული არ შეიძლება განხილული იყოს ერთმანეთის „მასპინძლები“. ნახ. 5-ზე მოცემულია MG1655 ბაქტერიის და პიობაქტერიოფაგიდან გამოყოფილი e.coli ფაგი, რომელიც იწვევს ბაქტერიის ლიზისს. ავლნიშნავთ, რომ თუ ბულიონში შეტანით დიდ ტიტრის ფაგს არ ხდება ბაქტერიების ტიტრის მატება, რაც ბუნებრივიცაა, ვინაიდან ფაგი ანადგურებს ბულიონში არსებულ ბაქტერიას ისე რომ იგი ვერ მრავლდება. საინტერესო ექსპერიმენტული შედეგია

მიღებული, როდესაც ბულიონში შეტანილია პატარა ტიტრის ფაგი, რაც ვერ იწვევს ბაქტერიის გამრავლების პროცესის ოდნავ შეცვლასაც კი, რაც მეტად საყურადღებო ექსპერიმენტული შედეგია.



ნახ.5. MG 1655 ბაქტერიების გამრავლების დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, როდესაც ბულიონში შეტანილია სხვადასხვა განზავების პიობაქტერიოფაგი. ფაგის საწყისი ტიტრი შეადგენს დაახლოებით  $10^7$ -ს, ხოლო განზავების კოეფიციენტის მნიშვნელობები მოყვანილია სურათზე.

გასაგებია, რომ თუ საკვებ არეს ერთდროულად დაუმატებთ ბაქტერიოფაგს მის მასპინძელ ბაქტერიასთან ერთად ექსპერიმენტული შედეგები შეიძლება დამოკიდებული იქნება როგორც ბაქტერიების, ასევე ბაქტერიოფაგების ბაქტერიებზე გამრავლების სიჩქარეზე. ნახ.6-ზე მოყვანილია LCB ბაქტერიის გამრავლების დროზე დამოკიდებულების მრუდი სხვადასხვა კონცენტრაციის ბაქტერიოფაგის (P1) LB ბულიონში შეტანისას. მიღებული ექსპერიმენტული შედეგებიდან ჩანს, რომ P1 ბაქტერიოფაგი ახდენს LCB ბაქტერიის ინფიცირებას, თუმცა როგორც ირკვევა აქაც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ფაგების ტიტრი (ისევე როგორც ზემოთ მოყვანილი MG 1655 ბაქტერიების შემთხვევაში).



ნახ.6. ბაქტერია LCB -ს გამრავლების პროცესის დროზე დამოკიდებულების ჩანაწერი სხვადასხვა კონცენტრაციის P1 ბაქტერიოფაგის მოქმედების დროს. ფაგის საწყისი ტიტრი შეადგენს დაახლოებით  $10^6$ -ს, ხოლო განზავების კოეფიციენტის ( $10^{-1}$  – და  $10^{-4}$  -მდე) მნიშვნელობები მოყვანილია სურათზე.

როგორც ნახაზიდან ჩანს (ნახაზ 6 ყვესფერი მრუდი) მოყვანილი P1 ბაქტერიოფაგმა (ფაგის ტიტრი  $10^5$  - ს რიგის) ვერავითარი გავლენა ვერ მოახდინა ბაქტერიის გამრავლების პროცესზე, რაც საკმაოდ უცნაური შედეგია. მხედველობაში გვაქვს შემდეგი - მიუხედავად იმისა, რომ ბულიონში იმყოფება P1 ბაქტერიოფაგი (არც თუ მცირე რაოდენობით) LCB -ს ბაქტერიის გამრავლების პროცესი ისეთივეა როგორც ფაგების გარეშე (ნახაზ 6 ლურჯი). მხოლოდ ფაგების ტიტრის გაზრდით (რამდენიმე რიგით) შესაძლებელი ხდება ფაგმა განახორციელოს ბაქტერიების ინფიცირება. თუმცა ექსპერიმენტული მონაცემებიდან ჩანს ისიც, რომ ფაგის ტიტრის მომატებით ბაქტერიების გამრავლება მიმდინარეობს რთულად (იხ. მაგალითად ყვითელი მრუდი). მხედველობაში გვაქვს შემდეგი, ნახაზის მიხედვით დასაწყისში ფაგის შეტანის შემდეგ არის გარკვეული დროითი პერიოდი, როდესაც ბაქტერიების გამრავლების პროცესზე ბაქტერიოფაგის მოცემული ტიტრი არ ახდენს გავლენას (ყვითელი მრუდი),

მხოლოდ ეს დროითი პერიოდი გრძელდება დაახლოებით საათნახევარი, რომლის შემდეგაც მრუდი იწყებს შემცირებას (ბაქტერიების ტიტრი თითქმის ნულის ტოლი ხდება) და მხოლოდ 3 საათის გასვლის შემდეგ მრუდი ისევ იწყებს მკვეთრად ზრდას. ეს ზრდა შეიძლება დაკავშირებული იყოს არა ბაქტერიების, არამედ ბაქტერიოფაგების გამრავლების პროცესთანაც კი. როდესაც საკვებ ბაქტერიულ ბულიონში შეტანილი P1 ფაგი, რომელიც არის 10 -ჯერ განზავებული საწყისი ფაგური სუსპენზია (ტიტრი  $10^4$  -ის რიგის), მაშინ მიიღება ექსპერიმენტული შედეგი, რომელიც მოყვანილია ნახ. 6 -ზე (ყვითელი). მიღებული ექსპერიმენტული შედეგის მიხედვით, შეიძლება ვიმსჯელოდ როგორც შუალედური, მაღალი და დაბალი ტიტრის ფაგების ექსპერიმენტებიდან გამომდინარე, შედეგი, რომელიც ჯამში გვაძლევს მეტად საინტერესო შედეგების გაკეთების საშუალებას. როგორც ნახაზიდან ჩანს ბაქტერიების გამრავლების პროცესი იწყება ისე თითქოს სუსპენზიაში არ იმყოფებოდეს მათი „მშთანთქმელი“ ბაქტერიოფაგები (დროის (ა) უბანი), ანუ დაახლოებით საათნახევრის განმავლობაში ბაქტერიოფაგები არ „უშლიან“ ბაქტერიების გამრავლების პროცესს. ამ დროის ინტერვალის დამთავრების შემდეგ ბაქტერიების გამრავლების პროცესი შეჩერდა და ბაქტერიოფაგებმა დაიწყეს ბაქტერიების განადგურება ((ბ) დროითი უბანი). ამ დროის გასვლის შემდეგ ბულიონი იწყებს გამჭირვალე მდგომარეობაში გადასვლას და შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ხდება ბაქტერიების სრული განადგურება ((გ) დროითი უბანი), თუმცა დაახლოებით სამი საათის გასვლის შემდეგ ბულიონის სიმღვრივე ისევ იწყებს გაზრდას ((დ) დროითი უბანი), რაც შეიძლება დაკავშირებული იყოს ან ისევ ბაქტერიების ან ბაქტერიოფაგების გამრავლების პროცესთან (ბაქტერიოფაგების მაღალტიტრიანი სუსპენზიაც არის გაუმჭირვალე). ნებისმიერ ვარიანტში გამოდის ისე, რომ ბაქტერიოფაგებმა, ამ პირობებში, არ გამოიწვიეს ბაქტერიების სრული განადგურება.

მონაწილენი: თ.მძინარაშვილი, ირინა პაპუკაშვილი, ნინო შენგელია, თამარ ფარცხალაძე, მარიამ ხვედელიძე.

#### ნაონწილაკების კვლევა

ცნობილია, რომ დაავადებები ლოკალურად ვრცელდება ცალკეულ ორგანოებზე და ქსოვილებზე. მაგალითად, სიმსივნის დროს მთავარი მოვლენები ვითარდება სიმსივნის განლაგების ადგილას, მიოკარდის ინფარქტის დროს გულის კუნთში, დიზენტერიის დროს ნაწლავებში და ა.შ. ამიტომ მკურნალობა წარმართება უფრო სწრაფად და წარმატებულად, თუ წამალი იმოქმედებს უშუალოდ დაავადების კერაზე. მაგრამ, სამკურნალო პრეპარატის საჭირო კონცენტრაციის მიტანა ზუსტად იმ კერასთან, ისე რომ არ შევეხოთ ორგანიზმის სხვა ნაწილებს რთული ამოცანაა, რამდენადაც მედიკამენტები, რა გზითაც არ უნდა შევიყვანოთ ისინი, ვრცელდებიან მთელს ორგანიზმში მეტ-ნაკლებად თანაბრად. ეს განსაკუთრებით აუცილებელია მაშინ, როდესაც საქმე გვაქვს საკმაოდ ტოქსიკურ პრეპარატებთან, რომლებიც კურნავენ თვით დაავადებას, მაგრამ ძლიერად მოქმედებენ ორგანიზმის სხვა სისტემებზე. ხშირად ეს ფაქტი გვაიძულებს უარი ვთქვათ ამგვარი წამლების გამოყენებაზე და ვისარგებლოთ უფრო ნაკლებად ეფექტური საშუალებებით.

რამოდენიმე ათეული წელია მეცნიერები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ საჭიროა წამლის მატარებელი, ანუ გადამტანების შექმნა, რომლებიც წამალს ზუსტად დანიშნულების ადგილას მიიტანს. სამკურნალო პრეპარატების სელექტურობის გასაუმჯობესებლად დღეისათვის აქტიურად შეისწავლება მატარებელი სისტემების საშუალებით წამლების დამიზნება ქსოვილებზე, უჯრედებზე ან სუბუჯრედულ ორგანოებზე. შეზღუდვები შეიძლება იყოს დაკავშირებული წამლის მატარებლის კომპონენტების ტოქსიკურობაზე, ხელმეორედ გამოყენების შესაძლებლობას და ისეთ ტექნიკურ პრობლემებს, როგორებიცაა წამალი-გადამტანის კომპლექსის მომზადება. ამიტომ, მრავალი ლაბორატორია დღეისათვის ფოკუსირებულია იდეალური წამლის მატარებლის შექმნაზე.

ცალსახად ნაჩვენებია, რომ DPPA და DPPC ლიპოსომების თერმოსტაბილობა ერთმანეთის მიმართ მნიშვნელოვნად არის განსხვავებული. კერძოდ, DPPA ლიპიდებიდან დამზადებული ლიპოსომა დაახლოებით 20°C -ით უფრო თერმოსტაბილურია, ვიდრე DPPC ლიპიდებიდან დამზადებული ლიპოსომა. მიუხედავად იმისა, რომ DPPA ლიპიდის ჰიდროფობული უბანი უფრო მოკლეა ( $C_{35}H_{68}O_8PNa$  –ლიპიდის ქიმიური ფორმულა), ვიდრე DPPC -ს ( $C_{40}H_{80}NO_8P$ ), რის გამოც DPPC -ლიპოსომებში ჰიდროფობული ურთიერთქმედება და შესაბამისად ენერგია უფრო მეტი უნდა იყოს, ვიდრე DPPA-ს ლიპოსომებში. ამის და მიუხედავად ჩატარებული კალორიმეტრული ექსპერიმენტებიდან ჩანს, რომ DPPA ლიპოსომა უფრო თერმოსტაბილურია (66°C) ვიდრე DPPC ლიპოსომა (42°C), რაც აშკარად მიუთითებს იმაზე, რომ ლიპოსომების მოწესრიგებულობის ხარისხი (შესაბამისად სტაბილობა) განისაზღვრება არა ჰიდროფობული ურთიერთქმედებით.

მაშინ კალორიმეტრულ ექსპერიმენტებში დაფიქსირებულ სითბოს შთანთქმის პიკები განპირობებული უნდა იყოს თავაკებს შორის არსებული პოლარული კავშირებით (წყალბადური, ელექტროსტატიკური). რაც შეეხება ლიპოსომაში არსებულ ჰიდროფობულ კავშირებს, კალორიმეტრში მათი გაცხელებისას 150°C ტემპერატურამდე არ იწვევს ამ ურთიერთქმედების გაწყვეტას, წინააღმდეგ შემთხვევაში ლიპოსომა დაიშლებოდა მთლიანად, რომლის აღდგენაც იქნებოდა შეუძლებელი. როგორც კალორიმეტრული კვლევებიდან გამომდინარეობს, თუ 150°C-მდე ტემპერატურამდე გაცხელებულ ლიპოსომებს არ ამოვიღებთ კალორიმეტრულ ამპულიდან და მოხდება მათი გაციება ოთახის ტემპერატურამდე, ლიპოსომის მოწესრიგებული სტრუქტურა დაუბრუნდება თავის პირვანდელ სტრუქტურას (თითქმის ბოლომდე), ანუ აღნიშნულ ტემპერატურულ ინტერვალში (5-150°C) ლიპოსომების ტემპერატურული დანგრევის პროცესი არის შექცევადი. ვთვლით, რომ ლიპოსომების სითბური გახურების შედეგად, იმ ტემპერატურულ ინტერვალში სადაც დაიშორება სითბოსშთანთქმის დიდი პიკი, ადგილი უნდა ქონდეს წყლის მოლეკულების შედწევით ლიპოსომის ჰიდროფობულ ნაწილში. ფაქტია, რომ სითბოსშთანთქმის პიკების არსებობა დაკავშირებული უნდა იყოს ლიპოსომების მოწესრიგებულ, ე.წ. მყარი კრისტალური მდგომარეობიდან, უფრო მოუწისრეგებელ, თხევადკრისტალურ, ე.წ. ლაბირულ მდგომარეობაში გადასვლას.

როგორც ავღნიშნეთ ლიპოსომაში, ლიპიდის ჰიდროფილურ თავაკებს შორის არსებულ კავშირებიარაიან წყალბადური და ელექტრო სტატიკური ბუნების, რომელთა რაოდენობა და სიმძლიერე განსაზღვრავს ლიპოსომების თერმოსტაბილობას - DPPA ლიპიდებიდან მომზადებული ლიპოსომების თავაკები ურთიერთქმედებენ უფრო ძლიერი პოლარული კავშირებით (გადასვლის ტემპერატურული მაქსიმუმი 66°C), ვიდრე DPPC ლიპოსომებით მომზადებულ ლიპოსომებში (გადასვლის ტემპერატურული მაქსიმუმი 42°C) (იხ.ნახ....). რაც შეეხება მიღებულ კალორიმეტრული პიკების ფროფილს - თუ DPPA ლიპოსომების კალორიმეტრული გაზომვისას დაიშორება მხოლოდ ერთი კოოპერატიული სითბოსშთანთქმის პიკი (იხ.ნახ...), იგივე კალორიმეტრულ ექსპერიმენტებში DPPC ლიპოსომების შემთხვევაში კოოპერატიული სითბოსშთანთქმის პიკის წინ დაიშორება ორი, უფრო მცირე სითბოსშთანთქმის პიკები ე.წ. pre-transition პიკები.

ლიტერატურაში არსებული მონაცემების თანახმად DPPC ლიპოსომების კალორიმეტრულ კვლევებში არსებობს მონაცემები ე. წ. pre-transition პიკის ესახებ, ოღონდ მათ ექსპერიმენტებში დაიშორება მხოლოდ ერთი pre-transition პიკი, რომელზედაც არ არსებობს ცალსახა პასუხი იმის შესახებ თუ რა სტრუქტურული ცვლილებთან არის დაკავშირებული ამ პიკების არსებობა. გამოთქმულია მოსაზრება, რომ მიღებული კალორიმეტრული pre-transition პიკები დაკავშირებული უნდა იყოს ლიპიდების ჰიდროფობული კუდების ურთიერთქმედების ხასიათის ცვლილებასთან. თუმცა, როგორც ჩვენი ექსპერიმენტული მონაცემები ადასტურებს DPPC -საგან დამზადებულ ლიპოსომას გააჩნია არა ერთი, არამედ ორი pre-transition პიკები. - პირველი 24 °C , ხოლო მეორე 37°C ტემპერატურული მაქსიმუმებით (იხ.ნახ....), რაც იმაზე მიუთითებს, რომ DPPC -საგან დამზადებულ ლიპოსომების სტრუქტურა არ არის მარტივი და იგი უნდა იყოს მულტილამელარული, ანუ ლიპოსომა უნდა შეიცავდეს თავისთავში მრავალ ბიშრიან სტრუქტურას, რომლებიც ერთმანეთისაგან გამოყოფილია წყლის ფენებით. აქვე გვინდა ავღნიშნოთ, რომ ლიპოსომის შიგნით არსებული ბიშრებს შორის არსებული წყლის ფენა უნდა იყოს თხელი, რომლის სტრუქტურა იქნება უფრო მოწესრიგებული (ე.წ. სტრუქტურული წყალი), ვიდრე თავისუფალი წყალი და შესაბამისად ბიშრის თავაკებს შორის არსებული კავშირები იქნება შეცვლილი. ვფიქრობთ, რომ ეს უნდა იყოს მიზეზი ე.წ. pre-transition პიკების არსებობისა DPPC ლიპოსომების სითბური დანგრევისა.

რაც შეეხება კითხვას იმის შესახებ თუ კალორიმეტრულ DPPA ლიპოსომების ექსპერიმენტებში ლითბური ზემოქმედებისას რატომ არ მიიღება ე.წ. pre-transition პიკი, ამ კითხვაზე პასუხი მარტივია - ლიპოსომის სტრუქტურა უნილამელარულია.

მონაწილენი: მარიამ ხვედელიძე, თ.მძინარაშვილი, ეკა შეყილაძე, ნინო შენგელია, თამარ ფარცხალაძე.

რაც შეეხება სხვა თემატიკებს, კერძოდ, სიმსივნური უჯრედების კვლევები - ეს კვლევები ეხლაც მიმდინარეობს, რაზეც მიუთითებს ინსტიტუტის მეცნიერ თანამშრომლის, **ილია ათანელაშვილის** ნახევარწლიანი ვიზიტის ფარგლებში ამერიკის შეერთებულ შტატების ქ. ჩარლსტონში (სამხრეთ

კაროლინას შტატი), სადაც ჩატარდა საინტერესო ექსპერიმენტები, თუმცა საბოლოო შედეგებზე საუბარი ჯერ ნაადრევია და სამუშაო უახლოეს მომავალში იქნება გაგრძელებული.

ასევე ამერიკის შეერთებულ შტატებში იმყოფება ინსტიტუტის მეორე თანამშრომელი, ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი **რატი ჩხეიძე**, რომელიც ერთი წლის განმავლობაში ჩაატარებს კვლევებს გარლსტონის სამედიცინო უნივერსიტეტში. ეს კვლევები მიმდინარეობს სამი თვე და გრძელდება დღესაც. მის შედეგებზე შეიძლება საუბარი ერთი წლის შემდეგ (როცა დამთავრდება ეს მივლინება).

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):**

**ა) ენერგეტიკული მეტაბოლიზმის თავისებურება იზოლირებითა და დღე-ღამური რიტმის დარღვევით გამოწვეული ქრონიკული სტრესის პირობებში;**

**ბ) ქართული ყურძნის ფლავონოიდები: ბიოქიმიური თავისებურებები და ფიზიოლოგიური ეფექტები**

**ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი თ. მმინარაშვილი**

**კვლევაში ჩართული პერსონალი: ასისტენტ-პროფესორი, PhD ზურაბ ქუჩუკაშვილი,**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა, მიზნები და მიღებული შედეგები:**

ა) სამეცნიერო კვლევის ძირითადი მიმართულებებია იზოლირებითა და დღე-ღამური რიტმის შედეგად გამოწვეული სტრესის პირობებში ვირთავგას სხვადასხვა ქსოვილში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესების ცვლილების შესწავლა და მათი პრევენციის გზების დადგენა.

დასმული საკითხის დასადგენად შესწავლილი იყო ვირთავგის თავის ტვინი, გულის კუნთის უჯრედები და სისხლი. აღმოჩნდა, რომ ცხოველების ფსიქო-ემოციური სტრესი, რომელიც მიიღწევა საცდელი ინდივიდების იზოლირებითა და დღე-ღამური რიტმის დარღვევით იწვევენ ვირთავგის ორგანიზმში ღრმა ბიოქიმიურ ცვლილებებს, რაც აისახება შესწავლილი ქსოვილების უჯრედებზე. კერძოდ, პირველ რიგში, სტრესის შედეგად ადგილი აქვს უჯრედებში ენერგეტიკული მეტაბოლიზმის მოშლას, კერძოდ, როგორც თავის ტვინში, ასევე კარდიომიოციტებში აღინიშნება კრეატინკინაზული სისტემის აქტივობის დაქვეითება, რისი მაჩვენებელიცაა ამ უჯრედებში ფერმენტის, როგორც მიტოქონდრიული, ასევე ციტოზოლური იზოფორმების აქტივობის შემცირება. გამომდინარე იქიდან, რომ კრეატინკინაზული სისტემა მჭიდრო კავშირშია მიტოქონდრიაში მიმდინარე ჟანგვით ფოსფორილირებასთან, კრეატინკინაზული სისტემის აქტივობის დაქვეითება შესაძლებელია გამოწვეული იყოს როგორც ჟანგვითი ფოსფორილირების პროცესის დაქვეითებასთან, ასევე ფერმენტის ცილოვანი მოლეკულის პოსტინთეზურ მოდიფიცირებასთან. ჩვენს მიერ ნაწახი იქნა, რომ სტრესის შედეგად კრეატინკინაზული სისტემის აქტივობის დაქვეითება წარმოადგენს ჟანგვითი ფოსფორილირების პროცესის დაქვეითების მიზეზს, რაზეც მეტყველებს მიტოქონდრიული ფერმენტების, კერძოდ კრებსის ციკლში მონაწილე ფერმენტების აქტივობის შემცირება (შესწავლილია რამდენიმე ფერმენტის, კერძოდ სუქცინატდეჰიდროგენაზის, ალდოლაზის და აკონიტაზის აქტივობები).

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, დაისვა საკითხი იმის შესახებ, თუ რა წარმოადგენს მიტოქონდრიული ფერმენტების აქტივობის დაქვეითების მიზეზს. ამისათვის შესწავლილი იყო ვირთავგის თავის ტვინში, კარდიომიოციტებსა და სისხლში სტრესის ფონზე ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის პროცესის მიმდინარეობა. აღმოჩნდა, რომ ფსიქო-ემოციური სტრესი წარმოადგენს იმ ფაქტორს, რომლის დროსაც სხვადასხვა ქსოვილში ძლიერდება ზეჟანგური ჟანგვის პროცესი, რომელიც ცნობილია, რომ თავის მხრივ უჯრედული მეტაბოლიზმის ცვლილების მიზეზი ხდება და რაც მთელი რიგი პათოლოგიების გამოვლინების მიზეზია. ლიპიდური ზეჟანგური ჟანგვის გაძლიერების მაჩვენებელია თიობარბიტურის მჟავის კონიუგატების – მალონის დიალდეჰიდისა და დიენური კონიუგატების რაოდენობრივი მაჩვენებლების რაოდენობრივი ზრდა.

მიღებული შედეგები მიუთითებს, რომ ცხოველის იზოლირება და ცირკადული რიტმის დარღვევა წარმოადგენს იმ ფაქტორს, რომლის დროსაც ძლიერდება ზეჟანგური ჟანგვის ინტენსივობა. ეს პროცესი ხშირ შემთხვევაში დაკავშირებულია ანტიოქსიდანტური სისტემის ფერმენტების აქტივობის ცვლილებებთან ჩატარებული ცდებით დადგინდა, რომ ცხოველებში 40 –დღიანი სტრესის შედეგად ყველა შესწავლილ ქსოვილში მნიშვნელოვნად კლებულობს ანტიოქსიდანტური ფერმენტების – კატალაზასა და სუპეროქსიდდისმუტაზას აქტივობა. აღმოჩნდა, რომ ამ მხრივ ამ ფერმენტების აქტივობის ცვლილება და საერთოდ, სტრესის შედეგად წარმოქმნილი



ცვლილებებისადმი განსაკუთრებით მგრძობიანობას იჩენს ცხოველის სისხლი, შემდეგ კარდიომიოციტები და ბოლოს, თავის ტვინის ქსოვილი.

ამჟამად, კვლევა მიმდინარეობს შესწავლილი სტრესის პრევენციული მექანიზმის დადგენაზე. ამისათვის გამოყენებულია ბუნებრივი ანტიოქსიდანტების ფონზე როგორც ენერგეტიკული მეტაბოლიზმის, ასევე ზეჟანგური პროცესების ინტენსივობის დადგენა.

ბ) ფლავონოიდები და მისი მსგავსი ფენოლური ნაერთები მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ადამიანის კვების რაციონში. ფლავონოიდები ძირითადად წარმოადგენილია ხილში, ბოსტნეულსა და ისეთ სასმელებში, როგორცაა ღვინო, ჩაი, კაკაო და ხილის წვენი. ფლავონოიდები ძლიერი ანტიოქსიდანტებია, რომელთაც აქვთ უნარი შებოჭონ რეაქტიული ჟანგბადი (სუპეროქსიდი) და აზოტის ნაერთები (ძლიერი ოქსიდანტები). ამ უკანასკნელთა წარმოქმნა აქტიურად მიმდინარეობს მეტაბოლიზმის შედეგად სისხლის უჯრედებში (სხვა უჯრედებშიც) და აქტიურად ცირკულირებენ სისხლის მიმოქცევის სისტემის საშუალებით. უკანასკნელი ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით, ფლავონოიდები თავის ტვინში ნეიროპროტექტორული მოქმედების ფართო სპექტრს ავლენენ, ისინი ეფექტურად იცავენ ნეირონებს ტოქსინებით გამოწვეული დაზიანებებისაგან, თრგუნავენ ტვინში მიმდინარე ანთებით პროცესებს და დადებითად მოქმედებენ მეხსიერებისა და დასწავლის, ზოგად კოგნიტურ ფუნქციებზე. ფლავონოიდების ნეიროპროტექტორული, ანტიოქსიდანტური და აპოპტოზის საწინააღმდეგო ეფექტები ნაჩვენებია უჯრედების კულტურაზეც.

დღევანდელ დღეს ასაკთან დაკავშირებული მრავალი დაავადების განვითარება შესაძლოა მნიშვნელოვანი ბიო აქტიური საკვების, კერძოდ ხილის და ბოსტნეულის, კვების რაციონიდან ამოღებითაა განპირობებული. საქართველო ცნობილია თავისი ხანდაზმული მოსახლეობით, რაც ნაწილობრივ ალბათ დაკავშირებულია ქართული ფლორის მრავალფეროვნებასა და მაღალ ხარისხზე. ევროპა სულ უფრო მზარდი შემფოთებით უცქერს ხანშიშესულ მოსახლეობას, რომელთა შორის კარდიოვასკულარული დაავადებები, სიმსივნეები, ასევე ასაკთან დაკავშირებული ნევროლოგიური დარღვევების რიცხვმა საგრძობლად იმატა. ამის გამო საერთაშორისო საზოგადოებები ცდილობენ გამოიკვლიონ საკვების პროტექტორული უნარი დაიცვას ადამიანი აღნიშნული დაავადებებისგან, რითაც თავის მხრივ სოციალური ყოფის გაუმჯობესებას და ჯანდაცვაზე გაცემულ ხარჯების შემცირებას ვარაუდობენ. უკანასკნელ პერიოდში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა ხილის, ბოსტნეულისა და მათგან წარმოებული წვენების შემადგენლობის გაუმჯობესებას. გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ფლავონოიდებით მდიდარი მცენარეებისა და სხვა საკვების ადამიანისა და ცხოველთა საკვებ რაციონში დამატება იწვევს ასაკთან და დაზიანებებთან-დაკავშირებული კოგნიტური დეფიციტის გაუმჯობესებას.

პროექტის მიზანია ქართული ენდემური ყურძნის ჯიშებიდან (საფერავი) გამოყოფილი აქტიური ფლავონოიდების ფრაქციის შესწავლა. მათი ანტიოქსიდანტური და ნეიროპროტექტორული შესაძლებლობები შედარდება რესვერატროლის ეფექტებს. აღნიშნული პროექტის ფარგლებში პირველად მოხდება ქართული ყურძნის და ღვინის შესაძლო ნეირომოდულატორული ეფექტების კვლევა. შევისწავლით აქტიური ფრაქციის შემადგენელი კომპონენტების გავლენებს თავის ტვინის პლასტიკურ პროცესებზე.

ყოველივე ზემოდ თქმულიდან გამომდინარე, ჩვენს საწყისი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ქართული ყურძნის სხვადასხვა ჯიშების შერჩევა ფლავონოიდების გამოყოფის მიზნით და მათი ზოგიერთი ბიოქიმიური პარამეტრების შესწავლა. ქართული ყურძნის სხვადასხვა ჯიშებიდან ფლავონოიდების ექსტრაქტის მისაღებად გამოვიყენეთ ზაპრომეტოვის მეთოდი, რომელიც ემყარება წყლიანი ექსტრაქტიდან უხსნადი მარილის გამოლექვასა და შემდგომ ნალექის კვლავ ხსნად ფორმაში გადაყვანას. რის შემდეგაც ადგილი აქვს ექსტრაქტის ფრაქციონირებას გამხსნელთა შეურეველ ფაზებს შორის განაწილებით.

კვლევის პერიოდში მოხდა მეთოდის გარკვეული მოდიფიცირება. კერძოდ დაემატა წყალში უხსნადი ფრაქციის მოშორების ეტაპი, რაც საბოლოო სააპრობაციო ფხვნილში მნიშვნელოვნად გაზრდის ჰიდროფილური ნაერთების წილს, ეს უკანასკნელნი კი ორგანიზმში მაღალი შეღწევადობის და შეთვისების უნარით გამოირჩევიან. საბოლოოდ მოდიფიცირებული მეთოდის გამოყენებით, მიღებული იქნა, რქაწითელის და საფერავის ჯიშის, ქართული ყურძნის ფლავონოიდების აქტიური ფრაქცია, რომელთა სპირტხსნარებს ჩაუტარდათ სპექტროფოტომეტრული კვლევა. რის შედეგადაც დაფიქსირებული იქნა ფლავონოიდებისათვის დამახასიათებელი ოპტიკური შთანთქმის სპექტრი. კერძოდ შთანთქმის მაქსიმუმები გამოიკვეთა როგორც საშუალო (260 - 280 ნმ), ისე ახლო

ულტრაიისფერ (340 – 380 ნმ) ზონაში. აღნიშნული, ქართული ყურძნის რქაწითელის და საფერავის ჯიშებში, პოლიფენოლების ჭარბ და მრავალფეროვან შემცველობაზე მიუთითებს.

#### სამომავლო გეგმა:

ა) დაგეგმილია ცხოველებში აგრესიის გამოვლენის დამოკიდებულების გარკვევა ქრონიკული ფსიქო-ემოციური სტრესის პირობებში.

ბ) მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, ჩვენი შემდგომი კვლევის მიზანი იქნება: მიღებული ფრაქციების ანტიოქსიდანტური თვისებების შეწავლა, ფრაქციის შემადგენელი კომპონენტების მიახლოებითი იდენტიფიცირება და ნაერთების მოქმედების კვლევა სხვადასხვა ნეიროფიზიოლოგიურ პარამეტრებზე.

#### გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. Z. Kuchukashvili, K. Menabde, M. Chachua, G. Burjanadze, M. Chipashvili, and N. Koshoridze. Functional state of rat cardiomyocytes and blood antioxidant system under psycho-emotional stress. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*. 2011, 43 (6): 480-486. (*imp.-factor 1.84*).
2. K. Menabde, Z. Kuchukashvili, M. Chachua, M. Chipashvili, N. Koshoridze .Brain Oxidation Stress Caused by Isolation and Violation of Diurnal Cycle. *Bull. THE GEOR. ACAD. OF SCIENCES*, 2011, 5, 2, pp 87-91
3. K. O. Menabde, G. M . Burjanadze, M. V. Chachua, Z. T. Kuchukashvili, N. I. Koshoridze Tissue specificity of lipid peroxidation under emotional stress in rats. *Ukr. biochem. J.* 2002, 83, 3, pp 82-87
4. K. Menabde, Z. Kuchukashvili, M. Koshoridze, G. Burjanadze and N. Koshoridze. Characterization of the antioxidant system of rat blood and cardiomyocytes under stress conditions. *J. of Biol. Phys. and Chem.* 2011.11 . *accepted*.
5. K. Menabde, Z. Kuchukashvili, M. Koshoridze, G. Burjanadze and N. Koshoridze. Functional status of mitochondria pore in the brain of rats subjected to prolonged emotional stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, Vol. 7 No. 4, pp. 88-96. 2011
6. N. Koshoridze, K. Menabde, Z. Kuchukashvili. Investigation of the HCO<sub>3</sub>—ATPase activity of Thyroid Tissue Cells under Various Pathologies. *The Scand. J. of Clinical & Laboratory Investigation* . (*imp.-factor 1.50*). *accept*.
7. Z. Kuchukashvili, K. Menabde, M. Chachua, G. Burjanadze, M. Chipashvili, and N. Koshoridze. Psycho-Emotional Stress, Quantitative Changes in Nitric Oxide Concentration and the Functional State of Brain Mitochondria. *Acta Neurobiol Exp (imp.-factor 1.84)* . *accept*.

#### კონფერენციები

1. 8th World Congress of Neuroscience. Functional status of brain mitochondria under psycho-emotional stress. Florence - Italy, 14-18 July, 2011.
2. THE 4th INTERNATIONAL IMBG CONFERENCE FOR YOUNG SCIENTISTS “MOLECULAR BIOLOGY: ADVANCES AND PERSPECTIVES”. Kyiv, Ukraine, September 14-17, 2011.
3. International Scientific Conference “Actual Problems in Neurobiology” Dedicated to 100 anniversary of Prof. Irine Mepisashvili, Tbilisi, Georgia, 9-10 December, 2011,

#### კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი:

1. Georgian National Science Foundation (#GNSF/ST08/2-375).
2. The work is supported by Rustaveli foundation, grant GNSF- 6/89

# ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის დეპარტამენტი

## ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის ინსტიტუტი და ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის ქვემიმართულება

### EMC ლაბორატორია

#### *მიზნები:*

- დაბალი სიხშირის მაგნიტური ველისა დათხელი მეტალური ფირფიტების ურთიერთქმედების შეწავლა. სტატია გაგზავნილი იქნება საერთაშორისო პრესტიჟულ ჟურნალში **IEEE Transactions on Magnetics 2011 წლის სექტემბერში**. ჩამოყალიბდება იდეა გრანტის მოპოვების შესახებ.
- მოხდება საერთაშორისო პროექტის UXO Discrimination პირველი ეტაპის დასრულება (პროექტის ბიუჯეტი 2011 წელს: 20000 ლარი)
- პუბლიკაციები ელექტრომაგნიტური თავსებადობის ამოცანების არეში

#### *შესრულება:*

1. აღნიშნული სტატია IEEE Transactions on Magnetics ჟურნალში დამუშავების ბოლო სტადიაშია.
2. გამოქვეყნდა წიგნი, რომელშიც ერთ-ერთი თავი დაწერილია ინსტიტუტის თანამშრომლების მონაწილეობით:

F. Bogdanov, R. Jobava, D. Karkashadze, P. Tsereteli, A. Gheonjian, E. Yavolovskaya, D. Schleicher, C. Ullrich, H. Tazi, Computational Techniques for Automotive Antenna Simulations, Book: New Trends and Developments in Automotive System Engineering, Chapter 29, pp. 529-610. ISBN 978-953-307-517-4, Hard cover, 664 pages, InTech, January 2011

#### 3. გამოქვეყნდა სტატიები:

- Yavolovskaya, E.A.; Bogdanov, F.G.; Analysis of a compact printed TPMS antenna in complex environment, Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), 2011 XVth International Seminar/Workshop on Publication Year: 2011 , Page(s): 97 - 100
- Bogdanov, F.; Jobava, R.; Gheonjian, A.; Demurov, A.; Khvitia, B.; Kut Chadze, Z, Modeling of printed circuit boards and microstrip antennas based on the MoM hybridized with special Green's function and multiport network approach, 2011 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI), 10.1109/APS.2011.5996602, Publication Year: 2011 , Page(s): 1581 - 1584
- Jobava, R.; Tsereteli, P.; Odisharia, K. Using hybrid GPU algorithm for solving of EMC problems. Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), 2011 XVth International Seminar/Workshop, Publication Year: 2011 , Page(s): 156 - 160
- Bogdanov, F.; Yavolovskaya, E.; Gheonjian, A.; Demurov, A.; Oganezova, I.; Jobava, R, Application of hybrid MoM and multilayered Green function approach to analysis of EM/EMI problems related to printed circuit boards and microstrip antennas, Proceedings of the 5th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), 11-15 April 2011, page(s): 2279 - 2283, Rome, ISBN: 978-1-4577-0250-1
- Bogdanov, F.G.; Jobava, R.G.; Karkashadze, D.D.; Gheonjian, A.L.; Yavolovskaya, E.A., Application of hybrid MOM and multilayered Green's function to EM modeling of printed microstrip antennas Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), 2011 XVth International Seminar/Workshop, Publication Year: 2011 , Page(s): 93 - 96
- Gabriadze, G.; Bogdanov, F.; Tsereteli, P.; Jobava, R.; Yavolovskaya, E , ACA method and SPAI preconditioner for acceleration BICGSTAB solver in MoM based solver TriD Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), 2011 XVth International Seminar/Workshop, Publication Year: 2011 , Page(s): 151 - 155

3. დაიწყო პროექტი UXO Discrimination, რომელშიც პირველი და მეორე ეტაპები დასრულდა და შეფასებული იყო დადებითად შემკვეთის მიერ.

**ელექტრული გაზომვებისა და სტანდარტიზაციის ლაბორატორია**

**მიზანი:** დაბალსიხშირიანი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სპექტროგრაფის შექმნა. ანგარიში წარდგენილი იქნება 2011 წლის დეკემბერში. სპექტროგრაფის გამოყენებით შესაძლებელი იქნება 2012 წელს საგრანტო პროექტის წარდგენა.

**შესრულება:** შექმნილია მიმდები სპექტრომეტრი დედამიწის ქერქის ზედაბალსიხშირიანი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დასაკვირვებლად

**სტუდენტთა კვლევითი საკონსტრუქციო ბიურო**

**მიზანი:** ადგილმდებარეობის განმსაზღვრელი პრეცეზიული ურთიერთინდუქციური გარდამქმნელების ოპტიმიზაცია. ანგარიში წარდგენილი იქნება 2011 წლის დეკემბერში.

**შესრულება:**

1. დამზადებულია და გაწყობილია:
  - 1.1 ურთიერთინდუქციური ნახევარსფერული სამკოორდინატული პირველადი გარდამქმნელის მაკეტი. ჩატარებულია მისი ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლების დადგენის გამოკვლევა 80 კჰც-დან 1 მგჰც-დე სიხშირეების დიაპაზონში
2. დამზადებულია შემადგენელი დეტალები, მაგრამ არ არის გაწყობილი:
  - 2.1. ურთიერთინდუქციური წაკვეთილ- კონუსური გარდამქმნელი;
  - 2.2. შეთავსებული მიღება-გადაცემის ანტენა.
3. ქართულ ენაზე თარგმნილია და აკრეფილია შემდეგი ლაბორატორული სამუშაოები:
  - 3.1. ურთიერთინდუქციური ნახევარ- სფერული სამკოორდინატული პირველადი გარდამქმნელი;
  - 3.2. პერიოდული სიგნალების გამოკვლევა;
  - 3.3. წრფივი რხევითი სისტემების სიხშირული მახასიათებლების გამოკვლევა;
  - 3.4. ოთხპოლუსა;
  - 3.5. ელექტრული ფილტრები;
  - 3.6. ვარისტორები;
  - 3.7. ელექტრული გასაღებები

**ელექტრო-ქიმიური ტექნოლოგიების ლაბორატორია**

**მიზანი:** შესრულდება ტექნოლოგიების კომერციალიზაციის პროექტი NICKEL2011

**შესრულება:**

ელექტროქიმიის ლაბორატორიის მოსაწყობად გარემონტდა ოთახი # ? და საპრეპარატოდ მიუერთდა და გარემონტდა მიმდებარე ოთახი # ?.

ლაბორატორია დაკომპლექტდა საჭირო ავეჯით, მოწყობილობებითა და პრეპარატებით/რეაქტივებით; აღსდგა წყალგაყვანილობა და გამწოვი სისტემა.

შეიქმნა სპეციალური მოწყობილობები: ავტომატური მოსარევი, ავტომატური დამფერთხი (ელექტროქიმიური პროცესის დროს წარმოქმნილი ბუმტუკების მოსაცილებლად) და ტემპერატურის რეგულაციის ავტომატური მოწყობილობა.

ჩატარდა კვლევები და ცდები დიელექტრიკებზე ნიკელის ფენის დატანაზე დეკორატიული დანიშნულებისათვის; კერძოდ ჩატარდა შემდგომი ცდები სხვადასხვა დიელექტრიკებზე:

- განცხიმოვნება
- მოწამვლა
- ელექტროგამტარი ფენის ქიმიურად დასმა (მეტალიზაცია)
- ნიკელის ელექტროქიმიური დასმა (გალვანოსტეგია)
- ელექტროქიმიური პოლირება და მექანიკური პოლირება

მეტალიზაციის პროცესი შეიცავს შემდეგ ეტაპებს: სენსიბილიზაცია, აქტივაცია და მეტალის აღდგენა (იგივე მეტალის მარილიდან); მეტალიზაციის პროცესები ჩატარდა როგორც ვერცხლის, ასევე სპილენძის აღდგენით (სპილენძის მარილი –  $\text{CuSO}_4$  სამასჯერ იაფია ვიდრე ვერცხლის მარილი –  $\text{AgNO}_3$ ).

ელექტროქიმიური პოლირებას შედარდა მექანიკური პოლირებას და უპირატესობა მიენიჭა უკანასკნელს სიმარტივისა და სიიაფის გამო.

**პროექტი I: "კომპოზიციური მეტამასალების მოდელირება ნანო-ოპტიკური მოწყობილობებისთვის" დამფინანსებელი: შოთა რუსთაველის სახელობის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი. გრანტი N424 სრულდება გამოყენებითი ელექტროდინამიკის ლაბორატორიაში (გამგე. დ. კაკულია)**

**შემსრულებელი: ლევან შოშიაშვილი**

ოპტიკურ ტალღამტარებში, ისევე როგორც რეგულარულ ტალღამტარებში გავრცელებადი ტალღების განსაზღვრისათვის საჭიროა ტალღამტარის საკუთარი მნიშვნელობების პოვნა. რეგულარულ ტალღამტარებში, რომელთა განიკვეთის ფორმა წარმოდგენილია ანალიზური სახით (მაგალითად წრიული ან ელიფსური) შესაძლებელია საკუთარი მნიშვნელობების ანალიზური განსაზღვრა. მაგრამ, როდესაც ტალღამტარი წარმოდგენილია თავისუფალი ფორმით და მისი გეომეტრიული პარამეტრები წარმოდგენენ ცვლად პარამეტრებს, საკუთარი მნიშვნელობების განსაზღვრა წარმოდგენს ერთ-ერთ რთულ ამოცანას. ამას თან ერთვის ის გარემოებაც, რომ მეტალური ტალღამტარების მატერიალურ პარამეტრებს გააჩნიათ ძლიერი დისპერსიული მახასიათებლები ოპტიკურ დიაპაზონში. საუბარია მეტალების დისპერსიულ თვისებებზე ოპტიკურ დიაპაზონში. ამრიგად, საკუთარი მნიშვნელობების განსაზღვრისთვის საჭიროა მძლავრი რიცხვითი კოდის გამოყენება.

**ამ პროექტის ფარგლებში გამოქვეყნებულია ორი შრომა (კონფერენცია):**

1. Electro magnetic research environment (emagre)—crossplatform em software package based on fdtd method, L. Shoshiashvili, G.Ghvedashvili, K.Tavzarashvili. Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory, DIPED 2011. Lviv, Ukraine, September 26-28, 2011, pp 170
2. Web based research administration and information system, G.Ghvedashvili, L.Shoshiashvili, T. Gogua, K.Tavzarashvili. Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory, DIPED 2011. Lviv, Ukraine, September 26-28, 2011, pp 161

**პროექტი II: „GSM1800-ში გამოყენებული ელექტრომაგნიტური ველების ცალკეულ ნეირონზე ზეგავლენის გამოკვლევა.“**

**დამფინანსებელი: შოთა რუსთაველის სახელობის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი გრანტი N1628**

**შემსრულებლები: ლევან შოშიაშვილი, ბესარინ ფარცვანია (კიბერნეტიკის ინსტიტუტი).**

პროექტის მიზანია GSM1800 ტელეფონებში გამოყენებული ელ. მაგნიტური ველების ზეგავლენის გამოკვლევა მოლუსკის ცალკეული ნეირონის ფუნქციონირებაზე.

ამ პროექტის ფარგლებში გამოქვეყნებულია 1 შრომა:

1. Partsvania B, T.Sulaberidze, Shoshiashvili L., Modebadze Z. "Acute Effect of Exposure of Mollusk Single Neuron to 900-MHz Mobile Phone Radiation" *Electromagnetic Biology and Medicine* , Vol. 30, No. 3, Pages 170-179, (2011)

January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

---

# ქიმიის დეპარტამენტი



ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

ტელ.: 2 226810, 5 99900057

სამეცნიერო მიმართულება: ორგანული ქიმია

თემა: პრაქტიკული თვისებების მქონე ბუნებრივი და სინთეზური არომატული, ჰეტეროციკლური და ალიციკლური ნაერთები: სინთეზი, გამოკვლევა

შემსრულებლები

1. ჰეტეროციკლური ნაერთების განყოფილება: გამგე, ასოც. პროფ., ქ.მ.დ.იოსებ ჩიკვაძე; უფრ. მეცნ. თანამშრომლები, ქ.მ.კ-ები: ნანა ჩიკვაძე(თარგამაძე), დალი ყაჯრიშვილი, ნაირა ნარიშანიძე; მეცნ. თანამ., ქ.მ.კ. ლია კვირიკაძე, მაგისტრანტი შოთა ოზოლაძე;
2. სპირონაერთების განყოფილება: გამგე, ასისტ. პროფ., ქ.მ.დ. მარინა ტრაპაძე; უფრ.მეცნ. თანამშრომლები, ქ.მ.კ-ები: ნანა ესაკია, ეკა კაცაძე, ნინო ნიკოლეიშვილი;
3. ალიციკლური ნაერთების განყოფილება: გამგე, ქ.მ.კ. დავით ზურაბიშვილი, უფრ. მეცნ. თან., ქ.მ.კ. მედეა ლომიძე; მეცნ. თან-ები: დიპლომირებული ქიმიკოსი ივანე გოგოლაშვილი, დოქტორანტი თინათინ ზუკია, მაგისტრანტი გიორგი ფანცულაია; ტექნიკური მუშაკი, სტუდენტი გიორგი ბუზალაძე;
4. ბუნებრივ ნაერთთა განყოფილება: გამგე, ქ.მ.დ., ასის. პროფ. როზა კუბლაშვილი, გამგე, ქ.მ.დ., დალი წაქაძე; უფრ. მეცნ. თან., აკად დოქტორი თამარ ციციშვილი; მეცნ. თან., მარინა სოსელია,
5. ინტელექტუალური საკუთრების განყოფილება: გამგე, აკად დოქტორი ნინო სამსონია; მეცნ. თან., აკად დოქტორი
6. ინსტრუმენტული კვლევისა და ელემენტური ანალიზის განყოფილება: გამგე, დიპლომირებული ქიმიკოსი მედეა გუდავაძე; ტექნიკური მუშაკი, დიპლომირებული ქიმიკოსი ნინო თავართქილაძე

პუბლიკაციები, გრანტები, სტიპენდიები,

- წარმოდგენილია 2011 წელს ორგანული ქიმიის მიმართულებასთან არსებული ქიმიის ინსტიტუტის 6 განყოფილების მიერ შესრულებული სამუშაოები.
- განყოფილებების ანგარიშებში შემავალი თავების ნუმერაცია ავტონომიურა.
- ანგარიში წარმოდგენილია 68 ნაბეჭდი გვერდის სახით, სქემა 19, ნახ. 5, სურათი 7, გამოყენებული ლიტერატურა - 83.
- სამუშაო ჩატარებულია საგრანტო და საუნვერსიტეტის საბიუჯეტო დაფინანსებით.
- შემსრულებელთა რაოდენობა 25.

პუბლიკაციები

საერთო რაოდენობა - 33

მონოგრაფია - 1

სამეცნიერო სტატია - 3

მათ შორის:

- იმპაქტ-ფაქტორის მქონე ჟურნალში - 2
- რეცენზირებად და რეფერირებად ჟურნალში - 1
- კონფერენციის თეზისი - 29
- დასაბეჭდათაგადაცემული სამეცნიერო სტატიები - 4

1. Doroshenko T., Samsoniya Sh., Chikvaidze I. Bisindole Derivatives. Synthesis of bis(1H-Indol-5-yl)methane new derivatives. Lambert Academic Publishing, Saarbruecken. Printed in the U.S.A., 2011, 61 pp.

**სტატიები (რუსულ და ინგლისურ ენაზე):****იმპაქტ ფაქტორის მქონე ჟურნალები (2):**

2. Samsoniya Sh.A., Kadzhrishvili D.O., Chikvaidze I.Sh. Synthesis and Antimicrobial Activity of A Number of Pyrroloindole Derivatives. Pharmaceutical Chemistry Journal, 2011, v.45, №1, pp.22-25 (Translated from Khimiko-Farmatsevticheski Zhurnal, Russia 2011, v.45, №1, pp.24-27)
3. Samsoniya Sh.A., Trapaidze M.V., Nikoleishvili N.N., Japaridze K.G., Maisuradze J.P. and Kazmaier U. New Condensed Indoline Bis-spyropyranes. Chemistry of Heterocyclic Compounds, 2011, v. 47, №9, 1098-1104.

**სტატიები რეცენზირებად და რეფერირებად ჟურნალებში (1):**

4. Samsoniya Sh., Trapaidze M., Nikoleishvili N., Kuprashvili N., Zurabishvili D. Peculiarities of Fragmentation, in Mass-Spectra of Dipyrrolonaphthalene Amide Derivatives. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences (Eng.), 2011, v.5, №2, pp.54-60.

**საერთაშორისო კონფერენციის თეზისები (22):**

1. Kalatozishvili A., Samsoniya Sh., Chikvaidze I., Barbakadze N. Investigation for the Synthesis of Three and Pentacyclic Systems Containing Nitrogen. The 12<sup>th</sup> Annual Florida Heterocyclic and Synthetic IUPAC-Sponsored Conference (FloHet-12). Organized by ARKAT USA, Inc. And the University of Florida, Department of Chemistry. USA, FL., 6<sup>th</sup> - 9<sup>th</sup> March, 2011. p.124 ([www.arkat-usa.org](http://www.arkat-usa.org)).
2. Zurabishvili D.S., Lomidze M.O., Gogolashvili I.N., Trapaidze M.V., Samsoniya Sh.A. Synthesis Methods and Properties of the Preparations GZ-048, GZ-051, Nitrogenated Derivatives of Adamantane and Compositions on their Basis. [XIX Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry](#). Russia, Volgograd. [Abstract Book "Chemistry and Technology of Materials, Including Nanomaterials"](#), 2011, 25-30 September, v.2, p.669 ([www.mendeleev2011.vstu.ru/user](http://www.mendeleev2011.vstu.ru/user)).
3. Samsoniya Sh.A., Chikvaidze I.Sh., Targamadeze N.N., Narimanidze N.O. Synthesis and some peculiarities of Heteroaromatic Systems containing two and more Nitrogen Heterocycles. [XIX Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry](#). Russia, Volgograd. [Abstract Book "Chemistry and Technology of Materials, Including Nanomaterials"](#), 2011, 25-30 September, v.3, p.159 ([www.mendeleev2011.vstu.ru/-/user](http://www.mendeleev2011.vstu.ru/-/user)).
4. Samsoniya Sh.A., Trapaidze M.V., Nikoleishvili N.N., Esakia N.A. Azo- and cyanine dyes on the bis-methylidene bases of dipyrrolonaphthalenes. [XIX Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry](#). Russia, Volgograd. [Abstract Book "Chemistry and Technology of Materials, Including Nanomaterials"](#), 2011, 25-30 September, v.3, p.160 ([www.mendeleev2011.vstu.ru/user](http://www.mendeleev2011.vstu.ru/user)).
5. Samsoniya Sh. Novel Heterocyclic Systems Containing Indole Fragments, Synthesis, Properties, Anomalous Reactions. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, IL 1, pp. 19-21.
6. Zurabishvili D., Bukia T., Lomidze M., Trapaidze M., Elizbarashvili E., Kazmaier Uli, Samsoniya Sh. Synthesis and Properties of new 5(6)-Amino-2-(1-adamantyl)benzimidazole Derivatives. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, OP 15, pp. 55-56.
7. Chikvaidze I., Samsoniya Sh., Kadzhrishvili D., Barbakadze N. About some Stages the Mechanism of E.Fisher's Reaction. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, OP 16, pp. 57-58.
8. Trapaidze M., Esakia N., Samsoniya Sh., Kazmaier Uli. Transformation Reactions of Bis-methylindole Base of Indolo[4,5-e]indole. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, PP 28, pp. 112-113.
9. Samsoniya Sh., Trapaidze M., Nikoleishvili N., Japaridze K., Maisuradze J. Photochromic Properties of

- Dipyrrolonaphthalenes Bis-spirochromene. Novel Heterocyclic Systems Containing Indole Fragments, Synthesis, Propersies, Anomalous Reactions. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, PP 29, pp. 114-115.
10. Samsoniya Sh., Trapaidze M., Nikoleishvili N., Esakia N., Kazmaier Uli. Chemical Properties of Dipyrrolbenzoquinoline Bis-methylidene Base. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, PP. 30, pp. 116-117.
  11. Chikvaidze I., Samsoniya Sh., Lekishvili N., Tsitskishvili T., Megrelishvili N., Gilels A. Aminoarylindoles for Recording of Relief Fazed and Amplitude Fazed holograms. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, PP 84, pp. 207-208.
  12. Samsoniya Sh., Targamadze N., Chikvaidze I., Samsonia N., Ovyannikova N., Narimanidze N. New Derivatives of Bisindoles and Bispyridazino Indoles. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, PP 85, p. 209.
  13. Chikvaidze I., Khitiri G., Targamadze N., Kvirikadze I., Iashvili N. Obtaining of some Luminescence Compounds and mixtures by Chemical transformation of Flux. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, PP 86, p. 210.
  14. Kalatozishvili A., Samsoniya Sh., Chikvaidze I., Oboladsz Sh. Synthesis of new 3-and 8-Substiyuted mono and Dihalogen Derivatives of Pyridazinoindole. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, PP 87, p. 211.
  15. Zurabishvili D., Gogolashvili I., Lomidze M., Samsoniya Sh., Sadaterashvili Iu., Kartvelishvili M., Nadiradze N. Method for Obtaining of Preparation GZ-051 (Analogue of Rafoxanide) ITS Biological Properties. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, PP 115, pp. 256-257.
  16. Lomidze M., Zurabishvili D., Gogolashvili I., Trapaidze M., Kazmaier U., Samsoniya Sh. Study of the Condensation Reaction of 4-(1-Adamantyl)-1,2-Diaminobenzene With Aromatic Aldehydes and Carboxylic Acids. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27, PP 116, pp. 258-260.
  17. ხიტირი გ., ჩიკვაიძე ი. ნავთობსადენში დალეკილი ნარჩენების გადამუშავება ზოგიერთი დევიციტური ნავთობპროდუქტის მიღების მიზნით. პროფ. რ.გიგაურის ხსოვნისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენცია „მეორადი ნედლეულის და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება ადამიანის და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში“, თბილისი, 1-2 ნოემბერი, 2011წ., მოხსენებათა თეზისები. გვ. 23-23.
  18. Kublashvili R. The characterization of reactivity of substituted anilines by  $\sigma$ -constants of Hammett equation in N-glycisylation reaction. 2<sup>nd</sup> International conference on organic chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry". Tbilisi, Georgia, book of abstracts, 2011, 143.
  19. Kublashvili R., Karkashadze N. Effect of pH on N-glycosylation of isomeric amino phenols. 2<sup>nd</sup> International conference on organic chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry". Tbilisi, Georgia, book of abstracts, 2011, 139-140.
  20. Kublashvili R., Karkashadze N. Melanoidine reaction in system of D-glucose/m-aminobenzoic acid and antioxidant activity of reaction products. 2<sup>nd</sup> International conference on organic chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry". Tbilisi, Georgia, book of abstracts, 2011, 141-142.
  21. Kublashvili R., Tsakadze D. The anomeric composition of N-carboxyphenyl-L-rhamnosylamines and N-carboxyphenyl-D-galactosylamines. International conference "Use of secondary raw materials and natural resources in service of human and technological progress". Abstracts. Tbilisi, 2011, 43-44.
  22. Kublashvili R., Tsakadze D. The characterization of reactivity of substituted anilines by  $\sigma$ -constants of Hammett equation in N-glycisylation reaction. International conference "Use of secondary raw materials and natural resources in service of human and technological progress". Abstracts. Tbilisi,

2011, 68-69.

**მოსხენებები რესპუბლიკურ კონფერენციაზე (7):**

1. სამსონია შოთა. ბიოლოგიურად აქტიური სინთეზური და ბუნებრივი ორგანული ნაერთები: სინთეზი, გამოყოფა, კვლევა. Republic Conference of Young Scientists. Chemistry Today-2011. Tbilisi, 26th February, 2011, plenary moxseneba. pp.19-20 (<http://chemistry.ge/conferences/rcys2011>).
2. Букия Т.Дж., Зурабишвили Д.С., Элиზбарაშვილი Э.Н., Самсония Ш.А. Синтез и виртуальный биоскрининг некоторых производных 2-(1-адамантил)бензими-дазола. Republic Conference of Young Scientists. Chemistry Today-2011. Tbilisi, 26th February, 2011, pp.31-32 (<http://chemistry.ge/conferences/rcys2011>).
3. ფანცულაია გ., ნიკოლეიშვილი ნ., ტრაპაიძე მ., სამსონია შ. აზოშეუღლების რეაქციები ფიშერის ფუძის ბისანალოგების საფუძველზე. Republic Conference of Young Scientists. Chemistry Today. Tbilisi, 26th February, 2011, pp.33-34 (<http://chemistry.ge/conferences/rcys2011>).
4. Панцулая Г.З., Гоголашвили И.Н., Зурабишвили Д.С., Трапаидзе М.В., Самсония Ш.А. Синтез 4-R-N-адамантоиланилидов и 5(6)-алкокси-2-(1-адамантил)бенз-имидазолов. Republic Conference of Young Scientists. Chemistry Today-2011. Tbilisi, 26th February, 2011, pp.35-36 (<http://chemistry.ge/conferences/rcys2011>).
5. ნიკოლეიშვილი ნ., ტრაპაიძე მ., კუპრაშვილი ნ., ესაკია ნ., ზურაბიშვილი დ., სამსონია შ. დიპიროლონაფთალინების ამიდური ნაწარმების მას-სპექტრებში ფრაგმენტაციის თავისებურებანი. Republic Conference of Young Scientists. Chemistry Today-2011. Tbilisi, 26th February, 2011, pp.37-39 (<http://chemistry.ge/conferences/rcys2011>).
6. Barbakadze N., Samsoniya Sh., Chikvaidze I., Oboladze Sh. Investigation in the field of 2-etoxy carbonyl-5-phenylindole. Republic Conference of Young Scientists. Chemistry Today-2011, 26th February, 2011, pp.40-41 (<http://chemistry.ge/conferences/rcys2011>).
7. Kalatozishvili A., Samsoniya Sh., Targamadze N., Chikvaidze I. Synthesis of new polynuclear nitrogen containing heterocyclic systems. Republic Conference of Young Scientists. Chemistry Today-2011. Tbilisi, 26th February, 2011, pp.42-43 (<http://chemistry.ge/conferences/rcys2011>).

**გადაცემულია დასაბეჭდად (4)**

1. Chikvaidze I.S., Barbakadze N.N., Samsoniya Sh.A. Some new derivatives of 5-aryl- and 2,5-diarylindoles. Arkivoc, USA, Florida, გაგზავნა 14.10.2011. განმეორებითი კორექტურის შემდეგ 19.12.2011;
2. კუბლაშვილი რ., ქარქაშაძე ნ., თავართქილაძე ნ. ბუნებრივი არაცილოვანი ამინომჟავები. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, 2011;
3. კუბლაშვილი რ., გვერდწითელი მ. სივრცული მუდმივების მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 2011;
4. კუბლაშვილი რ., გვერდწითელი მ. კარბონმჟავების ანჰიდრიდების მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა ფსევდო-რნბ-მატრიცების მეთოდის გამოყენებით. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, 2011,

**გრანტები, სტიპენდიები (5):**

1. საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტი – GNSF/ST08/4-413. დაფინანსდა ადამანტანის ქიმიის მიმართულებით შესრულებული სამუშაოები.
2. პროფესორის სამეცნიერო სტიპენდია (პროფ. შოთა სამსონია). საარბრუკენის უნივერსიტეტში. დამფინანსებელი ორგანიზაცია „გერმანიის აკადემიური გაცვლითი სამსახური“ (DAAD). დაფინანსდა ნივთიერებათა სპექტრული გამოკვლევები.
3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტი 09-505-4-430. დაფინანსდა მარინა სოსელიას სადიპლომო სამუშაო.

4. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის საკონფერენციო გრანტი CF/21/6-420/11.
5. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტი საზღვარგარეთის უნივერსიტეტში დოქტორანტის მოკლევადიანი სამეცნიერო მუშაობისათვის. თინათინ ბუკია, 2011 წ.

#### კონფერენციების ორგანიზება (2):

1. 2-nd International Conferences on Organic Chemistry: "Advances in Heterocyclic Chemistry", GeoHet-2011, Tbilisi, Georgia September 25-27. შოთა სამსონია – საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარე.
2. International Conference – Use of Secondary Raw Materials and Natural Resources in Service of Human and Technological Progress. 1-2 November, 2011, Tbilisi. შოთა სამსონია – საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი.

#### შესრულებული სამაგისტრო და საბაკალავრო ნაშრომები:

- საბაკალავრო - 7
- სამაგისტრო - 2

#### შესავალი

ჰეტეროციკლური სისტემები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმების ცხოველქმედების პროცესში. მათ შორის განსაკუთრებით საინტერესოა ინდოლის და მისი ანალოგების ნაწარმები, რომლებიც ხასიათდებიან მაღალი ბიოლოგიური აქტიურობით. ინდოლური ნაერთები გამოიყენება მედიცინაში გულსისხლძარღვთა დაავადებების (რეზერპინი, აიმალინი), ავთვისებიანი წარმონაქმნების (ვინბლასტინი, ვინკრისტინი), ფსიქიური დაავადებების (ინდოპანი, პირაზიდოლი, ინკაზანი) სამკურნალოდ; ანთების საწინააღმდეგო ეფექტური პრეპარატია ინდომეტაცინი, ხოლო არბიდოლ-ლენსი წარმოადგენს თანამედროვე ანტივირუსულ და იმუნო-მასტიმულირებელ საშუალებას. ამ სახის პრეპარატების ძიება და შექმნა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ბოლო დროს ბუნებაში აღმოჩენილი სხვადასხვაგვარი მუტაგენური ვირუსების საწინააღმდეგოდ, რომელთა მოსალოდნელი გავრცელება მსოფლიოს სხვადასხვა კუთხეში ეპიდემიის საშიშროებას ქმნის. დიდ ინტერესს იწვევს სიმსივნისა და ადამიანის შექმნილი იმუნოდეფიციტური სინდრომის საწინააღმდეგო აქტიურობის მქონე მომქმედი ნივთიერებების ძიება ინდოლის რიგში. ამიტომ ინდოლის ბიოლოგიურად აქტიური წარმოებულების სინთეზური ანალოგების ძიება და შესწავლა აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

საკვლევი ობიექტებია, ჩვენ მიერ პირველად სინთეზირებული არილინდოლები, პიროლოინდოლები, ინდოლოინდოლები ბისინდოლები და მათი წარმოებულები.

არილინდოლების, პიროლოინდოლების, ინდოლოინდოლების, ბისინდოლების და მათი წარმოებულების გარშემო არსებული უახლესი ლიტერატურა მოძიებული იქნა ბაილშტაინის საძიებელში არსებული ელექტრონული ვერსიების საშუალებით. სამეცნიერო ლიტერატურის მონაცემებიდან ჩანს, რომ არილინდოლები ძირითადად გვხვდება 2-, 3- და 5-ჩანაცვლებული წარმოებულების სახით. მათი ძიების ყველაზე გავრცელებული ხერხია ინდოლის პირდაპირი არილირების რეაქციები, რომლებიც დიდად არის დამოკიდებული გამოყენებული კატალიზატორის ბუნებაზე. გაზრდილია ინტერესი არილირების რეაქციის ახალი კატალიზატორების ძიების მიმართულებით [1-36].

აქტუალურია ინდოლის ფრაგმენტის შემცველი არაკონდენსირებული, კონდენსირებული და სპიროჰეტეროციკლური სისტემის სხვადასხვა ნაწარმების სინთეზიც, რომელიც განხორციელდა მიმდინარე საანგარიშო პერიოდში (თავი 1 და 2).

ორგანიზმში შეღწევადობის გაზრდის მიზნით აქტუალურია ლიპოფილური ბუნების ადამანტანის ფრაგმენტის ჩართვა პოტენციური ბიოლოგიური აქტიურობის მქონე არომატულ, ჰეტეროციკლურ და სხვა ორგანულ ნაერთთა სტრუქტურებში (თავი 3).

აქტუალური პრობლემაა მელანოიდინურ რეაქციაში (მაილარდის რეაქცია) ამინებისა და მათი შესაბამისი N-გლიკოზიდების გარდაქმნების შესწავლა, ვინაიდან, ინტენსიური გამოკვლევების მიუხედავად, ამ რეაქციის მექანიზმი ჯერ კიდევ გაურკვეველია (თავი 4).

აქტუალურია საქართველოს მცენარეული ნედლეულისა და მოხმარების პროდუქტების შედგენილობისა და თვისებების შესწავლა (თავი 4).

გამოყენებული ლიტერატურის ნუმერაცია ყველა თავში ავტონომიური. შესავალში მოტანილი ლიტერატურა 1–36 შედის პირველი თავის ლიტერატურის ნუსხაში.

დასკვნები იხილეთ შესაბამის თავებში: I თავი – გვ. 27; II თავი – გვ. 46;

III თავი – გვ. 65; IV თავი – გვ. 57, 68;

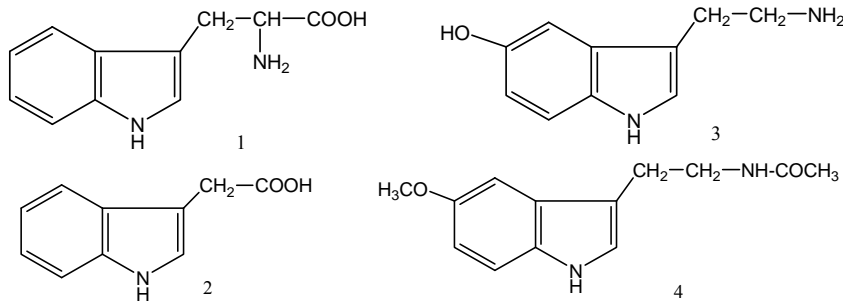
### თავი 1

#### ჰეტეროციკლური ნაერთების განყოფილება:

#### 1. ინდოლის ფრაგმენტის შემცველი ახალი სტრუქტურის მქონე ნაერთების სინთეზი და გამოკვლევა

ცნობილია, რომ ჰეტეროციკლური ნაერთები ხასიათდებიან მრავალმხრივი ბიოლოგიური აქტიურობით და უდიდეს როლს ასრულებენ ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარე პროცესებში.

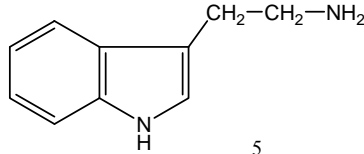
როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული, ამ მხრივ ერთ-ერთი ყველაზე საინტერესო ჯგუფს ინდოლური ნაერთები შეადგენენ. მათი მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია შეუცვლელი ამინომჟავა – ტრიპტოფანი (1), მისი მეტაბოლიტები – ჰეტეროაუქსინი (2), სეროტონინი (3), მელატონინი (4) და სხვ.



ჰეტეროაუქსინი წარმოადგენს მცენარეთა ზრდის სტიმულატორს. სეროტონინი ცენტრალური ნერვიული სისტემის ნეირომედიატორია. იგი მონაწილეობს ძილისა და სიფხიზლის, აგრეთვე მეხსიერების პროცესებში და მთელ რიგ ფსიქოპათოლოგიურ მოვლენებში.

მელატონინი (4) წარმოადგენს ეპიფიზის ჰორმონს. იგი არეგულირებს დღისა და ღამის რითმის ფიზიოლოგიურ ფუნქციას.

ტრიპტამინი (5) და მისი ზოგიერთი ნაწარმი ამჟღავნებს რადიოდამცველ თვისებებს და გამოიყენება სიმსივნური დაავადებების ფიზიოთერაპიაში და კოსმოსურ გამოკვლევებში.

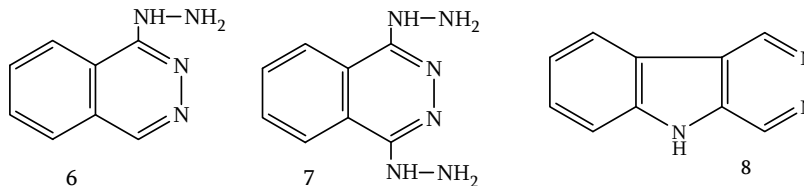


ინდოლური ნაწარმების ფუნქციური და სტრუქტურული ანალოგების სინთეზის მიზნით ჩატარებული ინტენსიური გამოკვლევების შედეგად დაგროვდა მრავალი საინტერესო ფაქტი და აღმოჩენილი იქნა ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა ფართო სპექტრი. ზოგიერთ მათგანს დიდი როლი აკისრია სამედიცინო პრაქტიკაში. მაგ: ინდომეტაცინი, მექსამინი, რეზერპინი, დიმეკარბინი, სტრიხნინი, კავინტონი, პირაზიდოლი და სხვ.

კიბოს საწინააღმდეგო მაღალ აქტიურობას ამჟღავნებს ბუნებრივი პიროლოინდოლური ალკალოიდები. მაგ.: პრეპარატი CC-1065, რომელიც მიიღება მცენარე „*Streptomyces zebensis*“-გან [37]. იგი შედგება ერთმანეთთან ამიდური ჯგუფებით დაკავშირებული სამი პიროლოინდოლის ფრაგმენტისაგან. აქტიურობით ეს ნაერთი ბევრად აღემატება სხვა ცნობილ პრეპარატებს. სამწუხაროდ, იგი ძლიერ ტოქსიკურია. მისმა აღმოჩენამ და თვისებების შესწავლამ შემდგომში დიდი როლი ითამაშა მრავალი ახალი ფართომასშტაბიანი სინთეზური გამოკვლევის დაწყებაში.

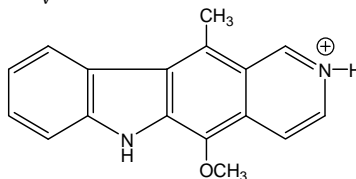
პირიდაზინის ბირთვს გააჩნია მაღალი ბიოლოგიური აქტიურობა და ზოგიერთი მისი ნაწარმი წარმატებით გამოიყენება ფარმაცოლოგიაში. მაგ.: აპრესინი (6) – წნევის დამწვევი, ეფექტური პრეპარატი და გამოიყენება ჰიპერტონიის მკურნალობის დროს [38]. აპრესინი ამცირებს პერიფერიული სისხლძარღვების წინააღმდეგობას და მიოკარდის დატვირთვას, ამღიერებს გულისცემას. მსგავსი ფარმაცოლოგიური ეფექტი გააჩნია დიჰიდრალაზინსაც (7). იგი შედის ცნობილი პრეპარატის – ადელფანის შედგენილობაში [38].

უკანასკნელ წლებში ინტენსიური სამუშაოები მიმდინარეობს ინდოლის შემცველ მრავალბირთვიან ჰეტეროციკლური სისტემების სინთეზის სფეროში. მათ შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია პირიდაზინოინდოლებს (8):



ინდოლისა და პირიდაზინის ბირთვების ანელირებას მივყავართ მათი ნაწარმების თვისებების შერწყმამდე. სინთეზირებულია რამდენიმე ტიპის, მათ შორის, პირიდაზინისა და პიროლის ბირთვებით ანელირებული, ხაზოვანი აღნაგობის სამბირთვიანი კონდენსირებული ჰეტეროციკლი – პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლი. პირიდაზინოინდოლის ნაწარმებს შორის ნაპოვნია მრავალი ნივთიერება, რომელთაც გააჩნიათ მაღალი ბიოლოგიური აქტიურობა: სახელდობრ, მაღალი ანტიჰიპერტენზიული, ბაქტერიოციდული, ანთების საწინააღმდეგო და სხვა აქტიურობა, გვევლინებიან თრომბოქსანსინთეტაზას ინჰიბიტორად და აქვთ სისხლის ფირფიტების აგრეგაციის მაინჰიბირებელი თვისება. დადგენილია ამ რიგის ნაერთების ეფექტურობა პარკინსონის და ეპილეფსიის მკურნალობის პროცესში. მათ შორის ნაპოვნია დამ ეფექტური ინტერკალატორები [39].

განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ამ რიგის ნაერთების ინტერკალაციური აქტიურობის შესწავლა. ინტერკალატორის მოლეკულა, როგორც წესი, შეიცავს მინიმუმ ორ შეუღლებულ ჰეტეროარომატულ, მათ შორის ერთ  $\pi$ -დეფიციტურ, ბირთვს. დნმ-ის ინტერკალაციური უნარის მქონე ნაერთები პერსპექტიულ ანტივირუსულ და სიმსივნის საწინააღმდეგო პრეპარატებს წარმოადგენენ. ერთ-ერთი ცნობილი ინტერკალატორი – ელიპტიცინი – ინდოლისა და იზოქინოლინის შემცველი ოთხბირთვიანი ჰეტეროციკლის ნაწარმია:



ელიპტიცინი

აქედან გამომდინარე, საინტერესოდ გვესახებოდა ამ ტიპის ორი ჰეტეროციკლის შემცველი ახალი სისტემების – ბის-პირიდაზინოინდოლებისა და მათი ნაწარმების სინთეზი. ცხადია, რომ ამგვარი სისტემების მიღების მიზნით ჩატარებული გამოკვლევები დიდ ინტერესს იმსახურებენ როგორც წმინდა სამეცნიერო, ისე გამოყენებითი თვალსაზრისით.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, პირიდაზინოინდოლების რიგის გაფართოება ახალი სტრუქტურებისა და მათი ნაწარმების სინთეზის გზით მაღალი სამეცნიერო-გამოყენებითი მნიშვნელობის მქონე აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს. ამ მხრივ უაღრესად საინტერესოა ახალი სისტემების შექმნა, რომლებშიც ინდოლისა და პირიდაზინის ბირთვები ერთმანეთთან განსხვავებული წესით იქნება დაკავშირებული. ცხადია, რომ ამ განსხვავებით გამოწვეული მრავალბირთვიანი ჰეტეროციკლური სისტემების სტრუქტურული თავისებურებები განსაზღვრავს მათი ნაწარმების ფიზიკურ-ქიმიურ და ფარმაცოლოგიურ თვისებებს. არანაკლები მნიშვნელობა აქვს ფუნქციური ჯგუფების თავისებურებებს, მათ მდებარეობას და ურთიერთგავლენას, რაც საბოლოოდ განაპირობებს ჰეტეროციკლური ნაერთის ბიომოლეკულასთან ურთიერთქმედების სპეციფიკას. ასევე საინტერესოა ორი და მეტი ჰეტეროციკლური ფრაგმენტის შემცველი სისტემები, როგორც სიმეტრიული, ისე არასიმეტრიული (მაგ. ზემოთ აღნიშნული პრეპარატი CC-1065). ჩვენ

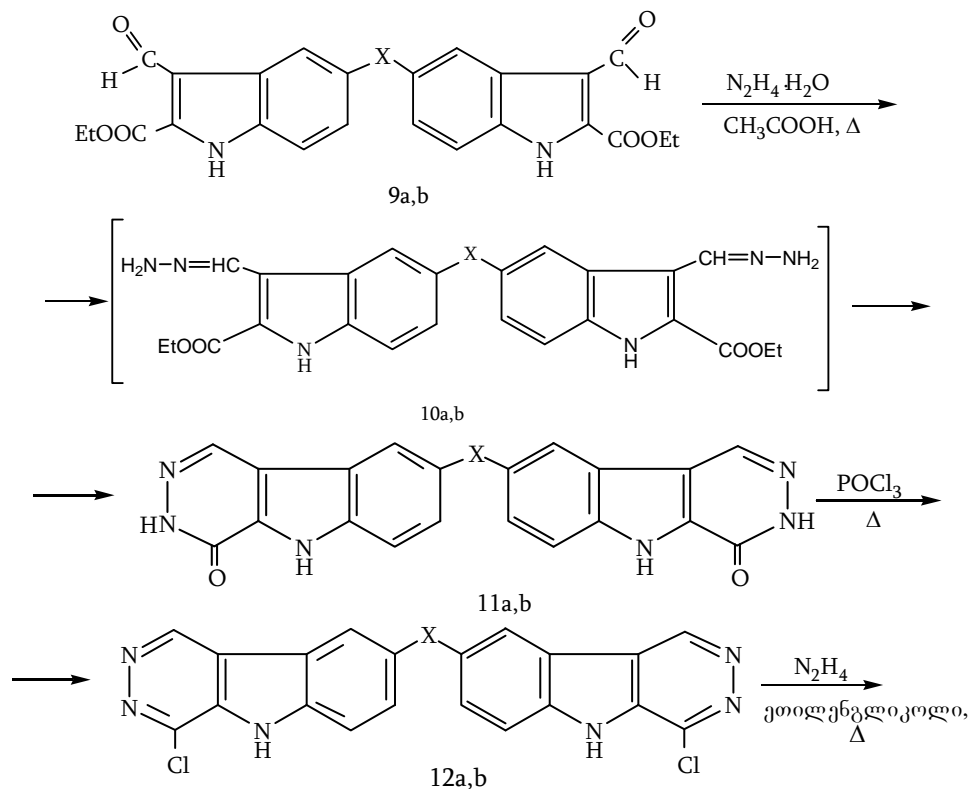
დაგვინტერესა ორი ჰეტეროციკლის შემცველმა სიმეტრიულმა სისტემებმა, რომლებშიც პირიდაზინ-ოინდოლიური ფრაგმენტები ერთმანეთთან ბენზოლის ბირთვების ნახშირბადატომებით უშუალოდ ან ხიდური ჯგუფების მეშვეობით არის დაკავშირებული. ამ ტიპის ნაერთების საფუძველზე შესაძლებელია ცნობილი პრეპარატების უახლოესი ბიფუნქციური ანალოგების სინთეზი, რაც, ჩვენი აზრით, საინტერესო და პერსპექტიულია.

ჩვენი სამუშაოს მიზანს შედგენდა ასეთი ბიფუნქციური ანალოგების – ბისპირიდაზინოინდოლილოქსიდის და ბისპირიდაზინოინდოლილმეთანის ახალი წარმოებულების სინთეზი. ამ ნაერთების სინთეზები განვახორციელეთ ადრე აღწერილი ბისინდოლილოქსიდისა და ბისპირიდაზინოინდოლილმეთანის [40] საფუძველზე.

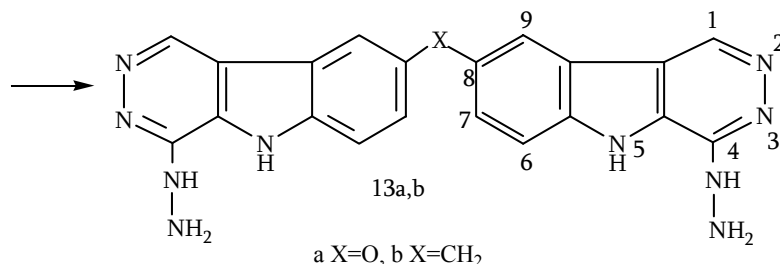
### 1.1. ბის(3,5-დიჰიდრო-4H-პირიდაზინო[4,5-b]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდის და ბის(3,5-დიჰიდრო-4H-პირიდაზინო[4,5-b]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)მეთანის ზოგიერთი ახალი წარმოებულის სინთეზი

საწყის ნივთიერებად გამოვიყენეთ 2,2'-დიეთოქსიკარბონილ-3,3'-დიფორმილ-ბის(ინდოლ-5-ილ)ოქსიდი (9a) 2,2'-დიეთოქსიკარბონილ-3,3'-დიფორმილ-ბის(ინდოლ-5-ილ)მეთანი (9b). ამ ნივთიერებების მოლეკულებზე პირიდაზინონის ბირთვების მიშენება ჩავატარეთ აღწერილი [41] მეთოდის მიხედვით – ამ ნაერთებისა და ჰიდრაზინჰიდრატის ნარევის დუღებით მმარმჯავაში. 1 საათის განმავლობაში დუღების შემდეგ ხსნარიდან გამოიყოფა ბისპირიდაზინოინდოლები – 11a,b (სქემა 1.1.) ღია ფერის კრისტალების სახით.

სქემა 1.1.







ცხადია, რომ რეაქცია მიდის ორ საფეხურად. პირველ საფეხურზე წარმოქმნილი დიჰიდრაზონები 10a,b განიცდიან ციკლიზაციას ჰიდრაზონული ჯგუფების ამინური აზოტის ატომების შიგამოლეკულური ნუკლეოფილური შეტევის შედეგად.

მიღებული ბის(3,5-დიჰიდრო-4H-პირიდაზინო[4,5-b]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდი (11a) და ბის(3,5-დიჰიდრო-4H-პირიდაზინო[4,5-b]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)მეთანი (11b) წარმოადგენენ ციკლურ ჰიდრაზიდებს. სრული არომატიზაციის მიზნით მათი POCl<sub>3</sub>-თან ხანგრძლივი დუღებით მიღებული იქნა შუალედური ქლორნაწარმები 12a,b, რომელთაც საწყის ჰიდრაზიდებთან (11a,b) შედარებით გააჩნიათ უფრო მაღალი რეაქციის უნარიანობა და ჰალოგენის ნუკლეოფილური ჩანაცვლების გზით იძლევიან ჰეტეროციკლში სხვადასხვა ფუნქციური ჯგუფების შეყვანის შესაძლებლობას. ამ გზით შეიძლება მიღებულ იქნას არანაკლებ საინტერესო ნაერთები. მაგ.: ამინები, ჰიდრაზინები, ჰიდრაზონები და სხვ., აგრეთვე, მათი გარდაქმნის პროდუქტები.

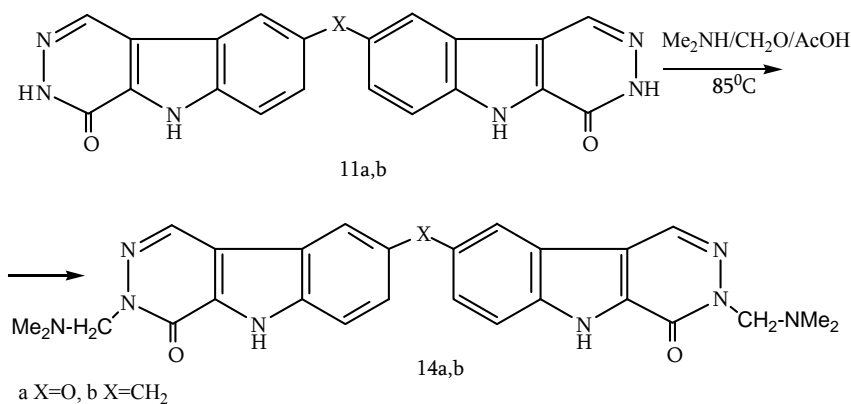
ქლორის ატომების ჩანაცვლების მცდელობისას ქლორნაწარმების 12a,b ჰიდრაზინჰიდრატთან უშუალო ურთიერთიერქმედებით (დუღება ტრიეთილამინის თანაობისას) წარმოიქმნება პროდუქტების ნარევი, რომლებიც საწყის დიქლორნაწარმებსაც შეიცავს. ამ რეაქციისათვის ჩვენ შევარჩიეთ უფრო მკაცრი პირობები – დიქლორნაწარმის 12a,b და ჭარბი ჰიდრაზინჰიდრატის ნარევის გაცხელება ეთილენგლიკოლში 120°C-მდე. ამ ტემპურატურაზე რეაქცია მიდის ბოლომდე. შესაბამისი დიჰიდრაზინები – ბის(4-ჰიდრაზინო-5H-პირიდაზინო[4,5-b]ინდოლ-8-ილ)ოქსიდი (13a) და ბის(4-ჰიდრაზინო-5H-პირიდაზინო[4,5-b]ინდოლ-8-ილ)მეთანი (13b) (სქემა 1.1.) მაღალი გამოსავლიანობით მიიღება.

ამ რეაქციის ნედლი პროდუქტები მცირე რაოდენობით შეიცავს კიდევ რამდენიმე ნივთიერებას, რომლებიც, სავარაუდოდ, საწყისი დიქლორნაწარმების ან რეაქციის პროდუქტების (13a,b) (ან რომელიმე შუალედური პროდუქტის) გამსხნელთან ურთიერთქმედების შედეგად მიიღება.

მიღებული დიჰიდრაზინები 13a,b არის ეფექტური ანტიჰიპერტენზიული პრეპარატის – აპრესინის (6) ბისინდოლური ანალოგები. შეიცავენ რა აქტიურ ჰიდრაზინულ ფრაგმენტებს, ეს ნაერთები, როგორც ინტერმედიატები, შეიძლება გამოყენებული იქნენ სხვა, არანაკლებ საინტერესო ნივთიერებათა სინთეზისათვის.

ადრე სინთეზირებულმა 2,2'-დიეთოქსიკარბონილ-ბის(ინდოლ-5-ილ)ოქსიდისა და 2,2'-დიეთოქსიკარბონილ-ბის(ინდოლ-5-ილ)მეთანის 3,3'-ბის-დიმეთილამინონაწარმებმა გამოავლინეს კლასიკური კურარეს მსგავსი ძლიერი აქტიურობა, ხოლო მათ პიროლოინდოლურ და ინდოლოინდოლურ ანალოგებს, ამ თვისების გარდა, სიმსივნის საწინააღმდეგო აქტიურობაც აღმოაჩნდათ. საინტერესოდ გვესახებოდა შეგვესწავლა მანიხის ფუძეების მიღების შესაძლებლობა ბისპირიდაზინოინდოლების (11a,b) საფუძველზე. ბის(3,5-დიჰიდრო-4H-პირიდაზინო[4,5-b]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდი (11a) და ბის(3,5-დიჰიდრო-4H-პირიდაზინო[4,5-b]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)მეთანი (11b) მანიხის რეაქციაში შედიან 2,2'-დიეთოქსიკარბონილ-ბისინდოლებისათვის დამახასიათებელ პირობებში (85°C). აღმოჩნდა, რომ ჩანაცვლება მიდის ჰიდრაზიდულ NH-ჯგუფებში შესაბამისი ბის-დიმეთილამინომეთილნაწარმების (14a,b) (სქემა 1.2.) მაღალი გამოსავლიანობით.

სქემა 1.2.



ჩვენ მიერ სინთეზირებული ახალი ნივთიერებების 12–14a,b აღნაგობა დადასტურებულია ინფრაწითელი (იწ), <sup>1</sup>H ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის (ბმრ) და მას-სპექტრების მონაცემების საფუძველზე. მეტი თვალსაჩინოებისათვის აქ განხილულია აგრეთვე ბის(3,5-დიჰიდრო-4H-პირიდაზინო[4,5-b]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდის (11a) ზოგიერთი სპექტრული მონაცემი.

მე-12–13a,b ნაერთების სპექტრებზე აღარ ჩანს მე-11a ნაერთის იწ-სპექტრის 1670 სმ<sup>-1</sup> უბანში არსებული საშუალო ინტენსიურობის ამიდური ზოლი, სამაგიეროდ შენარჩუნებულია C=N-ბმის შთანთქმის ზოლი (1640 სმ<sup>-1</sup>), რომელიც დაბალი ენერგიების უბნისაკენ არის წანაცვლებული (1651 სმ<sup>-1</sup>, ნაერთი 12a) და უფრო ინტენსიურია. ანალოგიური სურათი შეიმჩნევა ბის-ჰიდრაზინის (13a) სპექტრზეც. ამ ნაერთების ამინური და ინდოლური N-H-ბმების მახასიათებელი შთანთქმის ზოლების უბნები გასხვავებულია: დიქლორნაწარმის 12a სპექტრის ეს უბანი მარტივია – შეიმჩნევა მხოლოდ ერთი, ვიწრო ზოლი (ინდოლური N-H, 3280 სმ<sup>-1</sup>), ხოლო მე-11a და 13a ნაერთების იწ-სპექტრების ამ უბანში შეიმჩნევა ფართო ზოლები 3140–3180სმ<sup>-1</sup> (3) და 3120–3200სმ<sup>-1</sup> (5), რაც ამიდური და ამინური ჯგუფების არსებობით არის განპირობებული.

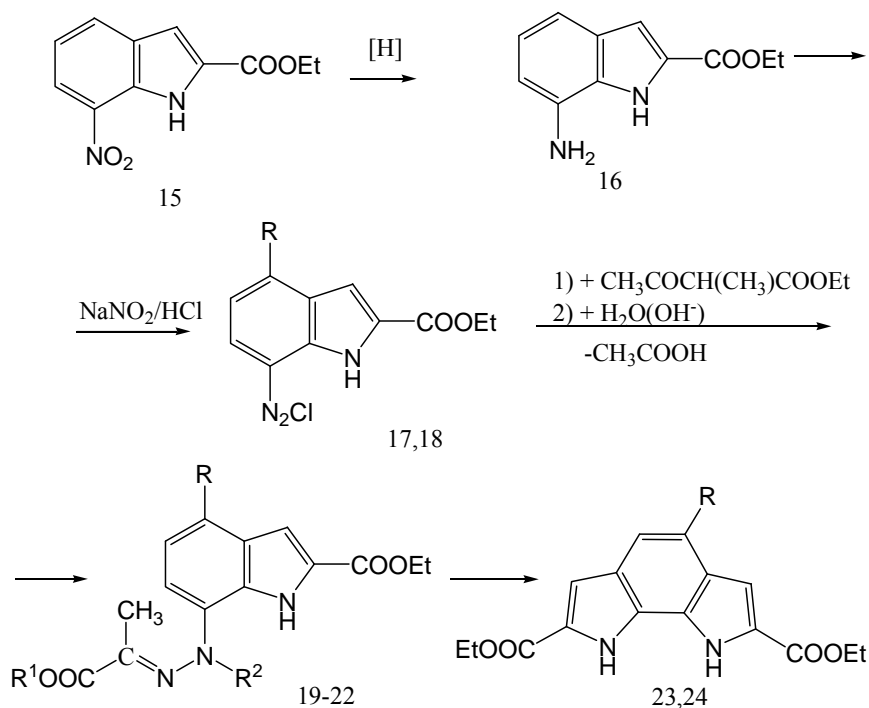
ბის-ქლორპირიდაზინოინდოლილოქსიდის (12a) <sup>1</sup>H ბმრ სპექტრი (ნახ.1) შეიცავს NH ჯგუფის ერთ სინგლეთურ სიგნალს (12,77 მ.წ.), პირიდაზინონის CH პროტონების ასევე ერთ სინგლეთურ სიგნალს (8,69 მ.წ.) და ბენზოლის ბირთვის 9H, 7H, 6H, პროტონების სიგნალებს შესაბამისად ორი დუბლეთის – 7,82 (9H, J<sub>79</sub>=1,89 ჰც) და 7,63 (6H, J<sub>67</sub>=8,83 ჰც), აგრეთვე, ერთი ორმაგი დუბლეთის 7,30 მ.წ. (7H, J<sub>79</sub>=1,89; J<sub>67</sub>=8,83 ჰც) სახით.



ციკლიზაციით ე. ფიშერის რეაქციის მიხედვით [41–43] და პიროლის მეორე ბირთვის მიშენება ინდოლის [44–46], ან ინდოლინის [47,48] ბირთვებზე. ეს საკითხები ვრცლად არის განხილული მიმოხილვაში [37].

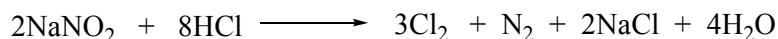
2,7-დიეთოქსიკარბონილ-1H,8H-პიროლო[3,2-g]ინდოლის (23) სინთეზში მეორე პიროლის ბირთვი აგებულ იქნა 2-ეთოქსიკარბონილ-7-ამინოინდოლის (16) საფუძველზე ე.ფიშერის რეაქციის მოდიფიცირებული სქემის მიხედვით [37,44–46] სქემა 1.3. ინდოელმა ავტორებმა [44] შუალედური პიროყურძნის მჟავას ეთილესტერის 2-ეთოქსიკარბონილინდოლ-7-ილჰიდრაზონის (19) სინთეზის პირველ საფეხურზე 2-ეთოქსიკარბონილ-7-ამინოინდოლის (16) დიაზოტირებისათვის გამოიყენეს  $\text{NaNO}_2 / 50\% \text{HCl}$ ,  $0^\circ\text{C}$ . ჩვენ შევამჩნიეთ [45,46], რომ ამ პირობებში სარეაქციო ნარევი 5 საათის შემდეგაც კი დიდი რაოდენობით შეიცავს საწყის ამინს 16, რომლის სრული გარდაქმა ხდება მხოლოდ  $45^\circ\text{C}$  პირობებში, რასაც ახლავს მნიშვნელოვანი შეფისვა. მომდევნო საფეხურების ჩატარების შემდეგ ჩვენ გამოვყავით არა ჰიდრაზონი 19, არამედ სამი ქლორშემცველი ნაერთი 20–22 საერთო გამოსავლიანობით 25%.

სქემა 1.3



ვინაიდან სქემის შემდგომ ორ საფეხურებზე არ არის გამოყენებული ქლორშემცველი რეაქტივები, გამოითქვა მოსაზრება, რომ 2-ეთოქსიკარბონილ-7-ამინოინდოლის (16) ქლორირება მიმდინარეობს ქლორით, რომელიც წარმოიქმნება *in situ* ნიტრიტ-იონის ურთიერთქმედებისას ჭარბ მარილმჟავასთან (სქემა 1.4) და, რომ ეს არის ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქცია [45,46].

სქემა 1.4

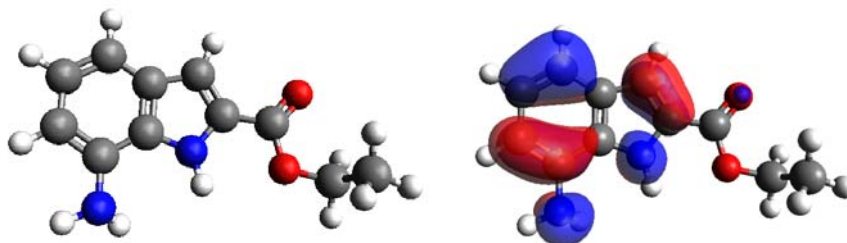


ეს მოსაზრება დასაბუთებულ იქნა ქვანტურ-ქიმიური გათვლებით [46], რომლებიც ჩატარებულია MNDO AM1 მეთოდით [49]. ამ გათვლების მიხედვით პროგნოზირებული ქლორის ატომის ალტერნატიული ორიენტაცია, ინდოლის ბირთვის მე-6 ნახშირბადატომთან ჩვენ უკუვადეთ 6–8 ჰიდრაზონების და ინდოლიზაციის პროდუქტის (24)  $^1\text{H}$  ბმრ სპექტრების მონაცემების საფუძველზე [45,46].

კომპიუტერული ტექნიკისა და პროგრამირების სწრაფი განვითარების ფონზე, მოცემული პრობლემის სიღრმისეული თეორიული შესწავლისათვის, შესაძლებელი გახდა ნახევრად ემპირიული AM1 მეთოდის ნაცვლად გამოგვეყენებინა თანამედროვე და გაცილებით უფრო სრულყოფილი სიმკვრივის ფუნქციონალის თეორიის – DFT (Density Functional Theory და პერტურბაციული (შემფოთების თეორიის) მეთოდები.

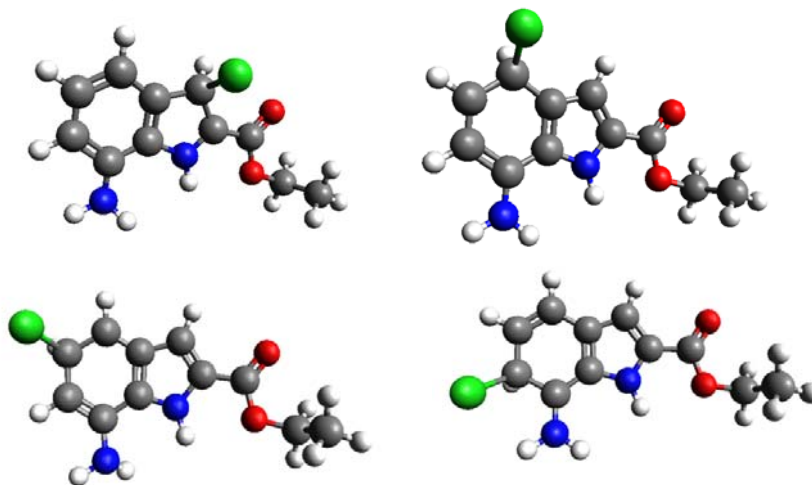
კვანტურ-ქიმიური გათვლები შესრულებულია Gaussian 09 პროგრამების პაკეტის გამოყენებით [50]. გეომეტრიის ოპტიმიზირებისათვის გამოყენებული იქნა ჰიბრიდული DFT მეთოდი B3LYP [51] და ბაზისური ფუნქციების ნაკრები 6-31G(d). DFT მეთოდით გამოთვლილი სტრუქტურების ენერგია განსაზღვრული იქნა SCS-MP2 მეთოდისა [52] და 6-311G(d,p) ბაზისური ფუნქციების ნაკრების გამოყენებით (როგორც აირად ფაზაში, ასევე წყლის არეში CPCM მეთოდისა და UAKS მოდელის [53] გამოყენებით) და შეიცავს B3LYP მეთოდით გამოთვლილ ნულოვანი მდგომარეობის ენერგიას (ZPE). მოლეკულური ორბიტალების სქემატური გამოსახულებები მოწოდებულია პროგრამა Avogadro 1.0-ის გამოყენებით [54]. მოლეკულური ორბიტალები გამოთვლილია MP2/6-311G(d,p) დონეზე.

7-ამინო-2-ეთოქსიკარბონილ-1H-ინდოლის (16) უმაღლესი შევსებული ორბიტალის (HOMO) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ყველაზე მაღალი ორბიტალური კოეფიციენტი აქვს ინდოლის ბირთვის მე-4 მდგომარეობაში მყოფ ნახშირბადის ატომს, რაც ამ ატომზე ყველაზე მაღალ  $\pi$ -ელექტრონულ სიმკვრივეზე მიუთითებს. (სურათი 1.1.).



**სურათი 1.1** 7-ამინო-2-ეთოქსიკარბონილ-1H-ინდოლის (16) სტრუქტურა [B3LYP/6-31G(d)] და HOMO ორბიტალი [MP2/6-311G(d,p)].

მოცემულ სისტემაში  $\text{Cl}^-$ -იონით ელექტროფილური არომატული ჩანაცვლების რეგიოსელექტიურობის შეფასების მიზნით გამოთვლილი იქნა ელექტროფილისადმი სწრაფვის ( $E_{\alpha}$ ) ( $E_{\alpha} = [\text{Eარომატული ნაერთი} + \text{Eელექტროფილი}] - \text{Eარენიუმის იონი}$ ) [55] მნიშვნელობები 7-ამინო-2-ეთოქსიკარბონილ-1H-ინდოლისათვის (16) 3-, 4-, 5- და 6-ქლორჩანაცვლებული კომპლექსების წარმოქმნით. მიღებული შედეგები – შესაბამისად – 211.1, 220.7, 201.8 და 218.4 კკალ/მოლი (195.6, 208.4, 183.3 და 204.1 კკალ/მოლი წყლის არეში) [SCS-MP2/6-311G(d,p)//B3LYP/6-31G(d)+ZPE] მიუთითებს 4-ქლორჩანაცვლებული ინდოლის წარმოქმნის ყველაზე მაღალ ალბათობაზე, რადგან 4-ქლორჩანაცვლებული  $\sigma$ -კომპლექსის წარმოქმნის შემთხვევაში არომატულ სისტემას ელექტროფილისადმი ყველაზე მაღალი სწრაფვა აქვს.

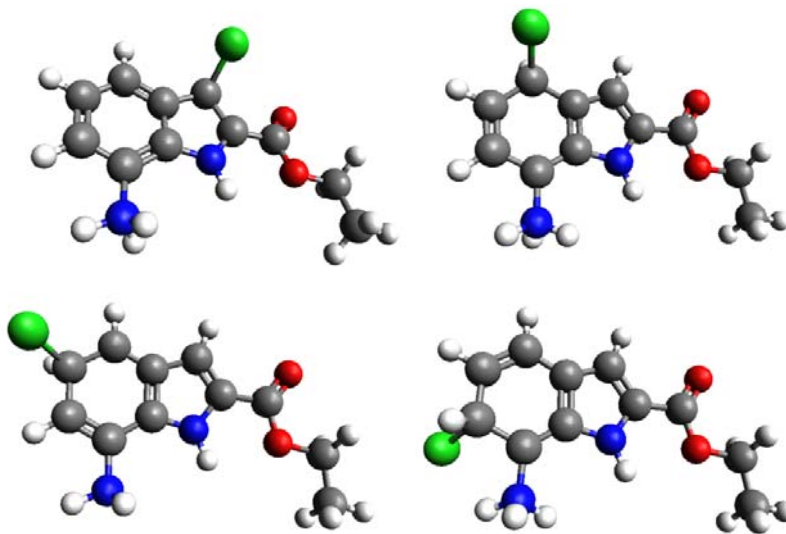


**სურათი 1.2.** 7-ამინო-2-ეთოქსიკარბონილ-1H-ინდოლის (16) 3-, 4-, 5- და 6-ქლორჩანაცვლებული  $\sigma$ -კომპლექსების სტრუქტურები [B3LYP/6-31G(d)].

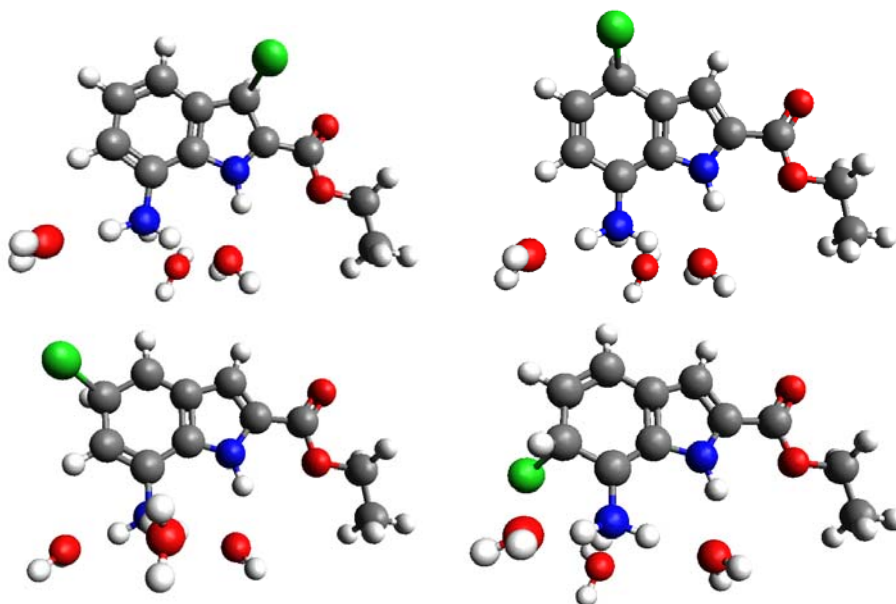
გამოთვლილი სტრუქტურების ანალიზიდან ჩანს რომ ამინოჩანაცვლებელი მხოლოდ 4- და 6-ქლორჩანაცვლებული  $\sigma$ -კომპლექსების შემთხვევაში ინდოლურ სისტემასთან სრულ შეუღლებაში (აზოტის ატომი  $sp^2$  ჰიბრიდულ მდგომარეობაშია), რაც განაპირობებს მათ სტაბილურობას (ორთო/პარა ეფექტი), შედეგად N-C ბმის სიგრძე ამ კომპლექსებში 1.33 Å-ია, ხოლო 7-ამინო-2-ეთოქსიკარბონილ-1H-ინდოლისა (16) და 3- და 5- ქლორჩანაცვლებული  $\sigma$ -კომპლექსების შემთხვევაში აზოტის ატომი ინარჩუნებს პირამიდულ მდგომარეობას და მხოლოდ ნაწილობრივად შეუღლებული ინდოლის ბირთვთან, N-C ბმის სიგრძე ამ სისტემებში 1.41, 1.37 და 1.39 Å-ია შესაბამისად.

ვინაიდან ქლორირების რეაქცია მიმდინარეობს კონცენტრირებული მარილმჟავას არეში, საჭიროდ მივიჩნით გათვლები ჩაგვეტარებინა პროტონირებული ამინოჯგუფის შემცველ ინდოლურ სისტემაზეც. ამ შემთხვევაში ელექტროფილისადმი სწრაფვის მნიშვნელობები პროტონირებული 7-ამინო-2-ეთოქსიკარბონილ-1H-ინდოლისათვის, 3-, 4-, 5- და 6-ქლორჩანაცვლებული დიკატიონური  $\sigma$ -კომპლექსების წარმოქმნით, შესაბამისად ტოლია 123.0, 104.8, 106.4 და 106.9 კკალ/მოლის (186.2, 171.0, 173.6, 168.7 კკალ/მოლი წყლის არეში) (სურათი 1.3. ა).

გათვლები ჩავატარეთ პროტონირებული ამინოინდოლის ტრიჰიდრატისათვისაც, სადაც პროტონირებული ამინო-ჯგუფი წყალბადური ბმებით დაკავშირებულია სამ მოლეკულა წყალთან (სურათი 3 ბ). ამ შემთხვევაში ამინო-ჯგუფის დადებითი მუხტი გადანაწილებულია წყლის მოლეკულებზეც და შედარებით სტაბილურს ხდის აირად ფაზაში გამოთვლილ ინდოლურ სისტემას. ამ სისტემის ელექტროფილისადმი სწრაფვის მაჩვენებელი 3-, 4-, 5- და 6-ქლორჩანაცვლებული დიკატიონური  $\sigma$ -კომპლექსების წარმოქმნისათვის, შესაბამისად 145.2, 129.5, 131.3 და 132.9 კკალ/მოლის ტოლია.



ა)



ბ)

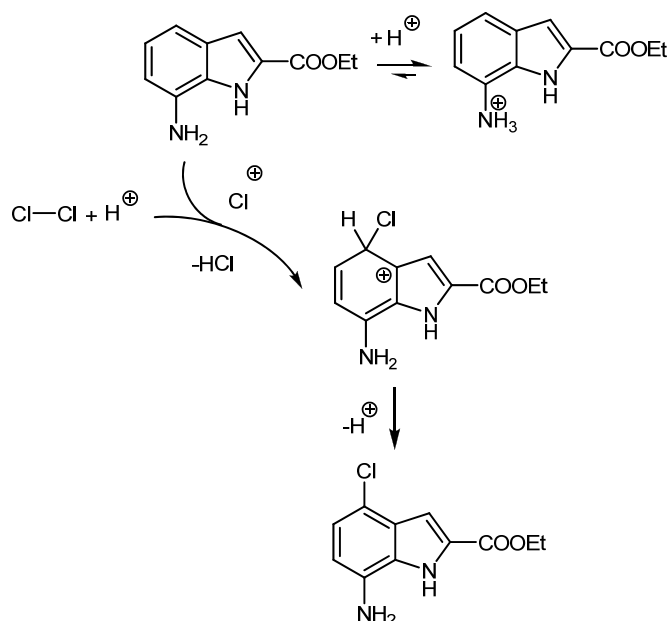
**სურათი 1.3.** 7-ამინო-2-ეთოქსიკარბონილ-1H-ინდოლის (16) 3-, 4-, 5- და 6-ქლორჩანაცვლებული დიკატიონური  $\sigma$ -კომპლექსების სტრუქტურები [B3LYP/6-31G(d)] ა) N-პროტონირებული ფორმა, ბ) N-პროტონირებული ფორმის ტრიპიდრატი.

ასევე შევაფასეთ შუალედური 7-ამინო-2-ეთოქსიკარბონილ-1H-ინდოლის (16) ნიტროზირების პროდუქტისა და დიაზონაწარმის (17) რეაქციისუნარიანობა და რეგიოსელექციურობა ქლორის კატიონის მიმართ. ნიტროზონაწარმის ელექტროფილისადმი სწრაფვის მაჩვენებელი 3-, 4-, 5- და 6-ქლორჩანაცვლებული  $\sigma$ -კომპლექსების წარმოქმნისათვის შესაბამისად 207.9, 206.7, 194.8 და 205.2 კკალ/მოლის ტოლია (191.4, 190.6, 178.4, 187.3 კკალ/მოლი წყლის არეში), დიაზოკატიონისთვის კი შესაბამისად – 109.9, 85.4, 87.8 და 86.7 კკალ/მოლის (183.3, 157.6, 163.0, 157.6 კკალ/მოლი წყლის არეში).

გამოთვლის შედეგებიდან ცხადია, რომ ინდოლური კატიონებისა (პროტონირებული ამინოჯგუფი, დიაზონაერთი) და ნიტროზირებული ამინისათვის ელექტროფილისადმი სწრაფვის მაჩვენებლები ქლორის კატიონის მიმართ გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე ნეიტრალური მოლეკულისა, ამასთან, ამ შემთხვევებში ინდოლური სისტემა უპირატესად 3-ქლორჩანაცვლებულ პროდუქტს უნდა იძლეოდეს, რაც წინააღმდეგობაში მოდის ექსპერიმენტულ მონაცემებთან. ნეიტრალური სისტემისათვის ჩატარებული გათვლების შედეგები კი თანხვედრაშია ექსპერიმენტულ მონაცემებთან და ადასტურებს, რომ მოცემულ სისტემაში  $\text{Cl}^+$ -კატიონის საშუალებით ელექტროფილური ჩანაცვლება ყველაზე სააღბათო მე-4 მდგომარეობაშია.

გათვლების საფუძველზე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ქლორირების რეაქცია მიმდინარეობს ნეიტრალურ ინდოლურ სისტემაში, რომელიც სარეაქციო არეში წონასწორობაშია პროტონირებულ ფორმასთან. ამ რეაქციის სავარაუდო მექანიზმი წარმოდგენილია სქემაზე 1.4.

(სქემა 1.4).



### 1.3. ექსპერიმენტული ნაწილი

ნაერთთა სისუფთავის კონტროლს, აგრეთვე R<sub>f</sub>-ის მნიშვნელობის განსაზღვრას ვაწარმოებდით სილიკაგელის ფირფიტებზე „Silufol UV-254“. ინფრაწითელი სპექტრები გადაღებულია ხელსაწყო „UR-20“-ზე ვაზელინის ზეთში და FTIR-სპექტრომეტრზე – „Termo Nicobet“, Avatar 370. ბმრ სპექტრები გადაღებულია სპექტრომეტრზე Bruker AM-400 (400 მჰც) დეიტერიუმულ დიმეთილსულფოქსიდში. მას სპექტრები გადაღებულია ხელსაწყოზე „VARIAN MAT 311A“.

**ბის(3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]-ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდი (11a).** 0,448გ (1 მმოლი) მე-9ა დიალდეჰიდის სუსპენზიას 40 მლ ძმარმჟავაში უმატებენ 0,2 გ (4 მმოლი) ჰიდრაზინჰიდრატს და ურევენ ოთახის ტემპერატურაზე 30 წუთის განმავლობაში. მიღებული ყვითელი ფერის სუსპენზიას ადუღებენ 1,5 საათის განმავლობაში. ფილტრავენ, რეცხავენ ცხელი ძმარმჟავით, შემდეგ წყლით და აშრობენ. გამოსავლიანობა 0,31 გ (81%). ასუფთავებენ დიმეთილფორმამიდიდან გადაკრისტალებით. უფერო კრისტალები, T<sub>დაშ.</sub> >344°C. ლიტერ. [40] მიხედვით, T<sub>დაშ.</sub> >345° C. იწ სპექტრი, ν, (ვაზელინის ზეთი): 3140 (NH), 3180 (NH ინდ); 1670 (C=O), 1640 სმ<sup>-1</sup> (C=N).

**ბის(3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]-ინდოლ-4-ონ-8-ილ)მეთანი (11b).** იღებენ ბის(3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]-ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდის(11a) ანალოგიურად 1 მმოლი მე-9ბ დიალდეჰიდისაგან. გამოსავლიანობა 78%. T<sub>დაშ.</sub> >364°C. ლიტერატურის [40] მიხედვით, T<sub>დაშ.</sub> >364° C.

**ბის(4-ქლორ-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-8-ილ)ოქსიდი(12a).** 0,384გ (1 მმოლი) ბის(3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდს (11a) აცივებენ 0° C-ზე და წვეთობით უმატებენ გაცივებულ POCl<sub>3</sub>-ს. ადუღებენ 5 საათის განმავლობაში. მიღებული ყვითელი ფერის ხსნარიდან აორთქლებენ ჭარბ POCl<sub>3</sub>-ს, უმატებენ ~50 მლ ეთერს და ურევენ 30 წუთის განმავლობაში. შემდეგ აშრობენ ეთერს, უმატებენ 30 მლ წყალს და ანეიტრალებენ ამონიუმის ტუტით. წარმოქმნილ ნალექს ფილტრავენ, რეცხავენ წყლით ნეიტრალურ რეაქციამდე და აშრობენ. ღებულობენ ყვითელი ფერის კრისტალებს. გამოსავლიანობა 0,34გ (83%). ასუფთავებენ დიმეთილფორმამიდიდან გადაკრისტალებით. T<sub>დაშ.</sub> >341°C. იწ სპექტრი, ν, (KBr): 3280 (NH ინდ.); 1651 სმ<sup>-1</sup> (C=N). ნაპოვნია %: C 57,03; H 2,39; N 20,39; Cl 16,42; (M-HCl)<sup>+</sup> 384/386. C<sub>20</sub>H<sub>10</sub>N<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>O. გამოთვლილია %: C 57,03; H 2,39; N 19,95; Cl 16,83; M 421,24.

**ბის(4-ქლორ-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-8-ილ)მეთანი (12b).** იღებენ ბის(4-ქლორ-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]-ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდის (12a) ანალოგიურად 1 მმოლი ბის(3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]-ინდოლ-4-ონ-8-ილ)მეთანისაგან (11b). გამოსავლიანობა 79 %. ყვითელი ფერის კრისტალები. T<sub>დაშ.</sub> > 330°C. იწ. სპექტრი, ν, სმ<sup>-1</sup>, (KBr): 3193 (NH), 1646 (C=N), 2985 (არომატ CH). <sup>13</sup>C ბმრ სპექტრი (D<sub>6</sub>-დიმეთილსულფოქსიდი), δ, მმ.: 155,93; 137,79; 135,18; 133,50; 132,03; 128,66; 121,21; 121,00; 117,55; 113,24; 41,55. ნაპოვნია %: C 60,29; H 3,08; N 19,78; Cl 16,54. (M-Cl)<sup>+</sup> 382/384. C<sub>21</sub>H<sub>12</sub>N<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>. გამოთვლილია %: C 60,16; H 2,88; N 20,04; Cl 16,91. M 419,27



**ბის(4-ჰიდრაზინო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-8-ილ)ოქსიდი(13a).** 0,14 გ (0,32 მმოლი) მე-12a ნივთიერების სუსპენზიას 0,46 გ (8 მმოლი) ჰიდრაზინჰიდრატსა და 10 მლ ეთილენგლიკოლში აცხელებენ 120°C-ზე 2 საათის განმავლობაში. მიღებულ სუსპენზიას ფილტრავენ, რეცხავენ წყლით, აშრობენ. მიიღება 0,1 გ (88%), აკრისტალეზენ დიმეთილფორმამიდიდან. რეცხავენ წყლით, შემდეგ სპირტით, ეთერით და აშრობენ. უფერო კრისტალები.  $T_{\text{ფაზ.}} > 220^{\circ}\text{C}$ . იწ-სპექტრი,  $\nu$ , (ვაზელინის ზეთი): 3120–3200 (NH); 1650  $\text{cm}^{-1}$  (C=N). ბაილშტაინის სინჯი ქლორის შემცველობაზე იძლევა უარყოფით შედეგს.

**ბის(4-ჰიდრაზინო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-8-ილ)მეთანი(13b).** იღებენ ბის(4-ჰიდრაზინო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-8-ილ)ოქსიდის (13a) ანალოგიურად 0,3 მმოლი ბის(4-ქლორ-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-8-ილ)მეთანისაგან (12b). გამოსავლიანობა 86%,  $T_{\text{ფაზ.}} > 228^{\circ}\text{C}$ , იწ-სპექტრი,  $\nu$ , (ვაზელინის ზეთი): 3110–3200 (NH); 1650  $\text{cm}^{-1}$  (C=N). ბაილშტაინის სინჯი ქლორის შემცველობაზე იძლევა უარყოფით შედეგს.

**ბის(3-დიმეთილამინომეთილ-3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]-ინდოლ-4-ონ-8-ილ)-ოქსიდი(14a).** 3 მლ დიმეთილამინის 33% წყალხსნარს (20 მმოლი) აცივებენ და მიმდევრობით უმატებენ 2 მლ ძმარმჟავას და 1,5 მლ 40% ფორმალინს (20 მმოლი). მიღებულ მანიხის კომპლექსს უმატებენ 0,192გ (0,5 მმოლი) ბის(3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდის (11a) ხსნარს 10 მლ ეთანოლში და აცხელებენ 85°C 2,5 საათის განმავლობაში. მიღებულ ხსნარს აცივებენ, ფილტრავენ და ანზავებენ ცივი 30% ნატრიუმის ტუტის ხსნარით pH 12-მდე. გამოყოფილ ნალექს ფილტრავენ, ფილტრზე რეცხავენ წყლით ნეიტრალურ რეაქციამდე და აშრობენ. მიიღება 0,21გ (84%) ქრომატოგრაფიულად სუფთა მანიხის ფუძე 14a, უფერო კრისტალები,  $T_{\text{ფაზ.}} > 234^{\circ}\text{C}$ . იწ-სპექტრი,  $\nu$ , (ვაზელინის ზეთი): 3120–3190 (NH); 1670 (C=O), 1630  $\text{cm}^{-1}$  (C=N).  $^1\text{H}$  ბმრ სპექტრი ( $D_6$ -დიმეთილსულფოქსიდი),  $\delta$ , მ.ნ.: 12,8 (2H,ს, NH); 8,70 (2H,ს, H-1); 7,82 (2H, დ, H-9); 7,65 (2H,დ., H-6); 7,32 (2H,დ.დ. H-7); 5,51 (4H,ს,  $\text{CH}_2$ -N); 2,42 (12H,ს,  $\text{CH}_3$ -N);  $J_{79}=1.6$ ;  $J_{67}=8.0$  ჰც.

**ბის(3-დიმეთილამინომეთილ-3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]-ინდოლ-4-ონ-8-ილ)-მეთანი(14b).** იღებენ ბის(3-დიმეთილამინომეთილ-3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]-ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდის (14a) ანალოგიურად 0,191გ (0,5 მმოლი) ბის(3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)მეთანისაგან (11 b). მიიღება 0,2გ (81%) ქრომატოგრაფიულად სუფთა მანიხის ფუძე 14b. უფერო კრისტალები,  $T_{\text{ფაზ.}} > 240^{\circ}\text{C}$ . იწ-სპექტრი,  $\nu$ , (ვაზელინის ზეთი): 3120–3200 (NH); 1680 (C=O), 1650  $\text{cm}^{-1}$  (C=N).  $^1\text{H}$  ბმრ სპექტრი ( $D_6$ -დიმეთილსულფოქსიდი),  $\delta$ , მ.ნ.: 12,7 (2H,ს, NH); 8,70 (2H,ს, H-1); 8,06 (2H,ფ.ს, H-9); 7,54 (2H,დ.დ, H-7); 7,41 (2H,დ. H-6); 5,03 (4H,ს,  $\text{CH}_2$ -N); 4,26 (2H,ს,  $\text{CH}_2$ ); 2,34 (12H,ს,  $\text{CH}_3$ -N);  $J_{79}=1.8$ ;  $J_{67}=8.4$  ჰც.

### დასკვნები

- 2,2'-დიეთოქსიკარბონილ-3,3'-დიფორმილ-ბის(5-ინდოლილ)ოქსიდის და 2,2'-დიეთოქსიკარბონილ-3,3'-დიფორმილ-ბის(5-ინდოლილ)მეთანის ურთიერთქმედებით ჰიდრაზინჰიდრატთან შესაბამისად მიღებულია ბის(3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდი და (3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)მეთანი, რომელთა დუღებით  $\text{POCl}_3$ -თან მიღებულია შესაბამისი დიქლორნაწარმები.
- შესწავლილია ბის(4-ქლორ-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-8-ილ)ოქსიდის და ბის(4-ქლორ-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-8-ილ)მეთანის ურთიერთქმედების რეაქცია ჰიდრაზინჰიდრატთან; ნაჩვენებია, რომ ორივე ქლორის ატომის ჰიდრაზინული ჯგუფებით ჩანაცვლებისათვის საუკეთესო პირობებია რეაგენტების დუღება ეთილენგლიკოლში. მიღებულია ეფექტური წნევის დამწევი პრეპარატის – აპრესინის ბისინდოლური ანალოგები – ბის(4-ჰიდრაზინო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-8-ილ)ოქსიდი და ბის(4-ჰიდრაზინო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-8-ილ)მეთანი.
- შესწავლილია ბის(3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)ოქსიდისა და (3,4-დიჰიდრო-5H-პირიდაზინო[4,5-ბ]ინდოლ-4-ონ-8-ილ)მეთანის მანიხის მიხედვით ამინომეთილირების რეაქციები; ნაჩვენებია, რომ ორივე შემთხვევაში ჩანაცვლება მიმდინარეობს ჰიდრაზიდულ ჯგუფში.
- შესწავლილია 7-ამინო-2-ეთოქსიკარბონილ-1H-ინდოლის დიაზოტირების პროცესში მიმდინარე უჩვეულო ქლორირების რეაქციის კვანტურ-ქიმიური პარამეტრები. Gaussian 09 პროგრამების პაკეტის გამოყენებით გამოთვლილია ელექტრონული და ენერგეტიკული მახასიათებლები,

აგრეთვე ელექტროფილისადმი სწრაფვის მნიშვნელობები ნეიტრალური და პროტონირებული ამინის, ნიტროზამინისა და დიაზონაერთისაგან წარმოქმნილი ალტერნატიული  $\sigma$ -კომპლექსებისათვის; ნაჩვენებია, რომ ჩანაცვლების უპირატესი მიმართულებაა, ინდოლის ბირთვის მე-4 ნახშირბადატომი, რაც სრულად შეესაბამება ექსპერიმენტის მონაცემებს.

#### გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Teruhisa Tsuchimoto, Hiromichi Matsubayashi, Masayoshi Kaneko, Eiji Shirakawa, and Yusuke Kawakami. Synthetic Methods Easy Access to Aryl- and Heteroaryl-Annulated[a]carbazoles by the Indium-Catalyzed Reaction of 2-Arylindoles with Propargyl Ethers. *Angew. Chem.*, 2005, Vol. 117, pp.1360–1364.
2. Trost B.M. and Frederiksen M.U. Palladium-Catalyzed Asymmetric Allylation of Prochiral Nucleophiles: Synthesis of 3-Allyl- 3-Aryl Oxindoles. *Angew. Chem.*, 2005, Vol. 117, pp. 312–314.
3. Rataboul F., Zapf A., Jackstell R., Harkal S., Riermeier Th., Monsees A., Dingerdissen U. and Beller M. New Ligands for a General Palladium-Catalyzed Amination of Aryl and Heteroaryl Chlorides. *Chem. Eur. J.*, 2004, Vol.10, pp. 2983–2990.
4. Antilla J.C., Klapars A. and Buchwald S.L. The Copper-Catalyzed N-Arylation of Indoles. *J. Am. Chem. Soc.*, 2002, Vol. 124, # 39, pp. 11684-11688.
5. Lira R. and Wolfe J.P. Palladium-Catalyzed Synthesis of N-Aryl-2-benzylindolines via Tandem Arylation of 2-Allylaniline: Control of Selectivity through in Situ Catalyst Modification. *J. Am. Chem. Soc.*, 2004, Vol. 126, № 43, pp.13906-13907.
6. Wagaw S., Yang B. H. and Buchwald S.L. A Palladium-Catalyzed Method for the Preparation of Indoles via the Fischer Indole Synthesis. *J. Am. Chem. Soc.*, 1999, Vol. 121, № 44, pp.10251-10263.
7. Bandini M., Cozzi P. G., Melchiorre P. and Umani-Ronchi A. InBr<sub>3</sub>-Catalyzed Friedel-Crafts Addition of Indoles to Chiral Aromatic Epoxides: A Facile Route to Enantiopure Indolyl Derivatives. *J. Org. Chem.*, 2002, Vol. 67, № 15, pp.5386-5389.
8. Prieto M., Zurita E., Rosa E., Munoz L., Lloyd-Williams P. and Giralt E. Arylboronic Acids and Arylpinacolboronate Esters in Suzuki Coupling Reactions Involving Indoles. Partner Role Swapping and Heterocycle Protection. *J. Org. Chem.*, 2004, Vol. 69, № 20, pp. 6812-6820.
9. Menes-Arzate M., Martí 'nez R., Cruz-Almanza R., Muchowski J.M., Osornio Y.M. and Miranda L.D. Efficient, "Tin-Free" Radical Cyclization to Aromatic Systems. Synthesis of 5,6,8,9,10,11-Hexahydroindolo[2,1-a]isoquinolines. *J. Org. Chem.*, Vol. 69, № 11, 2004, pp.4001-4004.
10. Engler Th.A., Meduna S. P., LaTessa K.O., and Chai W. Lewis Acid-Promoted Reactions of Styrenyl Systems with Benzoquinone Bisimines: New Regioselective Syntheses of Substituted 2-Aryl-2,3-dihydroindoles and 2-Arylindoles. *J. Org. Chem.*, 1996, Vol. 61, № 24, pp. 8598-8603.
11. Engler Th.A., Chai W. and LaTessa K.O. Lewis Acid-Controlled Regioselectivity in Reactions of Styrenyl Systems with Benzoquinone Monoimides: New Regioselective Syntheses of Substituted 2-Aryl-2,3-dihydrobenzofurans, 2-Aryl-2,3-dihydroindoles, and 2-Arylindoles. *J. Org. Chem.*, 1996, Vol. 61, № 26, pp. 9297-9308.
12. Samsoniya Sh.A., Chikvaidze I.Sh., Narindoshvili T.G. and Suvorov N.N. Indole Derivatives.141. Synthesis and Investigation of New 2-Arylindoles. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, 2001, Vol. 37, № 7, pp. 827-833.
13. Chikvaidze I.Sh., Samsoniya Sh.A. Narindoshvili T.G. Indole Derivatives.142. Some Properties of [4-(2-Indolyl)phenyl]-phenylmethane and 1-[4-(2-Indolyl)phenyl]-2-phenylethane. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, 2004, Vol. 40, № 4, pp. 430-435.
14. Denmark S.E. and Baird J.D. Palladium-Catalyzed Cross-Coupling Reactions of 2-Indolyldimethylsilanols with Substituted Aryl Halides. *Org. Lett.*, Vol. 6, № 20, 2004, pp. 3649-3652.
15. Park Ch.H., Ryabova V., Seregin I.V., Sromek A.W. and Gevorgyan V. Palladium-Catalyzed Arylation and Heteroarylation of Indolizines. *Org. Lett.*, 2004, Vol. 6, № 7, pp. 1159-1152.
16. Gogrichiani E. O., Katsadze E. A., Gavtadze N. G., Samsoniya Sh. A., and Dürr H. Indole Derivatives. 143. Synthesis of Photochromic Derivatives of 2-arylindoles. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, 2004, Vol. 40, № 10, pp. 1271-1278.

17. Hymphrey G.R., Kueth J.T., Practical Methodologies for the Synthesis of Indoles. Chem. Rev., 2006, Vol. 106, pp. 2875-2911.
18. Campo J., Garcia-Valverde M., Marcaccini S., Rojo M.J., Torroba T. Synthesis of indole derivatives via isocyanides. Org. Biomol. Chem., 2006, № 4, pp. 757-765.
19. Velezheva V.S., Brennan P.J., Marshakov V.Yu., Gusev D.V., Lisichkina I.N., Peregudov A.S., Tchernousova L.Tch., Smirnova T.G., Andreevskaya S.N., Medvedev A.E. Novel Pyridazino[4,3-*b*]indoles with Dual Inhibitory Activity against *Mycobacterium tuberculosis* and Monoamine Oxidase. J. Med. Chem., 2004, Vol. 47, pp. 3455-3461.
20. Bodwell G.J., Li J., Jiang. Concise Synthesis and Transannular Inverse Electron Demand Diels-Alder Reaction of [3](3,6)Pyridazino[3](1,3)indolophane. Rapid Access to a Pentacyclic Indoloid System. Org. Lett., 2002, Vol. 4, № 1, pp. 127-130.
21. El-Kashef Hussein, Farghaly Abdelrahman A. H., Floriani Stephan, Haider Norbert. Synthesis of 3-azaharman and other new azacarbolines of the pyridazino[4,5-*b*]indole type. ARKIVOC (Gainesville, FL, United States), 2003, №14, pp. 198-209.
22. Dajka-Halasz B., Monsieurs K., Elias O., Karolyhazy L., Tapolcsanyi P., Maes B.U.W., Riedl Z., Hajos G., Dommissie R.A., Lemiere G.L.F., Kosmrlj J., Matyus P. Synthesis of 5H-pyridazino[4,5-*b*]indoles and their Benzfurane analogues utilizing an Intramolecular Hecktype reaction. Tetrahedron, 2004, Vol. 60, № 10, pp. 2283-2291.
23. Gonzalez-Gomez J.C., Uriarte E. A convenient preparation of 4-carboxamide derivatives of pyridazino[4,5-*b*]indoles and pyridazino[4,5-*b*]benzo[*b*]furans. Synlett, 2002, Vol. 12, pp. 2095-2097.
24. Palluotto F., Campagna F., Carotti A., Ferappi M., Rosato A., Vitali C. Synthesis and antibacterial activity of pyridazino[4,3-*b*]indole-4-carboxylic acids carrying different substituents at N-2. Farmaco, 2002, Vol. 57, № 1, pp. 63-69.
25. Krajsovsky G., Matyus P., Riedl Z., Csanyi D., Hajos G. New synthetic approach to pyridazino[4,5-*b*]indoles by Pd(0)-catalyzed cross-coupling reaction. Heterocycles, 2001, Vol. 55, № 6, pp. 1105-1111.
26. El-Gendy, A.A., El-Banna H.A. Synthesis and antihypertensive activity of certain Mannich bases of 2-ethoxycarbonylindoles and 5H-pyridazino[4,5-*b*]indoles. Archives of Pharmacal Research, 2001, Vol. 24, № 1, pp. 21-26.
27. Kurumi M., Sasaki K., Takata H., Nakayama T. Synthesis and chemiluminescent activity of pyridazino[4,5-*b*]indole-1,4(2H,3H)-diones. Heterocycles, 2000, Vol. 53, № 12, pp. 2809-2819.
28. Абеле Э., Абеле Р., Дзените О., Лукевиц Э. Индольные и изатиновые оксимы: синтез, реакции и биологическая активность (обзор). ХГС, 2003, #1, с. 5-37.
29. Таргамадзе Н.Л., Самсония Н.Ш., Чикваидзе И.Ш., Эсакия Н.А., Самсония Ш.А. Синтез некоторых дигидразонов и диоксимов в ряду бис(5-индолил)оксида и бис(5-индолил)метана. Georgian Engineering News, 2003, № 3, pp. 139-140.
30. El-Gendy A.A., El-Banna H.A. Synthesis and Antihypertensive activity of certain Mannich bases of 2-ethoxycarbonylindoles and 5H-pyridazino[4,5-*b*]indoles. Arch. Pharm. Research, 2002, Vol. 24, № 1, pp. 21-26.
31. Palluotto F., Campagna F., Carotti A. Synthesis and antibacterial activity of pyridazino[4,3-*b*]indole-4-carboxylic acids carrying different substituents at N-2. Farmaco, 2002, Vol. 57, № 1, pp. 63-69.
32. Самсония Ш.А., Дюрр Г., Трапаидзе М.В., Чхаидзе Э.Р., Гогричиани Э.О. Бисиндолы. Синтез новой спироциклической фотохромной системы. ХГС, 2001, № 10, с. 1423-1425
33. Самсония Ш.А., Трапаидзе М.В., Мачаидзе Н.Н., Дюрр Г. Бисиндолы. 38. Синтез некоторых производных 1H,6H-индола[7,6-*g*]индола. ХГС, 2002, № 4, с. 461-464.
34. Samsoniya Sh.A., Trapaidze M.V., Maisuradze J.P., Makharashvili N.G., Japaridze K.G. [Bis(6-nitro-2H-chromene-2-spiro)-2',7']-1',3',3',6',8',8'-hexamethylindolino[7,6-*g*]indoline. Interbioscreen Monograph Series Selected Methods for Synthesis and Modification of Heterocycles, vol.3 "The Chemistry of synthetic indole systems" Edited by Prof. V.G. Kartsev, IBS press, 2004, p.546-547.
35. Samsoniya Sh.A., Trapaidze M.V. The chemistry of indoloindoles. Russian Chemical Reviews. 2007, 76(4), 313-326. ([www.uspkhim.ru](http://www.uspkhim.ru)), pp. 1817-5651  
Ш.А.Самсония, М.В.Трапаидзе. Химия индолиндолов. Успехи химии. 2007, 76(4), 348-361.

36. Самсония Ш.А., Трапаидзе М.В., Н.Н.Николеишвили, А.О.Вескет, У.Кацмаиер. Пирролоиндолы. Синтез новых спироциклических систем на базе бензо[е]пирроло[3,2-г]индола. ХГС, 2008, № 8.
37. Самсония Ш.А., Таргамадзе Н.Л., Суворов Н.Н. Химия пирролоиндолов – Успехи химии, 1994, т. 63, №10, с. 866-884;
38. Машковский М.Д. Лекарственные средства. Москва, Медицина”, 1984, т.1, с. 443–444.
39. Samsoniya Sh.A., Chikvaidze I.Sh., Ozdesh M. Pyrridazinoindoles, Synthesis and Properties. In: “Heterocyclic Compounds: Synthesis, Properties and Applications”. Editor: Kristian Nylund and Peder Johansson. Nova Science Publishers, New-York, 2010, pp. 147-170 ([www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=11450](http://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=11450)),
40. Самсония Н.Ш., Таргамадзе Н.Л., Мумладзе Э.А., Чикваидзе И.Ш., Самсония Ш.А. Синтез некоторых новых бис-пиридазиноиндолов. Georgian Engineering News, 2003, №3, pp. 137-138.
41. Ш. А. Самсония, Н. Л. Таргамадзе, Л. Г. Третьякова, Т. К. Ефимова, К. Ф. Турчин, И. М. Гвердцители, Н. Н. Суворов, ХГС, 938 (1977).
42. Самсония Ш. А., Н.Л. Таргамадзе Н.Л., Н.Н. Суворов Н.Н.. Синтез 1Н,7Н-пирроло[3,2-ф]индола. Интернациональный Журнал – Химия Гетероциклических Соединений, 1980, №6, с.849-850.
43. Самсония Ш.А., Д.О. Каджришвили Д.О., Н.Н. Суворов Н.Н. Синтез системы 3Н,6Н-пирроло[3,2-е]индола. Интернациональный Журнал – Химия Гетероциклических Соединений, 1981, №2, с.268-271.
44. AKatti H., Siddapa S., Ind. J. Chem., **22B**, 1983, p. 1205
45. Samsoniya Sh.A., Chikvaidze I.Sh., Gogrichiani E.O. “Unexpected Migration of Benzyl Group in N-Benzylindoles” – Khim. Geterotsikl. Soedin. (Russ), 1994, N8, p.1146-1147.
46. Chikvaidze I.Sh., Samsoniya Sh.A., Lomadze N.Sh., Targamadze N.L., Saliya Z.E. Pyrroloindoles. 18. An unexpected chlorination reaction during the synthesis of 2,7-diethoxycarbonyl-1H,8H-pyrrolo[3,2-g]indole. International Journal – Chemistry of Heterocyclic Compounds, 2000, v.36, №12, p.1421-1425.
47. Самсония Ш.А., Каджришвили Д.О., Гордеев Е.Н., Жигачев В.Е., Курковская Л.Н., Суворов Н.Н. Пирролоиндолы 6. Новый синтез 1Н,5Н-пирроло[2,3-ф]индола и 3Н,6Н-пирроло[3,2-е]индола. Интернациональный Журнал – Химия Гетероциклических Соединений, 1982, №4, с.504-507.
48. Самсония Ш.А., Чикваидзе И.Ш., Каджришвили Д.О., Таргамадзе Н.Л. Пирролоиндолы. 22. Оптимизация методов получения некоторых изомерных пирролоиндолов. Интернациональный Журнал – Химия Гетероциклических Соединений, 2010 (515), №5, с. 679-685.
49. Devar M.I., Zoelisch E.G., Healy E.F., Stewart J.P. J. Am. Chem. Soc., **107**, 3902 (1985);
50. Gaussian 09, Revision A.02, M.A.Fisch, G.W.Trucks, H.B.Schlegel, G.E.Scuseria, M.A.Robb, J.R.Cheeseman, G.Scalmani et all., Gaussia, Inc., Wallingford CT, 2009;
51. a) A.D.Becke, J. Chem. Phys.1993, **98**, 5648; b) C.Lee, W.Yang, R.G.Parr, Phys. Rev. B 1998, **37**, 745; c) S.H.Vosko, L.Wilk, M.Nusair, Can. J. Phys. 1980, **58**, 1200; d)P.J.Stephens, F.J.Devlin, C.F.Chabolowski, M.J.Frisch, J. Phys. Chem. 1994,**98**,11623;
52. Grimme S., J. Phys. Chem. 2003, **118**;
53. a) V.Barone, M.Cossi, J. Phys. Chem. A 1998, **102**, 1995; b) V.Barone, M.Cossi, J.Tomasi, J. Comput. Chem. 1998, **19**, 404; c) M.Cossi, N.Regga, G.Scalmani,V.Barone, J. Comput. Chem. 2003, **24**, 669; d) Y.Takano, K.N.Houk, J. Chem. Theory Comput. 2005, **1**, 70;
54. [http://avogadro.openmolecules.net/wiki/Main\\_Page](http://avogadro.openmolecules.net/wiki/Main_Page);
55. Koleva G., Galabov B., Wu J.I., Schaefer H.F., R.Schleyer P.v., J.Am.Chem.Soc. 2009, **131**, 14722;

## თავი 2

### კონდენსირებული ბისინდოლებისა და სპირონაერთების განყოფილება

სამეცნიერო ჯგუფის სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ჩვენს მიერ ადრე სინთეზირებული ჰეტეროციკლური სისტემების – იზომერული ინდოლოინდოლებისა და ბენზოპიროლოინდოლის – ახალი ნაწარმების მიღება მათი ბიოლოგიური აქტიურობისა და სხვა საინტერესო თვისებების

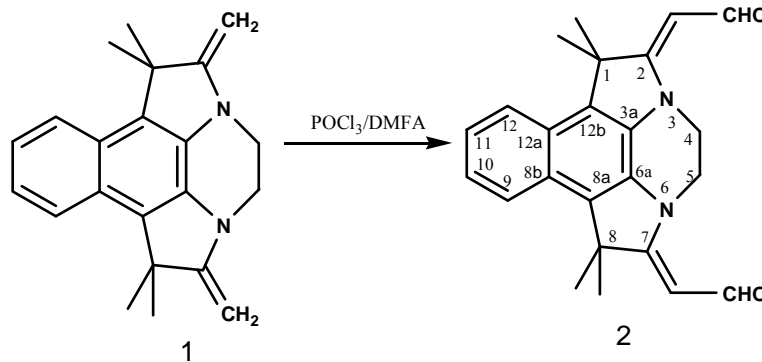
გამოვლენის მიზნით. ბენზოპიროლოინდოლის საფუძველზე ჩვენს მიერ სინთეზირებულია ასევე ჰეტეროციკლური სისტემა – დიპიროლობენზოქინოქსალინი, რომელიც შეიცავს ბიოლოგიური აქტიურობის მხრივ საინტერესო პიპერაზინის ფარმაკოფორულ ბირთვს. ამიტომ ამ სისტემის სხვადასხვა ნაწარმების სინთეზიც აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს, რომელიც განხორციელდა მიმდინარე საანგარიშო პერიოდში.

ვვარაუდობდით ჩვენს მიერ სინთეზირებული [1,2] ფიშერის ფუძის ბისანალოგების გარდაქმნების საფუძველზე მიღებული ნივთიერებების ახალი საინტერესო თვისებების გამოვლენას.

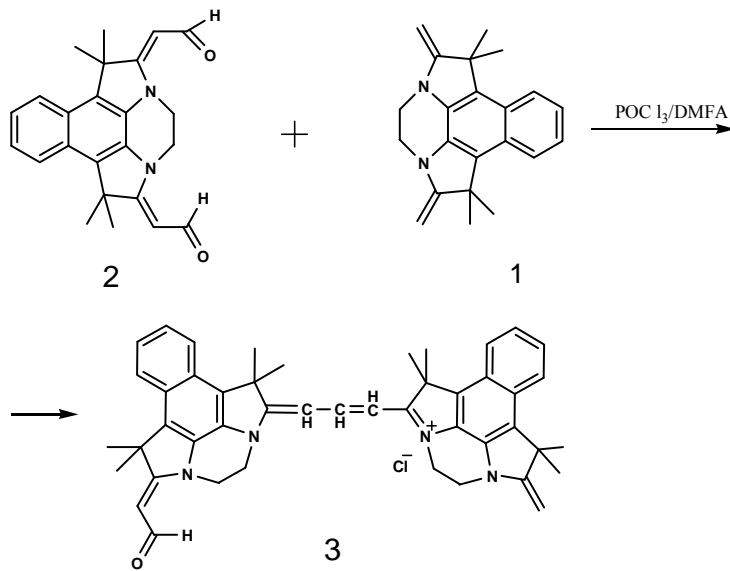
## 2.1. ტეტრაჰიდროტეტრამეთილდიმეთილენდიპიროლობენზოქინოქსალინის დიალდეჰიდის სინთეზი

წინა საანგარიშო პერიოდში განხორციელებული ტეტრაჰიდროტეტრამეთილდიმეთილენდიპიროლობენზოქინოქსალინის 1 ფორმილირების რეაქციის შედეგად გამოყოფილი იქნა ორი პროდუქტი. მიმდინარე პერიოდში ჩატარებულია სინთეზირებული პროდუქტების გამოკვლევა მათი სტრუქტურის დასადგენად. 35°C-ზე ფორმილირების რეაქციის შედეგად სინთეზირებული ნაერთის სპექტრული ანალიზის საფუძველზე (ინფრაწითელი, ულტრაიისფერი, ბმრ-1H, ბმრ-<sup>13</sup>C და მას-სპექტრები) დადგენილია, რომ ამ პირობებში მიიღება ეგზოციკლურ მეთილენის ჯგუფებში ალდეჰიდის ჯგუფების ელექტროფილური ჩანაცვლების პროდუქტი – 2',7'-ბის(ფორმილმეთილენ)-1',4',5',8'-ტეტრაჰიდრო-1',1',8',8'-ტეტრამეთილდიპიროლო[1,2,3-d,e:3,2,1-i,j]-ბენზო[გ]ქინოქსალინი (2) გამოსავლიანობით 58%. 60°C-ზე ჩატარებული ფორმილირების შედეგად გამოყოფილ იქნა ანომალური რეაქციის პროდუქტი. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ინდოლინების მეოთხეული მარილების ურთიერთქმედებით ალდეჰიდებთან წარმოიქმნება ციანინური საღებარები, რომლებიც ულტრაიისფერ სპექტრში იძლევიან მახასიათებელ შთანთქმის მაქსიმუმებს გრძელტალღიან უბანში. ასევე ცნობილია ინდოლინური ფიშერის ფუძისა და ფიშერის ალდეჰიდის ურთიერთქმედების რეაქცია, რის შედეგადაც მიიღება ციანინური სტრუქტურის ნაერთი. ამ მონაცემებზე დაყრდნობით ჩვენს მიერ მოწოდებულია სტრუქტურა 3, რომლის წარმოქმნა შეიძლება აიხსნას ფორმილირების რეაქციის დროს წარმოქმნილი დიფორმილნაწარმის ურთიერთქმედებით 60°C-ზე ფორმილირების რეაქციაში შეუსვლელ საწყის ფიშერის ფუძესთან.

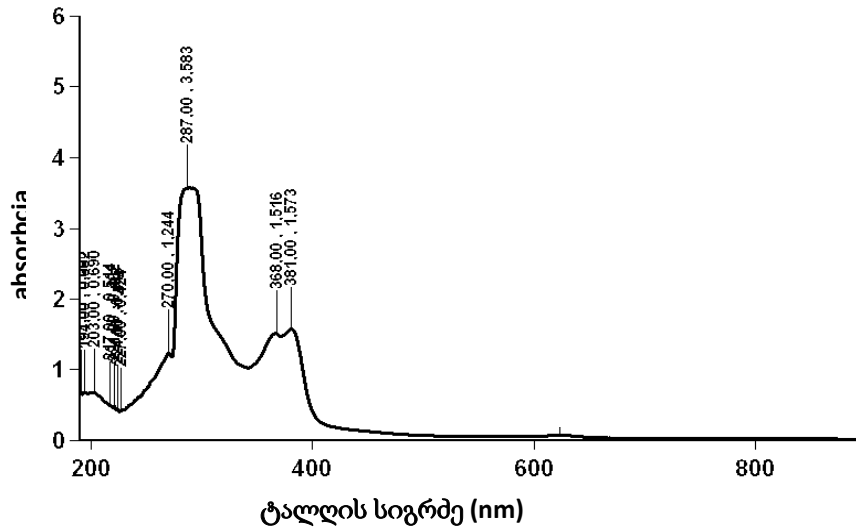
სქემა 1



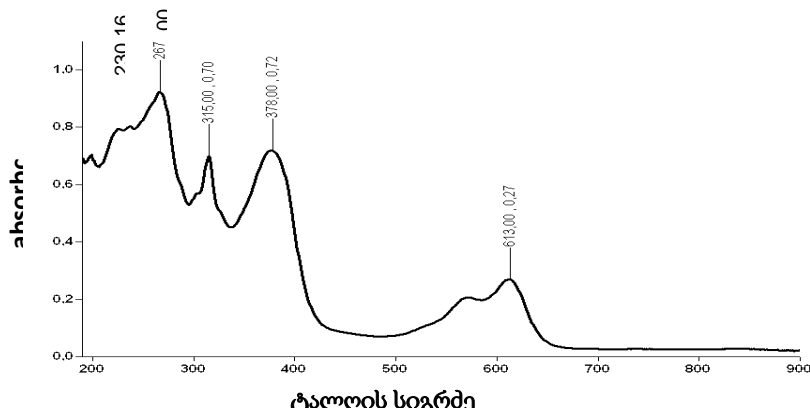
სქემა 2



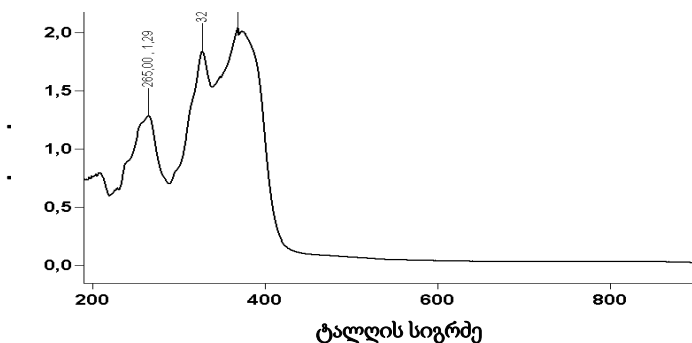
ნაერთი 3-ის სპექტრული მონაცემები(იწ, უი, ბმრ-1H და მას-სპექტრები) სრულ შესაბამისობაშია წარმოდგენილ სავარაუდო სტრუქტურასთან.



ნახაზი 2. ნაერთი 3-ის უი სპექტრი ეთახოლში



1 ნაერთის სხვადასხვა პირობებში ფორმირების რეაქციის შედეგად გამოყოფილი ორი პროდუქტის **2**, **3** უი სპექტრების შედარებისას საწყის ფიშერის ფუძის **1** უი სპექტრთან (ნახაზი 1) აღმოჩნდა, რომ 60°C-ზე ჩატარებული რეაქციის შედეგად გამოყოფილი პროდუქტის, ტრიმეთინური ციანინის **3**, უი სპექტრში ადგილი აქვს შთანთქმის მაქსიმუმების ბატოქრომულ გადანაცვლებას, ამასთან სპექტრში ჩნდება ორი ახალი ინტენსიური შთანთქმის მაქსიმუმი გრძელტალღიან უბანში 539 და 613 ნმ-ზე (ნახაზი 2). ხოლო 35 °C-ზე ჩატარებული რეაქციის პროდუქტის **2** უი სპექტრში გვაქვს მაქსიმუმები 265(1.29), 327.29(1.89) და 368(2.05) ნმ-ზე (ნახაზი 3).



### ნახაზი 3. ნაერთი 2-ის უი სპექტრი ეთანოლში

საინტერესო აღმოჩნდა დიმეთილენდიპიროლო[1,2,3-d,e:3,2,1-i,j]ბენზო[გ]ქინოქსალინის **1** 35 °C-ზე ჩატარებული ფორმირების რეაქციის შედეგად გამოყოფილი პროდუქტის **2** <sup>1</sup>H-ბმრ სპექტრი. მასში შეინიშნება შემდეგი სიგნალები: სუსტ ველში მჟღავნდება სხვადასხვა ინტენსიურობის ორი დუბლეტური სიგნალი 10.14 და 9.79 ველის მნ, რომელიც შეიძლება მივაკუთვნოთ ალდეჰიდის ჯგუფის პროტონებს. მაღალი ინტენსიურობის სიგნალის სპინ-სპინური ურთიერთქმედების კონსტანტა შეადგენს 8.8 ჰც, ხოლო დაბალი ინტენსიურობის სიგნალისათვის -7.2 ჰც. ეს სიგნალები მივაკუთვნეთ ალდეჰიდის ჯგუფის პროტონებს ბისალდეჰიდში **2**, რომელშიც სავარაუდოა =CH-CHO ჯგუფის პროტონების განლაგება იყოს ცის- ან ტრანს- მდგომარეობაში მოლეკულის სიბრტყის მიმართ. შესაბამისად წარმოიქმნება Z და E იზომერული ფორმების ნარევი. ეს დასტურდება ლიტერატურული მონაცემებითაც [3], რომლის მიხედვით 2-მეთილენინდოლინების მეთილენის ჯგუფში ჩანაცვლებული ნაერთები არსებობენ E და Z იზომერების ნარევის სახით 1:10 ან 4:1 თანაფარდობით.

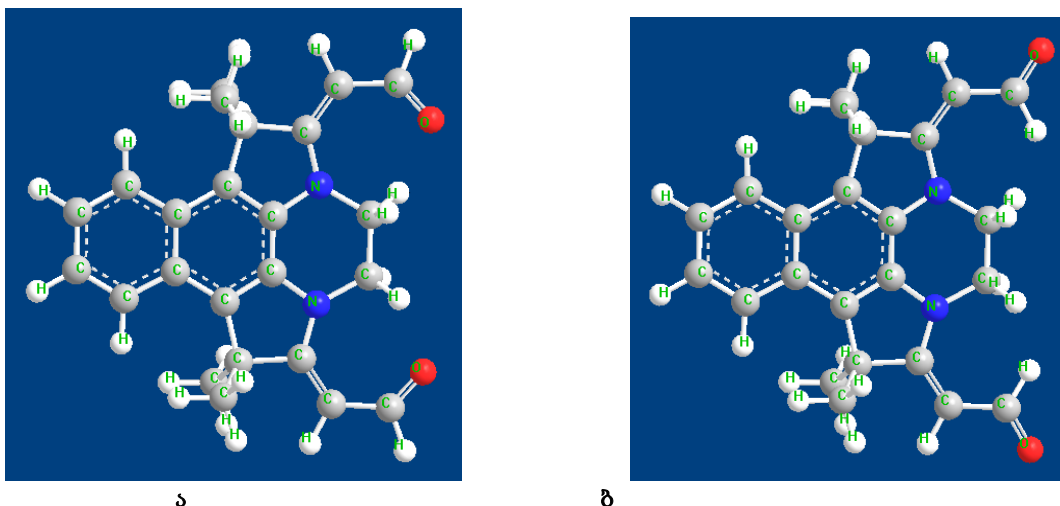
ამავე სპექტრში ალდეჰიდის ჯგუფთან შეუღლებული მეთილიდენის ჯგუფის =CH პროტონების შესაბამისი სიგნალებიც ვლინდება ასევე ორი სხვადასხვა ინტენსიურობის დუბლეტის სახით, ალდეჰიდის ჯგუფის პროტონის ანალოგიური სპინ-სპინური ურთიერთქმედების კონსტანტებით ველის 5.45(δ=8.8) და 4.54(δ=8.4)მნ უბანში. არომატული პროტონების უბანში სხვადასხვა ინტენსიურობის სიგნალები არ შეიმჩნევა. გვაქვს ორი დუბლეტ-დუბლეტური სიგნალი. ველის 8.06 და 7.37 მნ უბანში, შესაბამისად, ორთა და მეტა ურთიერთქმედების კონსტანტით  $J_{\text{m}}=8.0$  ჰც,  $J_{\text{m}}=4,5$  ჰც.

>N-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N< მეთილენური დაჯგუფებისა და -C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> მეთილის ჯგუფების პროტონების შესაბამისი სიგნალები ვლინდებიან სინგლეტების სახით ისევე, როგორც საწყის ფიშერის ფუძეში.

მიღებული პროდუქტის **2** იწ სპექტრში შეინიშნება შთანთქმის ზოლები: 1628(-CHO); 1581; 1535 (C=C)სმ<sup>-1</sup>, ხოლო უი სპექტრში კი - λ ნმ (lgε): 265(1.29); 327.29 (1.89); 368.27 (2.05).

აქედან გამომდინარე, 35°C-ზე ჩატარებული რეაქციის შედეგად წარმოქმნილი პროდუქტი წარმოადგენს ფიშერის ბისალდეჰიდს, სტრუქტურით **2**, რომელიც ხსნარში შეიძლება არსებობს Z და E იზომერების ნარევის სახით.

ამ ნაერთის სტრუქტურის მოლეკულური მოდელი, სადაც დაფიქსირებულ იქნა მეთილენფორმილური ჯგუფების Z და E კონფიგურაცია მოცემულია სურათზე 1.



სურ. 1. 2,7-დი(ფორმილმეთილიდენ)-1,4,5,8-ტეტრაპიდრო-1,1,8,8-ტეტრამეთილ-დიპიროლო[1,2,3-d,e:3,2,1-i,j]ბენზო[გ]ქინოქსალინის (2) იზომერული ფორმები: ა) Z იზომერი, ბ) E იზომერი

60°C-ზე ჩატარებული რეაქციისას გამოყოფილი პროდუქტის **3** <sup>1</sup>H-ბმრ სპექტრში შეინიშნება ალდეჰიდის ჯგუფის პროტონის შესაბამისი დუბლეტი ველის ყველაზე სუსტ უბანში (10.04 d). იგივე სპინ-სპინური ურთიერთქმედების კონსტანტის დუბლეტი მჟღავნდება 5.47 მნ უბანში, რაც მივაკუთვნეთ ალდეჰიდის ჯგუფთან შეუღლებული =CH-CHO პროტონს. ეგზოციკლური =CH<sub>2</sub>-ჯგუფის პროტონების სიგნალი მჟღავნდება გაფართოებული სინგლეტის სახით 4.04 მნ-ზე. ქინოქსალინის ბირთვის N-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N ჯგუფების სიგნალები ორი სხვადასხვა ბირთვისათვის მჟღავნდება ტრიპლეტების სახით და საწყისი ნაერთების ანალოგიურ სიგნალებთან შედარებით გადანაცვლებულია სუსტი ველის უბნებში.

ბენზოლის ბირთვების არომატული პროტონები მჟღავნდება მულტიპლეტური სიგნალების სახით 7.36-7.39; 7.24-7.27; 8.07-8.09 და 7.98-8.00 მნ უბნებში. ველის ძლიერ უბანში შეიმჩნევა მეთილის ჯგუფების პროტონების შესაბამისი სინგლეტური სიგნალები. საინტერესო იყო ციანინური ჯგუფის მახასიათებელი =CH-CH=CH- პროტონების სიგნალების დაფიქსირება სპექტრში. 2-მეთილენინდოლინისაგან წარმოქმნილი ანალოგიური ნაერთის მსგავსად [3], სპექტრში შეიმჩნევა დუბლეტური სიგნალები სპინ-სპინური ურთიერთქმედების კონსტანტებით (11-13 ჰც), რაც პროტონების განლაგების ტრანს-კონფიგურაციას შეესაბამება.

გადაღებულ იქნა ასევე ფიშერის ალდეჰიდის **2** <sup>13</sup>C-ბმრ სპექტრი, რომლის ინტერპრეტაცია მოხდა საწყისი შესაბამისი ფიშერის ფუძის **1** <sup>13</sup>C-ბმრ სპექტრებთან შედარებისას. დიფორმილნაწარმის **2** <sup>13</sup>C-ბმრ სპექტრში ვლინდება ფორმილის CHO, ჰემ-მეთილური (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, ეგზოციკლური =CH, N-CH<sub>3</sub> და N-CH<sub>2</sub> ჯგუფების ნახშირბადატომების სიგნალები. ასევე ვლინდება პიროლის ბირთვებისა და ბენზოლის ბირთვების მეოთხეული და მესამეული ნახშირბადატომების შესაბამისი სიგნალები.

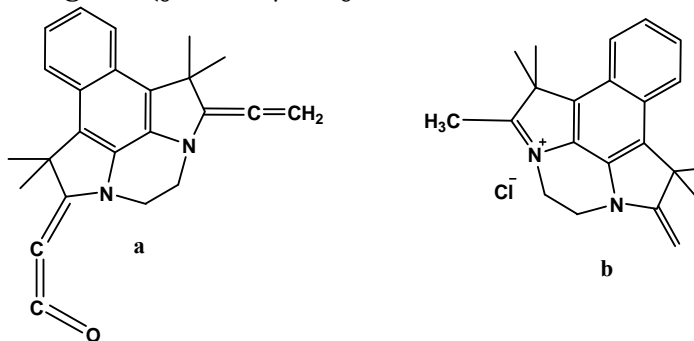
ნაერთის **2** მაღალი გარჩევადობის მას-სპექტრში დაფიქსირებულია მოლეკულური იონის პიკი, M<sup>+</sup> 372. 1838(100%).

ნაერთის **3** მას-სპექტრში მოლეკულური იონის პიკი არ ფიქსირდება. სპექტრში მაქსიმალური პიკის სახით მჟღავნდება ფრაგმენტული იონის პიკი მასით [M-317]<sup>+</sup>=354 (100%). ეს უკანასკნელი შეიძლება წარმოიქმნას ციანინური დიმერის დაშლით, CH<sub>α</sub>-CH<sub>β</sub> - როცა მოლეკულური იონისაგან იხლიჩება ფრაგმენტი **b** მასით 317 (9,6%). იგი შეესაბამება 1,1,2,8,8-პენტამეთილ-7-მეთილენ-დიპიროლო[1,2,3-d,e:3,2,1-i,j]ბენზო[გ]ქინოქსალინის იონს **b**, ხოლო დარჩენილი ფრაგმენტის **a** მდგრადობა, ალბათ, გამოწვეულია წარმოქმნილი სტრუქტურით **a**. მას-სპექტრის ეს მონაცემები არ ეწინააღმდეგება ჩვენს მიერ წარმოდგენილ სტრუქტურას **3** ნაერთისათვის.



მიღებული ციანინური ნაერთის **3** ინფრაწითელ სპექტრში შეინიშნება შთანთქმის ზოლი  $1565 \text{ სმ}^{-1}$  ( $>C=C<$ ) უბანში, ხოლო ულტრაიისფერ სპექტრში გვაქვს შთანთქმის მაქსიმუმები  $\lambda \text{ ნმ}(lg\epsilon)$ : 267(0.92); 315(0.7); 378(0.72); 539.5(0.21); 613(0.27).

წარმოდგენილი სპექტრების მონაცემები არ ეწინააღმდეგება ჩვენს ვარაუდს,  $60^\circ\text{C}$ -ზე ფორმირებისას ციანინური საღებარის **3** წარმოქმნას.



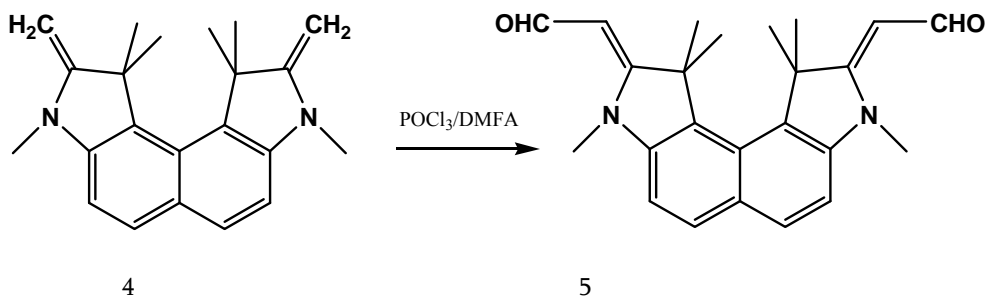
ამრიგად, დიმეთილენდიპიროლო[1,2,3-d,e:3,2,1-i,j]ბენზო[გ]ქინოქსალინის (1) ვილსმაიერის რეაქციის პირობებში ჩატარებული ფორმირების შედეგად ჩვენს მიერ გამოყოფილი და დახასიათებულ იქნა ორი პროდუქტი: დიფორმილნაწარმი - ფიშერის ალდეჰიდის ბის-ანალოგი **2** და რეაქციის ანომალური პროდუქტი **3**, რომელიც, სავარაუდოდ, მიიღება წარმოქმნილი დიფორმილნაწარმის **2** შემდგომი გარდაქმნის შედეგად, მოცემული რეაქციის პირობებში.

სამუშაოს შემდეგ ეტაპზე განხორციელებულია ადრე სინთეზირებული ფიშერის ფუძის მეორე იზომერული ბის-ანალოგის – ჰექსამეთილდიმეთილენინდოლინო[4,5-e]ინდოლინის **4** – გარდაქმნის რამდენიმე რეაქცია: ვილსმაიერის რეაქცია და ურთიერთქმედება არომატულ ალდეჰიდებთან.

## 2.2. $\omega,\omega'$ -დიფორმილ-1,3,3,6,8,8-ჰექსამეთილ-2,7-დიმეთილენინდოლინო[4,5-e]ინდოლინის სინთეზი – ვილსმაიერის რეაქცია

ვილსმაიერის რეაქცია ფიშერის ფუძის ბის-ანალოგთან **4** ჩატარებულ იქნა სუბსტრატისა და ვილსმაიერის კომპლექსის (დმფა და  $\text{POCl}_3$ ) მოლეკური თანაფარდობისას 1:5, **3** საათის განმავლობაში  $53^\circ\text{C}$ -ზე:

სქემა 3



პროდუქტი გამოყოფილი იქნა ვილსმაიერის კომპლექსთან წარმოქმნილი შუალედური ნაერთის ტუტით დამუშავების შედეგად, გამოყოფილი ნივთიერების ქრომატოგრაფიული ანალიზის ჩატარებისას მასში გამოსავალი ნივთიერების – ფიშერის ფუძის **4** ლაქა აღარ მყდვანდება. ე.ი. იგი მთლიანად შევიდა რეაქციაში ვილსმაიერის კომპლექსთან.

ამრიგად, ვილსმაიერის რეაქციის შედეგად მიღებულია ე.წ. ფიშერის ალდეჰიდის ბის-ანალოგი –  $\omega,\omega'$ -დიფორმილ-1,3,3,6,8,8-ჰექსამეთილ-2,7-დიმეთილენინდოლინო[4,5-e]ინდოლინი (**5**) და მისი სტრუქტურა დადგენილია სპექტრული მეთოდებით.

ბისალდეჰიდის **5** ინფრა-წითელ სპექტრში ქრება საწყისი ნივთიერების **4**  $>C=CH_2$  ჯგუფის მახასიათებელი შთანქმის ზოლი  $1643 \text{ სმ}^{-1}$  უბანში და ვლინდება შთანქმის ინტენსიური ზოლები

1604, 1558, 1519  $\text{cm}^{-1}$  უბნებში, რომლებიც მიეკუთვნება  $\text{>C=CH-CH=O}$  შეუღლებულ ორმაგი ბმების სისტემას.

შესწავლილ იქნა ნაერთი  $^5\text{H}$ -ბმრ სპექტრი. იგი შეესაბამება სიმეტრიულ მოლეკულას. სპექტრში გვხვდება სიგნალების ერთი წყება; ველის ყველაზე სუსტ უბანში, 9.90 მნ გვხვდება ალდეჰიდის ჯგუფის პროტონების შესაბამისი სიგნალი დუბლეტის სახით, რომელიც ურთიერთქმედებს ეგზოციკლური მეთილენური ჯგუფის  $=\text{CH-}$  პროტონებთან. ამ პროტონების სიგნალიც მჟღავნდება დუბლეტის სახით 5,25 მნ ალდეჰიდის ჯგუფის პროტონებთან ურთიერთქმედების შედეგად სპინ-სპინური ურთიერთქმედების კონსტანტით, 8.4 ჰც. სპექტრში ვლინდებიან ასევე ჰემ-მეთილური ჯგუფების (1.95s),  $\text{N-CH}_3$  (3,36s) ჯგუფების და არომატული ბირთვების პროტონების 8,00d (4-H); 7,34d (5-H) შესაბამისი სიგნალები ( $J_{4,5} = 8,8$  ჰც).

### 2.3. ფიშერის ფუძის ბის-ანალოგის ურთიერთქმედება არომატულ ალდეჰიდებთან

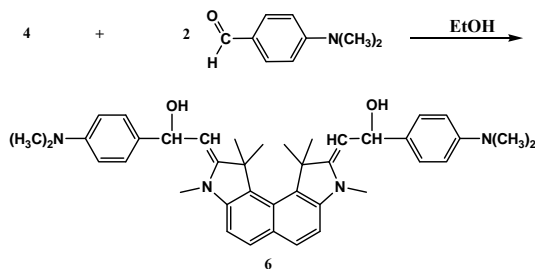
ინდოლური ნაერთების ქრომატოგრაფიული კონტროლის დროს გამოიყენება ე.წ. ერლიხის რეაქტივი, რომელიც მზადდება  $\beta$ -დიმეთილამინობენზალდეჰიდის ბაზაზე. ამ რეაქტივით ფიშერის ფუძის ბის-ანალოგის შესაბამისი ლაქის გამჟღავნებისას ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე გაცხელების შემდეგ წარმოიქმნება ინტენსიური ლურჯი შეფერილობის ლაქა. ეს იმას ნიშნავს, რომ ფიშერის ფუძის ბის-ანალოგი ურთიერთქმედებს  $\beta$ -დიმეთილამინობენზალდეჰიდთან შეფერილი ნაერთების წარმოქმნით.

კონდენსაციისათვის საწყის ალდეჰიდად ჩვენ შევარჩიეთ  $\beta$ -დიმეთილამინობენზალდეჰიდი. ფიშერის ფუძის ბის-ანალოგის **4** ურთიერთქმედება აღნიშნულ ალდეჰიდთან ჩავატარეთ სხვადასხვა პირობებში.

#### 2.3.1. 1,1,3,8,10,10-ჰექსამეთილ-2,9-დიმეთილენინდოლინო[4,5-ე]ინდოლინის ურთიერთქმედება პარადიმეთილამინობენზალდეჰიდთან სპირტის არეში

პირველ შემთხვევაში კონდენსაცია ჩატარებულ იქნა  $\beta$ -დიმეთილამინობენზალდეჰიდის სპირტხსნარზე ფიშერის ფუძის **4** სპირტხსნარის თანდათანობით დამატების პირობებში და სარეაქციო არის ცხელებით  $75-78^\circ\text{C}$ -ზე 2-სთ-ის განმავლობაში, რეაქციის მიმდინარეობისას სარეაქციო ხსნარი იღებს ინტენსიურ ლურჯ შეფერილობას. რეაქციის ქრომატოგრაფიული კონტროლის შედეგად 2 სთ-ის შემდეგ სარეაქციო არეში საწყისი ფიშერის ფუძის **4** შესაბამისი ლაქა აღარ მჟღავნდება. რეაქციის პროდუქტის გამოსაყოფად სპირტის აორთქლება მოვახდინეთ როტაციულ ამორთქლებელზე. დარჩენილი ფისოვანი მშრალი ნაშთიდან პროდუქტის გამოყოფა მოვახდინეთ დიეთილის ეთერის საშუალებით, წარმოიქმნება ლურჯი ფერის ფხვნილი, რომელიც კარგად იხსნება სპირტში, არ იხსნება წყალში და ორგანულ გამხსნელებში. მიმდინარე გარდაქმნის რეაქცია მოცემულია სქემაზე 4.

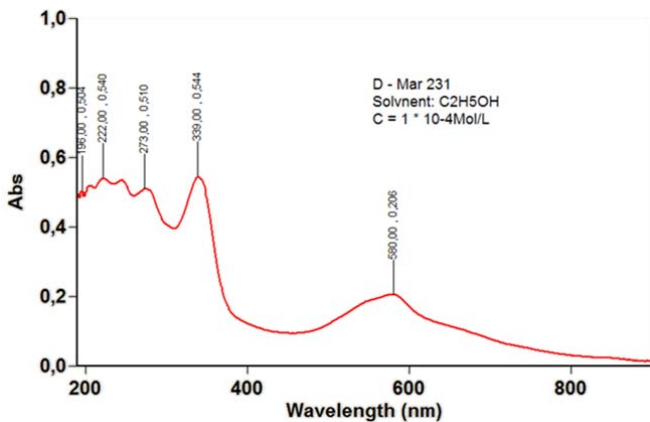
სქემა 4



გამოყოფილი **6** პროდუქტის სტრუქტურის დადგენის მიზნით გადაღებულ იქნა ი.წ. და უ.ი. სპექტრები.

ნაერთი **6** უ.ი სპექტრში საწყისი ფიშერის ფუძისაგან განსხვავებით ფიქსირდება საშუალო უნტენსიურობის შთანთქმის მაქსიმუმი გრძელტალღიან უბანში 580.00 (0.206) ნმ-ზე. ასევე ფიქსირდება შთანთქმის შემდეგი მაქსიმუმები: 339.00 (0.544); 273.00 (0.510); 222.00 (0.540); 196.00 (0.504) (ნახაზი 4).

ნაერთი **6**-ის ი.წ. სპექტრში ქრება საწყისი ფიშერის ფუძის მახასიათებელი შთანთქმის ზოლები 1643,1604,1527 სმ<sup>-1</sup> უბანში და ჩნდება შთანთქმის ახალი ზოლები 1689,1650 და 1596 სმ<sup>-1</sup> უბნებში (ნახაზი 2).

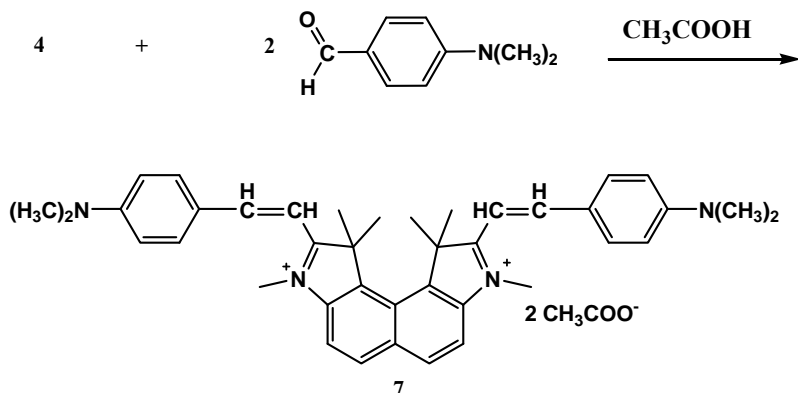


ნახაზი 4. ნაერთი 6-ის უი სპექტრი ეთილის სპირტში

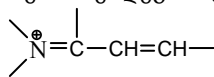
### 2.3.2. 1,1,3,8,10,10-ჰექსამეტილ-2,9-დიმეთილენინდოლინო[4,5-ე]ინდოლინის ურთიერთქმედება პარა-დიმეთილამინობენზალდეჰიდთან ძმარმჟავას არეში

ფიშერის ფუძის ბის-ანალოგის **4** კონდენსაცია პ-დიმეთილამინობენზალდეჰიდთან ჩავატარეთ ასევე ყინულოვან ძმარმჟავას არეში. ლიტერატურული მონაცემების [3] მიხედვით ამ შემთხვევაში უნდა მიგვეღო ნაერთი **6**-ის დეჰიდრატაციის შედეგად წარმოქმნილი პროდუქტი – კათიონური საღებავი მარილის სახით. უნდა აღინიშნოს რომ, საწყისი ნივთიერებების ხსნარების შერევისთანავე ადგილი ჰქონდა სარეაქციო არის ფერის მკვეთრ ცვლილებას. წარმოიქმნა ძალიან ღამაზი, იასამნის-ფერ-ჟოლოსფერი ხსნარი, რომელიც ცხელების პროცესში თანდათან ინტენსიური გახდა. რეაქცია მიმდინარეობდა 95–97° C-ზე 2 სთ-ის განმავლობაში. სარეაქციო არე დავაყოვნეთ 48 საათი, მაგრამ ნალექი არ გამოიყო, პროდუქტის გამოსაყოფად ძმარმჟავა ავაორთქლეთ როტაციულ ამორთქლებელზე, დარჩენილი მასა რამდენჯერმე გამოვაშრეთ აბსოლუტური ბენზოლით, დარჩენილი ფისოვანი მასა ძალიან კარგად იხსნება წყალში და სპირტში, იგი არ იხსნება ორგანულ გამხსნელებში. ფისოვანი მასიდან ფხვნილის გამოყოფა მოვახდინეთ აბსოლუტური სპირტისა და ეთერის საშუალებით. მიიღება **7** პროდუქტი მუქი იასამნისფერი ფხვნილის სახით. რეაქციის სქემა შემდეგაირად გამოისახება:

სქემა 5

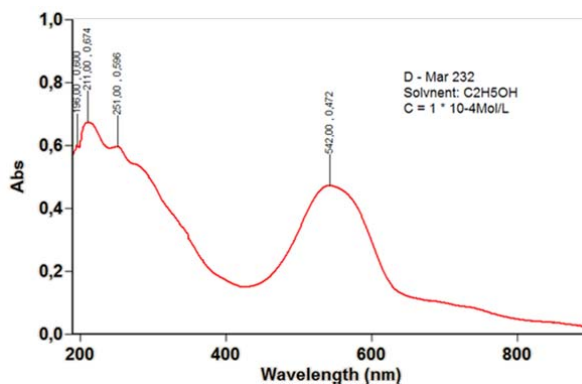


ნაერთი 7-თვის შევისწავლეთ ასევე ი.წ და უ.ი სპექტრები. ნაერთი 7-ის ინფრაწითელ სპექტრში მჟგავნდება შთანთქმის შემდეგი ზოლები: 1535 და 1573  $\text{cm}^{-1}$  უბანში, რომლებიც შეიძლება მივაკუთვნოთ მოლეკულაში არსებული ზმების შემდეგ სისტემას



გარდა ამისა სპექტრში გვხვდება მეოთხეული აზოტის ატომისათვის მახასიათებელი რხევის სიხშირის შესაბამისი შთანთქმის ზოლი 2330  $\text{cm}^{-1}$  უბანში და შთანთქმის ორი ზოლი 3185.98; 3378.84 უბანში.

გამოყოფილი მარილის 7 უ.ი სპექტრში შეინიშნება შთანთქმის ინტენსიური მაქსიმუმი 542.00 (0.472) ნმ-ზე და იგი ნაერთი 6-ისაგან განსხვავებით გადაწეულია შედარებით მოკლელტალღოვან უბანში (ჰიპსოქრომული გადანაცვლება). სპექტრი დანარჩენ უბანში განსხვავებით ნაერთი 6-ისგან ნაკლებად სტრუქტურირებულია (ნახაზი 5).



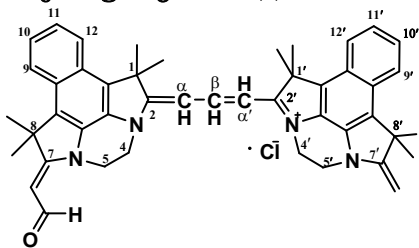
ნახაზი 5. ნაერთი 7-ის უი სპექტრი ეთილის სპირტში.

#### 2.4. ექსპერიმენტული ნაწილი

**2,7-დი(ფორმილმეთილიდენ)-1,4,5,8-ტეტრაჰიდრო-1,1,8,8-ტეტრამეთილიდიპიროლო[1,2,3-d,e:3,2,1-i,j]ბენზო[გ]ქინოქსალინი (2).** 5 მლ (45 მმოლი) დიმეთილფორმამიდს აცივებენ  $-5^{\circ}\text{C}$ -მდე, უმატებენ 1.3 მლ (1.5 მმოლი)  $\text{POCl}_3$ , ურევენ ოთახის ტემპურაზე 40 წთ-ის განმავლობაში. წარმოიქმნება ყვითელი ფერის კომპლექსი. ისევ აცივებენ  $-5^{\circ}\text{C}$ -მდე და წვეთწვეთობით უმატებენ 0.1გ (0.28 მმოლი) ფიშერის ფუძის 1 ხსნარს 4 მლ დიმეთილფორმამიდში და ურევენ. ხსნარის მთლიანად დამატების შემდეგ აცხელებენ  $35-36^{\circ}\text{C}$ მდე. 2 საათის შემდეგ სარეაქციო არეში საწყისი ფიშერის ფუძე 1 აღარ რჩება. სარეაქციო ხსნარი არის მოყვითალო-წითელი ფერის. სარეაქციო მასა გადააქვთ გამაცივებელ ნარევიში, უმატებენ 10%-იან  $\text{NaOH}$ -ის ხსნარს (pH 14-მდე), გამოიყოფა ყავისფერი ნალექი. აყოვნებენ ერთი ღამით, ფილტრავენ, რეცხავენ ნეიტრალურ რეაქციამდე და აშრობენ. აკრისტალევენ აბს. სპირტში, მიიღება ყავისფერი კრისტალები. გამოსავლიანობა 0.07გ (67%).  $T_{\text{დამ}} > 300^{\circ}\text{C}$ ,  $R_f = 0.6$

(სპირტი-ამიაკი, 10:1). იწ სპექტრი (ვაზელინის ზეთი)  $\nu(\text{სმ}^{-1})$ : 1628(-CHO); 1581, 1535 (C=C). უი სპექტრი (ეთანოლი),  $\lambda_{\text{max}} \text{ნმ}(lg\epsilon)$ : 265 (1.29); 327,29(1.84); 368,27(2.05).  $^1\text{H}$ -ბმრ სპექტრი (DMSO- $d_6$ )  $\delta(\text{მმ})$ , J,  $\zeta$ : (E-იზომერისათვის) 5.45 (2H, d, =CH-ეგზოციკლ), 1.92 (12H, s, C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), 4.03 (4H, s, N-CH<sub>2</sub>), 8.07 (2H, dd, 9-H), 8.37 (2H, dd, 10-H), 10.02 (2H, d, -CHO),  $J_{9,10}=6.8$ ;  $J_{9,11}=3.6$ ,  $J_{\text{CH-CHO}}=8.8$ . (Z-იზომერისათვის): 5.44 (2H, d, =CH- ეგზოციკლ.), 1.64 (12H, s, C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), 4.03 (4H, s, N-CH<sub>2</sub>), 8.07 (2H, dd, 9-H), 8.37 (2H, dd, 10-H), 9.79 (2H, d, -CHO),  $J_{\text{CH-CHO}} = 7.2$ ;  $J_{9,10} = 6.8$ ;  $J_{9,11} = 3.6$ .  $^{13}\text{C}$ -ბმრ სპექტრი (DMSO- $d_6$ ),  $\delta(\text{მმ})$ : 147.03 (CHO), 27.93 (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 99.87(=CH- ეგზოციკლ.), 53.49 (N-(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-N), 52.93 (C-1 = C-8), 123.87 (C-12b=C-8a), 185.07(C-2 = C-7), 126.86 (C-3a=C-6a), 125.59 (C-8b=C-12a), 123.68 (C-10=C-11), 123.14(C-9=C-12). მას-სპექტრი (70 EV), m/z (I<sub>ფარდ</sub>, %) ნაპოვნია: M<sup>+</sup> 372. 1838 (100), გამოთვლილია %: M=372 . C<sub>24</sub>H<sub>24</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

### ტრიმეთილური ციანინი (3)



0.5 მლ (4.5 მმოლი) დიმეთილფორმამიდს აცივებენ  $-5^{\circ}\text{C}$ -მდე, უმატებენ 0.15 მლ (1.5 მმოლი) POCl<sub>3</sub>, ურევენ ოთახის ტემპერატურაზე 40წთ-ის განმავლობაში. წარმოიქმნება ყვითელი ფერის კომპლექსი. ისევ აცივებენ  $-5^{\circ}\text{C}$ -მდე, წვეთწვეთობით უმატებენ 0.1გ (0.28 მმოლი) ფიშერის ფუძის 1 ხსნარს 4 მლ დიმეთილფორმამიდში და ურევენ. ხსნარის მთლიანად დამატების შემდეგ აცხელებენ  $40^{\circ}\text{C}$ -ზე 30 წთ და  $60^{\circ}\text{C}$ -მდე 2 სთ-ის განმავლობაში. ხსნარი დასაწყისში არის მოყვითალო-წითელი,  $60^{\circ}\text{C}$ -ზე გადადის ლურჯ ფერში. სარეაქციო მასა გადააქვთ ყინულიან წყალში, ამატებენ 10%-იან NaOH-ის ხსნარს (pH 14-მდე), გამოიყოფა ლურჯი ფერის ნალექი. აყოვნებენ ერთი ღამით, ფილტრავენ, რეცხავენ ნეიტრალურ რეაქციაში, აშრობენ. მიიღება ინტენსიური ლურჯი შეფერილობის კრისტალები. გამოსავლიანობა 0.081გ (42%).  $T_{\text{დაშ}} > 300^{\circ}\text{C}$ -ზე.  $R_f$  0.56 (ეთანოლი-ამიაკი, 10:1).

იწ სპექტრი (ვაზელინის ზეთი),  $\nu(\text{სმ}^{-1})$ : 1623 (CHO), 1532, 1565, ( $>\text{C}=\text{C}<$ ). უი სპექტრი (ეთანოლი)  $\lambda_{\text{max}}$  ნმ (lg  $\epsilon$ ): 267 (0.92); 315 (0.7); 378( 0.72); 539.5 (0.21); 613 (0.27).  $^1\text{H}$ -ბმრ სპექტრი (DMSO- $d_6$ )  $\delta(\text{მმ})$ , J,  $\zeta$ : 4.04 (2H, br s, =CH<sub>2</sub>), 10.04 (1H, d, CHO), 5.47 (1H, d, =CH- მეთილიდენის), 6.35 (1H, d,  $\beta$ -H), 5.73 (1H, d,  $\alpha$ -H), 5.46 (1H, d,  $\alpha'$ -H), 1.93 (12H, s, CH<sub>3</sub>-1-თან, CH<sub>3</sub>-8-თან), 1.58 (6H, s, CH<sub>3</sub>-8'-თან), 1.65 (3H, s, CH<sub>3</sub>-1'-თან). 7.98-8.00 (2H, 9-H,12-H), 7.24-7.27 (2H, 10-H,11-H), 8.07-8.09 (2H, 9'-H,12'-H), 7.36-7.39 (2H, 10'-H,11'-H);  $J_{\text{CH-CHO}}=8.8$ ,  $J_{\text{CH}_2\text{CH}_2}=1.6$ ,  $J_{\beta\alpha}=14.4$ ,  $J_{\alpha\beta}=11.2$ ,  $J_{\alpha'\beta'}=13.2$ .

**ა,ა'-დიფორმილ-1,1,3,8,10,10-ჰექსამეთილ-2,9-დიმეთილენ-ინდოლინო[4,5-*e*]ინდოლინი (5).**  $-3^{\circ}\text{C}$ -მდე გაცივებულ დიმეთილფორმამიდს წვეთ-წვეთობით უმატებენ 0,2 მლ(2,3 მმოლი) ფოსფორის ქლორჟანგს (POCl<sub>3</sub>). ურევენ 40 წთ განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე. მიღებულ ხსნარს აცივებენ  $-3^{\circ}\text{C}$ -ზე და უმატებენ 40 მგ (0,125 მმოლი) ფიშერის ფუძის 4 ხსნარს 5 მლ დიმეთილფორმამიდში. ურევენ  $60^{\circ}\text{C}$ -ზე 2-სთ განმავლობაში. სარეაქციო მასას ასხამენ 20 მლ ცივ წყალში. მიღებულ სუსპენზიას უმატებენ NaOH-ის ხსნარს (5გ NaOH, 20 მლ H<sub>2</sub>O). აყოვნებენ 12 სთ. გამოყოფილ ნალექს ფილტრავენ, რეცხავენ წყლით ნეიტრალურ რეაქციაში და აშრობენ. გამოსავლიანობა 0,03გ (65%).  $T_{\text{დაშლ.}} > 300^{\circ}\text{C}$ . იწ. სპექტრი,  $\nu$ ,  $\text{სმ}^{-1}$  (ვაზელინის ზეთი): 1619, 1565, 1272, 1095, 1041, 918, 810, 725, 563. ქრომატოგრამაზე საწყისი ფიშერის ფუძე აღარ ჩანს.  $^1\text{H}$ -ბმრ სპექტრი (DMSO- $d_6$ )  $\delta(\text{მმ})$ , J,  $\zeta$ : 5.25 (2H, d, =CH-ეგზოციკლ), 1.95 (12H, s, C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), 3.36 (6H, s, N-CH<sub>3</sub>), 8.00 (2H, d, Ar-H), 7.43(2H, d, Ar-H), 9.90 (2H, d, -CHO),  $J_{4,5}=8.8$ ;  $J_{\text{CH-CHO}}=8.4$ . მას-სპექტრი (70 EV), m/z (I<sub>ფარდ</sub>, %) ნაპოვნია: M<sup>+</sup> 374. 1994 (100),

გამოთვლილია%: M = 374. C<sub>24</sub>H<sub>26</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

**დიკარბინოლი (6)** 0.224 გ (1.5 მმოლი) 3-დიმეთილამინობენზალდეჰიდის ხსნარს 2 მლ ეთილის სპირტში წვეთ-წვეთობით უმატებენ 0.159 გ (0.5 მმოლი) 1,1,3,8,10,10-ჰექსამეთილ-2,9-დიმეთილენინდოლინო[4,5-*e*]ინდოლინის(4) ხსნარს 35 მლ ეთილის სპირტში. ხსნარების შერევისთანავე სარეაქციო არე ლურჯად იფერება, აცხელებენ მუდმივი მორევის პირობებში  $75-78^{\circ}\text{C}$ -ზე 1.5 საათის განმავლობაში, მიღებულ ლურჯი შეფერილობის ხსნარს ტოვებენ 24 საათის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე. სარეაქციო სუსპენზიას ფილტრავენ, მიიღება მცირე რაოდენობის ლურჯი ფერის ნალექი. ფილტრატიდან როტაციულ ამორთქლებელზე აორთქლებენ

ეთილის სპირტს, დარჩენილ ფისოვან მასას აშრობენ აბს. ბენზოლით. მიღებული ფისოვანი მასიდან ახდენენ ნალექის გამოყოფას აბს. ეთერით. წარმოქმნილ ნალექს ფილტრავენ, რეცხავენ რამდენჯერმე ეთერით, აშრობენ. მიიღება ლურჯი ფერის ფხვნილი. გამოსავლიანობა 0.073გ (23.7%). მიღებული ნივთიერება იხსნება სპირტში, ხსნარი არის ინტენსიური ლურჯი ფერის. იგი არ იხსნება: ბენზოლში და ეთერში. არ იხსნება წყალში, იხსნება ძმარმჟავაში ძალიან კარგად, ხსნარს აქვს ჟოლოსფერი. გამოყოფილი პროდუქტის ქრომატოგრაფირებისას სილუფოლის ფირფიტაზე მასში საწყისი პროდუქტების მინარევები არ შეიმჩნევა.  $T_{დამ. > 300^{\circ}C}$ . ი.წ. სპექტრი,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$  (ვაზელინის ზეთი): 1689, 1650 და 1596  $cm^{-1}$  (C=C). უ.ი. სპექტრი, (C=0,08მგ/მლ),  $\lambda_{max}$  ნმ (Ige) (ეთანოლი): 580.00 (0.206), 339.00 (0.544), 273.00 (0.510), 222.00 (0.540), 196.00 (0.504).

**2,9-დი(3-დიმეთილამინოსტირილ)-1,1,3,8,10,10-ჰექსამეთილინდოლინო[4,5-ე]ინდოლინის დიაცეტატი (7).** 0.22 გ (1.5 მმოლი) 3-დიმეთილამინობენზალდეჰიდის ხსნარს 2 მლ ეთილის სპირტში წვეთ-წვეთობით უმატებენ 0.154 გ (0.5 მმოლი) 1,1,3,8,10,10-ჰექსამეთილ-2,9-დიმეთილენ-ინდოლინო[4,5-ე]ინდოლინის (4) ხსნარს 14 მლ ყინულოვან ძმარმჟავაში. ხსნარების შერევისთანავე სარეაქციო არე ჟოლოსფრად იფერება, ურევენ 2 საათის განმავლობაში 95–97 °C-ზე. მიღებული ჟოლოსფერ ხსნარს ტოვებენ 48 სთ-ის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე, ნალექი არ გამოიყოფა. ხსნარს აცილებენ ძმარმჟავას როტაციულ ამორთქლებელზე, მიიღება იასამნისფერი ფისოვანი მასა, რომელიც იხსნება სპირტსა და წყალში, მიღებულ მშრალ მასას უმატებენ აბს. ეთერს და მცირე რაოდენობით ეთილის სპირტს. გამოყოფილ ნალექს ფილტრავენ, რეცხავენ ეთერით და აშრობენ. მიიღება მუქი იასამნისფერი ფხვნილი. გამოსავლიანობა 0.15გ (48%).  $T_{დამ. > 300^{\circ}C}$ . მიღებული ნივთიერება კარგად იხსნება სპირტში, სპირტიან წყალში. არ იხსნება ორგანულ გამხსნელებში. ი.წ. სპექტრი,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$  (ვაზელინის ზეთი); 1535, 1573 ( $>N=C-CH=CH-$ ), 2330 (მეოთხეული აზოტის ატომის), 3185.98; 3378.84 (არომატული C-H ბმების რხევები). უ.ი. სპექტრი, (C=0,08მგ/მლ),  $\lambda_{max}$  ნმ (Ige) (ეთანოლი): 542.00 (0.472), 251.00 (0.596), 211.00 (0.674) .

### დასკვნები

1. განხორციელებულია ფიშერის ფუძის ბისანალოგის – 1,4,5,8-ტეტრაჰიდრო-1,1,8,8-ტეტრამეთილ-2,7-დიმეთილენდიპიროლო[1,2,3-d,e:3,2,1-i,j]ბენზო[g]ქინოქსალინის ფორმილირების რეაქცია სხვადასხვა პირობებში. გამოყოფილია როგორც ფორმილირების ნორმალური პროდუქტი – შესაბამისი დიფორმილნაწარმი 2, ასევე ანომალური პროდუქტი – ტრიმეთინური ციანინი 3. დადგენილია მათი სტრუქტურა.
2. ჩატარებულია ფიშერის ფუძის იზომერული ბისანალოგის –1,1,3,8,10,10-ჰექსამეთილ-2,9-დიმეთილენ-ინდოლინო[4,5-ე]ინდოლინის ფორმილირება ვილსმაიერის რეაქციის პირობებში და მიღებულია შესაბამისი დიფორმილნაწარმი 5.
3. შესწავლილია 1,1,3,8,10,10-ჰექსამეთილ-2,9-დიმეთილენ-ინდოლინო[4,5-ე]ინდოლინის კონდენსაციის რეაქცია 3-დიმეთილამინობენზალდეჰიდთან სხვადასხვა პირობებში: კონდენსაციის ჩატარებისას ეთილის სპირტის არეში გამოყოფილია კონდენსაციის შუალედური პროდუქტი– დიკარბინოლი 6.
4. ყინულოვან ძმარმჟავაში კონდენსაციის ჩატარების შედეგად გამოყოფილია კათიონური მეთინური საღებავის ბისანალოგი – 2,9-დი(3-დიმეთილამინოსტირილ)-1,1,3,8,10,10-ჰექსამეთილ-ინდოლინო[4,5-ე]ინდოლინის დიაცეტატი (7).

### გამოყენებული ლიტერატურა

1. Ш.А. Самсония, М.В. Трапаидзе, Н.Н. Николеишвили, К.Г. Джапаридзе, Дж.П. Майсурадзе, У. Кацмайер. Бисиндолы 42. Синтез новой бисспиропирановой системы на основе индола[4,5-е]индола. ХГС, 2010, № 8, с. 1255-1259.
2. Самсония Ш.А., Трапаидзе М.В., Николеишвили Н.Н. Джапаридзе К.Г., Майсурадзе Дж.П., Кацмайер У. Новые конденсированные индолиновые бисспиропираны. Интернациональный журнал - Химия Гетероциклических Соединений, 2011, № 9, с. 1336-1344 . Sh.A.Samsoniya, M.V.Trapaidze, N.N. Nikoleishvili, K.G.Japaridze, J.P.Maisuradze, and U. Kazmaier. New condensed indoline bis-spiropyranes. Chemistry of Heterocyclic Compounds, 2011, Vol. 47, No. 9, p. 1098-1104.

3. Итоги науки и техники. Серия Органическая химия. 2-метилениндолиновые основания. Синтез и свойства . 1975. т.14, 126-с.

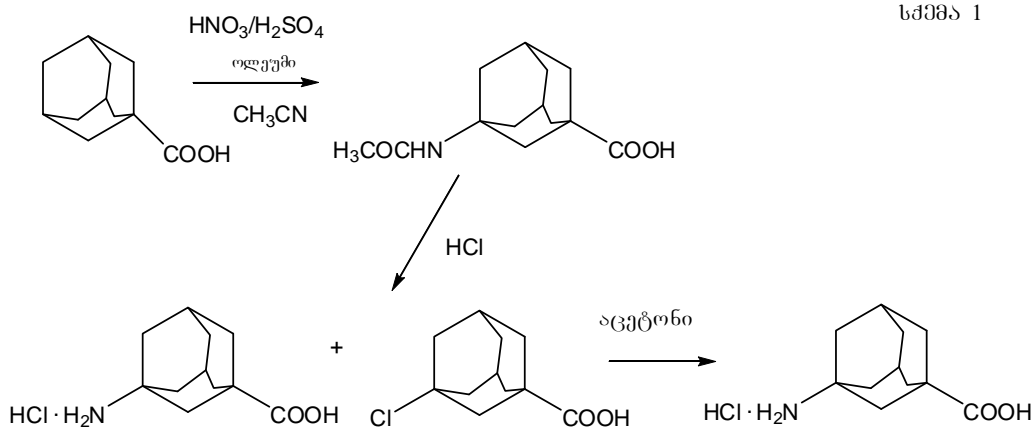
## თავი 3

ალიციკლურ ნაერთთა ქიმიის განყოფილება  
(გრანტი GNSF/ST08/4-413)  
3. ადამანტანის ახალი წარმოებულების სინთეზი

## 3.1. ადამანტანის რიგის ამინომჟავების წარმოებულების სინთეზი

განხორციელებულია 3-აცეტამინოადამანტან-1-კარბონმჟავას და 3-აცეტამინო-ფენილადამანტან-1-კარბონმჟავას სინთეზი რიტერის რეაქციით, ელექტროფილურ არეში (აზოტმჟავა, გოგირდმჟავა, ოლეუმი) და დადგენილია მორეაგირე რეაგენტების თანაფარდობის, ტემპერატურის გავლენა მათ გამოსავლიანობაზე. შესწავლილია მიღებული ნაერთების ჰიდროლიზი მარილმჟავას არეში. სინთეზირებული ნაერთები გამოყენებული იქნება პეპტიდების და ბენზიმიდაზოლების სინთეზში.

3-აცეტამინოადამანტან-1-კარბონმჟავას სინთეზი რიტერის რეაქციით და მისი ჰიდროლიზი.

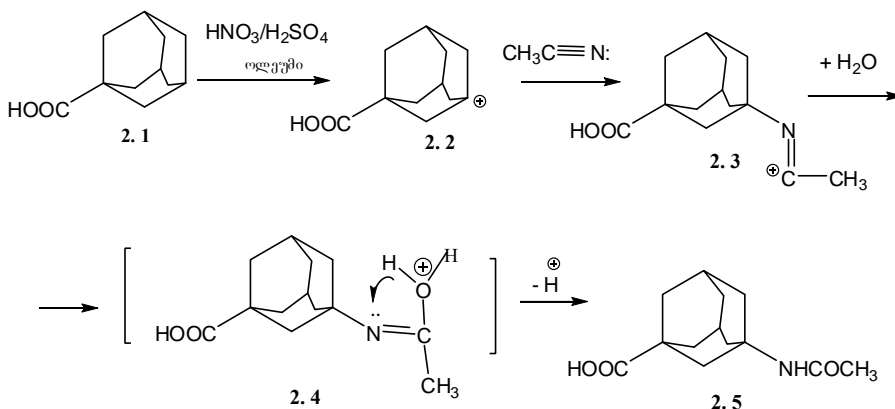


ყინულით გაცივების პირობებში ადამანტანკარბონმჟავას ხსნიან აზოტმჟავას, გოგირდმჟავას და ოლეუმის ნარევი, მისი სრული გახსნის შემდეგ დაბალ ტემპერატურაზე (5-7C°) უმატებენ აცეტონიტრილს წვეთ-წვეთობით. სარეაქციო ნარევს ურევვენ 2.5 სთ, შლიან ყინულიან წყალზე გადასხმით. წარმოქმნილ ნარევს ფილტრავენ, რეცხავენ წყლით ნეიტრალურ რეაქციამდე და აშრობენ. მიღებულ 3-ამინოადამანტან-1-კარბონმჟავას ჰიდროქლორიდი მიღებულ იქნა მარილმჟავას წყალხსნარში დუღილის პირობებში (5-10 სთ), რომლის დროსაც მიიღება ორი პროდუქტი: ძირითადი 3-ამინოადამანტან-1-კარბონმჟავას ჰიდროქლორიდი და მეორე თანამდე პროდუქტი 3-ქლორადამანტან-1-კარბონმჟავა, რომელსაც აცილებენ მისი მარილის დამუშავებით აცეტონით. მოწოდებულია რეაქციის სავარაუდო მექანიზმი (სქემა 2).

ადამანტანკარბონმჟავას (2.1) გახსნით გოგირდმჟავას, ოლეუმის, აზოტმჟავას ნარევი წარმოიქმნება ადამანტანკარბონმჟავას კარბკატიონი (2.2), რომელზედაც მოქმედებს, როგორც ნუკლეოფილი აცეტონიტრილი და სავარაუდოდ წარმოიქმნება სტრუქტურა 2.3 და შუალედური, წყლის შეტევის შემდგომ - 2.4, აზოტის ატომზე წყალბადატომის მიგრაციის და დეპროტონირების შედეგად მიიღება საბოლოო პროდუქტი 2.5.

რეაქციის სავარაუდო მექანიზმი

სქემა 2



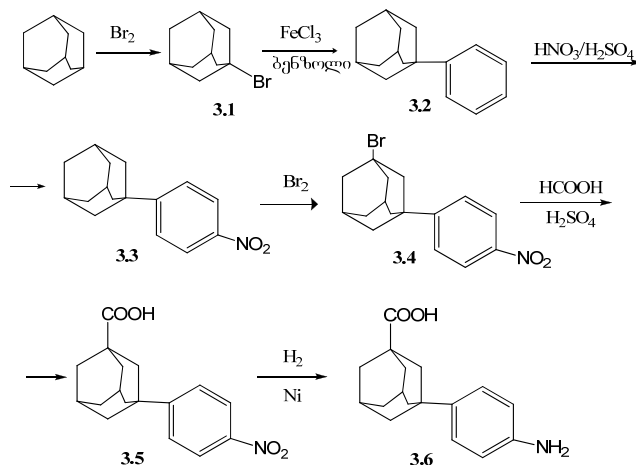
ცნობილია 3-პ-ამინოფენილადამანტან-1-კარბონმჟავას სინთეზი (სქემა 3).

ადამანტანზე ბრომის მოქმედებით იღებენ 1-ბრომადამანტანს (3.1), რომლის ურთიერთქმედებით ბენზოლთან კატალიზატორის – FeCl<sub>3</sub> თანაობისას დებულობენ 1-ფენილადამანტანს (3.2), რომლის ნიტრირებით (აზოტმჟავას და გოგირდმჟავას ნარევით) იღებენ 4-ნიტროფენილადამანტანს (3.3). ატარებენ მიღებული ნაერთის 3.3 ბრომირებას. წარმოქმნილი 1-ბრომ-4-ნიტროფენილადამანტანის (3.4) კარბოქსილირებით გოგირდმჟავას არეში ჭიანჭველმჟავას მოქმედებით დებულობენ 4-ნიტროფენილადამანტან-1-კარბონმჟავას (3.5). ამ უკანასკნელის აღდგენას ატარებენ კატალიზატორის რენეს ნიკელის გამოყენებით, იღებენ 3-ამინოფენილადამანტან-1-კარბონმჟავას (3.6) 26% გამოსავლიანობით.

ჩვენს მიერ დამუშავებულ იქნა აღნიშნული პროდუქტის მიღების უფრო გამარტივებული სქემა, რომელიც გამორიცხავს ბრომის გამოყენებას და ზრდის საბოლოო პროდუქტის გამოსავლიანობას (სქემა 4).

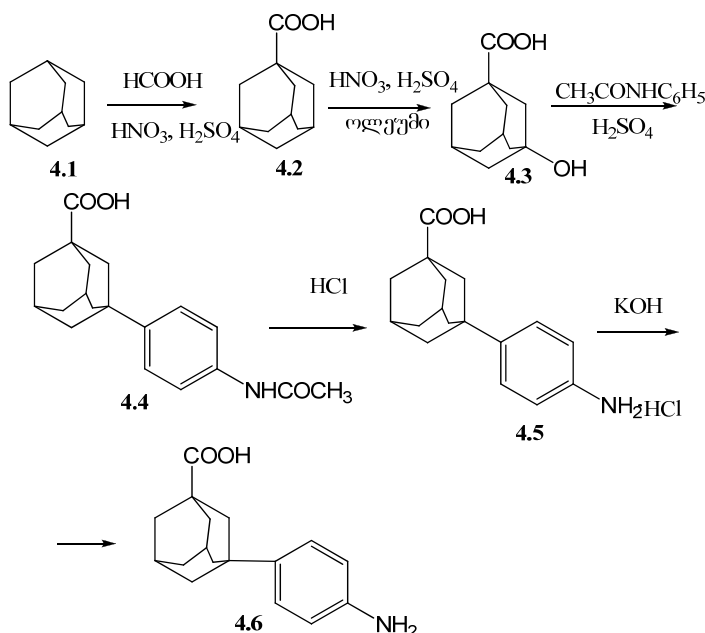
ადამანტანს ხსნიან კონცენტრირებული გოგირდმჟავას და აზოტმჟავას ნარევი და უმატებენ (0-5°C) წვეთ-წვეთობით ჭიანჭველმჟავას, შემდგომი დამუშავებით იღებენ ადამანტან-1-კარბონმჟავას (4.2), რომელსაც ამუშავებენ გოგირდმჟავას, აზოტმჟავას და ოლეუმის ნარევით 5-10°C, 2.5 სთ-ის განმავლობაში, შლიან ცინულზე გადასხმით, ადუღებენ 2 სთ. წარმოქმნილ ნალექს ფილტრავენ და იღებენ 3-ჰიდროქსიადამანტან-1-კარბონმჟავას (4.3). 4.3-ზე აცეტანილიდის მოქმედებით გოგირდმჟავას არეში იღებენ 3-აცეტოფენილადამანტან-1-კარბონმჟავას, რომელიც მარილმჟავაში დუღებით გადაჰყავთ 3-ამინოფენილადამანტილ-1-კარბონმჟავას ჰიდროქლორიდში (4.5), რომლის კალიუმის ან ნატრიუმის ტუტის ხსნარით დამუშავებით გამოყოფენ 3-ამინოფენილადამანტან-1-კარბონმჟავას (pH 6.5-7) 60.5 % გამოსავლიანობით.

სქემა 3





სქემა 4



3-ჰიდროქსიადამანტან-1-კარბონმჟავას მისაღებად იყენებენ 56%-იან აზოტმჟავას, 98-100%-იან გოგირდმჟავას და 20%-იან ოლეუმს. რეაქციას ატარებენ დაბალ ტემპერატურაზე (5-7 °C), შემდგომში მისი დაშლით ყინულზე გადმოსხმით მიღებულ სუსპენზიას ადუღებენ 2 სთ და აყოვნებენ.

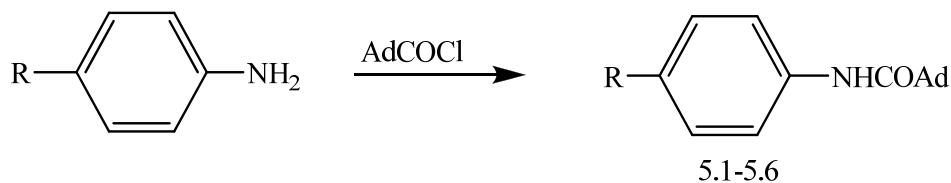
3-(4-აცეტამიდოფენილ)ადამანტან-1-კარბონმჟავას მიღების დროს ჩვენს მიერ გამოყენებულ იქნა აცეტანილიდის, 3-ჰიდროქსიადამანტან-1-კარბონმჟავას და გოგირდმჟავას სხვადასხვა მოლური თანაფარდობა, ტემპერატურა 50-60°C. გოგირდმჟავას კონცენტრაცია 98-100%, მაგრამ რეაქცია მიდის უფრო დაბალ კონცენტრაციაზეც (93-94%). მიღებულ პროდუქტს შლიან ყინულიან წყალზე გადასხმით, მარილმჟავაში დუღებით (10 სთ) გადაჰყავთ ჰიდროქლორიდში. ნაჩვენებია, რომ მარილმჟავას კონცენტრაციის გაზრდა იწვევს თანამდე პროდუქტის წარმოქმნას. ჰიდროლიზატს ფილტრავენ, გადააქვთ ფაიფურის ჯამზე, აშრობენ მშრალ ნაშთამდე, მიღებულ ნაშთს მინარეგების მოცილების მიზნი რეცხავენ აცეტონით. ნალექს ფილტრავენ, რეცხავენ მცირე რაოდენობა მარილმჟავით, აშრობენ კალიუმის ტუტეზე. ჩატარებულია მიღებული ჰიდროქლორიდის ბენზოილირება. მიმდინარეობს მიღებული ნაერთების შესწავლა.

**3.2. N-ადამანტოილამინობენზოლის წარმოებულების სინთეზი.**

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ამინობენზოლის წარმოებულების ადამანტოილირების, N-(1-ადამანტოილ)ამინობენზოლების ნიტრირების, აღდგენისა და ციკლიზაციის რეაქციების შესწავლა.

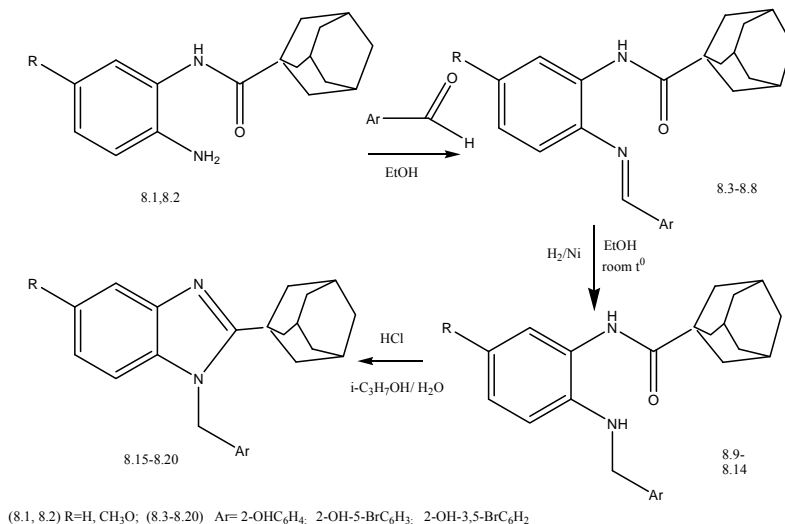
ჩატარებულია პ-ამინობენზოლის მჟავას და მისი ეთერების, პ-ამინოაცეტოფენონის, 4-ალკოქსიანილინის წარმოებულების ადამანტოილირების რეაქცია ადამანტან-1-კარბონმჟავას ქლორანჰიდრიდით ფუძე აგენტების ( $\text{NaOH}$ , ტრიეთილამინი) თანაობისას არომატული გამსხნელისა და ეთერის არეში:

სქემა 5



5.1-5.6 R=CH<sub>3</sub>O, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O, COOH, CH<sub>3</sub>CO, COOCH<sub>3</sub>, COOC<sub>4</sub>H<sub>9</sub>; Ad=C<sub>10</sub>H<sub>15</sub>



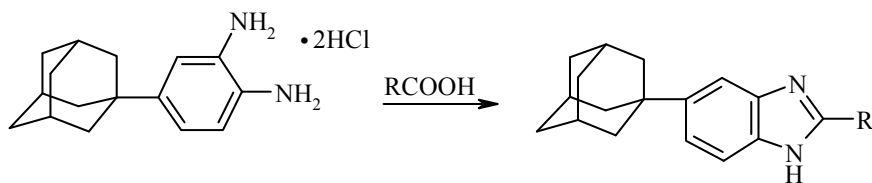


ჩატარებული იქნა ამინომიდის **8.1** ურთიერთქმედება არომატულ ალდეჰიდებთან აბსოლუტური სპირტის არეში და გამოყოფილი იქნა შესაბამისი შივის ფუძეები, რომელთა აღდგენით მოლეკულური წყალბადით, რენეს ნიკელის კატალიზატორის თანაობისას მიღებული იქნა შესაბამისი ამინომიდები. განხორციელებული იქნა მათი ციკლიზაცია წყლიანი იზოპროპილის სპირტის არეში კონცენტრირებული მარილმჟავას თანაობისას და გამოყოფილი იქნა შესაბამისი N-ალკილირებული ბენზიმიდაზოლები.

### 3.5. 5(6)-(1-ადამანტილ)ბენზიმიდაზოლების სინთეზი.

ჩვენს მიერ შესწავლილ იქნა 4-(1-ადამანტილ)-1,2-დიამინობენზოლის ციკლიზაციის რეაქციები ზოგიერთ კარბონმჟავასთან, ამინომჟავასთან და არომატულ ალ-დეჰიდთან.

რეაქციას ვატარებდით შემდეგი სქემის მიხედვით:



9.1

9.2-9.9

(9.2) R= AdCOOH; (9.3) R=CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>; (9.4) R= CH<sub>3</sub>CHNH<sub>2</sub>; (9.5) R=CH<sub>2</sub>NHCOC<sub>6</sub>H<sub>5</sub>;  
(9.6) R=Ad-NH<sub>2</sub>; (9.7) R= Ad-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>NH<sub>2</sub> (9.8) R=CH<sub>2</sub>NHCOCH<sub>3</sub>; (9.9) R= Ad-NHCOCH<sub>3</sub>.

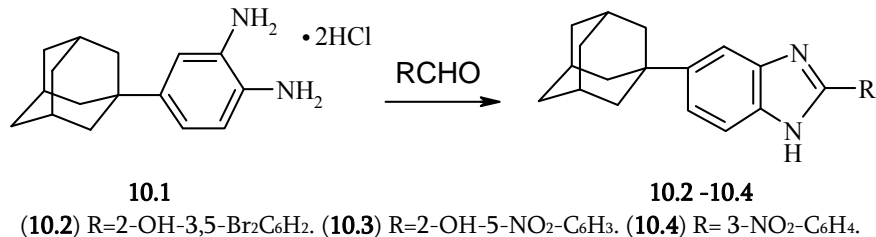
ჩატარდა 4-(1-ადამანტილ)-1,2-დიამინობენზოლის დიჰიდროქლორიდის კონ-დენსაცია ადამანტან-1,3-დიკარბონმჟავასთან, გლიცინთან, ალანინთან, N-ბენ-ზოილამინომარმჟავასთან, 3-ამინოადამანტან-1-კარბონმჟავას ჰიდროქლორიდ-თან და 3-ამინოფენილადამანტან-1-კარბონმჟავას ჰიდროქლორიდთან POCl<sub>3</sub>-ის თანაობისას. გამოყოფილია შესაბამისი **9.2-9.7** ადამანტილბენზიმიდაზოლები. რეაქცია ჩატარდა ექვიმოლური თანაფარდობით აღებული 4-(1-ადამანტილ)-1,2-დიამინობენზოლის დიჰიდროქლორიდის და შესაბამისი მჟავას POCl<sub>3</sub>-ის არეში დუღებისას (107°C), ციკლიზაციის დას-რულებისთვის საჭიროა POCl<sub>3</sub>-ის ჭარბი რაოდენობა და

დუღილის ხანგრძლივობა არანაკლებ 24 სთ. **9.5** ნაერთი მიღებულია აგრეთვე, შემხვედრი სინთეზით: **9.3** ნა-ერთზე ბენზოილქლორიდის მოქმედებით ტრიეთილამინის თანაობისას აბს. ეთერის არეში.

4-(1-ადამანტილ)-1,2-დიამინობენზოლის დიჰიდროქლორიდის გაცხელებით N-აცეტილგლიცინთან და 3-აცეტილამინოადამანტან-1-კარბონმჟავასთან (დიამინი/-მჟავა-1:2 თანაფარდობით) მიღებულია **9.8** და **9.9** ადამანტილბენზიმიდაზოლები, რომელთა შესაპვნიტ ტუტთან ეთანოლში გამოყოფილია შესაბამისი ამინობენ-ზიმიდაზოლები **9.3** და **9.6**. უნდა აღინიშნოს, რომ ჰიდროლიზი მიდის მწელად და საჭიროებს ხანგრძლივ დროს.

შესწავლილ იქნა 4-(1-ადამანტილ)-1,2-დიამინობენზოლის დიჰიდროქლორიდის კონდენსაციის რეაქციები არომატულ ალდეჰიდებთან. ექვიმოლური თანაფარდობით აღებული 4-(1-ადამანტილ)-1,2-დიამინობენზოლის დიჰიდროქლორიდის და შესაბამისი არომატული ალდეჰიდის (3,5-დიბრომსალიცილის-, 5-ნიტრო-სალიცილის და 3-ნიტრობენზალდეჰიდის) დუღებით აბსოლუტური სპირტის არეში და მიღებული შიფის ფუძეების დაჟანგვით ნიტრობენზოლის არეში დუღებისას, გამოყოფილია შესაბამისი **10.2-10.4** ადამანტილბენზიმიდაზოლები:

სქემა 10



მიმდინარეობს მიღებული ნაერთების სუფთა ნიმუშების გამოყოფა სპექტრული ანალიზისა და ბიოსკრინინგის ჩატარების მიზნით.

ზოგიერთი სინთეზირებული ნაერთის აგებულება დადასტურებულია იწ, უი, <sup>1</sup>H და <sup>13</sup>C ბმრ სპექტრული მონაცემებით.

ჩატარებულია სინთეზირებული ნაერთების ვირტუალური ბიოსკრინინგი ინტერნეტპროგრამით <http://www.pharmaexpert.ru/>. მიღებულ ნივთიერებებს შესაძლოა ექსპერიმენტში მაღალი ალბათობით აღმოაჩნდეთ სხვადასხვა ბიოლოგიური აქტიურობები, მათ შორის: (Pa=0.70-0.92) Antiviral (Arbovirus, Influenza, Picornavirus, Adenovirus, HIV); Antiasthmatic; Antiallergic; Radioprotector; Anesthetic local; Antiepileptic, Antineoplas-tic (brain cancer); Transferase stimulant, Antibacterial, Anthelmintic; Neurotrophic factor en-hancer და სხვა.

### დასკვნები

- დამუშავებულის ადამანტანის ბირთვის შემცველი ახალი სტრუქტურის მქონე წარმოებულების სინთეზის მეთოდები: ადამანტანის რიგის ამინომჟავები, ადამანტილბენზიმიდაზოლები და მათი წარმოებულები,

### თავი 4

#### ბუნებრივ ნაერთთა ქიმიის მიმართულება

#### 4.1. N-გლიკოზილირება და მელანოიდინური გარდაქმნების შესწავლა

ამოცანის მოკლე აღწერა / სამეცნიერო მიზანი:

აღმდგენელ შაქრებსა და ამინებს შორის მიმდინარე არაფერმენტული რეაქცია, რომელიც პირველად 1912 წელს ფრანგმა მკვლევარმა მაილარდმა (Louis Camille Maillard (1878-1936)) [163] აღწერა, და რომელიც მისსავე სახელს ატარებს, მოიცავს აღმდგენელი შაქრის ურთიერთქმედებას თავისუფალი ამინოჯგუფის მატარებელ ნებისმიერ ნაერთთან, რის შედეგადაც შეფერილი მაღალმოლეკულური ნაერთები, მელანოიდინები, წარმოიქმნება [1].

მაილარდის რეაქცია განსაკუთრებით მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კვების პროდუქტების თერმოდამუშავების პროცესში. მცენარეული და ცხოველური პროდუქტების თერმოდამუშავებისას შაქარ-ამინურ რეაქციაში ნახშირწყლოვანი კომპონენტის სახით ძირითადად თავისუფალი ან საქაროზას ჰიდროლიზის შედეგად წარმოქმნილი გლუკოზა და ფრუქტოზა, ხოლო ამინური კომპონენტის სახით თავისუფალი ამინომჟავები და ცილები მონაწილეობს.

მაილარდის რეაქცია განსაკუთრებით მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კვების პროდუქტების თერმოდამუშავების პროცესში. მცენარეული და ცხოველური პროდუქტების თერმოდამუშავებისას შაქარ-ამინურ რეაქციაში ნახშირწყლოვანი კომპონენტის სახით ძირითადად თავისუფალი ან საქაროზას ჰიდროლიზის შედეგად წარმოქმნილი გლუკოზა და ფრუქტოზა, ხოლო ამინური კომპონენტის სახით თავისუფალი ამინომჟავები და ცილები მონაწილეობს. მაილარდის რეაქციის პროცესში წარმოქმნილი ნაერთები ფაქტობრივად განსაზღვრავს თერმულად დამუშავებული პროდუქტის არომატსა და გემოს [2]. უკანასკნელი მონაცემების თანახმად, მაილარდის რეაქციის შედეგად კვების პროდუქტებში წარმოიქმნება ისეთი ტოქსიკური ნაერთი, როგორცაა აკრილამიდი [3, 4, 5]. ბოლო დროს დადგინდა, რომ მაილარდის რეაქცია ორგანიზმში მიმდინარეობს [6, 7]. როგორც ვარაუდობენ, ორგანიზმში ჭარბი გლუკოზა მაილარდის რეაქციის საშუალებით უერთდება ცილებს, რაც იწვევს ადრეულ სიბერეს, ათეროსკლეროზს, დიაბეტსა და სხვა დაავადებებს [6, 8, 9]. მელანოიდინური რეაქციის ბევრ პროდუქტს ახასიათებს თავისუფალი რადიკალების შეზოჭვის უნარი (ანტიოქსიდანტური აქტიურობა), ხოლო ზოგიერთი პროდუქტი მუტაგენურია [10].

მაილარდის რეაქციის მექანიზმი პირველად ჰოჯმა გამოიკვლია, რომელმაც აღნიშნა შაქარ-ამინური ურთიერთქმედების პროცესის უაღრესი სირთულე და მასში მონაწილე გარდაქმნათა მრავალფეროვნება [11]. რეაქციის სიჩქარეს და მის შედეგად წარმოქმნილ ნაერთთა ბუნებას ძირითადად რეაქციის პირობები განსაზღვრავს; მათ შორისაა რეაქციაში მონაწილე ნახშირწყლისა და ამინის ქიმიური თვისებები, სარეაქციო არის მახასიათებლები (pH და წყლის შემცველობა, ჟანგბადისა და მეტალთა იონების თანაობა), ტემპერატურა და პროცესის ხანგრძლივობა, რეაქციის ინჰიბიტორთა (მაგალითად, აღმდგენელების) თანაობა და ა.შ. [12].

მიუხედავად ინტენსიური კვლევისა, მაილარდის რეაქციის სრული მექანიზმი ამჟამადაც გაურკვეველია. შაქარ-ამინური რეაქციის პირველადი პროდუქტი, N-გლიკოზიდი, წარმოქმნისთანავე განიცდის ორი ტიპის გარდაქმნას: ერთი მხრივ საწყის პროდუქტებად ჰიდროლიზდება, ხოლო მეორე მხრივ გადაჯგუფდება ამადორის მიერ მოწოდებული სქემის მიხედვით. ალიფატური ამინების N-გლიკოზიდების უმდგრადობის გამო, მაილარდის რეაქციაში ამ ნაერთების ფუნქციის გარკვევა ვერ ხერხდება. დღემდე სრულიად შეუსწავლელია არომატული ამინებისა და მათი შესაბამისი N-გლიკოზიდების მონაწილეობა მელანოიდინურ რეაქციაში. დასაზუსტებელია მელანოიდინურ მაკრომოლეკულაში ამინომჟავას ნახშირბადოვანი ჯაჭვის ჩართვის გზები. ბოლომდე გარკვეული არ არის ცილის მოლეკულის გლიკოზილირების კანონზომიერებები.

კვლევის მიზანია მელანოიდინურ რეაქციაში (მაილარდის რეაქცია) ამინებისა და მათი შესაბამისი N-გლიკოზიდების გარდაქმნების შესწავლა; ამინისა და აღმდგენელი შაქრის შემცველ მორეაგირე სისტემაში N-გლიკოზიდის წარმოქმნის ძირითად კანონზომიერებათა დადგენა; N-გლიკოზიდების სინთეზს და მათ სტრუქტურულ დახასიათება; მელანოიდინური მაკრომოლეკულების წარმოქმნის პროცესში N-გლიკოზიდების მონაწილეობის შესწავლას, მაილარდის რეაქციაში ამინებისა და აღმდგენელი შაქრების ფარდობითი რეაქციისუნარიანობის გამოკვლევა.

გარდა ზემოთაღნიშნულისა დაწყებული იქნა გამოკვლევები ტერმინალური აცეტილენური ბმის შემცველი  $\alpha$ -გლიკოლების ჰიდროსილილირების [13,14] პროდუქტების სინთეზი და მათი გარდაქმნების მიმართულებით.

**4.2. მიღებული შედეგების განსჯა, დასკვნები:**

მიმდინარე 2011 გაგრძელდა გამოკვლევები შემდეგი მიმართულებით: ცილოვანი ამინომჟავების ფარდობითი რეაქციისუნარიანობა მაილარდის რეაქციაში; არომატული ამინებისა და მათი შესაბამისი N-გლიკოზიდების მონაწილეობის მექანიზმი მაილარდის რეაქციაში; არომატული ამინებისა და ალდოზების ურთიერთქმედებით შესაბამისი N-გლიკოზიდების სინთეზი; გამოყენებული იქნა იწ და  $^{13}\text{C}$ -ბმრ სპექტროსკოპიული მეთოდები; შერჩეულია სინთეზის ოპტიმალური პირობები

დადგენილია სინთეზირებული N-ფენილგლიკოზილამინების იზომერული და ანომერული შედგენილობა. აღნიშნული კვლევების საფუძველზე დადგენილ იქნა, რომ N-ფენილგლიკოზილამინების  $^{13}\text{C}$ -ბმრ სპექტრებისათვის დამახასიათებელი სიგნალი, რომელიც 80 – 85 ვმნ [სტანდარტი (CD)<sub>3</sub>NSO] დიაპაზონშია მოთავსებული, შეიძლება გამოვიყენოთ C<sub>1</sub> – N ბმის წარმოქმნის (N-გლიკოზიდის წარმოქმნის) მაჩვენებლის სახით [15-25].

ამ თემატიკის ფარგლებში შესრულებულია სამაგისტრო შრომები, მომზადებულია შრომები გამოსაქვეყნებლად. კვლევის შედეგები მოხსენებულია რესპუბლიკურ და საერთაშორისო სიმპოზიუმებზე.

**გამოყენებული ლიტერატურა**

1. Maillard L-C. *Action des acides aminés sur les sucres. Formation des Mélanoidins par voie méthodique.* Compt. Rend., 1912, **154**, 66-68.
2. Belitz H.D., Grosch W. *Food Chemistry.* Berlin, Heidelberg, New York. Springer-Verlag, 1999, 263-318.
3. Becalski A., Lau B.P., Lewis D., Seaman S.W. *Acrylamide in Foods: Occurrence, Sources and Modeling.* J. Agric. Food Chem., 2003, **51**, 802 – 808.
4. Becalski A., Lau B.P.-Y., Lewis D., Seaman S.W. *Acrylamide in Foods: Occurrence, Sources and Modeling.* J. Agric. Food Chem., 2003, **51**, 802 – 808.
5. Mottram D.S., Wedzicha B.L., Dodson A.T. *Acrylamide is Formed in the Maillard Reaction.* Nature, 2002, **418**, 448-449.
6. Biemel K.M., Friedl D. A., Lederer M.O. *Identification and Quantification of Major Maillard Cross-links in Human Serum Albumin and Lens Protein. Evidence for Glucosepane as the Dominant Compound.* J. Biol. Chem., 2002, **277**, 24907–24915.
7. Chevalier F., Chobert J-M., Mollé D., Haertlé T. *Maillard Glycation of  $\beta$ -lactoglobulin with Several Sugars : Comparative Study of the Properties of the Obtained Polymers and of the Substituted Sites.* Lait, 2001, **81**, 651-666.
8. Monnier V.M. *Nonenzymatic Glycosylation, the Maillard Reaction and the Aging Process.* J. Gerontol., 1990, **45**, 105-111.
9. Van Boekel M.A. *The Role of Glycation in Aging and Diabetes Mellitus.* Mol. Biol. Rep., 1991, **15**, 57-64.
10. Namiki M. *Chemistry of Maillard Reactions: Recent Studies on the Browning Reaction Mechanism and the Development of Antioxidants and Mutagens.* Adv. Food Res., 1988, **32**, 115-184.
11. Hodge J.E. *Nonenzymatic Browning Reactions.* In The Chemistry and Physiology of Flavors (Schultz H.W., Day E.A., Libey L.M. Eds). The AVI Publ. Company, Inc. Westport, Connecticut. 1967, 465-491.
12. Kaanane A., Labuza T. P. *The Maillard Reaction in Foods.* In The Maillard Reaction in Aging, Diabetes and Nutrition. (Baynes, J. W., Monnier, V. M. Eds). New York. A. R. Liss, 1.989, 301-327.
13. *The Chemistry of Organic Silicon Compounds, Volume 2, Parts 1, 2, 3* (Rappoport Z., Apeloig Y., Eds.), John Wiley & Sons Ltd. New York, 1998.
14. Brook M., *Silicon in Organic, Organometallic and Polymer Chemistry*, John Wiley and Sons, New York (2000).
15. Кублашвили Р.И., Абдушелишвили И.Г., Кураташвили З.А., Церетели Б.С. *Участие аминокислот в реакции Майлларда.* Известия аграрной науки, 2010, 8, №1, 127-131.
16. კუბლაშვილი რ., ქარქაშაძე ნ. *ამინომჟავების მჟავების მონაწილეობა მელანოიდინური პიგმენტის წარმოქმნაში.* საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, 2010, 36, #1, 30–33
17. Кублашвили Р.И., Каркашадзе Н.Г., Соселиа М.В. *Гликозилирование п-аминоацетофенона D-глюкозой и L-рамнозой.* Известия национальной академии наук Грузии, серия химическая, 2010, 36, №2, 158.

18. Kublashvili R. *Incorporation of glycine carbon atoms into melanoidin polymers*. International conference "Compounds and materials with specific properties based on industrial waste, secondary and natural resources". Tbilisi, 2010, 25-26.
19. Kublashvili R. *N-glycosylation of aminophenols by D-mannose*. International conference "Compounds and materials with specific properties based on industrial waste, secondary and natural resources". Tbilisi, 2010, 27-28.
20. კუბლაშვილი რ., ლაბარტყავა მ., ქარქაშაძე ნ. *N-კარბოქსიფენილ-არაბინოზილამინების სინთეზი და ანომერული შედგენილობა*. რესპუბლიკური სამეცნიერო კონფერენცია "ბუნებრივი და სინთეზური ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები". თბილისი, 2010, 134-135.
21. კუბლაშვილი რ., ლაბარტყავა მ., ქარქაშაძე ნ. *იზომერული ამინოფენოლების N-გლიკოზილირება ჰომომორფული შაქრებით – D-მანოზით და L-რამნოზით*. რესპუბლიკური სამეცნიერო კონფერენცია "ბუნებრივი და სინთეზური ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები". თბილისი, 2010, 136-137.
22. Kublashvili R., Karkashadze N. *Effect of acidity of the reaction medium on activity of aromatic amines in Maillard reaction*. Second international Caucasian symposium on polymers and advanced materials. Tbilisi, 2010, 26.
23. კუბლაშვილი რ., ქარქაშაძე ნ., სოსელია მ. *პ-ამინოაცეტოფენონის N-გლიკოზილირება D-გალაქტოზით და D-მალტოზით*. International scientific conference "Problems of applied chemistry", Tbilisi, 2010, 27-28.
24. Kublashvili R., Ugrekhelidze V. *pH Changing by melanoidine formation*. International scientific conference "Problems of applied chemistry", Tbilisi, 2010, 42-43.
25. Кублашвили Р.И., Угрехелидзе Д.Ш. *Меланоидиновая реакция в системе D-глюкоза/глицин и антиоксидантная активность продуктов реакции*. Тезисы докладов VIII Международной конференции "Биоантиоксидант", Москва, 2010, 234-235.

#### 4.3. ქართული ღვინოების ანტიოქსიდანტური აქტიურობის შესწავლა

ღვინო – უძველესი კვებითი პროდუქტია, რომლის მოხმარება ზომიერების ფარგლებში სამკურნალო დანიშნულებით შეიძლება იქნეს გამოყენებული. ღვინის სამკურნალო თვისებები განისაზღვრება მისი შემადგენლობით. ღვინის ქიმიური შემადგენლობა ძალზე რთულია და წარმოადგენს მრავალი ორგანული ნაერთის ნაკრებს. ღვინის ძვირფასი თვისებები სწორედ ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების უნიკალური შერწყმით არის განპირობებული, რომლებიც ახდენენ მაკროექტირებელ ზემოქმედებას ჯანმრთელი და ავადმყოფი ადამიანის მეტაბოლიზმზე და შინაგანი ორგანოების და სისტემების ფუნქციონალურ მდგომარეობაზე.

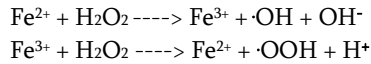
ღვინის ერთ-ერთი უნიკალურ სამკურნალო თვისებას წარმოადგენს მისი ანტიოქსიდანტური უნარი. ღვინის ძირითადი კომპონენტები, რომლებიც პასუხისმგებელი არიან მის ანტიოქსიდანტურ თვისებებზე – ეს არის პოლიფენოლები, ფლავონოიდები (კატეხინები, ეპიკატეხინები, რუთინი, კვერცეტინი, მირცეტინი), სტილბენები, ანტოცინური პიგმენტები და ვიტამინები,

სამაგისტრო ნაშრომის ფარგლებში განხორციელდა ცოცხალ ორგანიზმთან მაქსიმალურად მიახლოებულ მოდეულ სისტემაში ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრის ელექტრონულ პარამაგნიტურ რეზონანსზე (ეპრ) დაფუძნებული პირდაპირი მეთოდის განვითარება და მისი გამოყენება ღვინოების და მათი ზოგიერთი პოლიფენოლური კომპონენტის (ნაერთის) ანტიოქსიდანტური თვისებების შესასწავლად, ქართული ღვინის უნიკალური სამკურნალო ეფექტის წარმოსაჩენად.

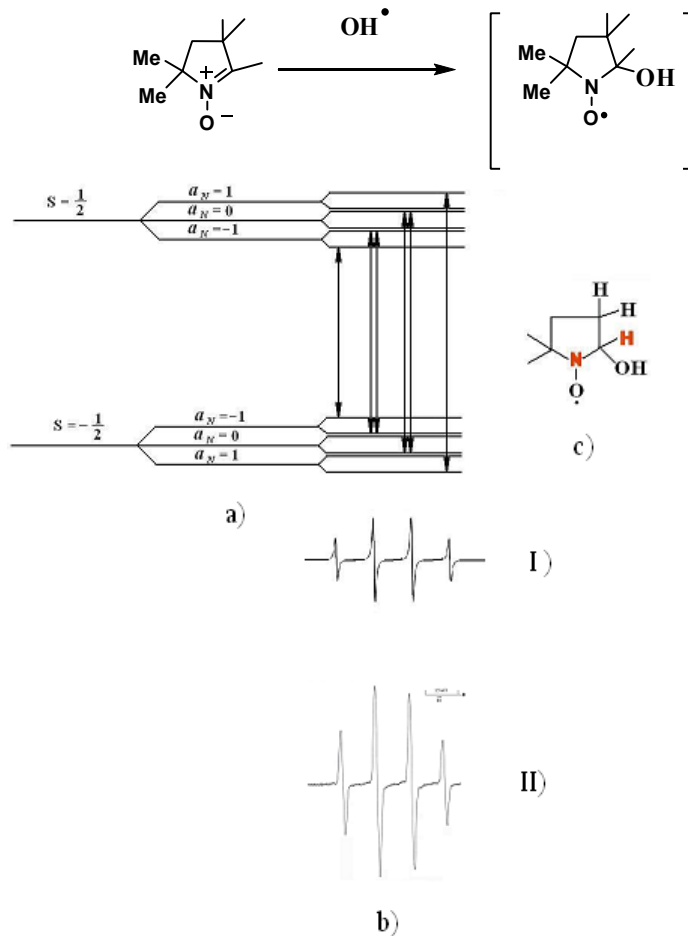
ღვინოების ანტიოქსიდანტური აქტივობის გაზომვა, მათ შორის ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსის (ეპრ) მეთოდით, სხვადასხვა შედეგს იძლევა. რაც შესაძლებელია განპირობებული იყოს ანტიოქსიდანტების სელექტიურობით სხვადასხვა ბუნების თავისუფალი რადიკალების მიმართ. დღემდე არ არის ჩამოყალიბებული ერთიანი მიდგომა ანტიოქსიდანტური აქტივობის გაზომვის

მეთოდისადმი. ღვინის ანტიოქსიდანტური პოტენციალი უნდა გაიზომოს იმ თავისუფალი რადიკალების მიმართ, რომლებიც ბუნებრივად წარმოიქმნებიან ცოცხალ ორგანიზმებში მათში მიმდინარე მეტაბოლური პროცესების შედეგად. ასეთია ROS თავისუფალი რადიკალები: სუპეროქსიდ ანიონ რადიკალი, ჰიდროპეროქსიდ რადიკალი და განსაკუთრებით უადრესად აქტიური ჰიდროქსი რადიკალი. ჩვენ განვსაზღვრეთ როგორც წითელი, ასევე თეთრი ღვინოების ანტიოქსიდანტური აქტივობა სპინ-ხაფანგის – 5,5-დიმეთილ-1 პიროლინ-N-ოქსიდის (DMPO) საშუალებით, რომლის ადუქტი OH თავისუფალ რადიკალთან იძლევა დამახასიათებელ ეპრ სპექტრს. შერჩეულია ოპტიმალური პარამეტრები დმპო-OH სპინ ადუქტის მაქსიმალური ეპრ სიგნალის მისაღებად.

წყაროდ გამოყენებული იქნა ფენტონის რეაქცია, სადაც ორგალენტანი რკინისა და წყალბადის პეროქსიდის ურთიერთქმედების შედეგად გამოიყოფა ჰიდროქსილ რადიკალი:



ჰიდროქსი რადიკალი სპინ-ხაფანგთან DMPO-თან ურთიერთქმედებით იძლევა შემდეგ ადუქტს:



**სურ.1.:** სპინ-ხაფანგის DMPO-OH ადუქტის a) ზენაზი ურთიერთქმედების შესაბამისი ენერგეტიკული დონეების ერთობლიობა. b) DMPO-OH ადუქტის ეპრ სპექტრი ზენაზი კომპონენტების ინტენსივობების ფარდობით 1:2:2:1; I) თეორიული II) ჩვენს მიერ მიღებული ექსპერიმენტული სპექტრი. c) DMPO-OH ადუქტის სტრუქტურული ფორმულა.

როგორც ვხედავთ, DMPO-ს ადუქტის (DMPO + OH) ეპრ სპექტრი წარმოადგენს კვარტეტს კომპონენტების ინტენსივობების შეფარდებით 1:2:2:1.



ღვინის ანტიოქსიდანტობის განსაზღვრისათვის საჭირო იყო შეგვეჩია ღვინის ისეთი კონცენტრაცია, რომ დაკმაყოფილიყო ღვინოებში ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრისათვის ეპრ მეთოდის შემდეგი მოთხოვნები:

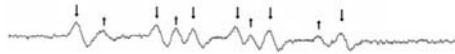
1) სპინ-ხაფანგების ადუქტის ეპრ სპექტრის ინტენსივობა შესაბამის რადიკალთან უნდა იყოს საკმარისად მაღალი, რათა შესაძლებელი გახდეს ანტიოქსიდანტური აქტივობის დადგენა ისეთი ღვინოებისათვის, რომელთათვისაც ეს პარამეტრი მცირედ განსხვავდება. ე.ი. მეთოდის საშუალებით ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრის გარჩევადობა იყოს დიდი.

2) ეპრ-სპექტრი უნდა ეკუთვნოდეს მხოლოდ ერთ რომელიმე ადუქტს და არ უნდა წარმოადგენდეს რამოდენიმე ადუქტის ეპრ სპექტრების ზედდებას. რაც მნიშვნელოვნად გაართულებს და ხშირ შემთხვევაში შეუძლებელს გახდის ჭეშმარიტი ანტიოქსიდანტური აქტივობის დადგენას.

3) რადგან ადუქტების უმრავლესობა არ წარმოადგენს მდგრად სისტემებს, მკაცრად უნდა იყოს დადგენილი დრო, გასაზომი ნიმუშის მომზადებიდან გაზომვის მომენტამდე და გათვალისწინებული იყოს ადუქტის დაშლის კინეტიკური მრუდი.

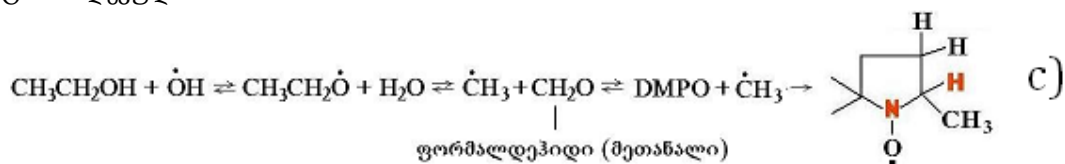
ყოველივე ზემოთქმული პირობა იყო გათვალისწინებული ლაბორატორიაში შემუშავებული ღვინის ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრის მეთოდისათვის, როდესაც უაღრესად აქტიური ჰიდროქსილ რადიკალი, ხოლო ადუქტი იყო შესაბამისი  $DMPO-OH$ . თავისუფალ რადიკალს წარმოადგენდა ცოცხალ ორგანიზმებში გენერირებული,

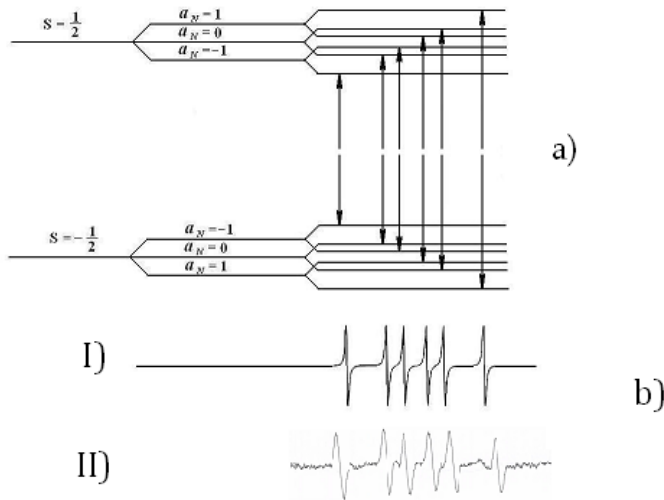
თავდაპირველად ჩვენ ავიღეთ ღვინის 2.5 პროცენტის სპირტხსნარი, რომელმაც სპინ ხაფანგთან და ფენტონის რეაქციის პროდუქტებთან მოგვცა შემდეგი სახის სპექტრი:



**სურ.1.:**  $DMPO-OH$  ადუქტის ეპრ სპექტრი როდესაც დამატებული ღვინის კონცენტრაცია 2.5%-3 ადუქტის ეპრ სპექტრის 6 ზენაზ კომპონენტს, ხოლო ზევით მითითებული ისრები გვიჩვენებს  $DMPO-OH$  ადუქტის ეპრ სპექტრის ზენაზ კომპონენტს.

როგორც სპექტრიდან ჩანს, ღვინის 2.5% კონცენტრაციის შემთხვევაში ღვინის ფენოლური ნაერთების მიერ  $OH$  რადიკალების განეიტრალების შედეგად  $DMPO-OH$  ადუქტის ეპრ სპექტრი იმდენად სუსტია, რომ ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრა შეუძლებელია, ამასთან მის 3 ადუქტის ეპრ სპექტრი. რომელიც წარმოიქმნა ჰიდროქსი რადიკალის ურთიერთქმედებით სპირტის მოლეკულასთან:





3 რადიკალთან ადუქტის a) ზენაზი ურთიერთქმედების შესაბამისი ენერგეტიკული დონეების ერთობლიობა. b) ადუქტის ეპრ სპექტრი ზენაზი კომპონენტების ინტენსივობების ფარდობით 3 ადუქტის სტრუქტურული ფორმულა.

3 ადუქტის ეპრ სპექტრის გავლენა DMPO- OH ადუქტის სპექტრზე. შემცირებული იქნა ღვინის საბოლოო კონცენტრაცია. ამით ჩვენ არამარტო გავზრდიდით DMPO- OH ადუქტის ეპრ სპექტრის 3 ადუქტის ეპრ სპექტრის ინტენსივობას. ამით მოვახდინეთ ღვინის საბოლოო კონცენტრაციის ვარირება. ღვინის სხვადასხვა კონცენტრაციით დამატებისას მიღებული ეპრ სპექტრები მოცემულია სურ. 3.

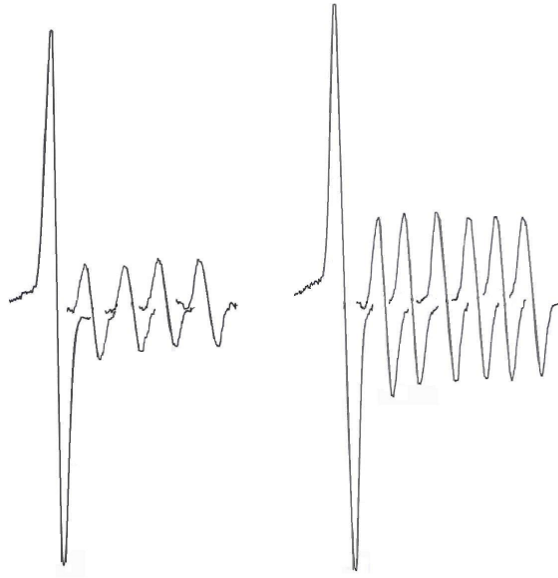
ამ სპექტრებიდან გამომდინარე აღმოჩნდა, რომ ჩვენი მიზნებისათვის სასურველია გამოვიყენოთ ღვინის 0,25%-იანი კონცენტრაცია.

ამრიგად, ღვინოების ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრისათვის, ხსნარს, რომელიც შეიცავდა ფოსფატის ბუფერში pH 7.4 გარკვეული მიმდევრობით დამატებულ DMPO-ს, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, FeSO<sub>4</sub>-ს იმ კონცენტრაციებით, რომელიც მითითებულია მეთოდიკაში, ხორციელდებოდა ფენტონის რეაქცია, რის შედეგადაც წარმოქმნილი რადიკალი ქმნის სპინ ხაფანგთან DMPO-OH ადუქტს, რომლის ეპრ სპექტრი ფიქსირდება ღვინის დამატების გარეშე. შემდეგ იგივე შემადგენლობის ხსნარზე ღვინის 0.5% დამატების შემდეგ 1:1-ზე ვიღებდით ხელახლა ადუქტის ეპრ სპექტრს, რომლის ინტენსივობა h ინტენსივობა შემცირებული იყო იმის გამო, რომ რადიკალების ინტენსივობა გაანეიტრალა ღვინოში არსებულმა ანტიოქსიდანტებმა.

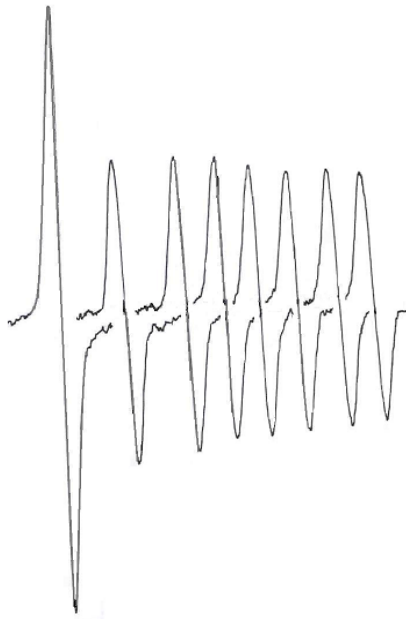
ღვინის ანტიოქსიდანტურ აქტივობა იზომებოდა შემდეგი ფორმულით:

$H100\%$

სადაც: - H - DMPO-OH ადუქტის ეპრ სპექტრის მეორე ზენაზი კომპონენტის სიმაღლეა ღვინის დამატებისას, ხოლო h- ღვინის დამატების შემდეგ.



.სპინ-ხაფანგის დმპო – OH ადუქტის კონტეტივის ეპრ სპექტრი ღვინის 1% ხსნართან ერთად .სპინ-ხაფანგის დმპო – OH ადუქტის კონტეტივის ეპრ სპექტრი ღვინის 0,5 % ხსნართან ერთად



.სპინ-ხაფანგის დმპო – OH ადუქტის კონტეტივის ეპრ სპექტრი ღვინის 0,25% ხსნართან ერთად

**სურ.3.:** სპინ ხაფანგის DMPO-OH ადუქტის ეპრ სპექტრები ღვინის სხვადასხვა კონცენტრაციებისას.

**შემუშავებულია ხსნარის მომზადების პროცედურა:**

**DMPO-ის ხსნარის მომზადება:**

DMPO-ს ხსნარის მოსამზადებლად საჭიროა შემდეგი რეაქტივები:

**ფოსფატური ბუფერი 10 მმოლი , 0.5 მლ (pH= 7,4) :** 1.36 გ KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 7.45 გ KCl ;5.73 გ Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.0.37 გ ტრილონ ბ.

**Fe<sup>2+</sup> შემცველობა:** 10 მმოლი FeSO<sub>4</sub>; 10 მმოლი FeSO<sub>4</sub>-ს მოსამზადებლად იღებენ 28,6 მგ FeSO<sub>4</sub> და ხსნიან 10 მლ წყალში.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:** 0,2 მლ 57% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + 19,8 მლ H<sub>2</sub>O = 0.57 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, შემდეგ აზავებენ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/წყალი პროპორციით 1:1

DMPO 250 მგ ამატებენ 2 მლ წყალს – დედა ხსნარი. დედა ხსნარიდან იღებენ 20 მკლ DMPO-ს და ხსნიან 2.2 მლ წყალში - იღებენ 10 მმოლ DMPO-ს.

#### ექსპერიმენტული ნაწილი

იღებენ 0.2 მლ ფოსფატურ ბუფერს, უმატებენ 0.2 მლ  $Fe^{2+}$ , 0.2 მლ DMPO, 0.2 მლ  $H_2O$ .

ცდის ჩასატარებლად იყენებენ 0,2 მლ ფოსფატურ ბუფერს (pH= 7,4), 0,2 მლ 15 მმოლ წყალბადის ზეჟანგს, 0,2 მლ 15 მმოლ დმპო-ს და 0,2 მლ  $v/v$  10 მმოლ  $FeSO_4$  / 2% ღვინის ნიმუში. ღვინის საბოლოო კონცენტრაცია იყო 0.25%.

**კონტროლი**- 0,2 მლ ფოსფატური ბუფერი (pH= 7,4), 0,2 მლ 15 მმოლ წყალბადის ზეჟანგი, 0,2 მლ 15 მმოლ დმპო და 0,2 მლ  $v/v$  10 მმოლ  $FeSO_4$  / გამოხდილი წყალი.

გამოყენებული რეაგენტების ხსნარებს, გარდა ფოსფატური ბუფერისა, ამზადებენ უშუალოდ ცდის წინ.

ახლად მომზადებული ნიმუშებს ათავსებენ კვარცის კაპილარებში შიდა დიამეტრით 1 მმ და სითხის სიმაღლე 31 მმ. დაუყოვნებლივ ათავსებენ ხელსაწყოს რეზონატორში და იღებენ ეპრ სპექტრს.

მონაცემთა სტატისტიკურ დამუშავებას აწარმოებენ დისპერსიული ანალიზის მიხედვით სტიუდენტის კრიტერიუმის გამოყენებით.

ეპრ სპექტრი იწერება EPR-V ზემდაღლისხშირიან რადიო-სპექტრომეტრზე (შემუშავებული რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის სპეციალური საკონსტრუქტურო ბიუროში) სიხშირით 9,1 GHz და Gauss; ექსპერიმენტები ტარდება ზემდაღლისხშირული ველის 12mW სიმძლავრეზე; მაღალსიხშირული ველის მოდულაციის ამპლიტუდა 0,15mT; დროითი მუდმივა 0.3 წმ. სკანირების 5;  $Mn^{2+}$  იონები MgO ფხვნილში გამოიყენება როგორც სტანდარტი. გაზომვის ფარდობითი ცდომილება  $\pm 3\%$ . გაზომვები ტარდება ოთახის ტემპერატურაზე.

შევიმუშავეთ რა მეთოდიკა, ჩვენ გავზომეთ სხვადასხვა ქართული ღვინოს ანტიოქსიდანტური აქტიურობა. მონაცემები მოცემულია ცხრილში:

N	მწარმოებელი	დასახელება	მოსავლის წელი	ანტიოქსიდანტური აქტიურობა %
1	შ.პ.ს. "ქინძმარაულის მარანი"	საფერავი	2007	76.7 $\pm$ 1.0
2	შ.პ.ს. "ქინძმარაულის მარანი"	საფერავი	2007	73 $\pm$ 1.3
3	შ.პ.ს. "ქინძმარაულის მარანი"	საფერავი, ორმაგ ჭაჭაზე	2008	77.3 $\pm$ 1.4
4	შ.პ.ს. "ქინძმარაულის მარანი"	საფერავი, ორმაგ ჭაჭაზე	2009	83.2 $\pm$ 0.7
	შ.პ.ს. "ქინძმარაულის მარანი"	საფერავი, ორმაგ ჭაჭაზე	2007	57.7 $\pm$ 2.1
6	შ.პ.ს. "ტიბანელი"	მუკუზანი	2005	71.3 $\pm$ 0.8
7	შ.პ.ს. "ტიბანელი"	საფერავი	2005	74.50.8
8	"ნიკა", კერძო მარანი, სოფ. ანაგა	საფერავი ქვევრის	2008	87.5 $\pm$ 0.5
9	ბადაგონი	Alaverdi Traditions საფერავი, ქვევრის	2007	71.1 $\pm$ 2.5
10	ბადაგონი	Alaverdi Traditions რქაწითელი, ქვევრის	2007	76.2 $\pm$ 1.5
11	ხოხბის ცრემლები	შავკაპიტო	2009	66.4 $\pm$ 1.4
12	"კახური ღვინის მარანი"	თელიანი	2007	75 $\pm$ 1.2
13	ვაზი +	რქაწითელი	2009	75.7 $\pm$ 1.1
14	შპს "მატო მუხრანი"	საფერავი	2007	79 $\pm$ 1.5

15	შპს "მატო მუხრანი"	საფერავი	2010	77.9±1.1
16	შპს "მატო მუხრანი"	საფერავი	2009	81.5±0.9
17	შპს "მატო მუხრანი"	საფერავი	2008	70.08±2.4
18	შპს "მატო მუხრანი"	საფერავი	2007	82±0.9
19	GWS	Old Tbilisi	2005	77±0.7
20	Tbilvino	წინანდალი	2009	71.6±0.8
21	Tiflisi Marani	წინანდალი	2010	73.2±0.7
27	კორპორაცია ქინძმარაული	წინანდალი	2010	70.2±1.6
28	ტიფლისკი ვინნი პოგრებ	რქაწითელი	2005	70.2±1.6
29	ტიფლისკი ვინნი პოგრებ	მწვანე	2004	69.8±1.1

### დასკვნები

1) შემუშავებულია სპინ-ხაფანგით, კერძოდ DMPO-თი ღვინოების ანტი-ოქსიდანტური აქტივობის გაზომვის მეთოდიკა იმ პირობების გათვალისწინებით, რომელიც მითითებულია ზემოთ.

2) მეთოდი მაქსიმალურად მიახლოებულია ცოცხალ ორგანიზმში მიმდინარე პროცესებთან, კერძოდ ანტიოქსიდანტური აქტივობა იზომება ჰიდროქსილ რადიკალის მიმართ, რომელიც ბუნებრივად წარმოიქმნება ცოცხალ ორგანიზმში მასში მიმდინარე ფიზიოლოგიური პროცესების დროს.

3) მეთოდს გააჩნია მაღალი მგრძობიარობა. კერძოდ, ანტიოქსიდანტური აქტივობის გასაზომად იღებენ ღვინის მინიმალურ რაოდენობას. ღვინის საბოლოო კონცენტრაცია 0.25 %-ია.

4) ამ მეთოდით გაზომილია როგორც წითელი, ასევე თეთრი ქართული ღვინოების ანტიოქსიდანტური აქტივობა. (ღვინოების ჩამონათვალი მოცემულია ცხრილში). როგორც ცხრილიდან ჩანს, ქართულმა ღვინოებმა გამოავლინეს ძალზედ მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობა.

აღნიშნული სამუშაო ჩატარდა ბიოფიზიკის მიმართულების სპექტრო-სკოპიულ ლაბორატორიასთან თანამშრომლობით. რის გამოც დიდ მადლობას ვუხდით სპექტროსკოპიული ლაბორატორიის გამგეს პროფესორ ედუარდ ჩიკვაძეს, ამავე ლაბორატორიის თანამშრომელს ბატონ თემურ გოგოლაძეს და ნიკა შაყულაშვილს.

## ფიზიკური და ანალიზური ქიმიის ქვემიმართულება ფიზიკური და ანალიზური ქიმიის ინსტიტუტი

3, 0179 თბილისი, ტელ: 2290648, ე-მაილი: bezhan\_chankvetadze@yahoo.com

**სამეცნიერო მიმართულება:** ფიზიკური ქიმია (ქირალური გამოცნობა, ნივთიერებათა დაყოფის მეთოდები), ანალიზური ქიმია, ფარმაცევტული ქიმია

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** პროფესორი ბეჟან ჭანკვეტაძე (ხელმძღვანელი), ლალი ჭანკვეტაძე, შორენა სამაკაშვილი, ანტონინა მსხილაძე, ნინო თაყაიშვილი, ქეთევან ლომსაძე, გიორგი ჯიბუტი, ხათუნა გოგალაძე, ალექსანდრე დადიანიძე, ნინო ღიბრაძე, ლევან მოსიაშვილი, მარინა ქარჩხაძე, იზა მათარაშვილი, კოლეგები თბილისის სამედიცინო უნივერსიტეტის ი. ქუთათელაძის სახელობის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტიდან, უცხოეთის უნივერსიტეტებიდან და კომპანიებიდან.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):** ძირითადი თემატიკის ფარგლებში კვლევები რამდენიმე განსხვავებული მიმართულებით მიმდინარეობდა:

- 1) ქირალური გამოცნობის და ენანტიომერების დაყოფის მექანიზმების კვლევა კაპილარულ ელექტროფორეზში, ნანოქრომატოგრაფიასა და კაპილარულ ელექტროქრომატოგრაფიაში
- 2) ენანტიომერების დაყოფის მექანიზმების კვლევა სითხურ ქრომატოგრაფიაში
- 3) ბუნებრივი წარმოშობის ქირალური პოლიეთერის სტერეოქიმიის კვლევა და მისი სინთეზური ანალოგების სინთეზი
- 4) ქირალური პესტიციდების სტერეოქიმიის დაყოფა და სტერეოქიმიის კვლევა

- 1) კაპილარული ელექტროფორეზი წარმოადგენს ნივთიერებათა დაყოფის მაღალეფექტურ მინიატურულ მეთოდს. ენანტიომერული ნარევების დაყოფა ამ მეთოდის გამოყენებით ემყარება ბუფერული ხსნარის ქირალური დანამატების, ე.წ. ქირალური სელექტორების გამოყენებას. ქირალური სელექტორი წარმოქმნის არაკოვალენტურ მოლეკულათშორის კომპლექსებს განსხვავებული მდგრადობებით მოცემული ქირალური ნივთიერების ენანტიომერებთან. ამ კომპლექსებს შეიძლება აგრეთვე განსხვავებული ელექტროფორეტული ძვრადობები გააჩნდეთ. ძირითადად ამ ორი მიზეზით ხერხდება ენანტიომერული ნარევების დაყოფა კაპილარულ ელექტროფორეზში. ჩვენი კვლევების მიზანს წარმოადგენს იმ ფიზიკო-ქიმიური და სტრუქტურული მექანიზმების კვლევა, რაც საფუძვლად უდევს ქირალურ გამოცნობას საანალიზო ნივთიერებისა და ქირალური სელექტორის მოლეკულათშორისი ურთიერთმოქმედების დროს.
- 2) სითხური ქრომატოგრაფია წარმოადგენს ენანტიომერული ნარევების დაყოფის ერთ-ერთ ძირითად მეთოდს. ჩვენს მიერ ამ მეთოდში გამოყენების მიზნით შემუშავებული იქნა ქირალური სტაციონარული ფაზები პოლისაქარიდების საფუძველზე. ამ ეტაპზე მიმდინარეობს ამ მასალების ქირალური გამოცნობის მექანიზმების გამოკვლევა.
- 3) ქართველ მეცნიერთა მიერ თბილისის სამედიცინო უნივერსიტეტის ი. ქუთათელაძის სახელობის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტიდან საქართველოში ხალხურ მედიცინაში გამოყენებული სამკურნალწამლო მცენარიდან გამოყოფილი იქნა საინტერესო ფარმაკოლოგიური თვისებების მქონე ქირალური პოლიეთერი. ამ ეტაპზე მიმდინარეობს ამ ბუნებრივი პოლიმერის სტრუქტურული და სტერეოქიმიური დახასიათება და მისი სინთეზური ანალოგების მომზადება.
- 4) ქირალური პესტიციდების დიდი ნაწილისათვის მათი სტერეოქიმია და სტერეოსელექტიური მოქმედება და მეტაბოლიზმი მცენარეებსა და გარემოში დღესდღეობით შესწავლილი არ არის. იაპონელ, ჩინელ და იტალიელ კოლეგებთან ერთად ჩვენ ვიკვლევთ ზოგიერთი პესტიციდის სტერეოქიმიის დაყოფისა და მათი სტერეოქიმიური დახასიათების შესაძლებლობებს ექსპერიმენტული და თეორიული ქიმიის მეთოდების გამოყენებით.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

ჩვენი ჯგუფის მიერ 2011 წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები თავმოყრილია ქვემოთ მოტანილ გამოქვეყნებულ და გამოსაქვეყნებლად გაგზავნილ სამეცნიერო ნაშრომებში, საკონფერენციო მოხსენებებსა და სემინარებში.

**შრომები საერთაშორისო ჟურნალებში და წიგნის თავებში:**

1. K. Lomsadze, A. Salgado, E. Calvo, J. A. López and B. Chankvetadze, Comparative NMR and MS studies on the mechanism of enantioseparation of propranolol with heptakis(2,3-diacetyl-6-sulfo)- $\beta$ -cyclodextrin in capillary electrophoresis with aqueous and non-aqueous electrolytes, *Electrophoresis*, 2011, 32, 1156-1163.
2. E. Domínguez-Vega, A. L. Crego, K. Lomsadze, B. Chankvetadze, and M. L. Marina, Enantiomeric separation of Fmoc-amino acids by nano-LC and CEC using a new chiral stationary phase, cellulose tris(3-chloro-4-methylphenylcarbamate), *Electrophoresis*, 2011, 32, 2700-2707.
3. E. Domínguez Vega, K. Lomsadze, L. Chankvetadze, A. Salgado, G. Scriba, E. Calvo, J. A. López, A. L. Crego, M. L. Marina and B. Chankvetadze, Separation of enantiomers of ephedrine by capillary electrophoresis using cyclodextrins as chiral selectors: Comparative CE and NMR studies, *Electrophoresis*, 2011, 32, 2640-2647.
4. K.S.S. Dossou, P.A. Edorh, P. Chiap, B. Chankvetadze, A.-C. Servais, M. Fillet, J. Crommen, LC method for the enantiomeric purity determination of S-amlodipine with the special emphasis on the reversal of the enantiomer elution order using chlorinated cellulose-based chiral stationary phases and polar non-aqueous mobile phases, *Journal of Separation Science*, 34(15),2011, 1772-1780.
5. A. Hendrickx, D. Mangelings, B. Chankvetadze and Y. Vander Heyden, Updating a chiral separation strategy for non-acidic drugs with capillary electrochromatography applicable for both chlorinated and non-chlorinated polysaccharide selectors, *Electrophoresis*, 2011, 32, 2718-2726.
6. L. Chankvetadze, N. Ghibradze, M. Karchkhadze, L. Peng, T. Farkas, B. Chankvetadze, Enantiomer elution order reversal of Fmoc-isoleucine by variation of mobile phase temperature and composition, *J. Chromatogr. A*, 1218 (2011), pp. 6554-6560.
7. K.S.S. Dossou, E. Farcas, A.-C. Servais, P. Chiap, B. Chankvetadze, M. Fillet, J. Crommen, Optimization of the LC enantioseparation of chiral acidic compounds using cellulose tris(3-chloro-4-methylphenylcarbamate) as chiral selector and polar organic mobile phases, *J. Chromatogr. A*, accepted.
8. V. Pérez-Fernández, E. Domínguez-Vega, B. Chankvetadze, A. L. Crego, M. Ángeles García, Maria Luisa Marina, Evaluation of new cellulose-based chiral stationary phases Sepapak-2 and Sepapak-4 for the enantiomeric separation of pesticides by nano-LC and CEC, *J. Chromatogr. A*, accepted.
9. K. Lomsadze, G. Jibuti, T. Farkas, B. Chankvetadze, Comparative high-performance liquid chromatography enantioseparations on polysaccharide based chiral stationary phases prepared by coating totally porous and core-shell silica particles, *J. Chromatogr. A*, accepted.
10. B. Chankvetadze, Enantioseparations by High Performance Liquid Chromatography Using Polysaccharide-Based Chiral Stationary Phases, Book Chapter, *Chiral Separations*, 2nd edition, Editor. G.K.E. Scriba, Humana Press, Springer, submitted.
11. B. Chankvetadze, Separation of Enantiomers, Book Chapter in: *Handbook of Separation Science: Liquid Chromatography*, Edited by S. Fanali, P. Haddad, C. Poole, and P. Schoenmakers, Elsevier, Submitted.
12. Bezhana Chankvetadze, Special issue of international journal *Electrophoresis on Enantioseparations* (Guest Editor), issue 19, volume 32, 2011, pp 2581-2776.

**მიწვეული და ზეპირი მოხსენებები საერთაშორისო კონფერენციებზე:**

1. Bezhana Chankvetadze, Application of capillary electrophoresis to pharmaceutical and biomedical analysis of chiral drugs, 8th Congress of Pharmaceutical Sciences - University of Sao Paulo – Brazil, Ribeirao Preto, Brasil, August 20-24, 2011.
2. Bezhana Chankvetadze, New effects with new chiral stationary phases for liquid-phase enantioseparation techniques, 14th Beijing Conference and Exhibition on Instrumental Analysis (BCEIA), October 13-15, 2011.
3. Liming Peng, Tivadar Farkas, and Bezhana Chankvetadze, Rational Selection of the Mobile Phase Modifier in Generic Chiral Screening Protocols in Normal Phase Liquid Chromatography with Polysaccharide-based Chiral Stationary Phases, *Chirality-2011*, 23rd International Symposium on Chiral Discrimination (ISCD 23), Liverpool, UK, July 10-13, 2011.

4. Bezhan Chankvetadze, Selected New Developments in HPLC Separation of Enantiomers by Using Polysaccharide-Based Chiral Stationary Phases, 17th International Symposium on Separation Science, Cluj-Napoca, Romania, September 5-9, 2011.
5. Bezhan Chankvetadze, New Insights on Separation Mechanism of Enantiomers in Aqueous and Non-aqueous Capillary Electrophoresis, 36th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques – HPLC 2011 Budapest, June 19-23, 2011.
6. Bezhan Chankvetadze, Recent studies for understanding enantiomer separation mechanisms in capillary electrophoresis, 37th International Symposium on High-Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2011 Dalian), Dalian, China, October 8-12, 2011.
7. Bezhan Chankvetadze, Application of capillary electrophoresis to pharmaceutical and biomedical analysis of chiral drugs, IUPAC International Congress on Analytical Sciences (ICAS2011), Kyoto, Japan, May 20-26, 2011.
8. Bezhan Chankvetadze, New Developments in Analytical and Preparative Scale Enantioseparations, 6th International Conference on Separations and Related Techniques (NoSSS-2011) will be held in Riga, on August, 24-27, 2011.
9. Bezhan Chankvetadze, New effects with new chiral stationary phases for liquid-phase enantioseparation techniques, The XXXIVth SYMPOSIUM, 'Chromatographic methods of investigating the organic compounds', Katowice – Szczyrk, June 8th – 10th, 2011.
10. Bezhan Chankvetadze, New effects with new chiral stationary phases for liquid-phase enantioseparation techniques, RDPA 2011, 14-th International Meeting on Recent Development in Pharmaceutical Analysis, September 21-24, Pavia, Italy.
11. Antonio Salgado, Bezhan Chankvetadze, Application of NMR spectroscopy in rationalizing the separation of enantiomers by CE. Study of some illustrative examples by CE, NMR and MS, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
12. K.S.S. Dossou, P. Chiap, B. Chankvetadze, A.-C. Servais, M. Fillet, J. Crommen, LC enantioseparation of basic pharmaceuticals using chlorine containing cellulose based chiral stationary phases and polar organic mobile phases, RDPA 2011, 14-th International Meeting on Recent Development in Pharmaceutical Analysis, September 21-24, Pavia, Italy.

#### სემინარები უცხოეთში:

1. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, 1-day seminar at Phenomenex Inc. (Germany), Aschaffenburg, Germany March 22, 2011.
2. Bezhan Chankvetadze, Chiral Separations, 1-day seminar at the Department of Chemistry, University La Sapienza, Rome, Italy, June 28, 2011.
3. Bezhan Chankvetadze, Chiral Separations, 1-day seminar at the Department of Pharmaceutical Chemistry, University of Milan, Italy, June 29, 2011.
4. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, 1-day seminar at 8-th Congress of Brazilian Pharmaceutical Society, Ribeirao Preto, Brasil, August 22, 2011.
5. Bezhan Chankvetadze, Chiral Separations, 1-day seminar in Basel, Switzerland, September 15, 2011.
6. Bezhan Chankvetadze, Chiral Separations, 1-day seminar at the Department of Pharmaceutical Chemistry, University of Bologna, Bologna, Italy, September 26, 2011.
7. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, Seminar at the Department of Chemistry, Peking University, Beijing, China, October 14, 2011.
8. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, Seminar at Pharmaron, Beijing, China, October 15, 2011.
9. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, Seminar at the Shanghai Institute of Organic Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, China, October 17, 2011.
10. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, Seminar at the Department of Chemistry, Nanjing University, Nanjing, China, October 18, 2011.



11. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, Seminar at the China Pharmaceutical University, Nanjing, China, October 18, 2011.
12. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, Seminar at the Department of Chemistry, Zhenjiang University, Hanzhou, China, October 19, 2011.
13. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, Seminar at the Department of Chemistry, Autonoma University Madrid, Madrid, Spain, November 12, 2011.
14. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, Seminar at Elly Lilly, Alcobendas-Madrid, Spain, November 12, 2011.
15. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, Seminar at the Department of Chemistry, Autonoma University Madrid, Madrid, Spain, November 12, 2011.
16. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, Seminar at Expoquimia, Spain, November 13 and 15, 2011.
17. Bezhan Chankvetadze, New Lux series of chiral stationary phases for HPLC separation of enantiomers, Seminar at Phenomenex Inc-France, Paris, November 22, 2011.

#### სტენდური მოხსენებები საერთაშორისო კონფერენციებზე:

1. Virginia Pérez-Fernández, Elena Domínguez-Vega, Bezhan Chankvetadze, Antonio L. Crego, Maria Angele Garcia, Maria Luisa Marina, Enantiomeric separation of pesticides by nano-LC and CEC using chiral cellulose-based stationary phases Sepapak-2 and Sepapak-4, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
2. Elena Domínguez-Vega, Antonio L. Crego, Ketevan Lomsadze, Bezhan Chankvetadze, Maria Luisa Marina, Enantiomeric separation of Fmoc-amino acids by nano-LC and CEC using cellulose tris(3-chloro-4-methylphenylcarbamate) as chiral stationary phase, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
3. A. Salgado, E. Domínguez-Vega, K. Lomsadze, L. Chankvetadze, A. L. Crego, M. L. Marina, B. Chankvetadze, Application of NMR spectroscopy in rationalizing the reversal of enantiomer migration order of ephedrine in CE experiments, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
4. A. Salgado, K. Lomsadze, E. Calvo, J. A. López, B. Chankvetadze, Application of NMR spectroscopy in rationalizing the reversal of enantiomer migration order of propranolol in CE experiments, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
5. M. Merlani, V. Barbakadze, L. Amiranashvili, L. Gogilashvili, M. Otarashvili, B. Chankvetadze, Synthesis and enantiomeric separation of methyl-3-(3,4-dimethoxyphenyl)glycidate, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
6. M. Merlani, V. Barbakadze, L. Amiranashvili, L. Gogilashvili, K. Papadopoulos, S. Samakashvili, B. Chankvetadze, Enantiomeric purity evaluation of 3-(3,4-dihydroxyphenyl)-glyceric acid-Basic monomeric moiety of a biologically active polyether from *Symphytum asperum* and *S. caucasicum*, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
7. A. Salgado, E. Domínguez-Vega, K. Lomsadze, L. Chankvetadze, A. L. Crego, M. L. Marina, B. Chankvetadze, Application of NMR spectroscopy in rationalizing the reversal of enantiomer migration order of norephedrine in CE experiments, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
8. A. Salgado, K. Lomsadze, K. Gogaladze, B. Chankvetadze, Application of NMR spectroscopy in rationalizing the reversal of enantiomer migration order of ketoprofen in CE experiments, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia

9. Khatuna Gogaladze, Bezhan Chankvetadze, Separation of enantiomers of chiral drug dimethindene maleate in capillary electrophoresis by using native cyclodextrins as chiral selectors, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
10. Khatuna Gogaladze, Bezhan Chankvetadze, Separation of enantiomers of chiral drugs brompheniramine and chlorpheniramine maleates by using native cyclodextrins as chiral selectors in capillary electrophoresis, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
11. George Jibuti1, Jacques Crommen, Bezhan Chankvetadze, Mechanistic study on the reversal of enantiomer elution order of amlodipine on selected polysaccharide-based chiral stationary phases in HPLC, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
12. Nino Ghibradze, Lali Chankvetadze, Tivadar Farkas, Bezhan Chankvetadze, Screening of novel polysaccharide-based chiral columns for separation of enantiomers of basic chiral compounds, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
13. Lali Chankvetadze, Nino Ghibradze, Marina Karchkhadze, Liming Peng, Tivadar Farkas, Bezhan Chankvetadze, Enantiomer elution order reversal of fluorenylmethoxycarbonyl-isoleucine in high-performance liquid chromatography by changing the mobile phase temperature and composition, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
14. Iza Matarashvili1, Lali Chankvetadze, Tivadar Farkas, Bezhan Chankvetadze, Screening of novel polysaccharide-based chiral columns for separation of enantiomers of acidic chiral compounds, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
15. Iza Matarashvili, Lali Chankvetadze, Tivadar Farkas, Bezhan Chankvetadze, Screening of novel polysaccharide-based chiral columns for separation of enantiomers of neutral chiral compounds, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
16. Lali Chankvetadze, Maia Merlani, Vakhtang Barbakadze, Bezhan Chankvetadze, Enantioseparation of chiral epoxides with two centers of chirality on polysaccharide-based chiral columns, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
17. Lali Chankvetadze, Tivadar Farkas, Bezhan Chankvetadze, A novel enantioselective stability-indicating method for chiral drug clopidogrel in pharmaceutical formulations, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia
18. Aleksandre Dadianidze, Giorgi Qurzikidze, Bezhan Chankvetadze, Determination of selected opiate drugs and their metabolites in biological samples using gas chromatography-mass spectrometry, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid Phase-separation Techniques, August 28-31, 2011, Tbilisi, Georgia

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

ჩვენი ხელმძღვანელობით 2011 წლის 28-31 აგვისტოს თბილისში ჩატარდა ნივთიერებათა ელექტრო- და თხევადფაზური დაყოფების მე-18 საერთაშორისო სიმპოზიუმი 130-ზე მეტი მონაწილით უცხოეთის 30-მდე ქვეყნიდან, მათ შორის ამერიკის შეერთებული შტატებიდან, იაპონიიდან, ავსტრალიიდან, ბრაზილიიდან, ჩინეთიდან, ტაივანიდან და ევროპის თითქმის ყველა ქვეყნიდან. სიმპოზიუმში მიემღვნა საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის დაფუძნების 70 წლისთავს. კონფერენციის მუშაობაში მთლიანად მონაწილეობდა 200-მდე მეცნიერი.

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

ჩვენ კვლევებს ამ ეტაპზე რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი სამწუხაროდ არ აფინანსებს. აღნიშნულმა ფონდმა არ დააფინანსა აგრეთვე ზემოთ ხსენებული საერთაშორისო სამეცნიერო სიმპოზიუმი. ჩვენი კვლევები ნაწილობრივ ფინანსდება იაპონური კომპანია Sumitomo Chemicals-ის

მიერ, ამერიკული კომპანია Phenomenex-ის და პირადი შემოწირულობების ხარჯზე. დიდი დახმარებას წარმოადგენს თანამშრომლობა უცხოელ კოლეგებთან. ამ თანამშრომლობის გარეშე ბევრი ჩვენი პროექტის განხორციელებას ვერ შევძლებდით.

### ასოცირებული პროფესორის მარინა რუხაძის მიერ 2011 წელს ჩატარებული სამეცნიერო კვლევების ანგარიში

#### კვლევის თემატიკა:

1. მიკროემულსიები და მათი გამოყენება ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა ქრომატოგრაფიული ქცევის შესასწავლად;
2. ზედაპირულად აქტიური სამკურნალო საშუალებების ფარმაკოკინეტიკური თავისებურებების შესწავლა

კვლევაში ჩართული პერსონალი: ძირითადი - ნ. ლომინაძე, რ. ჩალაძე, მ. გვარამია, მ. ალექსიშვილი, ნ. ქოქიაშვილი, ნ. ოკუჯავა, დამხმარე – ლ. კირვალიძე, დ. ფეტვიაშვილი, მ. კეკენაძე, ა. რუხაძე

1. შებრუნებული მიცელები იზოლირებული, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებით გარშემორტყმული წყლის წვეთებია, რომლებიც ბიოლოგიურ სისტემებში ჩაჭერილი წყლის კარგ მოდელს წარმოადგენს. შებრუნებული მიცელები უჯრედში მემბრანული სტრუქტურის ანალოგიურია. შებრუნებულ მიცელურ სისტემებში მიმდინარე ბიოლოგიური პროცესები კარგად იმეორებს მემბრანულ გარემოს. შებრუნებულ მიცელაში ჩაჭერილი წყალი ავლენს სულ მცირე ორ სტრუქტურას. წყალი, რომელიც ახლოსაა ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების მოლეკულებთან, ავლენს მეტ სიმკვრივეს, ნაკლებად თავისუფალია და წარმოქმნის ნაკლებ წყალბადურ ბმებს, ვიდრე მოლეკულები თავისუფალ (სუფთა) წყალში. მიუხედავად წყლის გულის ასეთი საინტერესო სტრუქტურისა, მონაცემები შებრუნებული მიკროემულსიური მოძრავი ფაზების თხევად ქრომატოგრაფიაში გამოყენების შესახებ ლიტერატურაში საკმაოდ მწირია. წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანია ზოგიერთი წამლის ქრომატოგრაფიულ ქცევაზე სხვადასხვა ფაქტორების მაგ. ანიონური ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების AOT-ის კონცენტრაციის, წყლის შემცველობის და მარილების დანამატების გავლენის შესწავლა.

მოძრავ ფაზაში შებრუნებული მიცელების თანაობა გავლენას ახდენს მოდელური ნივთიერებების აბსორბციულ სპექტრებზე უი-უბანში. შებრუნებულ მიკროემულსიებში დაიკვირვება აბსორბციის მაქსიმუმების გადანაცვლება და შთანთქმის დამატებითი მაქსიმუმის გაჩენა მათ სპექტრებთან შედარებით ტრადიციულ ჰიდრო-ორგანულ მოძრავ ფაზებში. ელექტრონულ სპექტრებში ცვლილებები აღინიშნება აგრეთვე ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების AOT-ის კონცენტრაციის ზრდისას. აღსანიშნავია, რომ სხვადასხვა იონების შეტანა წყლის ჯიბეებში იწვევს ნიმუშების ქრომატოგრაფიული შეკავების განსხვავებულ ცვლილებებს.

2. სამკურნალო წამლების ერთდროული მიღება გავლენას ახდენს თითოეული პრეპარატის შეწოვაზე, განაწილებაზე, ორგანიზმში ცირკულაციაზე, მეტაბოლიზმსა და ექსკრეციაზე. შესაბამისად იცვლება წამალთა ფარმაკოკინეტიკა და თერაპიული ეფექტიც. პრეპარატთა ურთიერთგავლენა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმ შემთხვევაში, როცა ერთ-ერთი ან ორივე წამალი ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებას წარმოადგენს. ზედაპირული აქტიურობით ხასიათება ფენობარბიტალი, ბარბიტალი, კოფეინი, ქლორპრომაზინი, პრომეტაზინი და ბევრი სხვა წამალი. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ფენობარბიტალი, ბარბიტალი და კოფეინი მიკუთვნება ზედაპირულად აქტიურ, თუმცა მიცელა არწარმოქმნელ ნივთიერებებს. ქლორპრომაზინი და პრომეტაზინი წარმოქმნის მიცელებს, რაც ნიშნავს, რომ თუ ორგანიზმში გარკვეულ ადგილებზე მათი კონცენტრაცია მეტი იქნება მიცელაწარმოქმნის კრიტიკულ კონცენტრაციაზე, შესაძლებელია მათი აგრეგაცია. თუმცა, ეს ნაკლებად სააღბათოა და ამ პრეპარატების განაწილებას, აბსორბციას და ელიმინაციას ძირითადად განსაზღვრავს მათი მოლეკულების ზედაპირულად აქტიური ბუნება და არა მათი უნარი წარმოქმნან მიცელები. ფენობარბიტალი, ქლორპრომაზინი და პრომეტაზინი, როგორც ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები, ადვილად შეაღწევენ მემბრანებში, გააძლიერებენ მემბრანულ ტრანსპორტს, ასევე

გაადვილებენ მემბრანებში სხვა ნივთიერებების შეღწევას. გარდა ამისა, ეს ნივთიერებები ხასიათდება ძლიერი პრესისტემური მეტაბოლიზმით, სისხლის ცილებთან, სხვადასხვა ორგანოსა და ქსოვილის კომპონენტებთან შეკავშირების მაღალი ხარისხით და სხვ.

წამალთა წყვილების: (Caff+PMZ), (Caff+ Risp) ფარმაკოკინეტიკის შესწავლამ ბოცვერის ორგანიზმში აჩვენა, რომ ორივე წყვილში წამალთა ერთდროული მიღება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მათ ფარმაკოკინეტიკაზე. ეს გამოიხატება აბსორბციისა და ბიოტრანსფორმაციის სიჩქარეების, სისხლში პრეპარატის შემცველობის (AUC), ჯერადი პიკების რაოდენობის, პრეპარატის მაქსიმალური კონცენტრაციის ( $C_{max}$ ), მაქსიმალური კონცენტრაციის მიღწევის დროის ( $t_{max}$ ) და სხვა კინეტიკური პარამეტრების ცვლილებაში, ზოგ შემთხვევაში პრეპარატის ორგანიზმში ყოფნის პროლონგირებაში.

კოფეინის თანაობისას 2-4-ჯერ იზრდება პრომეტაზინის მაქსიმალური კონცენტრაცია პლაზმაში, ფარმაკოკინეტიკურ მრუდებზე ჩნდება დამატებითი მესამე პიკები, მკვეთრად იზრდება (2-3-ჯერ) პრომეტაზინის აბსორბციის სიჩქარე  $W_{abs}$ , ხდება მისი ელიმინაციის მნიშვნელოვანი პროლონგირება და შესაბამისად, იზრდება AUC-ს მნიშვნელობა.

ბოცვერის ორგანიზმში 10 მგ რისპერიდონისა და 80 მგ კოფეინის ნარევების შეყვანისას (ნარევებში იცვლება წამლების მიცემის რიგითობა) ადგილი აქვს ამ პრეპარატების კონკურენციას აბსორბციული ადგილების დაკავებისათვის. ამასთან, კოფეინი მკვეთრად ამცირებს რისპერიდონის აბსორბციის სიჩქარეს, ხოლო რისპერიდონი პრაქტიკულად არ მოქმედებს კოფეინის აბსორბციის სიჩქარეზე.

კოფეინის თანაობისას ნარევებში ჩნდება რისპერიდონის დამატებითი  $C_{max}$ , პირველ პიკებზე მკვეთრად მცირდება რისპერიდონის აბსორბციისა და ელიმინაციის სიჩქარეები, 3-ჯერ მცირდება  $k_{el}$  და ამდენჯერვე იზრდება MRT და  $T_{1/2,el}$  მნიშვნელობები.

რისპერიდონის გავლენით ნარევებში ადგილი აქვს კოფეინის დამატებითი  $C_{max}$  წარმოქმნას, პირველ პიკებზე ელიმინაციის და ტერმინალური ელიმინაციის სიჩქარეების ზრდას. ამასთან კოფეინის აბსორბციის სიჩქარე და სხვა ფარმაკოკინეტიკური პარამეტრების მნიშვნელობა პრაქტიკულად ერთნაირია სუფთა კოფეინისა და ნარევებში. პროცესის საწყის სტადიებზე ხდება კოფეინის ერთერთი მეტაბოლიტის – თეოფილინის წარმოქმნის დათრგუნვა.

ამგვარად, ნარევებში ადგილი აქვს კოფეინის მიერ რისპერიდონის აბსორბციისა და ელიმინაციის დათრგუნვას და რისპერიდონის მიერ კოფეინის ელიმინაციის გაძლიერებას.

#### გამოქვეყნებული შრომები:

1. Marina Rukhadze, Maya Sebiskveradze, Nino Lominadze, Nino Kokiashvili, Indirect Detection of Alkylsulphonates via UV-absorbing Counter Ions in Ion Interaction Chromatography, Trends in Chromatography, 2010, v.6, p.51-56. (ჟურნალი გამოვიდა 2011 წელს, ამის გამო იგი არ არის მითითებული წინა წლის ანგარიშში).
2. Marina Rukhadze, Diana Dzidziguri, Nana Giorgobiani and Salome Kerkenjia, Imitation of biomembranes on the basis of cholic acid and endogenic thermostable protein complex in biopartitioning micellar chromatography, Biomedical Chromatography, 2011, v.25, Issue 12, p.1364-1368.
3. N. Kokiashvili, M. Alexishvili, M. Gonashvili, N. Okujava, G. Titvinidze, M. Rukhadze, Revealing of pharmacokinetic peculiarities of surface active drug promethazine in its interaction with caffeine in rabbits, Journal of Colloids and Surfaces, accepted for publication.

#### საერთაშორისო კონფერენციებში მონაწილეობა:

1. N. Lominadze, M. Gvaramia, R. Chaladze, N.Kokiashvili, M. Alexishvili, M. Rukhadze. Chromatographic behavior of risperidone in ion interaction and microemulsion chromatographic systems: Study of pharmacokinetics of risperidone. Conference Chemistry Today, Tbilisi, 2011, February, 26.
2. M. Rukhadze, M. Gvaramia, R. Chaladze, N. Lominadze. Water-in-Oil Microemulsions in HPLC, An International Colloid and Surface Science Symposium, London, UK, 2011, 4-6 July.
3. M. Rukhadze, M. Kokiashvili, G. Bezarashvili, Estimation of Chloral Hydrate Influence on Methanol-water Interaction *via* Chromatographic Behavior of some Biologically Important Compounds, 18-th International Symposium on Electro- and liquid Phase-separation Techniques, Tbilisi, Georgia, 2011, 28-31 August.

4. M. Gvaramia, R. Chaladze, N. Lominadze, M. Rukhadze, Chromatographic Behavior of Some Organic Compounds via Reverse Microemulsion Liquid Chromatography, 25-th ECIS Conference, Berlin, Germany, 2011, 4-9 September.

5. M. Gonashvili, G. Titvinidze, N. Kokiashvili, M. Alexishvili, M. Rukhadze. Influence of Caffeine on Pharmacokinetics of Micellar Drug Promethazine. 25-th ECIS conference, Berlin, Germany, 2011, 4-9 September.

**დაფინანსება:**

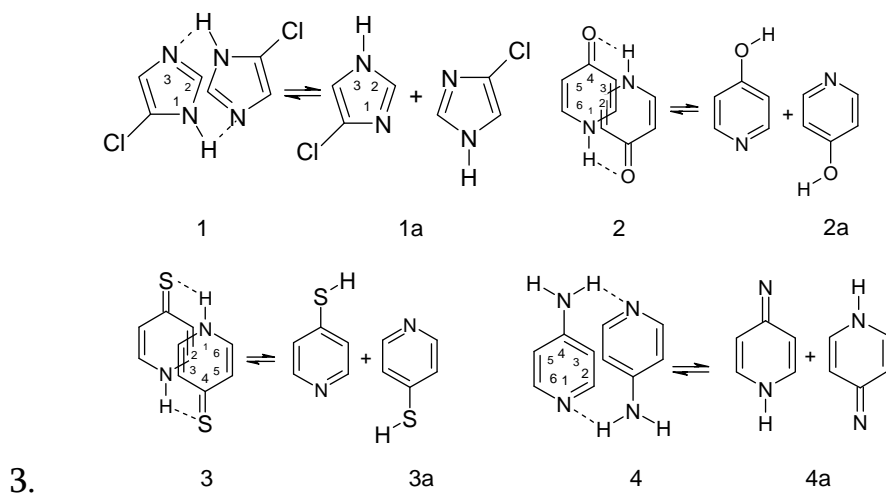
კვლევის თემატიკა 2 “ ზედაპირულად აქტიური სამკურნალო საშუალებების ფარმაკოკინეტიკური თავისებურებების შესწავლა” ხორციელდებოდა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დაფინანსებით.

**კვლევის თემატიკა: ქიმიური და ბიოქიმიური რეაქციების მექანიზმების ქვანტურ-ქიმიური მოდელირება**

**ხელმძღვანელი:** ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ჯუმბერ კერესელიძე  
**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ქიმიის დოქტორი ზურაბ ფაჩულია, ქიმიის დოქტორი თამარ ზარქუა, დოქტორანტები: მარინე ქვარაია და თინა კუჭუხიძე.

კალენდარული წლის განმავლობაში გრძელდებოდა კვლევები, რომელიც ეხება აზოტუმცველ ჰეტროციკლურ ნაერთებში, მათ შორის ნუკლეოტიდურ ფუძეებში, პროტონის გადატანის ქვანტურ-ქიმიურ მოდელირებას. კერძოდ, აგებულ იქნა 5-Cl-იმიდაზოლში (1), 4-პირიდონში (2), 4-პირიდინთიონში (3) და 3-ამინოპირიდინში (4) პროტონის გადატანის სტეკინგური მექანიზმის მოდელი, რომელშიც მოლეკულები განლაგებული არიან ერთმანეთის მიმართ პარალელურ სობრტყეებში და ტრანს-კონფიგურაციით.

სქემა 1



პროტონის გადატანის აქტივაციის ( $\Delta E^\ddagger$ ) და რეაქციის ენერჯის ( $\Delta E$ ) და ტაუტომერული წონასწორობის მუდმივების ( $K_T$ ) მნიშვნელობები გამოთვლილია თანამედროვე ქვანტურ-ქიმიური სიმკვრივის ფუნქციონალის თეორიის (DFT-Density Functional Theory) მეთოდით. გამოთვლების შედეგები მოყვანილია #1 ცხრილში

ცხრილი #1 პროტონის გადატანის აქტივაციის ( $\Delta E^\ddagger$ ) და რეაქციის ენერჯის ( $\Delta E$ ) და ტაუტომერული წონასწორობის მუდმივების ( $K_T$ ) მნიშვნელობები

#	ჰეტეროციკლი	$\Delta E^{\#}$ , კჯ/მოლი	$\Delta E$ , კჯ/მოლი	$K_T$
1	5-Cl-იმიდაზოლი	66.5	-183.7	0.86
2	4-პირიდონში	65.8	3.5	0.13
3	4-პირიდინთიონი	38.5	30.9	0.07
4	4-ამინოპირიდინი	91.7	75.2	0.05

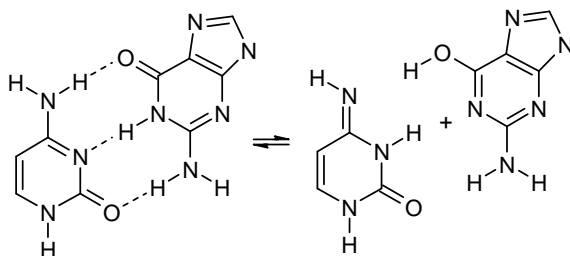
როგორც ცხრილიდან ჩანს 5-Cl-იმიდაზოლში, როგორც ხუთწევრიან ჰეტეროციკლში, პროტონის გადატანის პროცესი სტეკინგური მექანიზმით მიმდინარეობს ეგზოთერმულად და ტაუტომერული წონასწორობის მუდმივას მაღალი მნიშვნელობით. დანარჩენი ჰეტეროციკლებისთვისაც აქტივაციის ( $\Delta E^{\#}$ ) და რეაქციის ენერჯის ( $\Delta E$ ) და ტაუტომერული წონასწორობის მუდმივების ( $K_T$ ) მნიშვნელობები იცვლებიან მიღებული კანონზომიერების ფარგლებში. მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება გაკეთებულ იქნას დასკვნა პროტონის გადატანის შემოთავაზებულ მექანიზმის ცხოველმყოფელობის შესახებ.

**მიღებული შედეგები** გაფორმებულია სტატიის სახით და გაგზავნილია ჟურნალში „Heterocyclic Communication“.

პროტონის გადატანის მოლეკულათაშორის პროცესს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ნუკლეოტიდური ფუძეების ტაუტომერული გარდაქმნის რაოდენობრივი აღწერისათვის. ამ მიმართულებით შესრულებულია კვლევები, რომლებიც ეხება დნმ-ის დენატურაციისკენ მიდრეკილების ქვანტურ-ქიმიური მოდელირებას.

ცნობილია, რომ დნმ-ის დენატურაციის გამოწვევის ერთ-ერთი მიზეზია წყლის გარემოში სპირტების, კეტონების და სხვა გამხსნელების შერევა, რაც იწვევს გარემოს პოლარობის შემცირებას. თავის მხრივ დადგენილია, რომ გარემოს პოლარობის შემცირება იწვევს ნუკლეოტიდურ ფუძეებს შორის წყალბადური ბმების ტრიადული მანძილების ( $R_{NHO}$  და  $R_{NHN}$ ) შემცირებას. ამის შედეგად იზრდება პროტონების გადატანის უნარი და მასთან ერთად მუტაციის სიხშირე ( $v_m$ ), რადგან ლოვდინის თეორიის მიხედვით მუტაციის სიხშირე შეიძლება შეფასდეს იშვიათი ლაქტამ-ლაქტიმური (LL) და ამინ-იმინური (AI) ტაუტომერული ფორმების (5' და 6') კონცენტრაციების ნამრავლით. მაგრამ, რადგან ასეთი კონცენტრაციების გასაზღვრა ექსპერიმენტულად გამძლეებულია, ამიტომ კონცენტრაციების ნაცვლად ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ქვანტურ-ქიმიური მეთოდით განსაზღვრული ტაუტომერული წონასწორობის მუდმივები:

$$v_m = K_T(LL) \cdot K_T(AI)$$



5

6

5\*

6\*

სურ.1. ციტოზინ (5) გუანინის (6) წყვილის გარდაქმნა ლაქტამურ (5\*) ლაქტიმურ (6\*)  
ტაუტომერულ ფორმებად

ცნობილია, რომ სითბური გავლენით გამოწვეულ დნმ-ის დენატურაციაზე დაკვირვებისთვის გამოიყენება ე.წ. „ჰიპერქრომული ეფექტი“, რომლის თანახმადაც დენატურაციის შედეგად ადგილი აქვს 260 ნმ ტალღის სიგრძის შესაბამისი შთანთქმის ზოლის ინტენსივობის მკვეთრად გაზრდას. ჰიპერქრომული ეფექტი გამოიყენება მთლიანად დენატურირებულ დნმ-ზე დაკვირვებისთვის, მაგრამ დენატურაციისკენ მიდრეკილების შეფასებისთვის საჭიროა შთანთქმის მოლური კოეფიციენტის ზუსტი განსაზღვრა, რაც დამატებით სირთულეებს იწვევს.

ამასთან დაკავშირებით ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ე.წ. სოლვატოქრომული ეფექტი, რომლის მიხედვით ნაკლებად პოლარული გამხსნელები იწვევენ შთანთქმის ზოლის ბატოქრომულ წანაცვლებას. მართლაც, თუ დნმ-ის წყალხსნარის შთანთქმის ზოლი უი უბანში ტოლია 260 ნმ-ის, სპირტხსნარისთვის იგი წანაცვლებს 13 ნმ-ით, ანუ შთანთქმა მიიღება 273 ნმ-ზე. დიდი საიმედოებით მოსალოდნელია, რომ უფრო ნაკლებად პოლარული გამხსნელები, მაგალითად ბენზოლი და მისი წარმოებულები უფრო დიდი სიდიდის ბატოქრომულ წანაცვლებას გამოიწვევენ, რადგან მათი პოლარობის რაიჰარდტის პარამეტრი (Er), წყალთან შედარებით, მნიშვნელოვნად მცირეა.

ამრიგად, დნმ-ის გარემოს პოლარობის შემცირებით გამოწვეულ დენატურაციაზე დაკვირვება და რაოდენობრივი შეფასება გარემოს სოლვატოქრომული ეფექტის მიხედვით წარმოადგენს საკმაოდ მარტივ და საიმედო მეთოდს.

მიღებული შედეგები, სტატიის სახით გადაცემულია Yჟურნალში „J.Biol. Phys. Chem.“ და რედაქტირების შემდეგ მიღებულია დასაბეჭდად.

მიკროპროცესების აღწერის ქვანტურ-ქიმიური მოდელების აქტუალობაზე მიუთითებს ის შედეგები, რომლებმაც შეიძლება მიზნობრივად ჰპოვოს პრაქტიკული გამოყენება ქიმიური და ბიოქიმიური გარდაქმნების რაოდენობრივი წარმოდგენისათვის.

2011 წელს გამოქვეყნებული შრომები და მოხსენება საერთაშორისო კონფერენციაზე:

1. J. Kereselidze, M. Kvaraia, Z. Pachulia, T. Zarkua. Quantum-Chemical Modeling of the Mechanisms of Synthesis of Pyrimidine and Purine, Bull. Georgian Nat.Acad.Sci. v.5 (2) pp. 69-72 (2011).
2. M.Tsintsadze, J.Kereselidze. Quantum-Chemical Study of the Solvent Effect on the Formation Ability of Complexes Acetamide and N,N-Dimethylacetamide with Metal, Bull. Georgian Nat.Acad.Sci. v.5 (1) pp. 55-57 (2011)
3. J. Kereselidze, M. Kvaraia, Z. Pachulia, Quantum-Chemical Modeling of the Mechanisms of Tautomerism in some Heterocyclic Compounds. 2<sup>nd</sup> International Conference on Organic Chemistry, September 25-27, Tbilisi, Georgia. Program book of abstracts notebook, P.54

**დაფინანსება:** ქვანტურ-ქიმიური გამოთვლები სრულდებოდა ევროკომისიის პროექტის მხარდაჭერით საბერძნეთისა და სერბეთის მულტიპროცესულ კომპუტერულ კლასტერებზე.

4. European Commission FP7 Project „High-Performance Computing Infrastructure for South East Europe’s Research Communities“. Grant No: 261499

**კვლევის თემატიკა:** ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა ქრომატოგრაფიული დაყოფის მოდელირება და ოპტიმიზაცია

**შემსრულებელი:** ასისტენტ პროფესორი გიორგი ბეზარაშვილი

შებრუნებულ ფაზიან მიცელარულ სითხურ ქრომატოგრაფიაში ნივთიერებათა დაცილების პროცესზე ერთდროულად მრავალი ფაქტორი ახდენს გავლენას. მათი მოქმედების არაადიტიურობის პირობებში მათემატიკური მოდელირება წარმოადგენს ეფექტურ საშუალებას ნარევთა დაყოფის ოპტიმიზაციისათვის.

კვლევის მოცემულ ეტაპზე სამუშაოს მიზანს შეადგენდა ქრომატოგრაფიულ სვეტში ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების – ბენზონალისა და ჰალონალის ნარევთა დაყოფის სტატისტიკური მოდელის აგება მეორე რიგის როტატაბელური მათემატიკური დაგეგმვის მეთოდით. მეორე რიგის დაგეგმვა საშუალებას იძლევა შერჩეულ იქნას ვარირების ფართო ინტერვალი ძირითადი ფაქტორებისათვის. ამასთან, ინფორმაციის რაოდენობა, რომელსაც შეიცავს მიღებული რეგრესიის განტოლება (სტატისტიკური მოდელი), არ არის დამოკიდებული ფაქტორულ სივრცეში შერჩეულ მიმართულებაზე.

ძირითად ფაქტორებს (ნატურალურ ცვლადებს) შეადგენდნენ:

- Z<sub>1</sub>** – ნატრიუმის დოდეცილსულფატის კონცენტრაცია ხსნარში.
- Z<sub>2</sub>** – ორგანული მოდიფიკატორის (პენტანოლი+ჰეპტანოლი) შემცველობა.
- Z<sub>3</sub>** – მომრავი თხევადი ფაზის წყალბადის მაჩვენებელი.

ძირითად ფაქტორთა საბაზისო დონეები და ვარირების ინტერვალები მითითებულია № 1 ცხრილში:

**ცხრილი 1.**

ძირითადი ფაქტორები	საბაზისო დონე, <b>Z</b>	ვარირების ინტერვალი, <b>h</b>
<b>Z<sub>1</sub></b> , მმოლი/ლ	100,0	30,0
<b>Z<sub>2</sub></b> , მლ/ლ	50,0	15,0
<b>Z<sub>3</sub></b> (= P <sup>H</sup> )	5,0	1,5

გამომახილს (**Y**) წარმოადგენდა ქრომატოგრაფიული გარჩევის კოეფიციენტი ბენზონალისა და ჰალონალისათვის.

მეორე რიგის დაგეგმვის მატრიცა წარმოდგენილია № 2 ცხრილში. იგი ითვალისწინებს 20 ცდის ჩატარებას, მათ შორის 6 ცდა ტარდება დაგეგმვის ცენტრში. **x<sub>1</sub>**, **x<sub>2</sub>** და **x<sub>3</sub>** შეესაბამებიან უგანზომილებო კოდირებულ ძირითად ფაქტორებს, რომლებიც წრფივად უკავშირდებიან ნატურალურ შესავალ ცვლადებს.

აღნიშნული გეგმის მიხედვით ჩატარებული ცდების შედეგები აგრეთვე ნაჩვენებია №2 ცხრილში. ჩანს, რომ საუკეთესო შედეგი დაფიქსირდა №3 ცდის პირობებში, სადაც  $Y = 0,8$ . ამ შემთხვევაში კომპონენტთა დაყოფა მხოლოდ ნაწილობრივია, რაც მოითხოვს გაუმჯობესებას.

ექსპერიმენტული მონაცემები დამუშავდა სამეცნიერო ლიტერატურაში ცნობილი მეთოდის მიხედვით; განისაზღვრა რეგრესიის კოეფიციენტთა რიცხვითი მნიშვნელობები და სტიუდენტის კრიტერიუმის დახმარებით შეფასდა მათი მნიშვნელოვნობები. საბოლოოდ დადგინდა რეგრესიის განტოლების შემდეგი კონკრეტული სახე:

$$Y = 0,579 - 0,065 x_1 + 0,053 x_2 - 0,023 x_3 - 0,072 x_1 x_2 + 0,032 x_2 x_3 + 0,030 x_1 x_3 - 0,107 x_1^2 - 0,083 x_2^2 + 0,009 x_3^2.$$



წარმოდგენილი კვადრატული მოდელის მიხედვით, დაყოფის პროცესზე ყველაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ პირველი და მეორე ძირითადი ფაქტორები; მნიშვნელოვანია აგრეთვე მათი ურთიერთგავლენაც.

ცხრილი 2

№	x <sub>0</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>2</sub>	x <sub>2</sub> x <sub>3</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>3</sub>	x <sub>1</sub> <sup>2</sup>	x <sub>2</sub> <sup>2</sup>	x <sub>3</sub> <sup>2</sup>	Y <sub>ესპ.</sub>
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0,57
2											
3	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	0,33
4											
5	+1	-1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	0,80
6.											
7	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	0,21
8	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	0,44
			-1	+1		-1	+1	+1	+1	+1	0,24
	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	0,74
			+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	0,33
	+1	-1			+1						
	+1	+1									
9	+1	-1,68	0	0	0	0	0	+2,83	0	0	0,02
10	+1	+1,68	0	0	0	0	0	+2,83	0	0	0,36
11	+1	0	-1,68	0	0	0	0	0	+2,83	0	0,20
12	+1	0	+1,68	0	0	0	0	0	+2,83	0	0,32
13	+1	0	0	-1,68	0	0	0	0	0	+2,83	0,56
14	+1	0	0	+1,68	0	0	0	0	0	+2,83	0,48
15	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,47
16	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,52
17	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,62
18	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,55
19	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,70
20	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,65

მიღებული განტოლების სათანადო ანალიზმა აჩვენა, რომ შესაბამისი ჰიპერზედაპირის „განსაკუთრებული წერტილის“ კოორდინატებია:

$$x_{1,s} = -0,416; \quad x_{2,s} = 0,653; \quad x_{3,s} = 0,769.$$

გამომახილის ჰიპერზედაპირის ფორმის გარკვევისათვის რეგრესიის განტოლება დავიყვანეთ „კანონიკურ ფორმამდე“. სათანადო წესის მიხედვით შესრულებულმა ოპერაციებმა მოგვცეს შემდეგი:

$$Y = 0,601 - 0,057 X^1 - 0,136 X^2 + 0,013 X^3.$$

კანონიკური განტოლების ასეთი სახე მიუთითებს იმაზე, რომ წარმოსახვით სივრცეში გამომახილის ჰიპერზედაპირი წარმოდგენს ჰიპერბოლურ პარაბოლოიდს. განტოლებიდანვე ჩანს, რომ გამომახილის (დაყოფის კოეფიციენტის) უსწრაფესი გაზრდისათვის საჭიროა

„განსაკუთრებული წერტილიდან“ ფაქტორულ სივრცეში გადაადგილება კანონიკური  $X_3$  ღერძის გასწვრივ. დამატებითა ცდებმა აჩვენეს, რომ აღნიშნული მიმართულებით გადაადგილებისას შესაძლებელია ბენზონალისა და ჰალონალის თითქმის სრული დაყოფის მიღწევა ქრომატოგრაფიულ სვეტში.

კალენდარული წლის განმავლობაში გ.ბეზარაშვილის მიერ გამოქვეყნებული იქნა შემდეგი სტატია:

**Development of novel, ecologically friendly non toxic fire-extinguishing powders on the basis of domestic mineral raw materials /L.Gurchumelia, G.Abashidze, G.Bezarashvili, D.Petviashvili, K.Sulaberidze.– Georgia Chemical Journal, 2010, v.10, № 4.– p.56-58 .**

(აღნიშნული ნომერი გამოქვეყნდა 2011 წლის თებერვალში)

2011 წლის 28–31 აგვისტოს გ.ბეზარაშვილმა თანამომხსენებლებთან ერთად მონაწილეობა მიიღო საერთაშორისო სამეცნიერო სიმპოზიუმის მუშაობაში:

**18-th International Symposium on Electro- and liquid Phase-separation Techniques.**

**სტენდური მოხსენების თემა:**

Estimation of Chloral Hydrate Influence on Methanol-water Interaction *via* Chromatographic Behaviour of some Biologically Important Compounds /M.Rukhadze, M.Kokiashvili, G.Bezarashvili .

**კალენდარულ წელს საქპატენტის მიერ გაცემული იქნა შემდეგი პატენტი:**

ცეცხლმაქრი ფხვნილები ცეოლიტების, პერლიტებისა და თიხაფიქალების საფუძველზე (ლ.ღურჭუმელია, გ.ბეზარაშვილი, ფ.ბეჟანოვი, ვ.ტყემალაძე, ო.ჩუდაკოვა), საიდენტიფიკაციო № 11 528/01.

#### 5.ასისტენტ პროფესორი ნინო თაყაიშვილი

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა** (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. ქ. ლაფერაშვილი, ნ. ლაბარტყავა, თ. დავითაია, ნ. თაყაიშვილი. საქართველოში საკვებდანამატების გამოყენების პრობლემები და მათი გადაჭრის გზები, საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 11(1), 2011, 89-91.
2. შ. სიდამონიძე, ნ. თაყაიშვილი, მ. გუდავამე, ნახშირბადოვანი ნანომომილაკების ჩNთ მექანიკური თვისებების შესახებ, საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 11(1), 2011, 112-113.
3. შ. სიდამონიძე, ნ. თაყაიშვილი, ზომითი ეფექტის შესახებ. NANO-2010. ნანოქიმია, ნანოტექნოლოგიები. პირველი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები. თბილისი, 23-24 მარტი, 2010. გამომცემლობა “უნივერსალი” თბილისი 2011, გვ. 20-30. [universal@internet.ge](mailto:universal@internet.ge)

#### 6.მოწვეული პროფესორი, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, გურამ სუპატაშვილი გამოქვეყნებული შრომები:

1. გ.სუპატაშვილი, რაოდენობითი ანალიზი, თსუ, 2011.
2. Супаташвили Г.Д., Давитаия Т.А. Влияние биогазификации отходов животноводических ферм на экохимические параметры притоков реки Хоби. Изв. Аграрных наук. 2011. т.9, №3, 48-52.

#### ცირა ბერუაშვილი, ბიოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორი

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: პროექტის ხელმძღვანელი—ცირა ბერუაშვილი**

**კვლევაში ჩართული პერსონალი: ნატალია ოკუჯავა, მელსი სილაგამე, მანანა მამუკაშვილი, ნური ხვიჩია, ოთარ ვარდიგორელი. 2 თვე იყო დასაქმებული ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, იზაბელა გიუაშვილი.**

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის პროექტი 1-5/76 “დედამიწის სიღრმული სითბოს გამოყენების ეკონომიკური, ეკოლოგიური და სოციალური ასპექტები”

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):** – პროექტის ფარგლებში ჩატარებული სამუშაო შეეხება გეოთერმული წყლის გაწმენდის ახალ ტექნოლოგიას, რომელიც არატრადიციულ განახლებადი ენერჯის წყაროს ფართო გამოყენების პერსპექტივას ისახავს მიზნად

საქართველოს ტერიტორიაზე დღეისათვის აღრიცხულია 300-მდე გეოთერმული წყლის ჭაბურღილი. მათი დებეტი წელიწადში 220-250 მლ.მ<sup>3</sup> შეადგენს. ისინი გამოირჩევა თავისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით, როგორც მაღალტემპერატურული (65-110°C) და დაბალმინერალიზირებული (0,4-2,5 გ/ლ-ზე) წყლები, რაც მათი ფართო გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა. მაგრამ მათ გამოყენებას აფერხებს წყლის აქტიური კოროზიული თვისებები და გოგორდწყალბადის სუნი. თბილისის საბადოების გეოთერმული წყლის ქიმიური ანალიზით დინამიკაში დადგენილია, რომ წყლის ხარისხი არ აკმაყოფილებს საერთაშორისო სტანდარტებს. რაც გამოწვეულია წყალში არსებული ჯამური გოგორდწყალბადის შემცველობით (თავისუფალი გოგორდწყალბადი და ჰიდროსულფიდ იონი  $H_2S+HS^-$ ), რომლის კონცენტრაციაც თბილისის ბურღილებში (ლისი # 1,5,7,9 და იპოდრომი #4) მერყეობს 5-18 მგ/ლ ფარგლებში (ნორმა 3მგ/ლ). აქედან თავისუფალი გოგორდწყალბადის შემცველობა არის 1 მგ/ლიტრამდე (ნორმა 0,03მგ/ლ), დანარჩენი კი წყალში გახსნილი ჰიდროსულფიდ იონია. გოგორდწყალბადის ორივე ფორმა ერთნაირი ტოქსიკური თვისებებით ხასიათდება, რამაც მომხმარებელში ხანგრძლივი დროით გამოყენების შემთხვევაში შეიძლება გამოიწვიოს რესპირატორული და სხვა დავადებები.

**პროექტის ძირითადი მიზანია:** გეოთერმული წყლის გაწმენდის ეკოლოგიურად სუფთა ტექნოლოგიური პროცესის შემუშავება და მისი გამოცდა.

თბილისის მიდამოებში არსებული საბადოების (საბურთალო, ლისის და ვაშლიჯვრის) გეოთერმული წყლის ხარისხის დადგენა, სანიტარულ-ქიმიური შემადგენლობის შესწავლა

სამეცნიერო ლაბორატორიული კვლევების ჩატარება; წყლის ტოქსიკური ნივთიერებისგან გაწმენდის ფიზიკო-ქიმიური, სორბციული მეთოდების გამოყენება; ჯამური გოგორდწყალბადის ( $H_2S+HS^-$ ) ორივე ფორმის სრულყოფილი ადსორბციისათვის მოდიფიცირებული ფილტრის ოპტიმალური ზომების დადგენა; მისი კინეტიკის შესწავლა ადსორბციის ხარისხის განსაზღვრა.

მოდიფიცირებული ფილტრის აღდგენის (რეგენერაციის) პირობების შესწავლა (სხვადასხვა რეაგენტების გამოცდა, რეგენერაციის პირობების დადგენა.

➤ შექმნილი ფილტრის გამოყენებით გამწმენდი ლაბორატორიული დანადგრის (მოდელის) შექმნა, გამოცდა და დემონსტრირება

➤ მოდელური ხელსაწყო შექმნა და მისი გამოცდა ბუნებრივ პირობებში თბილისის ჭაბურღილებზე (იპოდრომი #4)

მიღებული შედეგების სადემონსტრაციო ჩვენება.

შემუშავებული მეთოდის წარდგენა გამოგონებაზე საავტორო უფლებების დასაცავად და პატენტის მისაღებად, საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ცენტრში

### 2011 წელს პროექტის ფარგლებში ჩატარებულია შემდეგი სახის სამუშაოები:

- შეირჩა მოდიფიცირებული ცეოლიტის და აქტივირებული ნახშირის აღმდგენელები, დადგინდა რეგენერაციის პირობები;
- მიღებული ლაბორატორიული შედეგები შემოწმდა ბუნებრივ პირობებში იპოდრომის #4 ჭაბურღილის თერმიულ წყალზე
- დაპროექტდა და აეწყო პილოტური საცდელი მოდელი
- ჩატარდა ცდები გაწმენდის ხარისხის დასადგენად. მიმდინარეობდა დაკვირვებები, შექმნილი ფილტრის მუშაობის ხანგრძლივობაზე და ხარისხზე
- შესრულდა შედარებითი ანალიზები წყლის შემადგენელ კათიონთა და მძიმე მეტალთა ცვლილებების დასადგენად.
- მომზადდა პრეზენტაცია და სტატიები

განსახილველად კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები: იპოდრომის ჭაბურღილ #4ზე, დამონტაჟდა ექსპერიმენტული პილოტური მოდელი, რომელზედაც შესრულდა ლაბორატორიულად შემუშავებული წყლის გაწმენდი ფილტრის გამოცდა ბუნებრივ პირობებში.

პილოტური მოდელის დანადგარი შედგება სამ ცილინდრიანი სისტემისაგან, რომლებშიც გამწმენდი ფილტრის სახით ჩატვირთული იყო სორბენტები: 1 და 2 სვეტში 600გრ. 1-3 მმ გრანულების ზომის გააქტივირებული ნახშირი, ხოლო 3 სვეტში 2-2,5მმ გრანულების ზომის სპილენძით მოდიფიცირებული ცეოლიტ-კლინოპტილოლიტი.

ფილტრაციის პროცესის უწყვეტი ციკლის შენარჩუნებისათვის პირველი ნახშირის ფილტრის ადსორბციის უნარის შემცირებისას იცვლება ნახშირის მეორე ფილტრით, და მიმდინარეობს პირველის რეგენერაცია. შემდეგ პირველი ფილტრი ირთვება სისტემაში და მიმდინარეობს მეორე ფილტრის რეგენერაცია. მათი მონაცვლეობა უზრუნველყოფს მოდიფიცირებული ფილტრის ხანგრძლივი დროით ადსორბციის უნარის შენარჩუნებას

ყოველდღიურმა დაკვირვებებმა ჯამური გოგირდწყალბადის შემცველობაზე, თერმული წყლის გაწმენდამდე და გაწმენდის შემდეგ აჩვენა, რომ წყალში გოგირდოვანი ნაერთების შემცველობა მცირდება სასმელი წყლის კონდიციაში, უმჯობესდება წყლის ორგანოლექტიკური თვისებები ტემპერატურის მცირედ ცვლილების დროს. L მიმდინარეობს სიხისტის გამომწვევი იონების  $Ca^{+2}$  და  $Mg^{+2}$  იონცვლა  $Na^{+}$  ან  $K^{+}$  იონებზე, მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების ანალიზით დადგინდა თერმული წყლის გასაწმენდად გამოყენებული მოდიფიცირებული ფილტრი არ ცვლის მაჩვენებლებს. გაფილტრული წყლის საყოფაცხოვრებო მიზნებით გამოყენება არ შეიცავს ეპიდემოლოგიურ საშიშროებას მოსახლეობისათვის.

**გაფორმდა განაცხადი სარგებლო მოდელზე, „გოგირდოვანი ნაერთებისგან გეოთერმული წყლის გაწმენდის ხერხი“, რომელიც წარდგენილია ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნულ ცენტრში, „საქპატენტში“ 15.12. 2011 (განაცხადის ნომერია 12502/02).**

შემუშავებული გამწმენდის მეთოდის დანერგვით მოსალოდნელია შემდეგი შედეგების მიღწევა:

- გაწმენდილი წყლის გამოყენება გაიზრდება თბომომარაგებაში, კვების საწარმოებში და სოფლის მეურნეობაში.
- გეოთერმული პოტენციალის რაციონალური გამოყენება გააუმჯობესებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას, შემცირდება ორგანული საწვავის გამოყენება, ატმოსფერულ ჰაერში შემცირდება გამონაბოლქვი აირების (CO<sub>2</sub>) კონცენტრაცია.
- დაიზოგება სასმელი წყალი, ორგანული საწვავი და ელექტროენერგია.
- გაუმჯობესდება მოსახლეობის ეკონომიური მდგომარეობა, შეუმცირდებათ გადასახადები.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):  
გამოქვეყნებული სტატიები:**

1.გ. ბერუაშვილი, ზ. გოგოჭური, მ. მამუკაშვილი, მ. სილაგაძე, ნ. ოკუჯავა – “თბილისის გეოთერმული წყლებიდან გოგირდწყალბადის ადსორბცია ბუნებრივი სორბენტებით” საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტ.11 #4. 2011 წელი.

2.ნ. ოკუჯავა, თ. ხელაძე, ნ. ხვიჩია, ზ. გოგოჭური; - “ბუნებრივი ცეოლიტების გამოყენება გეოთერმული წყლებიდან გოგირდწყალბადის მოსაშორებლად.” საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტ. 11 #3 გვ. 312-315 ; 2011 წელი

**3.Beruashvili Tsira, Akhalbedashvili Lali, Gogotchuri Zviadi,- “Sorption methods of water treatment technologies in geothermal water”-** მე-7 საერთაშორისო სიმპოზიუმის “ადამიანის ეკოლოგია და მოსახლეობის მედიკო-ბიოლოგიური უსაფრთხოება” - შრომათა კრებული, გვ 90-95. 2012 წელი. ესპანეთი, მურსია

**4.Гоциридзе Р.С. Беруашвили Ц.А. «Семейный микрофилтрационный аппарат для получения экологически чистой питьевой воды».** მე-7 საერთაშორისო სიმპოზიუმის “ადამიანის ეკოლოგია და მოსახლეობის მედიკო-ბიოლოგიური უსაფრთხოება” - შრომათა კრებული, გვ 31-33. 2012 წელი. ესპანეთი, მურსია

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.): - არ ყოფილა**

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში): - შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი.**

**კვლევის თემატიკა: 4-მეთილბენზოლაზოროდანინის Au(111) -თან წარმოქმნილი კომპლექსის შესწავლა და გამოყენება ქიმიური ანალიზში**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: მოწვეული პროფესორი ქიმიის დოქტორი ნელი თელია, მოწვეული პროფესორი ქიმიის დოქტორი ჟუჟუნა გურჯია, უფროსი ლაბორანტი ნანა მაგალობლიშვილი**

მიუხედავად იმისა, რომ ოქროს მოპოვების და დამუშავების ისტორია დაახლოებით ექვსიათას წელს ითვლის, დღესაც აქტუალურია ოქროს გამოყოფის და განსაზღვრის ახალი მგრძობიარე, სელექტიური მეთოდების ძიება.

ლიტერატურული მონაცემებით როდანინის ფუძეზე სინთეზირებული ორგანული რეაგენტები მგრძობიარე და სელექტიურები არიან ძვირფასი მეტალების განსაზღვრისათვის, მაგრამ მათგან მხოლოდ რამდენიმე მათგანია გამოყენებული ოქროს განსაზღვრისათვის. ყველაზე ფართოდ ამ მიზნით გამოყენებულია 5-[n-დიმეთილამინობენზილიდენროდანინი]. ეს რეაგენტი მაღალმგრძობიარე, მაგრამ არასელექტიურია. ამასთან აუცილებელია ოქროს დაცილება მაკროკომპონენტებისაგან თანდალექვით, კოლექტორად იყენებენ ტელურის ნაერთებს. მეთოდი ხანგრძლივი და შრომატევადია.

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა როდანინის ერთ-ერთი აზონაწარმის 4-მეთილბენზოლაზოროდანინის კომპლექსწარმოქმნის შესწავლა ოქროსთან. ეს ნაერთი წარმოადგენს 5-[n-დიმეთილამინობენზილიდენ როდანინის ანალოგს. ამდენად საინტერესოა მისი გამოყენება მცირე რაოდენობა ოქროს განსაზღვრისათვის, თუმცა მისი ურთიერთქმედების შესახებ ოქროს იონებთან ლიტერატურაში მონაცემები არ არსებობს.

4-მეთილბენზოლაზოროდანინი ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე Au(111) -თან წარმოქმნის ნარინჯისფერ-წითელი ფერის კომპლექსურ ნაერთს, რომლის შეფერვის ინტენსივობის მაქსიმუმი მიიღწევა pH=0-1,5 ზღვრებში რეაგენტის 10-ჯერადი სიჭარბისას კომპლექსის შთანთქმის მაქსიმუმი მდებარეობს 490ნმ ტალღის სიგრძეზე, ხოლო რეაგენტის 430 ნმ-ზე. შეფერვის ინტენსივობა მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს მორეაგირე კომპონენტების შერევიდან 15 წუთის შემდეგ. და მდგრადია 2 საათის განმავლობაში, შემდეგ ხსნარი იმღვრევა.

დავადგინეთ, რომ რეაქციის მიმდინარეობაზე გავლენას ახდენს მორეაგირე კომპონენტების დამატების თანმიმდევრობა და ოპტიმალურია შემდეგი ვარიანტი: ოქრო+რეაგენტი+მჟავა.

კომპლექსის შეფერილი ხსნარები ლამბერტ-ბერის კანონს ემორჩილება ოქროს კონცენტრაციის შემდეგ ქვრებში: 0,2-2,0მკგ/მლ. შთანთქმის მოლური კოეფიციენტი  $\epsilon_{\lambda}=1,73 \cdot 10^4$

სხვადასხვა იონების გავლენის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ კომპლექსწარმოქმნას ხელს არ უშლის ტუტე და ტუტემიწათა მეტალები, Ni (11), Co (11), ხელს უშლის 1:1 თანაფარდობით Ag(1), Hg(1, 11), Pb (11), Fe(111), Ga (11), Pt(IV), 1:10 Zn(11), 1:50 Pb(11), Se(11), Te(111), 1:100 Cu(11), Bi(111), ხელისშემშლელი იონების გავლენის თავიდან აცილების მიზნით გამოყენებული იქნა შემნიღბავი რეაგენტები: კომპლექსონ 111 და ფოსფორმჟავა.

მიღებული შედეგების საფუძველზე შემუშავებულია მიკრორაოდენობა ოქროს განსაზღვრის მეთოდი და იგი გამოყენებულია ოქროს შემცველი ბუნებრივი ობიექტებისათვის (კვარციტები, სულფიდური მადნები) მეთოდის სისწორე სემოწმებულია მოდელოურ ხსნარებზე და სტანდარტულ ნიმუშებში ოქროს შემცველობის განსაზღვრით. ბუნებრივ ობიექტებში ოქროს განსაზღვრის ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები შედარებულია ოქროს განსაზღვრის ცნობილი მეთოდებით მიღებულ შედეგებთან. მიღებულია დამაკმაყოფილებელი შედეგები, ფარდობითი სტანდარტული გადახრა 0,03-0,07-ის ფარგლებშია.

**ქიმიის დოქტორი შორენა სამაკაშვილი**

**გამოქვეყნებული შრომები:**

1. S. Samakashvili, C. Ibanez, C. Simo, F.J. Gil-Bea, B. Winblad, A. Cedazo-Minguez, A. Cifuentes, Analysis of chiral amino acids in cerebrospinal fluid samples linked to different stage of Alzheimer disease, Electrophoresis, 32 (2011) 2757-2764.
2. S. Samakashvili, C. Ibanez, C. Simo, F.J. Gil-Bea, B. Winblad, A. Cedazo-Minguez, A. Cifuentes, Analysis of chiral amino acids in cerebrospinal fluid samples linked to different stage of Alzheimer

- disease, 18-th International Symposium on Electro- and Liquid-phase Separations, ITP 2011, August 28-31, Tbilisi, Georgia.
3. S. Samakashvili, C. Ibanez, C. Simo, F.J. Gil-Bea, B. Winblad, A. Cedazo-Minguez, A. Cifuentes, Analysis of chiral amino acids in cerebrospinal fluid samples linked to different stage of Alzheimer disease, 36-th International Symposium on High-Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques, HPLC 2011, June 19-23, 2011, Budapest, Hungary.

**სამეცნიერო ქვემომართულება: ბიოორგანული ქიმია**

ჭავჭავაძის გამზ. 3, ტელ: 222 54 50, 599 57 00 43; rgakhokidze@gmail.com

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): პოტენციურ ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა სინთეზი ნახშირწყლების ბაზაზე.****ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: ხელმძღვანელი - სრული პროფესორი რ. გახოვიძე, ასისტენტ-პროფესორი ნ. სიდამონიძე, ლაბორატორიის გამგე რ. ვარდიანი, უფ. ლაბორანტი მ. თათარაშვილი, ლაბორანტი მ. ნუცუბიძე.**

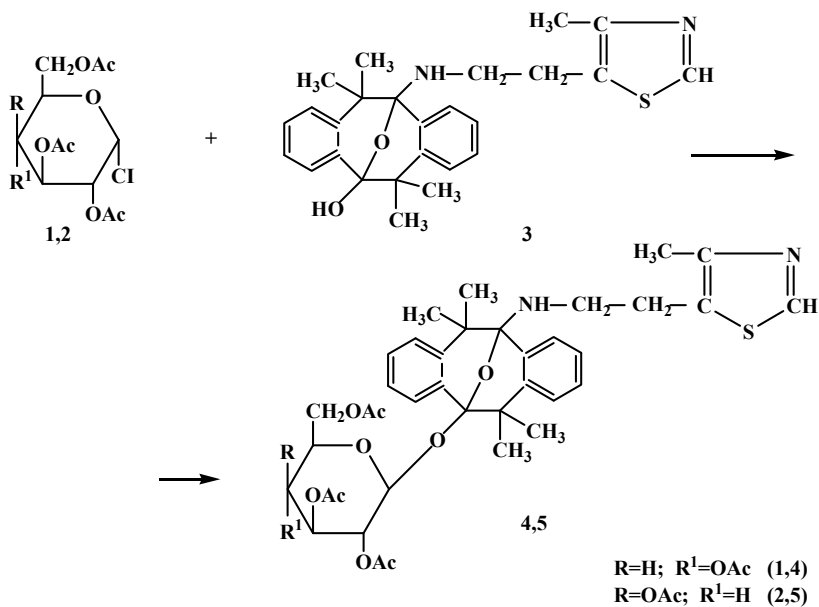
2011 წელს დასრულებულ იქნა ზოგიერთი დიბენზოპენტალან-გლიკოზი-დების (გლუკოზის და გალაქტოზის წარმოებულების) სინთეზის და კვლევის სამუშაოები. ამ სამუშაოს ჩატარების მიზანი იყო მიგველო შაქრების შემცველი ჰეტეროციკლური ნაერთები, რომელთა შესახებ ლიტერატურაში მწირი ინფორმაცია არსებობს.

როგორც ცნობილია, შაქრები წარმოადგენენ სამკურნლო პრეპარატების ტრანსპორტიორებს (გადამტანებს) ბიოლოგიურ მემბრანებში. თავად ჰიდროქსი-ჰეტეროციკლური ნაერთები წარმოადგენენ ეფექტურ რეაგენტებს ბიოლოგიური და ფიზიოლოგიური თვალსაზრისით, მაგრამ წყალში უხსნადებია, მათი მოდიფიკაციისათვის ნახშირწყლის გამოყენებამ შეიძლება შეცვალოს მათი როგორც ბიოლოგიური, ასევე ფიზიოლოგიური თვისებები. ამავე დროს უკანასკნელი წლების ბიოლოგიურმა და ფარმაკოლოგიურმა კვლევებმა აჩვენა, რომ აქტუალურია ბიოლოგიურად აქტიური, ნაკლებტოქსიკური ნაერთების სინთეზის მეთოდების დამუშავება.

საანგარიშო პერიოდში ჩატარებულ იქნა თიაზოლინის შემცველი ჰეტეროციკლების კონდენსაციის რეაქციები აცეტილქლორგლუკოზასთან და აცეტილქლორგალაქტოზასთან. თიაზოლინის მნიშვნელოვანი წარმოებულება მაგალითად, ვიტამინი B<sub>1</sub>, ანტიბიოტიკი პენიცილინი, სულფამიდური პრეპარატი ნორსულფაზოლი და ა.შ. ინტერესს წარმოადგენდა ნახშირწყლებით თიაზოლილჰეტეროციკლური ნაერთის მოდიფიკაცია, რასაც შეეძლო გამოეწვია ბიოპრეპარატების მოქმედების არსებითი ცვლილება.

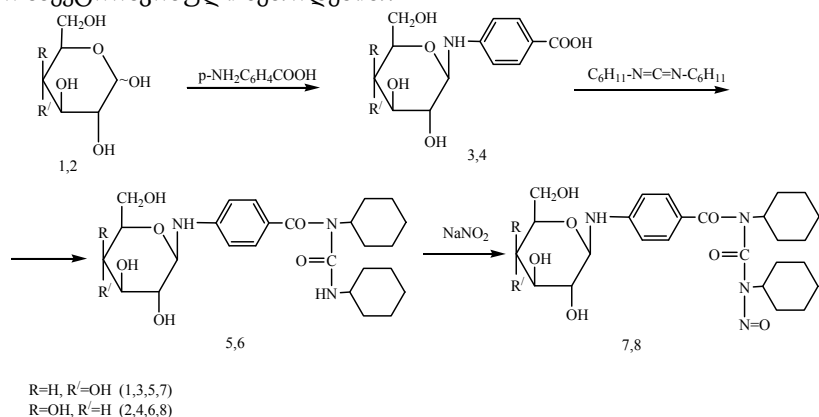
1-ქლორ-2,3,4,6-ტეტრა-0-აცეტილ- $\alpha$ -D-გლუკოპირანოზის (1) და 1-ქლორ-2,3,4,6-ტეტრა-0-აცეტილ- $\alpha$ -D-გალაქტოპირანოზის (2) კონდენსაციით 4,4;8,8-ტეტრამე-თილ-2,3,6,7-დიბენზ-9-ოქსაბიციკლო(3,3,1)-ნონან-1-N-(4-მეთილთიაზო-ლილეთილამინ)-5-ოლ-თან (3) სინთეზირებულია 1-N-(4-მეთილთიაზო-ლილეთილამინ)-5-0-(2,3,4,6-ტეტრა-0-აცეტილ- $\beta$ -D-გლუკოპირანოზილ)-4,4;8,8-ტეტრამეთილ-2,3,6,7-დი-ბენზ-9-ოქსაბიციკლო(3,3,1)-ნონანი (4) და 1-N-(4-მეთილთიაზოლილეთილამინ)-5-0-(2,3,4,6-ტეტრა-0-აცეტილ- $\beta$ -D-გალაქტოპირანო-ზილ)-4,4;8,8-ტეტრამეთილ-2,3,6,7-დიბენზ-9-ოქსაბიციკლო(3,3,1)-ნონანი (5).

სინთეზურ ნაერთთა აღნაგობა დადგენილ იქნა კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით: ელემენტური ანალიზით, პოლარიმეტრული მეთოდით, ქრომატოგრაფიული მეთოდით, იწ-, ბმრ <sup>13</sup>C- და პმრ სპექტროსკოპული მეთოდებით. ჩატარებულია მათემატიკურ-ქიმიური და ქვანტურ-ქიმიური გამოთვლები.



ნიტროზული ჯგუფის (N=O) შემცველი ნახშირწყლების წარმოებულების სინთეზის მიზნით, 2011 წელს ბიორგანული ქიმიის მიმართულებაზე დაწყებულ იქნა კვლევითი სამუშაოები. სინთეზირებულია ნიტროზული ჯგუფის (N=O) შემცველი გლუკოზისა (1) და გალაქტოზის (2) ახალი ტიპის ნაერთები, რომელიც მიიღება: (1) და (2)-ზე *p*-ამინბენზოის მჟავას მოქმედებით, მიღებულ პროდუქტებზე – *N*-*p*-კარბოქსიფენილ-β-D-გლუკოზამინზე (3) და *N*-*p*-კარბოქსიფენილ-β-D-გალაქტოზამინზე (4) *N,N'*-დიციკლოპქსილკარბოდი-იმიდის მოქმედებით და სინთეზირებული აცილშარდოვანების – β-*N*-(*p*-კარბოქსიფენილგლუკოპირანოზილ)-აცილშარდოვანის (5) და β-*N*-(*p*-კარბოქსი-ფენილგალაქტოპირანოზილ)-აცილშარდოვანის (6) დამუშავებით  $\text{NaNO}_2$ -ით. სინთეზირებულია საბოლოო პროდუქტები – β-*N*-(*p*-კარბოქსიფენილ-გლუკოპირანოზილ)-ნიტროზშარდოვანა (7) და β-*N*-(*p*-კარბოქსიფენილ-გალაქტოპირანოზილ)-ნიტროზშარდოვანა (8).

სინთეზურ ნერთთა აღნაგობა დადგენილ იქნა კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით: ელემენტური ანალიზით, პოლარიმეტრული მეთოდით, ქრომატოგრაფიული მეთოდით, იწ-, ბმრ  $^{13}\text{C}$ - და პმრ სპექტროსკოპული მეთოდებით.



სინთეზურ ნერთთა აღნაგობა დადგენილ იქნა კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით: ელემენტური ანალიზით, პოლარიმეტრული მეთოდით, ქრომატოგრაფიული მეთოდით, იწ-, ბმრ  $^{13}\text{C}$ - და პმრ სპექტროსკოპული მეთოდებით.



კვლევითი სამუშაოების შესრულებაში მონაწილეობას იღებდნენ ბიორგანული ქიმიის მიმართულების თანაშრომლები: რ.გახოკიძე, ნ.სიდამონიძე, რ.ვარდიაშვილი, მ. თათარაშვილი, მ. ნუცუბიძე და IV კურსის სტუდენტი ი. მილიუკოვი, რომელმაც ეს ნაშრომი წარადგინა სტუდენტთა კონფერენციაზე და დაიმსახურა საპრიზო ადგილი. იგი ამჟამად განაგრძობს სწავლას მაგისტრატურაში და აგრძელებს ამ თემატიკაზე მუშაობას.

საანგარიშო პერიოდში წაკითხულ იქნა 10 სამეცნიერო მოხსენება საერთაშორისო კონფერენციებზე. მიღებულია 3 დადებითი გადაწყვეტილება პატენტზე.

#### გამოქვეყნებულ სამეცნიერო პუბლიკაციები

1. ნ.სიდამონიძე, რ.გახოკიძე, მ.გვერდწითელი. გოგირდისა და სილიციუმის შემცველი ტეტრააცეტილგლუკოპირანოზის ზოგიერთი წარმოებულის მათე-მატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 2011, ტ.11, N1, გვ. 74-76.

2. N.N.Sidamonidze, R.O.Vardiashili, M.Z.Tatarishvili, M.O.Nutsbidze, R.A.Gakhokidze. Synthesis of Nitroso Group Containing N-Glycosides. GeoHet- 2011. 2<sup>ND</sup> International Conference On Organic Chemistry “Advances in Heterocyclic Chemistry”, Tbilisi, p.149-150.

3. N.N.Sidamonidze, R.A.Gakhokidze, R.O.Vardiashili. The Condensation Reactions of 1-chloro-2,3,4,6-tetra-O-acetyl- $\alpha$ -D-gluco(galacto)pyranose with Heterocyclic Amines. GeoHet- 2011. 2<sup>ND</sup> International Conference On Organic Chemistry “Advances in Heterocyclic Chemistry”, Tbilisi, p.151-152.

4. R.Gakhokidze, L.Tabatadze, N.Sidamonidze. Synthesis of Some Sulfur-containing Mono- and Dasaccharide Derivatives. International Conference. “Use of Secondary Raw Materials and Natural Resources in Service of Human and Technological Progress”, Tbilisi, 2011. p.21-22.

5. ლ. ტაბატაძე, რ. გახოკიძე, ნ. სიდამონიძე. გლიკოალილწარმოებულების კონდენსაცია ბრომპროპიონმჟავას ეთილის ეთერთან. International Conference. “Use of Secondary Raw Materials and Natural Resources in Service of Human and Technological Progress”. Tbilisi, 2011. p.19-20.

6. N.S. Vassilieva-Vashakmadze, R.A.Gakhokidze, D.T.Vashakmadze-Veronese. A physical model of neuroreceptor functioning. Journal of Biological Physics and Chemistry, 2011, v.11, p.18-25.

7. მ. ჯინჭარაძე, ნ.ბოგვერაძე, რ. სხილაძე, რ. გახოკიძე. საქართველოში მოზარდ გლედიჩიაში ალკალიოიდების შემცველობის შესახებ. “მეორადი ნედლეულის და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება ადამიანის და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში” საერთაშორისო კონფერენცია, თბილისი, 2011.

8. N.S. Vassilieva-Vashakmadze, R.A.Gakhokidze, A.R. Gakhokidze, I.M. Khachatryan. The Role of Strained State in cis-trans Isomerisation Process of Retinal. International Conferense “Use of Secondary Raw Materials and atural Resources in Service of Human and Technological Progress”, Tbilisi, 2011.

9. A. Pirtskhelani, R. Gakhokidze, N. Pirtskhelani, N. Bichikashvili, M. Gakhokidze. Study of Antimutagenic and Antitoxic Effects of Some Bioorganic Preparations in Case of Mutations Induced by Nitrogenous Fertilizers. International Conferense “Use of Secondary Raw Materials and atural Resources in Service of Human and Technological Progress”, Tblisi, 2011.

10. რ.გახოკიძე. გლობალური დათბობის პრობლემა და მისი გადაჭრის გზები. I საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია “სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების პრიორიტეტები”, თბილისი, 2011.

11. Ramaz A. Gakhokidze. Perspectives of Application of New Bioorganic Method in Sustainable Agriculture. I International Scientific-Practical Conference “Priorities of the Sustainable Development of Agriculture”, Tbilisi, 2011.

12. R. Gakhokidze. Innovative Technology and Food Supply. 3<sup>rd</sup> International Conference in Applied Chemistry, Tbilisi, 2011.

**ზოგად, არაორგანული და მეტალორგანული ქიმიის ქვემომართულება**

ჭავჭავაძის პრ. 3, 229 47 94, [nodar@lekishvili.info](mailto:nodar@lekishvili.info) an [nodar.lekishvili@tsu.ge](mailto:nodar.lekishvili@tsu.ge)

**სამეცნიერო მიმართულება: “ახალი მეტალორგანული და კოორდინაციული ნაერთები და სპეციფიკური თვისებების მქონე მასალები მათ ბაზაზე”.**

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ნოდარ ლევიშვილი, პროფესორი, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი  
მეცნიერ-კონსულტანტი: აკადემიკოსი გივი ცინცაძე

კვლევაში ჩართული პერსონალი:

რუსუდან გიგაური – ქ.მ.კ., არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომელი

თეა ლოზიანიძე – ზოგადი და გამოყენებითი ქიმიის ლაბორატორიის გამგე, ქ.მ.კ.

ნაირა გიგაური – ქ.მ.კ., არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული ნაერთების და არატრადიული მასალების ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი

მარინა გახუტიშვილი – ლაბორანტი, არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული ნაერთების და არატრადიული მასალების ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი

მზია კეჭერაშვილი – ქ.მ.კ., არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული ნაერთების და არატრადიული მასალების ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი

ხათუნა ბარბაქაძე – ლაბორანტი, ქიმიის (აკადემიური) დოქტორი

ირინა ლაფერაშვილი – ლაბორანტი

გურამ ჯიომილი – ინჟინერი

ლალი ტურიაშვილი – ლაბორანტი, ქ.მ.კ.

ოლიკო ლეკაშვილი – დოქტორანტი

ქრისტინე გიორგაძე – ლაბორანტი, ქ.მ.კ.

კოკაია ქეთევან – მაგისტრანტი

მაია რუსია – ლაბორანტი, ქ.მ.კ.

ქვემომართულებაზე გამოქვეყნებული მონოგრაფიები და სახელმძღვანელოები:

მონოგრაფია:

Nodar Lekishvili, Victor Kopylov & Gennady Zaikov. Siliconorganic Polymers with Inorganic and Organic-Inorganic Main Chains. Editor: Gennady Zaikov and Riczard Kozlowski. Nova Science Publishers, Inc. New York, 2011 (Web site: [www.novapublishers.com](http://www.novapublishers.com)).

სახელმძღვანელოები:

1. ნ. ლევიშვილი, ქ. გიორგაძე. არაორგანული ქიმია. ნაწილი 1. ელექტრონული ვერსია, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2011.

2. ნ. ლევიშვილი, მ.კეჭერაშვილი, ხ. ბარბაქაძე. ზოგადი და არაორგანული ქიმია. მესამე ნაწილი (მეტალორგანული ნაერთები, მეტალკომპლექსები) (ელექტრონული ვერსია). თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა. 2011.

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

1. პოტენციურად ბიოაქტიური ფეროცენუმეცველი ჰიდრაზიდ-ჰიდრაზონების და მათ ბაზაზე კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და კვლევა

თემის სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ნ. ლევიშვილი, პროფესორი, ქიმიის მეცნ. დოქტორი

პასუხისმგებელი შემსრულებელი: ქიმიის დოქტორი (აკადემიური) ხ. ბარბაქაძე

მეცნიერ-კონსულტანტი: აკადემიკოსი გ. ცინცაძე

## ანოტაციური (შუალედური) ანგარიში

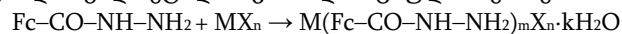
მეტალორგანული ლიგანდები ჰეტერომეტალური კომპლექსების ხელსაყრელი მეთოდებით სინთეზს უზრუნველყოფენ. ასეთ ლიგანდებს შორის ძალზე ფართოდ იქნა შესწავლილი ფეროცენის ნაწარმები. ფეროცენები, მაღალი სტაბილურობისა და უფრო რთულ კომპლექსურ სტრუქტურებად მათი გარდაქმნის კარგად ცნობილი მეთოდების გამო, უნივერსალურ მასალას წარმოადგენენ მიზნობრივი და საინტერესო ქიმიური და ფიზიკური თვისებების მქონე ლიგანდებისა და კომპლექსების სინთეზისთვის [1-4]. ლიტერატურაში უამრავი ნაწარმია ცნობილი, სადაც ფეროცენის ციკლოპენტადიენილის რგოლი ორგანულ ჯგუფებთან დაკავშირებულია ერთი ან მეტი დონორული ატომით. ამ პოტენციური ლიგანდების მნიშვნელოვან თვისებურებას წარმოადგენს მათი მოქნილობა: ბიდენტატური წარმომადგენლები შეიძლება გამოყენებულ იქნან მოცემული მეტალ-ცენტრის სხვადასხვა გეომეტრიული მოთხოვნის (საჭიროების) ხელატურ ჯგუფებად და მოქმედებენ, როგორც მაკავშირებელი (შემამართებელი) ლიგანდები. ფეროცენშიმცველი კომპლექსები დღეისათვის უდიდეს ყურადღებას იპყრობენ უჩვეულო სტრუქტურისა და გამოყენების ფართო ნიშის (ფარმაცევტული აგენტები, ანტიკანცეროგენული და ანტიმიკრობული აქტიურობა) გამო, მათ შორის ორგანულ სინთეზში, სუფთა რეაქტივების წარმოებაში, ბიოსენსორებად, ჰომოგენურ კატალიზში, მედიცინაში (ავთვისებიანი სიმსივნის პროტექტორები და სხვ.) მასალათა ქიმიაში და ა. შ.

ამასთანავე, მრავალმხრივი გამოკვლევებით [5, 6] ექსპერიმენტულად დადგინდა იქნა, რომ სამკურნალო პრეპარატებისა და ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების მოლეკულაში ადამანტილის ჯგუფის შეყვანით მიიღება უფრო ძნელად ჰიდროლიზებადი, მაღალი მემბრანოტროპული და იმუნოტროპული თვისებების მქონე ნივთიერებები პროლონგირებული ფიზიოლოგიური მოქმედებით და სპეციფიკური აქტიურობის (ანტივირუსული, ანტიბაქტერიული, ანტიკლდინთური, მალარიის, ტუბერკულოზის, ნეიროტროპული, ანთებისა და კიბოს საწინააღმდეგო და ა. შ.) გამლიერებული ეფექტით, რაც განპირობებულია ადამანტანის რადიკალის ლიპოფილობით და იმუნოტროპულობით, \_ ცვლის რა უჯრედის მემბრანის ფიზიკურ მდგომარეობას, ზრდის პრეპარატის უჯრედში შეღწევადობას და ვირუსზე მოქმედებს რნმ და დნმ-ს დონეზე [7-9].

სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებული მონაცემების თანახმად, უკანასკნელი ათწლეულების მანძილზე ინტენსიურად ვითარდება ჰიდრაზიდებთან და ჰიდრაზონებთან მეტალთა კოორდინაციული ნაერთების ქიმია, რაც განპირობებულია კომპლექსწარმომქმნელ მეტალთა იონებისა და ორგანული და მეტალორგანული ლიგანდის მოლეკულების საინტერესო კომპლექსოქიმიური და ბიოლოგიური თვისებებით. ამასთანავე, მეტალებთან კომპლექსწარმომქმნის შედეგად, არსებითად იცვლება გამოსავალი ლიგანდების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები [10], რაც შესაბამისად იწვევს გამოსავალ ლიგანდებთან შედარებით, მიღებული კოორდინაციული ნაერთების სპეციფიკური ბიოლოგიური აქტიურობის გაზრდას. განსაკუთრებით აქტუალურია d-მეტალშემცველი კოორდინაციული ნაერთების კვლევა, რადგან მათი უმრავლესობა ავლენს ბიოაქტიურობის ფართო დიაპაზონს [11-13], მათ შორის გააჩნია მაღალი ბიოაქტიურობა სხვადასხვა ფიტოპათოგენური მიკროორგანიზმის მიმართ [14, 15], აგრეთვე ინსექტიციდური, ბაქტერიციდული, სიმსივნის და ანთების საწინააღმდეგო [16-18] აქტიურობა. აქედან გამომდინარე, აქტუალურია კარბონმწყავათა ჰიდრაზიდ-ჰიდრაზონების ბაზაზე მიღებული ბიოაქტიური კოორდინაციული ნაერთების კვლევა პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით და ჩვენი კვლევის მიზანიდან გამომდინარე, **მიმდინარეობს სამუშაოები** შემდეგი მიმართულებით:

- ბიოაქტიური ფეროცენშიმცველი ჰიდრაზიდების და d-მეტალების კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და შესწავლა (სქემა 1)
- ბიოაქტიური ფეროცენისა და ადამანტანის შემცველი ჰიდრაზიდ-ჰიდრაზონებისა და მათ ბაზაზე ზოგიერთ გარდამავალ მეტალთა კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და შესწავლა (სქემა 1):



სადაც M = Cu, Fe; Co, Ni; X = Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sup>3-</sup>, CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>; n = 1, 2; m = 2, 3; k = 1, 2.

(სქემა 1)

- საწყისი ლიგანდების ელექტრონული სტრუქტურისა და კომპლექსწარმოქმნის უნარის კვლევა ნახევრადემპირიული კვანტურ-ქიმიური მეთოდით AM1 (Austin Model 1) [CS MOPAC-ის (Chem 3D Ultra-version 8.03) საშუალებით].
- მიღებული ნაერთების აგებულებისა დადგენა ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი, ბირთვულ-მაგნიტური და მას-სპექტრომეტრული, მოლეული ელექტროგამტარობის, აგრეთვე თერმული (თერ-მოგრაფიკული, დიფერენციულ-თერმული) და ელემენტური ანალიზის (მეტალის შემცველობა) მეთოდებით.
- მიღებული ნაერთების მოსალოდნელი ბიოლოგიური აქტიურობის (ინტერნეტ-სისტემის პროგრამით PASS C&T ვირტუალური ბიოსკრინინგი), აგრეთვე მიკრობიოლოგიური გამოკვლევა
- მიღებული კოორდინაციული ნაერთების, როგორც ბიოაქტიური კომპონენტების, გამოყენების (ადჰეზიურ პოლიმერულ მატრიცებთან ერთად) შესაძლებლობის დადგენა:
- 1) ტექნიკის სხვადასხვა სფეროში და ყოფა-ცხოვრებაში გამოყენებული პოლიმერული მასალების ბიოლოგიური რღვევისა და არაკონტროლირებადი ბიოდეგრადაციისგან მათ დასაცავად;
- 2) ადამიანებსა და ცხოველებში ანთებით დაავადებათა გამომწვევი მიკროორგანიზმების ზრდის ინჰიბირებისთვის, დაავადებათა პროფილაქტიკისა და მკურნალობის მიზნით; 3) სამუხეუმო ექსპონატების დასაცავად.

დასინთეზებულია საწყისი ჰიდრაზიდი, ჰიდრაზონი და ზოგიერთი შესაბამისი კოორდინაციული ნაერთი –  $M(\text{Fc-CO-NH-NH}_2)_m \text{X}_n \cdot k\text{H}_2\text{O}$  ( $M = \text{Cu, Fe; } k=1; m=2, n=2$ ). დადგენილია სინთეზის პირობები და მიზნობრივი პროდუქტების გამოსავლიანობა. მიმდინარეობს მიღებული ნაერთების სტრუქტურის და თვისებების შესწავლა.

#### ექსპერიმენტული მეთოდები:

**ფეროცენკარბოჰიდრაზიდის სინთეზი:** 244 მგ (1.0 მმოლი) მეთილფეროცენკარბოქსილატს 4 მლ მეთანოლში უმატებენ 2 მლ 80 %, ჭარბ ჰიდრაზინ-ჰიდრატს და მიღებულ ნარევს ადუღებენ 8 საათის განმავლობაში (შეიმჩნევა მუქი, უხსნადი დაშლის პროდუქტების წარმოქმნა). შემდეგ სარეაქციო ნარევს უმატებენ 10 მლ წყალს, ნაწილობრივ აცილებენ გამხსნელს შემცირებული წნევის ქვეშ (10 მლ-მდე) და აცივებენ +4 °C-მდე. გამოყოფილ კრისტალებს ფილტრავენ, რეცხავენ მცირე რაოდენობა წყლით და აშრობენ ვაკუუმზე. ნედლ პროდუქტს ხსნიან 6 მლ ცხელ ეთილაცეტატში, ხსნარს ფილტრავენ უხსნადი მინარევების მოცილების მიზნით, აკრისტალებენ 6 მლ ჰექსანიდან და აცივებენ +4°C-მდე. გამოყოფილ ჰიდრაზიდს ფილტრავენ, რეცხავენ ჰექსანით და აშრობენ ვაკუუმზე. მიიღება 105 მგ (43 %) მოყვითალო-ნარინჯისფერი კრისტალები.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>): d 4.02 (s, 2H, NH<sub>2</sub>), 4.21 (s, 5H, C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>), 4.37, 4.67 (J' = 1.9 Hz, 2H, C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>); 5.54 (s, 1H, NH);

<sup>13</sup>C{<sup>1</sup>H} NMR (CDCl<sub>3</sub>): d 67.90 (C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>-ის CH), 69.81 (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>), 70.57 (C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>-ის CH), 171.81 (C=O). IR სპექტრი: (Nujol), ν/cm<sup>-1</sup>: 3280, 32230, 1645, 1615, 1525, 1317, 1310, 1220, 1203, 1106, 1042, 1021, 1001, 957, 942, 821, 687, 589, 530, 507, 485, 459.

MS (EI): m/z 344 (100, M<sup>+</sup>), 213 (54, [M-NHNH<sub>2</sub>]<sup>+</sup>), 185 (61, Fc<sup>+</sup>), 178 (7), 149 (10), 129 (56), 121 (24, [C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>Fe]<sup>+</sup>), 97 (7), 95 (9), 83 (10), 69 (15), 56 (30, Fe<sup>+</sup>).

HR MS (EI): გამოთვლილია - C<sub>11</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>Fe (M<sup>+</sup>): 244.0299. ნაპოვნია - 244.0296.

**გარდამავალი მეტალების ფეროცენშემცველი ჰიდრაზიდ-ჰიდრაზონული კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი:** შესაბამისი გარდამავალი მეტალის მარილის ეთანოლხსნარს უმატებენ ფეროცენკარბოჰიდრაზიდის ხსნარს მშრალი ეთილის სპირტში ან აცეტონში [მოლეული თანაფარდობა MX<sub>n</sub>: L - 1:3], 0.5 საათის განმავლობაში ურევენ მაგნიტურ სარეველაზე და რეაქციას აგრძელებენ წყლიან აბაზანაზე 5-6 საათის განმავლობაში, ნელი დუდილის პირობებში; გამჭვირვალე ხსნარს აყოვნებენ კრისტალიზატორში, 2-3 დღის შემდეგ გამოყოფილ კრისტალებს ფილტრავენ, რეცხავენ ეთილის სპირტით და აშრობენ ვაკუუმზე.

#### ლიტერატურა:

1. Ferrocenes: Homogeneous Catalysis, Organic Synthesis and Materials Science, ed. A. Togni and T. Hayashi, VCH, Weinheim, 1995.

2. N.J. Long, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 1995, **34**, 21.
3. Metalloenes: Synthesis, Reactivity, Applications, ed. A. Togni and R.L. Halterman, Wiley-CH, Weinheim, 1998.
4. N.J. Long, *Metalloenes: An Introduction to Sandwich Complexes*, Blackwell Science, Oxford, 1998.
5. Арцимович Н.Г., Галушина Т.С., Фадеева Т.А. Адамантины - лекарства XXI века. *Int. J. Immunorehabilitation*. 2000, **2**, 1, 55-60.
6. Фармакология адамантинов. Морозов И.С., Петров В.И., Сергеева С.А. Волгоград. Волгоградская медицинская академия. 2001, 320с.
7. N.G. Artsimovich, T.S. Galushina, T.A. Fadeeva. *Intern. J. on Immunorehabilitation*, 2000, **2**(1), pp.54-60.
8. Spasov A.A., Khamidova T.V., Bugaeva L.I., Morozov I.S. *Pharm. Chem. Jour.*, 2000, **34**, 1, 3-9.
9. S. Top, A. Vessières, G. Leclercq, J. Quivy, J. Tang, J. Vaissermann, M. Huché and G. Jaouen (2003). *European Journal* **9** (21): 5223-36. doi:10.1002/chem.200305024. PMID 14613131.
10. Metals in medicine, *J Biol. Inorg. Chem.*, 2007, **12**, 7-52.
11. Sawada Y.; Yanai, T.; Nakagawa H.; Tsukamoto Y.; Tama-gawa Y.; Yokoi, S.; Yanagi M.; Toya T.; Sugizaki H.; Kato, Y.; Shirakura H.; Watanabe, T.; Yajima Y.; Kodama S.; Masui, A. *Pest Manag. Sci.* 2003, **59**, 49.
12. Bernardino A.M.R.; Gomes A.O.; Charret K.S.; Freitas A.C.C.; Machado G.M.C.; Canto-Cavalheiro M.M.; Leon L.L.; Amaral V.F. *Eur. J. Med. Chem.* 2006, **41**, 80.
13. (a) Ku " c, u " kgu " zel S.G.; Rollas S. *Il Farmaco* 2002, **57**, 583; (b) Patole J.; Sandbhor U.; Padhye S.; Deobagkar D.N.; Anson C.E.; Powell, A. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2003, **13**, 51.
14. Narayana B.; Ashalatha B.V.; Vijaya Raj K.K.; Fernandes J.; Sarojini B.K. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2005, **13**, 4638.
15. Adeoye I.O., Adelowo O.O., Oladipo M.A., Odunola O.A. *Research Journal of Applied Sciences*, 2007, **2**, 5, 590-594.
16. Chai B.; Cao S.; Liu H. D.; Song G. H.; Qian X. H. *Heterocycl. Commun.* 2002, **8**, 601.
17. Abedel-Rahman A. H. F. *J. Chin. Chem. Soc.* 2004, **51**, 147;
18. Liu, Z. M.; Yang, G. F.; Qing, X. H. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2001, **76**, 1154.

#### კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

2. „დარიშხანის წარმოების ნარჩენები ადამიანის და კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში“ (22.01.10-22.01.12)

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):

სსიპ რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის სსიპ რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტი №1-4/17,

(შემაჯამებელი ანგარიში)

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ნ. ლევიშვილი, პროფესორი, ქიმიის მეცნ. დოქტორი

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):

პროექტის სახელი:

საქართველოს მნიშვნელოვანი მეორადი მინერალური ნედლეულის – დარიშხანის წარმოების ნარჩენებიდან (არსენოპირიტის და რეალგარ-აურიპიგმენტის გადამუშავების, პირომეტალურგიული წარმოების) სხვადასხვა ფუნქციური ნაერთების (ანტჰელმინთების, ბიოაქტიური ფარმაცოლოგიური პრეპარატების, მცენარეთა, არქეოლოგიური ნიმუშების და სამუზეუმო ექსპონატების ანტიმიკრობული და ფუნგიციდური პროტექტორების და კონსერვირების, ბეწვეულის, ტყავის და ბიოლოგიური ფიტო-ლების მაკონსერვირებელი საშუალებების, სპეციფიკური დანიშნულების კომპოზიციებისათვის (გემის წყალქვეშა ნაწილების საღებავები) ბიოაქტიური დანამატების) და ფუნქციური არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული მასალების (ოპტიკური მინა-ბოჭკოების, ანტიბიოკოროზიული მასალები და ბიო-სამედიცინო დანიშნულების ნანოკომპოზიტები) შექმნა.

კვლევის მიზანი და ამოცანები:

დარიშხანის საწარმოო ნარჩენების და მისი გარდაქმნების პირველადი პროდუქტების ბაზაზე:

• ფარმაცევტული პრეპარატების, ანტჰელმინთების, მცენარეთა და სხვადასხვა მასალების (ბუნებრივი, ხელოვნური და სინთეზური) ანტიმიკრობული და ფუნგიციდური პროტექტორების და კონსერვირების დამზადება;

- სპეციფიკური თვისებების მქონე ავანგარდული მასალების (ანტიბიოკოროზიული დამცავი საფრები და არაორგანულ-ორგანული ჰიბრიდული ნანოკომპოზიტები), გემების წყალქვეშა ნაწილების საღებავ-კომპოზიციების დარიშხანშემცველი მაღალმოლეკულური სილიციუმორგანული არამიგრირებადი ჰიდროფობური ბიოაქტიური დანამატების დამზადება;
- არქეოლოგიური ნიმუშების და სამუზეუმო ექსპონატების დამცავი ქიმიური საშუალებების შემუშავება;
- ბიოლოგიურად აქტიური დარიშხან- და სტიბიუმშემცველი ნაერთების ფიზიკური თვისებების მოლეკულურ სტრუქტურებზე დამოკიდებულების ფიზიკური მოდელების შექმნა; ბიოაქტიურობის პროგნოზირებისათვის “სტრუქტურა/თვისებები” (QSPR) რაოდენობრივი დამოკიდებულების შესწავლა; მიღებული ნაერთების ვირტუალური ბიოსკრინინგის და მიკრობიოლოგიური ტესტირების ჩატარება.
- მოსალოდნელი ფარმაკოლოგიური ეფექტების დადგენა მიღებული ნაერთების სტრუქტურების საფუძველზე.
- გამოყენებული ფუნქციური ნაერთების ბუნების და კონცენტრაციის, რეცეპტორული და ტექნოლოგიური ფაქტორების გავლენის შესწავლა მიღებული არაორგანულ-ორგანული კომპოზიციების და მასალების თვისებებზე.

• სპეციფიკური თვისებების მქონე ორგანულ-არაორგანული ჰიბრიდული მასალების – ანტიბიოკოროზიული დამცავი საფრები და ბიოსამედიცინო დანიშნულების ნანოკომპოზიტების მიღება და გამოყენება.

**ზემოაღნიშნული ამოცანის წარმატებით გადაჭრა** საშუალებას მოგვცემს შევქმნათ შედარებით იაფი სპეციფიკური თვისებების მქონე ნაერთები და ფუნქციური მასალები ფაქტიურად აუთვისებელი მეორადი მინერალური ნედლეულის, აგრეთვე საწარმოო ნარჩენების ბაზაზე, რაც გარემოს მთელი რიგი ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტასაც ითვალისწინებს.

#### **კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

- მიღებულია და შესწავლილია ზოგიერთი d-მეტალის (Cd) დარიშხანის და სტიბიუმის შემცველი ბიოაქტიური კოორდინაციული ნაერთები პოლიფუნქციურ ანტიბიოკოროზიულ დამცავ საფრებში და ანტიმიკრობულ კონსერვანტებში მათი შემდგომი გამოყენების მიზნით;
- ჩატარებულია დარიშხან(III)-ის და სტიბიუმ(III)-ის ზოგიერთი ალკოქსიდიდან ახალი ტიპის ნანოპარტიკლების მიღების შესაძლებლობის კვლევა. მიღებული და შესწავლილია არქეოლოგიური ნიმუშების და სამუზეუმო ექსპონატების ანტიმიკრობული და სოკოვანი დაავადებებისაგან დაცვის, აგრეთვე მიკოპათოგენური მიკროორგანიზმებიდან მცენარეთა დაცვის ახალი იაფი საშუალებები.
- შემუშავებულია მიღებული ნაერთების ბიოაქტიურობის განსაზღვრისთვის ვირტუალური და ექსპერიმენტული ბიოსკრინინგის მეთოდიკა. დადგენილია ზოგიერთ აგრესიულ მიკროორგანიზმზე მათი მოქმედების სპეციფიკა;
- შემუშავებულია მაკრომოლეკულაში Si-C-S-As(Ar) ჯგუფების შემცველი ორგანოსილოქსანური ოლიგომერებისა და პოლიმერების სინთეზის მეთოდიკა. მიღებულია დარიშხანის კოვალენტურად ბმული ოლიგოსილოქსანები, რომლებიც გამიზნულია სხვადასხვა ბიოაქტიური კომპოზიტების კომპონენტებად და პოლიმერული კომპოზიციური მასალების ბიოაქტიურ დანამატებად.
- ჩატარდა მიღებული ზოგიერთ ფიზიკურ პარამეტრზე დამოკიდებულებით ნაერთების სტრუქტურის მოდელირება და ბიოაქტიურობის თეორიული შეფასება იმ ტიპური სტრუქტურული ფრაგმენტების მიხედვით, რომლებსაც დასინთეზებული ნივთიერებების მოლეკულები შეიცავენ. გამოყენებული იქნა ლიტერატურაში არსებული ანალოგიური მიდგომები, ფიზიკური და მათემატიკური მოდელები.
- მიღებული ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ფიზიკური თვისებების ფიზიკური თვისებების მოლეკულურ სტრუქტურებზე დამოკიდებულების მოდელების ასაგებად ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე შევისწავლეთ “რაოდენობრივი დამოკიდებულება – სტრუქტურა/თვისება” (QSRR/GSAR). კვლევის შედეგად მიღებული თეორიული მონაცემები საშუალებას იძლევა, დაიგეგმოს და განხორციელდეს სასურველი თვისებების მქონე ნაერთების მიზნობრივი სინთეზი. ზემოაღნიშნული მიდგომა დაფუძნებულია მოლეკულური სტრუქტურების რიცხვითი სიდიდის წარმოდგენაზე და მიზნობრივი სტრუქტურის პროგნოზის შესაძლებლობას იძლევა.
- დარიშხანის წარმოების ნარჩენების ბაზაზე ზოგიერთი არააქროლადი მეტალორგანული და კოორდინაციული ნაერთების ზოგიერთი ფიტოპათოგენური ტესტმიკროორგანიზმის მიმართ ბაქტერიციდული და ფუნგიციდური აქტიურობის შესწავლამ აჩვენა, რომ მიღებულ კოორდინაციულ

ნაერთებს გააჩნიათ სელექტიური ბაქტერიციდული თვისებები, ამასთან ისინი საკვლევი კულტურების ზრდაგანვითარებას სხვადასხვა აქტიურობით თრგუნავენ. ლიტერატურაში არსებული მასალის ანალიზისა და მიღებული ბიოაქტიური ნაერთების სტრუქტურის საფუძველზე განვსაზღვრეთ მათი სავარაუდო ფარმაკოლოგიური ეფექტები. ამ მიზნით დარიშხანის წარმოების ნარჩენების გამოყენებით დასინთეზებულ და შესწავლილ იქნა დარიშხანშემცველი მეოთხეული არსონიუმის დაჯგუფების შემცველი ლიგანდები, რომელთა ბაზაზე მიღებულ იქნა პოლიფუნქციური კოორდინაციული ნაერთები, ასევე ერთდროულად დარიშხანის და ბორის შემცველი ბიოაქტიური ნაერთები. დასინთეზებული ბიოაქტიური ნაერთების (1-3-5%) და ჩვენ მიერ შერჩეული პოლიმერული მატრიცების გამოყენებით დამზადებულ იქნა ახალი, ეფექტური და მდგრადი არაორგანულ-ორგანული ანტიბიოკოროზიული დამცავი საფრები. წინასწარ ჩავატარეთ ანტიბიოკოროზიული დამცავი საფრების პოლიმერული მატრიცების ტრიბოლოგიური თვისებების კვლევა. გამოკვლევებით დადგენილ იქნა, რომ პოლიურეთანების ბაზაზე მიღებული დამცავი საფრების დინამური ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ძირითადად განისაზღვრება საკვლევი კომპოზიტების შედგენილობით, პოლიმერული მატრიცების აგებულებით, მოდიფიკატორის ბუნებითა და ექსპერიმენტის პირობებით. განსაზღვრულ იქნა მიღებული ანტიბიოკოროზიული დამცავი საფრების წყალშთანთქმისუნარიანობა გრავიმეტრიული მეთოდით. ექსპერიმენტულად დადგენილ იქნა, რომ 300 სთ-ის განმავლობაში მათი წყალშთანთქმისუნარიანობა არ აღემატება 0.01–0.03 %-ს.

შესწავლილ იქნა სხვადასხვა ტექნოლოგიური ფაქტორების, მაგ., ბიოაქტიური ნაერთების სინთეზის შემთხვევაში – ხსნარის კონცენტრაციის, ტემპერატურის, კომპონენტების მოლური ფარდობის მიმატების რიგის გავლენა წარმოქმნილი ნაერთების გამოსავლიანობასა და სისუფთავის ხარისხზე, ასევე მაგ., მატრიცის ტიპის, ანტიბიოკოროზიული კომპოზიციის რეცეპტურის და დამზადების პირობების გავლენა მიღებული ანტიბიოკოროზიული მასალების თვისებებზე. ჩატარდა მათი ტესტირება წყალმდეგობაზე, ფოტოქიმიურ და თერმიულ მდგრადობაზე (ჰაერზე, 40 და 60°C იზოთერმიულ პირობებში – თერმული დაბერება), კაწვრის მიმართ მდგრადობაზე, წარმოების ნარჩენების გარდაქმნით მიღებული დარიშხანორგანული და კოორდინაციული ნაერთების მოსალოდნელი ფარმაკოლოგიური თვისებების და ბიოაქტიურობის თეორიული კვლევა

• შემუშავებულ იქნა ჩვენ მიერ მიღებული მისაწვდომი ბიოაქტიური ნაერთების ტიპური პილოტური წარმოების სქემა.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.– ნ. ლეკიშვილი თანამშრ. ერთად):**

**საერთაშორისო რეფერირებად, რეცენზირებად სამეცნიერო ჟურნალებში გამოქვეყნებული შრომები და მიღებული პატენტები**

№	თარიღი	ნაშრომის სახელწოდება	ჟურნალის სახელწოდება	გამომცემლობა	შემსრულებელი
1.	2011	Novel Bioactive Hybrid Composites Based on Coordination Compounds of Some Tertiary Arsines with Mercury(II) Halides.	Asian J. Chem. (India), 2012, 4, 1. (Journal with impact-factor) (Accepted for publication)		M. Rusia, N. Lekishvili, Kh. Barbakadze, M. Gverdtsiteli.
2.	submitted in 2011	Synthesis and characterization of transition metals coordination compounds of bioactive spatial alicyclic hydrazide-hydrazones.	Asian J. Chem. (India), 2012, 24, 6 (Journal with impact-factor)		N. Lekishvili & K.Barbakadze
3.	submitted in 2011	Gradiently Oriented State of Polymers: Formation and Investigation.	"Molecular crystals, liquid crystals (USA) (Journal with impact-factor) (Accepted for publication)		Levan Nadareishvili, Zurab Wardosanidze, Nodar Lekishvili, Gennady Zaikov,

4.	2011	Synthesis and Properties of Modified Polycarbonates by Organosilazasiloxanes.	Asian J. Chem. (India), 2011, 23, 1, 239-246(Journal with impact-factor).		Nodar Lekishvili, Gennady Kotrelev
5.	2011	The synthesis and study of new admantane-containing hydrazide-hydrazone ligands and coordination compounds based on them.	Oxid. Commun. (Intern. J.), (Accepted for publication).		N.Lekishvili, O.Lekashvili, D. Zurabishvili, Z.Fachulia, K.Giorgadze
6.	2011	Ненасичені силікони при санації бетону	«Вісник національного транспортного університету» «Вісник національного транспортного університету» Ukraine (в печати).		Д.Ю. Колесник, О.М. Файнлей, В.І. Сахно, Н.Г. Лекішвілі
7.	2011	Спосіб радіаційно-хімічного зміцнення цементного каменю	Пат. Укр. № 93815		Д.Ю. Колесник, О.М. Файнлей, В.І. Сахно, Н.Г. Лекішвілі

ადგილობრივ რეფერირებად, რეცენზირებად სამეცნიერო ჟურნალებში გამოქვეყნებული შრომები

№	თარიღი	ნაშრომის სახელწოდება	ჟურნალის (სამეცნიერო კონფერენციის სახელწოდება)	გამომცემლობა	შემსრულებელი
1	2011	„მინერალური შემკვებების გავლენა პოლივინილქლორიდის კომპოზიციის თვისებებზე“	საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2011, 37, 4		მ. კეყერაშვილი, ნ. ლეკიშვილი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის სრულ მოხსენებათა კრებულებში გამოქვეყნებული შრომები

№	თარიღი	ნაშრომის სახელწოდება	სამეცნიერო კონფერენციის სახელწოდება	გამომცემლობა	შემსრულებელი
2	2011	“Novel nitrogen containing coordination compounds for human and environment protection“	2 <sup>nd</sup> Online International Conference "The challenges of sustainable tourism development in time of climate change"	Proceedings, ASER, Romania	M. Samkharadze, M. Rusia, N. Kakhidze, Kh. Barbakadze, K. Giorgadze, R. Gigauri, N. Lekishvili,

საანგარიშო პერიოდში გამოსაქვეყნებლად გადაცემული სტატიები ან გამოსაქვეყნებლად მომზადებული სტატიები

№	თარიღი	ნაშრომის სახელწოდება	ჟურნალის	გამომცემლობა	შემსრულებელი
---	--------	----------------------	----------	--------------	--------------



	ლი		სახელწოდება	ცემლობა	
1	2011	Novel bioactive coordination compounds some of d-metals and nitrogen-containing ligands	Oxid. Comm. (International Journal with impact factor)		M. Samkharadze, N. Lekishvili, M. Rusia, Kh. Barbakadze, N. Kakhi-dze, Z. Pachulia, R. Gigauri†,

## კონფერენციები, სემინარები:

## საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებში/სემინარებში მონაწილეობა ან მათი ორგანიზება

№	თარიღი	კონფერენციის, სემინარის დასახელება	მოხსენების სათაური	შემსრულებელი და მისი როლი	ჩატარების ადგილი
1.	2011, 20-24 მარტი	World forum on advanced materials - Polychar-19	Novel materials based on georgian arsenic industrial waste	N. Lekishvili, W. Brostow, Rus. Gigauri, M. Rusia, T. Lobzhani-dze, L. Arabuli, M. Gakhutishvili, M. Kezherashvili, Kh. Barbakadze and N. Gigauri	Katmandu, Nepal
2.	2011,16-18 ნოემბერი	International Symposium-2011 " The Environment and Industry"	Arsenic Industrial Waste in Georgia	M. Gakhutishvili and R. Gigauri	Romania Bucharest
3.	2011, 1-2 ნოემბერი	საერთაშორისო კონფერენცია: „მეორადი ნედლეულის და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება ადამიანისა და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში“	იოდმეთილენტრიფენილ-არსონიუმის ტეტრათიოსტიბიტის სინთეზი და გამოკვლევა	თ. ლობჯანიძე, რუს. გიგაური, ნ. გიგაური, მ. გაბუტიშვილი, ნ. ლეკიშვილი	ქ. თბილისი
4.	2011, 1-2 ნოემბერი	საერთაშორისო კონფერენცია: „მეორადი ნედლეულის და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება ადამიანისა და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში“	Novel bioactive composites based on carbofunctional oligosiloxanes and bioactive coordinative compounds	N. Lekishvili, Kh. Barbakadze, M. Rusia, K. Giorgadze, Rus. Gigauri, Z. Lomtadze, W. Brostow, T. Datashvili	ქ. თბილისი
5.	2011, 1-2 ნოემბერი	საერთაშორისო კონფერენცია: „მეორადი ნედლეულის და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება ადამიანისა და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში“	ახალი ბიოაქტიური კომპოზიციები დარიშხან-შემცველი კოორდინაციული ნაერთების ბაზაზე	მ. რუსია, ნ. ლეკიშვილი, ხ. ბარბაქაძე, მ. გვერდწითელი	ქ. თბილისი

ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

2011,1-2 ნომბერი	საერთაშორისო კონფერენცია: „მეორადი ნედლეულის და ბუნებრივი რესურსების გა- მოყენება ადამიანისა და ტექნიკური პროგრესის სამსა- ხურში“		საორგანიზაციო კო- მიტეტი, თავმჯდო- მარე პროფ. ნოდარ ლეკიშვილი	ქ. თბილისი
---------------------	--	--	--	------------

### ასოცირებული პროფესორის მიხეილ გვერდწითელის სამეცნიერო-მეთოდური მუშაობის წლიური ანგარიში

რნბ-, ფსევდო-რნბ- და ქვაზი-რნბ-მატრიცების მეთოდის გამოყენებით მათემატიკურ-ქიმიურად გამოკვლეულია არაორგანული, კოორდინაციული და ორგანული ნივთიერებების ორ ათეულამდე კლასი (ტუტე ლითონების ჰალოგენიდები, ბორის ჰალოგენიდები, ცირკონიუმის ჰალოგენიდები, ტუტე ლითონების პერქლორატები, ციკლოალკანოლები, დიჰალოგენგერმანოციკლო-პენტანები და სხვ.). აგებულია და შესწავლილია შესაბამისი კორელაციური განტოლებები. ყველა გამოკვლეულ შემთხვევაში ადგილი აქვს დამაკმაყოფილებელ კორელაციებს.

შემუშავებულია ახალი ტიპის მატრიცა – ბლოკ მატრიცა (B – მატრიცა). მისი გამოყენებით შესწავლილია წრფივად კონდენსირებული ბენზოლის ბირთვების შემცველი ნახშირწყალბადები.

კვლევის შედეგები შეჯამებულია 20 სამეცნიერო ნაშრომში (აქედან 14 გამოქვეყნებულია) და 8 საერთაშორისო კონფერენციის თეზისში. თანაავტორებთან ერთად შედგენილია ინგლისურენოვანი მცირე მოცულობის მონოგრაფია. შედგენილია და გამოქვეყნებულია ერთი ძირითადი და ორი დამხმარე სახელმძღვანელო (იხ. დანართი)

დანართი

### სახელმძღვანელოები და დამხმარე სახელმძღვანელოები:

1. ქ. გიორგაძე, მ. რუსია, მ. გვერდწითელი. კომპლექსნაერთთა ქიმიის თეორიული საფუძვლები. თბილისი, თსუ გამომც., 2011.
2. M.Gverdsiteli, M.Rusia, K.Kupatadze. Mathematical-chemical Investigation of some Inorganic Halides. Tbilisi, Publ. House "Universal", 2011.
3. მ. გვერდწითელი, მ. რუსია. სავარჯიშოები და ამოცანები. თბილისი, გამომცემლობა "უნივერსალი", 2011.
4. ქ. გიორგაძე, გ. ჩაჩავა, მ. გვერდწითელი. სავარჯიშოები და ამოცანები. თბილისი, გამომცემლობა "უნივერსალი", 2011.

### სტატიები:

1. გ. ჩაჩავა, მ. ბედინაშვილი, მ. გვერდწითელი, ლ.ლობჟანიძე. დიჰალოგენ გერმანოციკლოპენტანების მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. საქ.ქიმ.ჟურნ., 11(1), 2011, გვ.72.
2. ნ. სიდამონიძე, რ. გაბოკიძე, მ. გვერდწითელი, ქ.კუპატაძე, ლ. ლობჟანიძე. გოგირდისა და სილიციუმის შემცველი ტატრააცეტილგლუკოპირანოზის ზოგიერთი წარმოებულის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. საქ.ქიმ.ჟურნ., 11(1), 2011, გვ.74.
3. M. Gverdsiteli, G. Lekishvili. Mathematical-chemical Investigation of some straight-chained Alkyl Monohalides. Bull.Georg.Nat.Acad.Sci., 5(1), 2011, p.58.
4. М.Ш. Русия, К.П. Гиоргадзе, М.И. Гвердцители. Математика-химическое исследование галогенидов щелочных металлов в рамках метода ПНС-матриц. Georg.Eng.News, 57(1), 2011, c.115.
5. Г.Н. Чачава,К.П. Гиоргадзе, М.И. Гвердцители. Математика-химическое исследование галогенидов бора. Georg.Eng.News, 57(1), 2011, c.117.
6. Г.Н.Чачава, М.С.Квернадзе, , М.И.Гвердцители. Математика-химическое исследование перхлоратов щелочных металлов. Georg.Eng.News, 57(1), 2011, c.119.

7. გ.ნ. ჩაჩავა, მ.ი. გვერდწითელი, მ.შ. რუსია, ნ.ი. გურგენიძე, გ.გ. ჩაჩავა. სამთო-ქიმიური ქარხნის წარმოების ნარჩენებში დარიშხანის პროცენტული შემცველობის განსაზღვრა. Georg.Eng.News, 58(2), 2011, გვ.111.
8. Г.Н. Чачава, М.В. Бединашвили, Б.Г. Лобжанидзе, М.И. Гвердцители. Математика-химическое исследование галогенидов Hg (I) в рамках метода псевдо-ПНС-матриц. Georg.Eng.News, 58(2), 2011, გვ.113.
9. M.G. Karchkadze, M.I. Gverdsiteli. Mathematical-chemical Investigation of Methacrylic Acid. Georg.Eng.News, 58(2), 2011, p.115.
10. გ.ნ. ჩაჩავა, მ.შ. რუსია, მ.ი. გვერდწითელი.  $[Co(NH_3)_5Hal]^{2+}$  -ის მონაწილეობით მიმდინარე ზოგერთი რედოქსი რეაქციის მათემატიკურ-ქიმიური შესწავლა. Georg.Eng.News, 58(2), 2011, p.117.
11. თ.ი. წიფწივაძე, ნ.რ. ცეცაძე, მ.ი. გვერდწითელი. წრფივად კონდენსირებული ბენზოლის ბირთვების შემცველი ნახშირწყალბადების მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. Georg.Eng.News, 58(2), 2011, p.119.
12. თ.ი. წიფწივაძე, ნ.რ. ცეცაძე, მ.ი. გვერდწითელი. მეთანის რადიკალური ჰალოგენირების რეაქციების მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. Georg.Eng.News, 58(2), 2011, p. 121.
13. K.Giorgadze, M. Gverdsiteli. Mathematical-chemical Investigation of Zirconium Halides Georg.Chem.Journ., 11(2), 2011, p.157.
14. ნ. ნარიშვიანი, მ. გვერდწითელი. ციკლოალკანონების მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. საქ. ქიმ. ჟურნ., 11(2), 2011, გვ.159.

#### მოხსენებათა თეზისები

1. G.Chachava, M.Gverdsiteli. Obtaining of some Esters of Arsonous Acid. 2-nd Intern.Conf. of Org.Chem: "Advances of Heterocyclic Chemistry", Georgia, Tbilisi, 2011, p.107.
2. M. Gverdsiteli, M.Rusia, G.Chachava. Mathematical-chemical Investigation of the Ionization Potentials of Pyridine and its Hetero-analogous. 2-nd Intern.Conf. of Org.Chem: "Advances of Heterocyclic Chemistry", Georgia, Tbilisi, 2011, p.109.
3. M. Rusia, G. Chachava, M. Gverdsiteli. Coordination Compounds with Triaryl- and Diaryl (Alkyl) arsinoxide. 2-nd Intern.Conf. of Org.Chem: "Advances of Heterocyclic Chemistry", Georgia, Tbilisi, 2011, p.198.
4. T. Tssetsadze, M. Gverdsiteli. Mathematical-chemical Investigation of the Ionization Potentials of Pyrrol and Chaliogen-analogous. 2-nd Intern.Conf. of Org.Chem: "Advance of Heterocyclic Chemistry", Georgia, Tbilisi, 2011, p.198.
5. გ. ჩაჩავა, მ. გვერდწითელი, მ. ყიფიანი, მ. რუსია, ი. ლაფერაშვილი. რაჭის რეალგარ-აურიპიგმენტური საბადოს წარმოების ნარჩენებში დარიშხანის შემცველობის განსაზღვრა. საერთ. კონფ. "მეორადი ნედლეულის და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება ადამიანის და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში". თბილისი, 2011, გვ. 24.
6. გ. ჩაჩავა, მ. გვერდწითელი, მ. ყიფიანი, მ. რუსია, ი. ლაფერაშვილი. რაჭის აურიპიგმენტურ მადნის ნიმუშებში დარიშხანის პროცენტული შემცველობის განსაზღვრა. საერთ. კონფ. "მეორადი ნედლეულის და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება ადამიანის და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში". თბილისი, 2011, გვ.27.
7. მ. რუსია, ნ. ლეკიშვილი, ს. ბარბაქაძე, მ. გვერდწითელი. ახალი ბიოაქტიური ბიოკომპოზიტები დარიშხანშემცველი კოორდინაციული ნაერთების ბაზაზე. საერთ.კონფ. "მეორადი ნედლეულის და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება ადამიანის და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში". თბილისი, 2011, გვ.40.
8. K. Kupatadze, M. Gverdsiteli. Investigation of Gakhokidze Pearranyment. საერთ.კონფ. "მეორადი ნედლეულის და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება ადამიანის და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში". თბილისი, 2011, გვ.67.

## მაკრომოლეკულების ქიმიის ქვემიმართულება და პოლიმერების და პოლიმერული მასალების სამეცნიერო ინსტიტუტი

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: ხელ-ლი: პროფ. ო. მუკბანიანი, პროფ. ჯ. ანელი, დოქ. თ. თათრიშვილი, დოქ. ე. მარქარაშვილი

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): „სილიციუმორგანული პოლიმერ-ელექტროლიტების მიღება ენერჯის შესანახი მოწყობილობებისათვის – ლითიუმის ელემენტებში“

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):

სილიციუმორგანული პოლიმერების გამოყენების მრავალფეროვნებამ ტექნიკისა და მრეწველობის მრავალ დარგში დიდი ბიძგი მისცა სილიციუმორგანული ქიმიის განვითარებას და განაპირობა აღნიშნული მიმართულებით სამეცნიერო კვლევების გააქტიურება.

დღეისათვის ენერჯის შენახვის და გარდაქმნის ახალი ეფექტური მეთოდების განვითარება წარმოადგენს ერთერთ მნიშვნელოვან ძირითად პრობლემას. ამიტომ, დაბალი ღირებულების, მოხმარების დიდი ხანგრძლიობის, მაღალი სიმკვრივის ენერჯის შესანახი ელემენტების და სხვა ტიპის მოწყობილობების განვითარება, რომელთა გამოყენებისას ენერჯის მინიმალურ დანაკარგს აქვს ადგილი აქტუალურია.

სამუშაოს მიზანია ახალი ორგანოციკლოსილოქსანების სინთეზი სხვადასხვა ჯგუფებით, მათი პოლიმერიზაციის და თანაპოლიმერიზაციის რეაქციების შესწავლა ახალი სილიციუმორგანული პოლიმერელექტროლიტების მიღებისათვის მიზნით ენერჯის შესანახი მოწყობილობებისათვის – ლითიუმის ელემენტებში;

კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. O. Mukbaniani, T. Tatrishvili, G. Titvinidze, S. Patsatsia. Synthesis and characterization of polysiloxanes with pendant bicyclic fragments. *Journal of Applied Polymer Science*, v.120, Issue 3, p.1572-1582, 2011.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.33164/abstract>
2. Jimsher Aneli, Gennady Zaikov and Omar Mukbaniani. Physical Principles of the Conductivity of Electrical Conducting Polymer Composites (Review). *Chemistry & Chemical Technology*, 2011, p. 75-87.
3. O. Mukbaniani, T. Tatrishvili, E. Marqarashvili, E. Esartia. “Hydrosilylation reaction of tetramethylcyclotetrasiloxane with allyl butyrate and vinyltriethoxysilane. *Georgian Chemical Journal*, 2011, 2(11), 153-155.
4. J.N. Aneli, G.E.Zaikov, O.V. Mukbaniani, C. Sirghi. Abstracts of Communications of 11<sup>th</sup> International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials. Physical principles of the conductivity of electrical conducting polymer composites (Review) 5A093P, South Africa, Pretoria, 22 - 27 May 2011.
5. J. N. Aneli, G.E. Zaikov, O.V. Mukbaniani. Abstracts of Communications of 11<sup>th</sup> International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials. Electrical conductivity of polymer composites at mechanical relaxation, South Africa, Pretoria, 2011, 22 - 27 May, 5A094P.
6. E. Markarashvili, T.Tatrishvili, M. Chigvinadze, J. Aneli, O. Mukbaniani. Investigation of kinetic parameters of polymerization reactions of propyl butyrate and ethyltriethoxysilane groups containing methylcyclotetrasiloxanes. Abstracts of Communications 2<sup>nd</sup> International Conference on Organic Chemistry, “Advances in Heterocyclic Chemistry”, Tbilisi, Georgia, 2011 September, PP128, pp. 283-284.
7. T. Tatrishvili, E. Markarashvili, M. Chigvinadze, I. Esartia, J. Aneli, O. Mukbaniani. Hydrosilylation reaction of tetrahydrotetramethylcyclotetrasiloxane with allyl butyrate and vinyltriethoxysilane. Abstracts of Communications 2<sup>nd</sup> International Conference on Organic Chemistry, “Advances in Heterocyclic Chemistry”, Tbilisi, Georgia, 2011 September, PP128, pp. 281-282.
8. ო. მუკბანიანი, ჯ. ანელი, თ. თათრიშვილი, ე. მარქარაშვილი. სახელმძღვანელო - ”პოლიმერული მასალები”, გამომცემლობა, უნივერსალი, თბილისი, 2011, 737 გვ.

კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

ჩატარდა გეგმით გათვალისწინებული 4 სემინარი;

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):

საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდი უკრაინის სამეცნიერო ტექნიკური ცენტრი.

January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

---

# ბიოლოგიის დეპარტამენტი

## ბიოქიმიის მიმართულება

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: ზმდ. სრული პროფესორი ნანა კომორიძე, ზმდ. ასისტენტ პროფესორი ელენე დავითაშვილი, ბ. მეცნ. კანდიდატი, ასისტენტ-პროფესორი მანანა ჭიპაშვილი, მოწვეული თანამშრომლები: ზმკ. ქეთევან მენაბდე, ზმკ მადონა ჩაჩუა, ბიოლოგიის მაგისტრი გიორგი ბურჯანაძე, დოქტორანტი ნატალია დაჩანიძე.

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

**ა) ენერგეტიკული მეტაბოლიზმის თავისებურება იზოლირებითა და დღე-ღამური რიტმის დარღვევით გამოწვეული ქრონიკული სტრესის პირობებში;**

**ბ) მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების თვისებებისა და როლის დადგენა ადამიანის სხვადასხვა პათოლოგიებში.**

კვლევის/პროექტის აქტუალობა, მიზნები და მიღებული შედეგები:

ა) სამეცნიერო კვლევის ძირითადი მიმართულებაა იზოლირებითა და დღე-ღამური რიტმის შედეგად გამოწვეული სტრესის პირობებში ვირთავგას სხვადასხვა ქსოვილში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესების ცვლილების შესწავლა და მათი პრევენციის გზების დადგენა.

დასმული საკითხის დასადგენად შესწავლილი იყო ვირთავგის თავის ტვინი, გულის კუნთის უჯრედები და სისხლი. აღმოჩნდა, რომ ცხოველების ფსიქო-ემოციური სტრესი, რომელიც მიიღწევა საცდელი ინდივიდების იზოლირებითა და დღე-ღამური რიტმის დარღვევით იწვევენ ვირთავგის ორგანიზმში ღრმა ბიოქიმიურ ცვლილებებს, რაც აისახება შესწავლილი ქსოვილების უჯრედებზე. კერძოდ, პირველ რიგში, სტრესის შედეგად ადგილი აქვს უჯრედებში ენერგეტიკული მეტაბოლიზმის მოშლას, კერძოდ, როგორც თავის ტვინში, ასევე კარდიომიოციტებში აღინიშნება კრეატინკინაზული სისტემის აქტივობის დაქვეითება, რისი მაჩვენებელიცაა ამ უჯრედებში ფერმენტის, როგორც მიტოქონდრიული, ასევე ციტოზოლური იზოფორმების აქტივობის შემცირება. გამომდინარე იქიდან, რომ კრეატინკინაზული სისტემა მჭიდრო კავშირშია მიტოქონდრიაში მიმდინარე ჟანგვით ფოსფორილირებასთან, კრეატინკინაზული სისტემის აქტივობის დაქვეითება შესაძლებელია გამოწვეული იყოს როგორც ჟანგვითი ფოსფორილირების პროცესის დაქვეითებასთან, ასევე ფერმენტის ცილოვანი მოლეკულის პოსტსინთეზურ მოდიფიცირებასთან. ჩვენს მიერ ნაწიხი იქნა, რომ სტრესის შედეგად კრეატინკინაზული სისტემის აქტივობის დაქვეითება წარმოადგენს ჟანგვითი ფოსფორილირების პროცესის დაქვეითების მიზეზს, რაზეც მეტყველებს მიტოქონდრიული ფერმენტების, კერძოდ კრებსის ციკლში მონაწილე ფერმენტების აქტივობის შემცირება (შესწავლილია რამდენიმე ფერმენტის, კერძოდ სუქცინატდეჰიდროგენაზის, ალდოლაზის და აკონიტაზის აქტივობები).

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, დაისვა საკითხი იმის შესახებ, თუ რა წარმოადგენს მიტოქონდრიული ფერმენტების აქტივობის დაქვეითების მიზეზს. ამისათვის შესწავლილი იყო ვირთავგის თავის ტვინში, კარდიომიოციტებსა და სისხლში სტრესის ფონზე ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის პროცესის მიმდინარეობა. აღმოჩნდა, რომ ფსიქო-ემოციური სტრესი წარმოადგენს იმ ფაქტორს, რომლის დროსაც სხვადასხვა ქსოვილში ძლიერდება ზეჟანგური ჟანგვის პროცესი, რომელიც ცნობილია, რომ თავის მხრივ უჯრედული მეტაბოლიზმის ცვლილების მიზეზი ხდება და რაც მთელი რიგი პათოლოგიების გამოვლინების მიზეზია. ლიპიდური ზეჟანგური ჟანგვის გამლიერების მაჩვენებელია თიობარბიტურის მჟავის კონიუგატების – მალონის დიალდეჰიდისა და დიენური კონიუგატების რაოდენობრივი მაჩვენებლების რაოდენობრივი ზრდა.

მიღებული შედეგები მიუთითებს, რომ ცხოველის იზოლირება და ცირკადული რიტმის დარღვევა წარმოადგენს იმ ფაქტორს, რომლის დროსაც ძლიერდება ზეჟანგური ჟანგვის ინტენსივობა. ეს პროცესი ხშირ შემთხვევაში დაკავშირებულია ანტიოქსიდანტური სისტემის ფერმენტების აქტივობის ცვლილებებთან ჩატარებული ცდებით დადგინდა, რომ ცხოველებში 40 –დღიანი სტრესის შედეგად ყველა შესწავლილ ქსოვილიში მნიშვნელოვნად კლებულობს ანტიოქსიდანტური ფერმენტების – კატალაზასა და სუპეროქსიდდისმუტაზას აქტივობა. აღმოჩნდა, რომ ამ მხრივ ამ ფერმენტების აქტივობის ცვლილება და საერთოდ, სტრესის შედეგად წარმოქმნილი ცვლილებებისადმი განსაკუთრებით მგრძობელობას იჩენს ცხოველის სისხლი, შემდეგ კარდიომიოციტები და ბოლოს, თავის ტვინის ქსოვილი.

ამჟამად, კვლევა მიმდინარეობს შესწავლილი სტრესის პრევენციული მექანიზმის დადგენაზე. ამისათვის გამოყენებულია ბუნებრივი ანტიოქსიდანტების ფონზე როგორც ენერგეტიკული მეტაბოლიზმის, ასევე ზეჟანგური პროცესების ინტენსივობის დადგენა.

ბ) შესწავლილ იქნა საქართველოს სხვადასხვა ტაქსონომოური და ეკოლოგიური ნიშებიდან (კოჯორი, თბილისი-ბოტანიკური ბაღი, გრემი) მოპოვებული ბაზიდიომიცეტების სიღრმული და მყარფაზოვანი ფერმენტაციით მიღებულ ბიომასაში ლექტინების ექსპრესია. სხვადასხვა აგრო-ინდუსტრიულ ნარჩენებზე ჩატარებული სკრინინგის საფუძველზე შეირჩა ლიგნოცელულოლიზური ფერმენტების გამორჩეული პროდუცენტები. ნახშირბადის წყაროდ გამოყენებულ იქნა იაფი ღირებულების მცენარეული ნარჩენი ქაბო (WB) და მანდარინი (MP) და გლიცერინი (Glyc). შესწავლილ შტამებზე მკაფიოდ ვლინდება, თუ რამდენად დამოკიდებულია ლექტინების სინთეზი სოკოებში ფერმენტაციის პირობებზე და სუბსტრატის ქიმიურ ბუნებაზე.

- ადამიანის წინამდებარე ჯირკვლის სხვადასხვა დიაგნოზის მქონე პოსტოპერაციული ქსოვილის სუბჯრედულ ფრაქციებში მიმდინარე ზოგიერთი ბიოქიმიური პროცესებისა და ამ პროცესებში ენდოგენური ლექტინების მონაწილეობის შესწავლა. სხვადასხვა გართულების მქონე პროსტატას ქსოვილის მიტოქონდრიებში, მიკროსომებში და ციტოპლაზმაში შესწავლილ იქნა მიმდინარე მეტაბოლური გარდაქმნებში მონაწილე საკვანძო ენზიმების: გლუტამატ დეჰიდროგენაზას, ასპარტატ და ალანინ ამინოტრანსფერაზას, მჟავე ფოსფატაზას და -ატფ-აზას აქტივობების ცვლილება.

კვლევის შედეგად გამოვლინდა გლუტამატდეჰიდროგენაზას, ამინოტრანსფერაზების, მჟავე ფოსფატაზასა და -ატფ-აზას აქტივობის განსხვავებული ცვლილება პაციენტის ასაკთან და დაავადების სირთულესთან მიმართებაში. წინასწარი მოინაცემებით მიღებული შედეგები ცხადყოფს, რომ ნეოპლაზიური ქსოვილის მიტოქონდრიებში (ენზიმების გლუტამატ დეჰიდროგენაზას და ასპარტატ ამინოტრანსფერაზას აქტივობების მაჩვენებელი) ჯერ კიდევ შენარჩუნებულია ციტრატის მასინთეზირებელი კომპონენტების მაღალი დონე. ამავე დროს ალანინ ამინოტრანსფერაზას აქტივობის შემცირება და, შესაბამისად ამინომჟავა ალანინის რაოდენობის მატება დაავადების გართულების რისკზე სხვადასხვა დიაგნოზის პროსტატას ქსოვილის მიტოქონდრიებისა და ციტოპლაზმას გალაქტოზა- და -აცეტილგლუკოზამინ-სპეციფიკური ლექტინები განსხვავებულ გავლენას ახდენენ ენზიმების აქტივობაზე, რაც გარკვეულ წილად დამოკიდებულია, როგორც იმ სუბჯრედული ფრაქციის დიაგნოზით, საიდანაც ლექტინია გამოყოფილი, ასევე იმ მიტოქონდრიების დიაგნოზზე, სადაც შეისწავლება გავლენა ენზიმების აქტივობაზე. ლექტინების ეფექტი არ არის დამოკიდებული ლექტინის ნახშირწყალ-სპეციფიკურობაზე. ცალკეული ლექტინების ეფექტი დამოკიდებულებას ავლენს ობიექტის დაავადების ფორმაზე (ჯანმრთელი, კეთილთვისებიანი და ატიპური ჰიპერპლაზია). გამოთქმულია მოსაზრება, რომ ენდოგენური ლექტინების ეფექტს ტესტირებული ენზიმების აქტივობაზე საფუძვლად უდევს ცილა-ნახშირწყალი ურთიერთობის რეალიზაცია.

#### სამომავლო გეგმა:

დაგეგმილია ცხოველებში აგრესიის გამოვლენის დამოკიდებულების გარკვევა ქრონიკული ფსიქო-ემოციური სტრესის პირობებში.

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. **Z. Kuchukashvili**, K. Menabde, M. Chachua, G. Burjanadze, **M. Chipashvili**, and **N. Koshoridze**. Functional state of rat cardiomyocytes and blood antioxidant system under psycho-emotional stress. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*. 2011, 9 (*imp.-factor 1.44*).
2. K. Menabde, **Z. Kuchukashvili**, M. Chachua, **M. Chipashvili**, **N. Koshoridze**. Brain Oxidation Stress Caused by Isolation and Violation of Diurnal Cycle. *Bull. THE GEOR. ACAD. OF SCIENCES*, 2011, 5, 2.
3. Tissue specificity of lipid peroxidation under emotional stress in rats. *Ukr. biochem. J.* 2002, 83 3 (რეფერირებადი და რეცენზირებადი ჟურნალი)
4. K. Menabde, **Z. Kuchukashvili**, M. Koshoridze, G. Burjanadze and **N. Koshoridze**. Characterization of the antioxidant system of rat blood and cardiomyocytes under stress conditions. *J. of Biol. Phys. and Chem.* 2011.11. *accepted*. (რეფერირებადი ჟურნალი).
5. K. Menabde, **Z. Kuchukashvili**, M. Koshoridze, G. Burjanadze and **N. Koshoridze**. Functional status of mitochondril pore in the brain of rats subjected to prolonged emotional stress. *J. Stress physio. and biochemistry*. 2011, 7,4.
5. **N. Koshoridze**, K. Menabde, **Z. Kuchukashvili**. Investigation of the HCO<sub>3</sub>—ATPase activity of Thyroid Tissue Cells under Various Pathologies. *The Scand. J. of Clinical & Laboratory Investigation* . (*imp.-factor 1.50*). *accept*.

**6. E. Davitashvili, E. Kapanadze, E. Kachlishvili, V. Elisashvili.** Lectin Activity of Species of Genus *Cerrena* S.F. Gray (Aphylophoromycetidae) in Submerged Fermentation of Lignocellulosic Materials. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 13(2): 159–166 (2011)

1521-1437/11/\$35.00 © 2011 Begell House, Inc. [www.begellhouse.com](http://www.begellhouse.com)

**კონფერენციები**

1. 8th World Congress of Neuroscience. Functional status of brain mitochondria under phycho-emotional stress. Florence - Italy, 14-18 July, 2011

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი :

1. Georgian National Science Foundation (#GNSF/ST08/2-375).
2. Georgian National Science Foundation **GNSF №08/2-373**



## მორფოლოგიის მიმართულება, მორფოლოგიის სასწავლო-კვლევითი ლაბორატორია და ბიოეფექტური ტექნოლოგიების ფუნდამენტური კვლევების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

[d\\_dzidziguri@yahoo.com](mailto:d_dzidziguri@yahoo.com); მობ. 577 73 20 76

წარმოდგენილი სამეცნიერო ანგარიში ასახავს ძირითადად ერთდროულად ზემოთ ჩამოთვლილ სამივე სტრუქტურაში დასაქმებული პირების (აკადემიური პერსონალი, ლაბორატორიის და ინსტიტუტის თანამშრომლები. ასევე, მაგისტრანტები და ბაკალავრიატის მე-4 კურსის სტუდენტები) მიერ 2011 წელს ჩატარებული კვლევითი სამუშაოების შედეგებს. საანგარიშო პერიოდში ( 01.01.2011 - 31.12.2011) მუშავდებოდა რამდენიმე სამეცნიერო თემატიკა, რომელთაგან ნაწილი დაფინანსებული იყო (საგრანტო, სახელშეკრულებო, ინსტიტუტისთვის შემოწირული და ფაკულტეტის ბიუჯეტიდან გამოყოფილი თანხებით).

1. სამეცნიერო მიმართულება: სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები. სამედიცინო მეცნიერებები.

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფ. დიანა მიძიგური

კვლევაში ჩართული პერსონალი: ნ.სალია (მოსკოვის კარდიოცენტრის მთავარი მეცნ. თანამშრომელი), ი. მოდებაძე, ე. ბაკურაძე, ნ. გიორგობიანი გ. მოსიძე და ბაკალავრიატის მე-4 კურსის სტუდენტი სალომე ავქოფაშვილი.

კვლევის თემატიკა: მიოკარდიუმის მწვავე ინფარქტის დროს თეთრი ზრდასრული ვირთაგვების მიოკარდში აღდგენითი პროცესების განვითარებაზე ენდოგენური ბიორეზონანსური თერაპიის ბრთის გავლენა.

კვლევის აქტუალობა: თვითორგანიზაციის მაღალი უნარის მქონე ცოცხალ სისტემას, როგორც ცნობილია, გააჩნია ყველა მექანიზმი, რომელიც უზრუნველყოფს ორგანიზმის ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას. დღეისათვის მედიცინაში ფართოდ ინერგება ჯანმრთელობის აღდგენისა და შენარჩუნებისკენ მიმართული სწორედ ასეთი ბუნებრივი მექანიზმების აქტივაციის და ეფექტური მკურნალობის ალტერნატიული მეთოდები. დაავადებათა დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის ალტერნატიული მეთოდები, როგორცაა: ელექტროპლუქტურა, ჰომეოპათია, ნემსით რეფლექსოთერაპია, ბიორეზონანსური თერაპია და სხვა, დღეისათვის გაერთიანებულია საერთო დასახელების ქვეშ - ენერგოინფორმაციული მედიცინა.

ბიორეზონანსური თერაპიას (ბრთ), რომელიც შემუშავებული იყო 1976 წელს გერმანიაში ფ. მორელისა და ე. ფიშერის მიერ, საფუძვლად უდევს წარმოდგენა ადამიანის ორგანიზმზე, როგორც ელექტრული რხევების წარმომქმნელზე, რომელიც არსებობს როგორც სხეულში, ასევე მის ზედაპირზე და ვრცელდება გარემოში. სხვადასხვა წყაროდან მოპოვებული ინფორმაციით ბიორეზონანსური თერაპიის გამოყენების ეფექტურობა შეადგენს 75-80%-ს. ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე, ორგანიზმის სხვადასხვა სისტემის დაავადებათა სამკურნალოდ (გულ-სისხლძარღვთა, სასუნთქი, იმუნური და სხვა). ნაჩვენებია, რომ ბრთ სტიმულიებს მიტოზების აღმოცენებას რეგენერირებად ღვიძლის ქსოვილში და აჩქარებს ჭრილობების შეხორცებას ექსპერიმენტულ ცხოველებში, რის საფუძველზეც დადგინდა, რომ ბრთ ხელს უწყობს უჯრედების დაყოფას ანუ ახდენს პოლიფერაციის რეგულაციას.

კვლევის მიზანი: მიოკარდიუმის მწვავე ინფარქტის დროს სისხლში ბიომარკერების ცვლილებაზე ენდოგენური ბიორეზონანსური თერაპიის ზემოქმედების გამოკვლევა.

მიღებული შედეგები: დადგენილია, რომ მარცხენა კორონარული არტერიის გადაკვანძიდან ადრეულ ეტაპზე ენდოგენური ბრთ-ის სეანსების ჩატარება დადებით ზემოქმედებას ახდენს შრატის ფერმენტების მაჩვენებლის ნორმალიზაციის პროცესზე. კერძოდ, ნაჩვენებია, რომ ენდოგენური

ბიორეზონანსული თერაპიის სეანსები ექსპერიმენტში მიოკარდიუმის მწვავე ინფარქტის ჩამოყალიბების საწყის ეტაპზე ხელს უწყობს ვირთაგვას პერიფერიულ სისხლში კრეატინფოსფოკინაზას მაჩვენებლების ნორმალიზაციას და მიოკარდიუმის დაზიანებულ უბანში აღდგენითი პროცესების განვითარებას.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალები:**

1. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Салия Н.Т., **Дзидзигури Д.В.**, Готовский М.Ю., Мохамед Али В.Х. **Бакурадзе Е.Д., Модебадзе И.Р.** Оценка эффективности биорезонансной терапии при заживлении послеоперационных ран в эксперименте Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева, №1
2. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Салия Н.Т., **Дзидзигури Д.В.**, Готовский М.Ю., Мохамед Али В.Х. **Бакурадзе Е.Д., Модебадзе И.Р.** Влияние эндогенной биорезонансной терапии на изменение содержания в крови биомаркеров острого инфаркта миокарда в эксперименте Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева", №2 2011г.

**დაფინანსების წყარო:** ხელშეკრულება № 597. 23.12.2010 წ.

2. **სამეცნიერო მიმართულება:** სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები; სამედიცინო მეცნიერებები.

**პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი:** ასოცირ. პროფესორი მ. გედევანიშვილი, მობ. 593 590 104, ელ-ფოსტა – [m\\_ged@yahoo.com](mailto:m_ged@yahoo.com).

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ბიოლ. დოქტ. ნ. გოგიტიძე, ბიოლ დოქტ. ნ. მუშკიაშვილი, ლაბორანტი თ. კვინტრამე.

**კვლევის თემატიკა:** თირკმელზედა ჯირკვლის ფუნქცია გრანულოციტოპოეზში.

**კვლევის აქტუალობა:** ლეიკოციტური დიფერონის რეგენერაცია და ლეიკოპოეზური უჯრედების მობილიზაციაში სხვადასხვა ფიზიოლოგიური ფაქტორების წვლილი ჯერ კიდევ დასადგენია. ამგვარ ფუნდამენტურ გამოკვლევას პრაქტიკული მნიშვნელობაც უდავოდ ექნება რადიაციულ, მიელოტოქსიკურ და მსგავსი პათოლოგიის მკურნალობის თვალსაზრისით.

**კვლევის მიზანი:** ფსიქოტროპული პრეპარატი – ლითიუმის კარბონატი იმავდროულად ლეიკოციტური რეგენერაციის ცნობილი ფაქტორია, მაგრამ მისი მოქმედების მექანიზმი დღემდე გარკვეული არ ყოფილა; ჩატარებული გამოკვლევა ამ პრობლემის გადაწყვეტას ეძღვნება.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:** მიელოტოქსიკური ლეიკოპენიის მოდელზე ვირთაგვაში ლითიუმის ეფექტი გაბათილდა ერთი მხრით ალფა1-ადრენოცეპტორების ფარმაკოლოგიური გამოთიშვის პირობებში და მეორე მხრით, თირკმელზედა ჯირკვალში ტვინოვანი უჯრედების NN-ქოლინერგული რეცეპტორების გამოთიშვითაც. სავარაუდოა, რომ ლითიუმით გამოწვეული ლეიკოციტების აღდგენა თირკმელზედა ჯირკვლის გააქტივებითა და, შესაბამისად, ადრენალინის გაძლიერებული გამოყოფით იყო განპირობებული.

ექსპერიმენტული მონაცემები მოწმობს, რომ გრანულოციტების წარმოქმნაში ან მათ რეგენერაციაში სპეციფიკურ გრანულოციტოპოეზურ ზრდის ფაქტორებთან ერთად ადრენალინსაც გარკვეული მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეს. ამიტომ, ადრენალინს შეიძლება მიეწეროს ან ზოგადად ჰემოპოეზის ფიზიოლოგიური რეგულატორის ფუნქცია ან გრანულოციტოპოეზის სტიმულატორის ფუნქცია სტრესულ პირობებში.

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა: მზადდება სტატია გამოსაქვეყნებლად ჟურნალში – "Blood".

3. **სამეცნიერო მიმართულება:** სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები; სამედიცინო მეცნიერებები.

პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ასოცირ. პროფესორი \_ მ. გედევანიშვილი, მობ.593 590 104, ელ-ფოსტა \_ [m\\_ged@yahoo.com](mailto:m_ged@yahoo.com).

კვლევაში ჩართული პერსონალი: ბიოლ. დოქტ. ე. ბაკურაძე, მაგისტრანტები: დ. დეკანოიძე, ლ. ნინუა.

**კვლევის თემატიკა:** ფუნქციური გააქტივების მორფოლოგიური ნიშნები ჰეპატოციტებში.

**კვლევის აქტუალობა:** ჰეპატოციტების მრავალგვარი ფუნქციებიდან დეტოქსიკაციის უნარი მეტად მნიშვნელოვანია, თუმცა მისი მორფოლოგიური ნიშნები არაა დადგენილი, გარდა იმ შემთხვევებისა, როდესაც ტოქსიკანტების ზემოქმედება დესტრუქციის მოვლენებით გამოიხატება. დეტოქსიკაციური ფუნქციის გააქტივება ჩვეულებრივად ბიოქიმიური ანალიზის მეშვეობით დასტურდება; შექცევადი ფუნქციური გადახრების მორფოლოგიური ნიშნების დადგენა საერთო გამოკვლევის პროცესში დამატებითი და, ამავე დროს გამარტივებული ინფორმაციის წყაროდ შეიძლება იქნეს მიღებული.

**კვლევის მიზანი:** კვლევის მიზანია ჰეპატოციტების სხვადასხვაგვარი დატვირთვის პირობებში სიმპტომატური შექცევადი მორფოლოგიური ნიშნის პოვნა და დახასიათება.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

გამოკვლეული იქნა ადგილობრივად გამოყენებული (კანზე) და შიგნით მიღებული ბუნებრივი პოლიფენოლებით გამოწვეული ლიპიდური კეროვანი ინფილტრაცია ღვიძლში. ჰეპატოციტების ინფილტრაციის მოვლენები არსებითად მსგავსი აღმოჩნდა, თუმცა რაოდენობრივად კი განსხვავებული. ამგვარი ცხიმოვანი ცვლილებები \_ “Fatty change” შექცევადია, ე.ი. მას ჰეპატოციტების დაღუპვა არ მოჰყვება და ღვიძლის მიკროარქიტექტონიკა შეიძლება სრულიად აღდგეს კიდევაც.

თუ განსხვავებულ ექსპერიმენტულ პირობებშიც მაგალითად, ექსპერიმენტული ქოლესტაზისა ან ნაწილობრივი ჰეპატექტომიის შედეგად მსგავსი შემთხვევები გამოვლინდა, მაშინ ჰეპატოციტების შექცევადი ლიპიდური ინფილტრაცია შეიძლება ზოგადად ღვიძლის არასპეციფიკურ დამცავ რეაქციადაც განვიხილოთ.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:** კვლევა მომავალ წელს დამთავრდება.

#### 4. სამეცნიერო მიმართულება: ბიოქიმია და ბიოტექნოლოგია

თემის ხელმძღვანელი: აკად. გივი სანაძე, მობ. 599511919, ელ.-ფოსტა [guivis@caucasus.net](mailto:guivis@caucasus.net)

კვლევაში ჩართული პერსონალი: პროფ. მ. ლოღობერიძე, აკ. დოქტორი ტ. ლოლაძე, აკ. დოქტორი, ქ. ნაჭყებია, ინჟინერ-ქიმიკოსი ს. ფხაჭიაშვილი, ლ.რუსიშვილი.

**კვლევის თემატიკა:** ერთუჯრედიანი მწვანე წყალმცენარეებიდან იზოპრენის გამოყოფის პირობების შესწავლა.

**კვლევის აქტუალობა:** ბიოიზოპრენის მიღება ინდუსტრიული ბიოტექნოლოგიის გზით დღეისათვის მეტად აქტუალურია. განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მის მიღებას ერთუჯრედიანი მწვანე ორგანიზმებიდან. ამ სამუშაოების პირველი ეტაპის ამოცანას წარმოადგენდა კვლევის ობიექტის – ერთუჯრედიანი მწვანე წყალმცენარის *Chlorella sp.* გამრავლება და მისი მდგრადი კულტივირების პირობების შესწავლა. ეს შტამი მოწოდებული იქნა პრადის კარლის უნივერსიტეტის წყალმცენარეთა კოლექციიდან დოქტორ პ. სკალოუდის მიერ.

**კვლევის მიზანი:** ერთუჯრედიანი მწვანე წყალმცენარეებიდან იზოპრენის გამოყოფის პირობების შესწავლა.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:** მიღებული იქნა ქლორელას ინტენსიური კულტურა, რომლის მდგრადი ფორმის მიღებას შეესაბამება კულტივირების შემდეგი პარამეტრები. ესენია:

1. ოპტიმალური ტემპერატურა – 27–29 °C;
2. განათლებულობა – 15–20 X102 ლუქსი (ღამის სვენებით);
3. CO<sub>2</sub> – 0,03 – 1% ჰაერის ნაკადში;
4. კულტივირების არე სტანდარტული;
5. pH -ის ცვლილება 5–7 ერთეულის ფარგლებში.

გამოკვლევებით დადგენილი იქნა, რომ ექსპერიმენტისათვის აღებული უჯრედული სუსპენზიის ოპტიმალური სიმკვრივე შეადგენდა 150–250X10<sup>6</sup> უჯრედს მლ–ში. ჩვენს მიერ მიღებული პარამეტრების

შეფასებამ გვიჩვენა, რომ მიღწეული იქნა კულტივირების სტანდარტული პირობები. შემჩნეულია ქლორელას მეტაბოლური აქტივობის სეზონური ცვალებადობა.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:** კვლევა საწყის ეტაპზეა.

#### 5. სამეცნიერო მიმართულება: სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები;

თემის ხელმძღვანელი: ბიოლოგიურ მეცნ. დოქტორი რუსუდან სუჯაშვილი. phone: +995 32 2371231. e-mail: [rsujashvili@yahoo.com](mailto:rsujashvili@yahoo.com)

კვლევაში ჩართული პერსონალი: ეკატერინე ბაკურაძე, ირინა მოდებაძე, დავით დეკანოიძე.

**კვლევის თემატიკა:** ექსტრაუჯრედული უბიკვიტინის ზეგავლენა ალკოჰოლური და არალკოჰოლური ღვიძლის რეგენერაციაზე.

**კვლევის აქტუალობა:** დღეისათვის მეცნიერები შეთანხმდნენ, რომ შიდაუჯრედული მექანიზმების კვლევა და მათზე დაფუძნებული თერაპია ეფექტურია ადამიანის დაავადებების მკურნალობისას. ძირითადი მნიშვნელობა ენიჭება დაავადების სპეციფიკური კომპონენტების ინჰიბირებას უბიკვიტინ - პროტეოსომული სისტემით.

ამასთან, შრომათა რიცხვი რომელიც ეძღვნება ექსტრაუჯრედული უბიკვიტინის მოქმედების მექანიზმების კვლევას ძალზე მცირეა. ნაჩვენებია მხოლოდ ექსტრაუჯრედული უბიკვიტინის მოქმედება უჯრედულ კულტურებზე, მაგრამ არ არის ინფორმაცია ექსტრაუჯრედული უბიკვიტინის მექანიზმების კვლევაზე ინ ვივო სისტემაში.

**კვლევის მიზანი** იყო ექსტრაუჯრედული უბიკვიტინის მოქმედების შესწავლა ღვიძლის უჯრედების მორფოფუნქციურ აქტიურობაზე.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:** უბიკვიტინის ტრანსდუქციის პირობებში ზრდასრული ვირთაგვას რეგენერირებადი ღვიძლის ჰეპატოციტების პროლიფერაციული აქტივობა შეფასებულია კოლქიცინური მიტოზური ინდექსის განსაზღვრის და იმონოჰისტოქიმიური შეღებვის გზით. დადგენილია, რომ უბიკვიტინი აქვეითებს რეგენერირებადი ღვიძლის მიტოზურ აქტიურობას. კერძოდ, ნაჩვენებია, რომ ოპერაციიდან 32-ე საათზე ჰეპატოციტების მიტოზური აქტიურობა 80%-ით ქვეითდება კონტროლთან შედარებით. ამავე დროს უბიკვიტინი არ ახდენს გავლენას რეგენერირებადი ღვიძლში ki67 პოზიტიური უჯრედების რაოდენობაზე ოპერაციიდან 32-ე საათზე.

ალკოჰოლური ღვიძლის რეგენერაციაზე ექსტრაუჯრედული უბიკვიტინის ზეგავლენის შესაფასებლად მიღებულია ალკოჰოლური ღვიძლის მოდელი. ნაჩვენებია, რომ უბიკვიტინის ინექციიდან მე-3 კვირის ბოლოს (მე-8 კვირა ალკოჰოლის მიღებიდან), შეიმჩნევა სინუსოიდებში დიდი რაოდენობით ლეიკოციტები და მათი ინფლიტრატების მცირე გროვები. ჰეპატოციტების “ბალონური” დეგენერაცია (ballooning degeneration) შემცირებულია.

უბიკვინის ინექციიდან 6 კვირის შემდეგ (მე-11 კვირა ალკოჰოლის მიღებიდან) ინფილტრაციის მცირე გროვები ჩანს ჰეპატოციტებს შორის, აღინიშნება მცირევეზიკულური სტეატოზი და ასევე მცირედ ნეკროზული უბნები.

**შრომა შესრულებულია გრანტის ( #09-616-2-160/1-2/54) ფარგლებში.**

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:**

1. R. Sujashvili, E. Bakuradze, I. Modebadze, D. dekanoidze Supposed effect of extracellular ubiquitin in vivo injections on hepatocyte proliferative activity 1st Annual Ubiquitin Research and Drug Discovery in Cancer.// Conference 27 - 28 January, 2011 San Diego, CA, USA
2. R. Sujashvili, E. Bakuradze, I. Modebadze, D. Dekanoidze Inhibition OF Hepatocytes Proliferative Activity By In Vivo Injected Extracellular Ubiquitin. // BSCB Autumn Meeting 2011- Cell Biology of Ubiquitin-Dependent Degradation Pathways 11-13th September 2011, Liverpool, UK
3. R.Sujashvili, I. Modebadze, E. Bakuradze, D. Dekanoidze Effect of extracellular ubiquitin on proliferative activity of alcohol-injured liver hepatocytes. //Molecular Insights for Innovative Therapies 1-3 December 2011, Heidelberg, Germany
4. Sujashvili R, Bakuradze E, Modebadze R, Dekanoidze D, Kirikashvili I. In vivo investigation of extracellular ubiquitin effect on liver histoarchitectonics.//Georgian Medical News. 2011,(191):77-81.
5. R.Sujashvili, E.Bakuradze, I. Modebadze, D. Dekanoidze In vivo Introduced Extracellular Ubiquitin Regulates Intracellular processes.//International Journal of Biological and Life Sciences (ბეჭდვამია).

#### 6. სამეცნიერო მიმართულება: სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები;

თემის ხელმძღვანელი: პროფ.დიანა ძიძიგური. ელ.ფოსტა [d\\_dzidziguri@yahoo.com](mailto:d_dzidziguri@yahoo.com); მობ. 577 73 20 76 და ბიოლოგიურ მეცნ. დოქტ. ირინა მოდებამე

კვლევაში ჩართული პერსონალი: ი.მოდებამე, გ. მოსიძე, ნათია ლიპარტია (მე-4 კურსის სტუდენტი).

**კვლევის თემატიკა:** ვირთაგვას პანკრეასის ენდოგენური თერმოსტაბილური ცილოვანი კომპლექსის მოქმედების მექანიზმის შესწავლა.

**კვლევის აქტუალობა:** ზრდის ფაქტორები ანუ ცილოვანი ბუნების მოლეკულები, როგორც ცნობილია, სიგნალის გადაცემის გზით არეგულირებენ შიდაუჯრედულ პროცესებს (მაგ. ტრანსკრიპცია) და მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების ზრდასა და განვითარებაში. ზრდის ფაქტორების მოქმედება ხორციელდება მათი კავშირით უჯრედის მემბრანის სპეციფიკურ რეცეპტორთან. განსაკუთრებით კარგად არის შესწავლილი ზრდის მასტიმულირებელი ფაქტორები. შედარებით მწირია ინფორმაცია ზრდის მაინჰიბირებელი ფაქტორების შესახებ. ზრდის შემაკავებელი ენდოგენური ფაქტორების შესწავლა განსაკუთრებით საინტერესოა ისეთი ქსოვილებში, რომლებიც შედარებით დაბალი განახლების უნარით ასეთ ქსოვილებს განეკუთვნება მაგალითად, თირკმლის, გულის და პანკრეასის ქსოვილები.

**კვლევის მიზანი:** სამუშაოს მიზანი იყო თეთრი ვირთაგვას პანკრეასის უჯრედებში თერმოსტაბილური ცილოვანი კომპლექსის (თცკ) მოქმედების მექანიზმის დადგენა.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:** შესწავლილია ზრდასრული ვირთაგვას პანკრეასის თერმოსტაბილური ცილოვანი კომპლექსის (თცკ) მოქმედება ჰომოტიპური უჯრედების მიტოზურ აქტიურობაზე. დადგინდა, რომ ზრდასრული ვირთაგვას პანკრეასის თცკ-ს მოქმედების ხანგრძლივობა *in vivo* სისტემაში საშუალოდ 3 საათს შეადგენს. თცკ-ს ინექციიდან მე-5 და მე-7 საათებზე საცდელი ჯგუფის ცხოველების მიტოზური ინდექსის მაჩვენებელი საკონტროლოს უტოლდება. შესწავლილია აგრეთვე, მზარდი ვირთაგვას პანკრეასში **ki-67** პოზიტიური უჯრედების რაოდენობის ცვლილებაზე ენდოგენური ზრდის მარეგულირებელი ცილოვანი კომპლექსის ზემოქმედება. დადგენილია, რომ ჰომოტიპური უჯრედების გამრავლებაზე პანკრეასის თცკ-ს დამთრგუნველი ზემოქმედების საპასუხოდ, ორგანოს პარენქიმაში იზრდება ციკლში შესული უჯრედების რაოდენობა.

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ: 1. უჯრედების გამრავლებაზე პანკრეასის თვკ-ს დამთრგუნველი ზემოქმედება შექცევადი პროცესია; 2. აღნიშნული უჯრედები ინარჩუნებენ დაყოფის და გარკვეული დროის შემდეგ საკუთრივ მიტოზის ფაზაში გადასვლის უნარს, შესაბამისად. 3. პანკრეასის ენდოგენური თვკ-ს ზემოქმედებით ჰომოტიპური უჯრედების გამრავლების ინჰიბირება ორგანოს პროლიფერაციული აქტიურობის სტიმულაციას ინდუცირებს.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:** შესრულებული და დაცულია სადიპლომო ნაშრომი; მზადდება სტატია.

**7. სამეცნიერო მიმართულება:** სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები. სამედიცინო მეცნიერებები. საერთაშორისო პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი დომინიკ პლოტონი - ლაბორატორია Matrice Extracellulaire et Dynamique Cellulaire (MEDyC) (UMR CNRS/URCA #6237), URCA (Universite de Reims, Champagne-Ardenne, საფრანგეთი)

კვლევაში ჩართული საერთაშორისო პერსონალი:

1. დოქტორი ფრედერიკ ნოლანი - Dr. Frédérique Nolin (Laboratoire de Recherche en Nanosciences, Université de Reims Champagne Ardenne, საფრანგეთი);
2. პროფესორი ჟან მიშელი - Prof. Jean Michel (Laboratoire de Recherche en Nanosciences, Université de Reims Champagne Ardenne, საფრანგეთი; Co-senior authors);
3. დოქტორი ლორანს ვორთჰემი - Dr. Laurence Wortham (Laboratoire de Recherche en Nanosciences, Université de Reims Champagne Ardenne, საფრანგეთი);
4. პროფესორი პავლე ჭელიძე - Prof. Pavel Tchelidze (თბილისის ივ. ჯავახიშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო; CNRS UMR 6237, Université de Reims Champagne Ardenne, საფრანგეთი); ტელეფონი: 577 422 600; ელ. ფოსტა: [pavel.tchelidze@univ-reims.fr](mailto:pavel.tchelidze@univ-reims.fr)

**კვლევის თემატიკა:** ბირთვში წყლისა და იონების ნანო-კრიო-ელექტრონული და სპექტრული იმიჯინგი.

**კვლევის აქტუალობა და მიზნები:** უჯრედის ბირთვი ჰეტეროგენული მაღალი სიმკვრივის მოცულობაა, რომელშიც მაკრომოლეკულებისა და წყლის მასის სავარაუდო საშუალო კონცენტრაცია შესაბამისად, 10 და 90%-ს შეადგენს. მიუხედავად ამისა, სხვადასხვა ბირთვულ დომენებში ნანო დონეზე მაკრომოლეკულების, იონებისა და წყლის კონცენტრაცია უცნობია. კარგად შესწავლილ ბირთვულ კომპონენტებში 205მ რეზოლუციით წყლის შემცველობის მეფინგისთვის ჩვენ შევიშავეთ იმიჯინგის ახალი მიდგომა, რომელიც ევარდება კრიო-ანალიტიკურ მასკანერებელ ტრანსმისიულ ელექტრონული მიკროსკოპიას. გაფანტული X-სხივების სპექტრომეტრიის (EDXS) ენერჯის სინქრონული გამოყენებით, ჩვენ გამოვავლინეთ სხვადასხვა ელემენტები (C, N, O, P, S, იონები), რომლებიც ჩვენ გავზომეთ მმოლ/1 ერთეულში. საკონტროლო უჯრედების წყლის შემცველობა მერყობდა 65-დან 83%-მდე (შესაბამისად, კონდენსირებულ ქრომატინსა და ბირთვაკის ფიბრილარულ ცენტრებში). რ-რნმ-ს სინთეზის ინჰიბირების გზით ბირთვული სტრესის ინდუქციამ ორივე კომპარტმენტში წყლის შემცველობის ზრდა და ყველა ბირთვულ კომპარტმენტში ელემენტების შემცველობის კლება გამოიწვია. ჩვენმა აღმოჩენებმა განაპირობა ბირთვული კომპარტმენტების წყლისა და იონების ნანო დონის რუქის შექმნა და ასევე განაპირობა წყლისა და იონების ბირთვული სტრესით გამოწვეული ცვლილებების გააზრება.

ინტერფერენციული მიკროსკოპიით ან რაოდენობრივი მასკანერებელი ტრანსმისიული ელექტრონული მიკროსკოპიით (STEM) ჩატარებული ქიმიური ანალიზის მიხედვით, ბირთვის მაკრომოლეკულური კონცენტრაცია 75-დან 270 მგ/მლ-მდეა. ასეთი მაღალი კონცენტრაცია იწვევს ფენომენს, რომელსაც მაკრომოლეკულურ სიმკვრივეს - „ქრუდინგს“ უწოდებენ. ქრუდინგი გავლენას ახდენს ბევრი მაკრომოლეკულის აქტივობაზე და დამოკიდებულია არსებული წყლის რაოდენობის მცირეოდენ ცვლილებებზე. მიუხედავად ამისა, ცოტა რამაა ცნობილი უჯრედებში წყლისა და იონების შემცველობასა და უჯრედის ბირთვის ჰიდრატირებულ კომპარტმენტებში მათ განაწილებაზე. ინფორმაციის ეს სიმჭირე ზღუდავს ჩვენს წარმოდგენას უჯრედის ბირთვის ცხოველქმედებაზე,

რადგან წყალი თამაშობს საკვანძო როლს ცილებისა და ნუკლეინის მჟავების ორგანიზაციასა და ფუნქციონირებაში.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

სამუშაო შესრულებულია 3 წლიანი გრანტის ფარგლებში.

სამუშაოს დასაწყისი - 01.01. 2008 წელი

სამუშაოს დასასრული - 01.09. 2011 წელი

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:** კვლევის შედეგების საფუძველზე მომზადებულია სტატია ჟურნალ „Nature Methods” -ში წარსადგენად - **Frédérique Nolin1, Jean Michel, Laurence Wortham1, Pavel Tchelidze, Gérard Balossier, Vincent Banchet, Hélène Bobichon, Nathalie Lalun, Christine Terryn, Franck Delavoie, Dominique Ploton. Nanoimaging of changes to nuclear water and ions content after nucleolar stress by a new cryo correlative microscopy approach.**

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი:

საფრანგეთის ნაციონალური კვლევითი სააგენტო (ANR)

7. სამეცნიერო მიმართულება: სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები. სამედიცინო მეცნიერებები.

პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ბიოლ. მეცნიერებათა დოქტორი ნანა გიორგობიანი -  
ლაბორატორიის გამგე. ტელეფონი: 2303209, 5 55 12 88 15. [nana\\_giorg@yahoo.com](mailto:nana_giorg@yahoo.com)

კვლევაში ჩართული პერსონალი:

ბიოლოგიის დოქტორი ლევან რუსიშვილი - ლაბორანტი

ბიოლოგიის მაგისტრი გიორგი მოსიძე - ლაბორანტი

ბიოლოგიის დოქტორი ელენე თავდიშვილი - მოწვეული პედაგოგი

ბიოლოგიის დოქტორი ელენე ჩერქეზია - მოწვეული პედაგოგი

**კვლევის თემატიკა:** ზრდის ენდოგენური ინჰიბიტორის შეფასება მზარდი ვირთაგვების მიოკარდის და ღვიძლის მოდელის გამოყენებით

**კვლევის აქტუალობა და მიზნები:** გულის მიოკარდი და ღვიძლი განსხვავებული ორგანოებია არამხოლოდ ფორმითა და შესასრულებელი ფუნქციებით, არამედ, დაზიანების შემდგომ, უჯრედების პროლიფერაციის გზით აღდგენის უნარით. ამრიგად, ამ ორგანოების ზრდის მარეგულირებელი ფაქტორების შედარებითი შესწავლა, მათი პოსტნატალური ზრდის და დიფერენცირების პერიოდში აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს. ამგვარი სამუშაო ლიტერატურაში არ მოიძიება და სიახლეს წარმოადგენს.

ჩვენს მიერ ადრე ნაჩვენებია, რომ ზრდასრული ცხოველების გული და ღვიძლი შეიცავენ უჯრედების პროლიფერაციის მაინჰიბირებელ, ერთნაირი პროფილის მქონე ცილების ჯგუფს. პროლიფერაციის რეგულაციაში მონაწილე ცილების ჯგუფი წარმოადგენს თერმოსტაბილურ ცილოვან კომპლექსს (თსცკ). აქედან გამომდინარე, მიზნად დავისახეთ გულისა და ღვიძლის თსცკ-ის თვისებების შედარებითი კვლევა, მათი მონაწილეობის დადგენა ორგანოების პოსტნატალურ ზრდაში. ამგვარი კვლევის შედეგები შესაძლოა გამოყენებულ იქნას პრაქტიკულ მედიცინაში და ასევე სხვა ფუნდამენტურ კვლევებში.

**კვლევის მიზანს წარმოადგენს:** გამოვავლინოთ გულისა და ღვიძლის თერმოსტაბილური ცილოვანი კომპლექსის გავლენა ამ ორგანოების პოსტნატალურ ზრდაში. დავადგინოთ ამ კომპლექსის ინჰიბიტორის შემცველობის სხვაობა/ერთგვარობა გამოსაკვლევი ორგანოების ზრდასრულ მდგომარეობაში.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:** ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ: 1. მზარდი (5-7 დღიანი) და ხანდაზმულ ცხოველების გულის უჯრედებში თსცკ-ის განსხვავებული რაოდენობრივი შემცველობა. 2. ღვიძლის უჯრედებში აღნიშნული განსხვავება არ გამოვლინდა. 3 განსხვავება გულისა და ღვიძლის ქსოვილის თსცკ-ის ცალკეული ფრაქციების

მოლეკულურ მასებში. მოზრდილ ცხოველებში ღვიძლის თსცკ ავლენს დამრთავუნველ მოქმედებას მხოლოდ ჰომოტიპურ გამრავლებად ქსოვილებში. გულის თსცკ-ის მრავალჯერად მოქმედება არ იწვევს დაბალი პროლიფერაციული აქტიურობის ქსოვილში (გული) კარდიომიოციტების პროლიფერაციის დათრგუნვას

ანალოგიური ეფექტი იყო აღწერილი თსცკ-ის მრავალჯერადი მოქმედების შესწავლის შედეგად.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:** *Nana Giorgobiani, Giga Mosidze, Levan rusishvili, Elena Cherkezia and Ephemias Kharadze. Endogenous inhibitors. Postnatal growth and regeneration. FASEB J. Mach 17, 2011 25:791.9*

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი: შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

8. სამეცნიერო მიმართულება: სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები. სამედიცინო მეცნიერებები.

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფ. დიანა ძიძიგური. ელ.ფოსტა [d\\_dzidziguri@yahoo.com](mailto:d_dzidziguri@yahoo.com); მობ. 577 73 20 76. ასისტ. პროფ. ე.ბაკურაძე

კვლევაში ჩართული პერსონალი: ე.ბაკურაძე, ი.მოდებაძე, ლ.რუსიშვილი, დ. ძიძიგური.

**კვლევის თემატიკა:** ღვიძლის ადაპტაციური ზრდის თავისებურებები თანმხვედრი პათოლოგიების დროს.

**კვლევის აქტუალობა:** ღვიძლის დაავადებების მკურნალობის დღეისათვის არსებული თერაპიული მიდგომები კვლავ არასრულყოფილია. ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე აუცილებელია მკურნალობის ისეთი მეთოდების ძიება, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელი გახდება ღვიძლის რეგენერაციის უნარის გაზრდა. ამითვის საჭიროა რეგენერაციის მექანიზმების და მასში მონაწილე ფაქტორების უფრო ღრმად შესწავლა, უჯრედში სიგნალის გადაცემის გზების დადგენა. ორგანოს სტრუქტურისა და ფუნქციის აღდგენაში პროლიფერაციასთან ერთად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება უჯრედების ჰიპერტოფიასა და პოლიპლოიდიას. პოლიპლოიდია ჩეულებრივ განიხილება როგორც არასრული მიტოზის შედეგი, რომელიც ასაკის მატებასთან ერთად იზრდება. ხოლო თვით პოლიპლოიდიზაციის პროცესი განიხილება, როგორც ევოლუციური ადაპტაციის მექანიზმი. ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს, რომ სხვადასხვა ექსპერიმენტული მოდელის გამოყენებით ღვიძლის ქსოვილში მიმდინარე აღდგენითი პროცესების რეგულაციის სარეზერვო მექანიზმის შესწავლა რეგენერაციული პროცესების მართვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს.

**კვლევის მიზანი.** სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა თანმხვედრი პათოლოგიების დროს (ორმხრივი ადრენალექტომია და ქოლესტაზი) თეთრი ვირთაგვას ღვიძლის ქსოვილში ადაპტაციური ზრდის მექანიზმების დადგენა.

**მიღებული შედეგები:** შესწავლილია თანმხვედრი პათოლოგიების დროს ღვიძლის ზრდის მარეგულირებელი მექანიზმები. ნაჩვენებია, რომ თანმხვედრი პათოლოგიების დროს (ორმხრივი ადრენალექტომია და ნაღვლის საერთო სადინრის გადაკეტვა) ფუნქციური აქტიურობის აღდგენისათვის, ღვიძლი თავდაპირველად იყენებს ჰეპატოციტების იმ პოპულაციას, რომელშიც გენომი ჯერადად არის გაზრდილი ( $G_2$ ). სწორედ ამაზე მიუთითებს დიპლოიდური (2c) უჯრედების რაოდენობის მატება და ტეტრაპლოიდური (4c) უჯრედების რაოდენობის კლება ნაღვლის საერთო სადინარის გადაკეტვიდან 36-ე საათზე ორმხრივი ადრენალექტომიის ფონზე. პოლიპლოიდიზაციის ინიცირება (4c, 4cx2, 8c), რაც დამახასიათებელია ქოლესტაზური ღვიძლისათვის, დაიმზირება მოგვიანებით, ნაღვლის სადინარის გადაკეტვიდან მე-60 საათზე. უჯრედების პოლიპლოიდიზაცია შენარჩუნებულია ოპერაციიდან 72-ე საათზეც.

აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ღვიძლის ადაპტაციური ზრდა სხვადასხვა პათოლოგიის პირობებში განსხვავებული მექანიზმებით მიმდინარეობს. კერძოდ, ქსოვილი ირჩევს იმ გზას, რომელიც ყველაზე ეფექტურია დაზიანებული ორგანოს ფუნქციის აღსადგენად.



January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

---

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალები: 1. **E. Bakuradze**, L. Ninua, **I. Modebadze**, D. Dekanoidze, D. Dzidziguri. Liver ability to regulate adaptive growth at combined pathologies. //The 22nd Wilhelm Bernhard Workshop, 25-30 August, Riga, Latvia.

## გენეტიკის მიმართულება, გენეტიკის ლაბორატორია

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის XI კორპუსი, უნივერსიტეტის ქუჩა  
13, ტელ.: 2-30-41-70

**სამეცნიერო მიმართულება:** დაბერების გენეტიკა, ავთვისებიანი სიმსივნისა და სხვა პათოლოგიათა გენეტიკა.

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: მიმართულების ხელმძღვანელი სრული პროფესორი თეიმურაზ ლეჟავა, ასოცირებული პროფესორი თინათინ ჯოხაძე, ასისტენტ პროფესორი მაია გაიოზიშვილი, ლაბორატორიის გამგე ნიკოლოზ ბარათაშვილი, ლაბორანტი თამარ ზუამე, ლაბორანტი მარინე მენაბდე, ლაბორანტი ხათუნა რეხვიაშვილი.

კვლევის თემატიკა: მოხუცებში (80 წლის ზევით) ქრომატინის მოდიფიკაციის კვლევა; ზოგიერთი გენის სიხშირის განსაზღვრა ქართულ პოპულაციაში; ძუძუს კიბოს პრევენცია ბიორეგულატორებითა და მიმე მეტალებით მოქმედებით; კარდიომიოპათიების, ვენური და არტერიული თრომბოზების გენეტიკური მახასიათებლების იდენტიფიცირება; მიკროორგანიზმთა გენომის მახასიათებლებისა და მათი გამოყენების შესაძლებლობის განსაზღვრა; საქართველოში გავრცელებული ღვინისა და ლუდის საფუარების ენდემური სახეობების გენეტიკური კვლევა.

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები

**მიზანი:** მიმე მეტალისა (CoCl<sub>2</sub>) და ნანოპეპტიდების (Ala-Glu-Asp-Gly and Lus-Glu-Asp-Ala) გავლენის შესწავლა “დაბერებული” ქრომოსომების ჰეტეროქრომატინზე (ტოტალური ჰეტეროქრომატინი, ბირთვაკის ორგანიზატორთა ჰეტეროქრომატინი, სტრუქტურული ჰეტეროქრომატინი – ცენტრომერული და ტელომერული, ფაკულტატური ჰეტეროქრომატინი) ხანდაზმულ ინდივიდთა ლიმფოციტურ კულტურებში. განსაზღვრულ იქნა მეტაციების დონე, ქრომატინის კონდენსაციის ხარისხი, C- ბენდები და პოზოტიური Ag- ბირთვაკის მარგანიზებული უბნები და აკროცენტრული ქრომოსომების ასოციაციები, დნმ-ს არაგეგმიანი სინთეზი და შვილეულ ქრომატიდაშორისი გაცვლების (შქგ) სიხშირე CoCl<sub>2</sub>- ის განმხილვით და ნანოპეპტიდების ეპიტალონისა (Ala-Glu-Asp-Gly) და ლივაგენის (Lus-Glu-Asp-Ala) კომბინირებული ზემოქმედებისას 80 წლისა და უფრო ხანდაზმულ ინდივიდთა ლიმფოციტარულ კულტურებში.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

**მიღებული შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ:**

- (1) დაბერებისას ადგილი აქვს ქრომოსომათა პროგრესულ ჰეტეროქრომატინიზაციას (ეუ- და ჰეტეროქრომატინული რეგიონების კონდენსაციას);
- (2) რეპარაციული პროცესების დაქვეითება და ქრომოსომული აბერაციების სიხშირის ზრდა დაბერებისას მეორადია პროგრესულ ჰეტეროქრომატინიზაციასთან მიმართებაში;
- (3) ნანოპეპტიდები (ეპიტალონი და ლივაგენი) ხანდაზმულ ინდივიდებში იწვევენ ქრომოსომული უბნების დეჰეტეროქრომატინიზაციას;
- (4) მიმე მეტალის მარილი (CoCl<sub>2</sub>) განმხილვით და ბიორეგულატორ ეპიტალონი და ლივაგენთან ერთობლივი გამოყენებისას განსხვავებულ ზემოქმედებას ავლენს ქრომოსომულ რეგიონებზე შქგ-ს ტესტის მიხედვით: ნანოპეპტიდი ეპიტალონი (Ala-Glu-Asp-Gly) იწვევს ცენტრომერული რაიონის დეჰეტეროქრომატინიზაციას, ნანოპეპტიდი ლივაგენი (Ala-Glu-Asp-Gly) — ტელომერული რაიონის დეჰეტეროქრომატინიზაციას. დადგინდა ტელომერების ნორმალიზაცია ნანოტექნოლოგიური მეთოდებით.

მიღებული შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას დაბერების პათოლოგიათა სამკურნალო საშუალებად.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა):**

I.Monaselidze J, **Lezhava T**, Nemsadze G, Kikalishvili L, Ramishvili M. . [Extracellular matrix thermostability of breast gland carcinoma](#); Georgian Med News; 195,88-91, 2011.

2. Monaselidze J, Gorgoshidze M, **Jokhadze T**, **Gaiozishvili M**, **Lezhava T**. [Influence of tetrapeptide on chromatin thermostability](#); Georgian Med News;194,64-6, 2011.
3. Monaselidze JR, Khavinson VKh, Gorgoshidze MZ, Khachidze DG, Lomidze EM, **Jokhadze TA**, **Lezhava TA**; [Effect of the peptide bronchogen \(Ala-Asp-Glu-Leu\) on DNA thermostability](#); Bull Exp Biol Med. 150,3,375-7, 2011.
4. **Lezhava T**, Monaselidze J, **Jokhadze T**, Gorgoshidze M, Kiladze M, **Gaiozishvili M**. [Remodeling of heterochromatin induced by heavy metals in extreme old age](#); Age (Dordr). 33,3,433-8, 2011.
5. **Lezhava T**, Monaselidze J, **Jokhadze T**, **Buadze T**, **Gaiozishvili M**; [Gerontology research in Georgia](#); Biogerontology. 12,2,87-91, 2011.

**თეზისები:**

**Lezhava T**. Instability of Genome in Aging; Aging Clin Exp Res, 8,02.3,2011

**Lezhava T**, **Jokhadze T**, Monaselidze J. Nanopeptide bioregulators induce reactivation of “aged” chromatin. 3<sup>rd</sup> R. Agladze Conference. On Applied Chemistry. Tbilissi, Georgia, 80-81, 2011

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (კონფერენცია):**

1. **Lezhava T**, **Jokhadze T**, Monaselidze J. Nanopeptide bioregulators induce reactivation of “aged” chromatin. 3<sup>rd</sup> R. Agladze Conference. On Applied Chemistry. Tbilissi, Georgia 2011
2. **Lezhava T**. Instability of Genome in Aging. VII European Congress. Healthy and Active Ageing For all Europeans II. Bologna (Italy) 2011
3. **Lezhava T**, **Jokhadze T**, Monaselidze J. The functional characteristics of “aged” chromosomes. The 1th international congress on controversies in Longevity, health and aging. Barcelona, Spain, 2011

**უჯრედული და მოლეკულური ბიოლოგიის მიმართულება**უნივერსიტეტის ქ.13, ტელ: 832 2 30 32 13, E.mail: [nkotrikadze@gmail.com](mailto:nkotrikadze@gmail.com)

სამეცნიერო მიმართულება: უჯრედული და მოლეკულური ბიოლოგია

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:

თემის ხელმძღვანელი – სრული პროფ. ნანა კოტრიკაძე

თანახელმძღვანელები: მოწვეული პროფ. – მანანა ალიბეგაშვილი

მოწვეული პროფ.– მაია ზიბზიბაძე

მოწვეული პროფ. – ნატო ვეშაპიძე

ლაბორანტი/დოქტორანტი – ლ. რამიშვილი

სამაგისტრო პროგრამა „ბიოსამედიცინო მეცნიერებების“ მაგისტრები:

ირინა ბეჟუაშვილი

შორენა მახარაშვილი

სალომე ქურასბედიანი

თამარ ლობჯანიძე

ნათია მაისურაძე

ნატო პოპიაშვილი

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

- ოქსიდაციური სტრესი და ორგანიზმის დამცველობითი ფუნქციის შესწავლა პროსტატის სიმსივნეებით დაავადებულ პაციენტებში;
- ენდოგენური ინტოქსიკაციის სინდრომი პროსტატის სიმსივნეების დროს.

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:

- ოქსიდაციური სტრესი და ორგანიზმის დამცველობითი ფუნქციის შესწავლა პროსტატის სიმსივნეებით დაავადებულ პაციენტებში

ცნობილია, რომ ოქსიდაციური სტრესი წარმოადგენს მრავალი პათოლოგიის თანმხლებ პროცესს. იგი გამოწვეულია ჟანგბადის აქტიური ფორმების (ROS) მაღალი კონცენტრაციებით, რომლებიც იწვევენ დნმ-ის დაზიანებას, ცილების ჟანგვასა და ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვას (პეროქსიდაცია). ჯერ ისევ უცნობია მიზეზ-შედეგობრივი კავშირი ოქსიდაციურ სტრესსა და კონკრეტულ დაავადებას შორის. გაურკვეველია წარმოადგენს თუ არა ROS-ის ჭარბი პროდუქცია პათოლოგიური ფონის განვითარების ერთ-ერთ მიზეზს, თუ პირიქით, დაავადება იწვევს ოქსიდაციურ სტრესს, როგორც პათოფიზიოლოგიური მდგომარეობის თანამდევ ერთ-ერთ დესტრუქციულ პროცესს. ბოლო წლებში აქტუალური გახდა ROS დამცველობითი როლი, რასაც ადასტურებს მონაცემების მზარდი რაოდენობა: ROS თამაშობს მედიატორის როლს, ისეთ პროცესებში, როგორცაა აპოპტოზი, ფაგოციტოზი, დეტოქსიფიკაციური რეაქციები. მიუხედავად ზემოთქმულისა, ოქსიდაციური სტრესი და მისი თანმხლები ლიპიდების პეროქსიდაცია კვლავ განიხილება მრავალი ტიპის პათოლოგიის წინაპირობად. აღნიშნულს მიეკუთვნება ათეროსკლეროზი, დიაბეტი, ნეიროდეგენერაციული დაავადებები და ბოლოს კანცეროგენეზი. ამ უკანასკნელის შემთხვევაში ROS-ის მიერ დნმ-ის დაზიანებას შეუძლია ითამაშოს კრიტიკული როლი უჯრედთა ავთვისებიან ტრანსფორმაციაში.

**ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა :**

- სისხლის ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის პროდუქტების (დიენური კონიუგატები, კეტოდიენები, ტრიენები, მალონის დილდეჰიდი და შიფის ფუძეები) რაოდენობრივი ცვლილების შესწავლა პროსტატის კეთილთვისებიანი და ავთვისებიანი სიმსივნეებით დაავადებულ მამაკაცებში.
- გლუტათიონ- დამოკიდებული სისტემის სტატუსის შესწავლა პროსტატის სიმსივნეებით დაავადებული მამაკაცების ერთორციტებში.

**შედეგები**

დაავადების პროგრესირების პარალელურად ადგილი ჰქონდა ლიპიდების პეროქსიდაციის ინტენსიფიკაციას.

გამოკვლევებმა უჩვენა, რომ დაავადების დამძიმებასთან ერთად ადგილი აქვს ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის საწყისი და შუალედური პროდუქტების - **დიენური კონიუგატების, კეტოდიენებისა და ტრიენების** რაოდენობის კლების ტენდენციას ნორმასთან შედარებით. მათი რაოდენობა განსაკუთრებით მკვეთრად იყო შემცირებული პროსტატის ადენოკარცინომის შემთხვევაში.

**მალონის დიალდეჰიდის (MDA)** და **შიფის ფუძეების** შესწავლისას კი პირიქით, დაფიქსირდა მათი რაოდენობის ზრდა დაავადების დამძიმების პარალელურად, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ შიფის ფუძეების შემთხვევაში აღნიშნული მატება უფრო გამოკვეთილ სახეს იღებდა პროსტატის კეთილთვისებიანი და PIN უბნებიანი კეთილთვისებიანი სიმსივნის შემთხვევაში. ადენოკარცინომის დროს შიფის ფუძეების რაოდენობა აღემატებოდა საკონტროლო ჯგუფის მაჩვენებელს, მაგრამ მისი რაოდენობრივი ზრდა ნაკლებად გამოხატული იყო პროსტატის სხვა სიმსივნეებთან შედარებით.

შესწავლილი იქნა ასევე **გლუტათიონ-დამოკიდებული სისტემის** მდგომარეობა პროსტატის სიმსივნეებით დაავადებულთა ერთროციტებში. კვლევამ გამოავლინა, რომ გლუტათიონის რაოდენობა ერთროციტებში მკვეთრად არის გაზრდილი, როგორც პროსტატის კეთილთვისებიან, ასევე პროსტატის ავთვისებიანი სიმსივნის შემთხვევაში საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით. გარდა ამისა დაფიქსირდა **გლუტათიონ პეროქსიდაზას** აქტივობის მკვეთრი ზრდა პროსტატის კეთილთვისებიანი ჰიპერპლაზიის შემთხვევაში როგორც საკონტროლო ჯგუფთან, ასევე ადენოკარცინომით დაავადებული მამაკაცების სისხლის ერთროციტებთან შედარებით. მართლაც, ადენოკარცინომის დროს მოცემული ფერმენტის აქტივობა ~ 2-ჯერ იყო შემცირებული საკონტროლო ჯგუფთან და ~ 4-ჯერ კეთილთვისებიან სიმსივნის ჯგუფთან შედარებით.

რაც შეეხება **გლუტათიონ რედუქტაზას**, მისმა შესწავლამ გამოვლინა ფერმენტის აქტივობის მატების ტენდენცია დაავადების დამძიმების პარალელურად.

#### **დასკვნები:**

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ სიმსივნის განვითარების პარალელურად დიენური კონიუგატების, კეტოდიენების, ტრიენების რაოდენობის შემცირება გამოწვეული უნდა იყოს მათი ურთიერთქმედებით დნმ-თან, ცილებთან და ლიპიდებთან, და ასევე ლიპიდების პეროქსიდაციის პროცესის ინტენსიფიკაციით. როგორც ჩანს გლუტათიონ-დამოკიდებული სისტემა პროსტატის ავთვისებიანი ტრანსფორმაციის დროს, ორგანიზმის ძლიერი ინტოქსიკაციის ფონზე, მოქმედებს როგორც ანტიტოქსიკანტი და არა ანტიოქსიდანტი. პროსტატის სიმსივნეების დროს გლუტათიონის მომატებული რაოდენობა კი უნდა მიუთითებდეს სიმსივნის უჯრედების რეზისტენტობის ზრდაზე ანტიისიმსივნური პრეპარატებისა და ქსენობიოტიკების წინააღმდეგ.

- აღნიშნულ მასალაზე მოხსენება გაკეთდა უროლოგთა 31-ე საერთაშორისო კონგრესზე. **(31<sup>st</sup> Congress of the Societe Internationale d' Urologie)// N. Kotrikadze., M. Alibegashvili., L. Ramishvili., M.Zibzibadze et al.**

- **ენდოგენური ინტოქსიკაციის სინდრომი პროსტატის სიმსივნეების დროს.**

ენდოგენური ინტოქსიკაციის სინდრომი (ეის) წარმოადგენს პათოლოგიურ მდგომარეობას, რომლის დროსაც ქსოვილებსა და ბიოლოგიურ სითხეებში გროვდება ენდოგენური წარმოშობის ტოქსინები. ეის გვხვდება სრულიად განსხვავებული დაავადების პირობებში, როგორცაა ჩირქოვან-ანთებითი დაავადებები, ნებისმიერი წარმოშობის შოკური მდგომარეობა, შაქრიანი დიაბეტი, ჩიყვი, რევმატოიდული ართრიტი, სხვადასხვა სახის მოწამლა, სიმსივნური ტრანსფორმაცია და სხვა .

კლინიკურ-ლაბორატორიულმა კვლევებმა უჩვენა, რომ მსუბუქად მიმდინარე დაავადებებსაც კი აუცილებლად ახლავს თან ამათუიმ ხარისხის ეის. მაგრამ ზოგიერთ კლინიკურ შემთხვევაში იგი ასრულებს საკუთარ, ხშირად წამყვან როლს დაავადების პათოგენეზში და ძლიერ ართულებს მის მიმდინარეობას. აქედან გამომდინარე, ცხადია, რომ ეის-ის ხარისხის შეფასების გარეშე შეუძლებელია განისაზღვროს დაავადების სიმძიმე, მიმდინარეობის პროგნოზი, თერაპიული კურსი და მისი ეფექტურობა.

ეის-ის შესწავლა სიმსივნური ტრანსფორმაციის დროს მნიშვნელოვანია იმ თვალსაზრისით, რომ ერთი მხრივ, სიმსივნური ინტოქსიკაცია წარმოადგენს ეის-ის ერთ-ერთ კერძო გამოვლინებას. ხოლო მეორე მხრივ, ენდოგენური ინტოქსიკაცია მატულობს არამარტო დაავადების ფონზე, არამედ

თერაპიის პროცესშიც, როდესაც პაციენტი იღებს ციტოსტატიკებს, ან მკურნალობს მაიონიზებული გამოსხივებით.

პროსტატის სიმსივნეების დროს ეის-ის კვლევის აქტუალობა განპირობებულია რამოდენიმე ფაქტორით:

- ეის-ის ხარისხის შეფასებამ შესაძლებელია მოგვცეს პროსტატის კეთილთვისებიანი სიმსივნეების დიფერენცირების საშუალება, შესაბამისად განსაზღვროს მკურნალობის განსხვავებული სტრატეგია.
- ეის-ის შეფასება შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს დაავადების მიმდინარეობის პროგნოზირების მიზნით, კერძოდ, ოპერაციამდე და ოპერაციის შემდგომი პერიოდების შედარების თვალსაზრით.
- ეის განსაზღვრა შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს სკრინინგის მიზნით მეთოდის ინფორმატიულობის, სიმარტივის და ხელმისაწვდომობის შემთხვევაში.

#### **კვლევის მიზანს წარმოადგენდა:**

- შეგვესწავლა ეის პროსტატის სიმსივნეებით დაავადებულ პაციენტებში ერთროციტების მემბრანის სორბციულუნარიანობისა და განვლადობის მიხედვით.
- შეგვესწავლინა ერთროციტების სორბციულუნარიანობა და განვლადობა, როგორც ეის-ის ალტერნატიული დიაგნოსტიკური კრიტერიუმები.

#### **შედეგები**

BPH და CaP დაავადებულ პაციენტებში ეის-ის ხარისხის შეფასების მიზნით ერთროციტების მემბრანის სორბციულუნარიანობისა და განვლადობის უნარის შესწავლის შედეგად დადგინდა იქნა, რომ:

ეის-ის გამოვლინების ხარისხი პროსტატის კეთილთვისებიან და ავთვისებიან სიმსივნეებში განსხვავებულია. ჰემატოლოგიური კრიტერიუმების ცვლილებების დონეზე ეის ვლინდება ძირითადად **CaP** პაციენტებში ერთროციტების სორბციულუნარიანობის ზრდის სახით და ნაკლებად - **BHP** პაციენტებში.

ეის ვლინდება დიფერენცირებული სახით კეთილთვისებიანი ჰიპერპლაზიით დაავადებულ პაციენტებში. მისი გამოვლინების ხარისხი უფრო მაღალია PING პაციენტებში BHP პაციენტებთან შედარებით, რაც დაავადების მიმდინარეობის დამძიმებასა და არაკეთილსაიმედო პროგნოზზე მიუთითებს.

#### **დასკვნები**

ერთროციტების სორბციულუნარიანობის განსაზღვრა შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს როგორც ალტერნატიული დიაგნოსტიკური კრიტერიუმი ეის-ის შეფასებისათვის კეთილთვისებიანი ჰიპერპლაზიით დაავადებული პაციენტების (BPH და PING პაციენტები) დიფერენცირების მიზნით და შესაბამისად, სათანადო თერაპიის შემუშავების მიზნით.

#### **კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

##### **➤ გამოქვეყნებული პუბლიკაციები/მონოგრაფიები:**

1. N. Kotrikadze, M. Zibzibadze, M. Alibegashvili, L. Ramishvili et al , //Protective Function of Ceruloplasmin and its Action on Erythrocytes in Men With Prostate Tumours// **European Medical, Health and Pharmaceutical Journal**; vol.2 pp. 1-3 (2011).
2. N. Kotrikadze, E. Khutsishvili, M. Chelidze, M. Alibegashvili et al. // Investigation of Metabolic Paramagnetic Centres in the Blood of Patients with prostatic Adenocarcinoma Prior to and After the Plastic Orchestomy // **Biophysics**, vol.56, No. 4, pp. 717–721, (2011).

##### **➤ დასაბუქდად ჩაშვებული სტატიები:**

1. N. Kotrikadze, T. Tevdoraze, J. Monaselidze et al. // The Study of Blood Plasma Proteins in Patients with Mammary Gland Tumours // **Journal of Biological Physics and Chemistry**.

2. **Kotrikadze, M. Alibegashvili, L. Ramishvili et al.**// Mitochondrial Defects and Their Role in Prostate Tumour Development// **European Medical, Health and Pharmaceutical Journal**

➤ *კონფერენციებში მონაწილეობა:*

1. **31<sup>st</sup> Congress of the Societe Internationale d' Urologie**, October 16-20, 2011, Berlin. // Oxidative Stress and The Study of Protective Function of Organism in Patients With Prostate Tumours.

*კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):*

- ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის, განათლებისა და მეცნიერებათა ფაკულტეტის ბიოლოგიის დეპარტამენტის, და
- ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის, ბიოლოგიის დეპარტამენტის, უჯრედული და მოლეკულური ბიოლოგიის მიმართულების მიერ ორგანიზებული
- ერთობლივი III სკოლა-სემინარი: „*ბიომედიცინის აქტუალური პრობლემები*“, 30 ივნისი - 1 ივლისი, ბათუმი 2011

## მცენარეთა ფიზიოლოგიის მიმართულება

ხელმძღვანელი ასოც. პროფ. მარიამ გაიდამაშვილი

კვლევის თემა: ახალი ტიპის მცენარეული ენტომოტოქსიკური ბიოპესტიციდის შემუშავება Lepidoptera რიგის მავნებლების კონტროლისათვის.

კვლევაში ჩართული პერსონალი: მ. გაიდამაშვილი, ე. ხურციძე (ლაბორანტი ზმდ), ნ. ქეზურია (ზმდ).

ჩატარებული სამუშაოების მოკლე რეზიუმე:

პროექტის მიზანს წარმოადგენდა ძუძუმწოვრების და გარემოს მიმართ დაბალი ტოქსიკურობის მქონე ახალი მცენარეული ბიოპესტიციდების გამოვლენა და განვითარება. ამ მიზნის განხორციელებისათვის წარმოდგენილი პროექტის ფარგლებში 2011 წელს დასახული იქნა შემდეგი მიზნები:

VAC ლექტინების გავლენის შესწავლა ძუძუმწოვარ ცხოველებზე. კერძოდ, ა) ქრონიკული ტოქსიკურობის, ბ) ციტოტოქსიკურობის და გ) ალერგენულობის გამოვლენა in vivo და in vitro ექსპერიმენტებში.

მიღებული შედეგები:

VAC პრეპარატების გავლენამ საცდელი ცხოველების სიცოცხლისუნარიანობაზე და მათ შინაგან ორგანოებზე დამაზიანებელი მოქმედების შესწავლამ აჩვენა, რომ პრეპარატის რეკომენდირებული დოზით (0,25 მგ/კგ) კვების პირობებში მყოფი ცხოველების ყველა ორგანო ვიზუალურად ნორმალურ მდგომარეობაში იმყოფებოდა და მათი ორგანოების ზომა, ფორმა, ფერი, კონსისტენცია, სტრუქტურა და კაფსულა დარღვეული არ იყო. პრეპარატის მაღალი დოზით (>0,25 მგ/კგ) გამოყენებისას კი აღინიშნებოდა ცვლილებები ნაღვლის ბუშტში, რაც შესაძლებელია გამოწვეული ყოფილიყო სანადვლე გზების შევიწროვებით ან ღვიძლის დისფუნქციით. შესაბამისად, უსაფრთხო, არატოქსიკურ დოზად შესაძლებელია მიჩნეული იქნას საკვლევი პრეპარატის 0.001% და 0.05% (w/w) კონცენტრაციებს შორის არსებული მაჩვენებლები, რაც შეესაბამება 0,25-12,5 მგ/კგ დოზებს სხეულის წონაზე გადაანგარიშებით. IgE დონის მომატება ძუძუმწოვრების სისხლში სავარაუდოდ მიუთითებს VAC პრეპარატის სუსტ ალერგიულ ბუნებაზე, რაც მოსალოდნელი იყო ზოგიერთი მცენარეული წარმოშობის ალერგენტან ლექტინების პირველადი სტრუქტურის ჰომოლოგიიდან გამომდინარე. თუმცა, ნაჩვენები იქნა, რომ რეკომენდირებული დოზით VAC პრეპარატი არ წარმოადგენდა მიტოგენს და არ ავლენდა ტოქსიკურ ეფექტებს პერიფერიული სისხლის ლიმფოციტების მიმართ.

კალენდარული წლის განმავლობაში გამოქვეყნებული პუბლიკაციები/ფორუმებში მონაწილეობა:

1. Khurtsidze E., Keburia N., Gachechiladze N., **Gaidamashvili M.** (2011). "Development of novel biopesticides against lepidoptera pests". Thesis on VI International Scientific and Practical Conference "Forms of life and questions of their coexistence". International Academy of Sciences and Higher Education (London, GB), All-Ukrainian Academic Union (Kiev, Ukraine), June 29-July 7.
2. Gachechiladze N., Khurtsidze E., **Gaidamashvili M.** (2011). "Determination of the cytotoxicity of chitin-binding mistletoe (*Viscum album*) fruit lectin (MChbL) on human peripheral blood lymphocytes. Proc. Georgian Acad. Sci., Biol. Ser. B v9, N1-4.

სამომავლო გეგმები: იგეგმება კვლევების გაგრძელება იმავე მიმართულებით. წარდგენილია ახალი საგრანტო პროექტი რუსთაველის ფონდში 2012 წლისთვის.



## იმუნოლოგიისა და მიკრობიოლოგიის მიმართულება

უნივერსიტეტის ქ. 2, კ. 11, ტელ: 2 30 46 81

**სამეცნიერო მიმართულება:** იმუნოლოგიისა და მიკრობიოლოგიის მიმართულება

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** გაჩეჩილაძე ნ, მიცკევიჩი ნ, ჭიკაძე ნ.

**ფორაქიშვილი ნ.**

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** ბაკ-აქგ β(R68E) კონსტრუქტის მიმართ დენდრიტული უჯრედებით -გაშუალებული T-უჯრედული პასუხები

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

ადამიანის ქორიონული გონადოტროპინი გლიკოპროტეინული ჰორმონების ოჯახის პლაცენტარული წევრია. მის გარდა ამ ოჯახში გაერთიანებულია ჰიპოფიზის შემდეგი ჰორმონები: ფოლიკულ-მასტიმულირებელი ჰორმონი (ფმჰ), მალუთეინიზირებელი ჰორმონი (მლჰ) და თიროიდ-მასტიმულირებელი ჰორმონი (თმჰ). ყველა მათგანი ორი სუბერთეულისაგან შედგენილი α/βჰეტეროდიმერია. α-ჯაჭვი ოჯახის ყველა წევრისათვის საერთოა, ხოლო β-ჯაჭვი ჰორმონის სპეციფიურობას განაპირობებს. აღსანიშნავია, რომ ნაწილობრივი მსგავსება β სუბერთეულებს შორისაც არის. მსგავსების ყველაზე მაღალი პროცენტია აქგβ და მლჰβ ჯაჭვებს შორის. აქგ-ს წარმოქმნის ტროფექტოდერმი განაყოფიერებიდან რამოდენიმე დღეში, ემბრიონის იმპლანტაციამდე. იგი უზრუნველყოფს პროგესტერონის სინთეზის გახანგრძლივებას და ამ გზით ყვითელი სხეულის ფუნქციონირების შენარჩუნებას.

მნიშვნელოვანია, რომ აქგ აგრეთვე წარმოადგენს სიმსივნური ზრდის მარკერს, რომელიც მრავალი ტიპის სიმსივნესთან ასოცირდება. სიმსივნური უჯრედები არა მხოლოდ ასეკრეტირებენ აქგ-ს, არამედ იგი ექსპრესირებულიცაა მათ ზედაპირზე როგორც ორჯჭვიანი ფორმით, აგრეთვე ცალკეული აქგβ-ჯაჭვების სახითაც. ნატიურ გლიკოპროტეინს და მის სუბერთეულებს ასინთეზებს, როგორც გონადური (ტროფობლასტური, ტესტიკულარული), აგრეთვე არაგონადური წარმოშობის სიმსივნური უჯრედები და მრავალი ეპითელური სიმსივნე (ნაღვლის ბუშტის, პანკრესის, საშვილოსნოს ყელის, სწორი ნაწლავის, მკერდის). მიჩნეულია, რომ სიმსივნურ უჯრედზე აქგ მოქმედებს, როგორც აუტოკრინული ზრდის ფაქტორი და განაპირობებს სიმსივნის პროგრესირებას რამოდენიმე დონეზე, როგორც: ა) ტრანსფორმაციის გამომწვევი ზრდის ფაქტორი, ბ) იმუნომასუპრესირებელი აგენტი, გ) მეტასტაზური ზრდის გამომწვევი, დ) ანგიოგენეზის ხელისშემწყობი.

მაშასადამე, აქგ-ს საწინააღმდეგო იმუნიზაციამ შესაძლებელია გამოიწვიოს ამ მოლეკულის მათეკსპრესირებელი სიმსივნური უჯრედების საწინააღმდეგო ჰუმორული და უჯრედული იმუნური პასუხების აღმდგრა. ხსნადი აქგ-ს ანტისხეულებით განეიტრალებამ კი შესაძლოა შეაჩეროს აქგ-თი გამოწვეული სიმსივნური ზრდა, ანგიოგენეზი და იმუნური სისტემისაგან თავის დაღწევა. ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, აქგ წარმოადგენს სამიზნეს, როგორც კანდიდატი ცილა სიმსივნეების აქტიური იმუნოთერაპიისათვის. როგორც სიმსივნის საწინააღმდეგო აგენტმა, აქგβ-ჯაჭვის კარბოქსი-ტერმინალური პეპტიდის (აქგβკტპ) საფუძველზე შექმნილმა ვაქცინის ერთერთმა პროტოტიპმა უკვე გაიარა კლინიკური ფაზის კვლევები, რომლის შედეგადაც ნაჩვენები იქნა, რომ იგი, ისევე როგორც ამ ტიპის სხვა ვაქცინები ხელს უწყობს პაციენტის სიცოცხლის გახანგრძლივებას, თუმცა ეს ეფექტი საკმაოდ ხანმოკლეა.

აქედან გამომდინარე ნათელია, რომ აუცილებელია უკეთ იქნას შესწავლილი, თუ როგორ ხდება ვაქცინის საწინააღმდეგო იმუნური პასუხების რეგულაცია, რათა შესაძლებელი გახდეს ვაქცინის მიერ სპეციფიკური, ძლიერი და მდგრადი იმუნური პასუხის გამოწვევა.

აქგ-ს საწინააღმდეგო ვაქცინის შექმნისათვის მისი მუტანტური ვარიანტების გამოყენების სხვადასხვა მცდელობები არსებობს. მლჰ-სთან ჯვარედინად მორეაგირე ანტისხეულების სინთეზის გამოსარიცხად ლონდონის უნივერსიტეტში შემუშავებულ იქნა ეპიტოპ-სპეციფიური ვაქცინების კონსტრუირების მეთოდი ჩვენი თანამონაწილეობით. მლჰ-სთან ჯვარედინად მორეაგირე ეპიტოპურ უბანზე შერჩეული ამინომჟაური ნაშთები ჩანაცვლებულ იქნა საიტ-სპეციფიური მუტაგენეზის გზით. ჩვენს მიერ ნაჩვენებია, რომ მიღებულ მუტანტურ მოლეკულებს შორის ერთ-ერთი - ერთი წერტილოვანი მუტაციის შედეგად 68-ე პოზიციში არგინინის ნაცვლად გლუტამინის მჟავის შემცველი მუტანტი - არ იკავშირებდა არც ერთ მლჰ-ს სპეციფიურობის მონოკლონურ ანტისხეულს. ჩვენ ვაჩვენეთ, რომ მუტანტური დნმ-ით იმუნიზაცია ეფექტორული იმუნური პასუხების გამოწვევის

ნაცვლად, უმეტესწილად მესიერების ჩამოყალიბებას განაპირობებს, შედეგად, იმუნიზაციისათვის დნმ-ის ნაცვლად რეკომბინანტული ცილის გამოყენება გადაწყდა. საბოლოოდ მუტანტური, რეკომბინანტული ცილა მიღებულ იქნა ცილის ექსპრესიის ბაკულოვირუსული სისტემით. შემდეგ, ჩვენ მოვახდინეთ იმის დემონსტრირება, რომ ბაკულოვირუსული წარმოშობის აქგ(R68E)-რეკომბინანტული ცილის საპასუხოდ როგორც თავვებში, აგრეთვე ბოცვრებში წარმოქმნილი ანტისხეულები არ ხასიათდებიან მლკ-სთან ჯვარედინი რეაქტიულობით. წარმოქმნილი ანტისხეულების უმეტესობა, მიმართულია აქგ β-ჯაჭვის კარბოქსი-ტერმინალური პეპტიდისაკენ (აქგპკტპ) და მაღალი აფინობით უკავშირდებიან, როგორც იმუნოგენს - ბაკ-აქგ(R68E)-ს და აქგპკტპ, აგრეთვე ნატიურ აქგ-ს. უფრო მეტიც, ჩვენ მოვახდინეთ იმის დემონსტრირება, რომ ბოცვრის ანტი-ბაკ-აქგ(R68E) შრატით და ნატიური აქგ-თი შექმნილი იმუნური კომპლექსები წარმატებით ფაგოციტირდებიან *in vitro* მონოციტებისა და ნეიტროფილების მიერ, რაც *in vivo* აღნიშნული იმუნური კომპლექსებისაგან ორგანიზმის გაწმენდის კარგ შესაძლებლობაზე მეტყველებს. თუმცა, აქვე უნდა ითქვას, რომ ბაკ- აქგ(R68E)-ს შემცველი ვაქცინის პროტოტიპის შექმნა დასრულებული არ არის და საჭიროებს მისი საპასუხო უჯრედული პასუხების შესწავლას.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

**გამოყენებული მასალა და მეთოდები:**

**ანტიგენები:**

- **ნატიური აქგაქ:** ფეხმძიმე ქალების შარდიდან გამოყოფილი და გასუფთავებული აქგაქ (Sigma, აშშ).
- **მუტანტური აქგ(R68E):** რეკომბინანტული აქგ ერთი ჩანაცვლებული ამინომჟავით, რომელიც მიღებულია High Five™ უჯრედული კულტურის და ცილის ექსპრესიის ბაკულოვირუსული სისტემის მეშვეობით. რეკომბინანტული ცილა გამოყოფილი და გასუფთავებულია უჯრედული კულტურის სუპერნატანტიდან აფინური ქრომატოგრაფიით.

**დონორები:** კვლევისათვის გამოყენებულია ჯანმრთელი, მოხალისე დონორების სისხლი, რომლებიც დათანხმდნენ უსასყიდლოდ გაეღოთ 10მლ სისხლი სამეცნიერო კვლევისათვის.

**T-უჯრედების მაგნიტური განცალკევება პსმუ-დან:** პსმუ-ს ვაინკუბირებით 10 მლ-იან ტესტ-სინჯარაში CD4<sup>+</sup> Dynal ბურთულებთან (Dynal) 210შეფარდებით 1:4, 45 წთ-ის განმავლობაში 4°C-ზე, ვრეცხავდით ორჯერ მაგნიტზე და ვაინკუბირებით დამაცალკევებელ (Detachbead) ხსნართან (განზავება 1:10) 1 სთ ოთახის ტემპერატურაზე პერიოდული ნჯდრევით. ბურთულებს ვაცილებდით მაგნიტის მეშვეობით, ვიღებდით სუპერნატანტს, ვრეცხავდით და T-უჯრედებს ვითვლიდით ჰემოციტომეტრში.

**T-უჯრედული იმუნური პასუხების შესწავლა:** გასუფთავებულ T- უჯრედებს ვაკულტივირებდით დუ-ებთან სხვადასხვა ანტიგენის თანაარსებობისას. 5-დღიანი კულტივირების შემდეგ უჯრედებს გამოვყოფდით ცენტრიფუგირებით. სუპერნატანტში ციტოკინურ პროფილს ვამოწმებდით იმუნოფერმენტული ანალიზით (ELISA).

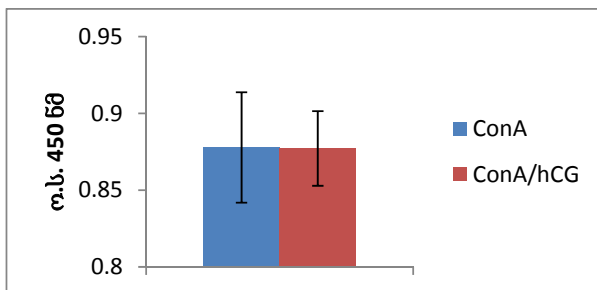
**იმუნოფერმენტული ანალიზი:**

Nunc- ის ფირმის MaxisorpC ბრტყელძირიანი, 96 ფოსოიანი მიკროპლეთის ფოსოებში დაგვაქვს 50 - 50 მკლ ციტოკინის საწინააღმდეგო შემოჭავი ანტისხეულები-კონცენტრაციით 2მკგ/მლ 0,05 M კარბონატ-ბიკარბონატული ბუფერში (CBB, pH = 9,6) და ვტოვებთ მაცივარში 4°C ერთი ღამით. ინკუბაციური ვადის გასვლისთანავე პლეთის ვრეცხავთ 3-ჯერ 200 მკლ 0,05% Tween-20 ხსნარის შემცველი ფოსფატური ბუფერით (PBS, Sigma). -PBS-T. გარეცხვის შემდეგ არასპეციფიური დაკავშირების თავიდან ასაცილებლად თითოეულ ფოსოში ვამატებთ 200 -200 მკლ დასაბლოკ ხსნარს - 2% რძის ფხვნილს (marvel, UK) განზავებულს CBB -ში, პლეთის ვათავსებთ მაცივარში 4°C ერთი ღამის განმავლობაში. ინკუბირების შემდგომ კვლავ ვრეცხავთ პლეთის სამჯერ გამრეცხი ხსნარით და ვუმატებთ საკვლევ სუპერნატანტებს 50-50 მკლ-ს დუბლიკატებად. პლეთას ვათავსებთ 2 სთ-ით 37° C თერმოსტატში. იმკუბაციის დასრულების შემდეგ ვრეცხავთ 2-ჯერ და ვამატებთ აღმომჩენ-ანტისხეულებს. პლეთებს ლვლავ ვაინკუბიტებთ 2 სთ-ით 37° C თერმოსტატში და მეორადი ანტი-IgG პეროქსიდაზით მონიშნული ანტისხეულების (Sigma) დამატებამდე, პლეთას ისევ 3-ჯერ ვრეცხავთ გასარეცხი ხსნარით, ხოლო მეორადი ანტისხეულების დატანის შემდეგ პლეთას კვლავ ვათავსებთ 2 სთ-ით 37° C. ინკუბაციის ვადის გასვლის შემდეგ პლეთი 4-ჯერ ირეცხება და თითოეულ ფოსოში ემატება 100-100 მკლ სუბსტრატი - 3,3',5' ტეტრამეთილბენზიდინი. პლეთას ვტოვებთ ოთახის

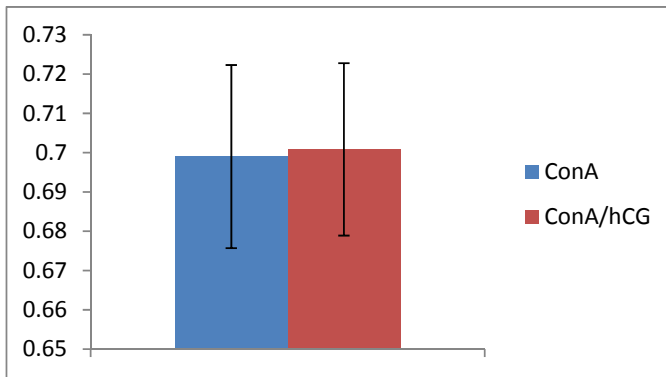
ტემპერატურაზე 5 წთ-ით და რეაქციას ვაჩერებთ 100 მკლ 0,05 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> დამატებით ფოსფორში. შედეგების ვკითხულობთ სპექტროფოტომეტრ Humanreader -ით (Human GmbH) 450ნმ .

#### მიღებული შედეგები და მათი განხილვა:

იმისათვის, რათა შეგვეჩვენა ბაკ-აქტ β(R68E) კონსტრუქტის საფუძველზე შექმნილი ვაქცინის პროტოტიპის საპასუხოდ აღძრული T-უჯრედული პასუხები. ჩვენ მოვახდინეთ აღნიშნული კონსტრუქტის თანაინკუბაცია დონორების პერიფერიული სისხლიდან გამოყოფილ ლიმფოციტებთან და შევამოწმეთ ინკუბაციის შედეგად ლიმფოციტების სუპერნატანტში ციტოკინების შემცველობა. ამასთანავე ლიმფოციტებს ვასტიმულირებდით ConA-თი და ვსწავლობდით მათ მიერ ციტოკინების სინთეზზე ბაკ-აქტ β(R68E) კონსტრუქტის გავლენას. ცნობილია, რომ IL-4 წარმოადგენს Th2 პროფილის ციტოკინს და მისი მომატება ჰუმორული იმუნური პასუხის აღძვრაზე მეტყველებს. საპირისპიროდ, IL-12 -ი Th1 პროფილის ციტოკინია და მისი მომატება უჯრედული იმუნური პასუხის აღძვრისას ხდება. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია გრაფიკებით 1 და 2.



**გრაფიკი 1:** ილ4-ის შემცველობა დონორების სისხლიდან გამოყოფილი გასტიმულირებული ლიმფოციტების უჯრედული კულტურის სუპერნატანტში (n=9)



**გრაფიკი 2:** ილ12-ის შემცველობა დონორების სისხლიდან გამოყოფილი გასტიმულირებული ლიმფოციტების უჯრედული კულტურის სუპერნატანტში (n=9)

ის ფაქტი, რომ გასტიმულირებული ლიმფოციტების კულტურის სუპერნატანტში აღმოჩნდა როგორც ილ-4-ის, აგრეთვე ილ-12-ის გარკვეული დონე სიახლეს არ წამოადგენს. თუმცა, ჩვენ ველოდით, რომ კონსტრუქტი ბაკ-აქტ β(R68E) გარკვეულ გავლენას იქონიებდა ამ ციტოკინების სინთეზზე. ექსპერიმენტის შედეგებმა ჩვენი მოლოდინი არ გაამართლა. როგორც გრაფიკებიდან ჩანს ბაკ-აქტ β(R68E) კონსტრუქტის დამატება ლიმფოციტების ფუნქციონირებაზე გავლენას არ ახდენს. მიღებული შედეგების მიხედვით ჩვენ ვასკვნით, რომ აუცილებელია ბაკ-აქტ β(R68E) კონსტრუქტის დაკავშირება მოლეკულა მატარებელთან, რომელიც მის საქსუხოდ იმუნური პასუხების აღძვრის პროცესში აქტიურად ჩართავს T-უჯრედულ რგოლს. დღეისათვის ამგვარ მოლეკულა- მატარებლებს წარმოადგენენ მაგალითად- სითბური შოკის ცილები და მოლუსკის ჰემოციანინი KLH. ჩვენ ვგეგმავთ ამ მიმართულებით კვლევების გაგრძელებას.

#### გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

გამოსაქვეყნებლად მზადდება სამეცნიერო სტატია

## ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგიის მიმართულება

უნივერსიტეტის ქ.2. ტელ.: 2304278; ელ-ფოსტა: [nana\\_dor@hotmail.com](mailto:nana_dor@hotmail.com); [nanuli.doreuli@tsu.ge](mailto:nanuli.doreuli@tsu.ge)

**სამეცნიერო მიმართულება:** სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები, სამედიცინო მეცნიერებები.

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** დორეული ნანული, ფიზიოლოგიის მიმართულების ხელმძღვანელი, სრული პროფესორი, ბ.მ.დ. (გრანტების მენეჯერი და სამეცნიერო ხელმძღვანელი), ალანია მაგდა, ბ.მ.აკად.დ. ფიზიოლოგიის მიმართულების ასოცირებული პროფ.; ჩხარტიშვილი ბუციკო, ბ.მ.აკად.დ., ფიზიოლოგიის მიმართულების ასისტ. პროფ., ქუჩუკაშვილი ზურაბი, ბ.მ.აკად.დ. ბიოფიზიკის მიმართულების ასისტ. პროფ., სხირტლამე ეკატერინე, დოქტორანტი, ცირა კაპანაძე, დოქტორანტი, ეკატერინე მითაიშვილი, ბ.მ.აკად.დ., მოწვეული პედაგოგი, ჩიქოვანი მანანა, მოწვეული პედაგოგი, დავითაია გია, ბ.მ.აკად.დ. ჭახნაკია ზაური, ტექ.მეც.აკად.დ.

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** 1. ქართული ყურძნის ფლავონოიდები: ბიოქიმიური თავისებურებები და ფიზიოლოგიური ეფექტები; 2. თავის ტვინის ენდოგენური ნეირომოდულატორული სისტემების როლი გლუტამატერგული სისტემის დისფუნქციით განპირობებულ ნევროლოგიურ დარღვევებში.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:** ფლავონოიდები და მისი მსგავსი ფენოლური ნაერთები მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ადამიანის კვების რაციონში. ფლავონოიდები ძირითადად წარმოადგენილია ხილში, ბოსტნეულსა და ისეთ სასმელებში, როგორცაა ღვინო, ჩაი, კაკაო და ხილის წვენი. ფლავონოიდები ძლიერი ანტიოქსიდანტებია, რომელთაც აქვთ უნარი შეზღუდონ რეაქტიული ჟანგბადი და აზოტის ნაერთები (ძლიერი ოქსიდანტები). ამ უკანასკნელთა წარმოქმნა მიმდინარეობს მეტაბოლიზმის შედეგად და ისინი აქტიურად ცირკულირებენ სისხლის მიმოქცევის სისტემის საშუალებით (da Silva et al., 1998). უკანასკნელი ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით (Vauzour et al., 2008), ფლავონოიდები თავის ტვინში ნეიროპროტექტორული მოქმედების ფართო სპექტრს ავლენენ. ნაჩვენებია, რომ ბიოფლავონოიდები იწვევენ მეხსიერების გაუმჯობესებას და სინაფსურ პლასტიკურობას (Hartman et al., 2006). ნეიროდეგენერაციული დაავადებები, როგორცაა პარკინსონის, ალცჰაიმერის და სხვა მრავალი ფაქტორით შეიძლება იყოს გამოწვეული, რომელთა შორის აღსანიშნავია თავის ტვინის ანთებითი პროცესები, გლუტამატერგული ჭარბი აგზნებით გამოწვეული ნეიროტოქსიკურობა, რკინის შემცველობის გაზრდა ან ენდოგენური ანტიოქსიდანტების შემცირება (Spires, Hannan, 2005). ნაჩვენებია, რომ ფლავონოიდებს უნარი აქვთ წინააღმდეგობა გაუწიონ ამ დაავადებებთან დაკავშირებულ ნეირონთა კვდომის პროცესს (Spencer, 2008). ფლავონოიდებისა და სხვა პოლიფენოლების ნეიროპროტექტორული აქტივობის მექანიზმი დაკავშირებული უნდა იყოს მათ ზემოქმედებასთან ნეირონულ სასიგნალო გზებზე (Schroeter et al., 2001). ლიტერატურაში არსებობს უამრავი მონაცემი, რომელთა მიხედვით ფლავონოიდები იწვევენ ზოგიერთი პროტეინკინაზური და ლიპიდური კინაზების სასიგნალო კასკადების მოდულაციას (Spencer, 2007).

ფლავონოიდების ზემოქმედების ზუსტი ლოკუსები დღეისათვის უცნობია, თუმცა ინტენსიური კვლევები მიმდინარეობს რათა გაირკვეს ფლავონოიდების უნარი 1. იმოქმედონ ენზიმებისა და რეცეპტორების ატფ-ის დაკავშირების ცენტრებზე; 2. პირდაპირი ზემოქმედებით მოახდინონ კინაზების მოქმედების მოდულაცია; 3. გავლენა იქონიონ მნიშვნელოვანი ფოსფატაზების ფუნქციაზე; 4. შეინარჩუნონ ნეირონული  $Ca^{2+}$ -ის ჰომეოსტაზი და 5. მოახდინონ იმ სასიგნალო კასკადური სისტემების მოდულაცია, რომელიც კინაზების დაუნ-რეგულაციის საფუძველია.

ფლავონოიდების ლიპოფილურობისა (Youdim et al., 2003) და ჰემატოენცეფალურ ბარიერში სპეციფიკურ გადამტანებთან ურთიერთობის გამო (Lin, Yamazaki, 2003) ნაჩვენებია, რომ ფლავონოიდები გადიან ჰემატოენცეფალურ ბარიერს და განსაკუთრებით მაღალი კონცენტრაციით გროვდება ჰიპოკამპსა და ქერქში, რაც ფლავონოიდების შესაძლო ნეიროპროტექტორულ და ნეირომოდულატორულ უნარზე მიუთითებს.

ასაკთან დაკავშირებული მრავალი დაავადების განვითარება შესაძლოა განპირობებულია მნიშვნელოვანი ბიოაქტიური საკვების, კერძოდ ხილისა და ბოსტნეულის კვების რაციონიდან ამოღებით. საქართველო ცნობილია ხანდაზმული მოსახლეობით, რაც ნაწილობრივ დაკავშირებულია ქართული ფლორის მრავალფეროვნებასა და მაღალ ხარისხთან. ევროპა სულ უფრო მზარდი შემფოთებით უცქერს ხანშიშესულ მოსახლეობას, რომელთა შორის კარდიოვასკულარული

დაავადებების, სიმსივნეების, ასევე ასაკთან დაკავშირებული ნევროლოგიური დარღვევების რიცხვმა საგრძნობლად იმატა. ამის გამო საერთაშორისო საზოგადოებები ცდილობენ გამოიკვლიონ საკვების პროტექტორული უნარი და დაიცვას ადამიანი აღნიშნული დაავადებებისგან, რითაც ჯანდაცვაზე გაცემულ ხარჯების შემცირებას ვარაუდობენ. უკანასკნელ პერიოდში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა ხილის, ბოსტნეულისა და მათგან წარმოებული წვენების შემადგენლობის გაუმჯობესებას. გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ფლავონოიდებით მდიდარი საკვების დამატება ადამიანისა და ცხოველთა საკვებ რაციონში იწვევს ასაკთან და დაზიანებებთან-დაკავშირებული კოგნიტური დეფიციტის გაუმჯობესებას (Milgram et al., 2006) საკვებში არსებული ბიოაქტიური ნივთიერებებით ნეირონების ჭარბი აგზნებისგან დაცვის, არსებული ნეირონული ფუნქციის გაძლიერებისა და ნეირონთა რეგენერაციის პროცესების სტიმულაციის გზით (Youdim, Joseph, 2001). ფლავონოიდები შესაძლოა განხილულ იქნან როგორც მნიშვნელოვანი პრეკურსორები ტვინის ფუნქციების გამაძლიერებელი ახალი თაობის პრეპარატების შესაქმნელად.

ფლავონოიდებით მდიდარი საკვების აქტიური ფრაქციის შემადგენელი კომპონენტები საბოლოოდ გამოკვლეული არაა. ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებით საინტერესოა მონომერი ფლავანოლი (-)ეპიკატეხინი, აღნიშნული ფლავონოიდით მდიდარი საკვების მიღების შემდეგ (-)ეპიკატეხინი ადვილად ხვდება სისხლის მიმოქცევაში (შეპროეტერ ეტ ალ., 2006) და კარგად გადის ჰემატოენცეფალურ ბარიერსაც (Abd El Mohsen et al., 2002). ადამიანებზე განხორციელებულმა უკანასკნელი წლების დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ (-) ეპიკატეხინით მდიდარი საკვები იწვევს გულსისხლძარღვთა ფუნქციების გაუმჯობესებას (Schroeter et al., 2006). კვლევამ აჩვენა, რომ ფლავონოლით მდიდარი სასმელი აძლიერებს ქერქის სისხლით მომარაგებას (Fisher et al., 2006). კარდიო-ვასკულარული ფუნქციების სტიმულირება, განსაკუთრებით ჰიპოკამპში, ზრდასრულ ტვინში ნეიროგენეზის გაადვილების საფუძველს უნდა წარმოადგენდეს (Pereira et al., 2007). ახალგაზრდა ჰიპოკამპის უჯრედები სისხლძარღვებთან ახლოს წარმოქმნიან კლასტებს (Palmer et al., 2000), განიცდიან პროლიფერაციას ვასკულარული ზრდის ფაქტორის საპასუხოდ და მეხსიერების პროცესებზე ზემოქმედების უნარი აქვთ (Aimone et al., 2006). ვირთაგვებზე ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ (-)ეპიკატეხინი იწვევს სივრცითი მეხსიერების გაუმჯობესებას. ამის გარდა, ეპიკატეხინით გამოკვებულ თაგვებში აღინიშნა ანგიოგენეზის სტიმულაცია ჰიპოკამპის დაკბილულ ფასციამში. აღნიშნული მონაცემები ცხადყოფს, რომ ფლავანოლის დანამატები აუმჯობესებს მეხსიერების ფუნქციას.

ფლავონოიდების მნიშვნელობა ადამიანის ჯანმრთელობისა და საკვების ორგანოლეპტიკური თვისებებისთვის ცხადია. ამიტომ, საკვების ხარისხის კონტროლის და მისი წინასწარი განსაზღვრისთვის მნიშვნელოვანია ქართული ენდემური მცენარეებისა და ბოსტნეულის სტრუქტურის, მათი რეაქტიულობის და ქიმიური შესაძლებლობების, ასევე მათი მოქმედების მექანიზმების განსაზღვრა. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ყურძნის წვენისა და ღვინის პოლიფენოლების დახასიათება. ეთანოლის გარდა, წითელი ღვინო შეიცავს ფართო სპექტრის პოლიფენოლებს, რომლებიც წარმოდგენილია კანსა და წიპწებში (Soleas et al., 1997). აღნიშნულ პოლიფენოლებს შორის გამოყოფენ ბუნებრივ ფიტოალექსინს რესვერატროლს (3,5,4'-trihydroxystilbene) და ფლავონოიდებს: კვერცეტინი და (+)კატეხინი. ამ ბიოაქტიურ ნივთიერებებს უკავშირებენ წითელი ღვინის განსაკუთრებულ უნარს იმოქმედოს დადებითად გულის კორონალურ დაავადებებზე (Tsai et al., 1999). ისინი მნიშვნელოვნად ამცირებენ ალცჰაიმერის დაავადების გამოვლენის სიხშირეს (Wang et al., 2006). კვერცეტინის (Shutenko et al., 1999), რესვერატროლის (Virgili & Contestabile, 2000) და კატეხინის (Inanami et al., 1998) პროტექტორული როლი ნაჩვენებია *in vivo* ცხოველურ მოდელებში, სადაც სხვადასხვა ნეიროტოქსინით მიიღწეოდა ტვინის დაზიანებები. აღნიშნულ მონაცემებზე დაყრდნობით, ცხადია, რომ წითელი ღვინოს ფენოლური შემადგენლობა იცავს ასაკთან-დაკავშირებული ნეიროდეგენერაციული დაავადებებისგან. თუმცა მექანიზმი, რომლითაც წითელი ღვინო მოქმედებს ალცჰაიმერის დაავადებაზე არაა ბოლომდე გახსნილი. არსებობს მონაცემები, რომელთა მიხედვით წითელი ღვინის, ხილის და ბოსტნეულის, ასევე სხვა საკვებში შემავალი პოლიფენოლები, უნდა იწვევდნენ სინთეზური A $\beta$  ცილების აგრეგაციების ბლოკირებას *in vitro* (Lau, et al., 2005). უკანასკნელი მონაცემებით, მაგალითად Cabernet Sauvignon ეფექტურია, რადგან იწვევს ამილოიდების პრეკურსორი ცილების არამილოიდურ მართვას, რაც A $\beta$  ცილების წარმოქმნას თრგუნავს (Wang, et al., 2006). ნაჩვენებია, რომ წითელი ყურძნის წვენის

პოლიფენოლები LDL LDL ქოლესტეროლის დონეს აქვეითებს და იწვევს LDL რეცეპტორების აქტივობის გაზრდას (Davalos et al., 2006).

პროექტის მიზანია ქართული ენდემური ყურძნის ჯიშებიდან (ხვანჭკარა და ქინძმარეული) გამოყოფილი აქტიური ფლავონოიდების ფრაქციის შესწავლა. მათი ანტიოქსიდანტური და ნეიროპროტექტორული შესაძლებლობები შედარდება რესვერატროლის ეფექტებს. აღნიშნული პროექტის ფარგლებში პირველად მოხდება ქართული ყურძნისა და ღვინის შესაძლო ნეირომოდულატორული ეფექტების კვლევა. შევისწავლით აქტიური ფრაქციის შემადგენელი კომპონენტების გავლენებს თავის ტვინის პლასტიკურ პროცესებზე. ქართული ყურძნის ჯიშებიდან გამოყოფილი ფლავონოიდების მოქმედების ნატიფი მექანიზმების შესწავლის მიზნით ელექტროფიზიოლოგიურ ექსპერიმენტებში შევისწავლით ჰიპოკამპის CA-1 ველში ხანგრძლივი პოტენციალის (ბპ) მექანიზმებზე აღნიშნული ფლავონოიდების ზემოქმედების ეფექტებს.

საქართველოში მევენახეობა და მეღვინეობა თავის საწყის საუკუნეთა სიღრმეში იღებს და ვაზის წარმოშობისა და გაკულტურების მიხედვით ერთ-ერთი უძველესი კერაა მსოფლიოში. აბორიგენული ვაზის ჯიშების საერთო რაოდენობა საქართველოში 525 დასახელებას შეადგენს, უკანასკნელ წლებში საერთაშორისო ორგანიზაციებმა, რომლებიც აღიარებენ ვაზის ქართული გენოფონდის მნიშვნელობას მსოფლიო მევენახეობისათვის, გამოხატეს ფინანსური მხარდაჭერა ქართული საგანძურის გადასარჩენად. ამჟამად მიმდინარე ძირითადი კვლევები ვაზის ადგილობრივი ჯიშების და ველური ვაზის ფორმების შეგროვება, დაცვა, აღწერა და მათი თანამედროვე მეცნიერულ დონეზე შესწავლას ემსახურება, თუმცა ვაზის ადგილობრივი ჯიშებიდან გამოყოფილი ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ნეირობიოლოგიური შესწავლები არ განხორციელებულა.

პროექტით გათვალისწინებულია საკითხის კომპლექსური შესწავლა ელექტროფიზიოლოგიურ, ბიოქიმიურ და ქცევით ექსპერიმენტებში. ასეთი კომპლექსური შესწავლა შესაძლებლობას მოგვცემს შემუშავდეს ახალი სტრატეგია, რათა მცენარეული წარმოშობის ენდემური აქტიური ნაერთები გამოყენებულ იქნას გარკვეული ტიპის ნევროლოგიური დარღვევების სამკურნალოდ, დაავადებათა პრევენციის ან ზოგიერთი პრეპარატით გამოწვეული გვერდითი ეფექტების მინიმიზაციისთვის.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

**ქართული ყურძნის ფლავონოიდების აქტიური ფრაქციის ანტიოქსიდანტური თვისებების შეფასება ბიოქიმიური ექსპერიმენტების შედეგები**

დასახული ამოცანების შესაბამისად, მოხდა საფერავის და რქაწითელის ჯიშის ყურძნიდან და წიპწადან მიღებული ფლავონოიდების აქტიური ფრაქციების შემადგენელი კომპონენტების ანტიოქსიდანტური თვისებების დადგენა როგორც ჰიდროფილურ, ისე ჰიდროფობულ არეებში

#### **ფლავონოიდების აქტიური ფრაქციის ანტიოქსიდანტური კვლევა**

ფლავონოიდების სუმარული ფრაქციის ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრას ვახდენდით:

1. არაქიდონის მჟავას თერმული დაჟანგვის შედეგად გამოყოფილი მალონის დიალდეჰიდის რაოდენობის სპექტროფოტომეტრული განსაზღვრით, ჰიდროფილურ და ჰიდროფობულ არეებში;
2. I5 ვიტრო სიტემაში ჟანგბადის აქტიური ფორმების გაუვნებელყოფის უნარით, ქემილუმინისცენტური მეთოდის გამოყენებით.

**ცხრილი #1** მოდიფიცირებული მეთოდის გამოყენებით მიღებული, საფერავის და რქაწითელის ჯიშის, ქართული ყურძნის ფლავონოიდების აქტიური ფრაქციის სპირტხსნარის ანტიოქსიდანტული აქტივობა (K – 10% სპირტ-წყალხსნარი, F1 – საფერავი, F2 – რქაწითელი და F3 – წიპწა)

ფლავონოიდების ფრაქცია	ჰიდროფილურ არეში მალონის დიალდეჰიდის კონც. $\mu\text{M}/\text{მგ}$ არაქილონის მჟავაზე	ჰიდროფობულ არეში მალონის დიალდეჰიდის კონც. $\mu\text{M}/\text{მგ}$ არაქილონის მჟავაზე	ჟანგბადის აქტიური ფორმების გაუვნებლყოფის უნარი %
K – კონტროლი	36.4 $\pm$ 0.2	22.8 $\pm$ 0.2	0
F <sub>1</sub> – ფრაქცია	18.6 $\pm$ 0.4	10.6 $\pm$ 0.2	63
F <sub>2</sub> – ფრაქცია	29.4 $\pm$ 0.6	19.8 $\pm$ 0.2	38
F <sub>3</sub> – ფრაქცია	20.8 $\pm$ 0.2	12.7 $\pm$ 0.2	56

მოდულირებული მეთოდის გამოყენებით მიღებული, ქართული ყურძნის ფლავონოიდების აქტიური ფრაქციის გამოყოფის ფოტოები



საფერავის ჯიშის ყურძნიდან დაყენებული ღვინის (2010 წლის მოსავალი, სოფელი გიორგიწმინდა, საგარეჯოს რაიონი, კახეთი) ვაკუუმით დეალკოჰოლიზაციის პროცესი.



საფერავის ჯიშის ყურძნიდან დაყენებული ღვინის (2010 წლის მოსავალი, სოფელი გიორგიწმინდა, საგარეჯოს რაიონი, კახეთი) ფლავონოიდების საექსტრაქციოდ მომზადება (მარცხნივ) და ფლავონოიდების ეთილაცეტათით საფეხურებრივი ექსტრაქცია (მარჯვნივ).

ექსპერიმენტების შემდგომ სერიაში მოხდა საფერავის და რქაწითელის ჯიშის ყურძნიდან და წიპწადან მიღებული ფლავონოიდების აქტიური ფრაქციების შემადგენელი კომპონენტების მიახლოებითი რაოდენობრივი და თვისობრივი იდენტიფიკაცია თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით.

**ექსპერიმენტის სქემა:**  
**ფლავონოიდების აქტიური ფრაქციის თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიით კვლევა**

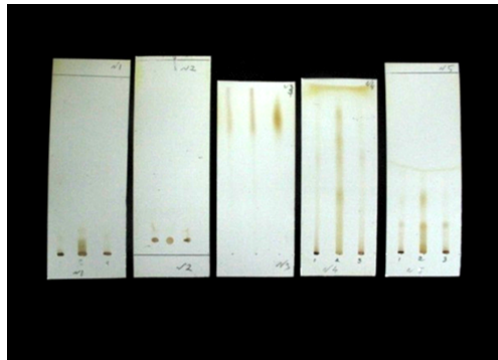
ფლავონოიდების სუმარული ფრაქციის თხელფენოვან ქრომატოგრაფირებას, ოპტიმალური პირობების შესარჩევად, ვახდენდით რამოდენიმე ქრომატოგრაფიულ გამხსნელთა სისტემაში:

1. ბენზოლი/დიოქსანი/მმარმჟავა - 90/25/4;
2. ბუტანოლი/მმარმჟავა/წყალი - 4/1/5;
3. მეთანოლი/მმარმჟავა/წყალი - 90/5/5;
4. ქლოროფორმი/მეთანოლი/ბუტანოლი - 12/2/1;
5. ბენზოლი/მეთანოლი/მმარმჟავა - 45/8/4.

აღმავალ ქრომატოგრაფირებას ვახდენდით წინასწარ საშრობ კარადაში 1050მ-ზე 30 წთ-ით აქტივირებულ შილუფოლ-ის ფირფიტაზე. ქრომატოგრამების გასამქლავებლად და ლაქების საიდენტიფიკაციოდ ვხმარობდით ამიაკის 25% წყალხსნარის ნაჯერ ორთქლს და ულტრაისფერ დასხივებას - 260ნმ და 360ნმ, აღნიშნული ლაქების ფლოუორესცენციას აღვწერდით ვიზუალურად. აღბეჭდილი ფენოლური ნაერთების თვისობრივი ანალიზისათვის, ქრომატოგრამას ვათავსებდით ამიაკის ორთქლში და ხელახლა ვასხივებდით ულტრაისფერი სინათლით. მიღებულ ცვლილებებს აღვწერდით ვიზუალურად.

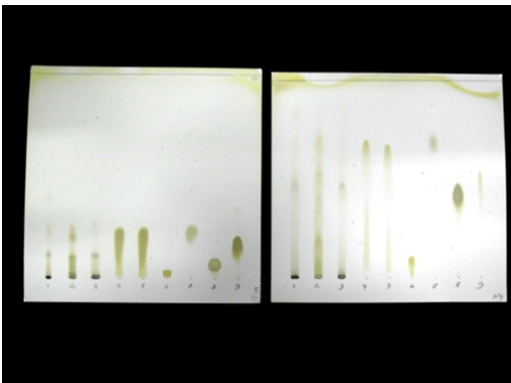
მიღებული შედეგები ასახულია სურათ #1-ზე. როგორც შედეგებიდან ჩანს 5 სხვადასხვა ქრომატოგრაფიული სისტემიდან სამმა (#1; #4; #5) მოახდინა ფრაქციის დაყოფა. ამათგან ყველაზე ოპტიმალური გამოდგა სისტემები #4 და #5, რომლებითაც გაგრძელდა შემდგომი კვლევები.

შერჩეულ ორ (#4 და #5) ქრომატოგრაფიულ გამხსნელთა სისტემაში განვახორციელეთ ფრაქციების თხელფენოვანი ქრომატოგრაფირება სტანდარტული მოწმეების გამოყენებით. შედეგები ასახულია სურათ #2, #3, და #4-ზე. დადგინდა, რომ საკვლევი ნიმუშები წარმოადგენენ მრავალკომპონენტურ ფენოლურ ფრაქციას, რომელიც წარმოადგენილია როგორც ფლავონოიდური გლიკოზიდებით, ასევე შესაბამისი აგლიკონებით. ფრაქციების უფრო ზუსტი და კონკრეტული იდენტიფიცირება გაგრძელდება შემდგომ კვლევებში.

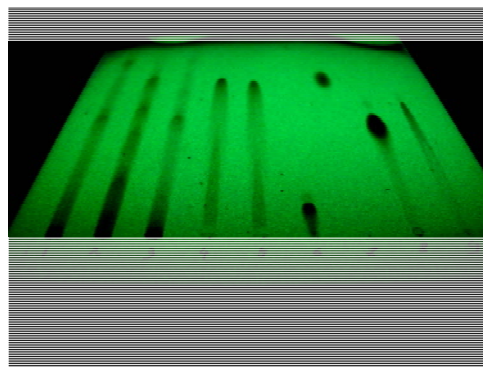
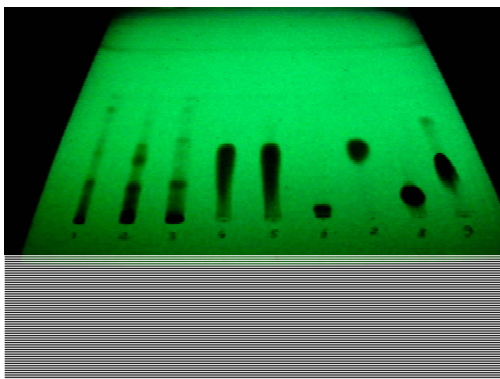


**სურ.#1. ფლავონოიდების სუმარული ფრაქციის თხელფენოვანი ქრომატოგრამა. #1 - #5 სილიკაგელის თხელფენოვანი ფირფიტები შესაბამის ქრომატოგრაფიულ სისტემაში. რიცხვებით 1; 2; 3; აღნიშნულია ქართული ყურძნის ფლავონოიდების აქტიური ფრაქციის შესაბამისი ნიმუში: F1 – საფერავი, F2 – რქაწითელი და F3 – წიპწა.**





სურ.#2. ფლავონოიდების სუმარული ფრაქციის თხელფენოვანი ქრომატოგრამა. #4-#5 სილიკაგელის თხელფენოვანი ფირფიტა შესაბამის ქრომატოგრაფიულ სისტემაში. რიცხვებით 1; - 9; აღნიშნულია ქართული ყურძნის ფლავონოიდების აქტიური ფრაქციის შესაბამისი ნიმუში და სტანდარტული მოწმეები: F1 – საფერავი, F2 – რქაწითელი, F3 – წიპწა, 4 - კვერცეტინის დიჰიდრატი, 5 - კვერცეტინის ანჰიდრიდი, 6 - რუტინი, 7 - რეზვერატროლი, 8 - კატექინი, 9 - მორინი. ლაქების საიდენტიფიკაციოდ ვხმარობდით ამიაკის 25% წყალხსნარის ნაჯერ ორთქლს.



სურ. #3-4. ფლავონოიდების სუმარული ფრაქციის თხელფენოვანი ქრომატოგრამა. #4 სილიკაგელის თხელფენოვანი ფირფიტა შესაბამის ქრომატოგრაფიულ სისტემაში. რიცხვებით 1; - 9; აღნიშნულია ქართული ყურძნის ფლავონოიდების აქტიური ფრაქციის შესაბამისი ნიმუში და სტანდარტული მოწმეები: 1 – საფერავი, 2 – რქაწითელი, 3 – წიპწა, 4 - კვერცეტინის დიჰიდრატი, 5 - კვერცეტინის ანჰიდრიდი, 6 - რუტინი, 7 - რეზვერატროლი, 8 - კატექინი, 9 - მორინი. აღბეჭდილი ფენოლური ნაერთების თვისობრივი ანალიზისათვის, ქრომატოგრამას ვათავსებდით ამიაკის ორთქლში და ხელახლა ვასხივებდით ულტრაიისფერი სინათლით.

ბიოქიმიური ექსპერიმენტების შემდგომ სერიაში განხორციელდა ფლავონოიდების აქტიური ფრაქციის მაღალი წნევის ქრომატოგრაფიით (HPLC) კვლევა

#### ექსპერიმენტის სქემა:

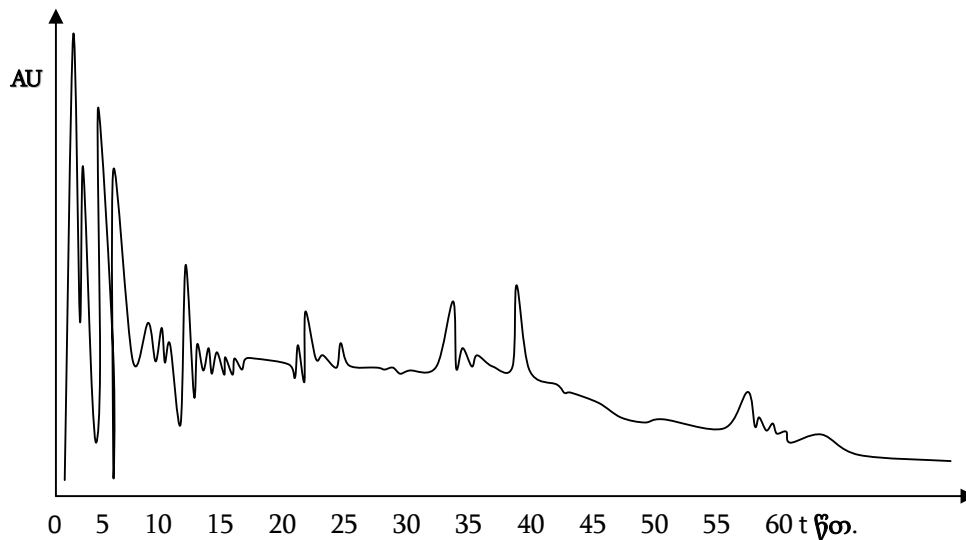
ფლავონოიდების სუმარული ფრაქციის მაღალი წნევით ქრომატოგრაფირებას ვახდენდით იზოკრატულ რეჟიმში, ნაერთთა ულტრაიისფერ უბანში შთანთქმის დეტექციით.

გამოყენებული აპარატურა და დამხმარე ხელსაწყოები:

1. მაღალი წნევით ქრომატოგრაფის ულტრაისფერი/ხილული დეტექტორი - 2489 UV/Visible Detector;
2. მაღალი წნევით ქრომატოგრაფის ბინარული ტუმბო - Waters Bynari 1525 Pump;
3. ნიმუშის მოსამზადებელი და დამაკონცენტრირებელი საფილტრი სისტემა და ვაკუუმ გადასადენი აპარატი;
4. მაღალი წნევის, შებრუნებულ ფაზებიანი ქრომატოგრაფიის სვეტი C18;

საელუციო გამხსნელთა სისტემა: ძმარმჟავა/აცეტონნიტრილი/წყალი – 5/15/80; ექსპერიმენტში გამოყენებული ყველა რეაქტივი არის მაღალი სისუფთავის (HPLC).

მიღებული შედეგები ასახულია სურათ #5-ზე. ფლავონოიდების სუმარული ფრაქციის მაღალი წნევით ქრომატოგრაფირებამ აჩვენა, რომ ქართული ყურძნის საერთო ფენოლური ფრაქცია წარმოადგენს მრავალ კომპონენტთან სისტემას, რომელიც წარმოდგენილია: პოლიფენოლებით, კუმარინებით, ანტოციანებითა და ფლავონოიდების სხვადასხვა კომპონენტებით, როგორც ფლავონოიდური გლიკოზიდებით, ასევე შესაბამისი აგლიკონებით. ფრაქციებში შემავალი კომპონენტების უფრო ზუსტი და კონკრეტული იდენტიფიცირება გაგრძელდება შემდგომ კვლევებში.



სურ. #5. ფლავონოიდების სუმარული ფრაქციის მაღალი წნევით ქრომატოგრაფირება. გამხსნელთა სისტემა: ძმარმჟავა/აცეტონნიტრილი/წყალი – 5/15/80; ქრომატოგრაფიის სვეტი C18; დინების სიჩქარე – 1 მლ/წთ.; დეტექტირება სინათლის ულტრაისფერ უბანში,  $\lambda$  – 360 ნმ. ორდინატთა დერძი გვიჩვენებს შთანთქმის ინტენსივობას (absorption unit- AU).

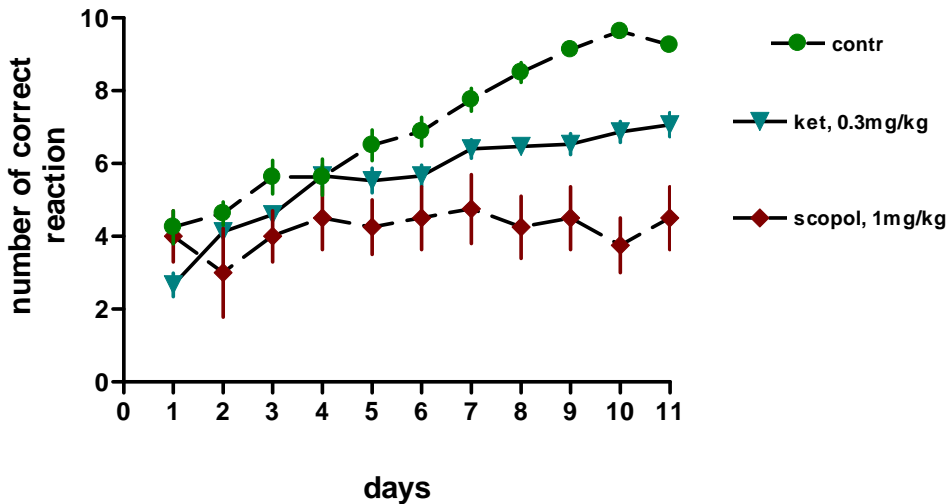
### ქვევითი ექსპერიმენტების შედეგები

ამნეზიის ცხოველური მოდელების შექმნა: სკოპოლამინის და კეტამინის ამნეზიური მოქმედების დოზების დადგენა

სკოპოლამინის და კეტამინის ამნეზიური მოქმედების დოზების გარკვევა განხორციელდა თ-ლაბორინტში, სადაც ვამოწმებდით ვირთაგვების სივრცით მეხსიერებას. სივრცით მეხსიერებაზე სტატისტიკურად სარწმუნო ამნეზიური ეფექტები გამოვლინდა კეტამინის 0,3მგ/კგ-ზე და სკოპოლამინის 1მგ/კგ დოზების შემთხვევაში.. ლაბორინტში სივრცითი მეხსიერება ფასდებოდა სწორი რეაქციების დინამიკის მიხედვით 11 დღიან ტესტში. ვირთაგვებზე დასწავლის პროცესის მონაცემთა ანალიზმა აჩვენა, რომ ცდების მეორე ეტაპზე (ცდის დღეები 6-11) კეტამინ ან სკოპოლამინ - ინექტირებული ვირთაგვები უფრო მეტ შეცდომას უშვებენ, ვიდრე საკონტროლო ცხოველები,

ამასთან შეცდომათა რაოდენობა განსაკუთრებით იზრდება იმ ვირთაგვებში, რომელთაც შეყვანილი ჰქონდათ სკოპოლამინი, დოზით 1მგ/კგ-ზე. (სურ. 6).

აღნიშნული ჯგუფის ცხოველებზე მიღებული მონაცემების ანალიზმა აჩვენა სტატისტიკურად სარწმუნო განსხვავებები ( $P<0.05$ ) კონტროლთან შედარებაში. სწორი რეაქციების საშუალო მაჩვენებელი დასწავლიდან მე-10-ე დღეს საკონტროლო ცხოველებში შეადგენდა  $9.6\pm 0.2$ , ( $n=8$ ), მაშინ როდესაც სკოპოლამინიან ვირთაგვებში ეს მაჩვენებელი ეცემოდა ( $3.8\pm 0.8$ )-მდე, ( $n=4$ ), ხოლო კეტამინ-ინექტირებულებში  $6.9\pm 0.3$ ;  $n=15$ .



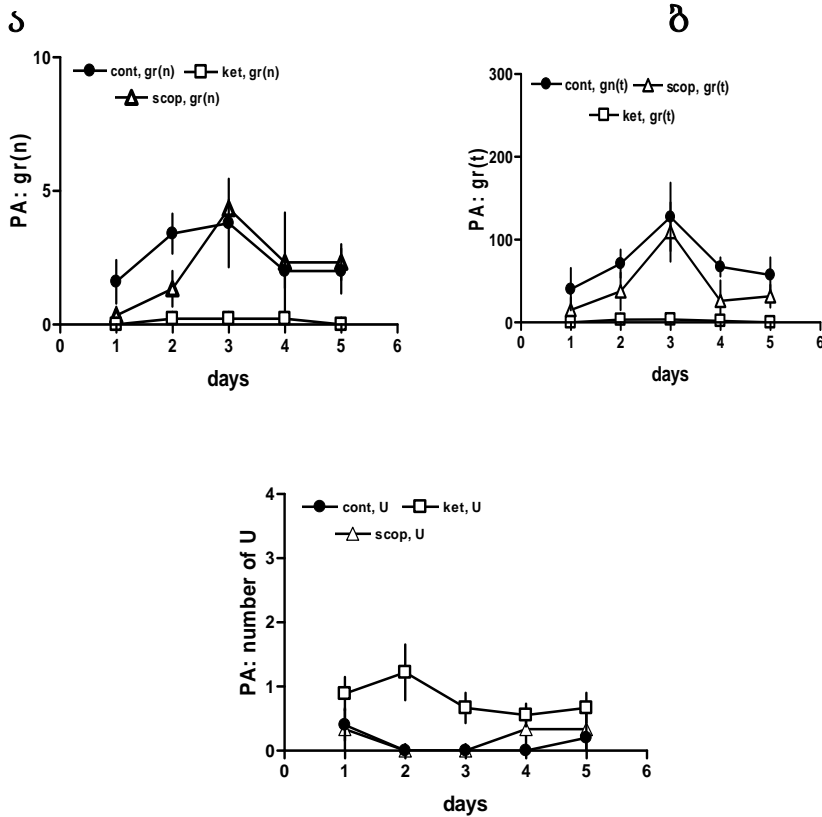
სურ. 6 სწორი რეაქციების დინამიკა T-ს მაგვარ ლაბირინთში. მოცემულია სუბარული მრუდები, რომელიც გამოხატავს სწორი რეაქციების საშუალო მნიშვნელობების + საშუალო სტანდარტული გადახრები ცხოველების 3 ჯგუფში (განმარტებები იხილეთ გრაფიკზე)

#### სკოპოლამინით და კეტამინით განპირობებული ქცევითი დარღვევების მონიტორინგი პასიური განრიდების და ღია ველის ტესტით

სკოპოლამინის და კეტამინის ამნეზიური მოქმედების დოზების გარკვევა განხორციელდა თ-ლაბირინთში. სამუშაო დოზებად შეირჩა სკოპოლამინისა (1მგ/კგ) და კეტამინის (0.3მგ/კგ) დოზები. პასიური განრიდებისა და ღია ველის ტესტში სკოპოლამინისა და კეტამინის ეფექტები შევაფასეთ სხვადასხვა ქცევით პარამეტრზე დაკვირვებით.

გამოვლინდა სკოპოლამინისა და კეტამინის განსხვავებული გავლენები თავდაცვითი ქცევისა და ემოციური სტატუსის მახასიათებლებზე. კერძოდ, კეტამინი მოქმედებდა ემოციურ სტატუსზე (სურ 7), რაც გამოიხატა გრუმინგების სიხშირისა და ხანგრძლივობის

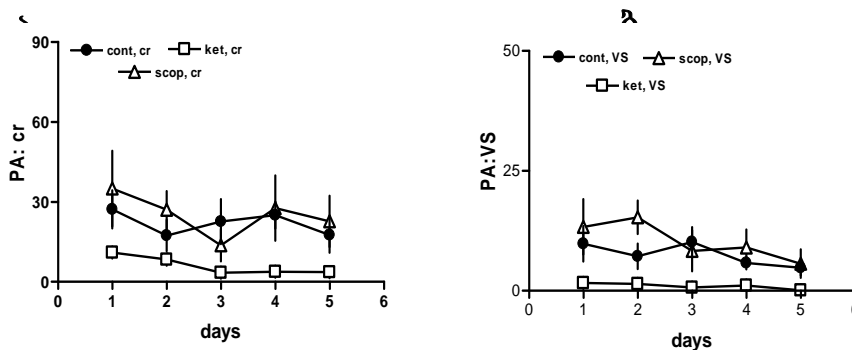
სტატისტიკურად სარწმუნო ცვლილებებში (სურ. 7 ა,ბ), ასევე სტატისტიკურად სარწმუნო ცვლილებები აღინიშნა ურინაციის სიხშირის მაჩვენებელშიც (სურ. 7 გ). აღნიშნულ ქცევით პარამეტრებზე სკოპოლამინის შეყვანა არაეფექტური იყო (სურ. 7. ა,ბ,გ).



სურ. 7. კეტამინის და სკოპოლამინის ამნეზიის ცხოველურ მოდელებში ქცევითი პარამეტრების ცვლილების დინამიკა პასიური განრიდების ტესტში. მოცემულია სუმატული მრუდები და საშუალო სტანდარტული გადახრები, რომელიც გამოხატავს გრუმინგების რაოდენობის (ა), გრუმინგების საერთო სიხშირისა (ბ) და ურინაციის სიხშირის (გ) ცვლილებას 5 დღის განმავლობაში ცხოველების 3 ჯგუფში: კონტროლი (შავი ბურთები), კეტამინის (თეთრი კვადრატები) და სკოპოლამინის (თეთრი სამკუთხედი) ცხოველურ მოდელებში. A

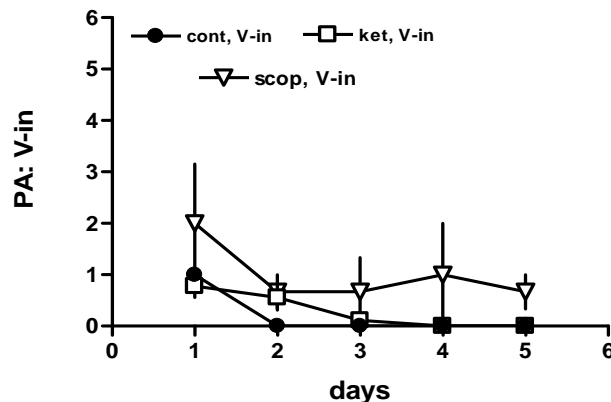
კეტამინის 0.3მგ/კგ იწვევდა ვირთაგვების მოტორული აქტივობის სტატისტიკურად სარწმუნო ცვლილებებსაც, რაც არ აღინიშნა სკოპოლამინის მოდელებში (სურ. 8,ა.ბ.).

changes in motor activity



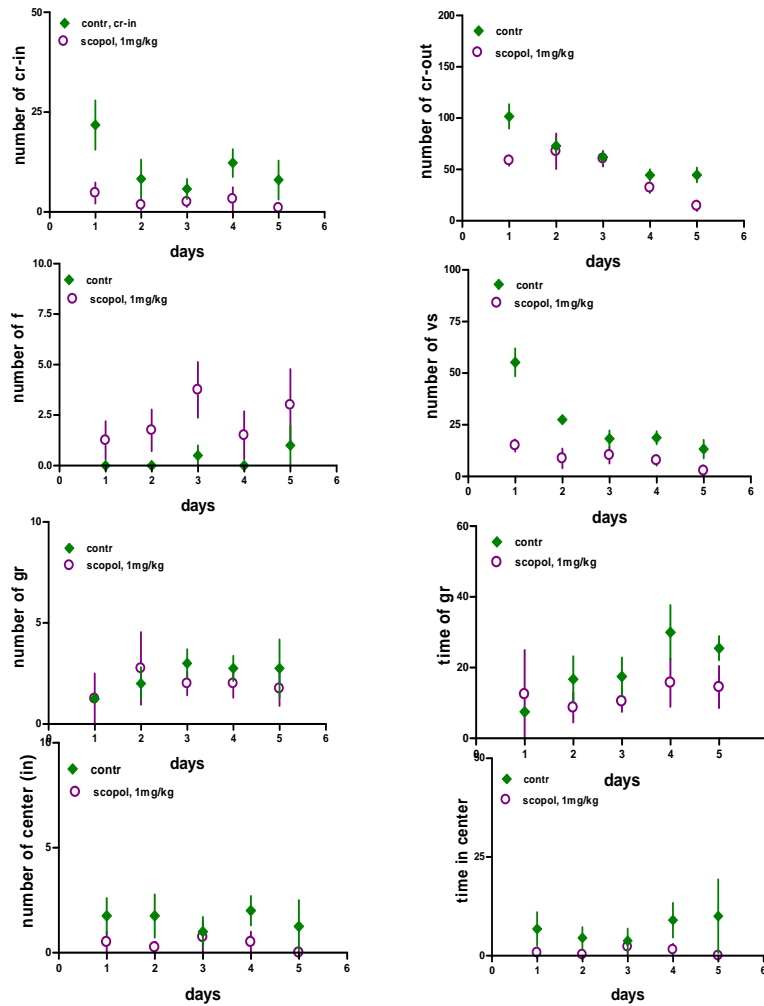
სურ. 8. კეტამინის და სკოპოლამინის ამნეზიის ცხოველურ მოდელებში მოტორული აქტივობის ცვლილებების დინამიკა პასიური განრიდების ტესტში. მოცემულია სუმატული მრუდები და საშუალო სტანდარტული გადახრები, რომელიც გამოხატავს კვადრატების გადაკვეთის (ა) და ვერტიკალურ დგომების (ბ) რაოდენობას 5 დღის განმავლობაში ცხოველების 3 ჯგუფში: კონტროლი (შავი ბურთები), კეტამინის (თეთრი კვადრატები) და სკოპოლამინის (თეთრი სამკუთხედი) ცხოველურ მოდელებში. A

რაც შეეხება ვირთაგვებში თავდაცვითი ქცევის გამოვლენას, პასიური განრიდების ტესტმა აჩვენა, რომ თავდაცვითი ქცევა ირღვეოდა როგორც კეტამინის, ისე სკოპოლამინის მოდელებში, თუმცა სკოპოლამინით გამოწვეული დარღვევები უფრო კარგად იყო გამოხატული, ვიდრე კეტამინის შემთხვევაში (სურ. 9).



სურ. 9. სკოპოლამინის და კეტამინის გავლენა თავდაცვით ქცევაზე. მოცემულია პასიური განრიდების ტესტში V ელექტროფიციურ კაბინაში ცხოველთა შესვლის დინამიკა (სუმატული მრუდები: საშუალო მნიშვნელობა+საშუალო სტანდარტული გადახრა) ვირთაგვების 3 ჯგუფში: კონტროლი (შავი ბურთები), კეტამინის (თეთრი კვადრატები) და სკოპოლამინის (თეთრი სამკუთხედი) ცხოველურ მოდელებში.

სკოპოლამინის ცხოველური მოდელების ღია ველში ქცევითი აქტივობის მონიტორინგმა აჩვენა, რომ სკოპოლამინი არ იწვევს ღია ველში შესწავლილი არცერთი ძირითადი პარამეტრის სტატისტიკურად სარწმუნო ცვლილებებს (სურ. 10). აღირიცხებოდა შემდეგი მაჩვენებლები: შიგნითა (cr-in) და გარეთა (cr-out) კროსინგები, ფეკალიების (f), ვერტიკალური დგომების (Vs), გრუმინგების (gr.n) რაოდენობები, ასევე გრუმინგების ხანგრძლივობა (gr.t), ცენტრში დგომის რაოდენობა (center in) და ხანგრძლივობა (time in center). გარკვეული განსხვავებები ქცევით აქტივობაში კონტროლთან მიმართებაში აღინიშნა დეფეკაციის სიხშირის მაჩვენებელში, თუმცა ცვლილებები არ იყო სტატისტიკურად სარწმუნო.



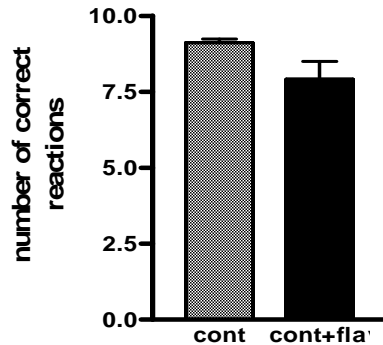
სურ. 10. სკოპოლამინი არ იწვევს ღია ველში ცხოველთა ქცევით აქტივობაში ცვლილებას.

კეტამინის მოდელის ღია ველში განხორციელებულმა ექსპერიმენტებმა ცვლილებები გამოავლინა, როგორც ემოციურ სტატუსში, ისე მოტორულ აქტივობაში. მიმდინარეობს მონაცემთა სტატისტიკური დამუშავება.

**რესვერატროლის გავლენა სკოპოლამინით განპირობებულ მეხსიერების დარღვევაზე**

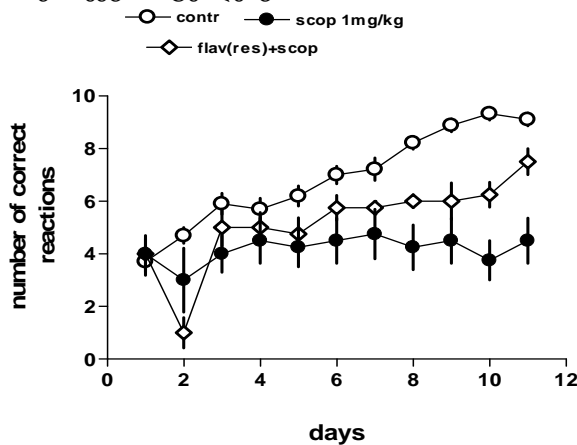
განხორციელდა ქცევითი ექსპერიმენტები სკოპოლამინის ამნეზიის მოდელზე ფლავონოიდების ეფექტების შესწავლის მიზნით. განისაზღვრა ვირთაგვებში რესვერატროლის შეყვანის გზები და რეჟიმი. შეყვანისთვის გამოყენებულ იქნა ფლავონოიდების როგორც წყალთან, ისე პურეულის დახმარებით შეყვანის გზა. მონაცემების წინასწარმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ვირთაგვებში ფლავონოიდების განსაზღვრული სტაბილური დოზის შესაყვანად ყველაზე მოხერხებული მათი კვება სიმინდის ბურბუმელის ფლავონოიდებით დასველებული ბრიკეტებით. აღნიშნული გზით რესვერატროლის 1მგ/კგ დოზა შევიყვანეთ ვირთაგვების 2 ჯგუფში. I ჯგუფის ვირთაგვების ფლავონოიდებით კვება განხორციელდა 5 დღის განმავლობაში, ხოლო II ჯგუფი აღნიშნულ პრეპარატს ღებულობდა 12 დღის განმავლობაში. ფლავონოიდებით 5 დღიანი კვების შემდეგ ვირთაგვების ერთ ჯგუფში შევამოწმეთ მეხსიერების და დასწავლის მექანიზმების მიმდინარეობა, რათა შეგვემოწმებინა აღნიშნული პრეპარატის გავლენა ნორმალურ მეხსიერებაზე. ხოლო მეორე ჯგუფში შეფასდა ფლავონოიდების გავლენა სკოპოლამინის 1მგ/კგ ერთჯერადად შეყვანით გამოწვეულ დარღვევებზე.

ფლავონოიდებით 5 დღიანი კვება ინტაქტურ ვირთაგვებში არ ცვლიდა T-ს მაგვარ ლაბირინთში სწორი რეაქციების მაჩვენებელს (სურ. 11): დასწავლის მე-9-10-11-ე დღეების მაჩვენებელთა მიხედვით აღნიშნულ ჯგუფში სწორი რეაქციები შეადგენდა  $8.0 \pm 0.6$ , საკონტროლო ცხოველებში კი  $9.1 \pm 0.1$ .



სურ. 11. რესვერატროლის ეფექტები T-ს მაგვარ ლაბირინთში დასწავლის მაჩვენებლებზე. მოცემულია სწორი რეაქციების სუმარული მაჩვენებლები (მე-9, 10 და 11 დღე) და საშუალო სტანდარტული გადახრები საკონტროლო და ფლავონოიდებით ნაკვებ ვირთაგვებში.

ინტაქტურ ვირთაგვებში სკოპოლამინის (1მგ/კგ) ერთჯერადი ინტრაპერიტონული შეყვანა იწვევდა სივრცითი მეხსიერების დარღვევას: T-ს მაგვარ ლაბირინთში ორჯერ შემცირდა სწორი რეაქციების რაოდენობა და მე-11-ე დღეს შეადგინა  $4.5 \pm 0.9$ , მაშინ როცა ეს მაჩვენებელი კონტროლში იყო  $9.1 \pm 0.2$  (სურ. 12). ასეთ ცხოველებს დაერღვათ თავდაცვითი ქცევა (პასიური ტესტის მონაცემები). ფლავონოიდით ვირთაგვების წინასწარი 5 დღიანი კვების ფონზე სკოპოლამინით გამოწვეული დარღვევების შეფასებისას აღმოჩნდა, რომ ფლავონოიდები ამცირებს დარღვევებს ანუ აღინიშნა რესვერატროლის პროტექტორული ზემოქმედება, თუმცა განსხვავება სტატისტიკურად სარწმუნო არ აღმოჩნდა. მიმდინარეობს მონაცემთა რაოდენობის გაზრდა. მცემულ ეტაპზე შეიძლება აღინიშნოს, რომ რესვერატროლი (1მგ/კგ) ვირთაგვების 5 დღიანი კვების რეჟიმის ფონზე ავლენს სკოპოლამინით გამოწვეული დარღვევების კორექციის ტენდენციას.



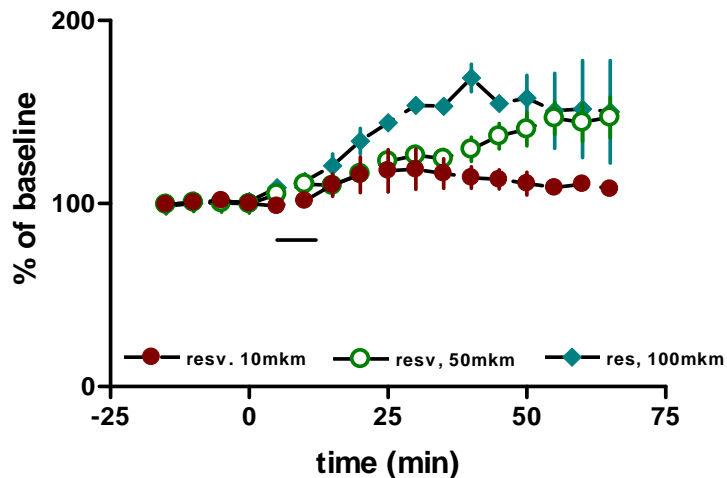
სურ. 12 ფლავონოიდების წინასწარი ადმინისტრაციის გავლენა სკოპოლამინით განპირობებულ სივრცითი მეხსიერების დარღვევაზე. მოცემულია T- ლაბირინთში ვირთაგვების დასწავლის დინამიკა (სწორი რეაქციების საშუალო მაჩვენებლები საშუალო სტანდარტული გადახრებით) ცხოველების 3

ჯგუფში კონტროლი.(თეთრი წრე), სკოპოლამინის ინექციით (შავი წრე) და ფლავონოიდების ფონზე სკოპოლამინის ინექციით (თეთრი რომბი).

### ელექტროფიზიოლოგიური ექსპერიმენტები

#### რესვერატროლის გავლენა ჰიპოკამპის CA-1 ველის ნეირონულ აქტივობაზე

განხორციელდა ექსპერიმენტების სერია, რომლის მიზანი იყო საკონტროლო ცხოველებში დაგვედგინა ჰიპოკამპის CA-1 ველში რესვერატროლის დოზა-დამოკიდებული ეფექტები. ექსპერიმენტები მიმდინარეობდა რესვერატროლის 3 კონცენტრაციის – 10, 50 და 100მკმ-ის გამოყენებით. აპლიკაციის ხანგრძლივობა 10წთ. რესვერატროლის აპლიკაცია სინაფსური პასუხების კონტროლთან მიმართებაში სტატისტიკურად სარწმუნო ცვლილებებს არ ავლენდა. სამივე კონცენტრაციის შემთხვევაში რესვერატროლი იწვევდა სინაფსური პასუხების მოგვიანო პოტენციაციას, ამასთან 50 და 100 მკმ რესვერატროლის შემთხვევაში ეფექტები ხანგრძლივ ხასიათს ატარებდა, ხოლო 10მკმ იწვევდა ხანმოკლე პოტენციაციას (სურ. 13): აპლიკაციიდან 60წთ-ის შემდეგ სინაფსური პასუხები ფონთან მიმართებაში შეადგენდა  $107 \pm 4$ ,  $n=6$ ; მაშინ როდესაც 50მკმ-ის და 100მკმ-ის აპლიკაციის მოგვიანო ეფექტები იყო  $147 \pm 11.8$ ,  $n=5$  და  $150 \pm 28$ ,  $n=2$ , შესაბამისად.



სურ. 13 რესვერატროლი ჰიპოკამპის CA-1 ველში იწვევს შაფერის კოლატერალების სტიმულაციის საპასუხოდ გენერირებული ველის პოტენციალების დოზა-დამოკიდებულ ეფექტებს.

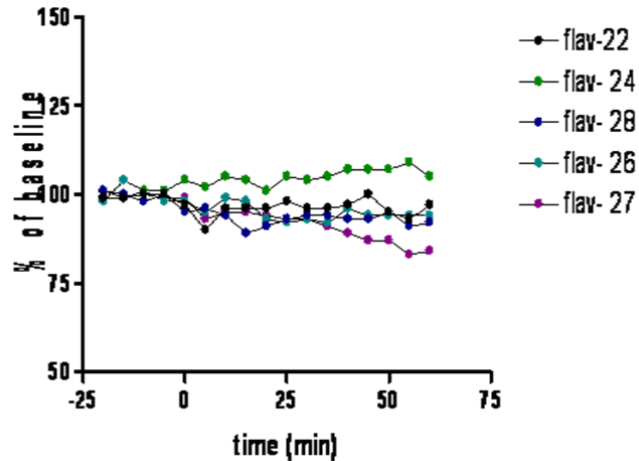
სუმარული მრუდები გამოხატავს ველის პოტენციალების ფონთან მიმართებაში % ცვლილებას რესვერატროლის 10, 50 და 100 მკმ-ის აპლიკაციისა და შემდგომი 60 წთ-იანი განზანვის პერიოდში. მოცემულია სუმარული მრუდები საშუალო სტანდარტული გადახრებით. აპლიკაციის დრო მითითებულია მრუდების ქვეშ ხაზით.

#### ქართული ყურძნის ფლავონოიდების გავლენა ჰიპოკამპის CA-1 ველის ნეირონულ აქტივობაზე

განხორციელდა ინ ვიტრო ექსპერიმენტების სერია, რომლის მიზანი იყო საკონტროლო ცხოველებში დაგვედგინა ქართული ყურძნის ფლავონოიდების გავლენები ჰიპოკამპის CA-1 ველში ნეირონულ აქტივობაზე. შაფერის კოლატერალების გაღიზიანების საპასუხოდ ჰიპოკამპის CA-1 ველში ადვრიცხავდით სუმარულ ნეირონულ აქტივობას, რომელზეც გამოვცადეთ რქაწითელიდან



გამოყოფილი ფლავონოიდების 1 მკმოლი კონცენტრაციის აქტიური ფრაქცია. ფლავონოიდების გამხსნელად ვიყენებდით ეთანოლს, ამიტომ საკონტროლო ექსპერიმენტები განხორციელდა ფიზიოლოგიურ ხსნარში ეთანოლის შესაბამისი რაოდენობის დამატებით. მიღებული შედეგების ანალიზმა გვაჩვენა, რომ 1მკმოლი რქაწითელის ფლავონოიდი იწვევდა ნეირონული აქტივობის სუსტად გამოხატულ შემცირებას, თუმცა აღნიშნული ცვლილებები არასარწმუნო იყო ფონთან მიმართებაში. ასეთივე სუსტი დეპრესია აღინიშნა იგივე კონცენტრაციით ეთანოლის ფიზიოლოგიურ ხსნარში დამატებისას. მონაცემთა ანალიზმა აჩვენა დამატებითი ექსპერიმენტების ჩატარების აუცილებლობა. ცალკეული ექსპერიმენტის მიმდინარეობის დინამიკა მოცემულია სურათზე (იხ. სურ. 14).

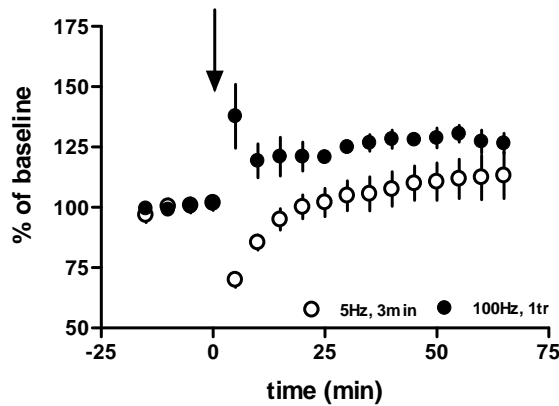


სურ. 14 რქაწითელადას გამოყოფილი ფლავონოიდების გავლენა ჰიპოკამპის CA-1 ველში სუბარულ ნეირონულ აქტივობაზე. მოცემულია ცალკეული ექსპერიმენტის დინამიკა.

#### რესვერატროლის გავლენა CA-1 ველში ხანგრძლივ პოტენციალიაზე (ხპ)

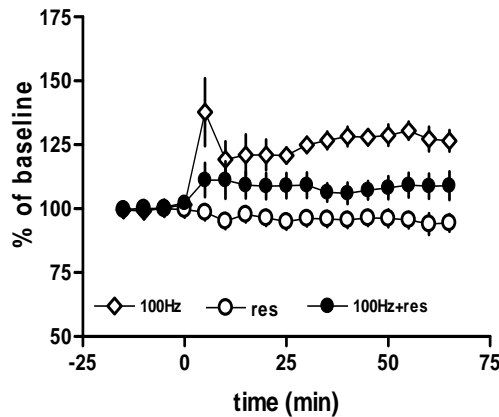
განხორციელდა ექსპერიმენტების სერია, რომლის მიზანი იყო საკონტროლო ცხოველებში დაგვედგინა რესვერატროლის მოდულატორული ეფექტები ჰიპოკამპის CA-1 ველში ხანგრძლივ პოტენციალიაზე (ხპ).

ხპ-ის მისაღებად გალიზიანების 2 რეჟიმი გამოვიყენეთ: 100Hz ერთჯერადად და 5 Hz 3წთ-ის განმავლობაში. 5Hz-ით სტიმულაცია საწყის დეპრესიასა და მოგვიანო ნელაგანვითარებად სუსტ პოტენციაციას იწვევდა (გალიზიანებიდან 1 სთ-ის შემდეგ ველის პოტენციალის სუბარული მაჩვენებლის პროცენტულმა ცვლილებამ შეადგინა  $113.2 \pm 9.5\%$  ფონთან მიმართებით (სურ. 15).



სურ. 15 შაფერის კოლატერალების სტიმულაციით განპირობებული სინაფსური პლასტიკურობა ჰიპოკამპის CA-1 ველში. მოცემულია სუმა რული მრუდები, რომელიც გამოხატავს ველის პოტენციალის ამპლიტუდის პროცენტული ცვლილების დინამიკას ექსპერიმენტის 2 სერიაში: 100Hz ერთჯერადად (შავი წრე) და 5 Hz 3წთ-ის განმავლობაში (თეთრი რგოლები).

100 Hz-ით შაფერის კოლატერალების სტიმულაცია იწვევდა კარგად ხამოხატულ ხპ-ს ( $126.5 \pm 4.1\%$  ფონთან მიმართებით, სურ 15). ხანგრძლივ პოტენციაციაზე რესვერატროლის გავლენის შესწავლის მიზნით, თავდაპირველად შეირჩა აღნიშნული პრეპარატის ისეთი დოზა, რომელიც 15წთ-იანი აპლიკაციის ფონზე თავისთავად არ იწვევდა სუმა რული პასუხების ფონთან მიმართებით ცვლილებას. წინასწარ განხორციელდა რესვერატროლის დოზა-ეფექტის განსაზღვრა. გამოვიყენეთ 1, 10, 50მკმ ნივთიერება, 10 და 50 მკმ რესვერატროლი იწვევდა სინაფსური პასუხების პოტენციაციას (სურ.13), რაც შეეხება 1მკმ, მისი აპლიკაცია სინაფსურ პასუხებზე გავლენას არ ახდენდა (სურ.16). შემდგომ ექსპერიმენტებში ტეტანიზაციით განპირობებულ ხპ-ზე სწორედ 1მკმ რესვერატროლის ეფექტები შეფასდა. მიღებული მონაცემების შედარებითა ანალიზმა აჩვენა, რომ 1მკმ რესვერატროლის აპლიკაციის ფონზე, ტეტანური გაღიზიანებით გამოწვეული ხანგრძლივი პოტენციაციის სიძლიერე მცირდება. მიმდინარეობს მონაცემთა სტატისტიკური დამუშავება.



სურ. 16 რესვერატროლის (1მკმ) გავლენა შაფერის კოლატერალების სტიმულაციით (100Hz) განპირობებულ სინაფსურ პლასტიკურობაზე ჰიპოკამპის CA-1 ველში. მოცემულია სუმა რული მრუდები (საშუალო მნიშვნელობები, საშუალო სტანდარტული გადახრებით), რომელიც გამოხატავს ველის პოტენციალის ამპლიტუდის პროცენტული ცვლილების დინამიკას ექსპერიმენტის 3 სერიაში: 100Hz ერთჯერადად (თეთრი რომბები) და განმავლობაში (თეთრი რგოლები).

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა

სტატია:

**Sulkhan N. Tsagareli;** Nino G. Archvadze; Otar Tavdishvili Quantitative Analysis of Formation of Active Avoidance Behavior in the Hippocampus Coagulated and Intact White Albino Rats. Journal of Behavioral and Brain Science. (in press. 2012- ) <http://www.scirp.org/journal/jbbs>)

საკონფერენციო მასალა:

**Iv. Javakhishvili Tbilisi State University International Scientific Conference “Actual Problems in Neurobiology” Dedicated to 100 anniversary of Prof. Irine Mepisashvili Abstracts 9-10 December, 2011, Georgia, Tbilisi**

Oral presentations:

1. **N.Doreulee & B.Chkhartishvili**, Georgian Neuroscientist abroad
2. **N.Doreulee**, The role of brain modulatory systems in neurological disorders induced by glutamatergic dysfunction
3. **R.Bukia**, Study of growth potential of statoconia under varying gravity (hyperweightiness)
4. **M.Alania**, Neuron-based biosensor detects extrasynaptic chemical signals associated with activity of interneurons projecting to the feeding network in *Lymnaea*
5. **E.Kalendarishvili, Irine Mepisashvili** – from matrix cells of lateral ventricles of the brain to the stem cells

abstracts:

1. E. Kalendarishvili, R.Bukia, A. Taktakishvili, N. Gelashvili, M. Davitashvili, N. Manjgaladze **Irine Mepisashvili – from matrix cells of lateral ventricles of the brain to the stem cells (PP: 6-7)**
2. M. Alania, I. Chistopolsky, D.A. Sakharov; **Neuron-based biosensor detects extrasynaptic chemical signals**
3. **associated with activity of interneurons projecting to the feeding network in *Lymnaea*. (pp:8)**
4. R. Bukia, E. kalendarishvili, A.Taktakishvili, N. Gelashvili, M. Davitashvili, N. Majagaladze **Study of growth potential of statoconia under varying gravity (hyperweightiness) (PP: 9)**
5. N. Doreulee, M. Alania, B. Chkhartishvili, E. Mitaishvili, G. Vashalomidze, Ts. Kapanadze **Allosteric enhancement of metabotropic glutamate receptor attenuates behavioral alterations associated with rat model of schizophrenia induced by ketamine (PP:16-17)**
6. N. Doreulee, M. Alania, Z. Kuchukashvili, B. Chkhartishvili, M. Chikovani, E. Mitaishvili, Z. Beruashvili **Influence of flavonoids from Georgian grapes “Saperavi” on agedependent disturbance of memory processes in laboratory rats (PP: 18-19)**
7. S.N. Tsagareli 1, O.N. Tavdishvili 2, N.G. Archvadze 1 **Assessment of Active Avoidance Behavior by Cluster Analysis (PP: 40)**

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):

სამეცნიერო კვლევები ფინანსდება რუსთაველის ფონდის მიერ გრანტის GNSF- 6/89 –ის ფარგლებში.

კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

International Scientific Conference: **“Actual Problems in Neurobiology”** Dedicated to 100 anniversary of Irina Mepisashvili Iv.Javakhishvili Tbilisi State University, Faculty of Exact and Natural Sciences, Department of Biology; 9-10 December, 2011, Tbilisi

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია: “ნეირობიოლოგიის აქტუალური საკითხები”  
ემდგვნება ირინა მეფისაშვილის დაბადების 100 წლისთავს ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის  
სახ. უნივერსიტეტი, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ბიოლოგიის  
დეპარტამენტი 2011 წელი, 9-10 დეკემბერი თბილისი

## ბიომრავალფეროვნების მიმათულება და ბიომრავალფეროვნების ლაბორატორია

უნივერსიტეტის ქ. #2, ტელეფონი: 230-4297, arngechkori@yahoo.com

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): დეზერტიფიკაციის (გაუდაბნობის) პრობლემა აღმოსავლეთ საქართველოში და მისი ინდიკაცია უხერხემლო ცხოველთა ზოგიერთი ჯგუფის გამოყენებით (ირან-თურანის უდაბნობის ფაუნის ინფილტრაცია კავკასიაში)**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: მიმართულების ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი, არნოლდ გეგეჩკორი**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

კავკასია დედამიწის ხმელეთის 25 ეკორეგიონს შორის ბიომრავალფეროვნების ერთ-ერთ „ცხელ წერტილს“ წარმოადგენს (Kopaliani, 2002; Gegechkori A., 2007; [www.biodiversityhotspots.org](http://www.biodiversityhotspots.org)). კავკასიის ბიომებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავიათ არიდულ ლანდშაფტებსა და მათ ცოცხალ ფიტო- და ზოოთანასაზოგადოებებს (Гроссрейм А.А., 1948; Гулисашвили В. З. и др., 1975; Nakhutrishvili G., 1999; გეგეჩკორი, 2008; Gegechkori A., Joostren H., 2009).

სამეცნიერო ლიტერატურაში დღემდე წინააღმდეგობრივი მოსაზრებებია ჩრდილოეთ და სამხრეთ კავკასიის ყველაზე არიდული რაიონების ბიომებად შეფასების თვალთახედვით. ავტორთა ერთი ჯგუფი თვლის, რომ ეს რაიონები ნახევრად უდაბნოებია და ზოგჯერ „სტეპებადაც“ კი მოიხსენიებიან (Гроссрейм А.А., 1936; 1948; Гулисашвили В. З. 1964; Гулисашвили В. З. и др., 1975), სხვა შემთხვევაში კავკასიის იგივე რაიონები (სახელდობრ, აღმოსავლეთ კავკასიის აზერბაიჯანის და მდ. არაქსის ხეობისა და ჩრდილო-აღმოსავლეთი კავკასიის არიდული რაიონები) ტიპური უდაბნოებია (Лавренко Е. М., 1962, 1965; Географический атлас СССР, 1955; Растительный покров СССР (т.2), 1956). ამ საკითხის შემდგომი დაზუსტება შესაძლებელი გახდება უხერხემლო ცხოველთა ზოგიერთი ჯგუფის – გარემოს ბიოინდიკატორების გამოყენებითაც.

ირან-თურანის (შუა აზია) ბიოგეოგრაფიული რაიონი (ოლქი) წარმოადგენს დედამიწაზე არიდულ რაიონებში, კერძოდ, უდაბნოებში ტაქსონთწარმოშობის უმძლავრეს კერას, რაც უწინარესად გამოიხატება ფლორასა და ფაუნაში ენდემური ტრიბების, გვარებისა და სახეობების ფორმირებაში (Ильин М.М., 1946, 1958; Лавренко Е. М., 1962, 1965; Емельянов А.Ф., 1972; Zohary, M. 1973; Gegechkori A. 1984; 1985). გეოლოგიური წარსულიდან (ცარცული პერიოდი) დღემდე ამ რაიონმა უდიდესი როლი შეასრულა აფრო-ევრაზიის არიდული ფლორა-ფაუნის გენეზისში, მათ შორის კავკასიის მშრალი კლიმატის მოყვარული ორგანიზმების ფორმირებაში (Гроссрейм А.А., 1936; Синицын В.М., 1962, 1965; Гегечкори А.М., 1984, 1985).

შუა აზიისაგან განსხვავებით, კავკასიაში ნაკლებად არიდული კლიმატური პირობები ქმნის ბუნებრივ ფილტრს რეგიონში ირან-თურანის ორგანიზმთა ექსპანსიისათვის. ურბანიზაციის თანამედროვე პროცესები რიგ შემთხვევაში ხელს უწყობს სიმშრალის მოყვარულ ელემენტთა ექსპანსიას აღმოსავლეთიდან (შუა აზია) კავკასიაში (მაგ., ნათელი ტყეების ხელყოფა, ადგილობრივ ლანდშაფტთა დეგრადაცია მათი ზამთრის საძოვრებად გამოყენების მიზნით) (Gegechkori A., 2004).

ირან-თურანის უდაბნოს ტაქსონების ექსპანსია პირველად ხდებოდა წინა აზიიდან, კერძოდ, ირანიდან, მაგრამ ქსეროფილურ ორგანიზმთა გაცილებით მასშტაბური მიგრაცია აღნიშნული ცენტრიდან ჩვენს რეგიონში განხორციელდა.

მეთხეულ პერიოდში თურანიდან – შუა აზიიდან (Гегечкори А.М., 1984; Gegechkori, 2004, 2010). ინფილტრაციის მასშტაბის დადგენა შესაძლებელია როგორც ფლორისტული, პალეონტოლოგიური და ისტორიული გეოლოგიის ლიტერატურული მონაცემების დახმარებით, ისე ფაუნისტური მონაცემებით, მათ შორის, პროექტით გათვალისწინებული უხერხემლო ფაუნის ბიოინდიკატორული ჯგუფების მეშვეობით.

ამ პრობლემის გადაწყვეტისას შეიძლება გამოყენებულ იქნას აპრობირებული მეთოდი: ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით მცენარეთა და უხერხემლო ცხოველთა უდაბნოს ინდიკატორული ტაქსონების – ოჯახების, ტრიბების, გვარებისა და მათში შემავალი სახეობების აღნუსხვა ცენტრალურ აზიაში (მონღოლეთი), შუა აზიაში და ირანში, მათი შედარებითი ანალიზის გზით კავკასიის იმავე ტაქსონებიდან. მაგალითად, უდაბნოს ტიპურ მცენარეზე *Nitraria* – კვებითი

კავშირებით დაკავშირებულია ფსილიდებიდან გვარი *Brachystetha* Log. მონღოლეთში ამ მცენარეზე იკვებება 4 სახეობა, შუა აზიასა და ყაზახეთში -5 სახეობა, ირანში -1 სახეობა, 2 კავკასიაში ეს მცენარე იზრდება, მაგრამ მასზე ფსილიდების სრული ინფილტრაცია ხდება; იგივე სურათი მეორე ინდიკატორ მცენარეზე – *Halocnemum*, რომელზეც ფსილიდებიდან სპეციალიზებულია გვარი *Caillardia* Berg. მონღოლეთში რეგისტრირებულია ფსილიდას 3 სახეობა, შუა აზიაში – 7 სახეობა, ირანში – 5, კავკასიაში ხდება მისი მნიშვნელოვანი ინფილტრაცია – 1 სახეობა (Gegechkori A., 1998, 2004, 2009).

დედამიწაზე გამყინვარებებს (გლაციაცია) ცვლიან გლობალური დათბობები (დეგლაციაცია), არიდიაცია (გაუდაბნობა) – პლუვიალური ეპოქები. ამჟამად დეზერტიფიკაციის, ანუ გაუდაბნობის პროცესი გლობალური პრობლემაა, რაზეც მეტყველებს 1994 წელს მიღებული გაეროს შესაბამისი კონვენცია. აღნიშნულ კონვენციას მიუერთდა მსოფლიოს 150 ქვეყანა, მათ შორის საქართველოც. ჩაერის ტემპერატურის ცვლილება აღმოსავლეთ საქართველოს სემიარიდულ ლანდშაფტებში უახლოვდება ტემპერატურის გლობალურ ცვლილებას (0,04-0,070 C 10 წელიწადში). იუნესკოს ოფიციალური მონაცემების მიხედვით, მსოფლიოს დეზერტიფიკაციის საფრთხის ქვეშ მყოფი გვალვიანი რეგიონები სამ კატეგორიად იყოფა: საკუთრივ გვალვიანი, ნახევრად გვალვიანი და მშრალი სუბჰუმიდური. აღმოსავლეთი საქართველო მესამე კატეგორიას მიეკუთვნება (Элизнарашвили Э., Элизнарашвили М., 2001). აღნიშნული პროცესის გამომწვევია გლობალური ფაქტორები, კერძოდ, (უკანასკნელი გამყინვარების (ვიურმი) დამთავრება და ჰოლოცენის (უკანასკნელი 10000წელი) საერთოპლანეტური დათბობა, აგრეთვე ადამიანის აქტიური ზემოქმედება გარემო ბუნებაზე (Climate Change, 1995). დეზერტიფიკაციის პროცესის პრევენციის სხვადასხვა გზა არსებობს, მათ შორის არასასურველი ანთროპოგენული პრესის თავიდან აცილება. არიდული ეკოსისტემები ფრიად სენსიტიურია, ამიტომ, ადამიანის მხრიდან მათი ნებისმიერი სახით ხელყოფა აღრმავებს გაუდაბნობის პროცესებს. აღმოსავლეთიდან (კასპიის ზღვის მიმდებარე ტერიტორიები) საქართველოსკენ სოლივით მომართულ არიდიაციის გზაზე უდიდესი მნიშვნელობა აქვს შესაბამისი ბუნებრივი ეკოსისტემების ხელუხლებელი სახით შენარჩუნებას. აღმოსავლეთ საქართველოსთვის ეს ითქმის ვაშლოვანის არიდული ნათელი ტყისა და შირაქ-ელდარის სტეპის მსგავს ეკოსისტემებზე (ლაჩაშვილი და სხვ., 2004, 2007). ეს უკანასკნელნი თბილისის მერიდიანისკენ დეზერტიფიკაციის ნაკადის შესაჩერებლად ბუნებრივი ფორპოსტებია. ამ პროცესის პროგნოზირება შესაძლებელია, როგორც მცენარეული საფრის ხელყოფის შეფასების გზით, ისე ფაუნის, კერძოდ, უხერხემლო ცხოველების ბიონდიკატორულ ჯგუფებში ტქსონომიური ცვლილებების შესწავლის გზითაც.

როდესაც ამ პრობლემას ვეხებით, მხედველობაში გვაქვს თერმოფილურ ხერხემლიან და უხერხემლო ცხოველების უკანასკნელი ნახევარი საუკუნის განმავლობაში არეალთა გაფართოება (ბუნებრივი მიგრაციები) თავიანთი ისტორიული ჰაბიტატებიდან ნაკლებად ინტენსიური თბური რეჟიმის რაიონებში (მაგ., ლეოპარდის ირანული ქვესახეობის, მაჩვზღარბასა და მსხლის ყვითელი ფსილიდას (*Cacopsyla bidens*) ტერიტორიული ექსპანსია სამხრეთ კავკასიის სამხრეთიდან მის ჩრდილო-დასავლეთ რაიონებში (Gegechkori A., 2010). არ არის გამორიცხული, რომ ეს და მსგავსი პროცესები გლობალურ დათბობასთან იყოს დაკავშირებული.

გამოკვლევები ჩატარდება უხერხემლო ცხოველთა ოთხ ჯგუფზე. ესენია: ფსილიდები (*Hemiptera, Psyllodea*), ქეცლფრთიანები (*Lepidoptera*), ფუტკრები (*Hymenoptera, Apoidea*) და ობობები (*Aranea*). ისინი ცნობილნი არიან, როგორც გარემოს ფრიად საიმედო ბიონდიკატორები.

ფსილიდები-ვიწრო ოლიგოფაგებია (კვებითი კავშირებით სპეციალიზირებულები არიან ყვავილოვანი მცენარეების, მეტწილად ერთ ბოტანიკურ გვარზე), შესაბამისად, მცენარეების მსგავსად, ზუსტად პასუხობენ გარემოს ედაფური და კლიმატური ფაქტორების ბუნებრივი და ანთროპოლოგიური მიზეზებით გამოწვეულ ცვლილებებს (Логина М.М., 1968; Гегечкори А. М., 1984a, Burckhardt D., 2005; Hodkinson I.D., 2009). გარდა ამისა, ფსილიდები გარემოს აბიოტური ფაქტორების მიმართ უფრო სენსიტიურები არიან, ვიდრე მცენარეები, ამდენად, შესაძლებელი ხდება გაკეთდეს გარემოს 3 მონიტორინგი მცენარეებისა და მათი მომხმარებლების (ფსილიდები) აბიოტურ და ბიოტურ ფაქტორებზე (დეზერტიფიკაცია და მისი გამომწვევი მიზეზების) რეაგირების შედარებითი ანალიზის საფუძველზე. ქელიცერიანთა ჯგუფი – ობობები, მწერების ჯგუფები – ქერცლფრთიანები და ფუტკრისნაირები ზემოთ აღნიშნულ ჯგუფთან შედარებით, გარემოს ცვალებადი ფაქტორების მიმართ ნაკლებად სენსიტიურნი არიან. მიუხედავად ნათქვამისა, პროექტში კვლევის ობიექტად აღებული გეოგრაფიული არეალი იმდენად მასშტაბურია, რომ აღნიშნულ

ფარგლებში ფეხსახსრიანთა სამივე ჯგუფი ასევე წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული დასახული მიზნის დადებითად გადასაწყვეტად ფსილიდები ცნობილი არიან როგორც აგროცენოზებისა და ბიოცენოზების მცენარეთა მავნე სახეობები (Burckhardt D., 1994, Burckhardt, Hodkinson I.D., 1986, Логинова М.М. 1972; Гегечкори А.М., 1984b, 1996, 2010). აქ იგულისხმება მათი უარყოფითი ზემოქმედება კულტურულ და ველურ მცენარეებზე როგორც კვების პროცესში, ისე, უწინარესად, პათოგენური მიკრობების გადატანისას. (Fialova R.. et al., 2007; Sulc S. et al., 2007). წარმოდგენილ პროექტში შესწავლილ იქნება მსხლის ველური სახეობებისა და კულტურული ნარგავების ფსილიდების მავნე სახეობა – *Psylla (Cacopsylla) bidens* Sulc. როგორც აღინიშნა, მურაყვითელი ფსილიდას ამ სახეობამ ბუნებრივად გაიფართოვა არეალი სამხრეთ კავკასიის უკიდურესი სამხრეთიდან (მდ.არაქსის ხეობის მიმდებარე სომხეთსა და აზერბაიჯანის რაიონებიდან) სამხრეთ კავკასიის ჩრდილო – დასავლეთში, საქართველოში (Гегечкори, 1996). ფსილიდების ლარვული ფორმები – ნიმფები იკვებებიან მასპინძელი მცენარის ვეგეტატიური და გენერატიული ორგანოებით. დაზიანების ადგილზე ექსკრემენტებთან ერთად მწერი გამოყოფს თაფლისმაგვარ წვეთებს. ეს უკანასკნელი კარგი საკვებია საპროფიტი სოკოებისთვის, რომლებიც ხშირად მთლიანად ფარავენ ფოთლის ზედაპირს და აფერხებენ ასიმილაციის პროცესს. ფსილიდებს გადააქვთ ფიტოპლაზმური დაავადებები, რომლებიც იწვევენ მკვებავი მცენარის ფოთოლცვენას, ხშირად კი ხეების სრულ გახმობას. მწერს კვების დროს მცენარეში ნერწყვთან ერთად შეაქვს ტოქსიკური ნივთიერება და უქმნის დიდ პრობლემას, რაც გამოიხატება ხემცენარის ზრდის შეჩერებაში, დეფოლიაციაში და ნაყოფების ჩამოცვენაში (Логинова М.М. 1972; Hodkinson I.D., 1974, 2009; Burckhardt D., 1994, 2005; Гегечкори, 1996). *P.bidens*-ის საკვლევი ტერიტორია მოიცავს კახეთის, ქვემო და ზემო ქართლის სუბარიდულ რეგიონებს. შემდგომი ფაუნისტური კვლევისას, საზღვარგარეთ მივლინებების დროს მოხდება დამატებითი მასალის მოპოვება აზერბაიჯანისა და სომხეთის არიდული ეკოსისტემებიდან. აღნიშნული ეკოსისტემების დიდი ნაწილი მიეკუთვნება 56 პრიორიტეტულ საკონსერვაციო ტერიტორიებს კავკასიის ეკორეგიონში (An ecoregional conservation plan for the Caucasus, 2006), როგორებიცაა იორი-მინგეჩაური, არაქსის ველი, ჯავახეთი და ჯავახეთ-იგდირის დაბლობისა და არმავირის პრიორიტეტული კონსერვაციული დერეფანი. იგი აქტიურია ასევე პროექტის – „არიდული და სემიარიდული ეკოსისტემების კონსერვაცია ამიერკავკასია“ (UNDP, GEF, 2000) თვალსაზრისით. შესაბამისად, მალღდება პროექტით გათვალისწინებული კვლევის საერთაშორისო მნიშვნელობა დაცული ტერიტორიების გაუდაზნოების ხარისხის დადგენის თვალსაზრისით.

პროექტის მიზანია კავკასიის არიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეკორეგიონების გაუდაზნოების ხარისხის დადგენა.

არიდული ლანდშაფტების ტრანსფორმაციის ხარისხის დასადგენად გადაწყდება შემდეგი ამოცანები:

- 1) მოხდება სამხრეთ კავკასიის არიდული ბიომების კრიტიკული ანალიზი;
- 2) უდაზნოების, ნახევრადუდაზნოების, სტეპების, არიდული ნათელი ტყეების და ანთროპოგენული ფაქტორების ზემოქმედებით დეგრადირებული ტერიტორიები (ბედლენდები) ბიომებისა და კომპლექსების დიფერენცირება.
- 3) ბედლენდების, გეოციდების, ეკოციდების და კლდოვანი გაშიშვლებების რუკის შედგენა;
- 4) კლიმატური, ნიადაგის ტიპების, რელიეფის გენეტური ტიპების, მცენარეულ და ცხოველურ ორგანიზმ-ინდიკატორთა არეალების რუკების შედგენა GIS-ის გამოყენებით.

წარმოდგენილი პროექტის სიახლე და განსაკუთრებულობა მდგომარეობს იმაში, რომ ზედმეტი დანახარჯებისა და ძვირადღირებული აპარატურის გარეშე, ფეხსახსრიან ცხოველთა – ანთროპოდების სხვადასხვა ჯგუფების სათანადო გამოკვლევებით ბოტანიკური, გეოლოგიური და პალეონტოლოგიური ლიტერატურის, ამ სფეროებში საკუთარი დაკვირვებებისა და კვლევებზე დაყრდნობით Гегечкори А.М., 1984, 1985, გეგეჩკორი, 2008; Gegechkori A.M., 2004, 2009; Gegechkori A., Joostren H., 2009) სამხრეთ კავკასიის არიდულ ეკოსისტემებში გაირკვევა და გადაწყდება მეცნიერებისათვის მნიშვნელოვანი რამდენიმე პრობლემა:

- 1) უდაზნოებისა და ნახევრად უდაზნოების ბიომთა კრიტიკული ანალიზი მათი ცალ-ცალკე იდენტიფიცირება;
- 2) კავკასიაში ირანულ-თურანული ტაქსონების ინფილტრაციის ინტენსიურობის დადგენა;

- 3) დეზეტივიკაციის (გაუდაზნობის) ინტენსივობა სამხრეთ კავკასიის ქვეყნებში;  
 4) ჩრდილო-დასავლეთ ამიერკავკასიისათვის (საქართველო) ფსილიდების შედარებით ახალი მავნებლის (*C. bidens*) ბუნებრივი პარაზიტების გამოვლენა.  
 5) საკვლევ ტერიტორიაზე ლანდშაფტების ტრანსფორმაციის ხარისხის დადგენა, თემატური რუკების შედგენა გეოსაინფორმაციო სისტემების (GIS) გამოყენებით.

ფსილოდებს ყველაზე მავნე სახეობის ბიოეკოლოგიის დადგენის ან უფრო ღრმად შესწავლის საფუძველზე, გამოყენებითი ენტომოლოგიის სპეციალისტებს მიეცემათ რეკომენდაცია *C. bidens* წინააღმდეგ ბრძოლის (კონტროლის), უწინარესად, ბიოკონტროლის, სათანადო ღონისძიებების შესამუშავებლად. საქართველოს არიდულ რაიონებში პირველად იქნება დადგენილი ობობების, როგორც ტყის და სასოფლოსამეურნეო კულტურების მავნე მწერების პოპულაციათა ბუნებრივი მარეგულირებლების მტაცებლობის სპექტრი ბიოცენოზებსა და აგროცენოზებში.

მსგავსი მასშტაბური კვლევის ჩატარებისათვის, გარდა ზემოთ აღნიშნული სილიდების ინფილტრაციის მაგალითისა არსებობს სათანადო წინაპირობები. პალეარქტიკის უდაბნოები ზემოთ დასახელებული ზოგიერთი ჯგუფის შესწავლის თვალსაზრისით საკმაოდ ან კარგად არის გამოკვლეული, მათ შორის პროექტის ავტორების მიერ. ირან-თურანის ფაუნისტური ცენტრის კავკასიაზე ზეგავლენისა და ინფილტრაციის პროცესების დასადგენად, გარდა არსებული ლიტერატურული ცნობებისა მეცნიერების სხვადასხვა დარგებში, გამოყენებულ იქნება კონკრეტული მონაცემები ენტომოფაუნის ზოგიერთ ჯგუფზე. მაგალითად, კავკასიის ფსილიდოფაუნა ტოტალურად არის შესწავლილი არნ. გეგეჩკორის მიერ (Гегечкори А.М. 1984; -იხ. აღნიშნული და სხვა ნაშრომების სათანადო შეფასება Burckhardt D., Onucar 1993a, Burckhardt D., Lauteres P., 1993), კავკასიის პუპლების ფაუნა – ე. დიდმანიძის მიერ (Дидманидзе, Э. 1976); შუა აზიის ფსილიდოფაუნა – მ. მ. ლოგინოვას (Логинова М. М., 1976, 1981), ვ.გ. ბაევას (Баева В.Г., 1984), არნ. გეგეჩკორისა და მ.მ. ლოგინოვას მიერ (Гегечкори А.М., Логинова М. М., 1990); ცენტრალური აზიისა – მ.მ. ლოგინოვას (Логинова М. М., 1971), მ. კლიმასევსკის (Klimaszewsky, 1974) მიერ; ირანის – პ. ვონდრაჩეკის (P.Vondracek, 1953), დ. ბურკჰარტის, პ. ლაუტერერის (Burckhardt D., Lauterer P., 1993a) მიერ; თურქეთის (ანატოლიის ზეგანი) – ბურკჰარტის (Burckhardt D., Onucar, A., 1993a), გეგეჩკორის (1997 ა,ბ; Gegechkori A., 1998, 2002) მიერ. ამგვარად, როგორც კავკასიის, ისე მეზობელი რეგიონების არიდული ლანდშაფტების (ბიომების) გამოკვლევის ხარისხი და ლიტერატურული წყაროები პროექტში დასახული პრობლემების წარმატებით გადაწყვეტისა შესაძლებლობს გვამღვეს.

პროექტის დასასრულს გათვალისწინებულია ორენოვანი (ინგლისური, ქართული) სამეცნიერო მონოგრაფიის გამოცემა, რომელიც ილუსტრირებული იქნება ძირითადად პროექტის ხელმძღვანელის, ასევე სხვა მონაწილეთა მიერ გადაღებულ ფოტოსურათებით. მონოგრაფიაში გამოყენებულ იქნება პროექტის შესატყვისი ლიტერატურული წყაროები ისტორიული გეოლოგიიდან, პალეონტოლოგიიდან (ირან- თურანისა და კავკასიის რეგიონების ფორმირება), ბოტანიკიდან და ზოოლოგიიდან.

#### კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

1. საველე ექსპედიცია აღმოსავლეთ საქართველოს ველებში, ნახევრადუდაბნოებსა და ნათელ ტყეებში, სადაც გაერთიანებული იყვნენ მიმართულების მაგისტრანტი და დოქტორანტი (01.08-5.09.2011).

#### გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. Gegechkori A., M. Chubinidze M. 2011. Some characteristic and impact arboreal plant species of Georgia (Caucasus) and their pollinators. Contemporary problem in Geography (Collection of Paper of International Conference), Tbilisi, 46-62 pp.

2. Gegechkori A., M. 2011. The Ecological Review of the Spiders (Arthropoda, Araneae) in Tbilisi Hollow. Bulletin of the Georgian National Museum, Natural Sciences and Prehistory Section, 1:107-129.

3. გეგეჩკორი არნ. 2011. საქართველოს კავკასიის ფსილიდთა ფაუნის (Insecta: Hemiptera, Psylloidea) ზოგადი მიმოხილვა. „საქართველოს ბიომრავალფეროვნება“, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია, კონფერენციის შრომათა კრებული, 148-151, თბილისი.

#### კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში): თემის განხორციელებისათვის საჭირო ექსპედიცია დააფინანსა უნივერსიტეტმა.



თემა წარდგენილია შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდის საგრანტო კონკურსში.

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): დასავლეთ საქართველოს კირქვიანი ლანდშაფტების ბიოგეოგრაფიული კვლევა Psylodea (Hemiptera: Psylloidea)-ს მაგალითზე**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: მიმართულების ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი, არნოლდ გეგეჩკორი**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

**თემის აქტუალობა.**

კავკასიისა (ზოგადად) და საქართველოს (კონკრეტულად) დიდი კავკასიონისა და მცირე კავკასიონის კირქვიანი ლანდშაფტები გამოირჩევიან რელიეფის მკვეთრი დანაწევრებულობით, რაც წარმოადგენს უპირველეს წინაპირობას სახეობათწარმოშობის ევლუციური პროცესებისა. ამ პროცესების რაობაში ჩაწვდომა უაღრესად აქტუალურია კავკასიის რეგიონის ორგანული სამყაროს გენეზისის გარკვევის თვალსაზრისით.

შესაბამისად, დასახელებული თემის კვლევის მიზანია აღნიშნულ ლანდშაფტურ ერთეულში ენდემური ფორმებისა და რელიქტური სახეობების გამოვლენა, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ანალოგიური ლანდშაფტების ორგანულ სამყაროსთან შედარებითი ანალიზი, რაც მკვლევარს შესაძლებლობას აძლევს დასახული პრობლემის სრულყოფილ ბიოგეოგრაფიული რაკურსით გადაწყვეტაში.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

1. სავლეთ ექსპედიცია დასავლეთ საქართველოს კირქვიან ლანდშაფტებში (რაჭა-ლეჩხუმი, იმერეთი) სადაც გაერთიანებული იყვნენ მიმართულების მაგისტრანტი და დოქტორანტი (01.08-5.09.2011).

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

Gegechkori A. 2011. The results of Biogeographical study of Arcto-Tertiary refugia (Colchis and Talysh) of Southern Caucasus. Annals of Agrarain Science, v.8,5:1-19.

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

Gegechkori A., M. 2011. The Two Refugia of the South Caucasus, Colchis and Talysh: a Comparative Biogeographical Analysis. UGI, Regional Geographic Conference, Santiago, Chile.

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):** თემის განხორციელებისათვის საჭირო ექსპედიცია დააფინანსა უნივერსიტეტმა.

**კვლევის თემატიკა : „ დიდი და მცირე კავკასიონის ადრე გაზაფხულის მცენარეთა მრავალფეროვნება: სისტემატიკურ გეოგრაფიული სტრუქტურა, ეკოტოპოლოგია და ენდემიზმის საკითხები“.**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: ასისტენტ პროფესორი შამილ შეთეკაური( shetekauri@yahoo.com); ლაბორანტი ნანა ბარნაველი**

**კვლევის აქტუალობა.**

საქართველოს (კავკასიის) ფიტოგენოფონდის მრავალფეროვნებაში მნიშვნელოვანი წილი ადრე გაზაფხულის ფლორას ეკუთვნის. დღევანდლამდე არ არის დაზუსტებული სხვადასხვა რეგიონების ადრე გაზაფხულის ფლორის სახეობრივი შემადგენლობა . აღნიშნულს ერთის მხრივ განაპირობებს ის, რომ ადრე გაზაფხულზე მოყვავილე მცენარეები (ეფემერები და ეფემეროიდები) ხასიათდებიან ხანმოკლე სავეგეტაციო პერიოდით. ამასთანავე, განსხვავებული კავკასიონის სხვადასხვა ნაწილების ჰიპსომეტრიული დიაპასონი, და შესაბამისად ყვავილობის პერიოდებიც.

აღსანიშნავია, ისიც, რომ დღეს თსუ -ს ბიომრავალფეროვნების მიმართულებაზე მხოლოდ ერთი ბოტანიკური კადრების შესამჩნევი ნაკლებობაა, პროექტის განსახორციელებად კი საჭიროა მინიმუმ 2-3 კვალიფიციური, მობილური სპეციალისტი. სამწუხაროდ, დრევანდლამდე დასაზუსტებელია ადრეგაზაფხულის მცენარეთა როგორც მთლიანი, ისე თითოეული ვერტიკალური სარტყლის შიგნით მრავალფეროვნება, მათ შორის: სისტემატიკური, გეოგრაფიული, ეკოტოპოლოგიური, ბიოეკოლოგია, სიმაღლებრივი გავრცელების კანონზომიერებანი და ენდემიზმის საკითხები. შესაძლებელია ტუბერ-ბოლქვიან მცენარეთა დაცვის სტრატეგია, რადგანაც ისინი

კვლასვაც უსისტემოდ და ხელაღებით ნადგურდება დესაც, მიუხედავად იმისა, რომ ბევრი მათგანი შეტანილია საქართველოს წითელ წიგნსა და წითელ ნუსხაში. (იგი დამატებითი შემოსავლის წყაროს შეადგენს ადრე გაზაფხულზე და იყიდება ყველგან.)

აღნიშნული აქტუალობიდან გამომდინარე, კვლევის მიზანს შედგენს:

- ადრეგაზაფხულის მცენარეთა სრული ინვენტარიზაცია
- სისტემატიკური ანალიზი
- გეოგრაფიული ანალიზი
- ეკოტოპოლოგიური და ბიოეკოლოგიური კვლევა
- სიმალღებრივი გავრცელების ამპლიტუდის დადგენა
- ენდემიზმის საკითხები
- დაცვისა და in situ და ex situ კონსერვაციის სტრატეგიის შემუშავება

### მიღებული შედეგები

2011 წელს მოეწყო 2 სავიწრო გასვლა ყაზბეგის, ბორჯომ-ბაკურიანის და ჯავახეთის ზეგანზე. ექსპედიციის დროს შეგროვდა საკრებაროუმე მასალა, მოხდა ადრე გაზაფხულის მცენარეთა და მათი ჰაბიტატების ფოტოგრაფირება.

ამჟამად ხდება ველზე მოპოვებული მასალების მოწესრიგება იდენტიფიცირება და ასევე დაწყებულია ეფემერებისა და ეფემეროიდების ანოტირებული სიის შედგენა.

ამჟამად გრძელდება მუშაობა თემაზე; „ დიდი და მცირე კავკასიონის ადრე გაზაფხულის მცენარეთა მრავალფეროვნება: სისტემატიკურ გეოგრაფიული სტრუქტურა, ეკოტოპოლოგია და ენდემიზმის საკითხები“. ამასთან დაკავშირებით განხორციელდა მოკლენიანი ექსპედიციები ცენტრალურ (მთიულეთი, ყაზბეგი) და მცირე კავკასიონზე(ბორჯომ-ბაკურიანი, ჯავახეთის ზეგანი). შეგროვდა ადრე გაზაფხულზე (აპრილ-მაისი) მოყვავილე მცენარეები და მოხდა მათი იდენტიფიცირება .

დასრულდა 3 წლიანი სამეცნიერო თემა: :ეროვნულ ეკოლოგიურ- საგანმანათლებლო ცენტრის შექმნის აქტუალური მეთოდური სტრატეგიის შემუშავება. რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტი (შ. შეთევასური, მენეჯერი)

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

1. საქართველოს ფლორის მეორე გამოცემის XVI ტომისთვის კრიტიკულ- სისტემატიკურად დამუშავდა 3 გვარი: **Eriophorum L., Kyllinga Rottb., Kobresia Willd.** საქ. ფლორა, ტ. XVI, გამომცემლობა “მერიდიანი”, 2011. გვ. 308 -311; გვ. 346-348; გვ 354-357.

2. გამოსაცემად არის გამზადებული დამხმარე სახელმძღვანელო “ბიომრავალფეროვნება და კონსერვაცია” (არნ.გეგეჭკორი, მ. მურვანიძე, **შ. შეთევასური**, თბილისი, 2011. 230გვ.)

3. რედაქტირება გაეწია ლათინურ- ქართულ ბოტანიკურ ლექსიკონს (ლ. ჩოთალიშვილი; “ლათინურ- ქართული ბოტანიკური ლექსიკონი”. “ლოგოსი”, თბილისი, 2011. 120გვ. (რედაქტორი, **შ. შეთევასური**).

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

1. მე-18-ე საერთაშორისო კონფერენცია (გერმანია, ბერლინი): “Diversity and Florogenes of Subnival Flora of the Greater Caucasus” . BioSystematics Berlin 2011: 7<sup>th</sup> International Congress of Systematic and Evolutionary Biology (ICSEB VII), 12<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society of Biological Systematics(Gesellschaft fuer BiologischeSystematik, GfBS), 20<sup>th</sup> International Symposium “Biodiversity and Evolutionary Biology” of the German Botanical Society(DGB), 21-27 February, 2011.<http://www.15grad.de>

2. მონაწილეობა მივიღე ბოტანიკოსთა მე-18-ე ბოტანიკურ კონგრესზე (ავსტრალია, მელბურნი) და გამოქვეყნდა თეზისები: „ Sistematics and Geography of high mountain flora of the Greater Caucasus”.[www.abc.](http://www.abc.) , XVIII International Botanical Congress, 2011. 23-30- July, Melbourne (Australia).

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): რადონის ექსალაციის მდგომარეობა ქ.თბილისში და მოსახლეობაზე მისი რადიოლოგიური ზემოქმედების შეფასება“**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: ასოცირებული პროფესორი, გაია ქაჯაია, ლაბორანტი ქეთევან ოდიკაძე**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:****თემის აქტუალობა და მიზანი**

რადონის ექსპლაცია დედამიწის წიაღიდან ბუნებრივი მოვლენა და იგი მეტ-ნაკლებად ყველა პირობებში ვლინდება. ცალკეულ შემთხვევებში ეს პროცესი ნორმაზე უფრო ინტენსიურად იჩენს თავს, რაც გარკვეულ საშიშროებას უქმნის მოსახლეობას. პროექტი ხორციელდება გარემოს მდგომარეობის ფიზიკური მეთოდების სამეცნიერო-კვლევითი ლაბორატორიის თანამშრომლებთან ერთად.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

თბილისის მიდამოებში საინიციატივო ჯგუფის მიერ შერჩეულია რამდენიმე წერტილი ლანდშაფტის, მცენარეული საფარის, ქარიანობის, ანთროპოგენული ფაქტორის, ზემოქმედების აქტორის ინტენსივობის, მოსახლეობის სიმჭიდროვის და სხვათა გათვალისწინებით. სამ თვეში ერთხელ საცხოვრებელ ბინებში, სარდაფებში, საზოგადოების თავშეყრის ადგილებში სამი დღით იდგმება სპეციალური დანადგარები, რომლებიც გვამლევენ პასუხს რადონის ექსპლაციის ინტენსივობის შესახებ. ვარაუდობთ რომ პროექტის შედეგები დამაკმაყოფილებელი იქნება და ჩვენ შევძლებთ პრაქტიკული მნიშვნელობის დასკვნების გაკეთებას.

ამჟამად მიმდინარეობს მონაცემების ანალიზი და შეჯერება. როგორც წინასწარი მონაცემებიდან ჩანს დიდი მნიშვნელობა რადონის გამოყოფაში და დაგროვებაში აქვს შენობების მდგომარეობას, სართულს დაშორებას ნიადაგის ზედაპირიდან და ა.შ.

ჩემი როლი პროექტის განხორციელებაში არის ერთის მხრივ ტერიტორიის შერჩევა, ხოლო მეორე მხრივ მონაცემების შეჯერება (პროექტის შემსრულებლებთან ერთად) ყველა ზევით ჩამოთვლილი პარამეტრის მიხედვით.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის და უკრაინის მეცნიერებათა და ტექნოლოგიის ცენტრის ერთობლივ - "მიზნობრივი კვლევებისა და განვითარების ინიციატივების პროგრამა. შესრულების ვადა 2010-2012. 68000\$.

January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

---

# გეოგრაფიის დეპარტამენტი

## გეომორფოლოგია-კარტოგრაფიის ქვემიმართულება

[dvalageo@yahoo.com](mailto:dvalageo@yahoo.com)

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: სრული პროფესორი რამინ გობეჯიშვილი, 4  
აკადემიური პერსონალი (მათ შორის : 1 სრული, 2 ასოცირებული და 1 ასისტენტ პროფესორი)  
სრული პროფესორი რამინ გობეჯიშვილი  
ასოცირებული პროფესორი ცეცილია დონაძე  
ასოცირებული პროფესორი თენგიზ გორდეზიანი  
ასისტენტ პროფესორი გიორგი დვალაშვილი

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

- ა) საქართველოს რელიეფის პლასტიკა და დინამიკა.
- ბ) საქართველოს მყინვარების დინამიკა.
- გ) ლანდშაფტური კარტოგრაფირების თეორიული საფუძვლები;
- დ) კარტოგრაფიული აზროვნების ისტორია;

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):

- ა) საქართველოს რელიეფის პლასტიკა და დინამიკა.

რელიეფის ინტენსიურმა ანთროპოგენიზაციამ თემა აქტუალური გახდა. დეტალურად იქნა ჩატარებული გეომორფოლოგიური გამოკვლევები ქვეყნის სხვადასხვა რეგიონებში. გამოკვლეულია სვანეთის, რაჭის, ჯავახეთის და ხევს გეოდინამიკური პროცესები და მყინვარების დინამიკა, დადგენილია ეგზოგენური პროცესების გააქტიურების პერიოდები კლიმატის ცვლილებასთან კავშირში. აღმოჩნდა, რომ საქართველოში 2010-2011 წლების ზაფხულის ტემპერატურა უფრო დაბალია და ჰაერი კი უფრო ტენიანი. ამ პროცესმა განაპირობა ღვარცოფებისა და მეწყერების გააქტიურება (მლეთის ღვარცოფი, რიკოთის მიდამოებში დამანგრეველი ღვარცოფების ფორმირება, რამაც ადამიანის მსხვერპლი გამოიწვია) და მეურნეობის დიდი ზიანი მიაღწია. შეწყყალას (სვანეთი) მეწყერი, მიმდინარე წელს მოპოვებული მასალების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მომავალ წელს ეგზოდინამიკური პროცესები უფრო გააქტიურდება. მთიან ადგილებში ჩატარებული რელიეფის ანთროპოგენიზაციას (სვანეთი, გომბორი, რაჭა, აჭარა), კერძოდ გზების გაყვანის დროს ფერდობების წონასწორობის მრუდის დარღვევას მოჰყვება გრავიტაციული პროცესების აქტიურობა (მეწყერების და ქვათაცვენების წარმოქმნა), რაც ამ ადგილებისათვის გარდაუვალია და აუცილებელია ტექნიკური ღონისძიებების განხორციელება.

- ბ) საქართველოს მყინვარების დინამიკა.

მყინვარები კლიმატის ცვლილებების შესანიშნავი ფაქტორები არიან. XIX საუკუნის დასაწყისში დამთავრდა მცირე გამყინვარების პერიოდი და მყინვარებმა უკან დახევა დაიწყეს. XX საუკუნის მეორე ნახევარში მყინვარების უკან დახევის ტემპი გაძლიერდა, რასაც უკავშირებენ კლიმატზე ადამიანის ზემოქმედებას. ეს პროცესი XXI საუკუნეში კიდევ უფრო გაიზრდება. მოხდება ბუნებრივი ზონების მალა აწევა და მყინვარების დნობის შედეგად ოკეანის დონე მოიმატებს. ეს პროცესი ძელიერ გავლენას მოახდენს მოსახლეობის ეკოლოგიურ პირობებზე. აუცილებელი გახდება მყინვარებზე მონიტორინგის ჩატარება, აქედან გამომდინარე მყინვარების დინამიკის კვლევა აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს.

გ) კვლევის მიზანს შეადგენს – დღემდე კარტოგრაფიაში არსებულ კონცეფციების განალიზების საფუძველზე ლანდშაფტურ-გეოფიზიკური და ლანდშაფტურ-ეთოლოგიური კარტოგრაფირება, ლოკალურ, რეგიონულ და სუბკონტინენტალურ დონეებზე. ლანდშაფტური კარტოგრაფიის კვლევის საგნის, სტრუქტურის, სხვა დარგებთან კავშირის წესისა და ერთიანი ცნებობრივ-ტერმინოლოგიური სისტემის დამუშავება.

დ) კვლევის მიზანია ასევე იმ საკითხების შესწავლა, რომელიც შეეხება აზროვნების ერთ-ერთ ფორმის – კარტოგრაფიული აზროვნების ისტორიას. იგი მოიცავს პერიოდს ე.წ. "პირველყოფილი რუკებიდან", თანამედროვე ვიდეოკომპიუტერულ კარტოგრაფიულ გამოსახულებებამდე. კარტოგრაფიული აზროვნება ნაშრომში წარმოდგენილია, როგორც სივრცის ერთიანი ხედვის

ერთადერთი ადეკვატური საშუალება. აღნიშნულის პარალელურად განხილულია კარტოგრაფიის, როგორც სამყაროს ერთიანი სურათის შემქმნელი და შემმეცნებელი დარგის განვითარების ისტორია ეტაპების მიხედვით. მსოფლიო კარტოგრაფიული წყაროთმცოდნეობის ქრონოლოგიური ანალიზის შემდეგ განხილულია ქართული კარტოგრაფიის ისტორია და წყაროთმცოდნეობა. წარმოდგენილია საკითხი კარტოგრაფიის სფეროში საერთაშორისო თანამშრომლობის შესახებ, რომელიც წარმოადგენს თანამედროვე კარტოგრაფიის როგორც რთული სისტემის შემდგომი განვითარების ერთგვარ საფუძველს. მნიშვნელოვანია კარტოგრაფიის ერთ-ერთი ახალი მიმართულების – გეოინფორმაციული კარტოგრაფირების განვითარების ეტაპები და თანამედროვე მდგომარეობა, როგორც მსოფლიოს, ისე საქართველოს მასშტაბით.

#### კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

ა) 2011 წელს ჩატარდა ექსპედიცია მდ. ენგურის აუზში, ცენტრალური კავკასიონის მყინვარებზე, მყინვარ ჭალათზე – 3 თვის განმავლობაში ტარდებოდა დაკვირვებები მისი მონიტორინგის მიზნით. დანარჩენი მყინვარების აუზებში შემოწმდა ადრე გაკეთებული მარკები. უნდა აღინიშნოს, რომ ამავე პერიოდში იმყოფებოდნენ იტალიელი და კანადელი გლაციოლოგები და კინოდოკუმენტალისტები, რომლებიც იღებდნენ ფილმს “ვიტორიო სელას ნაკვალევზე”. სელა სვანეთში 1890-იან წლებში მოგზაურობდა, გადაღებული აქვს მყინვარების სურათები. თანამედროვე და ძველი ფოტომასალის საფუძველზე დგინდება მყინვარების დინამიკა 1890-2011 წლებში. ჩვენი ექსპედიციები გაერთიანდა და ერთად მოხდა საველე სამუშაოების ჩატარება.

ბ) გამოიცა სახელმძღვანელო „საქართველოს რელიეფი“ (ბაკალავრიატის სალექციო კურსის „საქართველოს გეომორფოლოგია“ შესაბამისად);

გ) ლანდშაფტური კარტოგრაფიის მიმართულებით გამოსაცემად მომზადდა ერთი მონოგრაფიული შინაარსის კვლევა და ერთი სადოქტორო დისერტაცია;

დ) დღემდე არსებული კარტოგრაფიული კონცეფციების თეორიული ანალიზის შედეგად გამოიცა მონოგრაფიული შინაარსის ნაშრომი;

ე) გამოიცა ქ. ქუთაისის მსხვილმასშტაბიანი რუკა-ბუკლეტის ციფრული ვარიანტი (ქართულ-ინგლისურ ენებზე). მომზადდა სადოქტორო დისერტაციის ბოლო-მეოთხე თავი, ქ. ქუთაისისა და მისი შემოგარენის გეოინფორმაციული ატლასური კარტოგრაფირების შესახებ; ამ მიმართულებით იბეჭდება ერთი სტატია საერთაშორისო კონფერენციის მასალებში;

ვ) 2010 წლის სტუდენტური საერთაშორისო პრაქტიკის დროს მოპოვებული მასალების დამუშავების საფუძველზე გამოიცა გეოგრაფიულ-ტურისტული ნაშრომი „თურქეთი“

#### საზოგადოებრივ საქმიანობაში მონაწილეობა

1. სამთავრობო კომისიის “გეოგრაფიულ სახელწოდებათა დამდგენი” კომისიის წევრი. (რ. გობეჯიშვილი).

2. მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიაში: გეოგრაფიის კომისიის თავმჯდომარის მოადგილე, ეკოლოგიური კომისიის წევრი, მთიანი ქვეყნების შემსწავლელი კომისიის წევრი. (რ. გობეჯიშვილი).

3. თსუ-ს ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს ხელმძღვანელი (რ. გობეჯიშვილი).

4. შინაგან საქმეთა სამინისტროს “კატასტროფების და უსაფრთხოების” საბჭოს წევრი (რ. გობეჯიშვილი).

5. გეოგრაფიული საზოგადოების დამფუძნებელი და სამეცნიერო საბჭოს წევრი (რ. გობეჯიშვილი).

6. ზუსტ და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის გეოგრაფიის დეპარტამენტის დისერტაციების დაცვის საბჭოს ხელმძღვანელი (რ. გობეჯიშვილი).

7. რამინ გობეჯიშვილი არის დოქტორანტების (ნინო ლომიძე, გიორგი გაფრინდაშვილი, მარი ციციანი და თინათინ ნანობაშვილი) სამეცნიერო ხელმძღვანელი.

8. ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საბავშვო უნივერსიტეტის „ნორჩ გეოგრაფთა სკოლის“ პიარ-მენეჯერი და კოორდინატორი. ლექცია-სემინარები საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლებში (გ. დვალაშვილი).

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.)

**სტატიები:**

1) Gobejishvili Ramin, Tsereteli Emil, Bolashvili Nana, Geladze Vakhtang, Gaprindashvili Giorgi) Crizis intensification of geoeological situation. of the Caucasus Black Sea coast the strategy of risk reduction (Co- autor 2011, Procedia-Social and Behavioral Sciences, volume 19, P. 709-715, jan 2011 doi: 10.1016/j.sbspro.2011.05.189.

მოცემულია კავკასიის შავი ზღვის აუზში გავრცელებული ეგზოდინამიკური პროცესების კვლევა, მათი რისკ ფაქტორები და პრევენციული ღონისძიებები.

2) Gobejishvili Ramin, Lomidze Nino, Tielidze Levan. Late Prestocene (Würmian) Glaciations of the Caucasus. 2011 in J. Ehlers, P.L. Gibbard and P.D. Hughes, editors: Developments in Quaternary Science, Vol. 15, Amsterdam, The Netherlands, 2011, pp. 141-147. ISBN: 978-0-444-53447-7. Elsevier 2011.

მოცემულია კავკასიაში ზედა პლეისტოცენში გამყინვარების რეკონსტრუქციის შედეგები, ჩვენს მიერ დამუშავებული ახალი მეთოდით. მოცემულია მეთოდის აღწერა და მიღებულია შედეგების მეცნიერული ანალიზი.

3) Gobejishvili Ramin, Jna Keggonhoff, Tarjana Keller, Mariam Elizbarashvili, Lorenz King. Naturkatastrophen durch Klimawandel im Kaukasus 2011. Spiegel der Forschung, Justus-Liebig - Universitat, Giessen. ISSN 0176-3008, Nr. 2/2011.28.Jahrgang.

4) რამინ გობეჯიშვილი, ნანა ბოლაშვილი, დალი მუმლაძე, გივი გაგუა. დიდი ქართველი მეცნიერი აკადემიკოსი თეოფანე დავითაია (დაბადებიდან 100 წლისთავისათვის). 2011 წ., თბილისი ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები #3 (82)

5) რამინ გობეჯიშვილი, ლორენც კინგ, ნინო ლომიძე, ტატიანა კლერი, ლევან ტიელიძე, ინა პოლენტონი. კავკასიონის მაღალმთიანი რეგიონის (სტეფანწმინდის რაიონი) რელიეფი და გეოდინამიკური პროცესები. 2011 წ., თბილისი ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები #3 (82)

6) რამინ გობეჯიშვილი, თამაზ ყარალაშვილი, ნინო ლომიძე, ლევან ტიელიძე, ლაშა ასანიძე. გლაციოლოგიური გამოკვლევები მყინვარ ზოფხიტოზე (ცენტრალური კავკასიონი) 2011 წ., თბილისი ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები #3 (82)

7) რამინ გობეჯიშვილი, ემილ წერეთელი, გიორგი გაფრინდაშვილი, ლევან ტიელიძე. ბუნებრივი კატასტროფების საშიშროების რისკის რეალობა საქართველოში და მართვის პოლიტიკა. 2011 წ., თბილისი ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები #3 (82)

8) რამინ გობეჯიშვილი, ლევან ტიელიძე, ნინო ლომიძე „საქართველოს მყინვარების დინამიკა“ 2011 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები „გარემო და ადამიანი“ თბილისი-ქობულეთი.

9) თენგიზ გორდეზიანი „განზომილების კატეგორია კარტოგრაფიაში. კრებული: „გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები“. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები. გამომცემლობა „გეოიდი 2011“. გვ. 19\_35;

10) თენგიზ გორდეზიანი „გეოგრაფიული კარტოგრაფია: სტრუქტურა, კავშირები, ფუნქციები. კრებული: „გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები“. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები. გამომცემლობა „გეოიდი 2011“. 179\_187;

11) ნიკოლაიშვილი დ., დონაძე ც., ჭიჭინაძე თ. *ლანდშაფტურ-გეოფიზიკური კვლევა დაცული ტერიტორიებისათვის ხელსაყრელი უბნის გამოსავლენად*. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალა "გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები". თბილისი, 2011. გვ.35-43.

12) Т. П. Гордезиани, Н.Н. Беручашвили, Т.З. Горгодзе, Г.А. Джинчарадзе, Т.У. Мамукашвили, М.Д. Шарашенидзе. Составление экспертной геоинформационной системы и электронного атласа перспективного туристико-рекреационного комплекса Шаорского водохранилища и её окрестностей В сб.: Материалы международной научной конференции «Интеркарто/ИнтерГИС». Барнаул (Россия).

13) **ДВАЛАШВИЛИ Г. Б., КАЛАНДАДЗЕ Б. Б., ТРАПАИДЗЕ В. З.** „Трансформация антропогенного рельефа и комплексная географическая исследования на примере Верхнее Имеретинского плато (Грузия)“, Гомель, Беларусь, „Непрерывное географическое образование: новые технологии в системе высшей и средней школы, 21-22. апреля 2011 г. ст. 184-185

14) გ. დვალაშვილი „რელიეფის ანთროპოგენური ტრანსფორმაცია (ზემო იმერეთის მაგალითზე)“ გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები) თბ. 2011, გამომცემლობა „გეოიდი“ გვ. 309-316

15) Dali Nikolaishvili, Tzetzilia Donadze, Giorgi Meladze, Manana Sharashenidze, Vazha Trpaiadze, Giorgi Dvalashvili, Teona Tigishvili „Evaluating the touristic potential of Georgia’s landscapes“ *International Conference Environment – Landscape – European Identit*, Bucharest 4-6 November, 2011

#### სახელმძღვანელოები:

1) რუკათმცოდნეობა და გეოინფორმაციული კარტოგრაფირება (თანაავტ. რ. მაისურაზე) გამომცემლობა „გეოიდი 2011“ (ქართულ ენაზე), 204 გვ.

2) გეოგრაფია. ტესტები. ერთიანი ეროვნული გამოცდებისათვის. მოსწავლეთა, აბიტურიენტთა და მასწავლებელთა დასახმარებლად. I ნაწილი. მეორე გამოცემა (თანაავტ. ზ. ლაოშვილი, ნ. ვეიქრიშვილი).

#### მონოგრაფიები:

1) „საქართველოს რელიეფი“ რ. გობეჯიშვილი გამომცემლობა „უნივერსალი“, თბილისი 2011.

2) კარტოგრაფიული კონცეფციები (თეორიული ანალიზი). თ. გორდეზიანი გამომცემლობა „გეოიდი 2011“. თბ. 2011 (ქართულ ენაზე). 172 გვ.

3) „თურქეთი,“ (გეოგრაფია, კულტურული მემკვიდრეობა, ტურიზმი) გ. დვალაშვილი, გ. ტაბატაძე „უნივერსალი“, თბილისი, 2011, გვ.310

#### კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.) კონფერენციები:

1. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“. მიმდევნილი აკადემიკოს თეოფანე დავითაიას 100 – წლისთავისადმი. თბილისი 15-16 სექტემბერი 2011. მომხსენებელი და ორგანიზატორი რამინ გობეჯიშვილი

2. წერეთელი ე., გობეჯიშვილი რ., გაფრინდაშვილი გ., დონაძე ც. *ბუნებრივი კატასტროფების საშიშროების რისკის რეალობა საქართველოში და მართვის პოლიტიკა*. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“. მიმდევნილი აკადემიკოს თეოფანე დავითაიას დაბადებიდან 100 წლისთავისადმი. თბილისი, 15 სექტემბერი, 2011

3. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „გარემო და ადამიანი“; თანამედროვე გარემოს გამოწვევები და ადამიანური ექსისტენციის უსაფრთხოება. 28-30 ოქტომბერი, ქობულეთი (საქართველო) . მომხსენებელი რამინ გობეჯიშვილი, .

4. ვორკშოპი \_ კლიმატის გლობალური დათბობა. ილიას უნივერსიტეტი 10-11 მაისი 2011, მომხსენებელი რ. გობეჯიშვილი

5. სამეცნიერო კონფერენცია \_ „გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები“ თ. გორდეზიანი (რედკოლეჯის წევრი).

6. საერთაშორისო კონფერენცია Intercarto/InterGIS ბარნაული (რუსეთი); ჟაკარტა (ინდონეზია). თ. გორდეზიანი

7. ადგილობრივი კონფერენცია „გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები“ (საქართველოს გეოგრაფიული საზოგადოება. (თბილისი). თ. გორდეზიანი

8. **Непрерывное географическое образование: новые технологии в системе высшей и средней школы.** ДВАЛАШВИЛИ Г. Б., КАЛАНДАДZE Б. Б., ТРАПАИДZE В. З. Гомель, Беларусь 21-2. апреля 2011 г

9. *International Conference Environment – Landscape – European Identit*, Dali Nikolaishvili, Tzetzilia Donadze, Giorgi Meladze, Manana Sharashenidze, Vazha Trpaiadze, Giorgi Dvalashvili, Teona Tigishvili – Bucharest 4-6 November, 2011

#### კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში)



1. “მყინვარების ზოფხიტოს და ჭალათის მონიტორინგი გლობალური დათბობის ფონზე” – ხელმძღვანელი რამინ გობეჯიშვილი. გრანტი დაფინანსებულია რუსთაველის სამეცნიერო ფონდის მიერ.

გრანტი წელს მთავრდება. ჩატარებულია კომპლექსური გლაციოლოგიური გამოკვლევა აღნიშნულ მყინვარებზე. მიღებული მასლების დამუშავებამ და ანალიზმა აჩვენა მჭიდრო კავშირი მყინვარების დინამიკას შორის. ეს საშუალებას იძლევა შევადგათ საქართველოს ხეობის ტიპის მყინვარების დნობის ინტენსივობა და უკან დახვევის სიჩქარეები. გრანტი მიმდინარე წლის დეკემბერში და 2012 წელს იანვარ-ტებერვალში მთავრდება. ამ პერიოდში გამოიცემა მონოგრაფია “მყინვარების მონიტორინგ გლობალური დათბობის ფონზე. გრანტი სრულდება თსუ-ს გეოგრაფიის ინსტიტუტში. გრანტის შესრულებაში მონაწილეობენ თსუ-ს მაგისტრები და ბაკალავრები.

2. “საქართველოს მთიან რეგიონებში გარემოს და სოციალურ პროცესებს შორის მრავალმხრივი ურთიერთკავშირის ანალიზი” (დარგობრივი კვლევა მდგრადი მიწათსარგებლობის, მიწის განვითარებისა და ცხოვრების დონის უზრუნველყოფისათვის). გრანტი სრულდება თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის და გისენის (გერმანია) უნივერსიტეტის თანამშრომლობით. ვარ ქვეპროგრამის ხელმძღვანელი. ფინანსდება ფოლკსვაგენის ფონდის მიერ. მიმდინარე წელს ჩატარდა საველე სამუშაოები ყაზბეგის რაიონში. მოპოვებულია მასალები ეგზოდინამიკურ პროცესებზე და მყინვარების დინამიკაზე. გამოქვეყნდა ორი სტატია თბილისში და გისენში. გრანტი 2013 წელს მთავრდება. მოპოვებული იქნება საინტერესო მასალები, რომლის საფუძველზე დადგინდება გარემოს და ადამიანის ურთიერთობის კანონზომიერებანი.

3. საქართველოს ახალი ლანდშაფტური რუკა (რუსთაველის ეროვნული ფონდი), (რეცენზენტი თ. გორდეზიანი).

## ნიადაგების გეოგრაფიის მიმართულება

სამეცნიერო მიმართულება: ნიადაგების გეოგრაფია, ნიადაგების დაცვა

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

- თბილისის სამხრეთით - ბოლნისის რაიონში მძიმე მეტალებით გაჭუჭყიანებული სარწყავი ნიადაგების გაუმჯობესების ღონისძიებების შემუშავება, VW ფონდი, პროექტის მენეჯერი
- მთიან რეგიონებში გარემოსდაცვითი და სოციალური პროცესების მრავალფეროვანი ურთიერთკავშირის ანალიზი, ინტერდისციპლინარული კვლევა მიწის მდგრადი გამოყენების, მიწის განვითარების (ათვისების) და ცხოვრების ხარისხის გაუმჯობესებისათვის, VW ფონდი, პროექტის მონაწილე
- საქართველოს ლანდშაფტების კადასტრი და სამხედრო-გეოგრაფიული შეფასება გისმეთოდების გამოყენებით. შ. რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტი, ექსპერტი ნიადაგების კვლევაში
- ფშავ-ხევსურეთის დაცული ტერიტორიების ლანდშაფტური დაგეგმარება, WWF - #GE 0044, ექსპერტი
- სტუდენტთა ერთობლივი ფიზიკურ-გეოგრაფიული პრაქტიკა თბილისის და ზაარლანდის უნივერსიტეტების სასწავლო ცენტრებში. ზაარლანდის უნივერსიტეტი და DAAD აღმ. პარტნიორობის პროგრამა. პროექტის მენეჯერი

კვლევაში ჩართული პერსონალი: ბ. კალანდაძე, თ. ურუშაძე

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. Hanauer, T., Navrozashvili, L., Schnell, S., Kalandadze, B., Urushadze, T. and Felix-Henningsen, P. (2011): Soil Pollution with Cu, Zn and Cd by non-ferrous Metal Mining Affects Microbial Activity of Kashtanozems in the Mashavera Valley. *Annals of Agrarian Science*, vol. 9. # 1. 2011. 38-50.
2. Hanauer, T., Navrozashvili, L., Schnell, S., Steffens, D., Kalandadze, B., Urushadze, T. and Felix-Henningsen, P. (2010): Impact of non-ferrous metal mining on soil functions in the Mashavera valley, Georgia. *EGU General Assembly*. Vol. 13. April 2011). (In Austria).
3. Двалашвили, Г., Каландадзе, Б. и Трапаидзе, В. (2011): Трансформация антропогенного рельефа и комплексные географические исследования на примере Верхнего Имеретинского плато. III международная научно- практическая конференция. Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины. (апрель 2011). (Беларусь). 184-185.
4. კალანდაძე, ბ., ტრაპაიძე, ვ. და ბრეგვაძე, გ. (2011): მდინარე მაშვერას სარწყავი წყლების გავლენა ბოლნისის რაიონის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია. ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები. ტ. 117. (სექტემბერი 2011). (საქართველო). 131-133.
5. კალანდაძე ბ., ჰანაუერი, თ., ურუშაძე, თ., ნავროზაშვილი, ლ., ფელიქს-ჰენინგსენი, პ., შნელი, ს. და შტეფენსი, დ. (2011): მდ. მაშვერას ხეობის ნიადაგებისა და კულტურული მცენარეების გაჭუჭყიანება მძიმე მეტალებით - მელიორაციის გზები. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“. (სექტემბერი 2011). (საქართველო).
6. Kalandadze, B. and Matchavariani, L. (2011): Impact of Heavy Metals on soils and plants in Mashavera River Lowland, Georgia. Cordially invite you to the international conference "Soil, Plant and Food Interactions". Mendel University. (september 2011). (Czech).587-598.
7. Hanauer, T., Jung, S., Kalandadze, B., Navrozashvili, L., Steffens, D., Schnell, S., Urushadze, T. und Felix-Henningsen, P. (2011): In-situ Fixierung von Cd, Cu und Zn in durch Bergbau belasteten Oberboden der region Bolnisi(Georgien). *Jarestagung DBG*. (september 2011). (in Deutschland).

კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

1. ევროპის დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა კავშირი, EGU General Assembly. (April 2011). (In Austria). პრეზენტაცია
2. III международная научно-практическая конференция. Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины. (апрель 2011). (Беларусь). Докладчик

3. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია. ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები. (სექტემბერი 2011). (საქართველო). მომხსენებელი
4. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“. მიძღვნილი აკადემიკოს თეოფანე დავითაიას 100 წლისთავისადმი. (სექტემბერი 2011). (საქართველო). მომხსენებელი
5. International conference “Soil, Plant and Food Interactions”. Mendel University. (september 2011). (Czech). მომხსენებელი
6. გერმანიის ნიადაგმცოდნეთა კონგრესი. Jarestagung DBG. (september 2011). (in Deutschland). პრეზენტაცია

## რეგიონული გოეგრაფიისა და ლანდშაფტური დაგეგმარების მიმართულება

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:  
ნოდარ ელიზბარაშვილი, თსუ სრული პროფესორი  
ლია მაჭავარიანი, თსუ ასოცირებული პროფესორი  
დალი ნიკოლაიშვილი, თსუ ასოცირებული პროფესორი  
გია მელაძე, თსუ ასოცირებული პროფესორი

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): ფშავ-ხევსურეთის დაცული ტერიტორიების  
ლანდშაფტური დაგეგმარება**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):**

ფშავ-ხევსურეთი საქართველოს და რუსეთს შორის არსებული, კავკასიონის მაღალმთიანი ეკოსისტემების ნაწილია. ეს ტერიტორია საშუალო და მაღალი მთის ტყეების, მდელოების და სუბნივალური ეკოსისტემების სახით წარმოადგენს ერთ-ერთ საკვანძო და ტრანსსასაზღვრო თანამშრომლობის არეალს კავკასიის ეკორეგიონში.

ფშავ-ხევსურეთის განსაკუთრებული მნიშვნელობა უკავშირდება კავკასიაში უნიკალური ეთნოკულტურულ და ბუნებრივ მრავალფეროვნებას, გარდამავალ მდებარეობას თუშეთის, ყაზბეგის და ჩრდილოეთ კავკასიის დაცულ ტერიტორიებს შორის, საერთაშორისო ეკოლოგიური თანამშრომლობის, ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობის და ტურიზმის განვითარების მნიშვნელოვან არეალს.

გეგმარებით ტერიტორიაზე წარმოდგენილია რამდენიმე ლანდშაფტური ერთეული, რომლებსაც ახასიათებთ კარგად გამოხატული ვერტიკალური ზონალობა. ამავე სახის ტერიტორიის სამეურნეო გამოყენების ფორმები, რაც რამდენიმე ათასწლოვან გამოცდილებას ეფუძნება.

ფშავ-ხევსურეთი ღარიბია მიწათმოქმედებისთვის ვარგისი მიწის რესურსებით, თუმცა მდიდარია მეცხოველეობისთვის გამოსადეგი სათიბ-სამოვრებით. რეგიონი ცნობილია სამკულნალწამლო მცენარეების გამოყენების უდიდესი ტრადიციებით, რაც ზრდის მისადმი საერთაშორისო ინტერესს. მიუხედავად ზომიერად ცივი ჰავისა, ფშავ-ხევსურეთში აქტიურად განვითარდა სოფლის მეურნეობის არაერთი მიმართულება. სამეურნეო საქმიანობა უმეტესწილად ექსტენსიურ ხასიათს ატარებდა, რაც ზრდიდა ანთროპოგენულ დატვირთვას და მთის სხვადასხვაგვარი ეკოსისტემების ტრანსფორმაციის მასშტაბებს. ამგვარი საქმიანობის შედეგად დაიწია ტყიან ლანდშაფტთა ზედა საზღვარმა, გაიზარდა რელიეფის დანაწევრება, დეგრადაცია განიცადა სამოვრების სახეობრივმა მრავალფეროვნებამ, განადგურდა სუბალპური ტყეები, ფლორისა და ფაუნის არაერთი სახეობა და სხვ. ამჟამად ფშავ-ხევსურეთის ბუნებრივი ეკოსისტემები საჭიროებენ დაცვას (შენარჩუნებას), გაუმჯობესებას და ეკოლოგიურად მდგრად განვითარებას, რაც სასურველია ლანდშაფტური დაგეგმარების პრინციპების სუფუძველზე და დაცული ტერიტორიების სისტემის ორგანიზებით განხორციელდეს.

ამჯერად ლანდშაფტური დაგეგმარების ძირითად მიზანს წარმოადგენდა ფშავ-ხევსურეთის ბუნებრივი გარემოს შენარჩუნება, განვითარება და გაუმჯობესება ადგილობრივი მოსახლეობის მდგრადი განვითარების, სამეურნეო და საზოგადოებრივი ინტერესების გათვალისწინებით. ამგვარი მიზნის მიღწევა კი შესაძლებელია როგორც დაცული ტერიტორიების შექმნის, ისე არსებული მიწათსარგებლობის ეკოლოგიურად ორიენტირებული დაგეგმარების გზით. უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება გეგმარებითი ტერიტორიის გეოგრაფიულ, ეკოლოგიურ და კულტურულ ფასეულობათა პოპულარიზაციას, რაც რეკრეაციული მეურნეობის განვითარების მყარი საფუძველი შეიძლება გახდეს.

აღსანიშნავია, რომ ფშავ-ხევსურეთის გეგმარებითი ტერიტორიის სიახლოვეს უკვე ფუნქციონირებს თუშეთის დაცული ტერიტორიები და ყაზბეგის ნაკრძალი, გეგმარდება ყაზბეგის ეროვნული პარკი. ფშავ-ხევსურეთის ახალი დაცული ტერიტორიების შექმნა და ეკოლოგიური კორიდორების მეშვეობით არსებულთან დაკავშირება წარმატებული რეგიონული და ტრანსსასაზღვრო თანამშრომლობის ჯეროვანი წინაპირობა შეიძლება გახდეს.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

ფშავ - ხევსურეთის დაცული ტერიტორიების ლანდშაფტური დაგეგმარების შედეგად შესწავლილ იქნა საკვლევი რეგიონის რელიეფი, სასარგებლო წიაღისეული და ძირითადი ბუნებრივი რესურსები, გეოდინამიური პროცესები და კატასტროფული ბუნებრივი მოვლენები, წყლები და მყინვარები, ჰავა და მისი შესაძლო ცვალებადობა, მცენარეულობის და ცხოველთა სამყაროს ძირითადი თავისებურებანი, ლანდშაფტების პოტენციალი, მოსახლეობის სამეურნეო საქმიანობა და დემოგრაფიული ფონი, სოციალური ვითარება, დაცული ტერიტორიების ფორმირების სამართლებრივი საკითხები, ტურიზმის განვითარების თანამედროვე დონე და პოტენციალი, დაცული ტერიტორიის სხვადასხვა კატეგორიის განსაზღვრის თავისებურებანი.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

1. Elizbarashvili N. *Landscape Planning of Transboundary Protected areas of Georgia* (2011). The International Symposium on kaz mountains and Edremit. Conference proceedings and abstracts. edremit (Turkey), p. 600-601.
1. Nikolaishvili D., Matchavariani L., Demetrashvili O. *Methodology of Determining the Agrotourism Potential on Georgia's Example*. Journal of Tourism Challenges and Trends. vol. IV, No 1, June, 2011. pp. 59-76. <http://igateat.ulb.ac.be/fileadmin/media/publications/jtct-vol-4-1-rural-tourism.pdf>. <http://journals.indexcopernicus.com/abstracted.php?level=5&icid=957203>.
2. Nikolaishvili D., Matchavariani L., Trapaidze V., Sharashenidze M. *Comprehensive Evaluation of Agritourism Perspectives of Georgia*. 1<sup>st</sup> International Scientific-Practical Conference. 28-29 October. Tbilisi, TSU. (იბეჭდება).
3. Matchavariani L.G., Lagidze L.D., Paichadze N.G. *Geocological Problems of Georgia in Connection with Climate Change* // Materials of Annual International Scientific-Practical Conference "LXIV Gertsensky Readings" devoted to the memory of A.M.Alpateva, St.-Petersburg, RGPU of A.I. Herzen, 2011, pp. 123-127.
4. Мачавариани Л.Г. Анализ элементарных почвенных процессов Грузии в ландшафтном аспекте // Материалы Международной конференции "Современные проблемы географии", посвященной памяти проф. Н. Беручашвили, Тбилиси, 2011, с.82-90.
5. Matchavariani L. *Time Factor in Soils of Georgia – Mirror or Memory of Landscapes?* // Journal of Environmental Biology. ISSN:0254-8704. Special Issue of JEB "Environment & Geography in the Mediterranean", 33 (2012) (in print);
6. Matchavariani L., Lagidze L. *Environment Transformation in Georgia as a result of Climate Change* // Cambridge Scholars Publishing (in print);
7. Matchavariani L., Kalandadze B. *Pollution of Soils by Heavy Metals from Irrigation near Mining Region of Georgia* // Forum Geographic (in print);
8. Matchavariani L. "Governmental Programs, Actions and Results Concerning Climate Change in Georgia". International Scientific Conference "Environment & Global Warming", dedicated to the 100th birthday anniversary of academician Feofan Davitaya (in print);
9. ელიზბარაშვილი ნ. *საქართველოს ეკონომიკური ისტორია და თანამედროვეობა*. ივანე ჯავახიშვილის 135 წლის იუბილესადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენცია. თბილისი: თსუ, 2011.
10. ელიზბარაშვილი ნ., დნიკოლაიშვილი, ლ. მაჭავარიანი, დვენოზაშვილი ი., სვანაძე დ. და სხვ. *ჩავახეთის დაცული ტერიტორიების ლანდშაფტური დაგეგმარების ძირითადი პრინციპები, მიზნები და შედეგები*. ჟურნ. „საქართველოს გეოგრაფია“, #8-9. თბ.: თსუ, 2011 (იბეჭდება).
11. ელიზბარაშვილი ნ. *საქართველოს მთიანი ტერიტორიების გეოგრაფიის აქტუალური საკითხები*. "რისკების გეოგრაფია: იაპონიიდან საქართველომდე". სამეცნიერო კონფერენცია. თბილისი, საქართველოს გეოგრაფიული საზოგადოება, 2011.

12. ელიზბარაშვილი ნ. საქართველოს ტრანსსასაზღვრო დაცული ტერიტორიების ლანდშაფტური დაგეგმარება. საერთაშორისო კონფერენცია. ედრემიტი, თურქეთი. გლობალური ცვლილებები ხმელთაშუაზღვის რეგიონში.
13. ელიზბარაშვილი ნ. Геоэкологические особенности водосборного бассейна р.Алазани – Кабали. საერთაშორისო კონფერენცია: „გარემო და უსაფრთხოება სამხრეთ კავკასიაში“, ლაგოდეხი, 2011.
14. ნიკოლაიშვილი დ., ტრაპაიძე ვ. საქართველოს მინერალურ-რესურსული პოტენციალის კომპლექსური შეფასება. International conference, dedicated to memory of Professor Roman Gigauri: “Use of Secondary Raw Materials and Natural Resources in Service of Human and Technological Progress”, 1-2 November. Tbilisi, TSU, 2011.pp. 6-7.
15. ავტორთა კოლექტივი: ელიზბარაშვილი ნ., მაჭავარიანი ლ., ნიკოლაიშვილი დ. და სხვ. 100+ კითხვა-პასუხი გამოყენებით ეკოლოგიაში. თბ., გამომც. „თსუ“, 2011.
16. მელაძე გ. ქართლის ისტორიულ-გეოგრაფიული მიმოხილვა // ქართლის მოსახლეობის ეთნიკური განვითარების საკითხები და ანთროპოლოგიური ტიპის ცვალებადობა ძვ.წ. აღრ. III ათასწლეულიდან XX საუკუნის ჩათვლით. თბილისი, 2011. გვ. 9-20.
17. მელაძე გ. გაგრძელება თუ არა შობადობის მატება საქართველოში? // გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები, საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, 2011. გვ. 205-212.
18. ელიზბარაშვილი ნ., მელაძე გ. საქართველოს გეოგრაფიის აქტუალური საკითხები // გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ახალი სერია 3 (82), გვ. 219-229. თბილისი, 2011.
19. მელაძე გ. დედამიწის მოსახლეობა როგორც გლობალური ეკოლოგიური პრობლემების დეტერმინანტი // ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. ტ. 117, თბილისი, 2011. გვ. 125-128.
20. მელაძე გ., მელაძე მ. საქართველოს სოფლის მოსახლეობის დინამიკის თანამედროვე ტენდენციები // I საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია. სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების პრიორიტეტები. თბილისი, 28-29 ოქტომბერი, 2011. (იბეჭდება).
21. მელაძე გ. საქართველოს მოსახლეობა // საქართველოს გეოგრაფია. ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი. 2011 (იბეჭდება).
22. მელაძე გ. ჯავახეთის თანამედროვე დემოგრაფიული მდგომარეობა // საქართველოს გეოგრაფია, თსუ, N8-9, 2011. იბეჭდება.
23. მაჭავარიანი ლ. საქართველოს ნიადაგები. მონოგრაფია: საქართველოს გეოგრაფია. თსუ ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი. თბილისი, 2011 (ბეჭდება).

#### კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიება (სემინარი, კონფერენცია, და.ა.შ.):

1. Nikolaishvili D., Donadze Ts., Meladze G., Trapaidze V., Dvalashvili G., Sharashenidze M., Tigishvili T. *Evaluating the Touristic Potential of Georgia's Landscapes*. International conference: Environment – Landscape – European Identity. 2011 Annual Meeting of the Faculty of Geography. Romania, Bucharest, 4-6 November, 2011 (abstract).
2. Matchavariani L., Kalandadze B. „*Pollution of Soils by Heavy Metals from Irrigation in Mining Region of Georgia*”. International Conference “Environment – Landscape – European Identity”. Annual Meeting of the Faculty of Geography. Romania, Bucharest, 4-6 November, 2011.
3. Basilashvili Ts., Matchavariani, Tabatadze J., Janelidze M. „*Utilization Problems of Mountain River Water Resources and the Ways of their Overcoming*”. International Conference “Environment – Landscape – European Identity”. Annual Meeting of the Faculty of Geography. Romania, Bucharest, 4-6 November, 2011.
4. Kalandadze B., Matchavariani L. „*Impact of Heavy Metals on Soils and Plants in Mashavera River Lowland, Georgia*”. International Conference “Soil, Plant and Food Interactions”. Mendel University, Czech Republic, Brno, 6-8 Sept. 2011.
5. Urushadze T., Matchavariani L. „*Soils of Georgia – Mirror of Landscape*”. International Conference „*100 Years Bulgarian Soil Science*”, – Section 1: Genesis, Geography & Classification of Soils, Geo-Information System. Bulgaria, Sofia, 16-20 May, 2011.

6. Matchavariani L., Lagidze L. *“Environment Transformation in Georgia as a Result of Climate Change”*. International Symposium on Kaz Mountains & Edremit “Global Change in Mediterranean Region” IKES-2011. Turkey, Edremit-Balikesir, 5-7 May, 2011.
7. Urushadze T., Matchavariani L. *“Development and Evolution of the Forest Soils of Georgia”*. International Symposium on Kaz Mountains & Edremit “Global Change in Mediterranean Region” IKES-2011. Turkey, Edremit-Balikesir, 5-7 May, 2011.
8. Matchavariani L., Lagidze L., Paichadze N. *“Geocological Problems of Georgia in Connection with Climate Change”*. Materials of Annual International Scientific-Practical Conference "LXIV Gertsensovsky Readings" devoted to the memory of A.M.Alpateva. Russia, St. Peterburg, 21-23 April, 2011.
9. ელიზბარაშვილი ნ. საქართველოს გეოგრაფიის აქტუალური საკითხები. ევტროფიკაციის პროცესები ჯავახეთის ტბებში. საერთაშორისო კონფერენცია: გარემო და გლობალური დათბობა - მიძღვნილი აკადემიკოს თეოფანე დავითაიას დაბადებიდან 100 წლისთავისადმი. თბილისი, 2011.
10. ელიზბარაშვილი ნ. საქართველოს აგროპოტენციალი და ბუნებრივი რისკები. I საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია (თბილისი, საქართველო) - “სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების პრიორიტეტები”. თბილისი: თსუ, 2011.
11. ელიზბარაშვილი ნ. Potential and Functions of Landscapes of Georgia. საერთაშორისო კონფერენციის (ბუქარესტი, რუმინეთი): “გარემო - ლანდშაფტი - ევროპული იდენტიფიკაცია”.
12. ელიზბარაშვილი ნ., მელაძე გ. საქართველოს გეოგრაფიის აქტუალური საკითხები // საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“, მიძღვნილი აკადემიკოს თეოფანე დავითაიას დაბადებიდან 100 წლისთავისადმი.
13. ნიკოლაიშვილი დ., დემეტრაშვილი თ. ახალი ელექტრონული კურსი: გეოინფორმაციული და ექსპერტული სისტემები. ელექტრონული სწავლების შიდასაუნივერსიტეტო კონფერენცია. თბილისი, თსუ, 11 მარტი, 2011.
14. ნიკოლაიშვილი დ., დემეტრაშვილი თ. გლობალური დათბობის გავლენა საქართველოს ლანდშაფტებზე: შეფასების მეთოდოლოგია. ჩატარდება საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია: "გარემო და გლობალური დათბობა". თსუ ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი, 15-17 სექტემბერი, 2011.
15. ნიკოლაიშვილი დ. კავკასიის ლანდშაფტების კადასტრი. საერთაშორისო სემინარი: „საქართველო და საფრანგეთი: ლანდშაფტური ხედვის ორი სკოლა“. თბილისი, ალ. ჯავახიშვილის სახელობის გეოგრაფიული საზოგადოება, 14-15 ნოემბერი, 2011.
16. ნიკოლაიშვილი დ., თოლორდავა რ. საქართველოს სახელმწიფო საზღვრის კარტომეტრიული ანალიზი. სამეცნიერო კონფერენცია: „გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები“. თბილისი, ალ. ჯავახიშვილის სახელობის გეოგრაფიული საზოგადოება, 19 დეკემბერი, 2011.
17. მელაძე გ. საქართველოს მთიანეთის დემოგრაფიული პერსპექტივა (რაჭის მაგალითზე) // ალ. ჯავახიშვილის სახელობის საქართველოს გეოგრაფიული საზოგადოება. იაპონიაში ბუნებრივი კატასტროფის მსხვერპლთა სხოვნისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენცია – რისკების გეოგრაფია: იაპონიიდან საქართველომდე. თბილისი, 29 აპრილი. 2011.
18. მელაძე გ. სასმელი წყლის პრობლემები // საქართველოს საპატრიარქოს წმ. ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტი. საერთაშორისო კონფერენცია გამოყენებითი გეოფიზიკა და გეოეკოლოგია. მიძღვნილი პროფ. ლევან ჭანტურიშვილის 90-ე წლისთავისადმი. თბილისი, 14-15 სექტემბერი, 2011.
19. მელაძე გ. დედამიწის მოსახლეობა როგორც გლობალური ეკოლოგიური პრობლემების დეტერმინანტი // საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია - „ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური საკითხები“, მიძღვნილი აკადემიკოს გ.სვანიძის დაბადებიდან 90 წლისთავისადმი. თბილისი, 27-29 სექტემბერი, 2011. გვ. 125-128.
20. მელაძე გ., მ. მელაძე. საქართველოს სოფლის მოსახლეობის დინამიკის თანამედროვე ტენდენციები // ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ეკონომიკისა და ბიზნესის ფაკულტეტი. I საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია. სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების პრიორიტეტები. თბილისი, 28-29 ოქტომბერი, 2011.
21. სამხრეთ კავკასიის ქვეყნების მოსახლეობის დემოგრაფიული ანალიზი // სამეცნიერო კონფერენცია – გეოგრაფიის აქტუალური საკითხები. 19.XII.2011.

22. მაჭავარიანი ლ. „საქართველოს ნიადაგების მიკრომორფოლოგიური თვისებურებანი“: შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტის (GNSF/ST09\_747\_8-105, „საქართველოს ნიადაგების გამოკვლევა / სისტემატიზაცია ნიადაგის რესურსების მსოფლიო მონაცემთა ბაზის საფუძველზე“ საგრანტო ხელშეკრულება #1-8/39,09) ფარგლებში მე-8 კვარტლის პროგრამით გათვალისწინებული კონფერენცია. თბ., აგრარული უნივერსიტეტი, 22 დეკემბ., 2011.
23. მაჭავარიანი ლ. „სახელმწიფო პროგრამები, ქმედებები და შედეგები კლიმატის ცვლილებაშთან დაკავშირებით“. საერთაშორისო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“, მიძღვნილი თეოფანე დავითაიას 100 წლისთავისადმი. თბ., თსუ, 15-16 სექტ., 2011.

**კვლევის დაფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**  
WWF, CEPF, #GE0044



**ჰიდროლოგიის, მეტეოროლოგიისა და ოკეანოლოგიის ქვემიმართულება**

*სრული პროფესორი დავით კერესელიძე*  
*ასოცირებული პროფესორი კახაბერ ბილაშვილი*  
*ასოცირებული პროფესორი ვაჟა ტრაპაიძე*  
*ასისტენტ პროფესორი ლაშა ლალიძე*  
*ასისტენტ პროფესორი გიორგი ბრეგვაძე*  
*ასისტენტ პროფესორი მარიამ ელიზბარაშვილი*

**სამეცნიერო შრომები**

1. დავით კერესელიძე, ვაჟა ტრაპაიძე, გიორგი ბრეგვაძე, ზოგადი ჰიდროლოგია (სახელმძღვანელო), 224, თსუ, 2011 (იბეჭდება)
2. Davit Kereselidze, Kakhaber Bilashvili, Vazha Trapaidze, Giorgi Bregvadze@”Hydrological regime of load Discarge of the Rivers of Kolkheti Lowland” conference Prosedings, SGEM 2011, Volume II, pp 853-858, 2011
3. დ. კერესელიძე, ვ. ტრაპაიძე, გ. ბრეგვაძე, გ. გრიგოლია, გ. დოხნაძე, მაღავერდაშვილი “Прогнозирование катастрофических паводков” აკად. გ. სვანიძის 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი კონფერენციის მასალები, სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი 117, გვ. 14-16, 2011
4. ბ.კალანდაძე, ვ.ტრაპაიძე, გ. ბრეგვაძე “მდინარე მაშავერას სარწყავი წყლების გავლენა ბოლნისის რაიონის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულეზზე” აკად. გ. სვანიძის 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი კონფერენციის მასალები, სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი 117, გვ. 131-133, 2011
5. Д.Кереселидзе, В.Трапаидзе, М.Алавердашвили, Г.Брегвадзе «ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАВОДОЧНОЙ ВОЛНЫ РУСЛОВОГО СТОКА» – Известия Аграрной Науки, Том 9, N 4, 2011
6. Г.Двалашвили, В.Каландадзе, В.Трапаидзе, «Трансформасиа антропогенного рельефа и комплексные географические исследования на примере верхнего имеретинского плато» материапи III Международной научно-практической конференции (21-22 апреля. Гомель) непрерывное географическое образование: новые технологии в системе высшей и средней школы, ст 184-185, 2011 г
7. გ.გრიგოლია, დ.კერესელიძე, ვ.ტრაპაიძე, გ. ბრეგვაძე, ნ.ცინცაძე, ო. შველიძე “გლობალური დათბობის ფონზე მდ. ნატანების დატბორვის ზონების ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების სტატისტიკური შეფასება” ჰმი-შრომები, ტომი 116, 2011
8. გ.გრიგოლია, თ.ცინცაძე, ვ.ტრაპაიძე, ნ.ხუფენია, გ.ბრეგვაძე, ო. შველიძე “წლის სხვადასხვა პერიოდისათვის მდ. ნატანების ჩამონადენის ტრენდი, ციკლობა და პერიოდულობა” ჰმი-შრომები, ტომი 116, 2011
9. დ. კერესელიძე; მ. ალავერდაშვილი, დ. კვიციანი; ნ. ცინცაძე. ნ. კოკია; „კატასტროფული წყალმოვარდნები მდინარე ვერეზე და მათი გაანგარიშების მეთოდიკა“. ჟ. საქართველოს გეოგრაფია .2011.(იბეჭდება)
10. დ.კერესელიძე, ნ.ელიზბარაშვილი, ვ.ტრაპაიძე, გ.ბრეგვაძე “ევტროპიკაციული პროცესები ჯავახეთის ტბებში” თეოფანე დავითაის 100 წლისთავისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის “გარემო და გლობალური დათბობა” მასალები, 2011, გვ. 266-268
11. დ.ნიკოლაიშვილი, ლ.მაჭავარიანი, ვ.ტრაპაიძე, მ.შარაშენიძე საქართველოს აგროტურიზმის პერსპექტივის კომპლექსური შეფასება” კონფერენციის მასალები “სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების პრიორიტეტები”, თბილისი, 2011 (იბეჭდება)
12. დ. კერესელიძე, გ. დოხნაძე, ვ. ტრაპაიძე, ი. ზაქაძე, ჰ. სალუქვაძე “მდინარისაგან მოსალოდნელი საფრთხეების სავარაუდო შეფასების მეთოდოლოგია” წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის შრომები, ტომი 66, 2011 (იბეჭდება)

13. დ.კერესელიძე, ვ.ტრაპაიძე, გ. ბრეგვაძე „გამოვარდნათა თეორიის გამოყენება წყალმოვარდნის მაქსიმალური ხარჯის საანგარიშოდ“ ჟ. საქართველოს გეოგრაფია 2011 (იბეჭდება)
14. დ.კერესელიძე, მ.ბლიაძე, რ.ახვლედიანი „ზუნება“ საშუალო სკოლის V კლასის სახელმძღვანელო, 2011,
15. დ.კერესელიძე, მ.ბლიაძე, რ.ახვლედიანი „ზუნება“ საშუალო სკოლის VI კლასის სახელმძღვანელო, 2011
16. დ.კერესელიძე, მ.ბლიაძე, რ.ახვლედიანი „ზუნება“ საშუალო სკოლის V კლასი, მასწავლებლის წიგნი. 2011
17. დ.კერესელიძე, მ.ბლიაძე, რ.ახვლედიანი „ზუნება“ საშუალო სკოლის VI კლასი, მასწავლებლის წიგნი. 2011
18. დ.კერესელიძე, მ.ბლიაძე „გეოგრაფია“ ლექსიკონი+ცნობარი, 224 გვ. ბაკურ სულაკაურის გამომცემლობა
19. L. Lagidze. L. Matchavariani, "Environment Transformation in Georgia as a result of Climate Change" , Enviroment and Ecology in the Mediterranean Region (Cambridge Scholars Publishing) (in print);
20. ლ.ლალიძე, ნ. პაიჭაძე, „კურორტ ბახმაროს ბუნებრივი გარემოს ფიზიკურ-გეოგრაფიული ანალიზი და რეკრეაციული შეფასება“ აგრალორ მეცნიერებათა მოამბე, ტომი 9, #4, 2011.
21. ლ.ლალიძე, ნ. ხიდაშელი, ნ. მოწონელიძე, ნ.პაიჭაძე, მ. ვახტანგიშვილი „ატმოსფერული პროცესების გავლენა რადიოტალღების გავრცელებაზე“, საერთ. კონფერენციის „გარემო და გლობალური დათბობა“ მასალები, გვ.141-151, 2011
22. ლ.ლალიძე, გ.დობნაძე, ნ. მოწონელიძე „კლიმატური ფაქტორების ალბათური შეფასება სამხედრო მიზნებისათვის“ საერთ. კონფერენციის „გარემო და გლობალური დათბობა“ მასალები, 2011 გვ. 53-58.
23. Л.Лагидзе, Н.Моцонелидзе, Н.Паичадзе, М.Вахтангишвили «Влияние синортического фактора на изменения градиента показателя преломле УК радиоволн для территории Грузии » материали Международной конференции «современные проблемы географии» Тбилиси.
24. L. Lagidze. G. Dockhnadze, G. Metreveli, N. Tsvitcivadze, "Risk Assessment of Georgia in conection with climate change" Annals of Agrarian Science, Vol,9, #3,
25. Matchavariani L., Lagidze L., Paichadze N. "Geoecological Problems of Georgia in Connection with Climate Change". Materials of Annual International Scientific-Practical Conference "LXIV Gertsenovskiy Readings" devoted to the memory of A.M.Alpateva. Russia, St. Peterburg, 21-23 April, 2011.

#### სამეცნიერო კონფერენციები

1. Davit Kereselidze, Kakhaber Bilashvili, Vazha Trapaidze, Giorgi Bregvadze "Evaluation of the risks of flooding associated with the climate change at the eastern coastal zone of the Black Sea (Georgia)", 3<sup>rd</sup> Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference, Odessa, Ukraine, 1-4 November 2011
2. დალი ნიკოლაიშვილი, ვაჟა ტრაპაიძე „საქართველოს მინერალორ-რესურსული პოტენციალის კომპლექსური შეფასება“ კონფერენცია „მერადი ნედლეულისა და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება ადამიანისა და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში“. თბილისი 1-2 ნოემბერი, 2011 წელი.
3. Dali NikolaiSvili, Giorgi Meladze, Manana Sharashenidze, Tzetzilia Donadze, Giorgi Dvalashvili, Vazha Trapaidze, Theona Tigishvili "Evaluating the Touristic Potential of Georgia's Landscapes", International Conferense: Enviroment-European Identity, Bucharest, November 4-6, 2011
4. Davit Kereselidze, Kakhaber Bilashvili, Vazha Trapaidze, Giorgi Bregvadze @ "Hydrological regime of load Discarge of the Rivers of Kolkheti Lowland" SGEM, 20-25 Iune, Bulgaria 2011
5. Г.Двалашвили, В.Каландадзе, В.Трапайдзе, Трансформасиа антропогенного рельефа и комплексные географические исследования на примере верхнего имеретинского плато» материали III

Международный научно-практической конференции (21-22 апреля. Гомель) непрерывное географическое образование: новые технологии в системе высшей и средней школы, 2011

6. დ. კერესელიძე, ვ. ტრაპაიძე, გ. ბრეგვაძე, გ. გრიგოლია, გ. დოხნაძე, მალავერდაშვილი “Прогнозирование катастрофических паводков” აკად. გ. სვანიძის 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი კონფერენციის მასალები, 2011
7. ბ.კალანდაძე, ვ.ტრაპაიძე, გ. ბრეგვაძე, “მდინარე მაშავერას სარწყავი წყლების გავლენა ბოლნისის რაიონის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე” აკად. გ. სვანიძის 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი კონფერენციის მასალები, 2011
8. საქართველოს აგროტურიზმის პერსპექტივის კომპლექსური შეფასება” სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების პრიორიტეტები”, თბილისი, 2011
9. დ.კერესელიძე, ნ.ელიზბარაშვილი, ვ.ტრაპაიძე, გ.ბრეგვაძე “ეკტროპიკაციული პროცესები ჯავახეთის ტბებში” თეოფანე დავითაის 100 წლისთავისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენცია “გარემო და გლობალური დათბობა”, 2011
10. Л.Лагидзе, Н.Моцонелидзе, Н.Паичадзе, М.Вахтангишвили «Влияние синортического фактора на изменения градиента показателя преломле УК радиоволн для территории Грузии » Международный конференции «современные проблемы географии» Тбилиси.
11. Matchavariani L., Lagidze L., Paichadze N. “Geocological Problems of Georgia in Connection with Climate Change”. International Scientific-Practical Conference "LXIV Gertsensovsky Readings" devoted to the memory of A.M.Alpateva. Russia, St. Peterburg, 21-23 April, 2011.
12. L. Lagidze, “Environment Transformation in Georgia as A Result of Climate Change”. IKES-2011საერთაშორისო სიმპოზიუმი „გლობალური ცვლილება ხმელთაშუა ზღვის რეგიონში“, 05-07.05, 2011. თურქეთი, ედრემიტი-ბალიკესირი.
13. ლ.ლაღიძე, გ.დოხნაძე, ნ. მოწონელიძე “კლიმატური ფაქტორების ალბათური შეფასება სამხედრო მიზნებისათვის” საერთ. კონფერენცია “გარემო და გლობალური დათბობა” 2011
14. ლ.ლაღიძე, ნ. ხიდაშელი, ნ. მოწონელიძე, ნ.პაიჭაძე, მ. ვახტანგიშვილი “ატმოსფერული პროცესების გავლენა რადიოტალღების გავრცელებაზე”, საერთ. კონფერენცია “გარემო და გლობალური დათბობა” 2011
15. ლ. ლაღიძე “Technogenic disaster risk assessment” საერთაშორისო კონფერენცია “გარემო, ლანდშაფტები და ეკოპოლიტიკური იდენტიფიცირება”, 04-06.11,2011. ბუქარესტი, რუმინეთი.
16. ნიკოლაიშვილი, ლ.მაჭავარიანი, ვ.ტრაპაიძე, მ.შარაშენიძე საქართველოს აგროტურიზმის პერსპექტივის კომპლექსური შეფასება” კონფერენცია “სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების პრიორიტეტები”, თბილისი

#### სამეცნიერო გრანტები:

1. საქართველოში წყალმოვარდნების და დატბორვის რისკების შეფასება და ინტეგრირებული მართვა თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებით, სესფ გრანტი #08/5-430

შემსრულებლები: დავით კერესელიძე, კახაბერ ბილაშვილი, ვაჟა ტრაპაიძე, გიორგი ბრეგვაძე

პროექტის მიზანია ისტორიულ მონაცემთა ბაზის და განსაზღვრული რეგიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული და ჰიდრომეტეოროლოგიური მდგომარეობის ანალიზის საფუძველზე, საშიში ატმოსფერული მოვლენების და რელიეფის გეომორფოლოგიური მახასიათებლების ურთიერთზემოქმედების სხვადასხვა სცენარის ჩამოყალიბება, რომლის მიხედვითაც შეფასდა კატასტროფული წყალმოვარდნებისა და ტერიტორიის დატბორვის რისკის ალბათობა

MIKE 11-ის სათანადო მოდელების საშუალებით, კატასტროფული ჰიდრომეტეოროლოგიური სცენარები ტრანსფორმირებული იქნა საკვლევი მდინარის კალაპოტებში წყლის ხარჯის და დონის აწევის (რყევადობის) მონიტორინგის დინამიურ სცენარებად

MIKE 11 GIS და A ArcView გამოყენებით მოხდა წყალდიდობით დატბორილი ადგილების სიმულაცია, რისთვისაც გამოყენებული იქნა წყლის დონის აწევის რიცხვითი მონაცემები

საკვლევ რეგიონად შერჩეულია მდინარე ნატანების აუზი. დახასიათებულია მისი ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობები და დასაბუთებულია თუ რა ფაქტორების გამო შეიძლება მდ. ნატანები საკვლევ ობიექტად

შეკრებილ იქნა მდინარე ნატანების აუზის ჰიდრომეტეოროლოგიური მონაცემები, რომლის საფუძველზე შეიქმნა ელექტრონული ბაზა. განხორციელდა როგორც წყლის ხარჯების, ასევე ატმოსფერული ნალექების დეტალური სტატისტიკური დამუშავება. დადგინდა კორელაციური კავშირები მდინარის ჩამონადენსა და ატმოსფერულ ნალექებს შორის წლის სხვადასხვა პერიოდისათვის. საშუალო წლიური ინტერვალისთვის და ცალკეული თვეების მაქსიმალური ხარჯებისათვის გამოთვლილ იქნა ტრენდი, წლიური ჰიდროგრაფები, დადგენილ იქნა მათი პერიოდულობა და ციკლურობა. შეკრებილი ინფორმაცია წარმოადგენს ერთ-ერთ საფუძველს, რომელზეც აიგო NAM მოდელი.

საშიში ატმოსფერული მოვლენების და რელიეფის გეომორფოლოგიური მახასიათებლების ურთიერთზემოქმედების გათვალისწინებით დადგენილი იქნა შემდეგი სცენარები: კავშირები (სტატისტიკური) მოსულ ატმოსფერულ ნალექებს და დონეებს შორის; კავშირები დონეებსა და ხარჯებს შორის;

საკვლევი მდინარის აუზში შემოდგომის თვეებში ინტენსიური წვიმების შედეგად ყალიბდება ძლიერი წყალმოვარდნები, რის გამოც კლაპოტი განიცდის ვერტიკალურ დეფორმაციას გარეცხვისა და მოსილვის სახით. რისთვისაც დონეების რყევის ანალიზის შედეგად შექმნილია მდინარის კალაპოტსა და ჭალაში კატასტროფული წყალმოვარდნის ჩამოყალიბების სცენარი, რომელიც წარმოადგენს MIKE 11 გეოინფორმაციულ ველს. მრავალწლიური პერიოდისათვის აიგო მაქსიმალური დონეებისა და ხარჯების ურთიერთდამოკიდებულების მრუდები, ზაფხულ-შემოდგომაზე ჩატარებული ექსპედიციების დროს გაიზომა კვეთები და დადგინდა მაქსიმალური ხარჯების დატბორვის ზონები. წყალდიდობით დატბორილი ადგილების სიმულაციისათვის შეფასდა წყალმოვარდნის რისკები. მისმა ანალიზმა აჩვენა, რომ შემოდგომის თვეები IX, X და XI გამოირჩევა წყალმოვარდნების განმეორადობითა და სიხშირით. ეს ფაქტორები გათვალისწინებულია საკვლევი აუზის ციფრული მოდელის შედგენისას და სცენარების დამუშავებისას. აიგო სხვადასხვა ინტერვალში მოხვედრილი ყოველდღიური ხარჯების და ატმოსფერული ნალექების სიხშირის გრაფიკები წყალდიდობის მახასიათებელი თვეებისათვის. დადგინდა და გრაფიკულად აიგო სხვადასხვა ინტერვალისათვის წყლის ხარჯების განმეორებადობისა და ხანგრძლივობის მრუდები, ასევე სიხშირისა და უზრუნველყოფის მრუდები. აიგო წრფივი კავშირები დღიურ და მცისიერ მაქსიმალურ ხარჯებს შორის, აგრეთვე დღიურ მაქსიმალურ ხარჯსა და შესაბამისი თვის ჯამურ ნალექებს შორის.

MIKE 11 GIS-FAT პროგრამული უზრუნველყოფა ითხოვს დიდი რაოდენობის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ, ჰიდროლოგიურ, მეტეოროლოგიურ და ციფრულ-გეოდეზიურ ინფორმაციას. კერძოდ MIKE 11 ის ჰიდროდინამიკური ნაწილისათვის აუცილებელია მდინარე ნატანების კვეთების დადგენა საანგარიშო მონაკვეთებისათვის, რისთვისაც ჩატარდა მდ. ნატანებზე საკვლე სამუშაოები, კერძოდ მდ. ნატანებზე სოფ. მერიიდან შესართავამდე მოხდა შერჩეული კვეთების გაზომვა, რომლებიც შემდეგ მიბმულ იქნა ციფრულ რუკასთან.

განგარიშების შემდეგ მივიღეთ მაქსიმალური მრავალწლიური ხარჯები 0.1%, 1%, 5% და 10% უზრუნველყოფისათვის და დავადგინეთ მათი შესაბამისი უზრუნველყოფის დონეები.

მიღებული შედეგების მიხედვით დადგინდა 0.1%, 1%, 5% და 10% უზრუნველყოფის დონეების შესაბამისი დატბორვის ზონები, რომელიც დატანილ იქნა ციფრულ რუკებზე. აღმოჩნდა რომ 0.1% უზრუნველყოფის დონეები ტბორავენ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების 40%, 1%, -იანი - 20%, ხოლო 5% და 10% -იანი პრაქტიკულად არ იწვევს სავარგულების დატბორვას. საბოლოოდ შეგვიძლია დავასკვნატ რომ დატბორვასასში დონე ცვალებადობს 1-4 მეტრამდე.

MIKE 11 და ArcView გამოყენებით შესრულებულია დატბორილი ტერიტორიების სესაბამისი სიმულაცია, შედეგები დატანილ იქნა ციფრულ რუკებზე, ამ რუკებზე ნათლად ჩანს დატბორვა საშიში ფართობები. დატბორვასასში ზონების გეოინფორმაციული ელექტრონული რუკის Qშექმნა

**2. შავი ზღვის სამეცნიერო ქსელის გაუმჯობესება UP-GRADE BS-SCENE , ევროგაერთიანება, # 226592 - EU, FP7**

შემსრულებლები: კახაბერ ბილაშვილი, დავით კერესელიძე, ვაჟა ტრაპაიძე,

**საერთაშორისო პროექტის მიზნებია:**

- სამეცნიერო თანამშრომლობის, ცოდნისა და ექსპერტიზის სტიმულირება და სამეცნიერო ქსელის შექმნა;
  - ოკეანოგრაფიული მონაცემებისა და ინფორმაციის მენეჯმენტის რეგიონალური შესაძლებლობების გაძლიერება;
  - ევროპულ საზღვაო მონაცემთა ხარისხის კონტროლისა და დამხმარე პროცედურების ჰარმონიზაციის გაძლიერება;
  - საზღვაო მეტამონაცემთა საერთაშორისო სტანდარტების მიღება და მონაცემთა მენეჯმენტის დაფუძნება შავი ზღვის აუზის ქვეყნებში;
  - შავი ზღვის რეგიონის მონაცემთა და ინფორმაციის მიწოდების უზრუნველყოფა ევროპული სტანდარტების მიხედვით.
- შესრულებული სამუშაოს შედეგები:
- პროექტის ამოცანების შესაბამისად ჩამოყალიბდა შავი ზღვის ქვეყნების წამყვანი ინსტიტუტების, უნივერსიტეტების და არასამთავრობო ორგანიზაციების ქსელი;
  - დაინერგა მონაცემთა კატალოგირების და გაცვლის საერთაშორისო პროტოკოლები, შეგროვდა მეთადატა და XML ფორმატის გამოყენებით დაიწყო მათი გავრცელება ევროპული საინფორმაციო ბაზების მეშვეობით, (იხ. [www.oceandna.ge](http://www.oceandna.ge));
  - ჩამოყალიბდა მონაცემთა ვირტუალური ინფრასტრუქტურა, რომელიც მოიცავს შავი ზღვის ქვეყნების სამომხმარებლო პორტალებს, რომელნიც უზრუნველყოფენ მონაცემთა გამარტივებულ მოძიებას მომხმარებლის მიერ.
  - დამუშავდა ახალი პროგრამული პროდუქტები, რითაც ხორციელდება ოკეანოლოგიური მონაცემების მიწოდება მომხმარებლისათვის უნიფიცირებული პანევროპული მეთოდებით(CDI ფაილები). მიმდინარეობს ევროპული ზღვების სამეცნიერო კვლევის, მონაცემთა მენეჯმენტის ერთიანი პოლიტიკის, მათი დამუშავების, კონტროლის და მიღწევადობის ინტეგრირებული სისტემის შექმნა სათანადო ლექსიკონებით და სოფტით (იხ. [www.oceandna.ge](http://www.oceandna.ge))

**ბუნებათსარგებლობის გეოგრაფიის ქვემომართულება**თბილისი ჭავჭავაძის #3, 2- 25 15 47, [zura\\_sep@mail.ru](mailto:zura_sep@mail.ru); [eteri.davitaia@yandex.ru](mailto:eteri.davitaia@yandex.ru)**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:**

სრული პროფესორი ზურაბ სეფერთელაძე

ასოცირებული პროფესორი ეთერ დავითაია

ასისტენტ პროფესორი თამარ ალექსიძე

**კვლევის თემატიკა:****1. საქართველოს ბუნებათსარგებლობისა და გარემოს დაცვის პრობლემები;****2. საქართველოს ბუნებრივი გარემოს ტრანსფორმაცია**

თემა1 საქართველოს ბუნებათსარგებლობისა და გარემოს დაცვის პრობლემები

**კვლევის აქტუალობა და მიზნები:**

1. გარემოს რთული ბუნებრივი კომპონენტთაშორისო კავშირების გამო, ძალზე ხშირად ბუნების გარდამქმნელი ღონისძიებები სასურველ შედეგს ვერ იძლევა, უფრო მეტიც, ხშირად საკმაოდ ნეგატიური შედეგებით მთავრდება კიდევ. ამიტომაც, ახლო წარსულშიც კი, მკვლევართა გარკვეული ნაწილი თვლიდა, რომ ბუნებაში ყველაფერი კარგადაა მოწყობილი და საჭიროა მხოლოდ მისი შენარჩუნება ხელუხლებელი სახით.

საზოგადოების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ბუნებაზე ზემოქმედება და მისი გარდაქმნა გარდაუვალია. ამასთან, შეზღუდულია გამოუყენებელი (აუთვისებელი) ბუნებრივი რესურსების მარაგი, ადგილი აქვს ნივთიერებისა და ენერჯის წრებრუნვის ცვალებადობას ბუნებაში. მაგალითად, ერთსა და იმავე ადგილზე სხვადასხვა წლებში ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა სხვადასხვაა, იცვლება მდინარეული ჩამონადენი, ლანდშაფტური და ბიოპროდუქტიულობა და ა.შ. ნედლეულზე, საკვებ პროდუქტებზე, წყალზე მოსახლეობის სულ უფრო მზარდი მოთხოვნილებების დაკმაყოფილების პირობებში აუცილებელია ბუნების კანონების შეცნობა და მართვა, მიწის ნაყოფიერების გაუმჯობესება, ფლორისა და ფაუნის სახეობრივი გამდიდრება და ა.შ.

ბუნებისა და ადამიანის ურთიერთმოქმედება თანამედროვეობის ერთ-ერთი უდიდესი პრობლემაა. ბუნებრივ ლანდშაფტებზე ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად ბუნებრივ გარემოში ძლიერდება ნარჩენების გამოყოფა. ადამიანისა და ბუნების ურთიერთქმედების შედეგად წარმოქმნილი პრობლემები თანდათან გამწვავდა. ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედება გავლენას ახდენს ბუნებრივი პროცესების მიმდინარეობაზე, მათ ცვლილებებზე. გარემოში ჩნდება ახალი კომპონენტები, ატმოსფეროში, წყალსა და ნიადაგში გამოიყოფა სხვადასხვა სახის ბუნებრივი და სინთეზური ნივთიერებები. შეიქმნა ანთროპოგენური ლანდშაფტების სხვადასხვა მოდიფიკაციები.

ბუნებათსარგებლობის მიმართებით აღნიშნულ პრობლემათა გადასაჭრელად შესწავლილ იქნა:

- ბუნებრივი და სოციალურ-ეკონომიკური გარემოს სივრცე-დროითი განვითარების, განსაკუთრებით გარემოს კომპონენტების ბუნებრივი წონასწორობის ძირითადი კანონზომიერებანი.

- ბუნებრივ გარემოში მიმდინარე პროცესების, ბუნებისა და ადამიანის ურთიერთდამოკიდებულების და გარემოს მდგომარეობის შესაძლო განვითარების პროგნოზირება და ოპტიმიზაცია, კვლევის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით;

- შეიქმნა გარემოს მდგომარეობის შესახებ მონაცემთა გეოგრაფიული ბაზა;

- ჩატარებულ იქნა ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის გეოგრაფიულ-ეკოლოგიური შეფასება და გეოეკოლოგიური ექსპერტიზა;

- დადგენილ იქნა ბუნებრივი და ანთროპოგენური კატასტროფების წარმოშობის მიზეზშედეგობრივი კავშირები;

- გეოინფორმაციული ტექნოლოგიების (GIS) პროგრამების დამუშავებით შესაძლებელი გახდა გარემოს მდგომარეობის კარტოგრაფირება;

ბუნებრივი მოვლენების მართვის ამოცანების გადაწყვეტა, რომლებიც მიმართულია ბუნებრივი რესურსებით საზოგადოების მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილებისა და გარემოს მდგომარეობის ოპტიმიზაციის მისაღწევად, მოითხოვს ფიზიკურ-გეოგრაფიული (ლანდშაფტური) მონიტორინგის განხორციელებას, რაც ბუნებრივი გარემოს, როგორც სისტემის კომპლექსური შესწავლით არის შესაძლებელი. XXI საუკუნის დასაწყისში ფიზიკურ-გეოგრაფიული მეცნიერების წინა-

შე დადგა კაცობრიობის უმნიშვნელოვანესი პრობლემები, რომელთა შორის უმთავრესია გააქტიურებული სტიქიურ-კატასტროფული მოვლენების სისტემური შესწავლა და ბუნებრივი პროცესების რეგულირება-მართვის მექანიზმების შემუშავება. აღნიშნულ პრობლემათა გადაწყვეტა მოითხოვს ბუნებრივი მოვლენების შესახებ ინფორმაციის მიღების უახლესი მეთოდებისა და ხერხების სრულყოფას, გეოგრაფიულ პროგნოზირებასა და მოდელირებას.

ბუნებათსარგებლობის ძირითადი მიმართულებების განსაზღვრა მოითხოვს ლანდშაფტურ-ფუნქციონალური არეალების გამოყოფას, რომლის დროსაც გათვალისწინებულ უნდა იქნეს რეგიონის ბუნებრივ-სივრცობრივი სტრუქტურა და ტერიტორიების სამეურნეო ათვისების ხასიათი.

ფუნქციონალური არეალების გამოყოფისას უნდა გავითვალისწინოთ:

– განსაკუთრებით დაცვას დაქვემდებარებული არეალების, კერძოდ, ბუნებრივ ან ბუნებრივთან მიახლოებული ლანდშაფტების უპირატესი შენარჩუნება;

– ექსტენსიური მოხმარების არეალების გამოყოფა. ასეთი არეალები გამოირჩევა ბუნებრივთან მიახლოებული ან ექსტენსიური მოხმარების კულტურული ეკოსისტემების მაღალი წილით, სასოფლო და ტყის მეურნეობისთვის გამოყენებული ტერიტორიების მონაცვლეობით და სხვ.

– განსაკუთრებით არამდგრადი არეალების გაუმჯობესება, სადაც ტერიტორიების გამოყენების, მისი მოხმარების სახეები და ხარისხი არსებითად სჭარბობს დატვირთვის დასაშვებ ნორმებს.

ლანდშაფტური დაგეგმარებისას, ბუნებათსარგებლობასთან ერთად, მნიშვნელოვანია საკითხი ბუნებისდაცვითი ღონისძიებების გატარების შესახებ. ბუნებისდაცვითმა ღონისძიებებმა უნდა მოიცვას დასაგეგმავი ტერიტორია სრულად, რადგან ლანდშაფტების, როგორც ღია სისტემის, სახეცვლილება ხდება ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორების ერთობლივი ზემოქმედებით. ბუნებათსარგებლობის პროცესში რეგიონის სარესურსო პოტენციალი თანდათან მცირდება, თუმცა მართებული ღონისძიებების გატარების შედეგად შესაძლებელია გაიზარდოს კიდევ.

ბუნებისმეტყველების განვითარების მთელი ისტორია ბუნების კანონების თანდათანობითი შეცნობის და ახალი საბუნებისმეტყველო-სამეცნიერო დარგების ჩამოყალიბების პროცესია. მათ შორის ერთ-ერთი უძველესი გეოგრაფიული, კერძოდ ფიზიკურ-გეოგრაფიული მეცნიერებაა.

ბუნებათსარგებლობის ფიზიკურ-გეოგრაფიული ასპექტების კვლევა ხელს შეუწყობს:

– ბუნებრივ და სოციალურ-ეკონომიკურ გარემოში მიმდინარე პროცესების გაცნობიერებას;

– ბუნებას, მოსახლეობას და მეურნეობას შორის არსებული ურთიერთკავშირების ცოდნას;

– რეგიონული გეოგრაფიულ-ეკოლოგიური პრობლემების ანალიზს;

– ბუნების კატასტროფული პროცესების პროგნოზირებას;

– ბუნებრივი რესურსების რაციონალურ გამოყენებას.

თანამედროვე ეპოქაში, როცა სამრეწველო ტექნიკურმა პროცესმა არნახულ მასშტაბებს მიაღწია, გარემოზე ზემოქმედებამ მოიცვა მთლიანად გეოგრაფიული გარსი და ანთროპოგენური ფაქტორი დედამიწის ზედაპირის გარდამქმნელ-ეგზოგენური და ენდოგენური ძალების ეკვივალენტურად მოგვევლინა, რომლის ზემოქმედება გარემოზე და გამოვლენილი ეფექტი ხშირ შემთხვევაში ბევრად აჭარბებს ბუნებრივს. ამის გამო საგრძნობლად დაირღვა გეოლოგიური პერიოდის განმავლობაში დამყარებული დინამიკური წონასწორობა ბუნების ცალკეულ კომპონენტებსა და კომპლექსებს შორის. ლანდშაფტური სფერო კი თითქმის მთლიანად ანთროპოგენიზებულია.

აღსანიშნავია, რომ ბუნებრივი პროცესებით გამოწვეული ცვლილებები შეუდარებლად ნელა მიმდინარეობს. ანთროპოგენური ზემოქმედებით ყოველწლიურად მწყობრიდან გამოდის ათასობით კუბმეტრი მიწის ფართობი, მნიშვნელოვნად იზრდება ალბედოს (არეკვლილი რადიაციის) რაოდენობა (8%-ით წელიწადში) და რაც უფრო მნიშვნელოვანია, ყოველ 12-15 წელიწადში ორმაგდება აღნიშნული ზემოქმედების მასშტაბები.

ასეთ პირობებში კონტროლს დაუქვემდებარებელი ბუნებათსარგებლობა გლობალური მასშტაბით საფრთხეს უქმნის გეოგრაფიულ გარსში დამყარებულ ბუნებრივ წონასწორობას, რაც დამლუპველი აღმოჩნდება კაცობრიობისათვის.

ამჟამად ნებისმიერი ქვეყნის მეურნეობის წინაშე დგას მწვავე ცხოვრებისეული პრობლემა – ბუნებრივი გარემოს დაცვა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება. განსაკუთრებით მძაფრად იგრძნობა ეს პრობლემა მთიან რეგიონებში, სადაც ადამიანს სამეურნეო საქმიანობა საკმაოდ მძიმე პირობებში უხდება (მთაგორიანი, ძლიერ დანაწევრებული რელიეფი, გააქტიურებული ეგზოდინამიკური პროცესები, მთის მკაცრი კლიმატი და სხვ.). ეს კი თავისთავად განსაზღვრავს ბუნების როგორც ცალკეული კომპონენტის, ისე მთლიანად ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსების სახეცვლილებას და წარმოქმნის ანთროპოგენური ლანდშაფტების სხვადასხვა მოდიფიკაციას, რომელთა ფორმირების, დაცვისა და აღდგენის პროცესების შესწავლა თანამედროვე კონსტრუქციული გეოგრაფიის, კერძოდ ფიზიკური გეოგრაფიის ერთ-ერთი აქტუალური ამოცანაა.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, პრინციპულად მნიშვნელოვანია რაციონალური ბუნებათსარგებლობის (რაც, თავის მხრივ, გარემოს დაცვასაც გულისხმობს) თეორიული, მეცნიერული საფუძვლების დამუშავება და ამ მიმართულებით კვლევა-ძიების ჩატარება. ეს კი წარმოუდგენელია ბუნების კომპლექსური (ფიზიკურ-გეოგრაფიული), ლანდშაფტური ანალიზის გარეშე. ამიტომაც თანამედროვე ფიზიკურ-გეოგრაფიული სამეცნიერო კვლევები ძირითადად ამ საკითხებისადმი, კერძოდ, მნიშვნელოვანი ნაწილი ბუნებრივი პროცესების რეგულირება-მართვის პრობლემისადმი მიძღვნილი.

ფიზიკურ-გეოგრაფიული ფაქტორების ანალიზით შემუშავებულია ბუნებათსარგებლობის და გარემოს ოპტიმიზაციის ძირითადი დებულებები:

- ტერიტორიის ლანდშაფტური (ფიზიკურ-გეოგრაფიული) ანალიზი ბტკ-ების ყველა კომპონენტის სივრცითი და ფუნქციური თავისებურებების გათვალისწინებით, რაც იძლევა ამა თუ იმ ლანდშაფტის შესაძლო გამოყენების შესახებ ობიექტური გადაწყვეტილების მიღების საშუალებას;

- გარემოს და მეურნეობის მდგრადი განვითარების მიმართულებების განსაზღვრა რესურსების გამოყენების უპირატესი სახის გათვალისწინებით, რაც გამორიცხავს ლანდშაფტზე არასასურველ ზემოქმედებას და მათ ოპტიმიზაციას უზრუნველყოფს;

- ბუნებათსარგებლობის და გარემოს კომპონენტების ზღვრულად დასაშვები დატვირთვის ნორმების დადგენა;

- გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების გრძელვადიანი პროგნოზული პროგრამების შემუშავება;

- გარემოსდაცვითი ეკოაუდიტის ჩატარება ლანდშაფტების რღვევის ხარისხის მინიმუმამდე დაყვანის (ოპტიმიზაციის) მიზნით;

- ანთროპოგენური ზემოქმედებით გამოწვეული კატასტროფული ბუნებრივი პროცესების გააქტიურების შედეგად ამა თუ იმ რეგიონის ეკოლოგიური მდგომარეობის კრიტერიუმების დაზუსტება და ეკოლოგიური ზონირება.

ლანდშაფტის განვითარების ტენდენციის შესწავლა ერთ-ერთი ძირითადი წინაპირობაა მისი ოპტიმიზაციისა, თუმცა ისიც უნდა ითქვას, რომ ეს არ შეიძლება მიჩნეულ იქნეს ამ რთული ამოცანის გადაწყვეტის ერთადერთ და უნივერსალურ მეთოდად, მით უმეტეს, რომ ზოგჯერ ამ ტენდენციებმა (დაჭაობება, დამლაშება, ეროზიული განვითარება და სხვ.) შეიძლება სრულიად სხვა (ხშირად ნეგატიურ) შედეგებამდე მიგვიყვანოს.

## **თემა 2. საქართველოს ბუნებრივი გარემოს ტრანსფორმაცია**

### **კვლევის აქტუალობა და მიზნები:**

ანთროპოგენური ტრანსფორმაციის თავისებურებათა შესახებ არაერთი სამეცნიერო ნაშრომი არსებობს, რომლებიც გამოქვეყნებულია ქართველ და უცხოელ გეოგრაფთა მიერ. მაგრამ პრობლემის სირთულის გამო ისინი მაინც ვერ მოიცავენ საკითხთა სრულ სპექტრს.

ლანდშაფტთა ანთროპოგენური ტრანსფორმაციის შესწავლა მნიშვნელოვანია ამა თუ იმ რეგიონის მეურნეობის შემდგომი განვითარებისათვის. რეგიონების ბუნებრივი გარემოს ანთროპოგენურ სახეცვლილებებს საკმაოდ დიდი ისტორიული ფესვები გააჩნია, მაგრამ ძირეული ტრანსფორმაცია მაინც მე-20 საუკუნეზე მოდის.

ლანდშაფტებზე ანთროპოგენური ზემოქმედება ძირითადად განპირობებულია სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობით, სატყეო და საქალაქო მეურნეობით, წიაღისეულის მოპოვებით და სხვ.



სწორედ ამის გამო ტერიტორიების მნიშვნელოვანი ნაწილი პრაქტიკულად სახემეცვლილ ან ძლიერ გარდაქმნილ ლანდშაფტებს უკავიათ. ბუნებრივ და ტრანსფორმირებულ ლანდშაფტებზე ანთროპოგენური ზემოქმედება შეიძლება იყოს ინტენსიური, ზომიერი, ექსტრენსიული და სხვ. ადამიანი დედამიწის ზედაპირს გლობალურად გარდაქმნის, იგი არსებით გავლენას ახდენს ბუნებრივი პროცესების დინამიკასა და ფუნქციონირებაზე. ბუნებრივი გარემოს ტრანსფორმაციის დღევანდელი მდგომარეობა მოითხოვს გეოგრაფიის ეკოლოგიისა და დედამიწის შემსწავლელ სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა სფეროს მკვლევართა ადეკვატურ რეაქციას ბუნებრივი გარემოს ცვლილებებზე, განსაკუთრებით კი ანთროპოგენური ფაქტორის ზეგავლენაზე. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს მთელ გეოკომპლექსის, როგორც ღია სისტემის ცვლილების კანონზომიერებათა გათვალისწინებას და ლანდშაფტური ანალიზის ჩატარებას მსხვილ ფიზიკურ გეოგრაფიულ ფაქტორზე.

ბუნებრივ-ანთროპოგენური ლანდშაფტების შეთანაწყობით შექმნილი რეგიონების გამოყოფას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების ბუნებათსარგებლობისა და გარემოს დაცვის ღონისძიებათა დაგეგმვის საქმეში. ბუნების გარდაქმნა, მისი დაცვა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება მოითხოვს ჩვენი ქვეყნის ცალკეული რეგიონის დეტალურ დარაიონებას სამეურნეო გამოყენებითი მიზნებისათვის. ტრანსფორმირებული ბუნებისა და მისი პროცესების ცოდნას კი დიდი მნიშვნელობა აქვს ქალაქების, სამრეწველო ცენტრების, რკინიგზებისა და ავტომაგისტრალების მშენებლობასა და ექსპლუატაციისათვის.

ბუნებრივ კომპლექსებზე ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად სახემეცვლი-ლი კომპლექსები, უმეტეს შემთხვევაში გადიან მოდიფიკაციის რამდენიმე სტადიას. თუ რა დონემდე იცვლებიან ისინი, ტაქსონომიური გაგებით, ჯერ კიდევ სადავოა.

ბუნებრივ-ტერიტორიულ კომპლექსებში შიდაკავშირების რღვევის ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზია ადამიანის მიერ ბუნებაზე ზემოქმედების სპეციფიური ხასიათი. ეს ზემოქმედება (განსაკუთრებით ეკოსისტემაზე) ხშირად იმდენად უეცარი, ძლიერი და არითმულია, რომ ცოცხალი ორგანიზმი ვერ ასწრებს მასთან შეგუებას.

მეორე მნიშვნელოვანი პრობლემაა ანთროპოგენურ ლანდშაფტებში ბიოგეოქიმიური ციკლების, ხოლო ბუნებრივ ლანდშაფტებში, ქიმიური წონასწორობის რღვევა, რაც მათი განვითარების ხანგრძლივი გეოლოგიური პერიოდის განმავლობაში ჩამოყალიბდა.

ანთროპოგენური ლანდშაფტების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თავისებურებაა ასევე, ბიოსფეროში გაზრდილი ენერჯის მაქსიმალური კონცენტრაცია. აღსანიშნავია, რომ ენერჯის განსაკუთრებით ძლიერი კონცენტრაცია შეინიშნება სამთო-სამრეწველო ლანდშაფტებში, სადაც ამ პროცესის ინტენსივობა მიკროკლიმატის პარამეტრების ცვლილებასაც კი იწვევს.

როგორც ავლნიშნეთ, მკვლევართა ნაწილი მიიჩნევს, რომ ბუნებრივი ლანდშაფტების ცვლილება და შესაბამისად, ანთროპოგენური ლანდშაფტების წარმოქმნა ხდება ელემენტარული ლანდშაფტის (ფაციის) და მიკროლანდშაფტის (უროჰიშჩეს) დონეზე. არის მოსაზრებაც, რომ ლანდშაფტების ცვლილებას ადგილი აქვს ტაქსონომიურ ერთეულთა სხვა საფეხურზეც და, არა მარტო ელემენტარული და მიკროლანდშაფტები ექვევნიან ანთროპოგენური ზემოქმედების ქვეშ, არამედ უფრო მაღალი რანგის ტაქსონომიური ერთეულები – სახეებიც (დ.უკლევა, 1983). ეს გასაგებიცაა, ვინაიდან, როგორც აღინიშნა, ლანდშაფტის ერთ-ერთი ძირითადი ტაქსონომიური ერთეულის-სახის ხასიათი და მისი ფიზიოლოგიური „სახე“, გარდა ზონალური და აზონალური ფაქტორებისა, ძირითადად განსაზღვრულია ადგილობრივი ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობებით და პროცესებით, ეს უკანასკნელი კი ადვილად ემორჩილება ხელოვნურ რეგულირებას, კერძოდ ანთროპოგენურ ზემოქმედებას.

კვლევის შედეგად დადგენილ იქნა ანთროპოგენური ლანდშაფტების ტრანსფორმაციის დონე საქართველოს სხვადასხვა რეგიონებისათვის.

**1. სტატია** – ზ. სეფერთელაძე, ე. დავითაია, თ. ალექსიძე. კოლხეთის ანაკლია-განმუხურის შავიზღვისპირა ზოლის რაციონალური ბუნებათსარგებლობის პრობლემები. საერთაშ. კონფ. მასალები. გეოგრაფიის ინსტიტუტი. თბ. 2011.

**2. სტატია** – ზ. სეფერთელაძე, ე. დავითაია, თ. ალექსიძე. ბუნებათსარგებლობის გეოგრაფიული ასპექტები. ჟურნ. საქართ. გეოგრაფ. (რედაქტირებულია) თბ. 2011.

3. **საკონფერენციო მასალა** – ზ. სეფერთელაძე, ე. დავითაია. შავიზღვისპირეთის ანაკლია-ზუგდიდის მონაკვეთის გეოგრაფიულ-ეკოლოგიური პრობლემები. საერთ. კონფ. მიძღვნ. აკად. თ. დავითაიას 100 წლისთავისადმი. თბ.2011
4. **საკონფერენციო მასალა** – ზ. სეფერთელაძე, ე. დავითაია, თ. ალექსიძე. გეოეკოლოგიური დარაიონება და ბუნებათსარგებლობის ძირითადი მიმართულებები. საერთაშ. კონფ. მასალები. თბ. 2011.
5. **საკონფერენციო მასალა** – ზ. სეფერთელაძე, ე. დავითაია, თ. ალექსიძე. რეკრეაციული ბუნებათსარგებლობა და გარემოს ეკოლოგიური პრობლემები. საერთაშ. კონფ. მასალები. გეოგრაფ. საზოგად. თბ. 2011.
6. **წიგნი** – ზ. სეფერთელაძე. ასი + (კითხვა-პასუხები ეკოლოგიაში) – შემდგენელი. თსუ 2011
7. **წიგნი** – ზ. სეფერთელაძე, ე. დავითაია. ბუნებათსარგებლობის გეოგრაფია. თსუ. 2011. 231 გვ.
8. **წიგნი** – ზ. სეფერთელაძე, ე. დავითაია. ჩვენი ღირსებანი. საქართველოს არაორგანული ბუნება. ტ.1. გამომც. „პი-ემ-ჯი“. თბ. 2011.
9. **წიგნი** – ჩვენი ღირსებანი. ზ. სეფერთელაძე, ე. დავითაია. საქართველოს ცოცხალი ბუნება. ტ.2. გამომც. „პი-ემ-ჯი“. თბ. 2011.
10. **გრანტი** – ზ. სეფერთელაძე. საქართველოს ახალი ლანდშაფტური რუკა (გეოსაინფორმაციული ბაზის შექმნა). 2009-2011. მონაწილე. **დამფინანსებელი ორგანიზაცია** – საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდი GNSF.  
პროექტის მიზანია საქართველოს ახალი ლანდშაფტური რუკის შედგენა. ლანდშაფტების

გამოვლენას წინ უძღოდა საქართველოს ცალკეული რეგიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული ანალიზი, სადაც აქცენტი კეთდებოდა თითოეული რეგიონის ლანდშაფტთა სივრცობრივ თავისებურებებზე, ჰიფსომეტრიულ განლაგებაზე, აზონალური ლანდშაფტების არსებობაზე ან არ არსებობაზე, მათ ანთროპოგენულ ტრანსფორმაციაზე და სხვ. რომელთა გათვალისწინებით შესაძლებელი გახდა ახალი ლანდშაფტური რუკისა და გეოსაინფორმაციო სისტემის შედგენა.

January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

---

# გეოლოგიის დეპარტამენტი

საკონტაქტო ინფორმაცია: ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, გეოლოგიის დეპარტამენტი, უნივერსიტეტის ქ. 13, (+995 32) 230 12 03,

სამეცნიერო მიმართულება:

I. პეტროლოგია, ვულკანოლოგია, მადნების გეოლოგია.

კვლევის თემატიკა :

1. **ჯავახეთის ზეგნის ნეოგენურ-ანტროპოგენურ ვულკანიტებში გამოვლინებულ პოსტვულკანური ჰიდროთერმალური პროცესების შესწავლა**

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:

ხელმძღვანელი: პროფესორი ბეჟან თუთბერიძე,

თანახემძღვანელი: ასისტენტ პროფესორი მარიამ ახალკაციშვილი;

დამხმარე პერსონალი: სტუდენტი გიორგი ზაქაძე

კვლევის აქტუალობა, მიზნები და კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები: ჯავახეთის ზეგნის ნეოგენურ-ანტროპოგენური ვულკანური წარმონაქმნები ყურადღებას იმსახურებს პოსტვულკანური ჰიდროთერმული მინერალიზაციის პროდუქტების ფართო გავრცელებით. ამ უკანასკნელების შესწავლას თეორიულ მხარესთან ერთად დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობაც გააჩნია. ამ პროდუქტებიდან განსაკუთრებული როლი ჰემატიტს ენიჭება, რომლის გამოვლინება ჩვენს მიერ სამსარის კალდერის დასავლეთ კალთაზე დაფიქსირებული. ჰემატიტისა და მისი თანმხლები მინერალების (თაბაშირი, ალუნიტი, გოგირდი) გამოვლინების მიზნით, მიმდინარე საანგარიშო პერიოდში, ჩატარდა საველე-გეოლოგიური ექსპედიცია ვულკან სამსარის (3200 მ) დასავლეთ კალთაზე. მოპოვებული იქნა ქვიური მასალა. ამჟამად მიმდინარეობს მასალის დამუშავება ლაბორატორიული კვლევებისათვის და მიღებული შედეგები აისახება პუბლიკაციებში.

2. **ოქროს გამადნების პერსპექტივები ალაზანგაღმა კახეთში.**

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:

არჩილ აქიმიძე (ხელმძღვანელი);

კარლო აქიმიძე (ძირითადი შემსრულებელი);

ავთანდილ ოქროსცვარიძე (მენეჯერი);

ნონა გაგნიძე (ძირითადი შემსრულებელი)

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები: ცნობილია, რომ ქვეყნის სამრეწველო პოტენციალის საფუძველი მისი გამოვლენილი და შესწავლილი წიაღისეულია. საქართველოში გამოვლენილი წიაღისეულიდან დღეისათვის ოქროს ენიჭება, რომლის ფასი მსოფლიო ბაზარზე განუხრელად მატულობს. ჩვენს ქვეყანაში ოქროს საბადოები და პერსპექტიული გამოვლინებები ცნობილია ბოლნისის მადნიან რაიონში აჭარა- გურიისა და რაჭა-სვანეთის რეგიონში. ბევრი რეგიონი ამ მხრივ ჯერ კიდევ შეუსწავლელია.

ალაზანგაღმა კახეთში ამ ხარვეზის გამოსწორება 2010 წლიდან ჩვენმა ჯგუფმა დაიწყო საქართველოს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დაფინანსებით.

კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

პირველ წელს ჩატარებული საველე, ლაბორატორიული და კამერალური კვლევების შედეგად რეგიონში დაფიქსირდა ოქროს მინერალიზაციის არსებობა. მიღებული შედეგების გათვალისწინებით, სამრეწველო კონცეტრაციის დნაგროვებების გამოვლენის მიზნით, 2011 წლისთვის მოინიშნა პერსპექტიული ზონები მდინარეების-ქვაჩადალის, ლოპოტის, შოროხევის, ილიურთის ხევისა და საცხვრე ხორხის აუზებში. ყველა უბანზე ჩატარდა საველე კვლევითი სამუშაოები. ამჟამად მიმდინარეობს საველე მასალის დამუშავება და სინჯების მომზადება ლაბორატორიისათვის გადასაცემად.

ოქროს გამადნების შესწავლის დროს, ჯგუფის მიერ, კავკასიონის მთავარი ქედის ფარგლებში პირველად მდ. სტორის აუზში გამოვლენილი იქნა თორიუმისა და ბისმუტის სამრეწველო შენცელოზის მინერალიზაცია. ამ აღმოჩენას უდავოდ მნიშვნელოვანი სტრატეგიული და ეკონომიკური მნიშვნელობა აქვს. ჯგუფი ამ მიმართულებითაც აგრძელებს მუშაობას.

II. სამეცნიერო მიმართულება:

პალეონტოლოგია (სისტემატიკა, პალეობიოგეოგრაფია, პალეონტოლოგია) და სტრატეგრაფია  
ბიოსტრატეგრაფია)

1. კვლევის თემატიკა: კავკასიის გვიანცარცულ-ადრეპალეოცენური ექნოიდების  
ბიოსტრატეგრაფიული მნიშვნელობა

ხელმძღვანელი: გურამ ღონღაძე

კვლევის აქტუალობა და მიზნები: კვლევა უაღრესად აქტუალურია, რამდენადაც ის გულისხმობს კავკასიის ზედაცარცული და ქვედაპალეოცენური ნალექების ბიოსტრატეგრაფიაში ექნოფაუნის ღირებულების გარკვევას. ექნოიდების დიდი გავრცელება კავკასიის ზედა ცარცსა და პალეოცენში და, რაც მთავარია, სხვადასხვა სტრატეგრაფიულ დონეზე მათი განსხვავებული ფაუნისტური კომპლექსების არსებობა, იძლევა არა მარტო ცალკეული სართულების გამოყოფის, არამედ, ხშირ შემთხვევაში, ამ უკანასკნელთა ზონებად დანაწილების საშუალებას. ამ ასპექტში აშკარად იკვეთება ჰოლასტეროიდებისა და სპატანგოიდების წამყვანი როლი იმ ოთხი რიგიდან (Holectypoida, Cassiduloida, Holasteroida, Spatangoida), რომელიც ცნობილია კავკასიის ზედაცარცულ და ქვედა-პალეოცენურ ნალექებში.

კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები: მიმდინარე წელი არის ზემოთ დასახელებული თემის „კავკასიის გვიანცარცულ-ადრეპალეოცენური ექნოიდების ბიოსტრატეგრაფიული მნიშვნელობა“, დამამთავრებელი წელი.

2. კვლევის თემატიკა: აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის აღმოსავლეთ ნაწილის ზედაცარცულ-ქვედა-პალეოცენური დანალექი და ვულკანოგენ-დანალექი წარმონაქმნების ბიოსტრატეგრაფიული და პალეოგეოგრაფიული კვლევა იქნიტების მიხედვით /ქარელის რაიონი/.

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:  
ხელმძღვანელი – ასისტენტ-პროფესორი – კახა ქოიავა,  
თანაშემსრულებელი – ლაბორანტი ნინო დუდაშვილი;  
დამხმარე – სტუდენტი-ბაკალავრი გუგა ბალანჩივაძე.

3. კვლევის თემატიკა: აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის ცენტრალური ნაწილის ზედაცარცულ-ქვედაპალეოცენური დანალექი და ვულკანოგენ-დანალექი წარმონაქმნების ბიოსტრატეგრაფიული და პალეოგეოგრაფიული კვლევა იქნიტების მიხედვით /ბორჯომის რაიონი/.

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:  
ხელმძღვანელი – ასისტენტ-პროფესორი – ზურაბ ლებანიძე,  
დამხმარეები-სტუდენტი-ბაკალავრი თორნიკე მაჭავარიანი და ალექსანდრე ჭოხონელიძე.

კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები და კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების გეგმის მიხედვით მიმდინარე კალენდარული წელს გათვალისწინებული იყო აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის აღმოსავლეთ და ცენტრალურ ნაწილებში ზედაცარცულ-ქვედაპალეოცენური ფლიშური ნალექების დეტალური სტრატეგრაფიული კვლევა მათში ექნოფაუნის დასადგენად. შესრულდა ცარცულ-პალეოცენური ნალექების დეტალური სტრატეგრაფიული ჭრილები მდ. მამას და მისი შენაკადების ხეობებში (ქარელის რაიონი) და მდ. მტკვრის და მისი შენაკადების; გუჯარულას და ბორჯომულას ხეობებში (ბორჯომის რაიონი). საკვლევი ობიექტების სტრუქტურულ-გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური თავისებურებებიდან გამომდინარე, ზედაცარცულ-პალეოცენური ფლიშური სერიის გაშიშვლებებში შრეებრიობის ზედაპირების მცირე ფართობები შიშვლდება, ამიტომ ნამარხი ნაკვალევები ფრაგმენტული, ცუდად დაცულია და პრაქტიკულად არ ისაზღვრება.

მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენს მიერ მდ. ბორჯომულას ხეობაში შუაეოცენურ ვულკანოგენ-დანალექ სერიაში დადგენილ იქნა ნამარხი ნაკვალევების ახალი ადგილსამყოფელი, რომელშიც განისაზღვრა ღრმა ზღვის ფსკერისათვის დამახასიათებელი **Nereites** – ის იქნოფაციისის ბინადარი სპირალური ფორმები (**Spiroraphe, Cosmoraphe**).

ამავე დროს, სოფ. ნიჩბისის მიდამოებში ჩვენს მიერ მიკვლეულ იქნა დანიური სართულის (**E1 d**) ქვიშკების მეტად საინტერესო გამოსავალი. ისინი მოსაპირკეთებლად გამოიყენება და ადგილობრივი მექარმების მიერ ხდება მათი ფაქტიურად შრე-შრე მოპოვება, რაც უნიკალური შემთხვევაა დეტალური პალეონტოლოგიური კვლევებისათვის. მით უმეტეს, რომ წყების ფუძე ასაკობრივად ემთხვევა მეზოზოურის და კაინოზოურის საზღვარს, მიჯნას, რომელზეც მოხდა ბიოსის ერთ-ერთი უძლიერესი გადაშენება დედამიწაზე.

აღნიშნულ ქვიშაქვებში ჩვენს მიერ დადგენილ იქნა ნამარხი ნაკვალევების **Nereites** – ის იქნოფაციისისათვის დამახასიათებელი მრავალფეროვანი ფორმები **Nereites, Spiroraphe, Cosmoraphe, Paleodictyon** (მასალა შედარებულ იქნა უცხოელი მკვლევარების მონაცემებთან) და ხმელეთის მცენარეების ნაშთები. ვფიქრობთ, რომ ამ რაიონში დეტალური კვლევების ჩატარება ფასდაუდებელ დახმარებას გაგვიწევს დედამიწის გეოლოგიური განვითარების ისტორიის ამ მეტად საინტერესო ეტაპის ორგანული სამყაროს (ფაუნის და ფლორის) აღდგენის საქმეში.

აქედან გამომდინარე მიზანშეწონილად მიგვაჩნია სამომავლოდ ხეკორძი-ნიჩბისი-კასპი-თემამის ზოლის ზედაცარცულ-შუაეოცენური ნალექების დეტალური შესწავლა ახალი ადგილსამყოფლების დადგენისა და პალეონტოლოგიური მასალის მოპოვების თვალსაზრისით.

### III. სამეცნიერო მიმართულება: საძიებო გეოფიზიკა

**კვლევის თემატიკა: ციხისჯვრის მაგნიტური ანომალიის გეოლოგიური ინტერპრეტაცია**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:**

**ხელმძღვანელი – ასოცირებული პროფესორი გურამ ქუთელია**

**კვლევაში ჩართული პერსონალი: ლაბორანტები ნონა ლურსმანაშვილი, ნარგიზი აბუთიძე**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები და კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ციხისჯვრის მაგნიტური ანომალიის გეოლოგიური ინტერპრეტაცია. ციხისჯვრის მაგნიტური ანომალია აღმოჩენილ იქნა 1960-1961 წლებში ჩატარებული 1:50 000 მასშტაბის აერომაგნიტური ავეგმისას. ანომალიის დიდი ინტენსივობის გამო თავდაპირველად გამოითქვა ვარაუდი ამ უბანზე რკინის საბადოს არსებობის შესახებ. შემდგომ, ამ ტერიტორიის გეოლოგიურ-გეოფიზიკური შესწავლით დადგინდა, რომ აქ გავრცელებულია ანდეზიტები, ანდეზიტო-ბაზალტები, ტუფობრექჩიები, რომლებიც საკმაოდ მდიდარია ფერომაგნიტური მინერალებით. ზოგან ანდეზიტო-ბაზალტებში მაგნეტიტის რაოდენობა 20%-ს აღწევს.

ანდეზიტები ეკონომიკური თვალსაზრისით საკმაოდ საინტერესო ნედლეულია, ამიტომ გადაწყდა ანომალიის ხელახალი ინტერპრეტაციის ჩატარება.

საველე პერიოდში, გაყვანილ იქნა რამდენიმე მაგნიტური პროფილი. ავეგმვა ჩატარდა წინასწარ გამზადებულ პროფილებზე. საველე პირობებში მოპოვებული მასალის დამუშავება მოხდა ექსპედიციის დამთავრების შემდეგ.

მიღებული შედეგები მოხსენებულ იქნა პროფ. ლ. ჭანტურიშვილის დაბადებიდან 85 წლისთავისადმი მიძღვნილ კონფერენციაზე (მომხსენებელი ნ. ლურსმანაშვილი), რომელიც გაიმართა ა.წ. 15 სექტემბერს, წმინდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართულ უნივერსიტეტში.

დროის სიმცირის გამო ჩვენს მიერ შერჩეულ ფართობის ბოლომდე ავეგმვა ვერ მოხერხდა. სამუშაო უნდა გაგრძელდეს მომავალ წელს, რათა შევძლოთ ჩვენს მიერ დასმული ამოცანის ბოლომდე განხორციელება.

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია – ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:**

1. *F.A. Pasquare a,\* , D. Tormey b, L. Vezzoli a, A. Okrostsvavidze c, B. Tutberidze*, Mitigating the consequences of extreme events on strategic facilities: Evaluation of volcanic and seismic risk affecting the Caspian oil and gas pipelines in the Republic of Georgia, *Journal of Environmental Management* xxx (2011) 1–9 journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jenvman](http://www.elsevier.com/locate/jenvman), Impact Factor: 2.760
2. პირველი მინაცემები თორიუმისა და ბისმუტის სამრეწველო კონცენტრაციის შესახებ სტორის ხეობის ჰიდროთერმულად შეცვლილ ქვედა იურულ თიხაფიქლებში (კავკასიონის სამხრეთი ფერდი, კახეთი). ავტორები: ა. ოქროსცვარიძე; კ. აქიმიძე; ა. აქიმიძე, დ. ბლუაშვილი. *Bull. Georg. Natl. Acad. Sci.* , vol. 5 no 2, 2011 76-82.
3. ПЕРВОЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЕ ТОРЯ И ВИСМУТА В ОРОГЕНЕ БОЛЬШОГО КАВКАЗА (КАХЕТИИ, ГРУЗИЯ). ვტორები: ა. ოქროსცვარიძე; ა. აქიმიძე; კ. აქიმიძე; ნ. გაგნიძე; დ. ბლუაშვილი. (მიღებულია ყაზახეთის დამოუკიდებლობის 20 წლისთავისადმი მიძღვნილ საიუბილიო კრებულში დასაბეჭდად)

ფაკულტეტთან არსებული  
სამეცნიერო და სამეცნიერო–  
სასწავლო სტრუქტურული  
ერთეულები



**ნახევარგამტართა ფიზიკის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი**

(თსუ, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი; ი. ჭავჭავაძის გამზ.3; ტელ:  
599-74-36-70, 229-08-56; ელ-ფოსტა: sc\_institute@tsu.ge)

სამეცნიერო მიმართულება:

“ახალი ნახევარგამტარული მასალების მიღება და კვლევა”

ინსტიტუტის ხელმძღვანელი: შ. მირიანაშვილი (თსუ, II კორპუსი, ლაბ. 138)

**IV-VI ნახევარგამტართა თხელი ფენების და  
სტრუქტურების მიღება და კვლევა**

(შ. მირიანაშვილი, თ. ქამუშაძე, ო. დავარაშვილი, ა. ბერძენიშვილი,  
მ. ენუქაშვილი, ნ. რთველიაშვილი, ლ. ბიჩკოვა, ზ. ყუშიტაშვილი,  
რ. გულიავეი, ქ. ედილაშვილი, რ. შალამბერიძე, ე. თუმანიშვილი)

IV-VI ვიწროზონიანი ნახევარგამტარების ბაზაზე შექმნილმა ლაზერებმა ნამდვილი გადატრიალება მოახდინეს მეცნიერებისა და ტექნიკის მრავალ დარგში და პირველ რიგში სპექტროსკოპიაში.

პირველად გახდა შესაძლებელი (სპექტრალური ხაზების მცირე საგანის გამო) მრავალი მოლეკულური აირის, ასევე ქიმიური და ბიოქიმიური რეაქციათა პროდუქტების, რომლებიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ბუნებაში, სპექტრების რეგისტრაცია (4-20) მკმ სპექტრის არეში, სადაც უმეტესწილად განთავსებულია მოლეკულათა რხევა-ბრუნვითი ზოლები.

მიუხედავად იმისა, რომ IV-VI შენაერთების ( $PbSnTe$ ;  $PbSnSe$ ) ბაზაზე წარმოებული ლაზერების ტექნოლოგია საკმაოდ კარგად არის ათვისებული და ამასთან ერთად ისინი ხასიათდებიან სიხშირის დენური და ტემპერატურული გადაწყობის მაღალი ხარისხით, მათი საკმაოდ დაბალი მუშა ტემპერატურა (~150°K) მნიშვნელოვნად აფერხებს მათ ფართომასშტაბიან გამოყენებას მრავალკომპონენტური სპექტრული ანალიზისათვის.

იმავედროულად, აღზნების პირობებში გენერაცია აღნიშნულ შენაერთებში ხორციელდება ოთახის ტემპერატურაზე. ვინაიდან მოცულობით კრისტალებში ლაზერული გენერაციის კვანტური ეფექტურობა ასევე საკმარისად დიდია, გამოსხივებადი რეკომბინაციის სიციცხლის ხანგრძლივობის შემცირების მიზეზი უნდა ვეძიოთ IV-VI სისტემების ჰეტეროსაზღვარზე მიმდინარე პროცესებში.

მოლეკულურ სხივური და თხევად-ფაზური მეთოდებით მიღებულ IV-VI შენაერთების ჰეტეროსტრუქტურების საზღვარზე გამოსხივებადი რეკომბინაციის სიციცხლის ხანგრძლივობის შემცირების ერთ-ერთ უმთავრეს მიზეზს შეიძლება წარმოადგენდეს, მყარი ხსნარების ფართო დიაპაზონისათვის, დიფუზიური არათავსებადობა, ისევე როგორც, ეპიტაქსიის პროცესის დაწყებამდე, დეფექტური ფენის ფორმირება, რომელიც ამა თუ იმ ხარისხით ბლოკავს ჰეტეროსტრუქტურას.

ამ პრობლემების გადაწყვეტის ერთ-ერთ გზას, როცა მასალის რესურსი მთლიანად  $g$ ), რომლებიც დრეკადობის მოდულის გაზრდას უზრუნველყოფენ.

ნაჩვენები იქნა, რომ IV-VI შენაერთების ეპიტაქსიალური ფენების ლეგირებისას  $Mg$ , რომელიც მოცემულ მასალებში ელექტროაქტიური არ არის და ამავე დროს გამოსხივებადი რეკომბინაციის ეფექტიანობაზე არ ახდენს გავლენას, ადგილი აქვს ბიპოლარული ლაზერების მუშა ტემპერატურის მნიშვნელოვან გაზრდას, მესერის პარამეტრის შემცირების ხარჯზე.

ამრიგად დრეკადობის მოდულის ზრდის ხარჯზე, შესაძლებელია ზღვრული დენების მნიშვნელოვანი შემცირება, როგორც კლასიკურ, ასევე კვანტურ-ზომად სტრუქტურებში.

ინსტიტუტში 2011 წელს შესრულებული სამუშაოთა ციკლი მოიცავს IV-VI ნახევარგამტართა შენაერთების ბაზაზე მიღებული ჰეტეროსტრუქტურების კვლევას, მათი მყარი ხსნარების ფართო

დიაპაზონისათვის და სხვადასხვა მინარევების როლის დადგენას დრეკადობის ზღვრის გაზრდის ხარისხზე.

ასევე, ვინაიდან ჰეტეროსტრუქტურათა გამყოფ საზღვარზე მიმდინარე პროცესებთან პირდაპირ კავშირშია ლაზერების მუშაობის სტაბილურობის, მედეგობის და სამუშაო ტემპერატურის ამალღებასთან დაკავშირებული პრობლემები, ამიტომ ამ ასპექტების კვლევა, განსაკუთრებით მრავალფენიანი სტრუქტურებისათვის, რომლებიც გაზრდილია დიელექტიკურ საფენებზე, უაღრესად აქტუალურია.

2საფენზე გაზრდილ  $PbSnTe$ -ის შემთხვევაში საქმე გვაქვს ორ ურთიერთგამყოფ ზედაპირთან: 2; ნახევარგამტარი – ჟანგული ფენა.

ამგვარი სტრუქტურის გამყოფი საზღვრები მოიცავს ზედაპირის მახლობელ ნახევარგამტარის ფენას, რომელიც ხასიათდება სტრუქტურის მაღალი დეფექტურობით და მინარევების შეცვლილი შემადგენლობით და ასევე თავისუფალ გარდამავალ ფენას ნახევარგამტარის ჟანგულების ან სხვა შენაერთების სახით, რომელიც განთავსებულია ეპიტაქსიალური და დიელექტიკულ ფენებს შორის.

ამდენად, სპექტრის (4-20) მკმ არეში ლაზერების და გამოსხივების დეტექტორების პარამეტრების შემდგომი ოპტიმიზაციის მიზნით აუცილებელი გახდა IV-VI შენაერთების ბაზაზე შექმნილი ორფენიანი სტრუქტურების ელექტრო-ფიზიკური პარამეტრების გაზომვის მეთოდის განვითარება.

ცნობილია, რომ IV-VI შენაერთების ზედაპირზე ჟანგბადის ადსორბცია იწვევს ძლიერი  $p$ -ტიპის ზედაპირული ფენის ფორმირებას, რომელიც  $PbSnTe$ -ის შემთხვევაში 75K ტემპერატურაზე  $s$ - ხვრელების ძვრადობა).

ზედაპირზე ასეთი ფენების არსებობა უთუოდ წარმოშობს რიგ თავისებურებებს გალვანომანტიური თვისებების, კვლევების პროცესში, რაც აუცილებლად უნდა იქნას გათვალისწინებული. ზედაპირზე ძლიერი  $p$ -ფენის არსებობა, ართულებს ასევე ჰოლის გაზომვით ინტერპრეტაციას და ხშირ შემთხვევებში ნიღბავს გამოსაკვლევი ობიექტის გამტარებლობის ნამდვილ ხასიათს (ტიპს), განსაკუთრებით  $n$ -ტიპის ნიმუშების შემთხვევაში.

აღნიშნულიდან გამომდინარე აუცილებელი იყო გალვანომანტიურ ეფექტებზე ზედაპირული  $e$  თხელი ფენების ექსპერიმენტალური გამოკვლევისათვის სტანდარტული გალვანომანტიური მეთოდების (ჰოლი, ვან-დერ-პაუ) გამოყენების შესაძლებლობის გარკვევა. ჰოლის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ნიმუშის სისქეზე გათვლილი იყო ორფენიანი მოდელისათვის

2

$1 - xTe$  ( $x \approx 0,2$ ) ნიმუშებისათვის  $T = 77K$  დამახასიათებელი მნიშვნელობები.

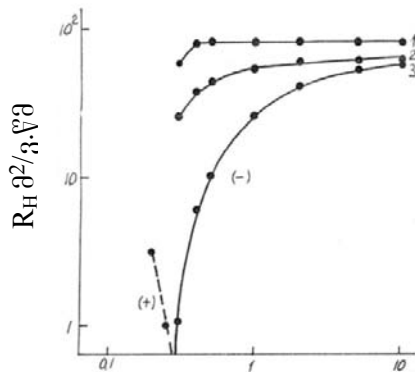
გათვლები ჩატარდა  $n$  ტიპის ნიმუშებისათვის, ვინაიდან ზედაპირული ფენის ზემოქმედება მათზე გაცილებით ეფექტურია.

გათვლების შედეგები მოცემულია გრაფიკების სახით. აღმოჩნდა, რომ პარამეტრების გარკვეული მნიშვნელობისათვის ადგილი აქვს, ჰოლის კოეფიციენტის ნიშნის ინვერსიას. ჰოლის კოეფიციენტი იცვლის ნიშანს ნიმუშის იმ სისქეებისათვის, რომელთათვისაც ადგილი აქვს შემდეგ ტოლობას

17სმ<sup>3</sup>

ზედაპირული ინვერსიული ფენის გავლენა განსაკუთრებით მძაფრად ვლინდება ნიმუშის სისქის მცირე მნიშვნელობებისათვის. სხვა თანაბარ შემთხვევებში ინვერსიული ზედაპირული ფენის გავლენა უფრო ძლიერია  $n$  ტიპის კომპენსირებული ნიმუშებისათვის (ძვრადობის მცირე მნიშვნელობისათვის ნახევარგამტარის მოცულობაში).

უარყოფითი მნიშვნელობების არეში, ნიმუშის სისქის დიდი მნიშვნელობისათვის, ჰოლის



ნახ. 1. ჰოლის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ნიმუშის სისქეზე:  
 $\mu_z = 400 \text{ სმ}^2/\text{ვ}\cdot\text{წ}$ ;  $P_z = 2 \cdot 10^{18} \text{ სმ}^3$ ;

- 4სმ<sup>2</sup>/ვ.წ;
- 4სმ<sup>2</sup>/ვ.წ;
- 3სმ<sup>2</sup>/ვ.წ;

ამრიგად ნიმუშის სისქისაგან ჰოლის კოეფიციენტი დამოკიდებულების გამოკვლევა გვაძლევს შესაძლებლობას დავადგინოთ ზედაპირული ინვერსიული ფენის არსებობა ასევე განვსაზღვროთ ნიმუშის პარამეტრები.

$H = f d$  დამოკიდებულების გრაფიკის აგება (მახლობის მეთოდი) ზედაპირული ინვერსიული  $s$ ) განსაზღვრის შესძლებლობას იძლევა.

1 -  $xTe$ -ის შემთხვევაშიც.  $P$  ტიპის ნიმუშებზე შოტკის ბარიერის შექმნის ყველა მცდელობა უკანასკნელ დრომდე წარუმატებელი იყო, მის ზედაპირზე ძლიერი ინვერსიული  $n$  ტიპის ფენის არსებობის გამო.

ექსპერიმენტულ სამუშაოთა ციკლი, რომელიც ინსტიტუტის ბაზაზე სრულდება შეიცავს კვლევის მონაცემებს IV-VI ნახევარგამტართა შენაერთების მყარი ხსნარების შემადგენლობის ფართო დიაპაზონისათვის.

ძირითადი აქცენტი კეთდებოდა ნახევარგამტარულ მასალათა დრეკადობის ზღრის ხარისხის ამაღლების, ასევე ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფის მიმართულებით თხელი ფენებისა და სტრუქტურის მისაღებად თხევად-ფიზიკური ეპიტაქსიის და ე.წ. "ცხელი კედლის" მეთოდებით (გადაძაბული ნიმუშების მიღება).

ჩვენი კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ლაზერულ სტრუქტურებში დიფუზიური შეუთანხმებლობა ხშირად ვითარდება, რაც იწვევს დენის გამტართა სიციფხლის დროების შემცირებას, სათანადოდ კვანტური გამოსავლისა და აღმზნებელი დენის მომატებას. ამის მიზეზია დისლოკაციების მიგრირება, მათი გამრავლება და ბადის შექმნა. ლაზერების აქტიური უბნის ლეგირებისას სპეციალური მინარეგებით შეიძლება შეიქმნას დისლოკაციების დამამუხრუჭებელი პირობა. მაგრამ ამ ეფექტის გამოკვლევა უშუალოდ ლაზერულ სტრუქტურებში რთულია, რადგანაც ცალხასა დასკვნის გამოტანა არ ხერხდება.

ჩვენ შევისწავლეთ დიელექტრიკულ საფენებზე გაზრდილი ეპიტაქსიური ფენების დამაბულობის ხარისხის დამოკიდებულება მათ სისქეებზე და ლეგირების გავლენა ამ დამოკიდებულებაზე. რენტგენულმა და ოპტიკურმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ მაღალი დონის დამაბულობა ფენებში (სისქეებისას  $\leq 1000 \text{ \AA}$  - კვანტური სტრუქტურები) შენარჩუნებულია ლეგირების პირობებში (მაგალითად  $Te - PbSe$  ფენებისათვის). ამავე დროს ოპტიკური პარამეტრები (გარდატეხის მაჩვენებელი, არეკვლისა და შთანთქმის კოეფიციენტები) სავსებით მისაღებია მაღალეფექტური ლაზერებისათვის. ასევე აკრძალული ზონის სიდიდეები მიუთითებს, რომ შეიძლება ლაზერებში შეიქმნას მაღალი ჰეტერობარიერი, რაც აგრეთვე აუცილებელია ლაზერების ფუნქციონირებისათვის ოთახის ტემპერატურაზე. ეს კი ინფრაწითელი ლაზერების გამოყენებას სპექტროსკოპიაში ბევრად პერსპექტიულად ხდის.

ინფრაწითელი ლაზერების ფუნქციონირება ოთახის ტემპერატურაზე (აქამდე მათი სამუშაო ტემპერატურა იყო  $\leq 220K$ ) სპექტროსკოპიაში და ოპტიკურ ბოჭკოვან კავშირისათვის მასშტაბური ამოცანაა. ამ ეტაპზე დეტალურად იყო შესწავლილი ერთ-ერთი მთავარი ხელშემშლელი პრობლემა –

დიფუზიური შეუთანხმებლობა და გამონახულია ხერხი მისი უარყოფითი გავლენის აცილებისა, რაც საინტერესოა მათი გამოყენების სფეროს გაფართოებისათვის.

ექსპერიმენტალური ტექნიკის დახვეწისას გაჩნდება ლაზერების სიხშირეთა გადაწყობის შესაძლებლობა, რაც მკვეთრად გააფართოვებს მათი გამოყენების სფეროს.

**მაღალი ტევადობის კერამიკული კონდენსატორები როგორც ელექტროენერჯის დაგროვების საშუალება**

(ბ. ხვიტია, ს. მაჭავარიანი, ჰ. ჭაჭუა , გ. ბრაილოვსკი)

მსოფლიო ეკონომიურმა კრიზისმა ეკოლოგიური სიტუაციის მკვეთრმა გაუარესებამ, ნავთობის მარაგის შემცირებამ და შესაბამისად ნავთობზე ფასების განუწყვეტელმა ზრდამ დაგვანახა რომ აუცილებელია ახალი ენერგომომნახველი პროექტების განვითარება.

როგორც საყოველთაოდ ცნობილია ამ პრობლემის გადაწყვეტა მოითხოვს მეცნიერების და ტექნოლოგიების სხვადასხვა მიმართულებების კომპლექსურ განვითარებას. ერთ-ერთ ასეთ მიმართულებას წარმოადგენს ელექტრომობილები. ახალი ტექნოლოგიური მიღწევები საშუალებას იძლევა უკვე დღეს განხორციელდეს გადასვლა შიდა წვის ძრავებიდან ელექტროენერჯიაზე. როგორც წამყვანი ავტომწარმოებლები იუწყებიან ელექტრომობილებზე გადასვლას უახლოეს მომავალში უნდა ველოდეთ და მთავარ პრობლემის ამ მიმართულებით წარმოადგენს ინფრასტრუქტურის და მომსახურების არარსებობა.

ერთ-ერთ განუწყვეტლივ განვითარებად მიმართულებას წარმოადგენს ელექტროენერჯის დაგროვება-შენახვა - აკუმულატორები და კონდენსატორები. ორივე მიმართულებით ბოლო დროს საკმაოდ დიდი ნაბიჯები გადაიდგა: გაიზარდა აკუმულატორების ტევადობა, შემცირდა მათი მასა და დამუხტვის დრო, გაიზარდა დამუხტვა-განმუხტვის ციკლების რაოდენობა (3000-5000-მდე), რამაც აკუმულატორების მუშაობის ვადა 10-25 წლამდე გაზარდა. მიუხედავად ასეთი წინსვლისა ჩვენი აზრით კონდენსატორების გამოყენება ამ მიმართულებით გაცილებით პერსპექტიულია, მათი დამუხტვის დრო შეზღუდულია მხოლოდ იმ ენერჯის რაოდენობით, რომელსაც მას მივაწოდებთ, მუშაობის ვადა და დამუხტვა-განმუხტვის რაოდენობა კი თითქმის 1000-ჯერ მეტია.

ქვემოთ მოყვანილია შედარებითი ცხრილი კერამიკულ კონდენსატორულ სისტემების და საუკეთესო ქიმიურ აკუმულატორებს შორის ერთიდაიგივე ტევადობის (52კვსთ) შემთხვევაში:

	<b>Ceramic EESU</b>	<b>NIMH</b>	<b>LEAD-ACID (Gel)</b>	<b>Lithium-ion</b>
წონა (kg/ibs)	<b>135/300</b>	780/1716	1660/3646	340/752
მოცულობა (litres/cubic inches)	<b>74.5/4541</b>	293/17,881	705/43,045	93.5/5697
საკუთარი განმუხტვა	<b>0.02%/30Days</b>	5%/30Days	1X/30 days	1%/30 Days
დამუხტვის დრო	<b>3-6 min</b>	>3.0 hr	3-15 hr	>3.0 hr
ტევადობის კარგვა მუშაობის პროცესში	<b>none</b>		high	very high
Hazardous Materials	<b>none</b>	yes	yes	yes
Temperature vs.effect on energy storage	<b>negligible</b>	high	very high	high
Commercially Available	<b>no</b>	yes	yes	yes

როგორც ცხრილიდან სჩანს ჯერჯერობით წარმოების ტექნოლოგიის დაუხვეწაობის გამო, კერამიკული დიდი ტევადობის კონდენსატორების წარმოება ძალიან ძვირი ჯდება, ჯერჯერობით ასეთი ენერგომომნახველი სისტემები თავისუფალ გაყიდვაში არ არის.

ჩვენ ინსტიტუტში გადადგმულია კონკრეტული ნაბიჯები დიდი ტევადობის კერამიკული კონდენსატორების ელემენტების სექმნისა და წარმოების ტექნოლოგიური ბაზის შექმნის მიმართულებით.

შესწავლილი იქნება ახალი მასალები მაღალდიელექტრიკული შეღწევადობით და ელექტრომედევობით. პერსპექტიულ მიმართულებად ისახება აგრეთვე სხვადასხვა დიელექტრიკული მასალების კომბინაცია.

ვინაიდან კონდენსატორის მიერ დაგროვებული ენერგია სამუშაო ძაბვის კვადრატის 2), ძაბვის ორჯერ გაზრდა ენერგიეს ოთხჯერ გაზრდა ენერგიეს ოთხჯერ მატებას გამოიწვევს.

ვინაიდან ამ ტიპის კონდენსატორები 1000-3000V ძაბვაზე მუშაობენ აქტუალური ხდება მაღალი ძაბვის იმპულსური გარდამქმნელი სისტემების პროექტირება და მოდელირება.

ამჟამად ინსტიტუტში ამ მიმართულებითაც მიმდინარეობს კვლევები.

#### კვლევის შედეგები მოხსენებულია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე:

თარიღი	კონფერენციის დასახელება	მოხსენების სათაური	ჩატარების ადგილი
18-21 მაისი 2011	Modern Problems of Surface Chemistry and Physics	Supercritical nanostructures on the base of IV-VI semiconductors	კიევი
5-8 აპრილი 2011	Functional materials and nanotechnologies 2011	Optical JR Transmission Spectra of Trin Epitaxial Lead Selenide Launders	რიგა

#### სამეცნიერო პროექტებში მონაწილეობა:

GNSF-ის სამეცნიერო გრანტის მოსაპოვებლად 2011 წელს წარდგენილია ორი პროექტი, რომელშიც მონაწილეობას მიიღებენ ინსტიტუტის თანამშრომლები.

შესრულებული საინჟინრო-საკონსტრუქტორო სამუშაოთა შედეგად საქპატენტში წარდგენილია სამი განაცხადი – ორზე მიღებულია დადებითი გადაწყვეტილება:

(ვ. შველიძე, მ. ელიზბარაშვილი, გ. ტოგონიძე)

1. “ულტრაიისფერი გამოსხივების ინტენსივობის ზრდის ხერხი” (საქპატენტი, ბრძანება #405/01, 13.06.2011 წ.);
2. “სინათლის მშთანთქავი ზედაპირის მიღების ხერხი” (საქპატენტი, ბრძანება #406/01, 13.06.2011 წ.);
3. “ოზონის მიღების ხერხი” (წარდგენილია განაცხადი გამოგონებაზე).

**კვლევის შედეგების დანერგვა:** მიმდინარეობს მოლაპარაკება ორ უცხოელ ფირმასთან ინსტიტუტში შემუშავებული სიახლეების (პატენტები) წარმოებაში დანერგვის თაობაზე (მოსალოდნელია კონტრაქტის გაფორმება).

**ნაწილობრივ მიღების ახალი რადიკალურ სხივური კვაზიეპიტაქსიური ტექნოლოგიური მეთოდი**

(მაია შარვაშიძე; თამაზ ბუთხუზი, თამარ ხულორდავა, ნოდარ გაფიშვილი, ეკა კველიძე, ლია ტრაპაიძე, ლია აფციაური)

ფართოზონიანი ნახევარგამტარული შენაერთი ZnO პერსპექტიული მასალაა სხვადასხვა ოპტოელექტრული სისტემების ხელსაწყოების შესაქმნელად, ანუ ცისფერი ულტრაიისფერი შუქმნატი დიოდების, მყარი ტანის ლაზერებისა და სხვა ოპტოელექტრული ხელსაწყოების შესაქმნელად. ZnO აქვს ფართო აკრძალული ზონა ( $E_g = 3.3$  ევ ოთახის ტემპერატურაზე) და მესრის პარამეტრები, რომლებიც მსგავსია GaN-ის პარამეტრებისა, რომელიც ამჟამად ცისფერი და ულტრაიისფერი ფოტონიკის მთავარი მასალაა. ZnO-ს ექსიტონის ბმის ენერგია შეადგენს 60 მეე-ს, რაც გაცილებით მეტია ვიდრე GaN-ის შემთხვევაში (25 მეე). ამრიგად, მოსალოდნელია, რომ ZnO-ს ბაზაზე შექმნილი გამომსხივებელი ემიტერი იქნება გაცილებით კაშკაშა, ვიდრე შესაბამისი GaN-ზე დაფუძნებული გამომსხივებელი ემიტერი. გარდა ამისა ZnO მასალის დაბალი თვითღირებულება, მაღალი კრისტალორობის ხარისხი, და მაღალი გამომსხივების წინააღობა ამ მასალას პერსპექტიულად აქცევს, რათა კონკურენცია გაუწიოს GaN-ზე დაფუძნებულ ტექნოლოგიებს. ამის მიუხედავად, ZnO-ში p-ტიპის ლეგირება უფრო რთულია, ვიდრე აზოტ-ნაერთებში. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ჟანგბადი უფრო ელექტროუარყოფითია, ვიდრე აზოტი; ამის გამო ZnO-ს სავალენტო ზონის მაქსიმუმი უფრო დაბალია ვიდრე GaN. შესაბამისად, ZnO-ში აქცეპტორული დონეები უფრო ღრმაა და ლეგირების ზღვრული მნიშვნელობის გათვალისწინებით, ZnO-ს p-ტიპის ლეგირება გაცილებით რთულია, ვიდრე GaN-ისა. p-ტიპის ლეგირების ასეთი შეზღუდული შესაძლებლობები ხელს უშლიდა ZnO-ს სრულად გამოყენებას როგორც ოპტოელექტრონიკის ახალი მასალისა. ფართოზონიანი ნახევარგამტარების ლეგირების სირთულე, ისეთებისა როგორცაა ZnO, ხშირად უკავშირდება ან მალეგირებლის დაბალ ხსნადობას, ან იონიზაციის ენერგიის მაღალ მნიშვნელობას, ამრიგად, დეფექტი იონიზირებული არ არის ნორმალურ სამუშაო ტემპერატურაზე. ხვრელური გამტარობის მიღება განსაკუთრებით პრობლემატურია, ვინაიდან არ არსებობს ელექტრო-ოპტიკური თვისებების მართვის ეფექტური მეთოდები.

კვლევის მიზანია ფართო დიაპაზონში ვმართოთ II-VI ფართოზონიანი ნახევარგამტარების ელექტრო-ოპტიკური თვისებები და მივიღოთ მკვეთრი p-n გადასასვლელი, ტრანზისტორი, ულტრაიისფერი შუქმნატი დიოდი.

ამჟამად არსებული ტექნოლოგიური მეთოდები წარმატებით გამოდგება ვიწროზონიანი ნახევარგამტარების თვისებების რეგულირებისათვის, მაგრამ არადაამაკმაყოფილებელ შედეგს იძლევა ფართოზონიანი ნახევარგამტარებისათვის. ამ უკანასკნელიდან გამომდინარე, ოპტო-ელექტრული ინდუსტრია ვიწროზონიან ნახევარგამტართა გამოყენებას ეფუძნება. ფართოზონიანი პირდაპირ-გადასასვლელიანი ნახევარგამტარების გამოყენება მნიშვნელოვანია ოპტოელექტრულ სტრუქტურებში. შესაბამისად ZnSe, ZnS, ZnO ნახევარგამტართა თვისებების რეგულირების პრობლემის გადაჭრა ამჟამად მეტად აქტუალურია.

ამ მასალებს შორის განსაკუთრებულია ZnO, რომელსაც ოპტოელექტრულ ინდუსტრიაში გამოყენების თვალსაზრისით უნიკალური თვისებები ახასიათებს. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ დღემდე დეგრადაცია მედეგი p-ტიპის ZnO მიღება გადაუჭრელ პრობლემას წარმოადგენს, რაც ხელს უშლის მის გამოყენებას ოპტოელექტრულ ინდუსტრიაში. აქცეპტორებით ლეგირების არაეფექტურობა ამ შენაერთში კომპენსაციისა და თვითკომპენსაციის უნართან და მალეგირებლის დაბალ ხსნადობასთანაა დაკავშირებული. მალეგირებლის დაბალი ხსნადობის დაძლევა შესაძლებელია არაწონასწორული ზრდის მეთოდების გამოყენებით.

თეორიულმა გათვლებმა აჩვენა, რომ ფტორი (F), როგორც მინარევი ZnO-ში თხელი აქცეპტორული დონეების შესაქმნელად საუკეთესო კანდიდატურას წარმოადგენს. გათვლების თანახმად, გადასვლის (სავალენტო ზონიდან დეფექტის შესაბამის ენერგეტიკულ დონეზე) ენერგია რთულ დეფექტზე  $V_{Zn}-F_0$  არის 0,16 ევ-ს შეადგენს.

არაწონასწორული რადიკალურ-სხივური კვაზიეპიტაქსიის ტექნოლოგიური მეთოდი შემუშავებულ იქნა, რათა გადაჭრილიყო ZnO-ს ელექტრო-ოპტიკური თვისებების მართვის პრობლემა. ჩვენ ვიკვლევთ რსკე ტექნოლოგიური მეთოდის შესაძლებლობებს ფტორით ლეგირებულ ZnO –ს ფენებში ელექტრო-ოპტიკური თვისებების მართვის მიზნით.

რსკე მეთოდი არ ჩაანაცვლებს ან გამოირიცხავს უკვე ცნობილ მეთოდებს მოლეკულურ-სხივური ეპიტაქსიის ან მოლეკულურ-ჟანგბად გაზო-ფაზური ეპიტაქსიის მეთოდებს. მნიშვნელოვანი განსხვავება რსკე-სა და სხვა ცნობილ მეთოდებს შორის არის შემდეგი: შემუშავებულ ტექნოლოგიაში საფენად გამოიყენება იგივე ნახევარგამტარული კრისტალი, რომლის ოპტოელექტრული თვისებების რეგულირებაც უნდა მოხდეს.

რსკე საშუალებას გვაძლევს ვარეგულიროთ დეფექტთა წარმოქმნის მექანიზმები ZnO ფართოზონიან ნახევარგამტარებში; შესაბამისად, ნიმუშების ელექტრო-ოპტიკური თვისებების მართვა. აღნიშნული მეთოდი საშუალებას იძლევა მივიღოთ ZnO კვაზიეპიტაქსიური ფენები ისეთი ბინარული შენაერთების ზედაპირზე როგორცაა ZnO, ZnS და ZnSe-ის ბაზაზე. განსხვავება რსკე და ცნობილ გაზო-ფაზური ეპიტაქსიას შორის არის ის, რომ ახალი ფენების წარმოქმნისას, არალითონური კომპონენტი მოდის გაზური ფაზიდან და ლითონური კომპონენტი ბაზური კრისტალიდან. მეორე მნიშვნელოვანი განსხვავება არის ის, რომ ბაზური კრისტალი მოთავსებულია რეაქტორის მაქსიმალურ ტემპერატურულ არეში. ტემპერატურის ასეთი განაწილება იწვევს არაკონტროლირებადი მინარევების განდევნას რეაქტორის ცივ არეებში. ახალი ფენების წარმოქმნა ხდება 150-1000°C ტემპერატურულ ინტერვალში. ექსპერიმენტი აჩვენებს, რომ p-ტიპის ZnO მიიღება ბაზური კრისტალის თერმოდამუშავებით 300-600°C ტემპერატურულ დიაპაზონში. რსკე მეთოდი წარმოქმნის ZnO-ს კრისტალურ ფენებს ZnO-ს კრისტალის ბაზაზე. ჟანგბადის რადიკალთა კონცენტრაცია იყო დაახლოებით  $n_0 \approx 10^{14} - 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ .

რსკე მეთოდში დეფექტთა წარმოქმნის მექანიზმების მიხედვით ბაზურ კრისტალში  $V_{Zn}$  კონცენტრაცია იზრდება. ჟანგბადის ვაკანსიების კონცენტრაცია ბაზურ n-ტიპის ZnO-ს კრისტალში ძალიან მაღალია.  $V_{Zn}$ -ის გაზრდასთან ერთად ფერმის დონე დაიწევს სავალენტო ზონის კიდისკენ და მიმდინარეობს ელექტრონის გადასვლა  $V_o^+$  -დან  $V_{Zn}^-$ ზე, შედეგად წარმოიქმნება  $V_o^{+2}$  და  $V_{Zn}^-$ . დეფექტთა  $V_o^{+2}$  და  $V_{Zn}^-$  კონცენტრაციის გაზრდასთან ერთად იზრდება ( $V_{Zn}^- - V_o^{+2}$ ) ასოციატის წარმოქმნის ალბათობა. აგრეთვე მნიშვნელოვანია, რომ რსკე-ს მიმდინარეობისას  $V_{Zn}$ -ის წარმოქმნა პერმანენტულად მიმდინარეობს.  $V_{Zn}$  დეფექტის წარმოქმნის ენერგია  $V_o$ -ის მახლობლად დაბალია, ვიდრე  $V_{Zn}$  დეფექტის წარმოქმნის ენერგია სტრუქტურული დეფექტის არარსებობისას.  $V_o^{+2}$  და  $V_{Zn}$  კონცენტრაციის გაზრდასთან ერთად იზრდება ( $V_{Zn}^- - V_o^{+2}$ ) ასოციატის წარმოქმნის ალბათობა. ამრიგად, დომინანტური დეფექტებია  $V_o^{+2}$ ,  $V_{Zn}^-$ , ( $V_{Zn}^- - V_o^{+2}$ ) და ( $V_{Zn}^- V_o^{+2}$ ). ეს მოდელი შეესაბამება ექსპერიმენტულ მონაცემებს.

ზონური სტრუქტურების მეთოდის პირველი პრინციპის გამოყენებით სხვადასხვა ნაშრომებში, ავტორები ახდენენ დემონსტრირებას, რომ აქცეპტორის გადასვლის ენერგია  $V_{Zn}-O_o$  შემცირებული იქნება თუ ჟანგბადს ჩაენაცვლება ფტორი  $F_o$ , ვინაიდან ფტორი უფრო ელექტროუარყოფითია ვიდრე ჟანგბადი.

ZnO-ში მინარევული p-ტიპის გამტარობის მისაღებად ჩვენს მიერ ჩატარდა შემდეგი ექსპერიმენტი: n-ტიპის ZnO (წარმოებული Cermet, Inc.) იმპლანტირებულ იქნა  $F^+F$  იონებით კონცენტრაციით  $10^{20} \text{ cm}^{-3}$ , ენერგიებით  $E=110 \text{ eV}$  და დოზებით  $D=10^{16} \text{ cm}^{-2}$ . იმპლანტირებულ ZnO კრისტალში წარმოქმნილი დეფექტების გამოწვევა მიმდინარეობდა რსკე მეთოდით. რსკე თერმოდამუშავების ხანგრძლივობა იყო 3, 4 და 6 საათი. შედეგად ჩვენ მივიღეთ ZnO:F ახალი კვაზიეპიტაქსიური ფენები. ჰოლის გამოკვლევების მიხედვით (ვან დერ პაუს მეთოდით) ZnO:F ეპიტაქსიური ფენები მიღებული 4 და 6 საათიანი დამუშავებით არიან p-ტიპის. გაზომვები ჩატარებულ იქნა ოთახის ტემპერატურაზე.

(ცხრილი 1)

მიღებულ ფენების ტიპი	რსკე-ში დამუშავების ტემპერატურა T °C	რსკე დამუშავების ხანგრძლივობა t (სთ)	თავისუფალი გადაიტანების მერადობა $\mu$ (cm <sup>2</sup> /Vs)	თავისუფალი გადაიტანების კონცენტრაცია n (სმ <sup>-3</sup> )	კუთრი წინაღობა $\rho$ (Ω cm)
#1. n	400	3	1500	$1,5 \times 10^{19}$	$2,7 \times 10^{-4}$
#4. p	400	4	220	$1,6 \times 10^{18}$	$1,8 \times 10^{-2}$
#6. p	400	6	270	$1,0 \times 10^{19}$	$2,3 \times 10^{-3}$
#7. p	400	6	250	$7,7 \times 10^{18}$	$1,8 \times 10^{-3}$

პირველ შემთხვევაში 3 საათიანი დამუშავებისას ნიმუში (# 1) იმპლანტაცია რადიაციულ დეფექტთა წარმოქმნის გამო იმპლანტირებულ ფენებში იწვევს დიფუზიის სტიმულირებას. ბაზური კრისტალიდან ახალ მშენებარე ფენებში ექსტრაგირებული თუთიის კონცენტრაცია ძალიან მაღალია. როგორც ჩანს, 3 საათი არასაკმარისია რადიაციულ დეფექტთა მკურნალობისათვის, შესაბამისად

დიფუზია აქტიურია. შედეგად მიღებულ ფენებში თუთიის კონცენტრაცია ჭარბობს ჟანგბადის კონცენტრაციას. ეს იწვევს n-ტიპის ZnO-ს ფენების წარმოქმნას 400°C-ზე რსკე-ში თერმოდამუშავებისას (3 საათის განმავლობაში).

ცხრილში განხილულ მეორე, მესამე და მეოთხე შემთხვევაში მივიღეთ p-ტიპის ZnO-ს ახალი ფენები რსკე თერმოდამუშავების ტემპერატურა იყო 400°C და დრო შეადგენდა 4, 6 და 6 საათს შესაბამისად. 4-საათიანი თერმოდამუშავებისას ხდება იმპლანტაციისას წარმოქმნილ რადიაციულ დეფექტთა მკურნალობა, რის გამოც ბაზურ კრისტალში დიფუზიური პროცესები შენელებდა. ეს იწვევს ახალ მშენებარე კვაზიეპიტაქსიურ ფენებში თუთიის კონცენტრაციის შემცირებას. ამრიგად, ახალ მშენებარე ფენებში დომინირებადია ( $V_{Zn}-F_o$ ) ასოციატი, რომელისც წარმოიქმნა ( $V_{Zn}-V_o$ ) დეფექტიდან ფტორის ჩანაცვლებით ჟანგბადთან. ამრიგად, კვაზიეპიტაქსიურ ZnO ფენებში, რომელიც მიიღება ZnO:F ბაზაზე დომინირებადი დეფექტია ( $V_{Zn}-F_o$ ) ასოციატი. ეს არის პრინციპული მიზეზი, რამაც შესაძლებელი გახადა p-ტიპის ZnO-ს მიღება და რაც წინასწარ გათვლილი იქნა პირველადი პრინციპის ზონური სტრუქტურების მეთოდით. აღნიშნული შედეგები ადასტურებს რსკე-ს მიმდინარეობისას დეფექტთა წარმოქმნის წარმოდგენილ მექანიზმს.

ეს შედეგები აჩვენებს, რომ რსკე მეთოდი ეფექტურად აკონტროლებს ZnO ნახევარგამტარის ელექტრო-ოპტიკურ თვისებებს და ეს არის მნიშვნელოვანი ოპტოელექტრული სისტემების მისაღებად. რსკე-ს მეთოდის დემონსტრირებული შესაძლებლობები ქმნის ბაზას p-n გადასასვლელის, ულტრაიისფერი შუქმნათი დიოდისა და ულტრაიისფერი ლაზერის შესაქმნელად. ეს ZnO-ს მომავლის მასალიდან ოპტოელექტრული სტრუქტურების შესაქმნელად აქტიურად გამოყენებად მასალად აქცევს.

რსკე მეთოდს აქვს შემდეგი მნიშვნელოვანი განსაკუთრებულობა: ფიქსირებული ჟანგბადის კონცენტრაციისას შესაძლებელია ვარეგულიროთ ბაზური კრისტალიდან თუთიის მიწოდება ტემპერატურის ვარიაციების მეშვეობით. რსკე მეთოდი აკონტროლებს სტექიომეტრულ შემადგენლობას როგორც მიღებულ ფენებში, ასევე ბაზურ კრისტალში, რაც შესაძლებელს ხდის პრაქტიკულად გამოყენებადი შედეგების მიღწევას. დიფრაქტოგრაფიისა და ოპტიკური კვლევა აჩვენებს, რომ რსკე მეთოდის გამოყენებით ZnO-ს მონოკრისტალური ფენები იქნა მიღებული ZnS-Au ბაზაზე კრისტალზე.

რსკე მეთოდით Au-ZnO-ZnS-In სისტემაზე ცისფერი შუქმნათი დიოდი იქნა მიღებული. რსკე მეთოდით ZnO-ს ბაზაზე ულტრამონოკრისტალური და ულტრამალალი ხარისხის ZnO-ს ფენები იქნა მიღებული. აღნიშნული ფენების ფოტოლუმინესცენციის სპექტრში დამზერილ იქნა A, B და C თავისუფალი ექსიტონური გამოსხივება, რომელთა დაფიქსირებაც გამოწვეულია კრისტალში პოლარიტონის არსებობასთან.

#### კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

- ნიმუშების იმპლანტირება და რადიკალურ-სხვიური კვაზიეპიტაქსიის მეთოდით დამუშავება;
- მიღებული ფენების ელექტრული კვლევა;
- მიღებული ZnO ნიმუშების ელექტრული კვლევის შედეგები საერთაშორისო მასშტაბით რეკორდული, განმეორებადი და დეგრადაციამდეგია.
- მიღებული ნიმუშებიდან #7 ZnO p-ტიპის ნანო-ფირით (ცხრილი 1) გაგზავნილია ამერიკის სამეცნიერო ლაბორატორიაში ტესტირებისათვის.
- ნაჩვენებია, რომ რსკე ტექნოლოგიური რეაქტორის გამოყენებით შესაძლებელია ZnMnTe –ის ბაზაზე მივიღოთ მზის ბატარეებისათვის უნიკალური მასალა ZnMnTeO, რომლის მარგი ქმედების კოეფიციენტი რეკორდულია მქვ >56%.

შედეგები გამოქვეყნებულია ჟურნალებში და მომზადდა 2 სტატია გამოსაცემად (ხელნაწერის სახით);

1. T. Butkhuzi, M. Sharvashidze, N. Gapishvili, L. Trapaidze, T. Khulordava, E. Kekelidze, N. Gapishvili, „Regulation of defect creation in ZnO p-type films by RBQE method“, **Nano Studies Vols 3, 2011**



2. L. Trapaidze, R. Hollweck, S. Beljakowa, B. Zippelius, H. B. Weber, G. Pensl, M. Krieger, “Iron-related Defect Centers in 4H-SiC Detected by Deep Level Transient Spectroscopy”, **Materials Science Forum Vols. 679-680 (2011) pp. 257-260**

**სამეცნიერო პროექტებში მონაწილეობა:**

2 სამეცნიერო პროექტი წარდგენილია რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდში გრანტის მოსაპოვებლად.

ღია ტრაპაიძე - DAAD სამეცნიერო სტიპენდია, გერმანია 01.06-30.07, 2011

კვლევის შედეგები მოხსენებულია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე:

თარიღი	კონფერენციის დასახელება	მოხსენების სათაური	ჩატარების ადგილი
30 მარტი, 2011	გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები	Investigation of p-type ZnO nano layers implanted by F <sup>+</sup> ions	თბილისი

ჩატარდა 4 სემინარი მიღებული შედეგების განხილვით.

## ნივთიერებათა კვლევის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი

ჭავჭავაძის 3, ჭავჭავაძის 13. 2290826, 2220397. [nodar.kekelidze@tsu.ge](mailto:nodar.kekelidze@tsu.ge), ინსტიტუტის დირექტორი პროფ. ნ. კეკელიძე

## სამეცნიერო მიმართულება:

ინსტიტუტის სამოქმედო გეგმა დაფუძნებულია შემდეგ სამეცნიერო მიმართულებებზე:

1. რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული მასალების შექმნა და მათ ბაზაზე ფოტოელემენტების და სხვა რადიაციულად მდგრადი ხელსაწყოების შექმნის პერსპექტივები.
2. ეკოლოგიის უმნიშვნელოვანესი პრობლემები. გარემოს რადიაციული, ტოქსიკური და სხვა დაბინძურების ხარისხის კვლევა და მათი აღმოფხვრის გზები, ნივთიერებათა ფიზიკური თვისებების კვლევა. გარემოს ობიექტების კვლევა.
3. ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორების შემცველი ტერიტორიების კვლევა და მათი რეაბილიტაციის ტექნოლოგიების დამუშავება.
4. პერსპექტიული სამეცნიერო-ტექნიკური თემატიკის ფინანსირების წყაროების საძიებელი სამუშაოები.

## ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:

I. პროექტი GNSF/ST08/4-415. ახალი რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული მასალების შექმნა  $InP_xAs_{1-x}$  მყარი ხსნარის ბაზაზე. სამეცნიერო ხელმძღვანელი პროფესორი ნ. კეკელიძე, კვლევაში ჩართული პერსონალი: დ.კეკელიძე, ა.ვეფხვაძე, ბ.კვიციანი, ზ.დავითაია, ლ.ახალბედაშვილი, გ.ცოტაძე, ე.ხუციშვილი, ლ.ახალბედაშვილი

II. პროექტი STCU-SRNSF რადონის ექსპლაცის მდგომარეობა ქ. თბილისში და მოსახლეობაზე მისი რადიოლოგიური ზემოქმედების შეფასება. პროექტის ხელმძღვანელი ნ. კეკელიძე, კვლევაში ჩართული პერსონალი: თ.ჯახუტაშვილი, ე.თულაშვილი, ზ.ბერიშვილი, ლ.მწარიაშვილი, მ.ჩხაიძე, გ.ქაჯაია, ი.ამბოკაძე, თ. ქემაშვილი, ნ.ხიხაძე.

III. მძიმე მეტალებით დაბინძურებული ნიადაგის ფიტორედიმაციის მეთოდებით გაწმენდა-აღდგენის კვლევის სამუშაოები. ხელმძღვანელი ნ. კეკელიძე, კვლევაში ჩართული პერსონალი: დ.კეკელიძე, გ.ცოტაძე, ბ. კვიციანი.

## კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

- I. ახალი რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული მასალების შექმნა  $InP_xAs_{1-x}$  მყარი ხსნარის ბაზაზე.
- II. რადონის ექსპლაცის მდგომარეობა ქ. თბილისში და მოსახლეობაზე მისი რადიოლოგიური ზემოქმედების შეფასება.
- III. მძიმე მეტალებით (Cu, Zn, Cd, Pb, Mn, Fe, Co, Ni და სხვ.) დაბინძურებული ნიადაგის ფიტორედიმაციის მეთოდებით გაწმენდა-აღდგენის კვლევა.

## კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები :

I. პროექტი ფრიად აქტუალურია თანამედროვე მეცნიერებაში, ვინაიდან მიღებული შედეგების გამოყენება შესაძლებელია როგორც ავარიული ატომური ელექტროსადგურებისთვის (ჩერნობილი, ფუკუშიმო), ასევე კოსმოსისთვის და განსაკუთრებით კი ატომურ ელექტროსადგურებზე პრევენციული ღონისძიებების ჩასატარებლად. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ახალი რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული მასალების შექმნა, რაც წარმატებით იქნა მიღწეული.

ჩვენს მიერ განვითარებული ახალი კონცეფციისა და ახალი ტექნოლოგიის გამოყენებით  $InP_xAs_{1-x}$  მყარი ხსნარების ბაზაზე შეიქმნა ახალი რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული მასალები.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ აღნიშნულმა ტექნოლოგიამ საშუალება მოგვცა შეგვექმნა ისეთი ელექტრონული და ოპტიკური მასალები, რომლებიც უძლებენ განსაკუთრებით ხისტ და მძლავრ დასხივებას ( $\Phi=2\cdot 10^{18}$  ნეიტრონი/სმ).

ამასთანავე:

გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ InAs-ის შენაერთი ხასიათდება უნიკალური რადიაციული თვისებებით. ოკერმანის შემდეგ, ჩვენს მიერ ნაჩვენები იქნა, რომ დასხივების ნებისმიერ პირობებში (დასხივების ტიპი, ენერჯის და ტემპერატურის ცვლა, სხვადასხვა ტიპის მინარევებით ლეგირება და სხვ) InAs-ში, დასხივების შედეგად, ყოველთვის ადგილი აქვს დონორულ ეფექტს, ანუ დასხივება ყოველთვის იწვევს ელექტრონების კონცენტრაციის გაზრდას, რაც ფრიად იშვიათი გამონაკლისია, ვინაიდან როგორც წესი, დასხივების შედეგად ნახევარგამტარში ჩნდება ე.წ. ჩამჭერი ცენტრები, რომლებიც ამცირებენ ელექტრონების კონცენტრაციას და მნიშვნელოვანი დოზების შემთხვევაში ნახევარგამტარი გადადის თითქმის დიელექტრიკულ მდგომარეობაში, რის გამოც მიკრო და ოპტოელექტრონიკაში გამოსაყენებლად უვარგისი ხდება. ჩვენს მიერ აგრეთვე ნაჩვენები იქნა, რომ მყარ ხსნარებში  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  რომლებიც თავისი შემადგენლობით ახლოს არიან InAs-თან, დასხივების შედეგად ხორციელდება დონორების შექმნის პროცესი, ანუ ელექტრონების კონცენტრაციის ზრდა, ხოლო InP-ში და მასთან ახლოს მყოფ მყარ ხსნარებში დასხივება იწვევს ელექტრონების კონცენტრაციების შემცირებას.

ამრიგად, გამოვლენილ იქნა, რომ  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარ ხსნარებში დასხივების დროს ხორციელდება ორი ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მიმართული, პროცესი, რომლის დროსაც ერთი იწვევს თავისუფალი ელექტრონების კონცენტრაციის ზრდას, ხოლო მეორე მის შემცირებას.

შერჩეულ იქნა მყარი ხსნარის ისეთი შემადგენლობა და ლეგირების ხარისხი, რომლის დროსაც ხორციელდება აღნიშნული ორი პროცესის ურთიერთკომპენსაცია. ცხადია, ასეთ მყარ ხსნარში ელექტრონების კონცენტრაცია დასხივების შედეგად არ იცვლება ანუ მიიღება რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული ნივთიერება.

მიღებულ იქნა ისეთი მყარი ხსნარები, რომლებშიც ყველა ნახევარგამტარის და ნახევარგამტარული ხელსაწყოების უმნიშვნელოვანესი პარამეტრი\_ელექტრონების კონცენტრაცია პრაქტიკულად არ იცვლება ისეთი მძლავრი და ხისტი დასხივების შედეგადაც კი, როგორცაა ჩქარი ნეიტრონების უზარმაზარი დოზით დასხივება  $\Phi=2\cdot 10^{18}$  ნეიტრონი/სმ<sup>2</sup>.

შეიქმნა აგრეთვე, რადიაციულად მდგრადი ოპტიკური ნივთიერება.

**ამრიგად, ჩვენს მიერ მიღებულია უნიკალური რადიაციულად მდგრადი ნივთიერება (ნოუ ჰაუ), რომელსაც მსოფლიოში ანალოგი არ გააჩნია,** რაც ფრიად აქტუალურია დღეისთვის, როგორც ავარიული ატომური ელექტროსადგურებისთვის (ჩერნობილი, ფუკუშიმო), ასევე კოსმოსისთვის და განსაკუთრებით კი ატომურ ელექტროსადგურებზე პრევენციული ღონისძიებების ჩასატარებლად.

$\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$ -მყარი ხსნარების ბაზაზე შესაძლებელია შეიქმნას პრაქტიკულად ყველა მაღალეფექტური ელექტრონული და ოპტოელექტრონული ხელსაწყო, ცნობილი სტანდარტული ტექნოლოგიების გამოყენებით.

აღნიშნული საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნას  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$ -მყარი ხსნარების უნიკალური ელექტრონული და ოპტიკური თვისებები: ელექტრონების მაღალი ძვრადობა, პირდაპირი ენერგეტიკული ზონების არსებობა, დენის არადირითად მატარებელთა მცირე სივცობის ხანგრძლივობა და სხვა.

$\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარი ხსნარები არის ტექნოლოგიურად უაღრესად მოხერხებული მასალა: მზადდება ყველა შემადგენლობის ნივთიერებები ( $X=0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9$ ), სრულდება ვეგარდის კანონი და ხსნარის შემადგენლობის ცვლილებისას არ მახინჯდება ენერგეტიკული ზონები (ნივთიერების ყველა შემადგენლობისთვის).

დღეისათვის განსაკუთრებით აქტუალურია ელექტრონული რობოტების დამზადება ჩერნობილისა და ფუკუშიმოს მაღალაქტიური ზონებისთვის, რაც აწყდება დიდ წინააღმდეგობებს. რადიაციულად მდგრადი  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$ -მყარი ხსნარების საშუალებით შესაძლებელია დიდი წარმატებით გადაწყდეს აღნიშნული პრობლემა. ამისათვის საჭიროა დამზადდეს დიოდები და ტრანზისტორები და სხვა ელემენტები სათანადო რობოტებისთვის.

შესაძლებელია დამზადდეს აგრეთვე რადიაციულად მდგრადი და მაღალი მგრძობიარობის მქონე ტემპერატურების სენსორები (სენსორების სისტემა) ატომური ელექტროსადგურების აქტიური

ზონის კონტროლისთვის, რისი დიდი აუცილებლობა დადასტურდა ფუკუშიმოს (იაპონია) ავარიის დროს.

იმის გამო, რომ  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  რადიაციულად მდგრად მყარ ხსნარებში დენის მატარებელთა კონცენტრაცია პრაქტიკულად არ იცვლება დიდი დოზებით დასხივების შედეგად და ვინაიდან, ნივთიერება ხასიათდება ელექტრონების ძვრადობის მაღალი მნიშვნელობებით,  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარი ხსნარების ბაზაზე შესაძლებელია შეიქმნას მაღალეფექტური ჰოლის სენსორები ძლიერ მაღალი აქტიურობის მქონე ზონებში მაგნიტური ველების გასაზომად.

ასეთი ხელსაწყოების გამოყენება განსაკუთრებით აქტუალურია აგრეთვე კოსმოსისთვის, სადაც ელემენტები განიცდიან მძლავრ და ხანგრძლივ რადიაციულ ზემოქმედებას.  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარი ხსნარები განსაკუთრებით ეფექტური იქნება მზეზე აფეთქებების შედეგად გამოსხივებული მძლავრი რადიაციული ნაკადების კვლევისთვის, კომეტების ზონდირებისთვის საპლანეტაშორისი გაფრენების დროს, ხელოვნური თანამგზავრებზე არსებული საკომუნიკაციო სისტემებისთვის, რომლებიც წლების მანძილზე იმყოფებიან ორბიტაზე და სხვა.

კოსმოსში განსაკუთრებით ნაყოფიერი იქნება ფოტოელემენტების გამოყენება, ვინაიდან  $\text{InP}$ -ს მახლობლად არსებული მყარი ხსნარების ბაზაზე შესაძლებელია დამზადდეს რადიაციულად მდგრადი და ამავე დროს მზის ენერჯის ელექტროენერჯად გარდაქმნის განსაკუთრებულად მაღალი ეფექტურობის მქონე ელემენტები.

თხევადფაზური ეპიტაქსიის გამოყენებით შესაძლებელია შეიქმნას  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარი ხსნარების ბაზაზე რადიაციულად მდგრადი და ამავე დროს ძლიერ მაღალი ეფექტურობის მქონე ნანოფოტოელემენტები, რომელთა ეფექტურობამ შესაძლოა მიაღწიოს 40%-50%. მომზადებულია სათანადო დეტალური პროექტი.

დღეისათვის მთელ მსოფლიოში, განსაკუთრებით კი უკრაინაში, ჩინეთში, რუსეთში, კვლავ გადაუჭრელ ამოცანად რჩება მეთანის აფეთქებით გამოწვეული ტრაგედიები.  $\text{InAs}$ -თან შემადგენლობით ახლოს მდებარე  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარი ხსნარის ბაზაზე შესაძლოა დამზადდეს მიმღები, რომლის შთანთქმის სპექტრი ზუსტად ემთხვევა მეთანის გამოსხივების სპექტრს, რაც საშუალებას მოგვცემს დავამზადოთ მაღალეფექტური მეთანის დეტექტორები. მომზადებულია სათანადო დეტალური პროექტი.

მაღალეფექტური ხელსაწყოების დამზადებისთვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ჩვენს მიერ გამოვლენილ მოვლენას: სტრუქტურული ანალიზების ჩატარებამ აჩვენა, რომ  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარი ხსნარები მათი განსაკუთრებით მაღალი დოზებით დასხივების დროსაც ინარჩუნებენ კრისტალურ სტრუქტურას და არ გადადიან ამორფულ მდგომარეობაში.

**II.** გვასული საუკუნის 50-60 წ.წ., როცა ატომური იარაღის პრაქტიკული გამოყენების შედეგებმა აჩვენა, რომ ამ დროს წარმოიქმნება უზარმაზარი რაოდენობა ე.წ. ტექნოგენური ნუკლიდები, საკმაოდ მაღალი რადიაციული გამოსხივების აქტივობით, ბუნებაზე და ცოცხალ ორგანიზმზე (მათ შორის, ადამიანზე) რადიოეკოლოგიურ-ბიოლოგიური ზემოქმედების პრობლემა გახდა მრავალრიცხოვანი კვლევების საგანი. დადგინდა, რომ რადიაციული გამოსხივების მაღალი დოზები, რომლის შემადგენლობაში შედიოდა ე.წ. ალფა- ბეტა- და გამა-გამოსხივება, უარყოფითად მოქმედებენ ადამიანის ჯანმრთელობაზე (ფატალურ შედეგებამდე). ეს იყო განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი, რადგანაც ტექნოგენური ნუკლიდები ატმოსფერული პროცესების შედეგად ვრცელდებოდა მთელ დადამიწის ზედაპირზე. აღნიშნული სამუშაოების შედეგად ცალსახად დადგინდა კავშირი რადიაციულ გამოსხივებასა და სხვადასხვა დაავადებებს შორის, და აგეთვე ამ ზემოქმედების მექანიზმი. ამრიგად, იმ პერიოდში ბუნებრივი რადიაციის არსებობის ფაქტორი და მისი გარემოზე ზემოქმედების მახასიათებელი, მათ შორის ადამიანზე, პრაქტიკულად არ გამოუკვლევიათ.

ატომური ბირთვული გამოცდების შეზღუდვისა და შეწყვეტის შემდეგ რადიაციის საერთო ფონი, დაკავშირებული ბირთვული გამოცდების ტექნოგენურ რადიონუკლიდებთან, პირველ რიგში ყველაზე ხანგრძლივადმცხოვრები  $\text{Cs-137}$  (ნახევარდაშლის პერიოდი 30 წელიწადი) და  $\text{Sr-90}$  (ნახევარდაშლის პერიოდი 28.8 წელიწადი) იწყო შემცირება, და 80-90 წწ. გახდა თანაფარდი ბუნებრივი ნუკლიდების აქტივობასთან. ამრიგად ამ მომენტისათვის მეცნიერებისათვის ნათელი გახდა, რომ ბუნებრივი რადიონუკლიდების რადიოაქტივობის ფაქტორს, ე.ი. სამი ოჯახის -  $\text{Th-232}$ ,  $\text{U-238}$  და  $\text{U-235}$  ნუკლიდებს, აგრეთვე  $\text{K-40}$  გააჩნიათ უდიდესი მნიშვნელობა ადამიანის ჯანმრთელობის

მდგომარეობაზე. ზემოთაღნიშნული მიზეზების გამო ყველაზე უფრო ყურადღება მიიქცია რადიოაქტიურმა გაზმა რადონმა.

ევროპაში, ჩრდილო ამერიკაში, აზიაში ბოლოდროინდელ შესწავლებმა ე.წ. „შიგნითა“ რადონისა და ფილტვების კიბოსი წარმოგვიდგინეს უტყუარი მხილებები იმისა, რომ რადონი იწვევს მნიშვნელოვან რაოდენობას კიბოს წარმონაქმნებს ფილტვებში ძირითად მოსახლეობაში. მიმდინარე შეფასებებით, რადონთან დაკავშირებული ფილტვების კიბოს წარმონაქმნები შეიცვალა 3-დან 14%-მდე, რადონის საშუალო კონცენტრაციის მიხედვით. გამოკვლევები აჩვენებენ, რომ ფილტვების კიბოს რისკი პროპორციულად იზრდება რადონით დასხივების გაზრდასთან [R.W. Field et al. *Residential radon exposure and lung cancer: Variation in risk estimates using alternative exposure scenarios. J. of Exposure Analysis and Env. Epidemiology, 2002, 12, 197-203*]. რადგანაც ბევრი ადამიანების დასხივება ხდება მცირე და ზომიერი რადონის კონცენტრაციით, უმრავლესობა ფილტვების კიბოს წარმონაქმნები, დაკავშირებული რადონთან, გამოწვეულია ამ გამოსხივებების დონეებთან, და არა უფრო მაღალ კონცენტრაციებთან. რადონი – მეორე მიზეზია ფილტვების კიბოსი, თამბაქოს მოწევის შემდეგ. სურმავლესობა რადონით გამოწვეული ფილტვების კიბოს დაავადებები ხდება მწვევლთა შორის, რადონისა და მოწევის ეფექტის ძლიერი გაერთიანების შედეგად.

ამ და სხვა ბოლო სამეცნიერო მონაცემების გათვალისწინებით, ჯანმრთელობის საფრთხის მინიმუმზაცვისათვის ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაცია გვთავაზობს საკონტროლო დონეს  $100 \text{ Bq/m}^3$ . მმაგრამ თუ ეს დონე მიუღწეველი გახდება ზოგიერთი ქვეყნისათვის, არჩეული საკონტროლო დონე არ უნდა აღემატებოდეს  $300 \text{ Bq/m}^3$ , რომელიც წარმოადგენს დაახლოებით  $10 \text{ mSv}$  წელიწადში, თანახმად რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის უახლოესი გამოთვლებისა (WHO handbook on indoor radon. A public health perspective. 2009.) ასე მაგალითად, კანადაში უკანასკნელ ორ ათწლეულში საშუალო წლიური ექვივალენტური წონასწორული მოცულობითი აქტივობა შენობების ჰაერში შემცირდა  $800$ -დან  $200$  ბკ/მ<sup>3</sup>-მდე. [<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/radiation/radon/guidelines lignes directrice-eng.php>]. კანადის ახალი დირექტივა ეხება არა მხოლოდ საცხოვრებელ სახლებს, არამედ საზოგადო შენობებს.

ამრიგად, რადონის შემცველობის დონის გამოკვლევები საცხოვრებელი სახლების შიგნითა ჰაერში და მათზე გარე ფაქტორების ზემოქმედების დადგენას, გააჩნია უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვისათვის.

პროექტის მიზანს წარმოადგენს რადიოგენური გაზის რადონის ექსპლაცის და განაწილების შესწავლა ქ. თბილისის სხვადასხვა რაიონებში და მოსახლეობისათვის მასთან დაკავშირებული რადიოლოგიური რისკების შეფასება.

პროექტის ძირითადი ამოცანები:

1. ინფორმაციული მასალის ანალიზი (ქალაქის ტერიტორიის განაშენიანობის თავისებურებანი, მისი ნიადაგ-გეოლოგიური სტრუქტურების თავისებურებანი) და საკონტროლო პუნქტების წარმომადგენლობითი სიის შედგენა (შენობები, მიწის ნაკვეთები და სხვა);
2. ყოველკვარტალური ექსპედიციების ჩატარება რადონის შემცველობის გასაზომად დადგენილ საკონტროლო პუნქტებში; სპეციალური გაზომვების ჩატარება ხელშემშლელი ან დამატებითი ფაქტორების შესწავლის მიზნით (მეტეოროლოგიური ფაქტორები, შენობების კონსტრუქციები, საშენი მასალების ტიპები, და სხვა);
3. მიღებული მონაცემების ანალიზი და საერთო კანონზომიერების და თავისებურებანის დადგენა რადონის სეზონურ და სივრცული განაწილებისა ქალაქის ტერიტორიაზე.
4. ქალაქის მოსახლეობის დასხივების რადიაციული დოზის შეფასება და მასზე სხვადასხვა გარემო ფაქტორების ზემოქმედება; აუცილებლობის შემთხვევაში მისი შემცირების რეკომენდაციების დამუშავება.

III. XXI საუკუნეში ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებში დიდი ინტერესი გაჩნდა მძიმე მეტალებით დაზინძურებული ნიადაგებისა და წყლების გაწმენდის ახალი ეკოლოგიური მეთოდების მიმართ. ერთ-ერთ მეთოდად შესაძლოა განხილულ იქნას მძიმე მეტალების ჰიპერაკუმულაციის უნარის მქონე მცენარეების გამოყენება. ამ მიმართულებით მიმდინარეობს ტოქსიკური ნივთიერებების მძიმე მეტალების გამოკვლევა\_ ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრით AAnalyst 800 (პროგრამული უზრუნველყოფით WinLab 32), PerkinElmer Inc., USA); ნიადაგის სინჯების დამუშავება ხდება მყარი ნივთიერების მიკროტალური დაშლის დანადგარით speedwave MWS-3 [Microwave Digestion System for Sample preparation-Berghof (Mod MWS-3=DAK-100)].

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

I. შესწავლილ იქნა მყარი ხსნარების  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  ელექტრონული და ოპტიკური თვისებები  $X=0,2$ ;  $X=0,3$ ;  $X=0,4$ ;  $X=0,5$  შემადგენლობებისთვის მათი დასხივებამდე და დასხივების შემდგომ. დადგინდა იქნა რადიაციული დეფექტების წარმოქმნის მექანიზმი.

დენის მატარებელთა კონცენტრაციის ტემპერატურული დამოკიდებულების (ინტერვალი 300-77K) შესწავლამ აჩვენა, რომ  $X=0,3$ -ის ზევით დასხივება იწვევს როგორც ელექტრონების, ასევე ხვრელების კონცენტრაციების შემცირებას და კრისტალებში ჩნდება ღრმა ელექტრონული დონეები. ნიშანდობლივია, რომ ინდიუმის ფოსფიდისთვის დამახასიათებელი აღნიშნული ეფექტი იწყებს დომინირებას მყარ ხსნარში ფოსფორის 30%-იანი შემცველობის შემდგომ და ეფექტი ძლიერდება  $X$ -ის ზრდასთან ერთად. ნაჩვენებია, რომ ფუნდამენტური ოპტიკური შთანთქმის კიდის მახლობლად არსებული ოპტიკური კუდები ძლიერდება დასხივების შედეგად, ხოლო ბურშტეინის ეფექტი სუსტდება. დასხივება იწვევს შთანთქმის კიდის წანაცვლებას მოკლე ტალღური უბნისკენ.

ნაჩვენებია, რომ აღნიშნული შემადგენლობებისთვის დაწყებული  $X=0,3$ -დან უკვე დომინირებს კვანძთაშორის მოთავსებული ფოსფორის რადიაციული დეფექტი, რომელიც ასრულებს აქცეპტორის როლს. აღნიშნულის გამო ჩნდება ღრმა ჩამჭერი ელექტრონული დონეები და შესაბამისად ელექტრონების კონცენტრაცია მცირდება დასხივების შედეგად. ამავდროულად იზრდება მდგომარეობის კუდების სიმკვრივე და შესაბამისად სუსტდება ბურშტეინის ეფექტი.

მიკრო და ოპტოელექტრონიკისთვის ფრიად აქტუალურ ნახევარგამტარულ ნივთიერებებში  $\text{InAs-InP}$ -ს მყარ ხსნარებში ჩვენს მიერ ადრე აღმოჩენილ იქნა კრისტალური მესრის ე.წ. “ორმოდინი რხევის” მოვლენა (N.Kekelidze, G.Kekelidze, Z.Makharadze. Lattice Vibrations of  $\text{As}_x\text{P}_{1-x}\text{In}$  solid solutions. J. Phys.Chem.Solids, v.34, 2117,1973). ეს აღმოჩენა შემდგომ დადასტურებული იქნა მსოფლიოს აღიარებულ სამეცნიერო ცენტრებში: ოქსფორდის (UK), კლარენდონის ლაბორატორია (R.J. Nicholas et al. J. Phys. C.: Solid St.Phys.,13{1980}, p.899), საკლეს (საფრანგეთი) ბირთვული კვლევების ცენტრში (N.Talwar et al.J. Phys. C.: Solid St. Phys., 13{1980}, p.3775), და აგრეთვე, ახლახანს კანადაში (D.J. Lockwood at al. J. Appl. Phys. 102, 03351, 2007). აღნიშნული მოვლენა გვიჩვენებს, რომ  $\text{InAs-InP}$  მყარ ხსნარებში  $\text{InAs}$  და  $\text{InP}$  ქვემესრები ინარჩუნებენ მნიშვნელოვან დამოუკიდებლობას. აღნიშნულის ბაზაზე ჩვენს მიერ ჩამოყალიბებულ იქნა რადიაციულად მდგრადი ნივთიერების შექმნის ახალი პრინციპი და დამუშავებულ იქნა ახალი ტექნოლოგია. მოცემული პროექტის ფარგლებში განხორციელებულ იქნა  $\text{InAs}$ ,  $\text{InP}$  და მათი მყარი ხსნარების  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  ფიზიკური თვისებების დეტალური შესწავლა დასხივებამდე და დასხივების შემდეგ.

გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ  $\text{InAs}$ -ის შენაერთი ხასიათდება უნიკალური რადიაციული თვისებებით.

ოკერმანის შემდეგ, ჩვენს მიერ ნაჩვენები იქნა, რომ დასხივების ნებისმიერ პირობებში (დასხივების ტიპი, ენერჯის და ტემპერატურის ცვლა, სხვადასხვა ტიპის მინარევებით ლეგირება და სხვ)  $\text{InAs}$ -ში, დასხივების შედეგად, ყოველთვის ადგილი აქვს დონორულ ეფექტს, ანუ დასხივება ყოველთვის იწვევს ელექტრონების კონცენტრაციის გაზრდას, რაც ფრიად იშვიათი გამონაკლისია, ვინაიდან როგორც წესი, დასხივების შედეგად ნახევარგამტარში ჩნდება ე.წ. ჩამჭერი ცენტრები, რომლებიც ამცირებენ ელექტრონების კონცენტრაციას და მნიშვნელოვანი დოზების შემთხვევაში ნახევარგამტარი გადადის თითქმის დიელექტრიკულ მდგომარეობაში, რის გამოც მიკრო და ოპტოელექტრონიკაში გამოსაყენებლად უვარგისი ხდება. ჩვენს მიერ აგრეთვე ნაჩვენები იქნა, რომ მყარ ხსნარებში  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$ , რომლებიც თავისი შემადგენლობით ახლოს არიან  $\text{InAs}$ -თან, დასხივების შედეგად ხორციელდება დონორების შექმნის პროცესი, ანუ ელექტრონების კონცენტრაციის ზრდა, ხოლო  $\text{InP}$ -ში და მასთან ახლოს მყოფ მყარ ხსნარებში დასხივება იწვევს ელექტრონების კონცენტრაციების შემცირებას.

ამრიგად, ჩვენს მიერ გამოვლენილ იქნა, რომ  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარ ხსნარებში დასხივების დროს ხორციელდება ორი ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მიმართული პროცესი, რომლის დროსაც ერთი იწვევს თავისუფალი ელექტრონების კონცენტრაციის ზრდას, ხოლო მეორე მის შემცირებას.

ჩვენს მიერ შერჩეულ იქნა მყარი ხსნარის ისეთი შემადგენლობა და ლეგირების ხარისხი, რომლის დროსაც ხორციელდება აღნიშნული ორი პროცესის ურთიერთკომპენსაცია. ცხადია, ასეთ მყარ ხსნარში ელექტრონების კონცენტრაცია დასხივების შედეგად არ იცვლება ანუ მიიღება რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული ნივთიერება.

ჩვენს მიერ მიღებულ იქნა ისეთი მყარი ხსნარები, რომლებშიც ყველა ნახევარგამტარის და ნახევარგამტარული ხელსაწყოების უმნიშვნელოვანესი პარამეტრი ელექტრონების კონცენტრაცია პრაქტიკულად არ იცვლება ისეთი მძლავრი და ხისტი დასხივების შედეგადაც კი, როგორცაა ჩქარი ნეიტრონების უზარმაზარი დოზით დასხივება  $\Phi=2\cdot 10^{18}$  ნეიტრონი/სმ<sup>2</sup>.

ამრიგად, ჩვენს მიერ მიღებულია უნიკალური რადიაციულად მდგრადი ნივთიერება (ნოუ ჰაუ), რომელსაც მსოფლიოში ანალოგი არ გააჩნია.

აღსანიშნავია, რომ აღნიშნული ნახევარგამტარული მყარი ხსნარები ხასიათდებიან განსაკუთრებული ნახევარგამტარული თვისებებით. მაგ. მათ ბაზაზე შესაძლებელია შეიქმნას მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე მაღალი ეფექტურობის მქონე მზის ელემენტები. მათი გამოყენებით შესაძლებელია შეიქმნას, აგრეთვე, მაღალეფექტური სინათლის დიოდები, მიმღებები, გამომსხივებლები, სიხშირის გენერატორები, ჰოლისა და ტემპერატურის სენსორები და სხვა.

აღნიშნული ხელსაწყოები შესაძლოა დიდი წარმატებით იქნას გამოყენებული ისეთ ექსტრემალურ რადიაციულ პირობებში, როგორც ადგილი ჰქონდა ფუკუშიმოს ატომურ ელექტროსადგურზე, ჩერნობილის კატასტროფის შედეგების პირობებში (რობოტი აქტიური ზონისთვის), პენსილვანიის რეაქტორის ავარიის დროს და სხვა.

განსაკუთრებით დიდია მათი გამოყენების პერსპექტივა კოსმოსში ფოტოელემენტების და სხვა ხელსაწყოების შექმნისათვის, რომლებიც გაუძლებენ მძლავრ კოსმოსურ გამოსხივებას. ასევე უდიდესია მათი როლი შორეული საპლანეტათშორისო კვლევისათვის, დედამიწის ორბიტაზე დიდხანს მყოფი საკომუნიკაციო თანამგზავრებისთვის და სხვა.

ჩვენს მიერ განვითარებული ახალი კონცეფციისა და ახალი ტექნოლოგიის გამოყენებით  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$ -მყარი ხსნარების ბაზაზე შეიქმნა ახალი რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული მასალები, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ აღნიშნულმა ტექნოლოგიამ საშუალება მოგვცა შეგვექმნა ისეთი ელექტრონული და ოპტიკური მასალები, რომლებიც უძლებენ განსაკუთრებით ხისტ და მძლავრ დასხივებას ( $\Phi=2\cdot 10^{18}$  ნეიტრონი/სმ). ეს კი ფრიად აქტუალურია დღეისათვის როგორც ავარიული ატომური ელექტროსადგურებისათვის (ჩერნობილი, ფუკუშიმო), ასევე კოსმოსისთვის და განსაკუთრებით კი ატომურ ელექტროსადგურებზე პრევენციული ღონისძიებების ჩასატარებლად.

$\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$ -მყარი ხსნარების ბაზაზე შესაძლებელია შეიქმნას პრაქტიკულად ყველა მაღალეფექტური ელექტრონული და ოპტოელექტრონული ხელსაწყო, ცნობილი სტანდარტული ტექნოლოგიების გამოყენებით.

აღნიშნული საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნას  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$ -მყარი ხსნარების უნიკალური ელექტრონული და ოპტიკური თვისებები: ელექტრონების მაღალი ძვრადობა, პირდაპირი ენერგეტიკული ზონების არსებობა, დენის არამირითად მატარებელთა მცირე სიცოცხლის ხანგრძლივობა და სხვა.

$\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$ -მყარი ხსნარები არის ტექნოლოგიურად უადრესად მოხერხებული მასალა: მზადდება ყველა შემადგენლობის ნივთიერებები ( $X=0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9$ ), სრულდება ვეგარდის კანონი და ხსნარის შემადგენლობის ცვლილებისას არ მახინჯდება ენერგეტიკული ზონები (ნივთიერების ყველა შემადგენლობისათვის).

დღეისათვის განსაკუთრებით აქტუალურია ელექტრონული რობოტების დამზადება ჩერნობილისა და ფუკუშიმოს მაღალაქტიური ზონებისათვის, რაც აწყდება დიდ წინააღმდეგობებს. რადიაციულად მდგრადი  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$ -მყარი ხსნარების საშუალებით შესაძლებელია დიდი წარმატებით გადაწყდეს აღნიშნული პრობლემა. ამისათვის საჭიროა დამზადდეს დიოდები და ტრანზისტორები და სხვა ელემენტები სათანადო რობოტებისთვის.

შესაძლებელია დამზადდეს აგრეთვე რადიაციულად მდგრადი და მაღალი მგრძობიარობის მქონე ტემპერატურების სენსორები (სენსორების სისტემა) ატომური ელექტროსადგურების აქტიური ზონის კონტროლისთვის, რისი დიდი აუცილებლობა დადასტურდა ფუკუშიმოს ავარიის დროს.

იმის გამო, რომ  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  რადიაციულად მდგრად მყარი ხსნარებში დენის მატარებელთა კონცენტრაცია პრაქტიკულად არ იცვლება დიდი დოზებით დასხივების შედეგად და ვინაიდან, ნივთიერება ხასიათდება ელექტრონების ძვრადობის მაღალი მნიშვნელობებით,  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარი ხსნარების ბაზაზე შესაძლებელია შეიქმნას მაღალეფექტური ჰოლის სენსორები ძლიერ მაღალი აქტიურობის მქონე ზონებში მაგნიტური ველების გასაზომად.

ასეთი ხელსაწყოების გამოყენება განსაკუთრებით აქტუალურია აგრეთვე კოსმოსისათვის, როცა ელემენტები განიცდიან მძლავრ და ხანგრძლივ რადიაციულ ზემოქმედებას.  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარი ხსნარები

განსაკუთრებით ეფექტური იქნება მზეზე აფეთქებების შედეგად გამოსხივებული მძლავრი რადიაციული ნაკადების კვლევისათვის, კომეტების ზონდირებისათვის საპლანეტაშორისი გაფრენების დროს, ხელოვნური თანამგზავრების არსებული საკომუნიკაციო სისტემებისათვის, რომლებიც წლების მანძილზე იმყოფებიან ორბიტაზე და სხვა.

კოსმოსში განსაკუთრებით ნაყოფიერი იქნება ფოტოლეემენტების გამოყენება, ვინაიდან InP-ს მახლობლად არსებული მყარი ხსნარების ბაზაზე შესაძლებელია დამზადდეს რადიაციულად მდგრადი და ამავე დროს მზის ენერჯის ელექტროენერჯიად გარდაქმნის განსაკუთრებულად მაღალი ეფექტურობის მქონე ელემენტები.

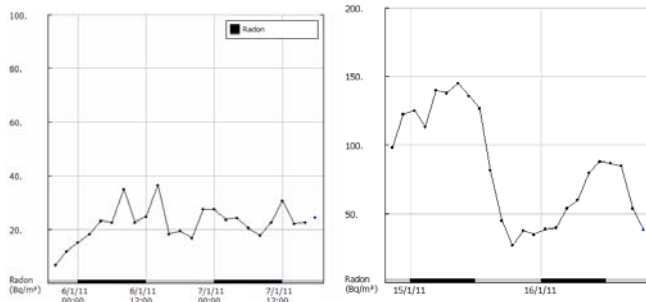
თხევადფაზური ეპიტაქსისის გამოყენებით შესაძლებელია შეიქმნას  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარი ხსნარების ბაზაზე რადიაციულად მდგრადი და ამავე დროს ძლიერ მაღალი ეფექტურობის მქონე ნანოფოტოლეემენტები, რომელთა ეფექტურობამ შესაძლოა მიაღწიოს  $\eta \sim 40\%-50\%$ . დღეისათვის უკვე მომზადებულია სათანადო დეტალური პროექტი.

დღეისათვის მთელ მსოფლიოში, განსაკუთრებით კი უკრაინაში, ჩინეთში, რუსეთში, კვლავ გადაუჭრელ ამოცანად რჩება მეთანის აფეთქებით გამოწვეული ტრაგედიები. InAs-თან შემადგენლობით ახლოს მდებარე  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარი ხსნარის ბაზაზე შესაძლოა დამზადდეს მიმღები, რომლის შთანთქმის სპექტრი ზუსტად ემთხვევა მეთანის გამოსხივების სპექტრს, რაც საშუალებას მოგვცემს დავამზადოთ მაღალეფექტური მეთანის დეტექტორები. მომზადებულია სათანადო დეტალური პროექტი.

მაღალეფექტური ხელსაწყოების დამზადებისთვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ჩვენს მიერ გამოვლენილ მოვლენას: სტრუქტურული ანალიზების ჩატარებამ აჩვენა, რომ  $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$  მყარი ხსნარები მათი განსაკუთრებით მაღალი დოზებით დასხივების დროსაც ინარჩუნებენ კრისტალურ სტრუქტურას და არ გადადიან ამორფულ მდგომარეობაში.

**II. შესრულებული იყო სამუშაოს ძირითადი მოცულობა, კერძოდ:**

1. შესრულებულია შიგნითა ჰაერში რადონის კონცენტრაციის კვლევებში გამოყენებული მეთოდების მოკლე ლიტერატურული მიმოხილვა; ჩატარებულია შიგნითა ჰაერში, ნიადაგის ჰაერში, და ა.შ რადონის კონცენტრაციის კვლევისათვის მარეგლამენტირებელი ორგანიზაციების, კერძოდ, USEPA-ს მიერ რეკომენდირებული სტანდარტული მეთოდების განხილვა.
2. გაანალიზირებულია ორი ძირითადი მეთოდი – აქტიური ნიმუშშერჩევის მეთოდი და პასიური ნიმუშშერჩევის მეთოდი, და შესაბამისი ნორმატიული მეთოდოლოგიური იმფორმაციული მასალები, მათ შორის შესაბამისი საზომი მოწყობილობების დამამზადებელი ფირმების; ამ მასალების ანალიზის საფუძველზე შედგენილია სტანდარტული ოპერაციული პროცედურები (SOP) შენობების შიგნითა ჰაერში და ნიადაგის ჰაერში რადონის კონცენტრაციის გასაზომად RAD7 ელექტრონული დეტექტორის და LR-115 ფირის ტიპის ალფა-ტრეკული ინდიკატორების გამოყენებით.
3. დადგინდა განლაგებული ქალაქის სხვადასხვა რაიონში გასაკონტროლებელი ობიექტების (პუნქტების) ჩამონათვალი (სულ 92 საკონტროლო პუნქტი)
4. დაგნილ საკონტროლო პუნქტებში შესრულდა ყოველკვარტალური ექსპედიციები და გაფორმდა შესაბამისი გაზომვების ოქმები.
5. შესრულდა მიღებული შედეგების ათავისებურებისა და კანონზომიერების დადგენა.
6. თითოეული საკონტროლო პუნქტისთვის ფორმირებული იქნა შიგნითა ჰაერში რადონის კონცენტრაციის დროზე დამოკიდებულების მრუდები, ასევე ალფა სპექტრები – ორდღიანი ტესტის განმავლობაში. მიღებული შედეგების თანახმად, შიგნითა ჰაერში რადონის კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობის სიდიდის მიხედვით ყველა გამოკვლეული საკონტროლო პუნქტი დაყოფილია რამოდენიმე ჯგუფად: 1 ჯგუფი – საკონტროლო პუნქტები, რომლებშიც რადონის საშუალო კონცენტრაციის მნიშვნელობა  $A_{av}$  საკმაოდ დაბალია – არ აღემატებოდა  $20 \text{ Bq/m}^3$ ; 2 ჯგუფი - საკონტროლო პუნქტები, რომლებშიც  $A_{av}$  მნიშვნელობა შეიძლება ჩაითვალოს ტიპურად – ინტერვალში  $20 - 50 \text{ Bq/m}^3$ ; 3 ჯგუფი - საკონტროლო პუნქტები, რომლებშიც  $A_{av}$  მნიშვნელობა შეიძლება პირობითად აღინიშნოს, როგორც ტიპიურზე მაღალი – ინტერვალში  $50 - 100 \text{ Bq/m}^3$ ; 4 ჯგუფი - საკონტროლო





პუნქტები, რომლებშიც  $A_{av}$  მნიშვნელობა შეიძლება ჩაითვალოს როგორც მაღალი – ინტერვალში 100 – 200 Bq/m<sup>3</sup>, 5 ჯგუფი - საკონტროლო პუნქტები, რომლებშიც  $A_{av}$  მნიშვნელობა შეიძლება ჩაითვალოს როგორც სახიფათო — 200 Bq/m<sup>3</sup> მეტი. ტიპური მრუდები მოყვანილია ნახაზზე (რადონის კონცენტრაციის დამოკიდებულება დროზე 2 საკონტროლო პუნქტში VS - V<sub>k</sub> - TSU(8) - მარცხენივ-1 და ZTb - Ort - A - 1 -მარჯვნივ).

7. არსებული საინფორმაციო მასალების საფუძველზე შემუშავებულია რადიოლოგიური რისკის შეფასების მეთოდი, მიღებულია წინასწარი შედეგები და ა.შ.

**III.** სახელმწიფო სამხედრო სამეცნიერო ტექნიკურ ცენტრ “დელტასთან” და ფ.თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტთან ერთად მიმდინარეობს მძიმე მეტალებით (Cu, Zn, Cd, Pb, Mn, Fe, Co, Ni და სხვ.) დაბინძურებული ნიადაგის ფიტორედიმაციის მეთოდებით გაწმენდა-აღდგენის კვლევის სამუშაოებისთვის ნიადაგის შემადგენლობაში ზემოთაღნიშნული მეტალების შემცველობის გაზომვები ატომურ-აბსორბციულ სპექტრომეტრზე AAnalyst 800, (პროგრამული უზრუნველყოფით WinLab 32, PerkinElmer Inc., USA); ნიადაგის სინჯების დამუშავება ხდება მიკროტალღური დაშლის დანადგარით speedwave MWS-3, Microwave Digestion System for Sample preparation-Berghof (Mod MWS-3=DAK-100). მიღებულია შედეგები, მზადდება მასალები პუბლიკაციისთვის.

#### გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

- 1 ნ. კეკელიძე, გ.ცინცაძე, დ.კეკელიძე, ლ.მილოვანოვა, ე.ხუციშვილი, ბ.კვირკველია, ა.ვეფხვაძე, დ.ხომასურიძე, თ.ჯახუტაშვილი. “ნანონაწილაკების წარმოქმნა InP-ს კრისტალებში მათი ჩქარი ნეიტრონების დიდი ნაკადით დასხივების შედეგად”. ნანოქიმია-ნანოტექნოლოგიები. პირველი საერთაშორისო კონფერენციის მასალები, გვ.147-151, თბილისი, 2011
- 2 დ.კეკელიძე, მ.ცინცაძე, ნ.კეკელიძე, ჯ.რამსდენ, ლ.ახალბედაშვილი, ბ.კვირკველია, თ.ჯახუტაშვილი, ა.ვეფხვაძე “ნანონაწილაკების მიღების ეფექტური საშუალება”. პირველი საერთაშორისო კონფერენციის მასალები, გვ. 85-89, თბილისი, 2011
- 3 N. Kekelidze, D.Kekelidze, L.Milovanova, E.Khutsishvili, B. Kvirkvelia, D.Khomasuridze. “Electrical Properties of InP Crystals with Inhomogeneities Regions”. Advances in Applied Physics and Materials Science Congress. Book of Abstracts. Antalya, Turkey, p.23. 2011
- 4 N. Kekelidze, E. Khutsishvili, D. Khomasuridze, B. Kvirkvelia.”Current Carriers Scattering on the Neutral Impurity Atoms in Crystals of Indium Phosphide”. Advances in Applied Physics and Materials Science Congress. Book of Abstracts. Antalya, Turkey, p.16, 2011
- 5 M.Tsintsadze, N. Kekelidze, D.Kekelidze, L.Milovanova, E. Khutsishvi, Z. Davitaya D.Khomasuridze, B.Kvirkvelia. “Radiation Technology of Nanoclusters Obtaining in Semiconductor indium phosphide crystals”.Proc. of XIX Mendeleev Congress on “ General and Applied Chemistry”, 25 — 30 September, Volgograd, p.650, Russia, 2011
- 6 დ. ხომასურიძე, ნ. კეკელიძე, დ. კეკელიძე, ლ. მილოვანოვა ე. ხუციშვილი, ზ. დავითაია, ბ. კვირკველია. “წუნდებული InPP კრისტალების ხარისხის გაუმჯობესება რადიაციული ტექნოლოგიის მეშვეობით” გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები. საერთაშორისო კონფერენციის შრომების კრებული. გვ. 278-281. თბილისი 2011
- 7 N.Kekelidze, E.Khutsishvili, L.Gabrishidze, D.Khomasuridze, B.Kvirkvelia, Kobulashvili. “Current Carriers Scattering in Semiconductors with Various Types of Inhomogeneity”. Nano Studies vol. 4, p.95-102, 2011.
- 8 მ. ელიზბარაშვილი, ნ. კეკელიძე, კ. ბილაშვილი, გ. ცოტაძე, ნ. ბუაჩიძე, ნ. ვაშაყმაძე. მდინარეების სუფსა და ნატანების წყლის ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი. ტომი 10, #4, 2010. გვ. 101.
- 9 მ. ელიზბარაშვილი, ნ. კეკელიძე, კ. ბილაშვილი, თ. ჯახუტაშვილი, ლ. მწარიაშვილი, ნ. ხიხაძე, მ. ჩხაიძე, გ. ცოტაძე, მ. ცინცაძე. მდინარეებში სუფსასა და ნატანებში ნავთობპროდუქტების შემცველობის გამოკვლევა. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი. ტომი 10, #4, 2010. გვ. 104
- 10 Н.П. Кекелидзе, Т.В. Джахуташвили, Э. В. Тулашвили, З.Р. Беришвили Радон в водопроводной воде г. Рустави. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი. ტომი 10, #4, 2010. გვ. 82
- 11 Л. Г. Ахалбедашвили, Н. П. Кекелидзе. Содержание пестицидов в водных объектах Грузии. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი. ტომი 10, #4, 2010. გვ. 85
- 12 დ. კეკელიძე, მ. ცინცაძე, კ. ბილაშვილი, ნ. კეკელიძე, ბ. კვირკველია, გ. ცოტაძე, თ. ჯახუტაშვილი, ნ. თაბუაშვილი, რ. ბაბლიძე, ნ. ბეკოშვილი. მძიმე მეტალების კონცენტრაციების განსაზღვრა

- მდინარე მტკვარსა და მის ზოგიერთ შენაკადში. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი. ტომი 10, #4, 2010. გვ. 106.
- 13 მ. ელიზბარაშვილი, ნ. კვეციანი, მ.ჩხაიძე, გ. ცოტაძე, მ. ხიხაძე, ლ. მწარიაშვილი, მ. ცინცაძე. ბიოგენური ნივთიერებების კვლევა ურეკი-შეკვეთილის ზონის ზღვის მდინარის და სასმელ წყალში. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი. ტომი 10, #4, 2010. გვ. 91
  - 14 L. Mtsariashvili "Influence of Natural And Anthropogenic Factors on Nitrate and Nitrite Ions in Transboundary River Kura "Mtkvari" Water in Tbilisi City Area", Republic Conference of Young Scientists -2011, Georgian Technical University, 26 February 2011, Tbilisi, Georgia, pp.55-57;
  - 15 N.P. Kekelidze , G. Kajaia , T.V. Jakhutashvili , E.V. Tulashvili , L.A. Mtsariashvili, and Z.Berishvili. Comparative Measurements of Radon Content in Tap Water in Tbilisi and Rustavi Cities. F.F. Quercia and D. Vidojevic (eds.), *Clean Soil and Safe Water*, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, DOI 10.1007/978-94-007-2240-8\_6. © Springer Science+Business Media B.V. 2012, pp. 65-76;
  - 16 N.P. Kekelidze, T.V. Jakhutashvili, L.A. Mtsariashvili, N.V. Khikhadze, "Research of Physical-Chemical Parameters in Drinking (Tap) Water in Tbilisi City and Its Close Regions". F.F. Quercia and D. Vidojevic (eds.), *Clean Soil and Safe Water*, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, DOI 10.1007/978-94-007-2240-8\_2, © Springer Science+Business Media B.V. 2012, pp. 11-23;
  - 17 L. Mtsariashvili, N. Khikhadze, M. Chkhaidze, T. Kemashvili "Biogenic Substances in the River Mtkvari (Kura) Waters in Tbilisi City Area", WOMAN AND 21<sup>th</sup> CENTURY, Proceedings of the International Scientific Conference, Georgian Technical University, Tbilisi 2011, Georgia, pp.54-57;
  - 18 L.Mtsariashvili, M.Elizbarashvili, T.Jakhutashvili, N.Kekelidze, M.Chkhaidze "Investigation of Total Petroleum Hydrocarbons Content in Rivers and Sea Waters of Black Sea Coastal Region Ureki-Shekvetili", BLACK SEA OUTLOOK 3<sup>rd</sup> Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference, Odessa, Ukraine, 1 - 4 November 2011, Abstracts, pp.57-58.
  - 19 M.Elizbarashvili, M.Schaefer, I.Polenton, N.Gogatishvili, T.Keller, N.Gogia, L.King Current Trends of Climate Change in the Kazbegi Region, Greater Caucasus, Georgia. SGEM 2011, 11<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference "Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection", Conference Proceedings Volume II. pp.1187-1192, 2011
  - 20 მ.ელიზბარაშვილი, მ.ალავერდაშვილი, ნ.კოკია, ნ.ხუფენია. ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ექსტრემალური მნიშვნელობების სტატისტიკური სტრუქტურა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიური ლაბორატორიის დაკვირვებათა მონაცემების მიხედვით. გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები. (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები), გვ. 132-137, 2011
  - 21 Э.Ш.Элизбарашвили, О.Ш.Варазанаშвили, М.Э.Элизбарашвили, Н.С.Церетели. Замарозки безморозного периода на территории Грузии. Метеорология и гидрология #6, pp.65-69, 2011.
  - 22 ნ.კუტაძე, ლ.მეგრელიძე, ნ.დეკანოზიშვილი, მ.ელიზბარაშვილი ექსტრემალური კლიმატური მოვლენების ცვლილების სამომავლო სცენარები საქართველოს პირობებისათვის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები ტომი #17, გვ. 64-66, 2011
  - 23 ე.ელიზბარაშვილი, მ.ტატიშვილი, შ.ელიზბარაშვილი, მ.ლიზბარაშვილი, რ.მესხია. საქართველოს ტერიტორიისათვის 1936-2008 წლების პერიოდისათვის ჰაერის ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების 25-კილომეტრიანი ბადურ მონაცემთა მასივების შექმნის მეთოდოლოგია. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები ტომი #17, გვ.148-150, 2011
  - 24 N.Meskhidze, M.Elizbarashvili, T.Vardanian. Climate Change and Sustainable Development with the Emphasis on the Southern Caucasus. VII Annual International Conference of REC Caucasus "Climate Change Adaptation Challenge and Opportunity for the Caucasus", November 10-11, 2011
  - 25 Von Ina Keggenhoff, Tatjana Keller, Mariam Elizbarashvili, Ramin Gobejishvili und Lorenz King. Naturkatastrophen durch Klimawandel im Kaukasus. Hochwasser und Hanginstabilitäten in Georgien immer häufiger. Spiegel der Forschung · Nr. 2/2011. Justus-Liebig-Universität Gießen, 16-23

კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

ავტორები	ღონისძიების	მოსხენების სათაური	ღონისძიების
----------	-------------	--------------------	-------------

		დასახელება		ჩატარების ადგილი
1	N. Kekelidze, D. Kekelidze, L. Milovanova, E. Khutsishvili, B. Kvirkvelia, D. Khomasuridze	Congress the Advances in Applied Physics and Materials Science. 12 - 15 May 2011	Electrical Properties of InP Crystals with Inhomogeneous Regions	Antalya, Turkey
2	N. Kekelidze, E. Khutsishvili, D. Khomasuridze, B. Kvirkvelia	Congress the Advances in Applied Physics and Materials Science. 12 - 15 May 2011	Current Carriers Scattering on the Neutral Impurity Atoms in Crystals of Indium Phosphide. Kekelidze <sup>a,b,c</sup> , E. Khutsishvili <sup>a</sup> , D. Khomasuridze <sup>b</sup> , B. Kvirkvelia <sup>c</sup>	Antalya, Turkey
3	A. Janelidze, I. Janelidze, G. Janelidze, N. Esiava (ibewdeba)	Georgian Technical University intern. Conf. 2011	Relaxation processes in monocrystalline GaP	თბილისი, საქართველო
4	დ. ხომასურიძე, ნ. კეკელიძე, დ. კეკელიძე, ლ. მილოვანოვა, ე. ხუციშვილი, ზ. დავითაია, ბ. კვიციანი	საერთაშორისო კონფერენცია "გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები"	წუნდებული InP კრისტალების ხარისხის გაუმჯობესება რადიაციული ტექნოლოგიის მეშვეობით	თბილისი, საქართველო
5	ვ. მებრევილი, ლ. გაბრიჭიძე, ე. ხუციშვილი, მ. ქობულაშვილი, დ. ხომასურიძე, ბ. კვიციანი, ნ. კეკელიძე	Международная конференция «Актуальные вопросы прикладной физики» 2011	InAs-ის კრისტალების სითბური გაფართოება და შინაგანი ხახუნი	თბილისი, საქართველო
6	G. Tsintsadze, M. Tsintsadze, N. Kekelidze, D. Kekelidze, L. Milovanova, E. Khutsishvili, Z. Davitaya, B. Kvirkvelia, D. Khomasuridze	XIX Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry» 25 – 30 September, 2011	Radiation Technology of Nanoclusters Obtaining in Semiconductor indium phosphide crystals	Russia. Volgograd
7	L. Mtsariashvili	Republic Conference of Young Scientists -2011, Georgian Technical University, 26 February 2011, pp.55-57;	Influence of Natural And Anthropogenic Factors on Nitrate and Nitrite Ions in Transboundary River Kura "Mtkvari" Water in Tbilisi City Area",	Tbilisi, Georgia,
8	L. Mtsariashvili, N. Khikhadze, M. Chkhaidze, T. Kemashvili	WOMAN AND 21 <sup>th</sup> CENTURY, Proceedings of the International Scientific Conference, Georgian Technical University, pp.54-57; 2011	"Biogenic Substances in the River Mtkvari (Kura) Waters in Tbilisi City Area",	Tbilisi, Georgia,
9	L. Mtsariashvili, M. Elizbarashvili, T. Jakhutashvili, N. Kekelidze, M. Chkhaidze	BLACK SEA OUTLOOK 3 <sup>rd</sup> Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference, 1 - 4 November	"Investigation of Total Petroleum Hydrocarbons Content in Rivers and Sea Waters of Black Sea Coastal Region Ureki-	Odessa, Ukraine

		2011, Abstracts, pp.57-58.	Shekvetili”	
10	L.Mtsariashvili	NATO Advanced Research Workshop. 21-23 მარტი 2011	“Drinking Water Protection By Integrated Management Of Contaminated Land”	ბელგრადი, სერბეთი
11	M.Elizbarashvili, M.Schaefer, I.Polenton, N.Gogatishvili, T.Keller, N.Gogia, L.King	SGEM 2011, 11 <sup>TH</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference “Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, Conference Proceedings Volume II. pp.1187-1192, 2011	Current Trends of Climate Change in the Kazbegi Region, Greater Caucasus, Georgia.	Bulgaria, Albena
12	მ.ელიზბარაშვილი, მ.ალავერდაშვილი, ნ.კოკია, ნ.ხუფენია.	გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები. (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები), 2011	ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ექსტრემალური მნიშვნელობების სტატისტიკური სტრუქტურა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ჰიდრომეტ.ლაბორატორიის დაკვირვებათა მონაცემების მიხედვით.	თბილისი, საქართველო
13	N.Meskhidze, M.Elizbarashvili, T.Vardanian.	VII Annual International Conference of REC Caucasus “Climate Change Adaptation Challenge and Opportunity for the Caucasus”, November 10-11, 2011	Climate Change and Sustainable Development with the Emphasis on the Southern Caucasus.	Tbilisi, Georgia
14	დ.კეკელიძე, გ.ცოტაძე, მ.ცინცაძე, ნ.ბეკოშვილი, ნ.ვაშაყმაძე, ნ.კეკელიძე	საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“. 15-17 სექტემბერი, 2011	მძიმე მეტალების კონცენტრაციების განსაზღვრა ზღვის და მდინარის წყალში ურეკი-შეკვეთილის საკურორტო ზონაში	თბილისი. საქართველო
15	ნ.კეკელიძე, თ.ჯახუტაშვილი, ე.თულაშვილი, ლ.მწარიაშვილი, ზ.ბერიშვილი, ზ.დავითაია	საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“. 15-17 სექტემბერი, 2011	რადონის შემცველობა წყაროს წყალში თბილისის მიდამოებში	თბილისი. საქართველო

*შენიშვნა.* ამჟამად პროექტის კოლაბორატორთან, დოქტორ ჩენ ჯინგთან (კანადა), მიმდინარებს მიღებული შედეგების განხილვა და მზადდება პუბლიკაციები სამეცნიერო ჟურნალში გამოსაქვეყნებლად და კონფერენციაზე წარსადგენად.

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი

1. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი;
2. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი, უკრაინის სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრი.

**გამოყენებითი ეკოლოგიის ინსტიტუტი**თბილისი, 0179, ილია ჭავჭავაძის გამზ. 1, ტელეფონი: 222 11 01 (242); [likageotsu@hotmail.com](mailto:likageotsu@hotmail.com)

ინსტიტუტის დირექტორი: ასოც. პროფ. ლია მაჭავარიანი;  
სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარე: პროფესორი თენგიზ ურუშაძე;  
დირექტორის მოადგილე: ასოც. პროფ. ვაჟა ტრაპაიძე;  
სწავლული მდივანი: ასისტ.-პროფ. გ. დვალაშვილი.

სამეცნიერო მიმართულება: გამოყენებითი ეკოლოგია

**1. კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):**

„საქართველოს ნიადაგების გამოკვლევა/სისტემატიზაცია ნიადაგის რესურსების მსოფლიო მონაცემთა ბაზის საფუძველზე“. საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტისა და საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ერთობლივი პროექტი.

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:**

ხელმძღვანელი: თ. ურუშაძე

კამერალური სამუშაოების კოორდინატორი: ლ. მაჭავარიანი

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

პროექტის კვლევის მიზანს წარმოადგენს: საქართველოს ზოგიერთი ნიადაგის გამოკვლევა ნიადაგის რესურსების მსოფლიო მონაცემთა ბაზის მიხედვით. დასავლეთ, აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოს მთიანეთისა და ბარის ზონებში გავრცელებული მთა-ტყე-მდელოს, მთა-მდელოს, ყომრალი, ყვითელ-ყომრალი, ყვითელმიწა, ყავისფერი, მდელოს ყავისფერი, რუხი-ყავისფერი, მდელოს რუხი-ყავისფერი ნიადაგების სავლე და ლაბორატორიულ პირობებში მსოფლიო მონაცემთა ბაზის ნიადაგური ჯგუფების დიაგნოსტიკური კრიტერიუმების გამოვლენა, საკვლევი ნიადაგებისა და საერთაშორისო კლასიფიკაციის ნიადაგურ ჯგუფებს შორის კორელაციის გამოვლენა, საკვლევი ნიადაგების სისტემატიზაცია. კვლევის პერიოდში ხორციელდება შემდეგი ამოცანები (რომლებიც გაწერილია კვარტლების მიხედვით): სავლე კვლევა, ლაბორატორიული კვლევა, თანამედროვე (უცხოენოვანი) ლიტერატურის დამუშავება, სამეცნიერო სტატისტიკის გამოქვეყნება, საკვლევი ნიადაგების წვრილმასშტაბიანი (1:500 000) რუკის შედგენა გეოინფორმაციული სისტემის (GIS) გამოყენებით, კონფერენციებში მონაწილეობა.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

მიმდინარე წელს საკვლევი სამუშაოების შედეგად განხორციელდა აღმოსავლეთ საქართველოს (სტეფანწმინდა-მარნეულის რაიონები) ზოგიერთი ნიადაგის (მთა-ტყე-მდელოს, მთა-მდელოს, რუხი-ყავისფერი, მდელოს რუხი-ყავისფერი, ყავისფერი კარბონატული და მდელოს ყავისფერი) გამოკვლევა/სისტემატიზაცია ნიადაგის რესურსების მსოფლიო მონაცემთა ბაზის საფუძველზე. საკვლევი ნიადაგებში დადგინდა დიაგნოსტიკური კრიტერიუმები მმზ-ის საფუძველზე. ანალიზური მონაცემების შედეგად გამოვლენილი იქნა ნიადაგური ჯგუფების დიაგნოსტიკური განმსაზღვრელები, დიაგნოსტიკური ნიშან-თვისებები და დიაგნოსტიკური ჰორიზონტები. სავლე კვლევა განხორციელდა პროფილური მეთოდით და გაკეთდა 18 ნიადაგური ჭრილი. აღწერილი იქნა მორფოლოგიური ნიშნები და აღებული იქნა 90 ნიმუში. ნიადაგის ნიმუშებში შესრულდა გრანულომეტრული შედგენილობის, ფიზიკურ-ქიმიური და ქიმიური თვისებების განმსაზღვრელი ანალიზები (შესაბამისი მეთოდის მიხედვით). შესწავლილი იქნა საკვლევი ნიადაგების მიკრომორფოლოგიური თავისებურებანი. მორფოლოგიური და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების საფუძველზე ნიადაგებში გამოვლენილი იქნა კამბისოლების და ლეპტოსოლების დიაგნოსტიკური კრიტერიუმები. ამის შედეგად განხორციელდა საკვლევი ნიადაგების სისტემატიზაცია: მთა-ტყე-მდელოს ნიადაგები-ლეპტოსოლებად, მთა-მდელოს, ყავისფერი-კარბონატული, მდელოს ყავისფერი, რუხი-ყავისფერი და მდელოს რუხი-ყავისფერი ნიადაგები-კამბისოლებად (ძირითადად პროფილის შუა ნაწილში კამბიკ-თიხა-აკუმულაციური ჰორიზონტების არსებობის გამო). კვლევის შედეგები ასახულია სამეცნიერო სტატიაში "აღმოსავლეთ საქართველოში გავრცელებული კამბისოლების თავისებურებანი", რომელიც გადაცემულია ს/მ აკადემიის შრომათა კრებულში "მომამბე".

**2. კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):**

„თბილისის სამხრეთით – ბოლნისის რაიონში მძიმე მეტალებით გაჭუჭყიანებული სარწყავი ნიადაგების გაუმჯობესების ღონისძიებების შემუშავება“. იუსტუს ლიბიხის უნივერსიტეტის (გისენი, გერმანია) და ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ერთობლივი პროექტი.

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:**

ხელმძღვანელი: პ. ფელიქს-ჰენინგსენი – იუსტუს ლიბიხის უნივერსიტეტი;

მონაწილეები: ბ. კალანდაძე (მენეჯერი), თ. ურუშაძე – თსუ, გამოყენებითი ეკოლოგიის ინსტიტუტი.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

ბოლნისის რაიონი საქართველოს უმნიშვნელოვანესი სასოფლო-სამეურნეო რეგიონია. რბილის ჰავისა და ნაყოფიერი ნიადაგების (მდელოს-ყავისფერი, რუხი-ყავისფერი) წყალობით მოსახლეობას წელიწადში სამი მოსავალი მოჰყავს. ბოლნისის რაიონი ტრადიციულად მევენახეობისა და მებოსტნეობის რაიონად ითვლება. რაიონში ფუნქციონირებს კარგად განვითარებული სარწყავი სისტემა, რომელიც სათავე იღებს მდ. მაშავერადან - სოფ. კიანეთთან.

რეგიონში არსებული მრავალი საწარმოდან ერთ-ერთი უმსხვილესია სააქციო საზოგადოება „მადნეული“. ეს არის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატი, რომელიც ფუნქციონირებს სპილენძ-კოლჩე-დანური და ბარით-პოლიმეტალური საბადოს ბაზაზე. ცნობილია, რომ ასეთი ტიპის საწარმოები გარკვეულ საფრთხეს უქმნიან როგორც მიმდებარეს ტერიტორიას, ასევე მთლიანად რეგიონის ეკოსისტემებს.

აღნიშნული კომბინატის სამძლავრეა მილიონი ტონა სპილენძისა და 250 ათასი ტონა ბარიტის მადანი წელიწადში. მადნის მოპოვება წარმოებს ღია, კარიერული წესით და მოპოვებული მადანი გადამუშავდება ფლოტაციური ტექნოლოგიით. გადამუშავების პროდუქტს წარმოადგენს სპილენძის კონცენტრატი და ბარიტი. მადნეულის სპილენძ-ბარიტ-პოლიმეტალური საბადო მდებარეობს თბილისიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთით 80 კმ-ზე. რაიონი საშუალო და მაღალმთიანია. საბადოს აბსოლუტური ნიშნულები 500-დან 1300 მ-მდე მერყეობს.

საბადოს ექსპლოატაციის თავისებურებიდან გამომდინარე ძირითადი დატვირთვა მოდის ფიდროქსელზე და აქედან გამომდინარე ჰიდროქსელზე.

მდ. კაზრეთულა მოედინება კუდსაცავების ქვეშ და გაჯერებულია მადნის ელემენტებით. ჩვენი მონაცემებით სპილენძის, თუთიის, კადმიუმის და სულფატების ჯამური შემცველობა კაზრეთულაში ბევრად აღემატება ზედაპირული წყლებისათვის დასაშვებ კონცენტრაციას. წყლის ძალიან დაბალი pH-ის გამო ეს ელემენტები ძირითადად ხსნად ფორმაში არიან და მათ აქვთ მიგრაციის დიდი უნარი. მდ. კაზრეთულა და მაშავერა განიცდიან ძლიერ ტექნოგენურ დატვირთვას სპილენძისა და კადმიუმის სახით. ამ ელემენტების ჯამური შემცველობა ზ.დ.კ.-ზე რამდენიმეჯერ მეტია (მაგ. მდ. კაზრეთულაში კომბინატის მახლობლად სპილენძის შემცველობა შეადგენს 8,125 მგ/ლ, როცა ზ.დ.კ. 1 მგ/ლ-ია, ხოლო მაშავერას შესართავთან შესაბამისად 1,212 მგ/ლ. ასევე მაღალია თუთიისა და კადმიუმის ჯამური ფორმებიც.

როგორც აღვნიშნეთ, რეგიონში ფუნქციონირებს კარგად განვითარებული სარწყავი სისტემა, რომელიც სათავეს იღებს მდ. მაშავერადან – მდ. კაზრეთულას შესართავის ქვემოთ. ამგვარად, ჰიდროქსელის დაბინძურებას, როგორც პირდაპირი შედეგი მოჰყვება ნიადაგების დაბინძურება მადნის ელემენტებით.

სასოფლო-სამეურნეო სავარგულის მორწყვისას ყოველ კვადრატულ მეტრზე საშუალოდ 50 ლ წყალი იხარჯება, ყოველწლიურად კი – ეს მონაცემები მინიმუმამდეა დაყვანილი – ერთ ჰექტარ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულის მორწყვისას 12,4 კგ სპილენძი, 3,6 კგ თუთია და 17 გრ კადმიუმი ხვდება. 1998 წლის ნიადაგის დაცვის გერმანული წესდების მიხედვით ეს მონაცემები საგრძნობლად სცილდება ნორმებს და შემდეგ სურათს გვაძლევს: სპილენძი 36-ჯერ, თუთია და კადმიუმი კი 3-ჯერ აღემატება დასაშვებ ნორმას. ნიადაგის ყოველი მორწყვის შემდეგ მძიმე მეტალების ნარჩენები ნიადაგის ზედაპირზე რჩება და შემდგომი დამუშავების შედეგად ნიადაგში ხვდება, საიდანაც ფესვებიდან მათი შეწოვა მიმდინარეობს.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

სხვადასხვა დანიშნულების სასოფლო-სამეურნეო ნიადაგების ხილის ბაღებში, ვენახებში, ბოსტნებისა და მარცვლოვანი კულტურის ნათესებში გამოკვლეული იქნა მორწყული მარცვლოვანი კულტურის 29 ნათესი, 49 ბოსტანი, 33 ხილის ბაღი ვენახი. სპილენძის შემცველობაში განსხვავებული განზომილება

გამოვლინდა. მაჩვენებელი მოცემულია მგ/სპილენძი მგ/ნიადაგში. სპილენძის შემცველობის მაქსიმუმი ნათესებში 450 მგ-ს შეადგენს, ბოსტნეულის ბაღში 1100 მგ-ს და ვენახებში ეს მაჩვენებელი ყოველ კილოგრამზე 3000 მგ-ს აღწევს. მამასადამე, გამოყენების ფორმის და იმის მიხედვით თუ რა სიხშირით და რაოდენობით ხდებოდა ნიადაგების მორწყვა, სპილენძის შემცველობას განსხვავებულია.

ამგვარად, რეგიონის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები მნიშვნელოვნადაა დაბინძურებული მძიმე მეტალებით. შესაბამისად დაბინძურებულია კულტურული მცენარეებიც. ცდებით დადგენილია, რომ იასპანახი თავისი ბუნებიდან გამომდინარე მძიმე მეტალების კარგი შემთვისებელი და დამგროვებელია. ასევე კარტოფილი, სტაფილო და სხვ.

ძლიერ დაბინძურებული ნიადაგების ზედა ფენებში მიმდინარე სორბციული პროცესების გამო სპილენძისა და თუთიის განაწილებას ზედაპირულ-აკუმულაციური ხასიათი აქვს. სპილენძისა და თუთიის ჰუმუსურ მჟავებთან წარმოქმნილ კომპლექსნაერთებს თიხამინერალებზე სორბციის უნარი აქვთ. ამიტომ ამ ლითონების შემცველობა ყველაზე მაღალია ნიადაგის ჰუმუსიან ფენაში. ზედაპირულ აკუმულაციას ძალზე ხშირად თან სდევს ნიადაგის ზედაპირზე წყალგაუმტარი აფსკის წარმოქმნა. ეს მიუთითებს შეცემენტების პროცესის დაწყებაზე, რაც გამოწვეულია ნიადაგში კარბონატების გაქრობით და თაბაშირის წარმოქმნით, რისი მიზეზიც არის ნიადაგის მორწყვა სულფატ-იონებით მდიდარი, მჟავე წყლით. ეს პროცესი მნიშვნელოვნად აუარესებს ნიადაგის აგროფიზიკურ მახასიათებლებს. ნიადაგის პროფილში მიმდინარე შეცემენტება მკვეთრად ზრდის ნიადაგის ხვედრით წონას, ეცემა ფორიანობა, მცირდება პროდუქტიული ტენის შემცველობა. ყოველი ეს ქმნის უკიდურესად არახელსაყრელ აგრობიოლოგიურ და აგროეკოლოგიურ პირობებს. საბოლოო ჯამში ეს ყველაფერი იწვევს ნიადაგის ნაყოფიერების დაქვეითებას.

#### **კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

1. 2011 წლის განმავლობაში მომზადდა „საქართველოს ნიადაგების ეროზიისაგან დაცვის კონცეფციის პროექტი“. კონცეფციის მოზადებას ხელმძღვანელობდა საქ. მეცნ. ეროვნ. აკადემიის წ.-კ. თ. ურუშაძე. კომისისა დაკომპლექტებული იყო საქართველოში მოღვაწე სხვადასხვა დარგის სპეციალისტების მიერ. პროექტის შემუშავებაში მონაწილეობდა გამოყენებითი ეკოლოგიის ინსტიტუტის დირექტორი ლ. მაჭავარიანი. 2011 წლის 2 დეკემბერს, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიური საბჭოს სხდომაზე, ჩატარდა აღნიშნული პროექტის განხილვა. მომხსენებელი: თ. ურუშაძე.
2. 2011 წლის 22 დეკემბერს, საქართველოს აგრარულ უნივერსიტეტში, ჩატარდა საანგარიშო სემინარი ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით მიმდინარე პროექტის „საქართველოს ნიადაგების გამოკვლევა/სისტემატიზაცია ნიადაგის რესურსების მსოფლიო მონაცემთა ბაზის საფუძველზე“ ფარგლებში, სადაც განხორციელდა გეგმით გათვალისწინებული 2 წლიანი შედეგების განხილვა. მომხსენებლები (გამოყენებითი ეკოლოგიის ინსტიტუტის მხრიდან): თ. ურუშაძე, ლ. მაჭავარიანი.

#### **გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია და ა.შ.)**

გამოყენებითი ეკოლოგიის ინსტიტუტის მიერ მიმდინარე წელს, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობის მიერ, გამოქვეყნდა, სამოქმედო გეგმით გათვალისწინებული, სასწავლო-მეთოდური ნაშრომი „100+ კითხვა-პასუხი გამოყენებით ეკოლოგიაში“ (თბ., თსუ, 2011, 183 გვ., რედაქტორები: თ. ურუშაძე, ლ. მაჭავარიანი), რომელიც წარმოადგენს დამხმარე სასწავლო მასალას მაგისტრატურისა და ბაკალავრიატის სტუდენტებისათვის. ნაშრომის შედგენაში მონაწილეობა მიიღო საქართველოსა და სხვა ქვეყნების მრავალი დარგის სპეციალისტებმა, მათ შორის გამოყენებითი ეკოლოგიის ინსტიტუტის თანამშრომელმა (ლ. მაჭავარიანი, თ. ურუშაძე, დ. ნიკოლაიშვილი, ბ. კალანდამე, ნ. წივწივაძე, ლ. ლადიძე, გ. სოფაძე, გ. დვალაშვილი, ვ. ტრაპაძე, მ. მელაძე, ნ. სულხანიშვილი, ქ. დადიანი, მ. ბითაძე და სხვ.)

#### **ზღვის ეკოლოგიისა და ნაპირდაცვის განყოფილების მიერ (გამგე ნ. წივწივაძე) ჩატარებულია**

შემდეგი სახის სამუშაოები:

- ხელნაწერის სახით, შემუშავებულია სანაპირო ოკეანოლოგიაში გამოყენებული ძირითადი ტერმინოლოგიის განმარტებითი ლექსიკონი ქართულ ენაზე, საერთაშორისო და პოსტ-საბჭოურ

- სივრცეში მოქმედი, ძირითადი აღნიშვნები, ასევე სანაპირო ტალღების, დინებების, დონეებისა და ლითოვანიამიკური პროცესების გაანგარიშების საინჟინრო მეთოდები და სქემები;
- დასრულდა ჰიდრაულიკური და ჰიდრომექანიკური ამოცანების ტექსტური და პრაქტიკულ სამუშაოთა კრებულის შემუშავება (მზადაა დამხმარე სახელმძღვანელოს ელექტრონული ვერსია);
  - ვამთავრებთ სანაპირო ტალღური პროცესების ჰიდრაულიკური მოდელირების საკითხებზე დამხმარე სახელმძღვანელოს შემუშავებას;
  - კლიმატის გლობალური დათბობით გამოწვეულ მსოფლიო ოკეანის, მათ შორის შავი ზღვის დონის აწევასთან დაკავშირებულ სანაპიროების დატბორვის, კაშხლების გარღვევის, მყარი ჩამონადენის მიგრაციის და ინფრასტრუქტურისათვის მიყენებული ზარალის მოდელირებისათვის, გაეროს განვითარების პროგრამის ხელშეწყობით, მოპოვებულ და აპრობირებულ იქნა ორი ძვირადღირებული ამერიკული პროგრამა (soft ware) HEC-GEO, HMS- RAS; და წყალდიდობის მოდელირების ევროპული პროგრამა MIKE11. აღნიშნული პროგრამული პროდუქტების გამოყენება შესაძლებლობას მოგცემს ვირტუალურ რეჟიმში შევისწავლოთ ბუნებაში მიმდინარე სხვადასხვა უზრუნველყოფისა და განმეორებადობის ჰიდროლოგიური და ოკეანოლოგიური პროცესები, გავანალიზოთ მათი გარემოზე მოქმედების შედეგები, გამოვყოთ მოწყვლადი უბნები და რისკების ქვეშ მყოფი დასახლებები, ასევე გამოვიძიშავთ ოპერატიული და კატასტროფების პრევენციული ღონისძიებების ჩატარების უნარ-ჩვევები. საქართველოს ტერიტორიაზე წყალდიდობა-წყალმოვარდნები თითქმის ყველა მდინარისთვისაა დამახასიათებელი. მათ შორის განსაკუთრებით მაღალი რისკით გამოირჩევა მდ. რიონის აუზის მთიანი და მაღალმთიანი ზონა. მრავალწლიური მონაცემების ანალიზი უჩვენებს, რომ წყალდიდობა-წყალმოვარდნები, რომლებმაც ერთდროულად მოიცვა ქვეყნის რამდენიმე რეგიონი, საშუალოდ 15-20 წელიწადში ერთხელ მეორდება. აღნიშნულიდან გამომდინარე დიდი მასშტაბის წყალდიდობა-წყალმოვარდნების მოხდენის ალბათობა საქართველის მთელ ტერიტორიაზე, მათ შორის მდ. რიონის აუზში 5-6%-ს შეადგენს. არსებული მეთოდებით ასეთი ალბათობა 4 ქულით ფასდება და “მაღლის” კატეგორიას განეკუთვნება. 1987 წელს მომხდარი წყალდიდობა-წყალმოვარდნის საფუძველზე შექმნილი სცენარის მიხედვით ამ სტიქიით გამოწვეულმა მატერიალურმა ზარალმა 350 მლნ ლარს მიაღწია. აღნიშნული სცენარის განვითარების შემთხვევაში დიდია ალბათობა, რომ დაიტბოროს რამდენიმე ასეული კვ.კმ ფართობი, განადგურდეს მათზე განთავსებული ათეულ ათასობით ჰა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, დაინგრეს ან დაზიანდეს მიმდებარე ტერიტორიებზე არსებული ასობით საცხოვრებელი სახლი, ათობით კაპიტალური ხიდი, რამდენიმე ასეული კილომეტრი საავტომობილო და სარკინიგზო გზები, ელექტროგადამცემი ხაზები და სხვა საკომუნიკაციო ნაგებობები, დაიხოცოს ათასობით სული პირუტყვი. შეიძლება აღინიშნოს ადამიანთა მსხვერპლიც. სავარაუდოა წყალდიდობა-წყალმოვარდნამ რამდენიმე ასეული ოჯახის იძულებითი მიგრაცია გამოიწვიოს. შემდგომი კვლევებით შეიძლება დაზუსტებული იქნება რეგიონების მოწყვლადობის ხარისხი და დამატებით გამოვლენილი იქნას საშიშ ზონებში განლაგებული პუნქტები. აღნიშნულ პრობლემაზე შემუშავებულია საპროექტო წინადადება, რომელიც მომავალ წელს წარდგენილ იქნება დაფინანსებისათვის რუსთაველის სამეცნიერო ფონდში.
  - შექმნილია ოკეანოგრაფიული კერძოდ, სანაპირო ზონის სპეციალისტთა ბოლო წლების ნაშრომების, რეფერატებისა და პროგრამების ელექტრონული ბიბლიოთეკა; დარეგისტრირებული არიან დიდი ბრიტანეთის ელექტრონულ, საინფორმაციო ეკოლოგიურ ბაზაში, საიდანაც ყოველდღიურად იღებენ მსოფლიოში მომხდარი ეკოლოგიური კატასტროფებისა თუ ანომალიების შესახებ უფასო ინფორმაციას;
  - ეკოლოგიის დარგში: სასმელი წყლის ხარისხის შესწავლის თვალსაზრისით თბილისის ზღვაზე და ჟინვალის წყალსაცავზე, საკუთარი სახსრებით, შესწავლილ და დადგენილ იქნა დამაბინძურებელი ნივთიერებათა გავრცელების არეალი და მათი მიკრობიოლოგიური მახასიათებლები (ზაფხულ-ზამთრის სეზონებში). დადგინდა, რომ სანიტარულ-ბაქტერიოლოგიური თვალსაზრისით მდ. არაგვის, ჟინვალსა და სამგორის წყალსაცავების აუზის ზედაპირული წყლები ხშირ შემთხვევებში ვერ აკმაყოფილებენ წყალმომარაგებისათვის წაყენებულ მოთხოვნებს. აუცილებელია წყალდამცავი ღონისძიებების (მკაცრი სანიტარული დაცვითი ზონების შექმნა) დროული შემუშავება და გატარება, რის შედეგადაც შემცირდება და აღმოიფხვრება ბაქტერიოლოგიური დამაბინძურებელი კერების გავლენა მდ. არაგვის, ჟინვალისა და თბილისის წყალსაცავების აუზების ზედაპირულ წყლებზე;



- გამომგონებელ მ. ჭირაქაძესთან 3 წლიანი სამეცნიერო-ტექნიკური თანამშრომლობის საფუძველზე, შემუშავებულ იქნა სრულიად ახალ პრინციპზე აგებული ალტერნატიული ენერგოწყაროების მოქმედი მოდელები (მდინარის მოტივტივე ტურბინა და ზღვისა და ოკეანის ტალღის ენერჯის გარდამქმნელი), რომელთაც მაღალი შეფასება ხვდა წილად სამეცნიერო-ტექნიკური საზოგადოების, ასევე ბიზნესისა და ტურიზმის სფეროს წარმომადგენელთა მხრიდან. აღსანიშნავია რომ გამოგონებით დაინტერესდა გერმანიის ტელევიზია ART, რომელმაც ჰიდრომექანიკისა და ოკეანოლოგიის ლაბორატორიის ბაზაზე გადაიღო დოკუმენტური ფილმი ალტერნატიული ენერგოწყაროების შესახებ და რომელიც გაავრცელა ევროპის 7 სატელევიზიო არხზე. მიღებულია რამდენიმე დადებითი გამოხმაურება როგორც მსოფლიოს წამყვანი მეცნიერებისაგან ასევე ამ სფეროში მომუშავე ცნობილი კომპანიებისაგან;
- რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდში წარდგენილი აქვს ორწლიანი საგრანტო პროექტი: „ანტროპოგენული კატასტროფის რისკის შეფასება და მართვა ოქროს საბადოს ექსპლოატაციის მაგალითზე“.
- უსაფრთხო სასმელი წყლის ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებისა და მისი ხარისხის დაცვის მიზნით შემუშავდა მთავრობის მიერ გასატარებელ ღონისძიებათა ნუსხა;
- დასრულდა მუშაობა ორ კონცეფციაზე: 1. „საქართველოს მეგაქალაქებში ეკოლოგიური კულტურის დამკვიდრების შესახებ – ქ.თბილისის მაგალითზე“, 2. „საქართველოს მეგა-ქალაქებში მოზარდთა ეკოლოგიური აღზრდის შესახებ“;
- ჩატარებულია შავი ზღვის აუზის ქვეყნების სამეცნიერო ფონდში (BS-ERA.NET) წარდგენილი 2 სამეცნიერო გრანტის ექსპერტიზა (ორივე დაფინანსდა); ნ. წივწივაძე არჩეულ იქნა შავი ზღვის ქვეყნების სამეცნიერო საბჭოს წევრად ეკოლოგიისა და ენერგეტიკის სფეროში.

### პერსონალის ინდივიდუალური მონაცემები, 2011 წლის

#### ლია მაჭავარიანი

ინსტიტუტის დირექტორი

#### პუბლიკაციები:

1. Matchavariani L.G., Lagidze L.D., Paichadze N.G. *Geoecological Problems of Georgia in Connection with Climate Change* // Materials of Annual International Scientific-Practical Conference "LXIV Gertsensovsky Readings" devoted to the memory of A.M.Alpateva, St.-Petersburg, RGPU of A.I. Herzen, 2011, pp. 123-127
2. Мачавариани Л.Г. *Анализ элементарных почвенных процессов Грузии в ландшафтном аспекте* // Материалы Международной конференции "Современные проблемы географии", посвященной памяти проф. Н. Беручашвили, Тбилиси, 2011, с.82-90
3. ავტორთა ჯგუფი. *100+ კითხვა-პასუხი გამოყენებით ეკოლოგიაში* (თანამემდგენელი, რედაქტორი). თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა „თსუ“, 2011, 183 გვ.
4. Nikolaishvili D., Matchavariani L., Demetrashvili O. *Methodology of Determining the Agri-tourism Potential on Georgia's Example* // Journal of Tourism Challenges and Trends. vol. IV, No 1, June, 2011. pp. 59-76.
5. ურუშაძე თ., მაჭავარიანი ლ. პრაქტიკუმი ნიადაგმცოდნეობაში (სასწავლო-მეთოდური). თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 126 გვ.
6. Matchavariani L. *Time Factor in Soils of Georgia – Mirror or Memory of Landscapes?* // Journal of Environmental Biology. ISSN:0254-8704. Special Issue of JEB "Environment & Geography in the Mediterranean", 33 (2012) (*in print*);
7. Matchavariani L., Lagidze L. *Environment Transformation in Georgia as a result of Climate Change* // Cambridge Scholars Publishing (*in print*);
8. Matchavariani L., Kalandadze B. *Pollution of Soils by Heavy Metals from Irrigation near Mining Region of Georgia* // Forum Geographic (*in print*);
9. Nikolaishvili D., Matchavariani L., Trapaidze V., Sharashenidze M. *Comprehensive Evaluation of Agritourism Perspectives of Georgia*. Proceedings of 1<sup>st</sup> International Scientific-Practical Conference. 28-29 October. Tbilisi, TSU (*in print*);
10. Matchavariani L. *"Governmental Programs, Actions and Results Concerning Climate Change in Georgia"*. International Scientific Conference "Environment & Global Warming", dedicated to the 100<sup>th</sup> birthday anniversary of academician Feofan Davitaya (*in print*);

№	სამეცნიერო ნაშრომების დასახელება	გამომცემლობა, ჟურნალი (ნომერი, წელი), გვერდები	თანავტორები
<b>სტატიები/თეზისები</b>			
1.	Similarities and differences of Georgian and Bulgarian Soils	Proceedings Intern.l Conference 100 Years Bulgarian Soil Science, Sofia, 2011, 116-118	ლ. მაჭავარიანი
2.	Soils of Georgia-a mirror of landscapes?	Proceedings International Conference 100 Years Bulgarian Soil Science, Sofia, 2011, 119-121	თეო ურუშაძე
3.	To the application of zeolites for Detoxication of Contaminated soils	Annals of agrarian science, vol. 9, # 1, 2011, 39-51	თ. ანდრონიკა-შვილი და სხვ.
4.	Bound form and plant availability of heavy metals in irrigated, highly polluted kastanozems in the Mashavera Valley, SE Georgia	Annals of agrarian science, vol. 9, # 1, 2011, 111-119	პ.ფელიქს-ჰენინგსენი და სხვ.
5.	Soil pollution with Cu, Zn and Cd by non-ferrous metal mining affects soil-microbial Activities of kastanozems in the Mashavera Valley	Annals of agrarian science, vol. 9, # 2, 2011, 38-44	ლ. ნავროზაშვი., ს. შნელ, ხ.კალან., პ.ფელიქს-ჰენ.
6.	აჭარის და იმერეთის ნიადაგების მორფოლოგიური ანალიზი ნიადაგის რესურსების მსოფლიო მონაცემთა ბაზის საფუძველზე	სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტ.4, # 1 (54), 2011, 67-11	თ. ქვრივიშვილი ე. სანაძე
7.	ყვითელმიწების დახასიათება და სისტემატიზაცია ნიადაგის რესურსების მსოფლიო მონაცემთა ბაზის საფუძველზე	სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტ.4, № 2 (55), 2011, 7-11	თ. ქვრივიშვილი ე. სანაძე
8.	Книга о выдающемся отце	Известия аграрной науки, том. 9, № 3, 2011, 129-130	
9.	ნიადაგების მრავალფეროვნება საქართველოში	საქართველოს ბიომრავალფეროვნება, თბილისი, 2011, 26-27	თეო ურუშაძე
10.	Carbon stocks in the main Georgian forest formations	Traditional Forest Related Knowledge, Biodiversity Conservation and Sustainable Forest Management in Eastern Europe, Northern and Central Asia IUFRO World Series Vol. 26, 2011, 37-40	ე. ნაკაიძე, გ. ვაჩნაძე ზ. ტიგინაშვილი
11.	მხარის ზოგადი დახასიათება	სვანეთი ბუნებრივი რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები, თბილისი, 2011, 9-23	ი. ჟორდანიას. ო. ფარესაშვილი და სხვ.
12.	მიწის რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები	სვანეთი ბუნებრივი რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები, თბილისი, 2011, 24-70	ი. ჟორდანიას. ჯ. მაჭავარიანი და სხვ.
13.	წყლის რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები	სვანეთი ბუნებრივი რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები, თბილისი, 2011, 71-124	ი. ჟორდანიას. ქ. მახარაძე და სხვ.
14.	ტყის რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები	სვანეთი ბუნებრივი რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები, თბ., 2011, 125-146	ი. ჟორდანიას. ო. ფარესაშვილი და სხვ.
15.	Impact of non-ferrous metal mining on soil function in the Mashavera valley, Georgia	Geophysical Research Abstracts, vol. 13, EGU2011 PREVIEW	თ. ჰანაუერი და სხვ.
16.	Andosols of Georgia	Eurasian Soil Science, vol. 44, # 9, 2011, 969-975	ვ.ბლიუმი და სხვ.
17.	Почвы Грузии и проблемы их охраны	Актуальные проблемы гидрометеорологии и экологии. Мат-лы межд. конференции, Тбилиси, 2011	თეო ურუშაძე, დ. ხომასურიძე

18.	აჭარის ჭრავავილილი წიფლნარების აღდგენა და ოპტიმიზაცია მდგრადი განვითარების უზრუნველსაყოფად	თბილისი, 2011	ნ. ბურდული ვ. დოლიძე და სხვ.
19.	Oriental Beech in Georgia-Present State and conservation Priorities	Communications Institute Forestalis Bohemicae, volume 25, 2010	ზ. მანველიძე და სხვ.
20.	აჭარის მთა-მდელოს ნიადაგების ტაქსონომიური თავისებურებანი	საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 29, 2011, გვ.152-153	თ. ქვრივიშვილი, ე. სანაძე
21.	ყომრალი ნიადაგების სისტემატიზაცია ნიადაგების მსოფლიო მონაცემთა ბაზის საფუძველზე (აჭარის მაგალითზე)	საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 29, 2011, გვ.156-159	თ. ქვრივიშვილი, ე. სანაძე
<b>სახელმძღვანელოები / მათ შორის დამხმარე</b>			
1.	პრაქტიკუმი ნიადაგმცოდნეობაში	თსუ, 2011, 125 გვ	ლ. მაჭავარიანი
<b>წიგნები/მონოგრაფიები</b>			
1.	სვანეთის ბუნებრივი რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები	საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი ცენტრი, 2011, 70გვ.	ი. ჟორდანი. ო. ფარესაშვილი
2.	100+ კითხვა-პასუხი გამოყენ. ეკოლოგიაში	თსუ, 2011, 183 გვ.	ლ. მაჭავარიანი...

11. ელიზბარაშვილი ნ., დნიკოლაიშვილი, ლ. მაჭავარიანი, დევნოზაშვილი ი., სვანაძე დ. და სხვ. *ჯავახეთის დაცული ტერიტორიების ლანდშაფტური დაგეგმარების ძირითადი პრინციპები, მიზნები და შედეგები*. ჟურნ. „საქართველოს გეოგრაფია“, #8-9. თბ. თსუ, 2011 (*ბეჭდვაში*);
12. მაჭავარიანი ლ. საქართველოს ნიადაგები. მონოგრაფია: საქართველოს გეოგრაფია. თსუ ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი. თბილისი, 2011 (*ბეჭდვაში*).

#### კონფერენციები:

- Matchavariani L., Kalandadze B. „Pollution of Soils by Heavy Metals from Irrigation in Mining Region of Georgia”. International Conference “Environment – Landscape – European Identity”. Annual Meeting of the Faculty of Geography. Romania, Bucharest, 4-6 November, 2011;
- Basilashvili Ts., Matchavariani, Tabatadze J., Janelidze M. „Utilization Problems of Mountain River Water Resources and the Ways of their Overcoming”. International Conference “Environment – Landscape – European Identity”. Annual Meeting of the Faculty of Geography. Romania, Bucharest, 4-6 Nov., 2011;
- მაჭავარიანი ლ. „საქართველოს ნიადაგების მიკრომორფოლოგიური თავისებურებანი“. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტის (GNSF/ST09\_747\_8-105, „საქართველოს ნიადაგების გამოკვლევა / სისტემატიზაცია ნიადაგის რესურსების მსოფლიო მონაცემთა ბაზის საფუძველზე“ საგრანტო ხელშეკრულება #1-8/39,09) ფარგლებში მე-8 კვარტლის პროგრამით გათვალისწინებული კონფერენცია. თბ., აგრარული უნივერსიტეტი, 22.12. 2011;
- ნიკოლაიშვილი დ., მაჭავარიანი ლ., ტრაპაიძე ვ., შარაშენიძე მ. „საქართველოს აგროტურიზმის პერსპექტივის კომპლექსური შეფასება“. I საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია. თბ., თსუ, 28-29 ოქტომბ., 2011;
- მაჭავარიანი ლ. „სახელმწიფო პროგრამები, ქმედებები და შედეგები კლიმატის ცვლილებათა დაკავშირებით“. საერთაშორისო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“, მიძღვნილი თეოფანე დავითაიას 100 წლისთავისადმი. თბ., თსუ, 15-16 სექტ., 2011;
- Kalandadze B., Matchavariani L. „Impact of Heavy Metals on Soils and Plants in Mashavera River Lowland, Georgia”. International Conference “Soil, Plant and Food Interactions”. Mendel University, Czech Rep., Brno, 6-8 Sept. 2011;
- Urushadze T., Matchavariani L. „Soils of Georgia – Mirror of Landscape”. International Conference „100 Years Bulgarian Soil Science”, – Section 1: Genesis, Geography & Classification of Soils, Geo-Information System. Bulgaria, Sofia, 16-20 May, 2011;
- Matchavariani L., Lagidze L. “Environment Transformation in Georgia as a Result of Climate Change”. International Symposium on Kaz Mountains & Edremit “Global Change in Mediterranean Region” IKES-2011. Turkey, Edremit-Balikesir, 5-7 May, 2011;

9. Urushadze T., Matchavariani L. *“Development and Evolution of the Forest Soils of Georgia“*. International Symposium on Kaz Mountains & Edremit “Global Change in Mediterranean Region” IKES-2011. Turkey, Edremit-Balikesir, 5-7 May, 2011;
10. Matchavariani L., Lagidze L., Paichadze N. *“Geoecological Problems of Georgia in Connection with Climate Change”*. Materials of Annual International Scientific-Practical Conference "LXIV Gertsensovsky Readings" devoted to the memory of A.M.Alpateva. Russia, St. Peterburg, 21-23 April, 2011.

#### პროექტები:

2010–2012. „საქართველოს ნიადაგების გამოკვლევა/ სისტემატიზაცია ნიადაგის რესურსების მსოფლიო მონაცემთა ბაზის საფუძველზე“. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტი GNSF/ST09\_747\_8-105 (საგრანტო ხელშეკრულება #1–8/39,09).  
*კამერალური სამუშაოების კოორდინატორი.*

#### თენგიზ ურუშაძე

ნიადაგების ეკოლოგიის განყოფილების გამგე

#### პუბლიკაციები:

##### კონფერენციები:

1. International Sympos. on Kaz Mountain and Edremit – Environmental Change in Mediterranean Region – Edremit / Balikesir-Turkey, 5-7 May, 2011. მოხსენება: *“Development and Evolution of the Forest Soils of Georgia”*
2. International Conference - 100 years Bulgarian Soil Science - Sofia, Bulgaria - 19-20 May, 2011.  
1. მოხსენება: *“Similarities and Differences of Georgian and Bulgarian Soils”* (თეო ურუშაძესთან ერთად)  
2. მოხსენება: *“Soils of Georgia – a Mirror of Landscapes?”* (ლ. მაჭავარიანთან ერთად)
3. ეროვნული სამეცნიერო კონფერენცია მიძღვნილი საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის 70 წლისთავისადმი – *“საქართველოს ბიომრავალფეროვნება”* – 16–17 ივნისი, 2011. მოხსენება: *“ნიადაგების მრავალფეროვნება საქართველოში“*.
4. Janrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 3-9 Sept., 2011, Berlin und Potsdam (გერმანიის ნიადაგმცოდნეობის საზოგადოების კონფერენცია. მოხსენება: *“In-situ Fixierung von Cd, Cu und Zn in durch Bergbau Belasteten Oberboden der Region Bolnisi (Georgien)”*.
5. საერთაშ. სამეცნ. კონფერ. „გარემო და გლობალური დათბობა“ მიძღვნილი აკადემიკოს თეოფანე დავითაიას 100 წლისთ., თბ., 15-17 სექტ., 2011. მოხსენება: *„მდ.მაშავერას ხეობის ნიადაგებისა და კულტურული მცენარეების გაჭუჭყიანება მძიმე მეტალებით – მელიორაციის გზები“*
6. საერთაშ. სამეცნ.-ტექნიკ. კონფერ „ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები“ მიძღვნ. აკად. გ. სვანიძის დაბადებიდან 90-წლისთ., თბ., 27-29 სექტ., 2011 წელი. მოხსენება: *“საქართველოს ნიადაგები და მათი დაცვის პრობლემები“*.
7. საერთ. სამეცნ.-პრაქტ. კონფ. „სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების პრიორიტეტები“, თბ., 28-29 ოქტ., 2011. მოხსენება *“საქართველოს ნიადაგები და მათი გამოყენების „რისკ-ფაქტორები“*.
8. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია – „გარემო და ადამიანი“, ქობულეთი, 28-30 ოქტ. მოხსენება: *“საქართველოს ნიადაგები: გამოწვევები და ადამიანური ეგზისტენციის უსაფრთხოება“*.
9. სამეცნიერო კონფერენცია „ბიომრავალფეროვნება და ბიოტექნოლოგიები“ თბილისი, 5-6 დეკემბერი. მოხსენება *„ნიადაგების მრავალფეროვნება საქართველოში“*

#### დალი ნიკოლაიშვილი

კარტოგრაფია-გეოინფორმატიკის განყოფილების გამგე

#### პუბლიკაციები:

1. Nikolaishvili D., Matchavariani L., Demetrashvili O. Methodology of Determining the Agrotourism Potential on Georgia’s Example. Journal of Tourism Challenges and Trends. vol. IV, No 1, June, 2011. pp. 59-76.

- Nikolaishvili D., Matchavariani L., Trapaidze V., Sharashenidze M. Comprehensive Evaluation of Agritourism Perspectives of Georgia. Proceedings of 1<sup>st</sup> International Scientific-Practical Conference. 28-29 October. Tbilisi, TSU (ბეჭდვაში).
- ელიზბარაშვილი ნ., დნიკოლაიშვილი, ლ. მაჭავარიანი, დევნოზაშვილი ი., სვანაძე დ. და სხვ. ჯავახეთის დაცული ტერიტორიების ლანდშაფტური დაგეგმარების ძირითადი პრინციპები, მიზნები და შედეგები. ჟურნ. „საქართველოს გეოგრაფია“, #8-9. თბ.: თსუ, 2011 (ბეჭდვაში).
- ავტორთა კოლექტივი: ელიზბარაშვილი ნ., მაჭავარიანი ლ., ნიკოლაიშვილი დ. 100+ კითხვა-პასუხი გამოყენებით ეკოლოგიაში. თბ., გამომც. „თსუ“, 2011.
- ნიკოლაიშვილი დ. საქართველოს ლანდშაფტები. მონოგრაფია: საქართველოს გეოგრაფია. თსუ ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი. თბილისი, 2011 (ბეჭდვაში).

#### კონფერენციები:

- Nikolaishvili D., Donadze Ts., Meladze G., Trapaidze V., Dvalashvili G., Sharashenidze M., Tigishvili T. Evaluating the Touristic Potential of Georgia's Landscapes. International conference: Environment – Landscape – European Identity. 2011 Annual Meeting of the Faculty of Geography. Romania, Bucharest, 4-6 November, 2011 (abstract).
- ნიკოლაიშვილი დ., ტრაპაიძე ვ. საქართველოს მინერალურ-რესურსული პოტენციალის კომპლექსური შეფასება. International conference, dedicated to memory of Professor Roman Gigauri: “Use of Secondary Raw Materials and Natural Resources in Service of Human and Technological Progress”, 1-2 Nov. Tbilisi, TSU, 2011. pp. 6-7.
- Nikolaishvili D., Matchavariani L., Trapaidze V., Sharashenidze M. Comprehensive Evaluation of Agritourism Perspectives of Georgia. 1<sup>st</sup> International Scientific-Practical Conference. 28-29 October. Tbilisi, TSU.
- ნიკოლაიშვილი დ., დემეტრაშვილი ო. ახალი ელექტრონული კურსი: გეოინფორმაციული და ექსპერტული სისტემები. ელექტრონული სწავლების შიდასაუნივერსიტეტო კონფერენცია. თბ., თსუ, 11 მარტი, 2011.
- ნიკოლაიშვილი დ., დემეტრაშვილი ო. გლობალური დათბობის გავლენა საქართველოს ლანდშაფტებზე: შეფასების მეთოდოლოგია. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია: “გარემო და გლობალური დათბობა”. თსუ ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი, 15-17 სექტ., 2011.
- ნიკოლაიშვილი დ., თოლორდავა რ. საქართველოს სახელმწიფო საზღვრის კარტომეტრიული ანალიზი. სამეცნიერო კონფერენცია: „გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები“. თბილისი, ალ. ჯავახიშვილის სახელობის გეოგრაფიული საზოგადოება, 19 დეკემბერი, 2011.
- ნიკოლაიშვილი დ. კავკასიის ლანდშაფტების კადასტრი. საერთაშორისო სემინარი: „საქართველო და საფრანგეთი: ლანდშაფტური ხედვის ორი სკოლა“. თბილისი, ალ. ჯავახიშვილის სახელობის გეოგრაფიული საზოგადოება, 14-15 ნოემბერი, 2011.

#### პროექტები:

25.X. 2010 – 1.III. 2011. პროექტი: “დედოფლისწყაროს რაიონის დეგრადირებული ლანდშაფტების აღდგენა: სექტორული დაგეგმარება”, # 089287.7-00100, GTZ – გერმანიის ტექნიკური თანამშრომლობის საზოგადოება. ექსპერტი გარემოს დაცვასა და ლანდშაფტურ დაგეგმარებაში.

#### გიორგი მელაძე

ეკოლოგიური ტურიზმისა და ეკომიგრაციების განყოფილების გამგე

#### პუბლიკაციები:

- ქართლის ისტორიულ-გეოგრაფიული მიმოხილვა // ქართლის მოსახლეობის ეთნიკური განვითარების საკითხები და ანთროპოლოგიური ტიპის ცვალებადობა ძვ.წ. აღრ. III ათასწლეულიდან XX საუკუნის ჩათვლით. თბილისი, 2011. გვ. 9-20.
- გაგრძელდება თუ არა შობადობის მატება საქართველოში? // გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები, საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, 2011. გვ. 205-212.
- დედამიწის მოსახლეობა როგორც გლობალური ეკოლოგიური პრობლემების დეტერმინანტი // ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. ტ. 117, თბილისი, 2011. გვ. 125-128.

- საქართველოს სოფლის მოსახლეობის დინამიკის თანამედროვე ტენდენციები // I საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია. სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების პრიორიტეტები. თბილისი, 28-29 ოქტომბერი, 2011. (მ.მელამესთან თანავტ. იბეჭდება).
- საქართველოს მოსახლეობა // საქართველოს გეოგრაფია. 2011. ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის გამოცემა (მონოგრაფია) (ბეჭდვაში).

#### კონფერენციები:

- საქართველოს მთიანეთის დემოგრაფიული პერსპექტივა (რაჭის მაგალითზე) // ალ. ჯავახიშვილის სახელობის საქართველოს გეოგრაფიული საზოგადოება. იაპონიაში ბუნებრივი კატასტროფის მსხვერპლთა სხოვნისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენცია – რისკების გეოგრაფია: იაპონიიდან საქართველომდე. თბილისი, 29 აპრილი. 2011.
- სასმელი წყლის პრობლემები // საქართველოს საპატრიარქოს წმ. ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტი. საერთაშორისო კონფერენცია გამოყენებითი გეოფიზიკა და გეოეკოლოგია. მიძღვნილი პროფ. ლევან ჭანტურიშვილის 90-ე წლისთავისადმი. თბილისი, 14-15 სექტემბერი, 2011.
- საქართველოს გეოგრაფიის აქტუალური საკითხები // საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“, მიძღვნილი აკადემიკოს თეოფანე დავითაიას დაბადებიდან 100 წლისთავისადმი (ნ. ელიზბარაშვილის თანავტ.).
- დედამიწის მოსახლეობა როგორც გლობალური ეკოლოგიური პრობლემების დეტერმინანტი // საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია - „ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური საკითხები“, მიძღვნილი აკადემიკოს გ.სვანიძის დაბადებიდან 90 წლისთავისადმი. თბილისი, 27-29 სექტემბერი, 2011. გვ. 125-128.
- საქართველოს სოფლის მოსახლეობის დინამიკის თანამედროვე ტენდენციები // ი.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ეკონომიკისა და ბიზნესის ფაკულტეტი. I საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია. სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების პრიორიტეტები. თბილისი, 28-29 ოქტომბერი, 2011. (მ.მელამესთან თანავტ.).
- Evaluating the touristic potential of Georgia's landscapes // International Conference Environmental – Landscape-European Identity. 2011 Annual Meeting of the Faculty of Geography. Organisers: University of Bucharest – Faculty of Geography. Department of Regional Geography and Environment. (co-autors: D. Nikolaishvili, T. Donadze, M. Sharashenidze, V. Trapaidze, G. Dvalashvili, T. Tigishvili).

#### პროექტები:

ევრაზიის თანამშრომლობის ფონდი. ეკოლოგიური სამართლის ცენტრი. საჯარო მონიტორინგის სისტემის ფორმირება გარემოს საფრთხეზე ინდუსტრიულ ზონებში. 17.01.2011-16.09.2011. თანამდებობა/საქმიანობა: სოციალურ-ეკონომიკური საკითხების ეასპერტი.

#### ბესიკ კალანდაძე

ნიადაგების ეკოლოგიის განყოფილების უფრ. მეცნ. თანამშრ.

#### პუბლიკაციები:

- Hanauer, T., Navrozashvili, L., Schnell, S., Kalandadze, B., Urushadze, T. and Felix- Henningsen, P. (2011): Soil Pollution with Cu, Zn and Cd by non-ferrous Metal Mining Affects Microbial Activity of Kashtanozems in the Mashavera Valley. *Annals of Agrarian Science*, vol. 9. # 1. 2011. 38-50.
- Hanauer, T., Navrozashvili, L., Schnell, S., Steffens, D., Kalandadze, B., Urushadze, T. and Felix-Henningsen, P. (2010): Impact of non-ferrous metal mining on soil functions in the Mashavera valley, Georgia. *EGU General Assembly*. Vol. 13. (April 2011). (In Austria).
- Двалашвили, Г., Каландадзе, Б. и Трапаидзе, В. (2011): Трансформация антропогенного рельефа и комплексные географические исследования на примере Верхнего Имеретинского плато. III международная научно-практическая конференция. Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины. (апрель 2011). (Беларусь). 184-185.
- კალანდაძე, ბ., ტრაპაიძე, ვ. და ბრეგვაძე, გ. (2011): მდინარე მაშავერას სარწყავი წყლების გავლენა ბოლნისის რაიონის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე. საერთ. სამეცნ.-ტექნიკ. კონფერ. ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები. ტ.117. (სექტ. 2011), საქართვე. 131-133.

5. კალანდაძე ბ., ჰანაუერი, თ., ურუშაძე, თ., ნავროზაშვილი, ლ., ფელიქს-ჰენინგსენი, პ., შნელი, ს. და შტეფენსი, დ. (2011): მდ. მამავერას ხეობის ნიადაგებისა და კულტურული მცენარეების გაჭუჭყიანება მძიმე მეტალებით - მელიორაციის გზები. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“. სექტ., 2011, საქართველო.
6. Kalandadze, B. & Matchavariani, L. (2011): Impact of Heavy Metals on soils and plants in Mashavera River Lowland, Georgia. Cordially invite you to the international conference “Soil, Plant and Food Interactions”. Mendel University. Sept., 2011, Czech.587-598.
7. Hanauer, T., Jung, S., Kalandadze, B., Navrozashvili, L., Steffens, D., Shnell, S., Urushadze, T. und Felix-Henningsen, P. (2011): In-situ Fixierung von Cd, Cu und Zn in durch Bergbau belasteten Oberboden der region Bolnisi (Georgien). Jarestagung DBG. Sept., 2011, Deutschland.

#### კონფერენციები:

1. III международная научно-практическая конференция. Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины. апрель 2011, Беларусь.
2. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია. ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები. სექტ., 2011, საქართველო.
3. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „გარემო და გლობალური დათბობა“. მიძღვნილი აკად. თეოფანე დავითაიას 100 წლისთავისადმი. სექტ., 2011, საქართველო.
4. International conference “Soil, Plant and Food Interactions”. Mendel University. Sept., 2011, Czech.
5. გერმანიის ნიადაგმცოდნეთა კონგრესი. Jarestagung DBG. sept., 2011 Deutschland.

#### პროექტები:

მთიან რეგიონებში გარემოსდაცვითი და სოციალური პროცესების მრავალფეროვანი ურთიერთკავშირის ანალიზი, ინტერდისციპლინარული კვლევა მიწის მდგრადი გამოყენების, მიწის განვითარების (ათვისების) და ცხოვრების ხარისხის გაუმჯობესებისათვის, VW ფონდი, პროექტის მონაწილე.

#### ნოდარ წივწივაძე

ზღვის ეკოლოგიისა და ნაპირდაცვის განყოფილება განყოფილების გამგე

#### პუბლიკაციები:

1. Giorgi S. Metreveli, Nodar Sh. Tsivtsivadze, Avtandil G. Amiranashvili. “Modern information on World Ocean current eustasy”. ISSN 1512-1127, Journal of Iv. Javakishvili TSU M. Nodia Institute of Geophysics and the Georgian Geophysical Society, Issue (B) Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 14, 2010, pp.96-102 (in English);
2. G.P. Dokhnadze, G.S. Metreveli, N.Sh.Tsivtsivadze, L.D. Lagidze.“Risk Assessment of Slope Soil Degradation“. ISSN 1512-1887, Annals of Agrarian Science, vol.9, no.3. 2011, pp. 53-56 (in English);  
A. Khantadze, N. Tsivtsivadze, D. Kereselidze and L. Lagidze. “Problem of Soil Active Layer Recovery in Desertification Process”. Geography of Georgia, #8-9, Tbilisi University Press, 2011 pp. 91-97 (in English).

#### გია სოფაძე

გარემოს მდგრადი განვითარების განყოფილების გამგე

Name of assignment or project: NBSAP (National Biodiversity Strategy and Action Plan) updating in the thematic field of “Public Participation and Education” Financed by US GIZ Positions held: Biodiversity expert
Seminar and workshop on sustainable and safe use and storage of pesticides in Kvemo Kartli region of Georgia. Financed by International POPs Elimination Network (IPEN) Positions held: Project coordinator
Adaptation of agro biodiversity on arid and semiarid landscapes of Georgia. Financed by REC Caucasus Positions held: Landscape expert

January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

კარტოგრაფია-გეოინფორმატიკის განყოფილების უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი

Name of assignment or project: NBSAP (National Biodiversity Strategy and Action Plan) updating in the thematic field of "Public Participation and Education" Financed by US GIZ Positions held: Project coordinator
Name of assignment or project: Rapid Rural Assessment and Local Livelihood Opportunities For UNDP Project: Restoration of Forest Ecosystem Damages in Armed Conflict in Georgia Financed by US UNDP Positions held: Social expert
Name of assignment or project: ECO Youth Georgia – Seminars and trainings on sustainable waste management and energysaving in four universities of Georgia (Telavi, Batumi, Kutaisi, Akhaltsikhe). Financed by US Embassy in Georgia (Facebook/Eco Youth Georgia). Positions held: Project coordinator
Seminar and workshop on sustainable and safe use and storage of pesticides in Kvemo kartli region of Georgia. Financed by International POPs Elimination Network (IPEN) Positions held: Project coordinator
Seminar and Workshop on Efficient Waste Management and climate tolerant landfill operation for Tbilisi Technical University students. Financed by GIZ Positions held: Project coordinator
Name of assignment or project: Kharagauli Communal Forest Pilot Project Client: AFD/KfW Main project features: Introducing of sustainable forest management (SFM) practices at the community level within the Kharagauli Municipality Positions held: Social expert

მიმდინარე 2011 წელს გამოყენებითი ეკოლოგიის ინსტიტუტის პერსონალის მიერ მომზადებულია და რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდში გადაცემულია რამდენიმე საგრანტო პროექტი.



**მეტალორგანული ქიმიის ინსტიტუტი**

ქ. თბილისი, ი.ჭავჭავაძის 3,

Phone +7 (499) 783 -32-74., (+995-32) 225-37-53

Fax +7 (499) 135 5085 ., (+995-32) 225-37-53

E-mail [koridze@ineos.ac.ru](mailto:koridze@ineos.ac.ru) [chediageo@yahoo.com](mailto:chediageo@yahoo.com)

**სამეცნიერო მიმართულება: ფიზიკური და ქიმიური მეცნიერებები/საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები (მეტალორგანული ქიმია, ჰომოგენური კატალიზი).**

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:**

1. ავთანდილ ქორიძე, ქიმიის მეცნ. დოქტორი, პროფესორი, ინსტიტუტის დირექტორი (სამეცნიერო ხელმძღვანელი)
2. როინ ჭედია, ქიმიის დოქტორი \_ ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი, ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილე (მენეჯერი)
3. ცილა კაკულია, ქიმიის დოქტორი \_ უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
4. ლილი ჯანიაშვილი, ქიმიის დოქტორი \_ უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
5. მარინე ბეროშვილი, ქიმიის დოქტორი \_ უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
6. არჩილ მაჭარაშვილი, ქიმიის დოქტორი \_ უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
7. ვალერი აჩელაშვილი, ქიმიის დოქტორი \_ მეცნიერ თანამშრომელი
8. ვახტანგ უგრეხელიძე, ქიმიის დოქტორი \_ უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
9. ვახტანგ ფირიაშვილი, ქიმიის დოქტორი \_ უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
10. გიორგი ქვარცხავა – ქიმიის დოქტორი, უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
11. ოლიკო ლეკაშვილი \_ მეცნიერ თანამშრომელი
12. ნინო ნონიკაშვილი – მეცნიერ თანამშრომელი
13. ლევან მცხვეთაძე \_ მეცნიერ თანამშრომელი
14. თამრიკო ქორქია \_ მეცნიერ თანამშრომელი
15. ქეთინო სარაჯიშვილი \_ მეცნიერ თანამშრომელი
16. ირინა მჭედლიშვილი \_ მეცნიერ თანამშრომელი
17. არჩილ ვარადაშვილი \_ მეცნიერ თანამშრომელი
18. გურამ ბეროშვილი \_ უფროსი ლაბორანტი
19. ლილიანა კაკაბაძე \_ უფროსი ლაბორანტი
20. ედუარდ ჩიმაკაძე \_ მინანზბერი
21. ვლადიმერ ყაჩუხაშვილი \_ ინჟინერი
22. ნუგზარ მოგელაძე \_ ინჟინერი

**კვლევის/პროექტის თემატიკა:** ჩვენი მოღვაწეობის სამეცნიერო მიმართულებები ითვალისწინებს კვლევებს აქტუალური, მათ შორის გლობალური პრობლემების სფეროში:

1. ალკანების, ნახშირწყალბადოვანი წიაღისეული ნედლეულის ძირითადი კომპონენტის, ჰომოგენური კატალიზური დეჰიდრირება (ფუნქციონალიზაცია);
2. წყალბადის – ეკოლოგიურად უნაკლო ენერგომატარებლის, მომავლის საწვავის – კატალიზური მიღება კარბინოლებიდან და წყლიდან;
3. ნახშირწყალბადებში C–H და C–C ბმების წარმოქმნა და გახლეჩა რბილ პირობებში გარდამავალი მეტალების ერთბირთვიანი და კლასტერული კომპლექსების მოქმედებით;
4. მეტალორგანულ (კლასტერულ) კომპლექსებში ფეროცენის ცენტრებს შორის ელექტრონული კომუნიკაციის ეფექტურობა;
5. მეტალოცენებში ელექტროფილური ჩანაცვლების მექანიზმის დადგენა;
6. ბიოლოგიურად აქტიური მეტალორგანული ნაერთების მიღება სამედიცინო პრეპარატების შექმნის მიზნით ყველაზე მეტად საშიშ ინფექციურ დაავადებებთან მალარია და სხ. საბრძოლველად (ამ მიმართულებით მუშაობა დაწყებულია 2011 წლის ბოლოს).

კვლევის აქტუალობა და მიზნები. მიღებული შედეგები. ჩვენი კვლევის მიზნები შეიძლება მიზნულ იქნას როგორც ფრიად ამბიციური, მაგრამ ისინი ეფუძნება ორიგინალური მიდგომების გამოყენებით მნიშვნელოვანი პრობლემების წარმატებულად გადაწყვეტის გამოცდილებას. ჩვენი

კვლევების შედეგები ქვეყნდება წამყვან, პრესტიჟულ ჟურნალებში (*Organometallics*, *Chem. Commun.*, *Dalton Trans.* და სხვ.) და კარგადაა ცნობილი საერთაშორისო სამეცნიერო საზოგადოებისათვის.

1. **ალკანების ჰომოგენური კატალიზური დეჰიდრირება.** ნახშირწყალბადოვანი წიაღისეული ნედლეულის ძირითად ნაწილს ალკანები შეადგენს, მაგრამ ქიმიური ინერტულობის გამო მათი სასარგებლო ნივთიერებებად გარდაქმნის პროცესები ჰეტეროგენულ კატალიზატორებზე მოითხოვს მაღალ ტემპერატურას, 450-900<sup>o</sup>C. (ალკანების კატალიზური დეჰიდრირებით წარმოიქმნება ოლეფინები, რომლებიც ნავთობქიმიური და ქიმიური მრეწველობის ძირითადი ნედლეულია). ასე რომ ალკანების დეჰიდრირების არსებული მეთოდები ხასიათდება ენერჯის მაღალი დანაკარგებით, დაბალი სელექტიურობით, და როგორც შედეგი, ეკოლოგიური თვალსაზრისით გაუმართლებელია. ალკანების დეჰიდრირების სელექტიური ჰომოგენური კატალიზატორების შემუშავება ორგანული ქიმიისა და კატალიზის უმნიშვნელოვანეს ამოცანადაა მიჩნეული. ჩვენს მიერ შექმნილია ალკანების დეჰიდრირების ახალი თაობის კატალიზატორები, ფეროცენისა და რუთენოცენის საფუძველზე ბის-ფოსფინური ტიპის ირიდიუმის “პინსერული” კომპლექსები. მათ გამოავლინეს შეუდარებელი აქტივობა ალკანების კატალიზურ დეჰიდრირებაში 180<sup>o</sup> C-ზე. (A.A. Koridze, Alkane and alkane group dehydrogenation with organometallic catalysts. *U.S. Patent, US 6,909,009, August 8, 2005. Organometallics*, **2006**, *25*, 5466-5476). ალკანების ჰომოგენური კატალიზური დეჰიდრირების არამხოლოდ ფუნდამენტალური, არამედ პრაქტიკული მნიშვნელობის გათვალისწინებით, მეცნიერებმა მნიშვნელოვანი ძალისხმევა მიმართეს ირიდიუმის სხვადასხვა ტიპის პინსერული კომპლექსებით ალკანების დეჰიდრირების მექანიზმის დადგენას. ცხადია, რომ ამ სისტემების კატალიზური აქტივობა განისაზღვრება სტერიული (კატალიზური ცენტრის მისაწვდომობა სუბსტრატისათვის) და ელექტრონული (ირიდიუმის ატომზე ელექტრონული სიმკვრივე) ფაქტორებით. ჩვენი კვლევის თანახმად, (*Organometallics*, **2006**, *25*, 5466-5476), კატალიზურ აქტივობაში განსხვავება ცნობილი ამერიკელი მეცნიერების გოლდმანისა (A.S. Goldman) და ბრუქჰარტის (M. Brookhart), მიერ შესწავლილ ბენზოლის ბირთვის შემცველ, ბის(ფოსფინურ) და ბის(ფოსფინიტურ) პინსერულ კომპლექსებსა, და ჩვენს კომპლექსებს შორის, სტერიული ფაქტორის შედეგია და განისაზღვრება კომპლექსებში P-Ir-P ბმებისა და კუთხის სიდიდით. სხვადასხვა პინსერული ლიგანდის ელექტრონული თვისებების შეფასების არსებული დისკუსიის ფონზე, ჩვენ დავიწყეთ პინსერული ლიგანდების ელექტრონული თვისებების სისტემატური შესწავლა დამოუკიდებელი ექსპერიმენტული მეთოდებით. სინთეზირებულ იქნა როდიუმის კომპლექსები მონოდეიტერირებულ წყალბადთან H-D: Rh(HD)[2,6-(<sup>t</sup>Bu<sub>2</sub>PCH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>], Rh(HD)[2,6-(<sup>t</sup>Bu<sub>2</sub>PO)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>], Rh(HD)[{2,5-(<sup>t</sup>Bu<sub>2</sub>PCH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C<sub>5</sub>H<sub>2</sub>}Fe(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)] (Rh(HD)[<sup>t</sup>Bu<sup>p</sup>P, C, P<sup>Fe</sup>]) და Rh(HD)[{2,5-(<sup>t</sup>Bu<sub>2</sub>PCH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C<sub>5</sub>H<sub>2</sub>}Ru(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)] (Rh(HD) [<sup>t</sup>Bu<sup>p</sup>P, C, P<sup>Ru</sup>]), რომლებიც შესწავლილია <sup>1</sup>H ბმრ მეთოდით. ამ კომპლექსებში J<sub>HD</sub> სპინ-სპინური ურთიერთქმედების კონსტანტის გაზომვამ საშუალება მოგვცა არამხოლოდ დაგვედგინა წყალბადის მოლეკულის როდიუმის ატომთან დაკავშირების ხასიათი და წყალბადის ატომებს შორის მანძილი, არამედ შეგვეფასებინა შესაბამისი პინსერული ლიგანდების ელექტრონული თვისებები. სინთეზირებულია აგრეთვე პარა-ფტორფენილპალადიუმის კომპლექსები Pd(Ar)[2,6-(<sup>t</sup>Bu<sub>2</sub>PCH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>], Pd(Ar)[2,6-(<sup>t</sup>Bu<sub>2</sub>PO)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>], Pd(Ar)[<sup>t</sup>Bu<sup>p</sup>P, C, P<sup>Fe</sup>] და Pd(Ar)[<sup>t</sup>Bu<sup>p</sup>P, C, P<sup>Ru</sup>] (Ar = C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F-4), რომლებიც შესწავლილია <sup>19</sup>F ბმრ და ციკლური ვოლტ-ამპერმეტრიის მეთოდებით (*Dalton Trans.*, **2011**, *40*, 7201-7209). ამ გზით მოხერხდა ბენზოლის ბირთვზე დაფუძნებული ბის-ფოსფინური და ბის-ფოსფინიტური ლიგანდების, და ფეროცენისა და რუთენოცენის ბირთვებზე დაფუძნებული ბის-ფოსფინური და პინსერული ლიგანდების ელექტრონული თვისებების დადგენა. შედეგები სრულ შესაბამისობაშია როდიუმის HD მოლეკულასთან პინსერული კომპლექსების ბმრ სპექტროსკოპიის მონაცემებთან, ირიდიუმის კომპლექსების კარბონილური ადუქტების იწ სპექტროსკოპიულ მონაცემებთან (*Organometallics*, **2006**, *25*, 5466-5476), და ერთმნიშვნელოვნად ამტკიცებს იმ მიზეზების გადამწყვეტ როლს, რომლებიც განსაზღვრავს პინსერული კომპლექსების კატალიზურ აქტივობას. (ამერიკელი მეცნიერების მიერ ჩვენი ინტერპრეტაციის სამართლიანობის აღიარების შესახებ იხ. *Chem.Rev.* **2011**, *111*, 1761-1779).

2. **წყალბადის კატალიზური მიღება. კარბონილებიდან და წყლიდან:** წყალბადი გვევლინება უნაკლო ენერგომატარებლად, რამდენადაც მისი დაწვის შედეგად წარმოიქმნება მხოლოდ წყალი. წყალბადს აღიარებენ მომავლის საწვავად, მაგრამ ის რომ ნამდვილად გახდეს ასეთი, აუცილებელია შემუშავდეს წყალბადის მიღების ეფექტური და იაფი მეთოდები. იდეალური იქნებოდა წყალბადის მიღება წყლის კატალიზური დაშლით (წყლის ელექტროლიზი მეტისმეტად ენერგოტევადი და ძალიან ძვირი პროცესია). ჩვენ ვგეგმავთ განვახორციელოთ წყლის კატალიზური დაშლა მეტალოკომპლექსების

მოქმედებით. ამავდროულად, ჩვენ ვიკვლევთ მეორადი სპირტების კატალიზურ დეჰიდრირებას, რის შედეგადაც წარმოიქმნება კეტონები და წყალბადი. ჩვენს მიერ დადგენილია, რომ ირიდიუმის ნეიტრალური და კათიონური პინსერული კომპლექსები იწვევს სპირტების ეფექტურ დეჰიდრირებას. შედეგები მოხსენებულ იქნა 2011 წელს იტალიაში (8<sup>th</sup> International School of Organometallic Chemistry, Camerino, Italy, August 27-31, 2011. Abstracts of Papers, P46). წყალბადის ენერგეტიკის პრობლემასთან კავშირი აქვს აგრეთვე რუთენიუმის მეტალოცენურ საფუძველზე კათიონური Bბის-ფოსფინური კომპლექსებით H<sub>2</sub>-ის შექცევად ჰეტეროლიტურ აქტივაციას. შედეგები გამოქვეყნებულია ჩვენს მიერ 2010 წ. (*Organometallics*, 2010, 29, 4360-4368). ეს მიმართულება გაგრძელდება, რადგან წყალბადის გამოყოფას თან ერთვის მთელი რიგი არაჩვეულებრივი რეაქციები და გადაჯგუფებები.

**3. ნახშირწყალბადებში C-H და C-C ბმების წარმოქმნა და გახლეჩა რბილ პირობებში.** ირიდიუმის პინსერული კომპლექსებით ალკანების C-H ბმის აქტივაცია ვახსენეთ ზემოთ. ადრე, რუთენიუმისა და ოსმიუმის კარბონილური კლასტერების შესახებ პუბლიკაციების სერიაში ჩვენს მიერ ნაჩვენები იყო, რომ ამ კომპლექსებიდან ზოგიერთს შეუძლია არაჩვეულებრივად რბილ პირობებში (20°C, ზოგჯერ შექცევადად) C-C, C-H და ნახშირბად-ჰეტეროატომის ბმების აქტივაცია (იხ. მაგ: *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* 1984, 1158-1159; *J. Organomet. Chem.* 1994, 481, 247-252; *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* 2000, 49, 1-18). განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს იმ ფაქტორების გაგება, რომლებიც განსაზღვრავენ რბილ პირობებში მეტად მყარი C-C და C-H ბმების გახლეჩას. საკმაოდ დაწვრილებით არის შესწავლილი უჯერი ნახშირწყალბადებისა და ალკინების რეაქციები რუთენიუმისა და ოსმიუმის კლასტერებზე. მნიშვნელოვნად ნაკლები ნაშრომებია მიძღვნილი რენიუმის კლასტერებზე შესაბამისი რეაქციებისათვის. ახლახან (*Inorg. Chim. Acta*, 2011, 378, 264-268), AuPPh<sub>3</sub>(C<sub>4</sub>Fc) Fe = ფეროცენილი კომპლექსის თერმული რეაქციით Re<sub>2</sub>(CO)<sub>8</sub>(NCMe)<sub>2</sub>-თან (ტოლუოლი, 90<sup>0</sup>) მიღებულია ოქრო-რენიუმის კლასტერები: Re<sub>2</sub>(AuPPh<sub>3</sub>)(μ-C<sub>4</sub>Fc)(CO)<sub>8</sub> და Re<sub>4</sub>(AuPPh<sub>3</sub>)(μ<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>Fc)(μ<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>Fc)(NCMe)(CO)<sub>13</sub>. უკანასკნელი კომპლექსი ღირშესანიშნავია იმით, რომ მისი წარმოქმნა მიმდინარეობს საწყის ბუტადინილურ ლიგანდის C-C ბმის გახლეჩით, რის შედეგად მიიღება μ<sub>4</sub>-C<sub>2</sub> კარბიდული და μ<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>Fc ალკინილური ლიგანდები. ეს რეაქცია მიგვანიშნებს, რომ უჯერი ორგანული ნაერთების ქიმია რენიუმის კლასტერებზე ისეთივე მდიდარი და ზოგჯერ მოულოდნელი შეიძლება იყოს, როგორც ეს რუთენიუმისა და ოსმიუმის კლასტერების შემთხვევაშია.

**4. მეტალორგანულ (კლასტერულ) კომპლექსებში ფეროცენის ცენტრებს შორის ელექტრონული კომუნიკაციის ეფექტურობა.** სხვადასხვა ხიდის შესწავლა აწარმოოს ელექტრონული კომუნიკაცია, ინტერესს იწვევს ნანოზომის ელექტრონული მოწყობილობების შექმნის თვალსაზრისით. ფეროცენი, მისი მდგრადი (+1/0) წყვილით, შესანიშნავი რედოქს თვისებების მქონეა და ხშირად გამოიყენება სხვადასხვა სახის ხიდის (სპეისერის) საშუალებით ელექტრონის გადატანის შეფასებისას. არც თუ ისე დიდი ხნის წინ, ჩვენს მიერ სინთეზირებულ იქნა უჩვეულო სტრუქტურის მქონე ოქრო-რენიუმის კლასტერი, Re<sub>4</sub>(AuPPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(CO)<sub>12</sub>(μ<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>Fc)<sub>2</sub>, რომელიც ორ ექვივალენტურ ფეროცენილალკინილურ ჯგუფს შეიცავს (*Organometallics*, 2008, 27, 6163-6169). ამ კომპლექსმა ძალიან იშვიათი ელექტრონული კომუნიკაცია გამოამჟღავნა ფეროცენის ერთეულებს შორის კლასტერული ჩონჩხის საშუალებით. ციკლური ვოლტამპერმეტრიის მონაცემების თანახმად, კლასტერი ფეროცენის დაჟანგვით ორ რედოქს პროცესს განიცდის, რომლებიც 109 mV არის დაშორებული. ელექტრონული კომუნიკაციის ეფექტურობაზე ნახშირბადის ჯაჭვის სიგრძის გავლენის შესწავლის მიზნით, 2011 წ. ჩატარებული იყო ფეროცენილბუტადინილური ჯგუფების შემცველი ოქრო-რენიუმის კომპლექსების სინთეზი. ამ კვლევის შედეგების ნაწილი გამოქვეყნებულია საერთაშორისო ჟურნალში *Inorg. Chim. Acta*, 2011, 378, 264-268.

**5. მეტალოცენებში ელექტროფილური ჩანაცვლების მექანიზმის დადგენა.** 1951 წ. ფეროცენის აღმოჩენის დღიდან, ორმა პრობლემამ, რომლებიც ამ უმინშენელოვანესი ნაერთის ქიმიასთანაა დაკავშირებული, დიდი ხნით მიიპყრო მკვლევართა ყურადღება. მას შემდეგ, რაც რ.ბ. ვუდვორდმა... (შემდგომში ნობელის პრემიის ლაურეატი) თანამშრომლებთან ერთად 1952 წელს აჩვენა, რომ ფეროცენი წარმოადგენს არომატულ სისტემას და შედის ელექტროფილური ჩანაცვლების რეაქციაში, წარმოიშვა დისკუსია ამ რეაქციის მექანიზმის თაობაზე. მეორე პრობლემა დაკავშირებულია "ანომალურად" მდგრადი ფეროცენილ კარბკათიონების სტაბილიზაციის მექანიზმთან. მოგვიანებით ამ სტაბილიზაციის მექანიზმი ახსნილ იქნა, მათ შორის ახალი მიდგომის გამოყენებით, რომელიც

ეფუძნება რკინის მაგნიტური იზოტოპით გამდიდრებული ნიმუშების  $^{57}\text{Fe}$  ბმრ მეთოდით გამოკვლევას (A.A. Koridze, *Russ. Chem. Rev.*, **1986**, *55*, 113-126; *J. Organomet. Chem.*, **1983**, *259*, 345-360). ფეროცენის ელექტროფილური ჩანაცვლების მექანიზმის დადგენა გამწვანებულია იმით, რომ ამ რეაქციის ინტერმედიატები ძალიან მცირე დროის განმავლობაში ცოცხლობენ და მათზე დაკვირვება სპექტრალური მეთოდებითაც შეუძლებელია. ამ მხრივ ფეროცენი განსხვავდება ბენზოლისაგან, კლასიკური არომატული სისტემისაგან, რომლისთვისაც ელექტროფილური ჩანაცვლების ინტერმედიატები, ე.წ. არენიუმის იონები, არა მხოლოდ დაფიქსირებულია სპექტრალური მეთოდების მეშვეობით, არამედ დახასიათებულია მათი მარილების რენტგენოსტრუქტურული გამოკვლევებით. ახლახან (*Organometallics*, **2010**, *29*, 4360-4368) ჩვენ მოვახერხეთ პირველად მიგველო და სრულად დაგვეხასიათებინა ფეროცენიუმის და რუთენოცენიუმის იონები, რომლებიც სტაბილიზირებულია რუთენიუმის ხელატირებული ატომით. მეტალოცენიუმ იონები მიღებულ იქნა რუთენიუმის ქლორ-კარბონილური პინსერული კომპლექსების  $\text{RuCl}(\text{CO})[\{2,5-(t\text{Bu}_2\text{PCH}_2)_2\text{C}_5\text{H}_2\}\text{M}(\text{C}_5\text{H}_5)]$  ( $\text{M}=\text{Fe}, \text{Ru}$ ) ურთიერთქმედებით წყალბადთან  $\text{NaAr}^{\text{F}}_4$  ( $\text{Ar}^{\text{F}} = 3,5-(\text{CF}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3$ ) თანდასწრებით; მიღებულ კათიონურ კომპლექსებში  $\{\text{RuH}(\text{CO})[\{2,5-(t\text{Bu}_2\text{PCH}_2)_2\text{C}_5\text{H}_2\}\text{M}(\text{C}_5\text{H}_5)]\} \text{Ar}^{\text{F}}_4$  ( $\text{M}=\text{Fe}, \text{Ru}$ ) მორეაგირე  $\text{H}_2$  მოლეკულის ერთი ატომი მიერთებულია რუთენიუმის ხელატირებულ ატომთან, მეორე კი - ციკლოპენტადიენილის რგოლის მეტალირებული ნახშირბადის C(1) ატომთან. გრძელდება პირველი მეტალოცენიუმ იონების კვლევა, 2011წ. მიღებულია რიგი ახალი პინსერული ლიგანდებისა, რომლებიც მოუხელთავენ რჩებოდნენ ნახევარი საუკუნის განმავლობაში.

**6. ბიოლოგიურად აქტიური მეტალორგანული ნაერთების მიღება.** კვლევა ამ მიმართულებით ახლახანა დაწყებული და მიზნად ისახავს ახალი მიდგომების გამოყენებას იმ წამლების მიღებაში, რომლებიც პერსპექტიულია ყველაზე საშიშ ინფექციურ დაავადებებთან ბრძოლაში. მალარიას საშიში ფორმით მსოფლიოში დაავადებულია 300 მილიონამდე ადამიანი, და ბავშვთა სიკვდილიანობა ამ მალარიით წელიწადში 1 მილიონს აღემატება.

რაზეა დაფუძნებული ჩვენი საკმაოდ ფრთხილი ოპტიმიზმი? ჩვენს მიერ რიგი პრობლემების წარმატებით გადაჭრაზე, ისეთი ახალი, ორიგინალური მიდგომების გამოყენებით, როგორცაა: პირველად  $^{187}\text{Os}$  ბმრ სპექტროსკოპიის გამოყენებით ოსმიუმისა და რუთენიუმის ბინარულ სამბირთვიან კარბონილებში შიდამოლეკულური გადაჯგუფების მექანიზმის დაგენა, რაც ჩვენამდე გადაუჭრელად ითვლებოდა (*J. Chem. Soc., Chem. Commun.* **1981**, 853-855; სხვათაშორის, ეს იყო ჩვენი პირველი ნაშრომი კლასტერების ქიმიის სფეროში); პირველად ქიმიში  $^{57}\text{Fe}$  ბმრ სპექტროსკოპიის გამოყენება ფეროცენილ კარბოკათიონების სტაბილიზაციის მექანიზმის დასადგენად; ალკანების დეჰიდრირების ყველაზე აქტიური კატალიზატორების შექმნა ახალი თაობის ირიდიუმის პინსერული კატალიზატორებისა მეტალოცენების საფუძველზე (ეს იყო პირველი ნაშრომი ჩვენთვის ახალ სფეროში – ამჯერად ჰომოგენურ კატალიზში); და ბოლოს, პირველი მეტალოცენიუმ იონების მიღება, რომლებიც სტაბილიზირებულია გარდამავალი მეტალის ატომით.

### 2011 წლის პუბლიკაციები:

1. A.V. Polukeev, S.A. Kuklin, P.V. Petrovskii, S.M. Peregudova, A.F. Smol'yakov, F.M. Dolgushin, A.A. Koridze. Synthesis and characterization of fluorophenylpalladium pincer complexes: electronic properties of some pincer ligands evaluated by multinuclear NMR spectroscopy and electrochemical studies. *Dalton Trans.*, **2011**, *40*, 7201-7209.

ა.ვ. პოლუკეევი, ს.ა.კუკლინი, პ.ვ. პეტროვსკი, ს.მ. პერეგუდოვა, ა.ფ. სმოლიაკოვი, ფ.მ. დოლგუშინი, ა.ა. ქორიძე. ფტორფენილპალადიუმის პინსერული კომპლექსების სინთეზი და დახასიათება: ზოგიერთი პინსერული ლიგანდების ელექტრონული თვისებები, დადგენილი მულტიბირთვული ბმრ სპექტროსკოპიული და ელექტროქიმიური კვლევით. *Dalton Trans.*, **2011**, *40*, 7201-7209. სინთეზირებულია პალადიუმის ფტორფენილური კომპლექსები სხვადასხვა პინსერული ლიგანდებით  $\text{Pd}(\text{Ar})[2,6-(t\text{Bu}_2\text{PCH}_2)_2\text{C}_6\text{H}_3]$  (**13**),  $\text{Pd}(\text{Ar})[2,6-(t\text{Bu}_2\text{PO})_2\text{C}_6\text{H}_3]$  (**14**),  $\text{Pd}(\text{Ar})[\{2,5-(t\text{Bu}_2\text{PCH}_2)_2\text{C}_5\text{H}_2\}\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)]$  (**15**), და  $\text{Pd}(\text{Ar})[\{2,5-(t\text{Bu}_2\text{PCH}_2)_2\text{C}_5\text{H}_2\}\text{Ru}(\text{C}_5\text{H}_5)]$  (**16**) რეაქციით  $\text{LiAr}$  ( $\text{Ar} = \text{C}_6\text{H}_4\text{F}-4$ ) შესაბამის ტრიფტორაცეტატ პალადიუმის პინსერულ კომპლექსებთან **9-12**. კომპლექსების **14** და **16** მოლეკულური სტრუქტურა დადგენილია რენტგენოსტრუქტურული მეთოდით. კომპლექსები **13-16** და  $\{\text{Pd}(\text{Ar})[\{2,5-(t\text{Bu}_2\text{PCH}_2)_2\text{C}_5\text{H}_2\}\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)]\}\text{PF}_6$  (**17**) შესწავლილია მულტიბირთვული ბმრ სპექტროსკოპიით და ციკლური ვოლტამეტრიით.  $^{19}\text{F}$  ქიმიური ძვრების და  $^1J(^{13}\text{C}-^{19}\text{F})$  სპინ-სპინური

ურთიერთქმედების კონსტანტების, აგრეთვე Pd<sup>II</sup>/Pd<sup>IV</sup> დაჟანგვის პოტენციალების საფუძველზე, დადგენილია შესაბამისი პინესრული ლიგანდების ელექტრონული თვისებები.

2. R. V. Chedia, F. M. Dolgushin, A. F. Smol'yakov, O. I. Lekashvili, T. V. Kakulia, L. K. Janiashvili, A. M. Sheloumov, M.G. Ezernitskaya, S.M. Peregudova, P. V. Petrovskii, A. A. Koridze. Cleavage of ferrocenylbutadiynyl on a rhenium-gold cluster: Synthesis and molecular structure of Re<sub>4</sub>(AuPPh<sub>3</sub>)(μ<sub>4</sub>-C<sub>2</sub>)(μ<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>Fe)(NCMe)(CO)<sub>13</sub>. *Inorg. Chim. Acta* **2011**, 378, 264-268.

რ.ვ. ჭედია, ფ.მ. დოლგუშინი, ა.ფ. სმოლიაკოვი, ო.ი. ლეკაშვილი, ტ.ვ. კაკულია, ლ.კ. ჯანიაშვილი, ა.მ. შელოუმოვი, მ.გ. ეზერნიცკაია, ს.მ. პერეგუდოვა, პ.ვ. პეტროვსკი, ა.ა. ქორიძე. ფეროცენილბუტადიინილის გახლეჩა რენიუმ-ოქროს კლასტერზე: Re<sub>4</sub>(AuPPh<sub>3</sub>)(μ<sub>4</sub>-C<sub>2</sub>)(μ<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>Fe)(NCMe)(CO)<sub>13</sub> სინთეზი და მოლეკულური სტრუქტურა. *Inorg. Chim. Acta* **2011**, 378, 264-268. კომპლექსების Au(PPh<sub>3</sub>)(C≡C C≡CFe) (Fe=ფეროცენილი) და Re<sub>2</sub>(CO)<sub>8</sub>(NCMe)<sub>2</sub> ურთიერთქმედებით თერმულ რეაქციაში მიღებულია ოქრო-რენიუმის კლასტერები Re<sub>2</sub>(AuPPh<sub>3</sub>)(μ-C<sub>4</sub>Fe)(**4**) და Re<sub>4</sub>(AuPPh<sub>3</sub>)(μ<sub>4</sub>-C<sub>2</sub>)(μ<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>Fe)(NCMe)(CO)<sub>13</sub> (**5**). ნაერთები 4 და 5 დახასიათებულია 1H და 31P{1H} ზმრ, ციკლური ვოლტამპეტრიით და მონოკრისტალური რენტგენოდიფრაქციით.

3. A.V. Polukeev, P.V. Petrovskii, S.M. Peregudova, M. G. Ezernitskaya, A.A. Koridze. Catalytic dehydrogenation of alcohols by iridium pincer complexes. *8<sup>th</sup> International School of Organometallic Chemistry*, Camerino, Italy, August 27-31, **2011**. Abstracts of Papers, P46.

4. რ. ჭედია, ო.ლევკაშვილი, ც. კაკულია, ლ. ჯანიაშვილი, მ. ბეროშვილი, თ. ქორქია, ა. შელოუმოვი, ფ. დოლგუშინი, მ. ეზერნიცკაია. ფეროცენილბუტადიინილის კომპლექსის Re<sub>2</sub>(AuPPh<sub>3</sub>)(μ-C<sub>4</sub>Fe)(CO)<sub>8</sub> სინთეზი და მისი რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი. *საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია*, **2011**, 1-2, 12-19.

5. რ. ჭედია, ო.ლევკაშვილი, ც. კაკულია, ლ. ჯანიაშვილი, მ. ბეროშვილი, თ. ქორქია, ქ. სარაჯიშვილი, ლ. მცხვეთაძე, ა. ქორიძე. დირენიუმ-ოქროს კლასტერის Re<sub>2</sub>(AuPPh<sub>3</sub>)(μ-C<sub>4</sub>Fe)(CO)<sub>8</sub> სინთეზი და მისი რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი. სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია “ინოვაციური ტექნოლოგიები და თანამედროვე მასალები”. 19-22 მაისი, **2011**, ქუთაისი, საქართველო.

**პატენტი:** საქართველოს პატენტი # **GE P 2011 5141 B (2011)**. ა. გაჩეჩილაძე, ა. კანდელაკი, ო. მიქაძე, ა.მიქელაძე, ი. რუხაძე, ო.ცაგარეიშვილი, ნ. ჯალაბაძე, რ.ჭედია. ვოლფრამის კარბიდის ფუძეზე ნანოკრისტალური სალი მასალების მიღების მეთოდი.

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები:** მიღებული შედეგები მოხსენებულ იქნა კამერინოს (იტალია), თბილისის და ქუთაისის საერთაშორისო კონფერენციებზე. ( იხ. მოხსენებათა თეზისები).

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი:** საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო, შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი (გრანტი #407, 2009-2011წ.წ. (სამეცნიერო ხელმძღვანელი პროფესორი ავთანდილ ქორიძე, მენეჯერი როინ ჭედია).

## გამოთვლითი ფიზიკის ინსტიტუტი

ჭავჭავაძის გამზ. 3, ოთახები 316, 342. ტელ: 2231397,2290821. ელ. ფოსტ: lae@laetsu.org

სამეცნიერო მიმართულება: გამოყენებითი ფიზიკა (გამოყენებითი ელექტროდინამიკა)  
ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:  
ლაბორატორიის გამგე: ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტ. კაკულია დავითი (პროექტი I-ის სამეცნიერო  
ხელმძღვანელი)  
პროფესორი თავზარაშვილი კახაბერი(პროექტი II -ის სამეცნიერო ხელმძღვანელი)  
ასოცირებული პროფესორი ღვედაშვილი გიორგი  
ასისტენტ პროფესორი ჭელიძე გიორგი  
ასისტენტ პროფესორი შოშიაშვილი ლევანი  
ფიზ. მეცნ. დოქტ. პრიშვინი მიხეილი  
ფიზ. მეცნ. დოქტ. ტაბატაძე ვასილი  
ლაბორანტი პეტოევი ივანე  
მაგისტრანტი კოჭლაშვილი ალექსანდრე  
მაგისტრანტი სოფრომაძე ნიკოლოზი  
სტუდენტი ფონიავა ბექა  
ფიზ.მათ. მეცნ. დოქტ. ქარქაშაძე დავითი  
ემერიტუს პროფესორი ზარიძე რევაზი (გამოთვლითი ფიზიკის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის  
ხელმძღვანელი)

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

პროექტი I: "მიწისქვეშა სხეულების დეტექტირება და დისკრიმინაცია: სწრაფი, ზუსტი და ფიზიკურად სრულყოფილი პირდაპირი და შებრუნებული მოდელების კომბინირება აუფეთქებელი ჭურვების იდენტიფიცირების ამოცანაში"

პროექტი II: "კომპოზიციური მეტამასალების მოდელირება ნანო-ობიექტური მოწყობილობებისთვის"  
კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:

პროექტი I:

"მიწისქვეშა სხეულების დეტექტირება და დისკრიმინაცია: სწრაფი, ზუსტი და ფიზიკურად სრულყოფილი პირდაპირი და შებრუნებული მოდელების კომბინირება აუფეთქებელი ჭურვების იდენტიფიცირების ამოცანაში". კვლევა ასახავს პირდაპირი და შებრუნებული ელექტრომაგნიტური (ემ) მოდელირების მიდგომებს, რომლებიც ემყარება დამხმარე გამოსხივებლების მეთოდს (დგმ) და მიზნად ისახავს ეფექტური მეთოდოლოგიის განვითარებას ზედაპირის ქვემოთ მდებარე ობიექტების დეტექტირებისა და გარჩევის გაუმჯობესებისათვის. მიწისქვეშა ობიექტების (ნაღმები და აუფეთქებელი ჭურვები) დეტექტირება და გამოვლენა უმწვავესი პრობლემაა მთელს მსოფლიოში გარემოს დაცვის მიმართულებით და სწრაფ გადაწყვეტას მოითხოვს. კარგადაა ცნობილი საკმაოდ დიდი ღირებულება იმ სამუშაოებისა, რომლებიც ასოცირებულია ყველა გეოფიზიკური ანომალიის ექსკავაციასთან; სწორედ ეს უკანასკნელი წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე დიდ სირთულეს ნაღმებისა და აუფეთქებელი ჭურვებისგან დაბინძურებული მიწების (განსაკუთრებით, კონფლიქტური ზონები და ყოფილი სამხედრო ბაზების ტერიტორიები) ეფექტური გაწმენდის საქმეში. ახლახანს, დაბალსიხშირული ემ ინდუქციით გამოვლენის და იდენტიფიცირების მეთოდი მიიჩნეის, როგორც ყველაზე უფრო იმედის მომცემი ტექნოლოგია დეტექტირებისა და გამოვლენისათვის, თუმცა საძიებელი ობიექტების და ცრუ შეშფოთების კლასიფიცირება ჯერ კიდევ წარმოდგენს გარემოს გაწმენდის ერთ-ერთ მწვავე პრობლემას. მაგალითად, აუფეთქებელი ჭურვებისგან გაწმენდის სავსე სამუშაოების 75% პროცენტი ჯერ კიდევ ხმარდება ისეთი ობიექტების ამოღებას, რომლებიც არანაირ საშიშროებას არ წარმოადგენენ. დღეისათვის ფართო ინტერესის სფეროს განეკუთვნებიან ინოვაციური გამოვლენის მეთოდები, რომლებსაც შეუძლიათ საიმედოდ გაარჩიონ საძიებელი ობიექტები მნიშვნელობის არმქონე მეტალური საგნებისგან. ასეთი მეთოდები განსაკუთრებით სასურველი არიან იმ არეებში, სადაც გეოლოგიური გარემო იწვევს გაზომვად გამოძახილს სენსორებში.

გამოვლენის პროცედურა, რომელიც ამჟამად გამოიყენება ზემოხსენებული ამოცანის გადასაწყვეტად, შედგება ორი ძირითადი ეტაპისაგან: (1) გეოფიზიკური და (2) მათმატიკურისგან. გეოფიზიკური ეტაპი მოიცავს ობიექტის ემ გამოძახილის (რომელიც გამოწვეულია დროში ცვლადი,

ძალიან დაბალი სიხშირის (ნული ჰერციდან რამდენიმე ასეულ კილოჰერცამდე) პირველადი/გადამცემი განაწილებული დენებით) განსაზღვრას ზედაპირზე, რომელზეც ხდება გაზომვები, ხოლო მათემატიკური ეტაპი გარდაქმნის ობიექტის ემ და გეომეტრიულ პარამეტრებს, პირდაპირი მოდელების და გეოფიზიკური მონაცემების კომბინირებით. ჩვეულებრივ, ეს ორი მიდგომა განვითარებულია ცალ-ცალკე. დაბალსიხშირულ რეჟიმში, რომელიც აქ იხილება, ობიექტის შიგნით ინდუცირებული მოცულობითი დენები დამოკიდებულია როგორც სიხშირეზე ასევე გარემოს ემ პარამეტრებზე. სრული ჯამური ემ გამომავალი მიმდების ზედაპირზე არის ობიექტისა და მისი მომცველი ნიადაგის გამომავალი კომბინაცია. თუმცა მიწისქვეშა ობიექტების გამოვლენის უმეტეს მიდგომაში მიჩნეულია, რომ საძიებელი ობიექტი ჩამარხულია ისეთივე ემ თვისებების მქონე გარემოში, როგორც აქვს თავისუფალ სივრცეს. გარემოს ნებისმიერი გავლენა მიჩნეულია, რომ მოცილებულია პრე-პროცესინგით ან გაფილტრულია მანამ, ვიდრე მონაცემები მიეწოდება ინვერტირების პროცედურას. მაგრამ უკანასკნელი გამოკვლევები უჩვენებენ, რომ “გეოლოგიურად რთული” ადგილები შესაძლებელია გახდეს მაგნიტომეტრული და ელექტრომაგნიტური ინდუქციის სენსორებისათვის მნიშვნელოვანი პრობლემის მიზეზი, ორივე გაგებით: როგორც დეტექტირების ალბათობის შემცირების, ასევე, ცრუ განგამის ალბათობის გაზრდის თვალსაზრისით. დოკუმენტირებულია პრობლემა, რომელსაც ადგილი ჰქონდა კახოლავეში (Kaho’olawe Island) ემ სენსორების გამოყენებისას. ჩატარებული დაკვირვებების დროს კუნძულზე იდენტიფიცირებული ანომალიების დაახლოებით 30% იყო ცრუ და გეოლოგიით განპირობებული. ეს პრობლემები უკავშირდებოდა ბაზალტური ნიადაგის ძლიერი მაგნიტურობით, რასაც აძლიერებდა ზედაპირის უსწორმასწორობა. ასეთი მაგნიტური ამთვისებლობის მქონე ნიადაგი არსებობს საქართველოში, კერძოდ აჭარის და გურიის ადმინისტრაციულ საზღვრებს შორის. საყურადღებოა, რომ ვარდების რევოლუციის დროს, 2004 წელს, სასაზღვრო რეგიონში მოხდა ადამიანის საწინააღმდეგო და ტანკსაწინააღმდეგო ნაღმების განთავსება, რომლებიც შემდგომ დაიკარგა. აქედან გამომდინარე, საზოგადოებრივი უსაფრთხოებისთვის მნიშვნელოვანია მათი დეტექტირება და განადმვა.

დღევანდლამდე, ფონური ეფექტების გამოსათვლელ მიდგომებში, რომლებიც მოიცავენ ნახევარსივრცის - დედამიწის და ეკვივალენტური დიპოლური ფენის მოდელებს, ობიექტის ურთიერთქმედება გარემოსთან ძალზედ უმნიშვნელოა. ასევე, რაც კიდევ უფრო მნიშვნელოვანია, ეს მიდგომები შეზღუდულნი არიან, გამოიყენონ დედამიწის გამტარებლობის ერთგანზომილებიანი ან ფენოვანი მოდელები. ასეთ მიდგომებს არ შეუძლიათ, წარმოაჩინონ გეომაგნიტური ინდუქციის ნამდვილი პროცესები, რომლებიც დაკავშირებულია ზედაპირის უსწორმასწორობასთან და რასაც ნამდვილად აქვს ადგილი რეალურ საველე პირობებში. მოდელირების მნიშვნელობა და ზედაპირის უსწორმასწორობის ეფექტის გათვალისწინება დაბალ სიხშირეებზე ემ ინდუქციის ამოცანაში (ნულოვანი ჰერციდან რამდენიმე კილო ჰერცამდე) ცნობილია, მაგრამ ამ მიმართულებით ცოტა რამ არის გაკეთებული ამოცანის სირთულისა და ტექნიკის შეზღუდული შესაძლებლობის გამო. ერთი ასეთი მეთოდი მოიცავს ერთგვაროვან ნახევარსივრცეში მოთავსებული სფეროსათვის ანალიზური მიახლოების გამოყენებას, მაგრამ ეს მეთოდი არ გამოდგება უსწორმასწორო ზედაპირებისთვის. ამგვარად, მისი გამოყენება რეალურად შეუძლებელია. ბოლო ხანებში სასრული ელემენტების მეთოდი განვითარებულ და გამოყენებულ იქნა გამტარ გარემოში ჩამარხული სხეულის ემ გამომავლის დასათვლელად. რიცხვითმა გამოკვლევებმა უჩვენეს, რომ ემ გამომავალი ჩამარხული სხეულებიდან მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ობიექტისა და გარემოს ურთიერთქმედებაზე. ამ მიდგომას აქვს რამდენიმე შეზღუდვა, ის შემოსაზღვრულია ძალიან დაბალი სიხშირული არით (როდესაც სკინ-სიღრმე დიდია), უფრო მნიშვნელოვანი კი ისაა რომ, შეზღუდვა ვრცელდება ისეთ შემთხვევებზე, როდესაც მაგნიტური შეღწევადობა უმნიშვნელოა. ეს შეზღუდვები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ზედაპირს ქვემოთ მდებარე ობიექტის დეტექტირებისა და გამოვლენისთვის, როდესაც ნიადაგი მაგნიტურად მგრძობიარეა. ასევე მნიშვნელოვანია, რომ დღემ არ საჭიროებს სივრცული ბადის გამოყენებას, როგორც სხვა მეთოდები, მაგალითად, სასრულ ელემენტთა მეთოდი.

როგორც უკვე იყო აღნიშნული, ყველა გეოფიზიკური ანომალიის ექსკავაციისთან დაკავშირებული ხარჯების ფასი საკმად მაღალია და წარმოადგენს ერთ-ერთ უდიდეს სირთულეს ნაღმებისგან და აუფეთქებელი ჭურვებისგან დაბინძურებული მიწების ეფექტურად გაიწმინდის საქმეში. პრობლემა ბევრად უფრო რთულია, როდესაც ობიექტი მოთავსებულია გეოლოგიურად არასასურველ გარემოში. ეს კვლევა ახალი ნოვატორული გარჩევის ტექნოლოგიის დახმარებით შეისწავლის გეოლოგიური ინტერფერენციის ეფექტების გავლენას დაფარული ობიექტის გარჩევის პროცედურაზე, რათა

გაგებულ და მნიშვნელოვნად შემცირებულ იქნას ამ ეფექტების არასასურველი როლი მაგნიტური და ემ სენსორების მიერ მოპოვებული ემ მონაცემების დამუშავებისას.

კვლევაში შემოთავაზებულია ფიზიკურად სრულყოფილი, მოწინავე მოდელების გაფართოება, რათა მოხდეს ემ სენსორებზე გეოლოგიური ზეგავლენის გამორკვევა და გაანალიზება, ახალი მდგრადი რიცხვითი მიდგომების და მეთოდების განვითარება მიწისქვეშა ობიექტების და გარემოს ემ პარამეტრების დასადგენად. კერძოდ კი:

1. გოფიზიკური ეფექტების ემ სენსორებზე ზეგავლენის გამოკვლევა და დოკუმენტირება.
  2. დგმ მიდგომის ბაზაზე შებრუნებული პროცედურების განვითარება და გამოყენება ემ (სიხშირული, დროითი, ერთ ციკლიანი და მრავალციკლიანი, გრადიენტული B-ველი და ა.შ.) ან მაგნიტური (ვექტორული, სრული ველის, გრადიენტული და ა.შ.) მონაცემების უკუგარდაქმნისთვის.
  3. ახალი დგმ დაფუძნებული ემ მონაცემების შებრუნებული პროცედურების განვითარება, ნიადაგის და ობიექტის ემ პარამეტრების ერთდროული ინვერტირებისათვის, იმის გათვალისწინებით რომ, ობიექტს და ნიადაგს გაზომილ სიგნალში დამატებით შეაქვთ თავიანთი წვლილი.
- შემოთავაზებული კვლევის მიზანია, გაარკვიოს, როგორ ზემოქმედებს ობიექტის მომცველი გარემო ობიექტის ემ გამოძახილზე, განავითაროს მძლავრი, დგმ-ზე დაფუძნებული პრაქტიკული მეთოდოლოგიები ნიადაგის ემ პარამეტრების ინვერტირებისათვის. გამოყოფილია ოთხი სპეციფიკური ტექნიკური მიზანი, რომლებიც მოიცავენ კვლევის სხვადასხვა ფაზას:
1. დგმ მეთოდოლოგიის გაფართოება მიწისქვეშა ობიექტებისათვის ნიადაგის ემ გამოძახილის გათვალისწინებით. ეს გულისხმობს არსებული დგმ მიდგომის მოდიფიკაციას ჩამარბული ობიექტებისათვის, რაც, პირველ ყოვლისა, საშუალებას მოგვცემს, გავარკვიოთ და ანალიზი გავუკეთოთ ემ გამოძახილს სხვადასხვა სენსორებისათვის.
  2. უსწორმასწორო ზედაპირებისათვის ემ გაბნევის ამოცანის ფორმულირება და შესწავლა. აქ მეთოდი გაფართოვდება ნიადაგის გამოძახილის უფრო რეალისტური მოდელირებისათვის სხვადასხვა სენსორების შემთხვევაში. მოხდება შესწავლა და ანალიზი იმისა, თუ როგორია ნიადაგის უსწორმასწორობის ეფექტი და როგორ ზემოქმედებს იგი არსებული სენსორების მუშაობაზე.
  3. ახალი, დგმ-ზე დამყარებული, ინვერტირების მეთოდოლოგიის განვითარება, რომელიც ინვერტირებას გაუკეთებს ობიექტისა და გარემოს ემ პარამეტრებს ერთდროულად. აქამდე დგმ გამოიყენებოდა მხოლოდ პირდაპირი ემ პრობლემების ამოსახსნელად. ამ შემთხვევაში, პირველად, დგმ მიდგომა გამოყენებული იქნება გეოფიზიკური მონაცემების ინვერტირების ამოცანაში.
  4. დგმ ინვერტირების მეთოდოლოგიის გამოყენება არსებული სენსორებისათვის. მომხმარებლისათვის გაუმჯობესებული პროგრამული პაკეტის შექმნა არსებული სენსორებისათვის ნიადაგის გეოლოგიური ეფექტის გასაანალიზებლად, რომელიც გეოფიზიკური მონაცემების ინვერტირებით შეძლებს მიწისქვეშა ობიექტების დეტექტირებას და გამოვლენას.

**პროექტი II:** ნანოტექნოლოგიების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა მატერიის კონტროლი ატომურ და მოლეკულურ დონეზე. ნანოტექნოლოგიის დახმარებით უკვე იქმნება 100 ნანომეტრის და უფრო მცირე ზომის მოწყობილობები ოპტიკური დიაპაზონის სამუშაო სიხშირეებისთვის. ასეთი მოწყობილობები ძირითადად დაფუძნებულია პერიოდულ სტრუქტურებზე, ფოტონურ კრისტალებზე, ნანო-ტალღამტარულ სისტემებზე, ნანო-ანტენებზე, პლაზმონურ სტრუქტურებზე, მეტამასალებზე და სხვა.

დიდი ოპტიკური ზომის კომპონენტების პროექტირება მარტივია, ვინაიდან სისტემის შემადგენელი ბლოკები, როგორც წესი, ერთმანეთისგან საკმაოდ დაშორებულნი და იზოლირებულნი არიან. მანძილი ამ კომპონენტებს შორის ტალღის სიგრძესთან შედარებით იმდენად დიდია, რომ მათ შორის ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება მთლიანად შეიძლება გამოირიცხოს და შესაბამისად, შესაძლებელია თითოეული ელემენტის დამოუკიდებლად პროექტირება. ნანო-ზომის ოპტიკური სისტემებში მანძილი შემადგენელ კომპონენტებს შორის ტალღის სიგრძის რიგის ან მასზე უფრო მცირეა. ამ შემთხვევაში სასურველი მახასიათებლების მქონე სისტემის მიღება შესაძლებელია თუკი



პროექტირების პროცესში გათვალისწინებული იქნება კომპონენტებს შორის ურთიერთქმედება. ასეთი სისტემა უკვე აღარ წარმოადგენს ცალკეული დამოუკიდებელი ბლოკებისგან შედგენილ სისტემას, არამედ განიხილება როგორც ერთიანი, მთლიანი. ამრიგად ნანო-ოპტიკური მოწყობილობების მოდელირებისთვის საჭიროა ზუსტი, მოქნილი და საიმედო რიცხვითი მეთოდების გამოყენება.

ნანო-ოპტიკური სისტემების პროექტირებისას თავისუფლების ხარისხის სიმრავლის გამო ამოცანის შესაძლო ამონახსნთა რაოდენობა დიდია და, ამიტომ, მხოლოდ ექსპერიმენტული კვლევის გზით ოპტიმალური ამონახსნის პოვნა შეუძლებელია. ასეთ შემთხვევაში კომპიუტერული მოდელის კვლევა გაცილებით ხელსაყრელია, მაგრამ დროის მხრივ ხარჯიანია. შესაბამისად, ნანო-სისტემების მოდელირებისთვის აქტუალურია, როგორც რიცხვითი მეთოდების გაუმჯობესება, ასევე ოპტიმალური ამონახსნის ძებნის ავტომატური კოდის შექმნა და განვითარება.

ნანო-ოპტიკური მოწყობილობების ბაზისურ ელემენტად შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ “კომპოზიციური მეტამასალები”. ეს ტერმინი უკანასკნელ წლებში გამოიყენება ადამიანის მიერ შექმნილი ხელოვნურ მასალების აღსანიშნავად. მეტამასალები შედგება მცირე ზომის ელემენტებისგან, რომლებიც შეიცავენ მინიმუმ ორ სხვადასხვა ბუნებრივ ნივთიერებას. ასეთი ტიპის მასალებს აღმოაჩნდათ უფრო მეტი ელექტროდინამიკური თვისებები ვიდრე მათ შემადგენელ ჩვეულებრივ ნივთიერებებს. მაგალითად, შესაძლებელია ისეთი მეტამასალის შექმნა, რომელსაც ექნება ჩვეულებრივისგან განსხვავებით უარყოფითი გარდატეხის მაჩვენებელი, ან ელექტრომაგნიტური აკრძალული ზონა.

“კომპოზიციური მეტამასალები” აერთიანებს დღეს უკვე არსებულ ხელოვნურ მასალებს, ისეთებს, როგორც პერიოდული მესერები, სიხშირულად მგრძობიარე ზედაპირები, ფოტონური კრისტალები და უარყოფითი გარდატეხის მაჩვენებლის მქონე ნივთიერებები. კომპოზიციურ მეტამასალებს აქვთ საკმაოდ ფართო გამოყენების არე მიკროტალღურ, ტერაჰერცულ, და ოპტიკურ დიაპაზონში, რაც ხელს უწყობს ნანოტექნოლოგიის განვითარებას. მომავალში ინტეგრალურ ოპტიკაში კომპოზიციური მეტამასალების გამოყენებით შესაძლებელი იქნება გაცილებით მაღალი ინტეგრირების სიმკვრივის მიღწევა (მცირე მოცულობაში დიდი რაოდენობით ფუნქციონალური ელემენტების ინტეგრირება), ასევე, მიკროტალღური და ოპტიკური დიაპაზონის მოწყობილობებისთვის ახალი მიკრო და ნანო-სესნოსრების, ახალი ანტენების და ფილტრების შექმნა.

კომპოზიციური მეტამასალების პროექტირება, როგორც თეორიული გამოკვლევის, ასევე დამზადების თვალსაზრისით საკმაოდ რთულია, ვინაიდან მათ შემადგენელ კომპონენტებს შორის ძლიერი ურთიერთგავლენის გამო ამ მასალებს გაჩნიათ ახალი და საკმაოდ რთული თვისებები. ჩვეულებრივ, მარტივი დიზაინის წესების გამოყენებით, დამზადების პროცედურები დაკავშირებულია ტექნოლოგიურ პრობლემებთან, კერძოდ კი, სიზუსტესთან. ამიტომ, მოწყობილობის პროექტირების პროცედურა უნდა შეიცვალოს 3-განზომილებიანი მოდელების ავტომატიზირებული კომპიუტერული პროექტირების (CAD-Computer Aided Design) და ოპტიმიზაციის ტექნოლოგიით. მხოლოდ ამ შემთხვევაშია შესაძლებელი მთლიანად იქნას გამოყენებული ან განსაზღვრული კომპოზიციური მეტამასალების პოტენციალი.

ამრიგად, მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია ახალი ნანო-ოპტიკური სისტემების შესაქმნელად კომპოზიციური მეტამასალების ავტომატიზირებულ რეჟიმში კომპიუტერული პროექტირების სტრატეგიის განვითარება.

წარმოდგენილი კვლევის მიზანია ახალი კომპოზიციური მასალების თეორიული კვლევა, რომელსაც მნიშვნელოვანი გავლენა ექნება მაღალი სიმკვრივის ინტეგრალური სქემების, საინფორმაციო ტექნოლოგიების და ბიო-სამედიცინო ხელსაწყოების მომავალ გაუმჯობესებაზე.

მეცნიერთა წყალობით თანამედროვე ნივთიერებების კატალოგი საკმაოდ ფართოა, მაგრამ ბუნებრივი მასალები ჯერ კიდევ მნიშვნელოვნად ზღუდავენ სისტემების დიზაინის პროცესს. მოწყობილობების პროექტირების დროს მეტამასალების გამოყენებით შესაძლებელია ამ “ბუნებრივი” შეზღუდვის მოხსნა.

კომპოზიციური მეტამასალების კლასი, რომელიც შესწავლილი იქნება პროექტის ფარგლებში პირობითად შეიძლება დაიყოს სამ კლასად: 1. ფოტონურ კრისტალებზე დაფუძნებული მასალები; 2. მეტალო-დიელექტრიკული სტრუქტურები და 3. უარყოფითი გარდატეხის მაჩვენებლის მქონე მასალები.

ფოტონური კრისტალები ან სხვაგვარად ელექტრომაგნიტური კრისტალები ეწოდებათ ისეთ სტრუქტურებს, რომლებსაც გააჩნიათ კრისტალის მსგავსი მოწყობილობის პერიოდული სტრუქტურა

და შეუძლიათ სინათლის მართვა. საინტერესოა ის ფაქტი, რომ ფოტონური კრისტალებში ფოტონები წარმოადგენენ ელექტრონების ანალოგებს ნახევარგამტარებში (ეს ანალოგია შემოთავაზებული იყო იაბლონოვიჩის და ჯონის მიერ 1987 წელს). ისევე, როგორც ნახევარგამტარებში არსებობს ამკრძალავი ზონები ელექტრონებისათვის, ფოტონურ კრისტალებსაც გააჩნიათ ამკრძალავი ზონა ფოტონებისთვის. დღევანდელ დღეს თანამედროვე ელექტრონული მოწყობილობების ბაზისურ ელემენტებს ნახევარგამტარები წარმოადგენენ. თუ მეტამასალების (მაგ. ფოტონური კრისტალების) ბაზაზე დამზადებული მოწყობილობები უფრო ეფექტური იქნება ვიდრე ნახევარგამტარული მოწყობილობები, მაშინ კომპოზიციური მეტამასალები გახდება ინტეგრალური ელექტრონული წრედების ფოტონური ან ელექტრომაგნიტური ანალოგი.

ფოტონურ კრისტალებში დეფექტების შექმნით, კერძოდ კი, პერიოდული სტრუქტურულიდან კონკრეტული უჯრების გაუქმებით და მის მაგივრად მოდიფიცირებული უჯრის შექმნით შესაძლებელია სხვადასხვა ფუნქციონალური ელემენტის შექმნა. მაგალითად, შესაძლებელია ფართო სიხშირულ ზოლში 90 გრადუსიანი მოხრის კუთხის მქონე ტალღამტარების პროექტირება ელექტრომაგნიტური დანაკარგების და არეკვლების გარეშე. გამოსხივების დანაკარგები მნიშვნელოვნად ზღუდავს თანამედროვე ინტეგრალური სქემის ტალღამტარული სტრუქტურების სიმრუდის რადიუსს, იმდენად, რომ ინტეგრირებულ ოპტიკაში მარტივი მოწყობილობაც კი ტალღის სიგრძესთან შედარებით გაცილებით დიდი ზომის გამოდის. ამრიგად, ფოტონური კრისტალი შესაძლებელია იყოს ინტეგრირებული ოპტიკის ბაზისური ელემენტი. ფოტონური კრისტალის ბაზაზე შესაძლებელია დამზადდეს ლაზერები, მაღალი Q-ფაქტორის რეზონატორები, ულტრა კომპაქტური ოპტიკური გადამრთველები, მომავალი მოცულობითი ოპტიკური ინტეგრირებისთვის სამგანზომილებიანი მართვის სქემები და სხვა. ფოტონური კრისტალების მიმზიდველი თვისებების მიუხედავად აღსანიშნავია მისი უარყოფითი მხარეები და შეზღუდვებიც. უპირველეს ყოვლისა, ასეთი კრისტალები შეიცავენ სულ მცირე ორ სხვადასხვა დიელექტრიკულ ნივთიერებას, გარდატეხის მაჩვენებლის დიდი განსხვავებით, რომლის გარეშეც არანაირი ფოტონური ამკრძალავი ზონა არ შეიქმნება. ეს მნიშვნელოვნად ამცირებს მოწყობილობაში ნივთიერებების არჩევანს. მეორეც, ჯერჯერობით, ასეთი მოწყობილობების დამზადებისთვის მოითხოვება საკმაოდ რთული და ძვირადღირებული ტექნოლოგიური პროცესები. კერძოდ, კომპიუტერულმა მოდელირებამ კარგად აჩვენა, რომ კრისტალური სტრუქტურის ოპტიმიზაცია ხშირ შემთხვევაში კრიტიკულია ზოგიერთი უჯრის ადგილმდებარეობის და ფორმის მიმართ. ეს ნიშნავს, რომ ოპტიმიზირებული კრისტალი დღეს არსებული უახლესი ტექნოლოგიების გამოყენებით უნდა დამზადდეს მაქსიმალურად დიდი სიზუსტით. კომპოზიციური მეტამასალების გამოყენებით, რაც გულისხმობს ფოტონურ კრისტალებში დამატებით მასალების ჩართვას, ჩვენ ვთავაზობთ განვაზოგადოთ ფოტონური კრისტალების პროექტირების მიდგომა და ოპტიკური და დაბალი სიხშირეების ახალი მოწყობილობებისათვის ბაზისური ელემენტებად გამოვიყენოთ კომპოზიციური მეტამასალები.

გარდა დიელექტრიკებისა მეტამასალებში მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ აგრეთვე მეტალებიც. ზოგიერთ სიხშირეზე მეტალების ელექტრული თვისებები შეიძლება აღიწეროს კომპლექსური დიელექტრიკული შეღწევადობით, რომელსაც აქვს უარყოფითი რეალური ნაწილი. უარყოფითი დიელექტრიკული შეღწევადობის მნიშვნელობა მეტალებში განაპირობებს ისეთ საინტერესო ეფექტებს, როგორცაა პლაზმონური რეზონანსები და ზედაპირული პლაზმონები. ასეთი თვისებების გამო მეტალები ერთობ საინტერესოა ოპტიკურ დიაპაზონში და, როგორც ჩანს, მათი გამოყენებით შესაძლებელია დამზადდეს ფოტონური კრისტალები, რომლებიც შეიცავენ როგორც დიელექტრიკულ ნივთიერებებს, ასევე მეტალებსაც. დამზადდეს მეტალური ოპტიკური სადენები (არხის პლაზმონური პოლარიტონი chanelPlasmon Polaritrons-CPP), და სხვა. მიკროტალღურ დიაპაზონის ინტეგრირებულ წრედებში, მაგალითად გამომთვლელი მანქანების პროცესორებში, უკვე გამოიყენება ისეთი მაღალი სიხშირეები, რომლებზეც გადამცემ ხაზებში ენერჯის დანაკარგები და გადამცემი ხაზების ჯვარედინი გადაკვეთები ხდება საკმაოდ დომინირებული პრობლემა. შესაბამისად, ახალი ტალღამტარული სტრუქტურების შექმნა მოითხოვება არა მარტო ინტეგრირებული ოპტიკისთვის, არამედ ინტეგრირებული ელექტრონიკისთვისაც. ცნობილია, რომ მიკროპროცესორების მწარმოებელმა ფირმა INთEL-მა უკვე დაიწყო მეტალური ფოტონური კრისტალების გამოკვლევები ახალი ტიპის ტალღამტარული სტრუქტურების შექმნის მიზნით. სწორედ ასეთი კრისტალები მოიაზრება კომპოზიციური მეტამასალების სახელწოდების ქვეშ. ოპტიკური ტალღამტარებისთვის ნაჩვენები იყო, რომ მეტალურ ფირფიტაზე ამოჭრილ V-ფორმის არხის პლაზმონურ სტრუქტურებს შეუძლიათ

სინათლის მართვა ნახევარი ტალღის სიგრძის ტოლ ზომის განიკვეთში. სინათლე შესაძლებელია "ჩაკეტილი" იყოს მეტალური ზედაპირის მართობულად მეტალის პლაზმონური სიხშირეების ენერგიებზე უფრო დაბალ მნიშვნელობებზე. არხის პლაზმონურ სტრუქტურებში გავრცელებადი ტალღების სახეობების გამოთვლა საკმაოდ რთული ამოცანაა, სტრუქტურის მცირე ზომისა და ნივთიერების დისპერსიული ყოფაცხვის გამო. ასეთი სტრუქტურების მოდელირებისთვის ასევე მნიშვნელოვანია ზუსტი და ეფექტური რიცხვითი მეთოდების და ოპტიმიზაციის პროცედურების გამოყენება.

კომპოზიციური მეტამასალების ერთერთი მნიშვნელოვანი თვისებაა უარყოფითი დიელექტრიკული შედეგადობა. ეს მცნება პირველად შემოთავაზებული იყო პროფ. ვიქტორ ვესელაგოს მიერ 1967 წელს, როდესაც იგი შეისწავლიდა უარყოფითი მნიშვნელობის დიელექტრიკულ და მაგნიტური შედეგადობის მქონე ნივთიერებების ელექტრომაგნიტურ თვისებებს. ასეთი ნივთიერებები ბუნებაში არ არსებობს, მაგრამ ჩანს, რომ მათი შექმნა ხელოვნურად, ისეთი ტექნოლოგიით, როგორცაა სიხშირულად შემრჩევი ზედაპირები ან ფოტონური კრისტალები სავსებით შესაძლებელია. 2000 წელს, პროფ. პენდრიმ აჩვენა, რომ ასეთი მასალები შესაძლებელია გამოყენებული იყოს იდეალური ლინზის შესაქმნელად (დიფრაქციული შეზღუდვის მოსახსნელად), ხოლო 2001 წელს პროფ. ტრეტიაკოვის მიერ უარყოფითი ელ.მაგნიტური თვისებების მქონე სტრუქტურის მისაღებად შემოთავაზებული იყო მცირე აქტიური ელექტრული წრედების გამოყენება, კერძოდ, დიპოლების და რგოლური ანტენების მწკრივის სახით. ჯერჯერობით, ასეთი მეტამასალების დამზადება ოპტიკურ დიაპაზონში შეუძლებელია, მაგრამ ეს შეიძლება საინტერესო იყოს მილიმეტრულ ან ტერაჰერცულ დიაპაზონის მოწყობილობებში. ჩვენ მიგვაჩნია, რომ მეტალური ელემენტების ჩართვა კომპოზიციურ მეტამასალების შექმნისას პერსპექტიულია, ვინაიდან მეტალები იწვევენ ძლიერ ელექტრომაგნიტურ ეფექტებს და აფართოებენ კომპოზიციური მეტამასალების გამოკვლევის არეს.

ზოგადად, მოწყობილობების და ელექტრული წრედების შემჭიდროვება ყოველთვის ზრდის მოწყობილობის შემადგენელ ელემენტებს შორის ურთიერთქმედების ეფექტს. იმისათვის, რომ პროექტირებისას თავიდან ავიცილოთ ამ ურთიერთქმედების გამო არსებული შეზღუდვები, საჭიროა შემუშავდეს ამ ურთიერთქმედების გათვალისწინებით პროექტირების ახალი მიდგომები. ეს შესაძლებელია მხოლოდ სრული ელექტრომაგნიტური ტალღების ამომხსნელების (Maxwell მოლვერს) მეშვეობით, რომლებსაც შეეძლება ამომხსნისას გაითვალისწინონ კომპოზიციური მასალის განსაკუთრებული თვისებები. ოპტიკური სისტემების კომპლექსურად განხილვის შემთხვევაში ჩვენ ვღებულობთ მოწყობილობის უზარმაზარ რიცხვით მოდელს, რომელიც გამოთვლებისთვის საჭირო დროს და კომპიუტერული მეხსიერების მხირვ საკმაოდ ხარჯიანია. ოპტიმიზაციის დროს კი, ჩვეულებრივ, ასობით ან მილიონობით სხვადასხვა სახის გეომეტრია უნდა იქნას გამოკვლეული ველის ამომხსნელის მიერ. ეს, რათქმუნდა, შეუძლებელია რეალური 3-განზომილებიანი მოდელის შემთხვევაში. ამიტომაც, 3-განზომილებიანი სტრუქტურის ნაცვლად ჯერჯერობით მხოლოდ გამარტივებული 2-განზომილებიანი მოდელების ოპტიმიზაციაა შესაძლებელი.

#### კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

**პროექტი I:** განვითარებული ზედაპირული უსწორმასწორობების 600-მდე მოდელი გამოყენებულია უსწორმასწორო ზედაპირების ელექტრომაგნიტური სენსორების ფუნქციონირებაზე გავლენის შესასწავლად. განხილული იყო ელექტროდინამიკური ამოცანა, სადაც უსწორმასწორო ზედაპირის და მაგნიტურ ამთვისებლობის მქონე ნივთიერებაში ჩაფლულია მაღალი გამტარებლობის ობიექტი.

ელექტროდინამიკური ამოცანა ამოხსნილია ბრუნვითი სხეულებისთვის, ყველა მოდელირებული ზედაპირული უსწორმასწორობის გამოყენებით. მოდელირების შედეგად მიღებული დაბალ სიხშირული ელექტრომაგნიტური გამოძახილის მონაცემები სტატისტიკურად არის დამუშავებული. დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტური გამოძახილისთვის მიღებულია ალბათობის სიმკვრივის განაწილებები, მეტალური ობიექტების სხვადასხვა ფორმის (სფეროიდული, ცილინდრული) შემთხვევებისთვის. ალბათობის სიმკვრივის განაწილებების მისაღებად გამოყენებული იყო, როგორც უბან-უბან, ასევე მთელს არეზე განსაზღვრული ბაზისური ფუნქციები.

მიღებული შედეგები გამოყენებულია მაგნიტური ამთვისებლობის მქონე უსწორმასწორო ზედაპირებსა და დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტურ გამოძახილს შორის კავშირის შესასწავლად. ამ ამოცანის მონტე-კარლოს მეთოდით გამოკვლევამ უჩვენა, რომ კავშირი, მაგნიტური

ამთვისებლობის მქონე უსწორმასწორო ზედაპირებსა და დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტურ გამომახილს შორის ბევრად უფრო რთულია ვიდრე ამას უბრალო მოცულობითი ინტეგრირება იძლევა. კავშირის პარამეტრის დასადგენად ინტეგრალური გამოსახულების ანალიზია საჭირო, რომელიც მონტე-კარლოს მეთოდის გამოყენებისას მოითხოვს ცვლადთა რთულ გარდაქმნას და შესაბამისი განსაზღვრის არის დადგენას. ჩატარებულმა კვლევების შედეგად შეფასებულია ინტეგრალური პარამეტრი, რომელიც კარგად ასახავს კავშირის მაგნიტური ამთვისებლობის მქონე უსწორმასწორო ზედაპირებსა და დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტურ გამომახილს შორის.

დასადგენი პარამეტრის ინტეგრალის შიდა ბირთვი, სენსორამდე მანძილის დაახლოებით მე-5,6 რიგის უკუპროპორციულია. ეს შეიძლება გამოწვეული იყოს თვითონ სენსორის ფორმით და მის მიერ მაგნიტურ ნიადაგში ინდუცირებული მაგნიტური მომენტების განაწილებით. ნიადაგში ინდუცირებული მაგნიტური მომენტების ერთგვაროვანი განაწილების შემთხვევაში მოსალოდნელი იყო მანძილის მე-2,3 რიგის უკუპროპორციული დამოკიდებულება.

განხორციელებულ ამოცანაზე დაყრდნობით დამხმარე გამომსხვიებლების მეთოდი ადაპტირებულია შემდეგი შებრუნებული ამოცანებისთვის:

1) GEM სენსორის მიერ გაზომილ მონაცემებზე დაყრდნობით ნიადაგის ელექტრომაგნიტური პარამეტრების ინვერტირების შესაძლებლობის გამოკვლევა. გასათვალისწინებელია ის, რომ მოცემული სენსორი ზომავს, მხოლოდ მაგნიტური ველის გამომახილის სენსორის კოჭებისადმი ნორმალურ მდგენელს, და თავისთავად აპრიორულად მიღებული შედეგების გამოყენება მნიშვნელოვანია აუფეთქებელი ჭურვის გამოვლენის პროცედურაში.

2) ობიექტის და მისი გარემომცველი ნიადაგის ელექტრომაგნიტური პარამეტრების ერთდროული ინვერტირება, იმ შემთხვევაში როდესაც ამოცანის სხვა გეომეტრიული პარამეტრები, როგორც არის ობიექტის მდებარეობა, ორიენტაცია, ფორმა ცნობილია.

3) წაგრძელებული ფორმის ობიექტის ორიენტაციის ინვერტირების ამოცანა.

დამხმარე გამომსხვიებლების მეთოდი ადაპტირებულია გაუს-ნიუტონის ალგორითმისთვის შებრუნებული ამოცანის ამოსახსნელად.

მიღებული შედეგები უჩვენებენ, რომ მიდგომა ძალზედ ეფექტური და სტაბილურია იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც სიგნალში ხელოვნურად შეყვანილი ხმაურის დონე დაახლოებით 5% იყო. კვლევის მსვლელობისას განვითარებული გამოთვლითი კოდების საიმედოობის შემოწმების მიზნით განხორციელებულია რიცხვითი შედეგების შედარებები ლიტერატურაში გამოქვეყნებულ ექსპერიმენტალურ მონაცემებთან.

განხილული იყო მაღალი გამტარებლობის მქონე ობიექტების დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტური გამომახილები სხვადასხვა შემთხვევებისათვის.

ჩატარებულმა კვლევამ უჩვენა, რომ განვითარებული გამოთვლითი კოდები ზედმიწევნით იმეორებენ ექსპერიმენტალური გაზომვებით მიღებულ შედეგებს.

## პროექტი II:

ოპტიკურ ტალღამტარებში, ისევე როგორც რეგულარულ ტალღამტარებში გავრცელებადი ტალღების განსაზღვრისათვის საჭიროა ტალღამტარის საკუთარი მნიშვნელობების პოვნა. რეგულარულ ტალღამტარებში, რომელთა განიკვეთის ფორმა წარმოდგენილია ანალიზური სახით (მაგალითად წრიული ან ელიფსური) შესაძლებელია საკუთარი მნიშვნელობების ანალიზური განსაზღვრა. მაგრამ, როდესაც ტალღამტარი წარმოდგენილია თავისუფალი ფორმით და მისი გეომეტრიული პარამეტრები წარმოადგენენ ცვლად პარამეტრებს, საკუთარი მნიშვნელობების განსაზღვრა წარმოადგენს ერთ-ერთ რთულ ამოცანას. ამას თან ერთვის ის გარემოებაც, რომ მეტალური ტალღამტარების მატერიალურ პარამეტრებს გააჩნიათ ძლიერი დისპერსიული მახასიათებლები ოპტიკურ დიაპაზონში. საუბარია მეტალების დისპერსიულ თვისებებზე ოპტიკურ დიაპაზონში. ამრიგად, საკუთარი მნიშვნელობების განსაზღვრისთვის საჭიროა მძლავრი რიცხვითი კოდის გამოყენება.

დ.გ.მ. მეთოდზე დაფუძნებული საკუთარი მნიშვნელობების გათვლის ალგორითმი, რომელიც შემუშავებული იყო რეგულარული ტალღამტარებისათვის, განვითარებულია ოპტიკური ტალღამტარებისათვის. ამ მეთოდის თანახმად საკუთარი მნიშვნელობების განსაზღვრისთვის გამოიყენება რეალური ექსპერიმენტის შესატყვისი მათემატიკური მოდელი. კერძოდ, რეზონანსული

(ტალღამტარული) სტრუქტურის აღზნება ხორციელდება ფიქტიური ამღზნები წყაროთი და შედეგად ვაკვირდებით რეზონანსულ არეში (ტალღამტარში) ველის მკვეთრ ცვლილებას. იმ კონკრეტულ სიხშირეზე, როდესაც რეზონანსულ არეში ველის მნიშვნელობა რამოდენიმე რიგით აღემატება ამღზნები წყაროს ველს, სისტემის გამოძახილში ფიქსირდება მკვეთრი პიკი. რაც უფრო ზუსტი მეთოდია გამოყენებული სისტემის მოდელირებისათვის, მით უფრო ვიწრო და მაღალი პიკი მიიღება. სწორედ ამ პიკების შესაბამისი სიხშირული მნიშვნელობები წარმოადგენენ სისტემის საკუთარ მნიშვნელობებს.

პროექტის ფარგლებში

შემუშავებული და განვითარებულია ოპტიკურ ტალღამტარებისათვის, ნებისმიერი გეომეტრიული ფორმისთვის საკუთარი მნიშვნელობების პოვნის ავტომატიზირებული კოდი, რომელიც გამოიყენებს მოდელზე დაფუძნებულ პარამეტრული ინტერპოლაციის ტექნიკას. მიღებული კოდი არ არის დამოკიდებული შემავალ გეომეტრიულ პარამეტრებზე და მისი საშუალებით შესაძლებელია სხვადასხვა გეომეტრიული ფორმის ტალღამტარების საკუთარი მნიშვნელობების განსაზღვრა.

დღე და მდპი (მოდელზე დამყარებული პარამეტრული ინტერპოლაცია) ალგორითმის გამოყენებით ჩატარებულია რიცხვითი ანალიზი მეტალური ტალღამტარების თვისებების შესასწავლად. მოდელში გათვალისწინებული იყო ნივთიერების დისპერსიული თვისებები, რომელიც მოცემულია როგორც ექსპერიმენტალური მონაცემებით ასევე თეორიული ფორმულის გამოყენებით.

შექმნილია V-ფორმის არხის პლაზმონური გამტარის ფიზიკური მოდელი, რომელიც წარმოადგენს უსასრულო სიბრტყეზე V-ფორმის ჩაზნექილ არხს. ამოცანა დაიყვანება 2 განზომილებიანი მოდელის განხილვაზე, რომელიც არხის გასწვრივ არის ერთგვაროვანი. მოდელში ოქროს და ვერცხლის მასალის გათვალისწინება, რომელთაც ოპტიკურ დიაპაზონში ახასიათებთ ძლიერი დისპერსიული თვისებები და შთანთქმა, შედეგად იწვევს ტალღის მიღევადი ხასიათის გაჩენას არხის გასწვრივ. ამოცანის ამოხსნისთვის გამოყენებული იყო დამხმარე გამომსხივებლების მეთოდი და ადაპტიური მოდელზე დაფუძნებული პარამეტრული ინტერპოლაციის ალგორითმი. ჩატარებულია სხვადასხვა ტიპის V-ფორმის არხში გავრცელებადი მოდების ანალიზი. კერძოდ ჭრილის გეომეტრიული ფორმის ცვლილებისას გათვლილია დისპერსიული მრუდები.

რეალური ფიზიკური პროცესის მოდელირებაში მნიშვნელოვანია ნანოსტრუქტურების ურთიერთ-ქმედების გათვალისწინება ზედაპირთან, რომელზედაც უშუალოდ ეს სტრუქტურებია დაფენილი. ოპტიმიზირებულია გრინის ფუნქციები, რომელიც ითვალისწინებს ზედაპირის მახლობლად ნანოსტრუქტურებზე ელექტრომაგნიტური ველის გაბნევას. გამოირჩევა ორი განსხვავებული შემთხვევა, როდესაც ნანოსტრუქტურები ეხება ზედაპირს და როდესაც ისინი ზედაპირის უშუალო სიახლოვეს იმყოფებიან. შესაბამისად შექმნილია და ტესტირებული გამოთვლითი კოდები.

კომპოზიციური მასალების შესწავლისას რეალურ ექსპერიმენტებში გამოიყენება ზედაპირზე დაფენილი სტრუქტურები. ხშირ შემთხვევაში ასეთ ზედაპირებს წარმოადგენს მრავალფენიანი სტრუქტურები. ზედაპირის გავლენა ცვლის ახლო ველის მახასიათებლებს, რაც მნიშვნელოვანია პლაზმონური სტრუქტურებისა და კომპოზიციური მასლების რიცხვითი მოდელირების შემთხვევაში. ზედაპირის (მრავალფენიანი ზედაპირების) გავლენის გათვალისწინება ელექტრომაგნიტურ სტრუქტურაზე შეისწავლება სხვადასხვა მეთოდით, კერძოდ ფართოდ გავრცელებულია სასრულო სხვაობათა მეთოდი დროით არეში FDTD (Finite Difference in Time Domain). ამ მეთოდით ზოგადად პლაზმონური სტრუქტურების შესწავლა დაკავშირებულია რიგ პრობლემებთან, როგორცაა ამოხსნის სიზუსტე და კრებადობის დადგენა. იგი მოითხოვს ბევრ კომპიუტერულ რესურსს და გამოთვლით დროს. გარდა ამისა პრობლემას წარმოადგენს ნივთიერების დისპერსიული მახასიათებლების გათვალისწინებაც, რაც აუცილებელს ხდის დამატებითი პროცედურების შექმნას, რომელიც ან დროის მხრივ არაეფექტურია ან არაზუსტია. სიხშირულ არეში უფრო მეტად ბუნებრივია დისპერსიული თვისებების მოდელირება და ჩვენი ამოცანის მიზანი იყო დ.გ.მ. მეთოდის გამოყენება კომპოზიციურ მასალებზე ზედაპირის გავლენის გამოსაკვლევად. ამ მიზნით ოპტიმიზირებულია გრინის ფუნქციები და მათ საფუძველზე შექმნილია ახლო ველის მთვლელი პროცედურები. ამჟამად მიმდინარეობს კოდის ტესტირება სხვადასხვა ზედაპირულ სტრუქტურებზე დაფენილი მარტივი პლაზმონური ობიექტების შესწავლით გზით და რიცხვით შედეგების სიზუსტის შეფასება.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

3. V. Tabatadze, D. Kakulia, G. Sapparishvili, R. Zaridze, N. Uzunoglou. "Development of a New Efficient Numerical Approach for Buried Object Recognition". Sensing and Imaging (2011) 12 pages:35–56.
4. D. Kakulia, K. Tavzarashvili, G. Ghvedashvili, D. Karkashadze, and Ch. Hafner." The Method of Auxiliary Sources Approach to Modeling of Electromagnetic Field Scattering on Two-Dimensional Periodic Structures". Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. Vol. 8, 1609-1618 (2011).
5. D. Kakulia, K. Tavzarashvili, G. Ghvedashvili, G. Chelidze "INVERSION OF A PROLATE METALLIC OBJECT'S ORIENTATION WITH THE GAUSS-NEWTON MINIMIZATION ALGORITHM" Proceedings of XVI-th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED-2011) Lviv, Ukraine, September 26-29, 2011. p.119-122.
6. K. Tavzarashvili, G. Ghvedashvili, D. Kakulia, "MAS SIMULATION OF PLASMON COUPLING IN NANOSPHERE PAIRS" Proceedings of XVI-th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED-2011) Lviv, Ukraine, September 26-29, 2011. p.170-173.
7. MAS simulations of optical antenna structures. K.tavzarashvili, G.Ghvedashvili. International Conference on Nanotechnology, Optoelectronics and Photonics ICNOP 2011, Venice November 28-30, 2011. Pp 1479-1483
8. Electro magnetic research environment (emagre)—crossplatform em software package based on fdtd method, L. Shoshiashvili, G.Ghvedashvili, K.Tavzarashvili. Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory, DIPED 2011. Lviv, Ukraine, September 26-28, 2011, pp 170
9. Web based research administration and information system, G.Ghvedashvili1, L.Shoshiashvili, T. Gogua, K.Tavzarashvili. Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory, DIPED 2011. Lviv, Ukraine, September 26-28, 2011, pp 161
10. I. Petoev, V. Tabatadze, R.Zaridze. " Application of the Complex Materials for Antenna Synthesis". Proceedings of the 5th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), 10-15, 2011 in Rome, Italy. pp. 1157 - 1161 [http://www.eucap2011.org/files/EuCAP2011\\_ConfBook\\_v10.pdf](http://www.eucap2011.org/files/EuCAP2011_ConfBook_v10.pdf)
11. M. Prishvin, L. Bibilashvili, R. Zaridze, "DEVELOPING A THERMAL EXEMPTIONS RATIONALE FOR LOW-POWER TRANSMITTERS", Journal of applied electromagnetism, volume 13, number 1, June 2011, pp. 39-57, <http://jae.ece.ntua.gr/current.htm>
12. M. Prishvin, L. Bibilashvili, V. Tabatadze, R. Zaridze, "SUPPLEMENTARY ANALYSIS OF RF EXPOSURE SIMULATIONS OF LOW-POWER TRANSMITTERS", Journal of applied electromagnetism, volume 13, number 1, June 2011, pp. 58-69, <http://jae.ece.ntua.gr/current.htm>
13. L. Bibilashvili, M. Prishvin, R. Zaridze. "Comparative Analysis of the Computed SAR and Temperature Rise to the EM Exposure Child and Adult man." Proceedings of XVI-th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED-2011), September 26-29, 2011, Lviv, Ukraine. pp. 16-21
14. I. Petoev, V. Tabatadze, R. Zaridze. "The Electromagnetic Properties of the Infinite Periodic Lattice Embedded in the Dielectric Layer. Localization of the Inhomogeneity in two-way Line". Proceedings of XVI-th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED-2011), September 26-29, 2011, Lviv, Ukraine. pp. 39-45
15. M. Prishvin, D. Kakulia, G. Sapparishvili. A. Kotchlashvili, R. Zaridze. "Localization of the Inhomogeneity in two-way Line". Proceedings of XVI-th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED-2011), September 26-29, 2011, Lviv, Ukraine. pp. 59-62

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

კონფერენციებში მონაწილეობა:

7th Workshop on Numerical Methods for Optical Nano Structures Zurich July 2011 K. Tavzarashvili, G. Ghvedashvili, D. Kakulia, D. Karkashadze: Method of Auxiliary Sources for optical nano structures (Abstract) (Presentation)

International Conference on Nanotechnology, Optoelectronics and Photonics ICNOP 2011, Venice November 28-30, 2011

Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory, DIPED 2011. Lviv, Ukraine, September 26-28, 2011

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

**რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი**

## გენეტიკის ინსტიტუტი

უნივერსიტეტის XI კორპუსი, უნივერსიტეტის ქუჩა 13, ტელ.: 2-30-41-70

### სამეცნიერო მიმართულება:

ადამიანის გენეტიკა, მოლეკულური გენეტიკა, ცხოველთა, მცენარეთა და მიკროორგანიზმთა გენეტიკა, კარდიოგენეტიკა, ნეიროგენეტიკა, ონკოგენეტიკა, მემკვიდრულ დაავადებათა გენეტიკა, სპორტული გენეტიკა.

### ინსტიტუტის ხელმძღვანელები:

პროფ. თ.ლეჟავა – გენეტიკის ინსტიტუტის დირექტორი (გენეტიკის მიმართულების ხელმძღვანელი);

პროფ. რ.შაქარიშვილი (კლინიკური გენეტიკის ხელმძღვანელი);

პროფ. თ.აგლაძე (ქიმ–ფიზიკური და მოლეკულური გენეტიკის ხელმძღვანელი).

### ინსტიტუტის საბჭოს წევრები:

პროფ. თ. აგლაძე; პროფ. ალავიძე ზემფირა; ბ.მ.დ. ბარათაშვილი ნიკოლოზი; პროფ. ბერაძე ივა; პროფ. დოჭვირი მურთაზი; პროფ. ზედგენიძე ალა; თევზაძე თამაზი; პროფ. თეიმურაზ ლეჟავა; მ.მ.დ. მარგველაშვილი ლალი; პროფ. მესტიაშვილი ინა, პროფ. მიტიჩაშვილი როლანდი; პროფ. მონასელიძე ჯამლეტი; პროფ. როგავა მამანტი; პროფ.ნადარაია ელიზბარი, ბ.მ.დ. სიგუა ნინო, პროფ. ფაღავა ყარამანი; პროფ.შაქარიშვილი რომანი, პროფ. ცისკარიძე ალექსანდრე; პროფ. ხარძიევილი ომარი; პროფ. ჯოხაძე თინათინი.

### კვლევის თემატიკა:

1. ადამიანის გენომის რეგულარული და პათოლოგიური ფუნქციონირება. ალელების სიხშირის დადგენა ქართულ პოპულაციაში.
2. ნეიროდეგენერაციული და ოფთალმოლოგიური პათოლოგიების გენეტიკური მაჩვენებლების შესწავლა.
3. ავთვისებიანი სიმსივნეების გენეტიკური მახასიათებლების შესწავლა; სიმსივნის პრევენცია და მკურნალობის შესაძლებლობები;
4. კარდიომიოპათიების, ვენური და არტერიული თრომბოზების გენეტიკური მახასიათებლების იდენტიფიცირება; მკურნალობის შესაძლებლობების ძიება. ქრომოსომებისა და დნმ-ის სტრუქტურის შეფასება მძიმე მეტაბოლურ და ნანოპეპტიდ ბიორეგულატორების გავლენის შედეგად. ხანდაზმულ ინდივიდებში ქრომატინის მოდიფიკაციის კვლევა.
5. ბავშვთა თანდაყოლილი და მემკვიდრული დაავადებების გენეტიკური დიაგნოსტიკა. ქრომოსომულ და გენურ დარღვევათა დადგენა პრენატალურ პერიოდში.
6. მიკროორგანიზმთა გენომის მახასიათებლებისა და მათი გამოყენების შესაძლებლობის განსაზღვრა. ციტრუსების გენეტიკური შესწავლა. ცხოველთა ადგილობრივი სახეობების გენეტიკური მახასიათებლების შეფასება.
7. მაღალი სპორტული შედეგების მიღწევაში გენების როლის განსაზღვრა (სპორტული გენეტიკა); ქრომოსომულ და გენეტიკური კვლევის შედეგების სტატისტიკური დამუშავება და მოდელირება (მათემატიკური გენეტიკა).

### კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:

ძირითად სამეცნიერო მიმართულებებთან ერთად, გენეტიკის ინსტიტუტი გეგმავს:

1. სკოლებსა და უმაღლეს სასწავლებლებში საჯარო ლექციების ჩატარებას (რიგ შემთხვევებში უცხოელ სპეციალისტთა მონაწილეობით), სამაუწყებლო საშუალებების (რადიო, ტელევიზია) გამოყენებას თანამედროვე გენეტიკის აქტუალურ საკითხებისა და მის შესაძლებლობების შესახებ;
2. კვალიფიკაციის ამაღლების კურსების ჩამოყალიბებას გენეტიკაში სხვადასხვა სპეციალობის ექიმებისა და ბიოლოგებისათვის; გენეტიკური წიგნებისა და სახელმძღვანელოების პრეზენტაციას;
3. ცხოველთა, მცენარეთა და მიკროორგანიზმთა გენეტიკის მიღწევების დანერგვას სოფლის მეურნეობაში;
4. შექმნას გენეტიკური პასპორტიზაცია (სხვადასხვა ტესტისტიმების გამოყენებით გენოტიპის სტრუქტურის განსაზღვრა) პრენატალურ სადიაგნოსტიკო ცენტრებსა და სამკურნალო დაწესებულებებში, რაც მნიშვნელოვან როლს შეასრულებს დაავადებათა პრევენციასა და მკურნალობის საკითხებში.
5. საერთაშორისო ფორუმებში მონაწილეობას; საერთაშორისო სიმპოზიუმის ჩატარებას 2012 წელს.

კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

წარდგენილ იქნა ხუთი საგრანტო პროექტი:

ონკოგენეტიკაში, კარდიოგენეტიკაში, ცხოველთა გენეტიკაში და პოპულაციის გენეტიკაში (ორი პროექტი).

ჩატარდა ახალი თაობის სახელმძღვანელოს “სამედიცინო გენეტიკა მოლეკულური გენეტიკის საფუძვლებით” პრეზენტაცია. (ავტორები: თეიმურაზ ლეჟავა, თინათინ ჯოხაძე, ნათელა ჯანგულაშვილი).

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. Monaselidze JR, Khavinson VKh, Gorgoshidze MZ, Khachidze DG, Lomidze EM, Jokhadze TA, Lezhava TA; [Effect of the peptide bronchogen \(Ala-Asp-Glu-Leu\) on DNA thermostability](#); Bull Exp Biol Med. 150,3,375-7, 2011.
2. Lezhava T, Monaselidze J, Jokhadze T, Gorgoshidze M, Kiladze M, Gaiozishvili M. [Remodeling of heterochromatin induced by heavy metals in extreme old age](#); Age (Dordr). 33,3,433-8, 2011. (იმპაქტ ფაქტორი – 6.3)
3. Lezhava T, Monaselidze J, Jokhadze T, Buadze T, Gaiozishvili M; [Gerontology research in Georgia](#); Biogerontology. 12,2,87-91, 2011. (იმპაქტ ფაქტორი – 3.5)
4. Monaselidze J, Lezhava T, Nemsadze G, Kikalishvili L, Ramishvili M. [Extracellular matrix thermostability of breast gland carcinoma](#); Georgian Med News; 195,88-91, 2011.
5. Monaselidze J, Gorgoshidze M, Jokhadze T, Gaiozishvili M, Lezhava T. [Influence of tetrapeptide on chromatin thermostability](#); Georgian Med News; 194,64-6, 2011.

გამოქვეყნდა სახელმძღვანელო “სამედიცინო გენეტიკა მოლეკულური გენეტიკის საფუძვლებით” კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

გენეტიკის ინსტიტუტში ჩატარებული სემინარები:

1. ფენილკეტონურიის სიხშირე ქართულ პოპულაციაში (მომხსენებელი: მ.მ.დ.ლალი მარგველაშვილი)
2. გულის მუშაობის მათემატიკური მოდელი (მომხსენებლები: პროფესორი მამანტი როგავა – კარდიოლოგი, პროფესორი გ.თავაძე – მათემატიკოსი)
3. ფაგების როლი ინფექციურ დაავადებათა დროს (მომხსენებელი: პროფესორი ზემფირა ალავიძე)
4. ენდემური მიკროორგანიზმების როლი რძის პროდუქტების ტექნოლოგიაში (მომხსენებელი: პროფ. ნინო ჭანიშვილი)
5. ძუძუს კიბოს სკანირებადი მიკროკალორიმეტრული კვლევის შედეგები (მომხსენებელი: პროფ. ჯამლეტ მონასელიძე)

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):



## სტრესის ბიოქიმიური მექანიზმების შემსწავლელი ინსტიტუტი

სამეცნიერო მიმართულება: ბიოქიმია

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: ბმდ. სრული პროფესორი ნანა კომორიძე, ბმდ. ასისტენტ პროფესორიზურაბ ქუჩუკაშვილი, ბ. მეცნ. კანდიდატი, ასისტენტ-პროფესორი მანანა ჭიპაშვილი, ბმკ. ქეთევან მენაბდე, ბმკ. მ.ჩაჩუა, ბიოლოგიის მაგისტრი გიორგი ბურჯანაძე, დოქტორანტი ნატალია დაჩანიძე.

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): ა) ენერგეტიკული მეტაბოლიზმის თავისებურება იზოლირებითა და დღე-ღამური რიტმის დარღვევით გამოწვეული ქრონიკული სტრესის პირობებში; კვლევის/პროექტის აქტუალობა, მიზნები და მიღებული შედეგები:**

ა) სამეცნიერო კვლევის ძირითადი მიმართულებაა იზოლირებითა და დღე-ღამური რიტმის შედეგად გამოწვეული სტრესის პირობებში ვირთავგას სხვადასხვა ქსოვილში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესების ცვლილების შესწავლა და მათი პრევენციის გზების დადგენა.

დასმული საკითხის დასადგენად შესწავლილი იყო ვირთავის თავის ტვინი, გულის კუნთის უჯრედები და სისხლი. აღმოჩნდა, რომ ცხოველების ფსიქო-ემოციური სტრესი, რომელიც მიიღწევა საცდელი ინდივიდების იზოლირებითა და დღე-ღამური რიტმის დარღვევით იწვევენ ვირთავის ორგანიზმში ღრმა ბიოქიმიურ ცვლილებებს, რაც აისახება შესწავლილი ქსოვილების უჯრედებზე. კერძოდ, პირველ რიგში, სტრესის შედეგად ადგილი აქვს უჯრედებში ენერგეტიკული მეტაბოლიზმის მოშლას, კერძოდ, როგორც თავის ტვინში, ასევე კარდიომიოციტებში აღინიშნება კრეატინკინაზული სისტემის აქტივობის დაქვეითება, რისი მაჩვენებელიცაა ამ უჯრედებში ფერმენტის, როგორც მიტოქონდრიული, ასევე ციტოზოლური იზოფორმების აქტივობის შემცირება. გამომდინარე იქიდან, რომ კრეატინკინაზული სისტემა მჭიდრო კავშირშია მიტოქონდრიაში მიმდინარე ჟანგვით ფოსფორილირებასთან, კრეატინკინაზული სისტემის აქტივობის დაქვეითება შესაძლებელია გამოწვეული იყოს როგორც ჟანგვითი ფოსფორილირების პროცესის დაქვეითებასთან, ასევე ფერმენტის ცილოვანი მოლეკულის პოსტინთეზურ მოდიფიცირებასთან. ჩვენს მიერ ნაჩი იქნა, რომ სტრესის შედეგად კრეატინკინაზული სისტემის აქტივობის დაქვეითება წარმოადგენს ჟანგვითი ფოსფორილირების პროცესის დაქვეითების მიზეზს, რაზეც მეტყველებს მიტოქონდრიული ფერმენტების, კერძოდ კრებსის ციკლში მონაწილე ფერმენტების აქტივობის შემცირება (შესწავლილია რამდენიმე ფერმენტის, კერძოდ სუქცინატდეჰიდროგენაზის, ალდოლაზის და აკონიტაზის აქტივობები).

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, დაისვა საკითხი იმის შესახებ, თუ რა წარმოადგენს მიტოქონდრიული ფერმენტების აქტივობის დაქვეითების მიზეზს. ამისათვის შესწავლილი იყო ვირთავის თავის ტვინში, კარდიომიოციტებსა და სისხლში სტრესის ფონზე ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის პროცესის მიმდინარეობა. აღმოჩნდა, რომ ფსიქო-ემოციური სტრესი წარმოადგენს იმ ფაქტორს, რომლის დროსაც სხვადასხვა ქსოვილში ძლიერდება ზეჟანგური ჟანგვის პროცესი, რომელიც ცნობილია, რომ თავის მხრივ უჯრედული მეტაბოლიზმის ცვლილების მიზეზი ხდება და რაც მთელი რიგი პათოლოგიების გამოვლინების მიზეზია. ლიპიდური ზეჟანგური ჟანგვის გამდიერების მაჩვენებელია თიობარბიტურის მჟავის კონიუგატების – მალონის დიალდეჰიდისა და დიენური კონიუგატების რაოდენობრივი მაჩვენებლების რაოდენობრივი ზრდა.

მიღებული შედეგები მიუთითებს, რომ ცხოველის იზოლირება და ცირკადული რიტმის დარღვევა წარმოადგენს იმ ფაქტორს, რომლის დროსაც ძლიერდება ზეჟანგური ჟანგვის ინტენსივობა. ეს პროცესი ხშირ შემთხვევაში დაკავშირებულია ანტიოქსიდანტური სისტემის ფერმენტების აქტივობის ცვლილებებთან ჩატარებული ცდებით დადგინდა, რომ ცხოველებში 40 –დღიანი სტრესის შედეგად ყველა შესწავლილ ქსოვილში მნიშვნელოვნად კლებულობს ანტიოქსიდანტური ფერმენტების – კატალაზასა და სუპეროქსიდისმუტაზას აქტივობა. აღმოჩნდა, რომ ამ მხრივ ამ ფერმენტების აქტივობის ცვლილება და საერთოდ, სტრესის შედეგად წარმოქმნილი ცვლილებებისადმი განსაკუთრებით მგრძობიანობას იჩენს ცხოველის სისხლი, შემდეგ კარდიომიოციტები და ბოლოს, თავის ტვინის ქსოვილი.

ამჟამად, კვლევა მიმდინარეობს შესწავლილი სტრესის პრევენციული მექანიზმის დადგენაზე. ამისათვის გამოყენებულია ბუნებრივი ანტიოქსიდანტების ფონზე როგორც ენერგეტიკული მეტაბოლიზმის, ასევე ზეჟანგური პროცესების ინტენსივობის დადგენა.

**სამომავლო გეგმა:**

დაგეგმილია ცხოველებში აგრესიის გამოვლენის დამოკიდებულების გარკვევა ქრონიკული ფსიქო-ემოციური სტრესის პირობებში.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

1. Z. Kuchukashvili, K. Menabde, M. Chachua, G. Burjanadze, M. Chipashvili, and N. Koshoridze. Functional state of rat cardiomyocytes and blood antioxidant system under psycho-emotional stress. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*. 2011, 9 (*imp.-factor 1.84*).
2. K. Menabde, Z. Kuchukashvili, M. Chachua, M. Chipashvili, N. Koshoridze. Brain Oxidation Stress Caused by Isolation and Violation of Diurnal Cycle. *Bull. THE GEOR. ACAD. OF SCIENCES*, 2011, 5, 2.
3. Tissue specificity of lipid peroxidation under emotional stress in rats. *Ukr. biochem. J.* 2002, 83 3 (რეფერირებადი და რეცენზირებადი ჟურნალი)
4. K. Menabde, Z. Kuchukashvili, M. Koshoridze, G. Burjanadze and N. Koshoridze. Characterization of the antioxidant system of rat blood and cardiomyocytes under stress conditions. *J. of Biol. Phys. and Chem.* 2011.11 . *accepted*. (რეფერირებადი ჟურნალი).
5. K. Menabde, Z. Kuchukashvili, M. Koshoridze, G. Burjanadze and N. Koshoridze. Functional status of mitochondria pore in the brain of rats subjected to prolonged emotional stress. *J. Stress physio. and biochemistry*. 2011, 7,4.
5. N. Koshoridze, K. Menabde, Z. Kuchukashvili. Investigation of the HCO<sub>3</sub>—ATPase activity of Thyroid Tissue Cells under Various Pathologies. *The Scand. J. of Clinical & Laboratory Investigation* . (*imp.-factor 1.50*). *accept*.
6. Z. Kuchukashvili, K. Menabde, M. Chachua, G. Burjanadze, M. Chipashvili, and N. Koshoridze. Psycho-Emotional Stress, Quantitative Changes in Nitric Oxide Concentration and the Functional State of Brain Mitochondria. (*imp.-factor 1.84*). ). *accept*.

**კონფერენციები**

1. 8th World Congress of Neuroscience. Functional status of brain mitochondria under psycho-emotional stress. Florence - Italy, 14-18 July, 2011

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი:**

1. Georgian National Science Foundation (#GNSF/ST08/2-375).

## უწყვეტ გარემოთა მექანიკის მათემატიკური მოდელების და ანალიზის მონათესავე საკითხების ლაბორატორია

სამეცნიერო მიმართულება: მათემატიკა, მექანიკა

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: ნატალია ჩინჩალაძე (ლაბორატორიის გამგის მ/შ)  
ბაკურ გულუა - ლაბორანტი

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): თხელი დრეკადი ცვლადი სისქის ფირფიტები და გარსები

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

გამოკვლეულია დრეკად და თხევად გარემოთა ურთიერთქმედების სამგანზომილებიანი საწყის-სასაზღვრო ამოცანები, როცა არაკუმშვად თხევად ნაწილს შეიძლება ეკავოს სამ განზომილებიანი როგორც სასრული ასევე უსასრულო არე, ხოლო დრეკადი სხეული მთლიანად მოთავსებულია სითხეში და უკავია შემოსაზღვრული არე, ამასთან დრეკადი სხეული წარმოადგენს თხელ ცვლადი სისქის ფირფიტას, სითხეში ვიხილავთ სტოქსის მიახლოებას. დრეკად ნაწილში განხილულია ი. ვეკუას იერერქიული მოდელი, რომლის საშუალებითაც სამგანზომილებიან დრეკად - სამგანზომილებიან თხევად ნაწილთა ურთიერთქმედების ამოცანა დადის ორგანზომილებიან დრეკად - სამგანზომილებიან თხევად ნაწილთა ურთიერთქმედების ამოცანაზე. ძირითადი მიზანი იყო დრეკადი ნაწილის დაძაბული მდგომარეობის შესწავლა. სამგანზომილებიან დრეკად - სამგანზომილებიან თხევად ნაწილთა ურთიერთქმედების დინამიკის ამოცანისთვის დამტკიცებულია ამონახსნის არსებობისა და ერთადერთობის თეორემები. ამ თეორემებზე დაყრდნობით განხილულია შემთხვევა, როცა დრეკად ნაწილში გვაქვს ვეკუას იერარქიული მოდელების ნულოვანი მიახლოება. განხილვებით კლასიკური საკონტაქტო პირობებისა, განხილულ ამოცანებში საქმე გვაქვს არალოკალურ პირობებთან. დამტკიცებულია არაკლასიკური სასაზღვრო ამოცანების ცალსახად ამოხსნადობის საკითხი, რასაც მივყავართ დასმული ამოცანის ამონახსნის არსებობამდე (მიღებული შედეგები ასახულია სტატიებში N. Chinchaladze, G. Jaiani, R. Gilbert, S. Kharibegashvili, D. Natroshvili. Initial Boundary Value Problems for Solid-Fluid Composite Structures. ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND PHYSIK ZAMP, DOI: ZAMP-D-11-00028R1, რომელიც მიღებულია გამოსაქვეყნებლად).

განხილულია, რეისნერ-მინდლინის ტიპის ცვლადი სისქის ფირფიტებისა (იხ. N. Chinchaladze. Cylindrical bending of cusped Reissner-Mindlin plates. Dynamical Systems and Differential Equations, DCDS Supplement 2011, Proceedings of the 8th AIMS International Conference, 2011, pp. 282-291) და არაკუმშვადი სითხის ურთიერთქმედების ამოცანა. წამახვილებული ნაპირის მქონე თხელი ფირფიტა მთლიანად მოთავსებულია ორგანზომილებიან უსასრულო სითხეში. შესწავლილია სასწყის-სასაზღვრო ამოცანების დასმის საკითხი. განხილულია კონკრეტული ამოცანა ცილინდრული ღუნვის შემთხვევაში. დასმულ ამოცანას გააჩნია ერთადერთი ამონახსნი (მიღებული შედეგები მოხსენებული იყო კონფერენციებზე: 1. IV Congress of the Turkic World Mathematical Society, July 1-3, 2011, Baku, Azerbaijan და 2 International Conference "Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis", September 9-14, 2011, Tbilisi, Georgia).

განხილულია გეომეტრიულად არაწრფივი სფერული გარსები. დეფორმაციის ტენზორის კომპონენტებს აქვს სახე:

$$e_{ij} = \frac{1}{2} (\bar{R}_j \partial_i \bar{U} + \bar{R}_i \partial_j \bar{U} + \partial^k \bar{U} \partial_k \bar{U})$$

სადაც  $\bar{R}_i$  კოვარიანტული საბაზისო ვექტორებია,  $\bar{U}$  გადაადგილების ვექტორია. ი. ვეკუას მეთოდით მიღებულია ორ განზომილებიან განტოლებათა სისტემა. მცირე პარამეტრის მეთოდის გამოყენებით აგებულია მიახლოებითი ამონახსნები. მცირე პარამეტრი  $\varepsilon = h/R$ , სადაც  $2h$  გარსის სისქეა,  $R$  სფერული გარსის შუა ზედაპირის რადიუსია. ამოხსნილი კონკრეტული ამოცანა. (ბ. გულუა)

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

5. N. Chinchaladze. Cylindrical bending of cusped Reissner-Mindlin plates. Dynamical Systems and Differential Equations, DCDS Supplement 2011, Proceedings of the 8th AIMS International Conference, 2011, pp. 282-291
6. N. Chinchaladze, G. Jaiani, B. Maistrenko and P. Podio-Guidugli. Concentrated Contact Interactions in Cuspidate Prismatic Shell-like Bodies. 2011, Volume 81, Number 10, Pages 1487-1505
7. N. Chinchaladze, G. Jaiani, R. Gilbert, S. Kharibegashvili, D. Natroshvili. Initial Boundary Value Problems for Solid-Fluid Composite Structures. ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND PHYSIK ZAMP, online first - published online 14 December 2011, DOI: ZAMP-D-11-00028R1 (web-page: <http://www.springer.com/birkhauser/engineering/journal/33> online first articles 56 <http://www.springerlink.com/content/43701x43k1757668/>)
8. N. Chinchaladze. Cubature of the solution of the thin wedge-shaped shells deflections problem by approximate quasi-interpolant. BOOK OF ABSTRACTS of the SIXTH INTERNATIONAL International Workshop Meshfree Methods for Partial Differential Equations, OCTOBER 04–06, 2011, Bonn, Germany, p. 22 (for electronic version see: [http://wissrech.ins.uni-bonn.de/meshfree/2011/meshfree\\_program2011.pdf](http://wissrech.ins.uni-bonn.de/meshfree/2011/meshfree_program2011.pdf)).
9. N. Chinchaladze. Vibration Problems for the Cusped Plates on the Basis of the Refined Theories. Abstracts of the IV Congress of the TWMC, Baku, 1-3 July, 2011, p 181
10. N. Chinchaladze. Vibration of elastic plates with variable thickness on a basis of the refined theories. Abstracts of the International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, Tbilisi, September 9-14, 2011, p. 71.
11. N. Chinchaladze. Cubature of the Solution of the Dirichlet problem for Euler–Poisson– Darboux Equation in the half-plane by Approximate Quasi-Interpolation. Abstracts of the II International Conference of the Georgian Mathematical Union, September 15-19, 2011, Batumi, Georgia, pp. 118-119.
12. B. Gulua, D. Chokoraia. On Construction of Approximate Solutions of Equations of the Non-Shallow Spherical Shells. Book of Abstracts of the II International Conference of the Georgian Mathematical Union, September 15-19, 2011, Batumi, Georgia, p. 141
13. B. Gulua. The Geometrically Nonlinear Spherical Shell. Book of Abstracts of the II Annual Meeting of the Georgian Mechanical Union, December 15-17, 2011, Tbilisi, Georgia , p. 20

**მონაწილეობა სამეცნიერო ღონისძიებებში (სემინარი, კონფერენცია, და ა. შ. ):**

10. ნ. ჩინჩალაძე. თხელი სოლისებური გარსების ჩაღუნვის ამოცანის კვაზი- ინტერპოლაციის მეთოდით მიახლოებითი ამოხსნის შესახებ. ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის XXV გაფართოებული სხდომები, 20-23 აპრილი, 2011
11. N. Chinchaladze. Vibration Problems for the Cusped Plates on the Basis of the Refined Theories. IV Congress of the Turkic World Mathematical Society, July 1-3, 2011, Baku, Azerbaijan.
12. N. Chinchaladze. Vibration of an Elastic Plates with Variable Thickness on a Basis of the Refined Theories. International Conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis”, September 9-14, 2011, Tbilisi, Georgia
13. N. Chinchaladze. Cubature of the Solution of the Dirichlet Problem for Euler-Poisson-Darboux Equation in the Half-Plane by Approximate Quasi-Interpolation. II International Conference of the Georgian Mathematical Union, September 15-19, 2011, Batumi, Georgia
14. Bakur Gulua. On Construction of Approximate Solutions of Equations of the Non-Shallow Spherical Shells. II International Conference of the Georgian Mathematical Union, September 15-19, 2011, Batumi, Georgia (with D. hokoraia)
15. Bakur Gulua. The Geometrically Nonlinear Spherical Shell. II Annual Meeting of the Georgian Mechanical Union, December 15-17, 2011, Tbilisi, Georgia
16. ბ. გულუა. ერთი ამოცანის შესახებ არადამრეცი სფერული გარსებისათვის. ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის XXV გაფართოებული სხდომები, 20-23 აპრილი, 2011

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):

1. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი (მოკლევადიანი ინდივიდუალური სამოგზაურო გრანტი, #11\_tr\_096)- ნ. ჩინჩალაძე.

კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები ან მათ ორგანიზებაში მონაწილეობა (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

1. ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის XXV გაფართოებული სხდომების (20-23 აპრილი, 2011), საორგანიზაციო კომიტეტის სწავლული მდივანი (ნ. ჩინჩალაძე)
2. საერთაშორისო კონფერენციის „უწყვეტ გარემოთა მექანიკა და ანალიზის მონათესავე საკითხები“ (9-14 სექტემბერი, 2011) საორგანიზაციო კომიტეტის სწავლული მდივანი (ნ. ჩინჩალაძე)
3. საქართველოს მექანიკოსთა კავშირის მეორე ყოველწლიური კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარე, სამეცნიერო კომიტეტის წევრი (15-17 დეკემბერი, 2011) (ნ. ჩინჩალაძე)
4. საქართველოს მექანიკოსთა კავშირის მეორე ყოველწლიური კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარის მოადგილე, სამეცნიერო კომიტეტის სწავლული მდივანი (15-17 დეკემბერი, 2011) (ბ. გულუა)
5. მათემატიკასა და ინფორმატიკაში თბილისის საერთაშორისო ცენტრის ბიულეტენის პასუხიმგებელი მდივანი(ნ. ჩინჩალაძე)

## მათემატიკური მოდელირების და გამოთვლითი მათემატიკის ლაბორატორია

უნივერსიტეტის ქუჩა 2, ტ: 588259155, [tedavitashvili@gmail.com](mailto:tedavitashvili@gmail.com), [temuri.davitashvili@viam.sci.tsu.ge](mailto:temuri.davitashvili@viam.sci.tsu.ge)

**სამეცნიერო მიმართულება:** მათემატიკური მოდელირება და გამოთვლითი მათემატიკა

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:**  
**ლაბორატორიის გამგე, ფ.მ.დ./ პროფ. თეიმურაზ დავითაშვილი;**  
**უფროსი ლაბორანტი მერი შარიქაძე,**  
**ლაბორანტი-ფ.მ.ა.დ. გიორგი გელაძე**

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):**

**გარემოს დაცვა და ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემების შესწავლა მათემატიკური მოდელირებით**

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:**

გარემოს დაცვა თანამედროვეობის ერთერთი ყველაზე აქტუალური საკითხია. წარმოების განვითარების ზემოქმედება ტემპმა, ინდუსტრიისა და ენერგეტიკული სიმძლავრეების უკონტროლო და გაუაზრებელმა ზრდამ მიგვიყვანა ისეთ შეუქცევად პროცესებთან, რომლებმაც გამოიწვიეს ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევა. ამიტომ მავნე ნივთიერებათა სივრცულ დროითი განაწილების ანალიზი, მათი დიაგნოსტიკა და პროგნოზირება თანამედროვე მეცნიერების ერთ-ერთ ძირითად ამოცანას წარმოადგენს. საანგარიშო წელს თეორიული კვლევებისა და მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირებით შესწავლილ იქნა: მინარევთა ატმოსფეროში, ნიადაგსა და ჰიდროსფეროში გავრცელების ძირითადი კანონზომიერებები; მავნე მინარევთა გავრცელების თავისებურებები ატმოსფერული ანომალიების შემთხვევაში; მინარევთა გარდაქმნა და გავრცელების თავისებურებები რთული ოროგრაფიის შემთხვევაში; რადიაციული და ადვექციური ნისლი, მათი პროგნოზირების საკითხები. ნისლისა და სმოგის გავლენა ატმოსფეროში ჰაერის გაჭუჭყიანების ხარისხზე. კლიმატის, ასევე მიკროკლიმატის ძირითადი მახასიათებლების ცვლილების ხასიათი, მათი თავისებურებანი, და მათზე სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა; განსაკუთრებით ანთროპოგენური “სათბურის ეფექტი” ფაქტორის გავლენა კლიმატის ცვლილებაზე, როგორც გლობალური, ასევე რეგიონალურ მასშტაბებით. არაერთგვაროვან ნიადაგზე ავარიულად დაღვრილი ნავთობის ნიადაგში ფილტრაციის ამოცანა მიწისქვეშა წყლების გაბინძურების შესწავლის მიზნით. ამოცანის ამოხსნა ეყრდნობა მაღალი რიგის არაწრფივ პარაბოლური ტიპის განტოლების ინტეგრირებას. მაგისტრალური მილსადენიდან გაზის ავარიული გაჟონვის ადგილისა და რაოდენობის დროულად განსაზღვრის ამოცანა. საქართველოს ტერიტორიისთვის გარემოს (ნიადაგი, მიწისპირა და მიწისქვეშა წყლების) გაბინძურების ამოცანა მათემატიკური მოდელირების საშუალებით.

საქართველოს ფიზიკო-გეოგრაფიული და მატერიალური პირობებიდან გამომდინარე სულ უფრო იზრდება მეზომეტეოროლოგიური პროცესების რიცხვითი მოდელირების აქტუალობა. ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ატმოსფეროს მეზომასშტაბური სასაზღვრო ფენა (ამსფ) და მასში მიმდინარე მეტეოპროცესები, კერძოდ, ისეთი რიცხვითი მოდელების შექმნა, რომლებიც შეისწავლიან ამსფ-ის თერმოჰიდროდინამიკას, ფენა ღრუბლებს, სხვადასხვა სახის ნისლს, აეროზოლის ტურბულენტურ დიფუზიას ერთიან კომპლექსში, მათ შორის არსებული რთული ურთიერთკავშირების გათვალისწინებით. გრანტის მიზნებიდან გამომდინარე ასევე დაინტერესებული ვართ ამსფ-ში მიმდინარე პროცესებზე ფონური მეტეოროლოგიური ველების (ატმოსფეროს ტემპერატურული სტრატეფიკაცია, ფონური ხვედრითი სინოტივე, გოსტროფიული ქარი,...). ეს თემატიკა მჭიდროდაა დაკავშირებული გლობალურ დათბობასთან, ეკოლოგიურ პრობლემებთან, ამინდის ლოკალურ პროგნოზთან, საზღვაო, საავიაციო და აგრომეტეოროლოგიასთან.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

რიცხვითი მოდელირების საშუალებით მიღებულ იქნა ატმოსფეროს მეზომასშტაბური სასაზღვრო ფენის (ამსფ) ძირითადი განმსაზღვრელი ველების (ქარის სიჩქარის მდგენელები, ტემპერატურა, წნევა, ხვედრითი ტენიანობა და წყლიანობა) სივრცულ-დროითი განაწილება;

ძირითადი აქცენტი კეთდება ღრუბელ- და ნისლწარმოქმნის პროცესებზე (ჩასახვა, განვითარება და დისპაცია); შესწავლილი იქნა მოდელირებული ნოტიო პროცესების განვითარების კრიტიკული რეჟიმები, მათი სიმძლავრე, მაქსიმალური წყლიანობა, მაქსიმალური წყლიანობის დონე და რიგი სხვა მნიშვნელოვანი მომენტებისა, რომელთა კვლევა მეტად აქტუალურია ამინდის ლოკალური პროგნოზისათვის, შესაძლო ხელოვნური ზემოქმედებისათვის და ა.შ.

**ამსფ**-ის ამოცანა ტემპერატურულად არაერთგვაროვანი ქვეფენილის შემთხვევაში განხილული გვაქვს როგორც სითბური ტალღის გავრცელება ატმოსფეროში. ქვეფენილის ტემპერატურის დღე-ღამური სვლის პირობებში მიღებული გვაქვს პერიოდული ამოხსნა. ამოცანა შეიცავს სინერგეტიკული პროცესებისათვის დამახასიათებელ თვისებებს.

საწყის-სასაზღვრო და შესაბამისი ფიზიკური პირობების შერჩევით ამ ამოცანის საფუძველზე მოდელირებულ იქნა რიგი ისეთი ანომალური პროცესებისა, როგორებიცაა:

ღრუბლისა და ნისლის ერთდროული არსებობა;

ღრუბლისა და ნისლის ურთიერთტრანსფორმაცია;

დღეღამურად “უწყვეტი” ღრუბლიანობა;

ღრუბლისა და ნისლის გაერთიანებული ვერტიკალური კომპლექსი.

დეტალურად გვაქვს შესწავლილი ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის გავლენა მეტეოპროცესებზე. სწორედ ისინი არიან პასუხისმგებელი მრავალი პროცესის ჩამოყალიბებაში. უფრო მეტიც, მათი საშუალებით **ამსფ**-ის მოდელის ფარგლებშიც კი შესაძლებელი გახდა ტროპიკულ ციკლონებსა და ტორნადოს შორის განსხვავების ახსნა.

ლოკალური პროგნოზისა და ეკოლოგიური თვალსაზრისით მეტად საინტერესო და თანამედროვე პრობლემა ნოტიო პროცესების (ნისლი, ღრუბელი) ანსამბლების მოდელირება, რადგან მათი წარმოქმნისას ადგილი აქვს კონდენსაციის ფარული სითბოს გამოყოფას, რის გამოც იცვლება ატმოსფეროს ტემპერატურული სტრატეფიკაციის მრუდი და ის იღებს “ტეხილის” ფორმას. ატმოსფეროს ტემპერატურული სტრატეფიკაციის მრუდის სწორედ ეს “კლაკნილები” ქმნიან ტემპერატურულად ინვერსიულ ფენებს, ე. წ. “ჩამჭერებს”, სადაც აკუმულირდება დამაბინძურებელი ნივთიერებები. ეს ეფექტი მნიშვნელოვნად იზრდება ნისლისა და ღრუბლის ერთდროული არსებობისას როგორც ჰორიზონტალურ, ისე ვერტიკალურ სიბრტყეში. ამ ტემპერატურულად ინვერსიული ფენების ფორმირება წარმოადგენს ღრუბელ- და ნისლფორმირების აუცილებელ თანმდევ პროცესს.

განსაკუთრებით გვინდა ხაზი გავუსვათ იმას, ამოცანის რომ ამოხსნის შედეგად გარკვეული ფიზიკური პარამეტრების შერჩევის ხარჯზე (ძირითადი ყურადღება ექცეოდა პროცესის ტურბულენტურ რეჟიმს) მოდელირებულ იქნა ნოტიო პროცესების ანსამბლი (სწორედ ეს პროცესია ეკოლოგიურად საინტერესო): ერთდროულად სამი ფენა ღრუბელი და ნისლი. ასევე ადგილი აქვს მათ ურთიერთტრანსფორმაციას.

ჩვენს მიერ შემუშავებული რიცხვითი მოდელის საშუალებით გამოკვლეულ იქნა ფონური მეტეოველების გავლენა **ამსფ**-ის თერმოჰიდროდინამიკასა, ნოტიო ველებსა და აეროზოლის კონცენტრაციაზე:

ატმოსფეროს ტემპერატურული სტრატეფიკაციის არამდგრადობა აშკარად ზრდის ფენა ღრუბლების სიმძლავრეს, მაქსიმალური წყლიანობასა და მის დონეს. ნისლის შემთხვევაში კი ამას საწინააღმდეგო ეფექტი აქვს.

ატმოსფეროს არამდგრადობა ასევე მასტიმულირებლად მოქმედებს აეროზოლის გავრცელებაზე – იზრდება დაბინძურების მასშტაბები როგორც ვერტიკალურად, ასევე ჰორიზონტალურად; იწვევს მაღლა კონცენტრაციის მაქსიმალური დონე.

ასევე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ნოტიო პროცესები დამოკიდებულია არა მარტო საკუთრივ ატმოსფეროს ტემპერატურულ სტრატეფიკაციაზე, არამედ ფონური ტემპერატურის აბსოლუტურ სიდიდეზე: რაც უფრო მცირეა იგი, მით უფრო მძლავრია ნოტიო პროცესები.

შესწავლილ იქნა ფონური ქარის გავლენა **ამსფ** –ის ველებზე. ფონურ ქარს განვიხილავდით როგორც სასაზღვრო პირობას **ამსფ**-ის გვერდით და ზედა (გეოსტროფიული ქარი) საზღვრებზე.

გვერდითი ფონური ქარის შემთხვევაში ღრუბელი და ნისლი გადაიხრება ქარის მიმართულებით და მისი სიმძლავრე სუსტდება რაც ბუნებრივია, რადგან ნოტიო პროცესების “კვება” მცირდება იმის გამო, რომ ისინი შორდებიან სითბურ “კუნძულს” .

გვერდითი ფონური ქარი “ამახინჯებს” აეროზილის “ღრუბლის” სიმეტრიულ ფორმას, დეფორმირდება აგრეთვე აეროზილის მაქსიმალური კონცენტრაციის მრუდი.

რაც შეეხება გეოსტროფიულ ქარს, ისიც ცვლის ნოტიო პროცესებისა და აეროზილის “ღრუბლის” ფორმას, ოღონდ, ძირითადად, მათ ზედა ნაწილს; ასუსტებს მათ სიმძლავრეს.

და ბოლოს, რიცხვითი მოდელირების შედეგები შედარებულ იქნა მეტეოროლოგიურ მონაცემებთან. თანხვედრა თვისებრივად დამაკმაყოფილებელია.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

**Teimuraz Davitashvili, Givi Gubelidze, Inga Samkharadze, “Prediction of Possible Points of Hydrates Origin in the Main Pipelines Under the Condition of Non-stationary Flow”, World Academy of Science, Engineering and Technology Year 7, Issue 78, July, 2011, Amsterdam, The Netherlands, pp.1069-1074.**

**Teimuraz Davitashvili, Inga Samkharadze, Givi Gubelidze, “MMATHEMATICAL MODELLING OF GAS NON-ORDINARY FLOW IN MAIN PIPELINES” Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, 2011, Vol.117, pp.162-165**

**Zurab Khvedelidze, Teimuraz Davitashvili, Inga Samkharadze, “Investigation of Powerful Disturbances Propagation in the Atmosphere by Mathematical Modeling” Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, 2011, Vol.117, pp.145-148**

**Davitashvili Teimurazi, Gubelidze Givi, Samkharadze Inga, “Leak Detection in Oil and Gas Transmission Pipelines” in Book “Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80<sup>th</sup> Anniversary of I.V.Prangishvili” Inprint Nova, USA, 2011, pp 134-139**

**David Gordeziani, Teimuraz Davitashvili, Tinatin Davitashvili, On one mathematical model of the Black Sea pollution by oil., in Book “Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80<sup>th</sup> Anniversary of I.V.Prangishvili” Inprint Nova, USA, 2011, pp 140-147**

**Davitashvili Teimuraz, Gordeziani David, Samkharadze Inga, Numerical Modeling of Oil Infiltration into The Soil for Risk Assessment., in Book “Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80<sup>th</sup> Anniversary of I.V.Prangishvili” Inprint Nova, USA, 2011, pp 154-161**

**სამომავლო გეგმები:** მომავალი ეკოლოგიური საფრთხის შესწავლა მათემატიკური მოდელირებით.

2011 წელს დასრულებული გრანტების/სახელშეკრულებო თემების ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების ანგარიში

**გრანტის სათაური:** ნავთობისა და გაზის მილსადენებზე ექსტრემალური ავარიებისა და გარემოს შესაძლო გაჭუჭყიანების რისკ ფაქტორების შეფასება მათემატიკური მოდელირებით

ვადები: 2010-2011

ბიუჯეტი: 90255 ლარი

შემსრულებლები: ფ.მ.მ.დ./ პროფ. დავით გორდეზიანი [სამეცნიერო ხელმძღვანელი]; ფ.მ.მ.დ./ პროფ. თეიმურაზ დავითაშვილი (მენეჯერი);

ფ.მ.მ.ა.დ. გიორგი გელაძე,

ფ.მ.მ.ა.დ არჩილ პაუკაშვილი;

თსუ-ის დოქტორანტი ინგა სამხარაძე;

თსუ-ის ასისტენტ პროფესორი თინათინ დავითაშვილი



ოსუ-ის დოქტორანტი ნანა დიხამინჯია  
ოსუ-ის უფროსი ლაბორანტი მერი შარიკაძე

**დამფინანსებელი (დონორი ორგანიზაცია, ფონდი):** შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი

**სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების მოკლე ანგარიში:**

ამჟამად, ევრო-კავშირის მიერ სხვა პარტნიორ-ქვეყნებთან ერთად აქტიურად მიმდინარეობს მუშაობა იმ პროექტებზე რომლებიც მიზნად ისახავენ ევროპის, კავკასიის და აზიის დამაკავშირებელი ახალი აბრეშუმის გზის (TRACECA) კვლავ აღორძინებას. ცენტრალურ აზიასა და შავ ზღვას შორის დამაკავშირებელ სატრანსპორტო ქსელების განვითარებას საკითხში საქართველო, თავისი გეოპოლიტიკური პოზიციის გამო, განიხილება როგორც ამ პროგრამის ერთ-ერთი აქტიური წევრი. ნავთობპროდუქტების ტრანზიტის მნიშვნელოვან პოლიტიკურ და ეკონომიკურ მოგებასთან ერთად დიდ ზარალს აყენებს ქვეყნების ეკოლოგიურ მდგომარეობას. ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირება იწვევს გარემოს გაჭუჭყიანებას როგორც ორდინარულ ასევე არაორდინალურ პირობებში. არაორდინალურ პირობებს შეიძლება მიაკუთვნოთ ისეთი შემთხვევები როგორც არის გაუთვალისწინებელი ავარიები ნავთობსადენზე, ტერორისტული თავდასხმები, ბუნებრივი კატაკლიზმები(მიწისძვრები, ღვარცოფები, ზვავები) და სხვა. ორივე შემთხვევაში უარესდება გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობა, როგორც ავარიის რაიონში, ასევე მეზობელ რეგიონებში. პროექტის ფარგლებში საანგარიშო წელს შევისწავლეთ საქართველოსთვის მეტად აქტუალური პრობლემა-ნავთობისა და გაზის მილსადენებზე ექსტრემალური ავარიებისა და გარემოს შესაძლო გაჭუჭყიანების რისკ ფაქტორების შესწავლა მათემატიკური მოდელირებით, მათი შემამსუბუქებელი ზომებისა და მეთოდების შემუშავების მიზნით. კერძოდ: გაუმჯობესდა და დაიხვეწა არსებული მათემატიკური და რიცხვითი მოდელები, რომლებიც აღწერენ ნიადაგში ნავთობის ფილტრაციის პროცესს ნავთობსადენებზე ავარიის შემთხვევაში; განისაზღვრა მანვნივთიერებათა სივრცულ-დროითი განაწილება ნიადაგში ნავთობსადენების გასწვრივ არსებული ძირითად ნიადაგთა ტიპებისათვის; შესწავლილ იქნა მეთოდი რომელიც საშუალებას გვაძლევს აღმოვაჩინოთ მილსადენის დაზიანება უმცირეს დროის პერიოდში და დაღვრისა და გაჟონვის ადგილმდებარეობა; შემუშავდება თეორია რომლის საშუალებით შესწავლილ იქნა ბზარებით შესუსტებული შედგენილი სხეულებისათვის დრეკადობის თეორიის ანტიბრტყელი ამოცანების ამოხსნა. კერძოდ შესწავლილი იქნა ამონახსნის ყოფაქცევის საკითხები ბზარის ბოლოების მახლობლობაში. გამოწერილი იქნა მიახლოებითი ამოხსნის ზოგადი სქემა კოლოკაციისა და სპექტრალური მეთოდების გამოყენებით. შედგენილია შესაბამისი რიცხვითი ალგორითმები. შესწავლილი იქნა ზღვაში დაჭვრილი ნავთობის გავრცელების ამოცანა მათემატიკური მოდელირებით.

**გამოქვეყნებული პუბლიკაციები/მონოგრაფიები:**

**Teimuraz Davitashvili, Givi Gubelidze, Inga Samkharadze, "Prediction of Possible Points of Hydrates Origin in the Main Pipelines Under the Condition of Non-stationary Flow", World Academy of Science, Engineering and Technology Year 7, Issue 78, July, 2011, Amsterdam, The Netherlands, pp.1069-1074.**

**Teimuraz Davitashvili, Inga Samkharadze, Givi Gubelidze, "MATHEMATICAL MODELLING OF GAS NON-ORDINARY FLOW IN MAIN PIPELINES" Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, 2011, Vol.117, pp.162-165**

**Zurab Khvedelidze, Teimuraz Davitashvili, Inga Samkharadze, "Investigation of Powerful Disturbances Propagation in the Atmosphere by Mathematical Modeling" Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, 2011, Vol.117, pp.145-148**

**Davitashvili Teimurazi, Gubelidze Givi, Samkharadze Inga, "Leak Detection in Oil and Gas Transmission Pipelines" in Book "Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80<sup>th</sup> Anniversary of I.V.Prangishvili" Inprint Nova, USA, 2011, pp 134-139**

**David Gordeziani, Teimuraz Davitashvili, Tinatin Davitashvili**, On one mathematical model of the Black Sea pollution by oil., in Book "Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80<sup>th</sup> Anniversary of I.V.Prangishvili" Inprint Nova, USA, 2011, pp 140-147

**Davitashvili Teimuraz, Gordeziani David, Samkharadze Inga**, Numerical Modeling of Oil Infiltration into The Soil for Risk Assessment., in Book "Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80<sup>th</sup> Anniversary of I.V.Prangishvili" Inprint Nova, USA, 2011, pp 154-161

**ა) მოხსენებები კონფერენციებზე და სემინარებზე**

**Teimuraz Davitashvili, G. Gubelidze, D. Gordeziani, A. Papukashvili** (Georgia). Mathematical modelling of liquid phase origination in the main gas pipelines, II ANNUAL MEETING OF THE GEORGIAN MECHANICAL UNION, Dedicated to 105th Birthday Anniversary of Ilia Vekua, Tbilisi, Georgia, 15-17 December, 2011

**Ekaterine Gordeziani, D. Gordeziani, T. Davitashvili, A. Papukashvili** (Georgia). On Realization of One Nonlinear Mathematical Model by the P/C., II ANNUAL MEETING OF THE GEORGIAN MECHANICAL UNION, Dedicated to 105th Birthday Anniversary of Ilia Vekua, Tbilisi, Georgia, 15-17 December, 2011

**Archil Papukashvili, T. Davitashvili, D. Gordeziani, G. Kurdghelashvili, G. Manelidze, M. Sharikadze**(Georgia). About Methods of Approximate Solutions for Composite Bodies Weakened by Cracks in the Case of Anti-plane Problems of Elasticity Theory, II ANNUAL MEETING OF THE GEORGIAN MECHANICAL UNION, Dedicated to 105th Birthday Anniversary of Ilia Vekua, Tbilisi, Georgia, 15-17 December, 2011

**T.P.Davitashvili, G.Gubelidze, D.Gordeziani, T.D.Davitashvili, A. Papukashvili**, Mathematical Modelling of Liquid Phase Detection in the Main Gas Pipelines. International conference on Mathematical Modelling of Environment Pollution Problems and Assessment of Risk Factors, Tbilisi, Georgia, 14-15 December, 2011

**D. Gordeziani, E. Gordeziani, T.P. Davitashvili, A. Papukashvili**, On One Non-linear Mathematical model and Results of Numerical Calculations. International conference on Mathematical Modelling of Environment Pollution Problems and Assessment of Risk Factors, Tbilisi, Georgia, 14-15 December, 2011

**N. Dikhaminjia, T. Davitashvili, M. Tsiklauri, J. Rogava**, One Implicit difference scheme for approximate solution of the problem of oil infiltration into soil, International conference on Mathematical Modelling of Environment Pollution Problems and Assessment of Risk Factors, Tbilisi, Georgia, 14-15 December, 2011

**T.D.Davitashvili, D.Gordeziani, T.P.Davitashvili**, On one numerical algorithm for solution of non-local in space initial-value problems for two-dimensional parabolic equation describing oil propagation in the seas, International conference on Mathematical Modelling of Environment Pollution Problems and Assessment of Risk Factors, Tbilisi, Georgia, 14-15 December, 2011

**D. Gordeziani, E. Gordeziani, T. Davitashvili, A. Papukashvili**, On Numerical Solution of Liquid Infiltration in Porous Soils. International conference on Mathematical Modelling of Environment Pollution Problems and Assessment of Risk Factors, Tbilisi, Georgia, 14-15 December, 2011

**A. Papukashvili, D. Gordeziani, T.P. Davitashvili, M. Sharikadze, G. Manelidze**, One Approximate Method of Elasticity Theory for Solution Some Problems of Oil and Gas Terminals Contained Cracks. International conference on Mathematical Modelling of Environment Pollution Problems and Assessment of Risk Factors, Tbilisi, Georgia, 14-15 December, 2011

**T.P. Davitashvili, G. Gubelidze, I. Samkharadze, A. Papukashvili** - Mathematical modeling of leak detection in branched main gas pipelines. International conference on Mathematical Modelling of Environment Pollution Problems and Assessment of Risk Factors, Tbilisi, Georgia, 14-15 December, 2011

**Teimuraz Davitashvili**, Atmosphere pollution problems in urban areas on the territory of Georgia NATO ARW on "Disposal of Dangerous Chemicals in Urban Areas and Mega Cities", Gdansk, Poland, 9-13 October 2011.

**Teimuraz Davitashvili**, Mathematical Modelling and Prediction of Hazardous Events Over the Territory of Georgia, NATO ARW on "Correlation between Human Factors and the Prevention of Catastrophes", Dnepropetrovsk, Ukraine, 12-15 September 2011.

**Teimuraz Davitashvili, Givi Gubelidze, David Gordeziani, Archil Papukashvili, Tinatin Davitashvili, Meri. Sharikadze** "On Modelling of Liquid-phase Formation in Gas Pipelines for Non-Stationary Flows" International Conference on "CONTINUUM MECHANICS AND RELATED PROBLEMS OF ANALYSIS" dedicated to the 70th

anniversary of the Georgian National Academy of Sciences and the 120th birthday anniversary of its first President, Academician N. Muskhelishvili, September 9-14, 2011, Tbilisi, Georgia

**Archil Papukashvili, Teimuraz Davitashvili, Meri Sharikadze, Georgi Kurdgelashvili,** “An Approximate Solution of One System of the Singular Integral Equations by Collocation Method” International Conference on “CONTINUUM MECHANICS AND RELATED PROBLEMS OF ANALYSIS” dedicated to the 70th anniversary of the Georgian National Academy of Sciences and the 120th birthday anniversary of its first President, Academician N. Muskhelishvili, September 9-14, 2011, Tbilisi, Georgia.

*Teimuraz Davitashvili, Givi Gubelidze, Archil Papukashvili, Inga Samkharadze, Tinatin Davitashvili, Mathematical Modelling Of Hydrates Origin in the Gas Pipelines, Georgian Mathematics II International Conference, 15-19 September, Batumi, 2011*

**Teimuraz Davitashvili, Demuri Demetrashvili, Archil Papukashvili, David Gordeziani, Meri Sharikadze,** Numerical modeling of spreading of oil pollution in the Georgian Black Sea coastal zone, Georgian Mathematics II International Conference, 15-19 September, Batumi, 2011

*Teimuraz Davitashvili, Nana Dikhaminjia, Jemal Rogava, Mikhail Tsiklauri, Numerical Investigation of Spilled Oil Spreading Into Soil for Underground Water Pollution Risk Assessment, Georgian Mathematics II International Conference, 15-19 September, Batumi, 2011*

**Teimuraz Davitashvili,** On Modelling of Undersurface Waters Possible Pollution by Oil as a Result of Pipelines and Terminals Damage, XVIII INQUA Congress Bern 21-27 July 2011, [www.inqua2011.ch](http://www.inqua2011.ch)

**Teimuraz Davitashvili,** Climate Change Impact on Water Resources for Some regions of Georgia, XVIII INQUA Congress Bern 21-27 July 2011, [www.inqua2011.ch](http://www.inqua2011.ch)

**Teimuraz Davitashvili, Givi Gubelidze, Inga Samkharadze** Prediction of Possible Points of Hydrates Origin in the Main Pipelines Under the Condition of Non-stationary Flow, International Conference on Oil, Gas and Petrochemical Engineering, 13-15 July, 2011, Amsterdam, Netherlands

**Teimuraz Davitashvili, Inga Samkharadze,** “MATHEMATICAL MODELLING OF GAS NON-ORDINARY FLOW IN MAIN PIPELINES” International Scientific-Technical Conference on “ACTUAL PROBLEMS OF HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY” dedicated to the 90th birthday anniversary of Academician Givi Svanidze, September 27-29, 2011, Tbilisi, Georgia

Zurab Khvedelidze, **Teimuraz Davitashvili, Inga Samkharadze,** “Investigation of Powerful Disturbances Propagation in the Atmosphere by Mathematical Modeling” International Scientific-Technical Conference on “ACTUAL PROBLEMS OF HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY” dedicated to the 90th birthday anniversary of Academician Givi Svanidze, September 27-29, 2011, Tbilisi, Georgia .

**დავით გორდეზიანი, თეიმურაზ დავითაშვილი** “ ასიმეტრიული სხვაობიანი სქემებისა და მათი გამოყენების შესახებ ” ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ი.ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარი, 12 ოქტომბერი, 2011

**დავით გორდეზიანი, თეიმურაზ დავითაშვილი** “ ასიმეტრიული სხვაობიანი სქემებისა და მათი გამოყენების შესახებ (გაგრძელება) ” ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ი.ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარი, 16 ნოემბერი, 2011

**დავით გორდეზიანი, თეიმურაზ დავითაშვილი, თინათინ დავითაშვილი,** “დროით არალოკალური ამოცანები მათემატიკური ფიზიკის განტოლებებისათვის” ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ი.ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარი, 8 ივნისი, 2011

**თ.დავითაშვილი, ზ.ხვედელიძე, ი.სამხარაძე, ნ.ზოტიკიშვილი** “ორგრაფიის გავლენა ატმოსფერული შემფოთებების ადვექციურ გავრცელებაზე” საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიურ ინსტიტუტის მისის 58-ე სამეცნიერო სესია 2011წ. 30 მაისი.

**თ.დავითაშვილი, ი.სამხარაძე**, “მილსადენებში გაზური დინამიკის ერთი ამოცანის შესახებ” საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიურ ინსტიტუტის მისის 58-ე სამეცნიერო სესია 2011წ. 30 მაისი.

**Teimuraz Davitashvili**, Ramaz Kvatadze, Nato Kutaladze, Weather Prediction Over Caucasus Region Using WRF-ARW Model, MIPRO Conferences , 23-27 May, 2011, Opatija, Croatia,

**Teimuraz Davitashvili**, Assessment of risk factors of emergency cases at oil and gas pipelines and possible pollution of environment by means of mathematical modelling, International Conference “The way forward for the information society in the Eastern Europe and South Caucasus Countries: Priorities and Challenges”, 16-17 June 2011, Tbilisi, Georgia

**Teimuraz Davitashvili, Inga Samkharadze, Meri. Sharikadze** On one two dimensional modell of oil infiltration into soil for city condition, *Enlarged Session of the Seminar of I. Vekua Institute of Applied Mathematics, 20 April, 2011, Tbilisi, Georgia*

**Teimuraz Davitashvili, Givi Gubelidze, Inga Samkharadze** On one model of condencant origination amd determination of its placement, , *Enlarged Session of the Seminar of I. Vekua Institute of Applied Mathematics, 20 April, 2011, Tbilisi, Georgia*

**Archil Papukashvili, T. Davitashvili, D. Gordeziani, G. Kurdghelashvili, G. Manelidze, M. Sharikadze** (Georgia). About Methods of Approximate Solutions for Composite Bodies Weakened by Cracks in the Case of Anti-plane Problems of Elasticity Theory II Annual Meeting of the Georgian Mechanical Union, Dedicated to 105th Birthday Anniversary of Ilia Vekua, 15-17 November, 2011, Tbilisi, Georgia

**Teimuraz Davitashvili, Demuri Demetrashvili, Archil Papukashvili, David Gordeziani, Meri Sharikadze**, II Annual Meeting of the Georgian Mechanical Union ,Dedicated to 105th Birthday Anniversary of Ilia Vekua, 15-17 November, 2011, Tbilisi, Georgia

**Temur Davitashvili, Givi. Gubelidze, David. Gordeziani, Aechil.Papukashvili** (Georgia). Mathematical modelling of liquid phase origination in the main gas pipelines, II Annual Meeting of the Georgian Mechanical Union ,Dedicated to 105th Birthday Anniversary of Ilia Vekua, 15-17 November, 2011, Tbilisi, Georgia

**Ekaterine Gordeziani, David. Gordeziani, Teimuraz. Davitashvili, Archil. Papukashvili** (Georgia). On Realization of One Nonlinear Mathematical Model by the P/C. II Annual Meeting of the Georgian Mechanical Union ,Dedicated to 105th Birthday Anniversary of Ilia Vekua, 15-17 November, 2011, Tbilisi, Georgia

**გამოყენებითი ლოგიკისა და პროგრამირების ლაბორატორია**თბილისი; უნივერსიტეტის ქ.#2. ტელ: 2 30 35 81; Email: [khimuri.rukhaia@viam.sci.tsu.ge](mailto:khimuri.rukhaia@viam.sci.tsu.ge)**სამეცნიერო მიმართულება:** გამოყენებითი ლოგიკა; თეორემათა ავტომატური მტკიცება**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ხიმური რუხაია (ხელმძღვანელი); ლალი ტიბუა(შემსრულებელი)**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):**

2006-2009 წწ. ვასრულებდით INTAS-ის მიერ დაფინანსებულ თემას: „ Practical formal verification using automated reasoning and model checking.”-ის T2.1:V1:Logic aspects of program verification and synthesis” –ის ქვეთემას. მის ბუნებრივ გაგრძელებას წარმოადგენენ ის ქვემოთ მოცემული სამი თემა, რომელიც წარდგენილი გვაქვს რუსთაველის სამეცნიერო ფონდში.

**თემა 1: შეზღუდვებიანი ლოგიკური პროგრამირება ურანგო ტერმებზე და მათ მიმდევრობებზე აღწერის ოპერატორები****თემის აქტუალობა და მიზნები:**

პროექტის მიზანია გადაწყვეტადობის და ამოხსნის პროცედურების აგება შეზღუდვებისთვის ურანგო ტერმებსა და მათ მიმდევრობებზე და ამ პროცედურების ჩართვა შეზღუდვებიანი ლოგიკური პროგრამირების ზოგად ჩარჩოში.

ურანგო ტერმები ურანგო ფუნქციონალური სიმბოლოების მეშვეობით აიგება. ამ სიმბოლოებს არ აქვთ ფიქსირებული ადგილიანობა. ეს ნიშნავს, რომ ტერმში ერთი და იმავე სიმბოლოს სხვადასხვა შემოსვლას შეიძლება არგუმენტების სხვადასხვა რაოდენობა ჰქონდეს.

ურანგო ფუნქციონალური სიმბოლოების გარდა, ტერმები შეიძლება შეიცავდნენ პირველი და მეორე რიგის ცვლადებს. პირველი რიგის ცვლადებია ტერმების და მიმდევრობების ცვლადები. მეორე რიგის ცვლადებია ფუნქციონალური და კონტექსტების ცვლადები. ჩასმები

ცვლადებს შესაბამის სტრუქტურებზე ასახავენ: ტერმების ცვლადი აისახება ერთ ტერმზე, მიმდევრობის ცვლადი -- მიმდევრობის ცვლადების და ტერმების მიმდევრობაზე, ფუნქციონალური ცვლადი -- ფუნქციონალურ ცვლადზე ან სიმბოლოზე, კონტექსტის ცვლადი კონტექსტზე. ეს უკანასკნელი ტერმია, რომელშიც სპეციალური სიმბოლო, სახელად ხვრელი, მხოლოდ ერთხელ შემოდის.

ურანგო ტერმები და მათი მიმდევრობები ბოლო წლებში პოპულარული გახდა მათი გამოყენების საინტერესო სფეროების გამო: ისინი მოდელირებას უკეთებენ XML მონაცემებს და დოკუმენტებს, პროგრამების სქემებს, ამბიენტებს, მრავალარხიანი რეკურსიული პროგრამების

კონფიგურაციებს შემოუსაზღვრელი პარალელური პროცესებით, ცვლადადგილიან პროცედურებს პროგრამირების ენებში და სხვ. ისინი გვხვდებიან ასევე გადაწერაში, ცოდნის წარმოდგენაში, პროგრამების ანალიზის და გარდაქმნის დროს. ამიტომ მათი ჩართვა შეზღუდვებიანი

ლოგიკური პროგრამირების ჩარჩოში საინტერესო და სასარგებლო გაფართოებას მოგვცემს.

განაცხადში განხილული ენის კიდევ ერთი განსაკუთრებული მახასიათებელია ის, რომ ტერმებში დაიშვება განსაზღვრული და განუსაზღვრელი აღწერის ოპერატორები რასელის იოტა და ბურბაკის ტაუ (რომელიც ჰილბერტის ეფსილონის სახელითაცაა ცნობილი). ეკვაციონალური ატომი არის ტერმების ტოლობა. მიკუთვნების ატომი შემოფარგლავს მიმდევრობის და კონტექსტის ცვლადების შესაძლო

მნიშვნელობების სიმრავლეს, შესაბამისად, მიმდევრობების რეგულარული ენით და კონტექსტების რეგულარული ენით. შეზღუდვები აიგება

ეკვაციონალური და მიკუთვნების ატომებიდან უარყოფის, დიზიუნქციის და კონიუნქციის მეშვეობით.

შეზღუდვებში შემომავალი ის ტერმები, რომლებიც აღწერის ოპერატორებს შეიცავენ, რთულ შეზღუდვას კომპაქტურად ჩაწერენ და ხშირად საშუალებას იძლევიან ავერიდოთ უსარგებლო გამოყვანებს თუ გამოთვლებს.

ამგვარად განსაზღვრული შეზღუდვების ენა მოქნილი და გამომსახველობითია, მაგრამ მისი გამომსახველობითი ძალა უნდა შეიზღუდოს, რათა გამოთვლების ეფექტურად ჩატარების საშუალება გვქონდეს.

პროექტის ამოცანა იპოვოს შეზღუდვების ისეთი სინტაქსური ფრაგმენტები, რომლებიც, ერთი მხრივ, საკმაოდ გამოსახველობითი არიან და, მეორე მხრივ, უშვებენ გადაწყვეტის და ამოხსნის ეფექტურ პროცედურებს. ამ ფრაგმენტებისთვის იგეგმება გადაწყვეტადობის და ამოხსნის ალგორითმების აგება, მათი თვისებების (გაჩერება, კორექტულობა, სისრულე) დამტკიცება და იმპლემენტაცია.

კვლევის მეორე მიმართულება ეხება პროგრამების კლაუზების და მიზნების ისეთი ფორმების მონახვას, რომლებიც გარანტიას იძლევიან, რომ გამოყვანის პროცესში მხოლოდ გადაწყვეტადი და სასრულად ამოხსნადი შეზღუდვები წარმოიშობა.

პროექტის მოსალოდნელ შედეგებს ორგვარი მნიშვნელობა ექნება. პირველი, ისინი გააფართოებენ შეზღუდვების ამოხსნების არსებულ ფორმალიზმებს შეზღუდვების ახალი, ფართო კლასის შემოტანით და მისთვის გადაწყვეტის და ამოხსნის მეთოდების აგებით. მეორე, ისინი განავრცობენ შეზღუდვებიანი ლოგიკური პროგრამირების გამოყენების სფეროს იმ არეებზე, რომელთა მოდელირება ურანგო ტერმებით და მათი მიმდევრობებით აბსტრაგირებას მოითხოვს.

## **თემა 2: ინტერაქტიური პროგრამული ინსტრუმენტის დამუშავება კომბინატორული ოპტიმიზაციის მოდელების კონტენერებში შეფუთვის ერთ განზომილებიან ამოცანათა კლასისათვის**

### **თემის აქტუალობა და მიზნები:**

ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნება 22 კომბინატორული მოდელის ამოხსნის დისტანციური პროგრამული ინსტრუმენტი, რომლებიც სემანტიკურად ახლოს არის კონტენერებში შეფუთვის ერთგანზომილებიან ცნობილ ამოცანებთან. ყველა მოდელს გააჩნია სხვადასხვა სფეროში პრაქტიკული გამოყენება. პრობლემის ზოგადი აღწერა შემდეგია: მოცემულია საგანთა სიმრავლე, ჩვენ გვინდა ამ სიმრავლის დაყოფა წინასწარ მოცემული თვისებების მქონე არაგადამკვეთ ქვესიმრავლეებად. ყველა ქვესიმრავლე დამოუკიდებელია და მათში საგანთა თანმიმდევრობა ნებისმიერია. ამჟამად ჩვენ გაგვაჩნია C + 2008- ზე შედგენილი ავტონომიური პროგრამული ინსტრუმენტი. ჩვენი პროექტის მიზანია მომხმარებელს მივაწოდოთ მოსახერხებელი ინსტრუმენტი შეფუთვის მათი ამოცანების ამოსახსნელად. ინსტრუმენტი იძლევა რამდენიმე მნიშვნელოვან შედეგს, რომელთაგან გამოვყოფთ ორ მთავარს, ესენია: საუკეთესო მიახლოებითი ამონახსნისა და მიზნობრივი ფუნქციის საუკეთესო საზღვრის პოვნა, რომელთაც ჩვენი ინსტრუმენტი გასცემს დროის მოცემული ლიმიტის ფარგლებში. მოძებნილი საზღვრებით ჩვენ შეგვიძლია მიახლოებითი ამონახსნების ხარისხის შეფასება, როგორც ოპტიმალურ ამონახსნთან ახლოს მდგომისა. პროგრამული ინსტრუმენტი შედეგადად ოთხი ნაწილისაგან: 1. მომხმარებლის ინტერფეისი. 2. ამომხსნელი. 3. ინტერაქტიული შეფუთვა. 4. ინტელექტუალური თამაშები (12 თამაში). "მომხმარებლის ინტერფეისი" გამოიყენება საწყისი მონაცემების შეტანისათვის. ინსტრუმენტის მთავარ ნაწილს წარმოადგენს- "ამომხსნელი", რომელიც იძლევა შესაძლებლობას რათა მოხდეს მიახლოებითი ამონახსნისა და მიზნობრივი ფუნქციების საზღვრების მოძიება დროის მოცემულ ლიმიტში; ამონახსნის მოპოვების პროცესის დანახვა გრაფიკულ რეჟიმში; მიახლოებითი ამონახსნების გენერირების ქრონოლოგიის თვალყური და ა.შ. "ინტერაქტიურ შეფუთვას" შეუძლია იპოვოს ამონახსნები მოცემული თვისებებით. რადგან ჩვენს ინსტრუმენტს შეეძლება იპოვოს ამონახსნები თითოეული ქვესიმრავლისათვის საგანთა ნებისმიერი თანმიმდევრობისას, მომხმარებელს შესაძლებლობა აქვს განსაზღვროს თავისი ამოცანისათვის საგანთა თანმიმდევრობა. ინტერაქტიური შეფუთვა სრულდება ხელით რეჟიმში ნაბიჯ-ნაბიჯ და თითოეულ ნაბიჯზე ნებისმიერი პოზიცია წარმოადგენს კერძო ამონახსნს. პროგრამული ინსტრუმენტი შეაფასებს მიმდინარე ამონახსნს დროის გარკვეულ ინტერვალში (თუ მითითებული არ არის ეს ლიმიტი 0,5 წამია) და შესაძლებელი იქნება პასუხის მოძიება პროცესის გაგრძელებისათვის. ჩვენ გთავაზობთ ინტელექტუალურ თამაშებს, რომლებსაც შეუძლიათ სიამოვნება მიანიჭონ მომხმარებელს. თამაშები სასარგებლო იქნება

ნებისმიერი ასაკის ბავშვისათვის, მათი ინტელექტის განვითარებისათვის. ავტონომიური პროგრამული ინსტრუმენტი დემონსტრირებული იქნა 2010 წლის ავტონომიური პროგრამული ინსტრუმენტი დემონსტრირებული იქნა 2010 წლის ავტონომიური პროგრამული ინსტრუმენტი დემონსტრირებული იქნა 2010 წლის 22 თებერვალს ქ. ვენაში (ავსტრია) საერთაშორისო სიმპოზიუმზე EU/ME 2011. ჩვენი მუშაობის შემდეგ ლოგიკურ ნაბიჯს წარმოადგენს ინტერაქტიური სერვისის შექმნა, რათა აღვჭურვოთ ჩვეულებრივი მომხმარებელი მოსახერხებელი ინსტრუმენტით შეფუთვის თავისი ამოცანების გადასაწყვეტად.

### თემა 3: თეორემათა ავტომატური მტკიცების ლოგიკური მეთოდების ძიება-სრულყოფა და მათი რეალიზაცია

#### თემის აქტუალობა და მიზნები:

XX საუკუნის ბოლო ოცდაათი წელი ინტენსიურად მიმდინარეობდა თეორემათა ავტომატური მტკიცების მეთოდების შემუშავება. მიღებულ იქნა მრავალი საინტერესო შედეგი. მაგრამ კვლავ ღიად რჩება ძირითადი საკითხი - თეორემათა ავტომატური მტკიცების ეფექტური პროცედურების ძიება. ამ მიმართულებით მიღებული როგორც თეორიული, ასევე პრაქტიკული ხასიათის ყოველი შედეგი ძლიერ მნიშვნელოვანია თეორემათა ავტომატური მტკიცების თეორიის განვითარებისათვის. ამ საკითხებთან დაკავშირებული კვლევა ძირითადად მიმდინარეობს ორი მიმართულებით:

ა) პრობლემის მარტივად წარმოდგენა, რომელიც მიიღწევა ლოგიკური ენის სრულყოფით.

ბ) მტკიცების ეფექტური მეთოდების ძიება - რეალიზაცია. ახალი ხედვა (ცოდნა), რომელიც მოსალოდნელია მივიღოთ პროექტის განხორციელების ფარგლებში, მდგომარეობს იმაში, რომ :

1) მოხდება ფორმალური ენების შემდგომი სრულყოფა იმ მიზნით, რომ შეიქმნას ამოცანათა წარმოდგენის კარგი ლოგიკური ბაზა.

2) შემუშავდება ავტომატური გამოყვანის მეთოდები მიმდევრობის ცვლადებიან ურანგო თეორიებში, რომელიც შექმნის ფუნდამენტურ ბაზის ურანგო თეორიებში ავტომატური მსჯელობის პრაქტიკულად გამოსადეგი და თეორიულად მყარი მეთოდის (ან მეთოდების) შექმნისათვის.

3) მოიძებნება ამოცანათა ამოხსნის გარკვეული აზრით, რაციონალური ალგორითმები და მოხდება მათი კომპიუტერული რეალიზაციები.

4) შეიქმნება პროგრამული ბირთვი, რომელიც დაკავშირებული იქნება მონაცემთა ბაზასთან (ამ შემთხვევაში SQ L Server, შესაძლებელია სხვა მონაცემთა ბაზები). ბაზაში იქნება შექმნილი სპეციალური ცხრილები, რომლებიდანაც შესაძლებელი იქნება კლიენტის მხარეს სრული გრაფიკული ინტერფეისის შექმნა, დასმული კონკრეტული ამოცანის შესაბამისად. სისტემა განკუთვნილი იქნება კონკრეტული პროექტების შესაქმნელად. სადაც იქმნება მხოლოდ ახალი მონაცემთა ბაზა, პროგრამული ბირთვი კი უცვლელი რჩება.

5) მოხდება თეორემათა ავტომატური მტკიცებისათვის არსებული ალგორითმებისა და პროგრამების შემდგომი სრულყოფა - ისინი გადაიწერება პროგრამირების ენა „სკალაზე“ და დაემატება მომხმარებლის გრაფიკული ინტერფეისი რომ მივიღოთ უნივერსალური პროგრამა, რომელიც იქნება ოპერაციული სისტემისაგან დამოუკიდებელი.

მიღებული შედეგები რასაკვირველია, მნიშვნელოვან გავლენას იქონიებს დარგის განვითარებისა და პერსპექტივის საკითხებში

#### კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

მოვახდინეთ ბურბაკის  $\mathcal{T}$ -ოპერატორის მოდიფიკაცია ხელოვნური ენებისათვის;  $M\mathcal{T}SR$ -ენის შემდგომ სრულყოფას მივაღწიეთ  $\mathcal{T}$  - ოპერატორის მოდიფიკაციით იმ აზრით, რომ მის ოპერატორულ

ასოდ დავუშვით  $M\mathcal{T}SR$ -ენის მეტაცვლადები თერმებისათვის.  $\mathcal{T}_r$  კვანტორით განისაზღვრა  $\exists T$  - არსებობისა და  $\forall T$  -ზოგადობის კვანტორები და დადგინდა მათი ზოგიერთი თვისება.

#### კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. Rukhaia Kh; Tibua L.; **Tool of Finding the Bounds of Objective Functions for a Class of one-dimensional Bin Packing Problems** ; EU/MEeting 2011 in Vienna,Austria; february21-22

2. ხ. რუხაია, ლ. ტიბუა; ბურბაკის  $\mathcal{T}$  - ოპერატორის მოდიფიკაცია ხელოვნური ენებისათვის; II International Conference book of abstracts; Batumi; September 15-19, 2011;

კონფერენციებში მონაწილეობა:

1. Rukhaia Kh; Tibua L.; **Tool of Finding the Bounds of Objective Functions for a Class of one-dimensional Bin Packing Problems** ; EU/MEeting 2011 in Vienna, Austria; february 21-22
2. ხ. რუხაია, ლ. ტიბუა; ბურბაკის  $\mathcal{T}$  - ოპერატორის მოდიფიკაცია ხელოვნური ენებისათვის; II International Conference; Batumi; September 15-19, 2011;

მონაწილეობა მივიღეთ სტუდენტთა ვენა-თბილისის საერთაშორისო საზაფხულო სკოლა ლოგიკასა და ენაში ორგანიზებაში (ვიყავით საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი)

<http://www.logic.at/tbilisi11/> და საერთაშორისო კონფერენცია -International Symposium „Language, Logic, Computation“-ის ორგანიზებაში, რომელიც შედგა ქუთაისში 2011წ სექტემბერში.



## მათემატიკის ლაბორატორია

ოსუ მე-11 კორპუსი, ოთახი #335, ტელ.: 230 35 70; ელ-ფოსტა: [v.kvaratskhelia@yahoo.com](mailto:v.kvaratskhelia@yahoo.com)

სამეცნიერო მიმართულება: ნამდვილი და სტოქასტური ანალიზი

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:

ხელმძღვანელი - ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი ვახტანგ კვარაცხელია;

უფროსი ლაბორანტი - ნორა კვეკელია.

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

გადანაცვლების თეორემა უსასრულოგანზომილებიან სივრცეებში. დანჟუა-ლუზინის სისტემა. სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტები ჰილბერტის სივრცეში

## 5. კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები:

საანგარიშო წელს სამეცნიერო კვლევა წარიმართა რამდენიმე მიმართულებით. მიმოვიხილოთ თითოეული მათგანის აქტუალობა და მიზანი.

ა) შემდეგი დებულება სამეცნიერო ლიტერატურაში ცნობილია „გადანაცვლების თეორემის“ სახელწოდებით და წარმოადგენს ლევი-შტეინინის ცნობილი თეორემის შტეინინისეული დამტკიცების არსებით ნაწილს.

**თეორემა 1.** ვთქვათ  $X$  სასრულოგანზომილებიანი ნამდვილი ბანახის სივრცეა და  $(x_k)$  არის  $X$ -ის ელემენტთა მიმდევრობა,  $S_n = \sum_{k=1}^n x_k, n \in \mathbb{N}$ , და  $S \in X$ . თუ  $(S_n)$ -ის რაიმე  $(S_{k_n})$  ქვემიმდევრობა კრებადია  $X$ -ში  $S$ -საკენ და მიმდევრობა  $(x_k)$  მიისწრაფვის ნულისაკენ, მაშინ არსებობს ნატურალურ რიცხვთა გადანაცვლება  $\pi : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$  ისეთი, რომ  $\sum_{k=1}^{\infty} x_{\pi(k)} = S$ .

ამ თეორემის პირველ უსასრულოგანზომილებიან განზოგადებას წარმოადგენს შემდეგი

**თეორემა 2** [M.I. Kadets. On conditionally convergent series in  $L_p$ . Uspekhi Mat. Nauk, 9:1 (1954), 107-109].  
ვთქვათ  $1 < q < \infty, X = L_q, r = \min(2, q)$ , და  $(x_k)$  არის  $X$ -ის ელემენტთა მიმდევრობა,

$S_n = \sum_{k=1}^n x_k, n \in \mathbb{N}$ , და  $S \in X$ . თუ  $(S_n)$ -ის რაიმე  $(S_{k_n})$  ქვემიმდევრობა კრებადია  $X$ -ში  $S$ -საკენ და  $\sum_{k=1}^{\infty} \|x_k\|^r < \infty$ , მაშინ არსებობს ნატურალურ რიცხვთა გადანაცვლება  $\pi : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$  ისეთი, რომ  $\sum_{k=1}^{\infty} x_{\pi(k)} = S$ .

მოგვიანებით  $X = L_2$  სივრცის შემთხვევაში თეორემა 3 ხელახლა იქნა „აღმოჩენილი“ ნაშრომში [V. Drobot. A note on rearrangements of series. Studia Math., 35 (1970), 177—179].

ჩამოვყალიბოთ ამ მიმართულებით დღეისათვის ცნობილი ზოგადი შედეგი მეტრიზებადი ლოკალურად ამოხსნილი სივრცეების შემთხვევაში.

**თეორემა 3.** ვთქვათ  $X$  მეტრიზებადი ლოკალურად ამოზნექილი სივრცეა და  $(x_k)$  არის  $X$ -ის ელემენტთა მიმდევრობა,  $S_n = \sum_{k=1}^n x_k, n \in N$ , და  $S \in X$ . ვთქვათ, აგრეთვე, რომ  $(S_n)$ -ის რაიმე  $(S_{k_n})$  ქვემიმდევრობა კრებადია  $X$ -ში  $S$ -საკენ.

(i) [M. Chasco, S. Chobanyan. On rearrangements of series in locally convex spaces. Michigan Math. J., 44 (1997), no. 3, 607-617] თუ მიმდევრობა  $(x_k)$  აკმაყოფილებს  $(\sigma, \vartheta)$  პირობას (ანუ, ყოველი  $\sigma : N \rightarrow N$  გადანაცვლებისათვის არსებობს  $(\vartheta_k)$  ნიშნების,  $\vartheta_k = \pm 1, k \in N$ , მიმდევრობა ისეთი, რომ მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} \vartheta_k x_{\sigma(k)}$  კრებადია  $X$ -ში), მაშინ არსებობს ნატურალურ რიცხვთა გადანაცვლება  $\pi : N \rightarrow N$  ისეთი, რომ მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_{\pi(k)}$  კრებადია  $X$ -ში  $S$ -საკენ.

(ii) თუ მიმდევრობა  $(x_k)$  აკმაყოფილებს რადემახერის პირობას (ანუ, თუ მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k r_k(t)$  კრებადია  $X$ -ში  $\lambda$ -თითქმის ყველა  $t \in [0,1]$ -სათვის, სადაც  $r_k(t)$  რადემახერის ფუნქციებია და  $\lambda$  კი  $[0,1]$ -ზე მოცემული ლებეგის ზომაა), მაშინ არსებობს ნატურალურ რიცხვთა გადანაცვლება  $\pi : N \rightarrow N$  ისეთი, რომ მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_{\pi(k)}$  კრებადია  $X$ -ში  $S$ -საკენ.

მნელი არ არის იმის ჩვენება, რომ:

ა) თეორემა 3(ii)-დან გამომდინარეობს თეორემა 2

და

ბ) რადემახერის პირობიდან გამომდინარეობს  $(\sigma, \vartheta)$  პირობა (მაშასადამე, თეორემა 3(i)-დან გამომდინარეობს თეორემა 3(ii)).

ბანახის სივრცის შემთხვევაში თეორემა 3(ii) პირველად დამტკიცებული იყო ნაშრომში [S.A. Chobanyan. Structure of the set of sums of a conditionally convergent series in a normed space. Math. USSR-Sb., 56:1 (1987), 49-62]. ხოლო თეორემა 3(i) ბანახის სივრცის შემთხვევაში გამოქვეყნდა ნაშრომში [D.V. Pecheriskii. Rearrangements of series in Banach spaces and arrangements of signs. Math. USSR-Sb., 63 (1989), no. 1, 23-33]. თეორემა 3(i) სამართლიანია აგრეთვე (არა აუცილებლად ლოკალურად ამოზნექილი) კვაზი-ნორმირებული სივრცეებისთვისაც [G.D. Giorgobiani. Structure of the set of sums of a conditionally converging series in a  $p$ -normed space. Bull. Acad. Sci. Georgian SSR, 130 (1988), no. 3, 481-484].

შევნიშნოთ, რომ თეორემა 3(ii)-ში რადემახერის პირობის შესრულება იწვევს  $\sum_{k=1}^{\infty} x_{\pi(k)}$  მწკრივის თითქმის ყველა მარტივი გადანაცვლების კრებადობას [S. Levental, V. Mandrekar, S. Chobanyan. Towards Nikishin's theorem on the almost sure convergence of rearrangements of functional series. Funct. Anal. Appl., 45:1 (2011), 33-45].

აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ თეორემა 3(i) მოიცავს თეორემა 1-ს. ეს ფაქტი არის დვორეცი-ჰანანის სასრულგანზომილებიან ბანახის სივრცეში მწკრივის ნიშან-კრებადობის შესახებ თეორემის შედეგი, რომელიც ასე ფორმულირდება:

**თეორემა 4** [A. Dvoretzky, H. Hanani. Sur les changements des signes des termes d'une serie a termes complexes. C. R. Acad. Sci. Paris, 225 (1947), 516-518.]. ვთქვათ  $X$  სასრულგანზომილებიანი ბანახის სივრცეა და  $(x_k)$  არის  $X$ -ის ნულისკენ კრებადი ელემენტების ნებისმიერი მიმდევრობა. მაშინ არსებობს  $(g_k)$

ნიშნების მიმდევრობა,  $g_k = \pm 1, k \in N$ , ისეთი, რომ მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} g_k x_k$  კრებადია  $X$ -ში.

შემდეგი შედეგი, რომელიც დამტკიცებულია ნაშრომში [M. Chasco, S. Chobanyan. On rearrangements of series in locally convex spaces. Michigan Math. J., 44 (1997), no. 3, 607-617; Theorem 8] გვიჩვენებს, რომ თეორემა 4-ის სამართლიანობა ახასიათებს სასრულგანზომილებიან ბანახის სივრცეებს.

**თეორემა 5** [M. Chasco, S. Chobanyan. On rearrangements of series in locally convex spaces. Michigan Math. J., 44 (1997), no. 3, 607-617; Theorem 8]. ვთქვათ  $X$  ბანახის სივრცეა. თუ  $X$ -ის ყველა  $(x_k)$  ელემენტების მიმდევრობა, რომელთათვისაც სრულდება პირობა

$$\sum_{k=1}^{\infty} \|x_k\|^p < \infty \text{ ყოველი } p > 2 \text{-სათვის,}$$

აკმაყოფილებს  $(\sigma, \vartheta)$  პირობას, მაშინ  $X$  სასრულგანზომილებიანი ბანახის სივრცეა.

რადგან ბირთვული ბანახის სივრცე აუცილებლად სასრულგანზომილებიანია, ამიტომ შემდეგი შედეგიც მიუთითებს იმაზე, რომ თეორემა 4 არ არის სამართლიანი უსასრულგანზომილებიანი ბანახის სივრცეებისათვის.

**თეორემა 6** [W. Banaszczyk. Balancing vectors and convex bodies. Studia Math., 106 (1993), no. 1, 93-100; Theorem 2]. ვთქვათ  $X$  მეტრიზებადი ლოკალურად ამოზნექილი სივრცეა. თუ  $X$ -ის ყველა ნულისკენ კრებადი  $(x_k)$  მიმდევრობა აკმაყოფილებს  $(\sigma, \vartheta)$  პირობას, მაშინ  $X$  ბირთვული სივრცეა.

შემდეგი ჰიპოთეზა, რომელიც ჯერ-ჯერობით ღიაა, მჭიდროდ არის დაკავშირებული თეორემა 6-თან.

**ჰიპოთეზა** [M. Chasco, S. Chobanyan. On rearrangements of series in locally convex spaces. Michigan Math. J., 44 (1997), no. 3, 607-617; Theorem 8]. თუ  $X$  სრული მეტრიზებადი ბირთვული ლოკალურად ამოზნექილი სივრცეა და  $(x_k)$  არის  $X$ -ის ნულისკენ კრებადი მიმდევრობა, მაშინ არსებობს  $(g_k)$

ნიშნების მიმდევრობა,  $g_k = \pm 1, k \in N$ , ისეთი, რომ მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} g_k x_k$  კრებადია  $X$ -ში.

ნაშრომში [J. Nunez Garcia. On certain varieties of nuclear groups. A doctoral thesis directed by W. Banaszczyk, Madrid-Lodz, 2001] ნაჩვენებია, რომ აღნიშნულ ჰიპოთეზაზე არსებობს დადებითი პასუხი სრული მეტრიზებადი ბირთვული ლოკალურად ამოზნექილი სივრცეთა საკმარისად ფართო კლასისათვის.

აღნიშნული მიმართულებით ჩვენი კვლევის ძირთად მიზანს შეადგენდა იმ პირობების დადგენა, რომელთა შესრულება უზრუნველყოფს თეორემა 1-ის ანალოგის დამტკიცებას უსასრულგანზომილებიან შემთხვევაში.

ბ) ანალიზში კარგად არის ცნობილი ა. დანჟუას [A. Denjoy. Sur l'absolue convergence des series trigonometriques. C.R. Acad. Sci., Paris 155, 1912, 135-136] და ნ. ლუზინის [N.N. Lusin. Sur l'absolue convergence des series trigonometriques. C.R. Acad. Sci., Paris 155, 1912, 580-582] შემდეგი შედეგი: ვთქვათ  $A$  არის მკაცრად დადებითი ლებეგის ზომის მქონე  $[0, 2\pi]$ -ის ზომადი ქვესიმრავლე და  $(\alpha_k)$  და  $(x_k)$  ნამდვილ რიცხვთა ისეთი უსასრულო მიმდევრობებია, რომელთათვისაც

$$\sum_{k=1}^{\infty} |x_k \cos(kt + \alpha_k)| < \infty \text{ ყოველი } t \in A \text{-სათვის.}$$

$$\text{მაშინ } \sum_{k=1}^{\infty} |x_k| < \infty.$$

ბუნებრივად ისმის ამოცანა – დახასიათდეს ზომად  $(\xi_k)$  ფუნქციათა ყველა ის მიმდევრობები, რომელთათვისაც სამართლიანია დანჟუა-ლუზინის თეორემის შემდეგი ვარიანტი: *რიცხვთა ნებისმიერი  $(x_k)$  მიმდევრობისათვის  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k \xi_k|$  მწკრივის თითქმის ყველგან კრებადობიდან გამომდინარეობს  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k|$  მწკრივის კრებადობა.*

აღნიშნული პრობლემის გამოსაკვლევად მიზანშეწონილია შემდეგი განსაზღვრების შემოტანა.

**განსაზღვრება.**  $(\Omega, A, P)$  ალბათურ სივრცეზე განსაზღვრული  $(\xi_k)$  შემთხვევით სიდიდეთა უსასრულო მიმდევრობა არის დანჟუა-ლუზინის სისტემა, თუ ნამდვილ რიცხვთა ნებისმიერი უსასრულო  $(x_k)$  მიმდევრობისათვის  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k \xi_k|$  მწკრივის თითქმის ყველგან კრებადობა იწვევს შემდეგი პირობის შესრულებას:  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k| < \infty$ .

დასმული პრობლემის კონტექსტში უნდა აღინიშნოს ნ. ვახანიას ერთი შედეგის [N.N. Vakhania. Sur les repartitions de probabilités dans les espaces de suites numeriques. C. R. Acad. Sci., Paris 260, 1965, 1560-1562] კერძო შემთხვევა, რომლის თანახმად სტანდარტული გაუსის შემთხვევით სიდიდეთა  $(\xi_k)$  მიმდევრობა წარმოადგენს დანჟუა-ლუზინის სისტემას.

დანჟუა-ლუზინის სისტემის აღწერასთან ერთად საყურადღებოა ამ სისტემის შედარება აბსოლუტური კრებადობის სისტემასთან, რომელსაც ცნობილი რუსი მათემატიკოსი ე. ნიკიშინი [E.M. Nikishin. Systems of absolute convergence. Math. USSR, Sb. 3(1967), 1969, 499-507] იკვლევდა და ამ სისტემების განხილვა უსასრულოგანზომილებიან ბანახის სივრცეებში. ანალოგიური ტიპის ამოცანები ადრე განხილული იყო ნაშრომებში [V. Kvaratskhelia. Unconditional convergence of random series and the geometry of Banach spaces. Georgian Math. J. 7, No.1, 2000, 85-96; S. Kwapien, V. Tarieladze. On a.s. unconditional convergence of random series in Banach spaces. Progr. Probab. 56, 2003, 71-75]. სწორედ ეს პრობლემები შეადგენს ჩვენი კვლევის ერთ-ერთ ძირითად მიზანს.

გ) სუბგაუსის შემთხვევითი სიდიდის ცნება 1960 წელს შემოიტანა ცნობილმა ფრანგმა მათემატიკოსმა ჟ.პ. კახანმა ნაშრომში [J.P. Kahane. Propriétés locales des fonctions à séries de Fourier aléatoires. Studia Math., 19, 1, 1960, 1-25]. მოგვიანებით ეს ცნება მრავალი ავტორის მიერ იქნა გამოყენებული. გასული საუკუნის მიწურულს გაჩნდა ბანახის სივრცეში მნიშვნელობების მქონე სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტების განხილვის აუცილებლობა და ამ პრობლემას მრავალი მათემატიკოსის ნაშრომი მიეძღვნა. სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტების თვისებების შესწავლა დღესაც საკმაოდ აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს, რაზედაც მეტყველებს სამეცნიერო ჟურნალებში ამ მიმართულებით გამოქვეყნებულ ნაშრომთა სიმრავლე.

ამ მიმართულებით საანგარიშო წელს ჩვენი კვლევის ძირითად მიზანს წარმოადგენდა სეპარაბელურ ჰილბერტის სივრცეში სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტების დახასიათება. ამოცანა შემდეგნაირად ისმება: რა შემთხვევაში წარმოადგენს სეპარაბელურ ჰილბერტის სივრცეში მნიშვნელობების მქონე სუსტად სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტი (ძლიერად) სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტს? ამ ამოცანაზე ნაწილობრივი პასუხი იყო გაცემული იტალიელი მათემატიკოსის რ.ჯ. ანტონინის ნაშრომში [R.G. Antonini. Subgaussian random variables in Hilbert spaces. Rend. Sem. Mat. Univ. Padova, 98, 1997, 89-99].

დ) ადვილი შესამჩნევია, რომ სასრულოგანზომილებიან ბანახის მესერში ელემენტთა მოდულებისგან შემდგარი მწკრივის კრებადობა თვით ამ ელემენტებისგან შემდგარი მწკრივის უპირობო კრებადობის ეკვივალენტურია. საზოგადოდ, ნებისმიერ ბანახის მესერში ელემენტთა მოდულებისგან შემდგარი მწკრივის კრებადობა იწვევს თვით ამ ელემენტებისგან შემდგარი მწკრივის უპირობო კრებადობას. ნაშრომში [G.J.O. Jameson. Unconditional convergence in partially ordered linear spaces. Math. Ann., 200, 1973, 227-233] ჩამოყალიბებულია შემდეგი ჰიპოთეზა: თუ ბანახის მესერი არ არის აბსტრაქტული  $M$ -სივრცის იზომორფული, მაშინ მასში არსებობს ისეთი უპირობოდ კრებადი მწკრივი, რომლის შესაკრებების მოდულებისგან შემდგარი მწკრივი განშლადია. ეს ჰიპოთეზა დადებითად იქნა გადაწყვეტილი ნაშრომში [Y.A. Abramovic, E.D. Positselskii, L.P. Yanovskii. On some parameters with normed lattices and on series characterization of  $M$ -spaces. Studia Math., 63, No. 1, 1978, 1-8]. ჩვენი მიზანია ეს ჰიპოთეზა დავამტკიცოთ ჩვენ მიერ შემუშავებული მეთოდით, რომელიც სილვესტრის მატრიცების გამოყენებაზე არის დაფუძნებული. ადრე ამ მეთოდით ჩვენ დავამტკიცეთ ამ ჰიპოთეზის სუსტი ვარიანტი ნაშრომში [V. Kvaratskhelia, N. Vakhania. On unconditional convergence in Banach spaces with unconditional basis. Bull. Georgian Acad. Sci., 3, No. 1, 2009, 10-14].

## 6. კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

კვლევის დასახული მიზნების ირგვლივ საანგარიშო წელს მიღებული იქნა შემდეგი შედეგები:

ა) გადანაცვლების თეორემის მიმართულებით ჩვენ მიერ დამტკიცებული იქნა შემდეგი თეორემა.

**თეორემა 1.** ვთქვათ  $X$  არის უსასრულოგანზომილებიანი ბანახის სივრცე. მაშინ  $X$ -ში არსებობს ელემენტთა ისეთი მიმდევრობა  $(x_k)$ , რომლებიც აკმაყოფილებენ შემდეგ პირობებს:

a. ნატურალურ რიცხვთა რაიმე მკაცრად ზრდადი  $(m_n)$  მიმდევრობისათვის სრულდება

$$\text{პირობები: } S_{m_n} = 0 \text{ და } \|S_n\| \leq 2, n = 2, 3, \dots, \text{ სადაც } S_n = \sum_{k=1}^n x_k;$$

b.  $\sum_{k=1}^{\infty} \|x_k\|^p < \infty$  ყოველი  $p > 4$ -სათვის (კერძოდ,  $(x_k)$  მიისწრაფვის 0-საკენ);

c. ყოველი  $\pi: N \rightarrow N$  გადანაცვლებისათვის და  $(\theta_k)$  ნიშნებისათვის მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} \theta_k x_{\pi(k)}$  განშლადია  $X$ -ში.

ეს თეორემა გვიჩვენებს, რომ თუ, გარკვეული აზრით, შევასუსტებთ მოთხოვნებს მ. კადეცის და ვ.

დრობოტის ზემოთ ნახსენებ თეორემებში (სახელდობრ, თუ  $\sum_{k=1}^{\infty} \|x_k\|^2 < \infty$  პირობის ნაცვლად

მოვითხოვთ უფრო სუსტი პირობის „ $\sum_{k=1}^{\infty} \|x_k\|^p < \infty$  ყოველი  $p > 4$ -სათვის“ შესრულებას), მაშინ

გადანაცვლების თეორემა, საზოგადოდ, არ არის სწორი ნებისმიერ უსასრულოგანზომილებიან ბანახის სივრცეში. აქედან, ცხადია, გამომდინარეობს ისიც, რომ გადანაცვლების თეორემა კლასიკური დასმითაც (ანუ  $(x_k)$  მიმდევრობის 0-სკენ კრებადობის მოთხოვნის პირობებშიც) არ არის სამართლიანი უსასრულოგანზომილებიან ბანახის სივრცეში.

ბ) ნაშრომში [V. Kvaratskhelia. Unconditional convergence of random series and the geometry of Banach spaces. Georgian Math. J. 7, No.1, 2000, 85-96] დამტკიცებულია, რომ თუ შემთხვევით სიდიდეთა  $(\xi_k)$  მიმდევრობა აკმაყოფილებს პირობას

$$P[\xi_k \in (m_1, m_2)] \geq \delta > 0 \text{ რაიმე } m_2 > m_1 > 0 \text{ რიცხვებისათვის,}$$

მაშინ  $(\xi_k)$  წარმოადგენს დანჟუა-ლუზინის სისტემას. საანგარიშო წელს ჩვენ მიერ მიღებული შემდეგი

შედეგი იძლევა დანჟუა-ლუზინის სისტემის სრულ დახასიათებას.

**თეორემა 2.**  $(\Omega, A, P)$  ალბათურ სივრცეზე განსაზღვრულ შემთხვევით სიდიდეთა უსასრულო  $(\xi_k)$  მიმდევრობა წარმოადგენს დანჟუა-ლუზინის სისტემას მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა შესრულებულია შემდეგი პირობა

$$\exists r > 0, \quad \liminf_{k \in \mathbb{N}} P[|\xi_k| \geq r] > \delta > 0.$$

დავუშვათ  $(x_k)$  არის ელემენტთა უსასრულო მიმდევრობა  $X$  ბანახის სივრცეში და ვთქვათ  $(\xi_k)$  დანჟუა-ლუზინის სისტემაა. დავუშვათ, რომ მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k \xi_k$  იკრიბება თითქმის ყველგან უპირობოდ.

ბუნებრივად ჩნდება შეკითხვა - იკრიბება თუ არა ბანახის სივრცეში მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$  უპირობოდ? ამ შეკითხვაზე პასუხს იძლევა შემდეგი თეორემა.

**თეორემა 3.** ვთქვათ  $(\xi_k)$  არის  $(\Omega, A, P)$  ალბათურ სივრცეზე განსაზღვრული შემთხვევითი სიდიდეების მიმდევრობა და ვთქვათ  $X$  არის არანულოვანი ბანახის სივრცე. შემდეგი დებულებები ერთმანეთის ეკვივალენტურია.

(i)  $(\xi_k)$  არის დანჟუა-ლუზინის სისტემა.

(ii)  $X$  სივრცის ელემენტთა ნებისმიერი უსასრულო  $(x_k)$  მიმდევრობისათვის  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k \xi_k$

მწკრივის თითქმის ყველგან უპირობო კრებადობიდან გამომდინარეობს  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$  მწკრივის უპირობო კრებადობა  $X$ -ში.

ახლა განვიხილოთ დანჟუა-ლუზინის სისტემის დულაური ცნება. შემთხვევით სიდიდეთა  $(\xi_k)$  მიმდევრობას ეწოდება აბსოლუტური კრებადობის სისტემა, თუ  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$  რიცხვითი მწკრივის აბსო-

ლუტური კრებადობიდან გამომდინარეობს  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k \xi_k$  მწკრივის აბსოლუტური კრებადობა. ე. ნიკიშინ-

მა ზემოთ აღნიშნულ ნაშრომში მოგვცა აბსოლუტური კრებადობის სისტემის დახასიათება. ამერიკელმა მათემატიკოსმა რ.მ. დადლიმ [R.M. Dudley. Random linear functionals. Trans. Am. Math. Soc. , 136, 1969, 1-24] დაამტკიცა, რომ დამოუკიდებელი ერთნაირად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდეების  $(\xi_k)$  მიმდევრობა არის აბსოლუტური კრებადობის სისტემა მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა  $\xi_1$  ინტეგრებადია. ეს შედეგი, თეორემა 2-ის გათვალისწინებით, მიუთითებს იმაზე, რომ დანჟუა-ლუზინის სისტემა შეიძლება არ იყოს აბსოლუტური კრებადობის სისტემა.

შემდეგი თეორემა გვიჩვენებს, რომ თეორემა 3-ის ანალოგი აბსოლუტური კრებადობის სისტემისათვის სამართლიანია მხოლოდ სასრულგანზომილებიან ბანახის სივრცეებში.

**თეორემა 4.** ვთქვათ  $X$  ბანახის სივრცეა. შემდეგი დებულებები ერთმანეთის ეკვივალენტურია.

(i)  $X$  სასრულგანზომილებიან ბანახის სივრცეა.

(ii)  $X$ -ში ყოველი უპირობოდ კრებადი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$  მწკრივისათვის და აბსოლუტური

კრებადობის ყოველი  $(\xi_k)$  სისტემისათვის მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k \xi_k$  იკრიბება თითქმის ყველგან უპირობოდ.

(iii) შემთხვევით სიდიდეთა ნებისმიერი  $(\xi_k)$  მიმდევრობისათვის, რომლისთვისაც  $\sup_k E|\xi_k| < \infty$  და  $X$ -ში ყოველი უპირობოდ კრებადი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$  მწკრივისათვის მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k \xi_k$  იკრებება თითქმის ყველგან უპირობოდ.

(iv) ყოველი დამოუკიდებელი ერთნაირად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდეების  $(\xi_k)$  მიმდევრობისათვის, რომლისთვისაც  $E|\xi_1| < \infty$  და  $X$ -ში ყოველი უპირობოდ კრებადი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$  მწკრივისათვის მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k \xi_k$  იკრებება თითქმის ყველგან.

თეორემა 4-თან დაკავშირებით მოვიყვანოთ ნაშრომში [S. Kwapien, V. Tarieladze. On a.s. unconditional convergence of random series in Banach spaces. Progr. Probab. 56, 2003, 71-75] მიღებული ერთი შედეგი: ვთქვათ  $(\xi_k)$  არის დამოუკიდებელი განაწილებული შემთხვევითი სიდიდეების მიმდევრობა,

რომლისთვისაც  $\sup_k E|\xi_k| < \infty$  და  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$  არის მწკრივი  $X$  ბანახის სივრცეში. თუ

(a) მწკრივი  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$  უპირობოდ იკრებება  $X$ -ში,

და

(b)  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k \xi_k$  იკრებება თითქმის ყველგან  $X$ -ში,

მაშინ  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k \xi_k$  იკრებება თითქმის ყველგან უპირობოდ  $X$ -ში.

თეორემა 4 გვიჩვენებს, რომ ამ შედეგში (b) პირობა ავტომატურად სრულდება მხოლოდ სასრულგანზომილებიან სივრცეებში.

გ) ვთქვათ  $X$  არის ნორმირებული სივრცე და  $X^*$  არის მისი შეუღლებული სივრცე. ჩვენ ვიტყვით, რომ შემთხვევითი ელემენტი  $\xi$  მნიშვნელობებით  $X$ -ში არის

- **სუსტად სუბგაუსის**, თუ  $\langle x^*, \xi \rangle$  არის სუბგაუსის შემთხვევითი სიდიდე ყოველი  $x^* \in X^*$ -სათვის;
- **სუბგაუსის**, თუ არსებობს გაუსის შემთხვევითი ელემენტი  $\eta$  მნიშვნელობებით  $X$ -ში ისეთი, რომ  $E e^{\langle x^*, \xi \rangle} \leq E e^{\langle x^*, \eta \rangle}$  ყოველი  $x^* \in X^*$ -სათვის.

თუ  $\xi$  სუბგაუსისაა, მაშინ ის აგრეთვე სუსტად სუბგაუსისაც არის. შებრუნებული დებულება სწორია სასრულგანზომილებიან სივრცეებში. საზოგადოდ კი ის სწორი არ არის.

ამ მიმართულებით ჩვენი ძირითადი შედეგი ასე ფორმულირდება.

**თეორემა 5.** ვთქვათ  $\xi$  სუსტად სუბგაუსის შემთხვევითი ელემენტია მნიშვნელობებით სეპარაბელურ  $H$  ჰილბერტის სივრცეში. მაშინ  $\xi$  არის სუბგაუსის მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა

$$\sum_{k=1}^{\infty} \tau^2(\langle \xi, e_k \rangle) < \infty$$

$H$ -ის ყოველი  $(e_k)$  ორთონორმირებული ბაზისისათვის, სადაც  $\tau(\langle \xi, e_k \rangle)$  წარმოადგენს  $\langle \xi, e_k \rangle$  შემთხვევითი სიდიდის სუბგაუსის სტანდარტს.

ჩვენ მიერ აგრეთვე დამტკიცებული იქნა შემდეგი ინტეგრალური უტოლობა, რომელიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ჩვენს გამოკვლევებში.

**თეორემა 6.** ვთქვათ, რაიმე  $[a, b]$ ,  $a < b$ , ინტერვალზე განსაზღვრული  $f$  ფუნქციისათვის მოიძებნება ისეთი  $p > q > 0$  და  $C \geq 1$  რიცხვები, რომ

$$\left( \int_a^b |f(x)|^p dx \right)^{1/p} \leq C \left( \int_a^b |f(x)|^q dx \right)^{1/q} < \infty.$$

მაშინ, ყოველი  $r$  და  $s$  რიცხვებისათვის,  $0 < r, s \leq p$ , სამართლიანია უტოლობა

$$\left( \int_a^b |f(x)|^r dx \right)^{1/r} \leq C^\beta \left( \int_a^b |f(x)|^s dx \right)^{1/s},$$

სადაც  $\beta = 0$  თუ  $0 < r \leq s \leq p$ ;  $\beta = 1$  თუ  $q \leq s < r \leq p$ ;  $\beta = \frac{q(p-s)}{s(p-q)}$  თუ  $0 < s < q < r \leq p$  და

$\beta = \frac{p(q-s)}{s(p-q)}$  თუ  $0 < s < r \leq q$ .

დ) კვლევის შემდეგი ქვემიმართულებით სილვესტრის მატრიცების გამოყენებით მიღებული იქნა შემდეგი ძირითადი შედეგი.

**თეორემა 7.** ვთქვათ  $X$  არის ბანახის მესერი. შემდეგი დებულებები ერთმანეთის ეკვივალენტურია.

(i)  $X$  რიგობრივად იზომორფულია  $M$ -სივრცის.

(ii) არსებობს კონსტანტა  $K \geq 2$  ისეთი, რომ ყოველი  $n$  ნატურალური რიცხვისათვის და  $X$  -

ის ელემენტთა ყოველი  $x_1, x_2, \dots, x_n$  მიმდევრობისათვის სრულდება უტოლობა

$$\left\| \sum_{i=1}^n |x_i| \right\| \leq \max_{\Delta \subset \{1, 2, \dots, n\}} \left\| \sum_{i \in \Delta} x_i \right\|.$$

(iii)  $X$ -ში  $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$  მწკრივის უპირობო კრებადობიდან გამომდინარეობს  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k|$  მწკრივის

კრებადობა.

## 7. გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

ჩვენ მიერ მიღებული ზემოთ ჩამოთვლილი შედეგები:

- გამოქვეყნებულია აკადემიკოს ი. ფრანგიშვილის დაბადების 80 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენციის „საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა“ შრომათა კრებულში, რომელიც 2011 წელს დაიბეჭდა ამერიკის შეერთებულ შტატებში გამომცემლობა “Nova Science Publishers”-ის მიერ;
- მოხსენდა აკადემიკოს ნიკო მუსხელიშვილის დაბადების 120 წლისთავისადმი მიძღვნილ საერთაშორისო კონფერენციას „უწყვეტ გარემოთა მექანიკა და ანალიზის მონათესავე საკითხები“, თბილისი, 9-14 სექტემბერი, 2011 წელი;
- მოხსენდა საქართველოს მათემატიკოსთა კავშირის მე-2 საერთაშორისო კონფერენციას, ბათუმი, 15-19 სექტემბერი, 2011 წელი;
- მოხსენდა საერთაშორისო კონფერენციას „თანამედროვე ალგებრა და მისი გამოყენებები“, თბილისი, 19-25 სექტემბერი, 2011 წელი;
- მოხსენდა ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის გაფართოებული სემინარის სხდომას, თბილისი, 21-23 აპრილი, 2011.



**სტატიები:**

3. V. Kvaratskhelia, S. Chobanyan, G. Giorgobiani, V. Tarieladze. A note on the rearrangement theorem in a Banach space. Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80th Anniversary of I.V. Prangishvili. Nova Science Publishers, 2011. [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=25352](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=25352)
4. V. Kvaratskhelia, R. Denchev, N. Vakhania. On an integral inequality. Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80th Anniversary of I.V. Prangishvili. Nova Science Publishers, 2011. [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=25352](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=25352)

**საკონფერენციო მასალები:**

1. V. Kvaratskhelia, V. Tarieladze. Denjoy–Lusin sequences and unconditional convergence in a Banach space. International conference “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis” to Celebrate the 70th Anniversary of the Georgian National Academy of Sciences & the 120th Birthday of its First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili, September 9 – 14, 2011, Tbilisi, Georgia. Book of abstracts, p. 131. [http://rmi.ge/~gmu/PDF\\_files/Conference2011\(Internet\).pdf](http://rmi.ge/~gmu/PDF_files/Conference2011(Internet).pdf)
2. V. Kvaratskhelia, N. Vakhania, V. Tarieladze. A Characterization of Subgaussian Random Elements in a Separable Hilbert Space. The II International Conference Dedicated to the 70th Anniversary of the Georgian National Academy of Sciences & the 120th Birthday of its First President Academician Nikoloz (Niko) Muskhelishvili, September 15–19, 2011, Batumi, Georgia. Book of abstracts, p. 115. [http://www.rmi.ge/~gmu/II\\_Annual\\_Conference/Mathematical%20Union2011-22.pdf](http://www.rmi.ge/~gmu/II_Annual_Conference/Mathematical%20Union2011-22.pdf)
3. V. Kvaratskhelia, N. Vakhania. An Application of Sylvester Matrices. Proceedings of the International Conference “Modern Algebra and its Applications”, September 19-25, 2011, Batumi, Georgia, p. 65-74.
4. ვ. კვარაცხელია, გ. გიორგობიანი, ვ. ტარიელაძე, ს. ჩობანიანი. სრულყოფილად განშლადი მწკრივების შესახებ ბანახის სივრცეებში. ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ი. ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის გაფართოებული სემინარის სხდომები, 21–23 აპრილი, 2011, თბილისი. <http://www.viam.science.tsu.ge/news.htm>

**8. კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

საანგარიშო წელს მათემატიკის ლაბორატორია დიდ ყურადღებას უთმობდა სტუდენტებთან მუშაობას. კერძოდ, გარდა სტუდენტებთან ინდივიდუალური შეხვედრებისა, ლაბორატორიის წევრები, ვ. კვარაცხელია და ნ. კეკელია, სისტემატურად, ყოველ სამშაბათს, 16 საათზე, სტუდენტებისთვის ატარებენ სემინარს, რომლის მუშაობაში მონაწილეობას იღებენ ზუსტი და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის მათემატიკის მიმართულების მე-2 და მე-3 კურსის სტუდენტები და, აგრეთვე, ეკონომიკისა და ბიზნესის ფაკულტეტის სტუდენტები, რომლებიც დამატებით ეუფლებიან მათემატიკის სპეციალობას. სემინარი ძირითადად სასწავლო ხასიათისაა, თუმცა მისი მუშაობის პროცესში კეთდება გარკვეული აქცენტები სტუდენტებში კვლევითი უნარის გამოსავლენად და ამ თვისების განსავითარებლად და წასახალისებლად. სემინარი მუდმივმოქმედა და მისი მუშაობის გაგრძელება მომავალ წელსაც არის დაგეგმილი.

**9. კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):**

მათემატიკის ლაბორატორიის სამეცნიერო საქმიანობა რაიმე ფონდის მიერ არ ფინანსდება. მათემატიკის ლაბორატორიის გამგე : ვ. კვარაცხელია  
უფროსი ლაბორანტი: ნ. კეკელია

**ექსპერიმენტული ინფორმაციის მოდელური ანალიზის ლაბორატორია**

უნივერსიტეტის 9, თსუ მაღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტი, 599 390 256, m.tabidze@hepi.edu.ge

**სამეცნიერო მიმართულება:** ფიზიკის მიმართულება

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:** მ.ტაბიძე (ლაბორატორიის გამგე),

ნ.მოსულიშვილი (უფრ. ინჟინერი), დ.მჭედლიშვილი (დოქტორანტი).

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** სპინური ფილტრაციისა და დიპროტონების დაბადებით მიმდინარე ჰადრონული პროცესების შესწავლა პოლარიზაციულ ექსპერიმენტებში  $\text{p}^0\text{p}^0\text{Y}$

ამაჩქარებელზე.

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):**

ლაბორატორიაში კვლევები მიმდინარეობს 2 მიმართულებით. სპინური ფილტრაციის ექსპერიმენტების მიზანია არაპოლარიზებული პროტონების ნაკადის წყალბადის პოლარიზებული სამიზის მრავალჯერადი გადაკვეთის შედეგად მიღებული ნაკადის პოლარიზაციის შესწავლა. აქ საქმე გვაქვს „სპინური ფილტრაციის“ ეფექტთან, როდესაც ურთიერთქმედება სპინური კომპონენტის გავლენით „ამოარჩევს“ ერთიდაიგივე ორიენტაციის სპინის პროტონებს, და ამგვარად, მოახდენს ნაკადის პოლარიზაციას. პოლარიზებული ნაკადის მიღების ეს მეთოდი მეტად მნიშვნელოვანია მაღალი პოლარიზაციის ანტიპროტონების ნაკადის მისაღებად, რომელიც დღეისათვის არ არსებობს. ამ მეთოდის ვარგისიანობაზე დამოკიდებული ახალი პროექტის PAX (Polarized Antiproton eXperiment) განხორციელება, რომელშიც თსუ მაღალი ენერგიების ინსტიტუტიც მონაწილეობს. PAX პროექტის მთავარ ამოცანას წარმოადგენს განვიად პოლარიზებულ პროტონში განვივი პოლარიზაციის მქონე კვარკების განაწილების (*transversity*) დადგენა დრელ-იანის პროცესებში ლეპტონური წყვილების დაბადების შესწავლის საშუალებით, რომელიც მიიღება პოლარიზებული ანტიპროტონების განვიად პოლარიზებულ პროტონულ ნაკადთან ანიჰილაციის შედეგად. ამ სიდიდეს ფუნდამენტური მნიშვნელობა აქვს პროტონის პარტონული სტრუქტურის დასადგენად, რომლის გარეშეც პროტონის „ტომოგრაფია“ არასრული იქნება. ექსპერიმენტების ჩატარება დაგეგმილია ანტიპროტონულ კოლაიდერზე HESR (High Energy Stored Ring) დარმშტადში (გერმანია).

რაც შეეხება კვლევების II მიმართულებას, თანამედროვე ფიზიკის აქტუალურ პრობლემად რჩება რამდენიმე ნუკლონისაგან შემდგარი სისტემებისა და ბირთვების თვისებების აღწერა კვანტური ქრომოდინამიკის ფარგლებში. მცირენუკლონიანი სისტემების თვისებების შესწავლა მრავალი წლის მანძილზე არის ინტენსიური ექსპერიმენტული და თეორიული კვლევის საგანი. ამ მხრივ განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ნეიტრონისა და პროტონისაგან შემდგარი ბმული სისტემის – დეიტრონის მონაწილეობით მიმდინარე პროცესების კვლევას. ამასთან დაკავშირებით მნიშვნელოვნად იზრდება ინტერესი იმ რეაქციების მიმართ, რომლებშიც ხდება „დიპროტონის“ - ორი პროტონის არაბმული მდგომარეობის წარმოქმნა ადგზნების მცირე ენერგიით. დიპროტონი დეიტრონის იზოსპინური პარტნიორია და გააჩნია მისგან განსხვავებული კვანტური რიცხვები. დიპროტონის დაბადების პროცესები შესწავლილ უნდა იქნას განსაკუთრებულ პირობებში, როდესაც მათი ადგზნების ენერგია მცირეა (ნაკლებია 3 მევ-ზე), რათა დიპროტონი ძირითადად იმყოფებოდეს  $^1\text{S}_0$  მდგომარეობაში. ამრიგად, მცირე ადგზნების ენერგიის მქონე პროტონული წყვილების არჩევა უზრუნველყოფს დიპროტონების დომინანტობას და შესაბამისად ამარტივებს თეორიულ გამოთვლებს. მაგალითად, დიპროტონის წარმოქმნის რეაქციები, როდესაც ადგილი აქვს მის გადასვლას ნუკლონ-ნუკლონურ (NN) სისტემაში განსხვავებულია დეიტრონის მონაწილეობით მიმდინარე რეაქციებისაგან. კერძოდ, მოსალოდნელია, რომ  $\Delta$  იზობარის როლი იქნება ძლიერ შეზღუდული, რადგანაც  $\Delta N$  შუალედური მდგომარეობები S ტალღაში აკრძალულია.

ზემოთაღნიშნული კვლევები მომდინარეობს გერმანიის ქ.უილიხის COSY (COoler SYnchrotron-ცივი სინქროტრონი) ამაჩქარებელზე ANKE სპექტრომეტრზე. ექსპერიმენტების დროს ვიყენებთ მაღალი ინტენსივობის მქონე პოლარიზებული პროტონებისა და დეიტრონების ნაკადებს და პოლარიზებული წყალბადისა და დეიტერიუმის სამიზნეებს. ANKE სპექტრომეტრს გააჩნია პროტონ-ნეიტრონული პოლარიზაციული რეაქციების შესწავლის უნიკალური შესაძლებლობა. ეს მიიღწევა სწრაფი დამუხტული ნაწილაკების მაგნიტურ ველში ანალიზისა და მცირე ენერგიის მქონე ნაწილაკების სილიკონის კვალური ტელესკოპით (STT) დეტექტირების კომბინირებით.

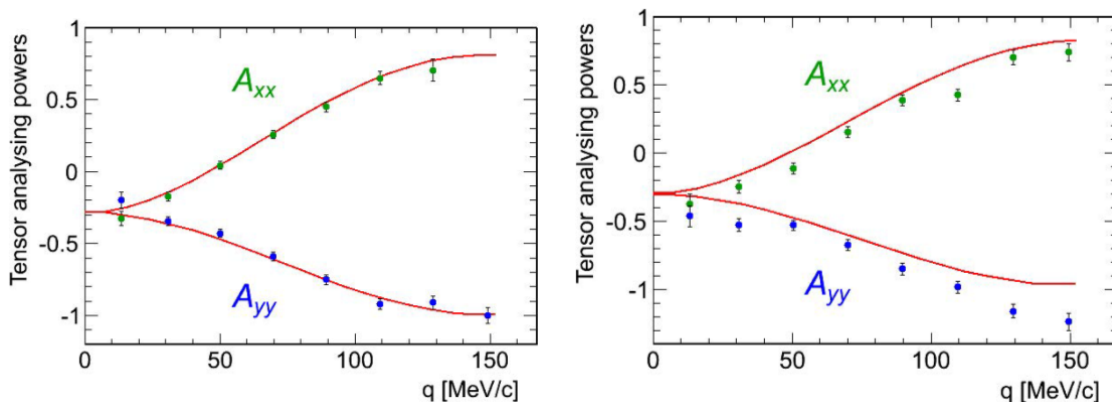
**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:**

წლის განმავლობაში 2-ჯერ მივიღეთ მონაწილეობა ANKE სპექტრომეტრზე ექსპერიმენტების მომზადება/ჩატარების საქმეში: მარტ/აპრილის პერიოდში პოლარიზებული დეიტრონის ნაკადის

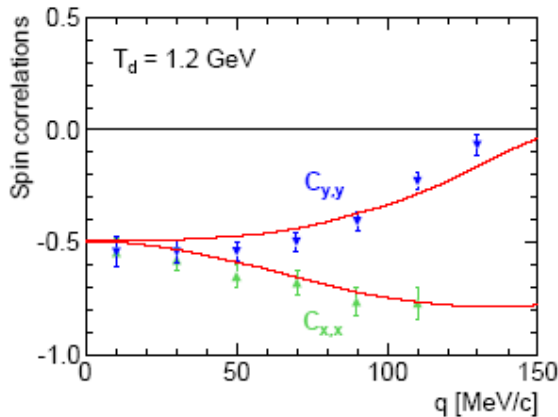
პოლარიზებულ წყალბადის სამიზნეზე გაზნევის 6-კვირიანი ექსპოზიცია და აგვისტო/სექტემბრის პერიოდში სპინური ფილტრაციის 7-კვირიანი ექსპოზიცია.

I შემთხვევაში ექსპერიმენტული კვლევის ძირითადი მიზანი იყო  $np \rightarrow pn$  გადამუხტვის რეაქციის ამპლიტუდის სპინური სტრუქტურის განსაზღვრა დეიტრონზე გადამუხტვის რეაქციის  $\vec{d}\vec{p} \rightarrow \{pp\}_s n$  შესწავლის საფუძველზე.  $\vec{d}\vec{p} \rightarrow \{pp\}_s n$  რეაქცია შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც დეიტრონის კვაზითავისუფალი ნეიტრონის გაზნევა სამიზნე პროტონზე, რომლის დროსაც ხდება ნეიტრონის გადამუხტვა და დეიტრონის მაგივრად ვლდებულობთ დიპროტონს, ხოლო სამიზნის პროტონის მაგივრად-ნეიტრონს. საბოლოო 2 პროტონისაგან შემდგარი სისტემის (დიპროტონის) მცირე აღზნების ენერჯის დროს ( $E_{pp} = \sqrt{(E_1 + E_2)^2 - (\vec{P}_1 + \vec{P}_2)^2} - 2m_p < 3MeV$ ) რეაქციის სპინური დამზერადი სიდიდეები დამოკიდებული ხდება  $np \rightarrow pn$  გადამუხტვის რეაქციის ამპლიტუდის მხოლოდ სპინზე დამოკიდებულ ნაწილზე. დეიტრონ-პროტონის სპინური კორელაციის კოეფიციენტების გაზომვით შესაძლებელია აღვადგინოთ არა მარტო შესაბამისი ამპლიტუდების მოდულები, არამედ მათ შორის ფაზებიც. ექსპერიმენტში გამოიყენებოდა დეიტრონული ნაკადის სხვადასხვა სპინური მდგომარეობები, კერძოდ ( $P_z=0, P_{zz}=0$ ), ( $P_z=-1, P_{zz}=+1$ ), ( $P_z=-2/3, P_{zz}=0$ ). სამიზნედ გამოიყენებოდა წაგრძელებული ტიპის წყალბადის სამიზნე ზომებით  $20 \times 15 \times 370 \text{მმ}^3$ , რომელიც შევსებული იყო პოლარიზებული ატომური ნაკადის წყაროდან ( შ) მიღებული გაზური წყალბადით. მისი სიმკვრივე შეადგენდა  $10^{13} \text{სმ}^{-2}$ . სამიზნის პოლარიზაცია +1 მდგომარეობიდან -1 მდგომარეობაში იცვლებოდა აჩქარების ციკლის ყოველი 5 წამის შემდეგ.

დეიტრონის ვექტორული პოლარიზაციის გასაზომად გამოიყენებოდა  $np \rightarrow d\pi^0$  რეაქცია, ხოლო ტენზორულისთვის  $dp \rightarrow \{pp\}n$  რეაქცია. საბოლოოდ დეიტრონების ვექტორული და ტენზორული პოლარიზაციებისთვის მიღებულ იქნა შემდეგი მნიშვნელობები: ვექტორული  $P_z=65\%$ , ხოლო ტენზორული  $P_{zz}=40\%$ . ექსპერიმენტების დროს გაზომილ იქნა დეიტრონის პროტონზე გადამუხტვის რეაქციის  $\vec{d}\vec{p} \rightarrow \{pp\}_s n$  ტენზორული  $A_{xx}$  და  $A_{yy}$  ანალიზური უნარების გადაცემულ  $q$  იმპულსზე დამოკიდებულება, ასევე შესწავლილ იქნა რეაქციის სპინ-სპინური კორელაციის კოეფიციენტების ( $C_{x,x}, C_{y,y}$ ) დამოკიდებულება გადაცემულ ოთხიმპულსზე. ამ მიზნით გამოვიყენეთ ნაკადის პოლარიზაციის ისეთი მდგომარეობი, როდესაც მისი ტენზორული პოლარიზაცია წულის ტოლია. კვლევის შედეგები, რომლებიც მოყვანილია Nნახ.1 და ნახ.2. მოხსენებულ იქნა საერთაშორისო კონფერენციაზე იტალიის ქალაქ ფრასკატიში.



ნახ. 1  $dp \rightarrow \{pp\}n$  რეაქციის ტენზორული ანალიზური უნარების გადაცემულ იმპულსზე დამოკიდებულება: მარცხენა 1.2 გეე ენერჯიაზე, მარჯვენა 2.27 გეე.



ნახ. 2. ვექტორული სპინური კორელაციის კოეფიციენტების დამოკიდებულება გადაცემულ იმპულსზე  $\bar{d}p \rightarrow \{pp\}_s n$  რეაქციისათვის  $T_d = 1.2 \text{ GeV}$  ენერგიაზე. წითელი ფერის მრუდი შესაბამეა იმპულსური მიახლოების წინასწარმეტყველებას.

რაც შეეხება სპინური ფილტრაციის ექსპერიმენტებს, ის ორ ეტაპად მიმდინარეობდა: სპინური ფილტრაციის პროცესში პროტონული ნაკადის პოლარიზება და მიღებული პოლარიზაციის გაზომვა  $pd$  დრეკადი რეაქციის საშუალებით. რადგან დეიტრონის დაშლის პროცესის კვეთა ამ ენერგიაზე დრეკადი გაზომვის კვეთის რიგისაა, ექსპერიმენტის დროს გროვდება საკმარისი სტატისტიკა დეიტრონის დაშლის რეაქციის შესასწავლად.

როგორც წინასწარმა გამოთვლებმა აჩვენა, ფილტრაციის პროცესში დაგროვილი პოლარიზაცია COSY დამაგროვებელი რგოლის მცირე აქსეპტანსის გამო უნდა იყოს საკმაოდ მცირე (~0.1%-ის რიგის), ამდენად მისი გაზომვა დიდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული. ჩვენი მეთოდით გაზომილი პოლარიზაციის კორექტულობაში დასარწმუნებლად, ფილტრაციის ექსპერიმენტის დაწყებამდე და მისი მიმდინარეობის პროცესში ჩაწერილ იქნა რამოდენიმე ციკლის მონაცემები პოლარიზებული პროტონების ნაკადით, როცა ნაკადის პოლარიზაცია იყო ~ 40%. გაზომილი პოლარიზაცია აღმოჩნდა  $0.405 \pm 0.008$ , რაც მოუთითებს პოლარიზაციის გაზომვის მეთოდის კორექტულობაზე. ამ ეტაპზე დამუშავებულია ექსპერიმენტული ინფორმაციის მხოლოდ ნაწილი, წინასწარი მონაცემებით ფილტრაციის პროცესში მიღებული ნაკადის პოლარიზაცია ერთი ექსპოზიის დროს საშუალოდ არის  $0.010 \pm 0.007$ . ანალიზის პარალელურად მიმდინარეობს შესაძლო სისტემატიური შეცდომების შეფასება.

**გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):**

1. *Pion production in diproton reactions with polarized beams at ANKE-COSY*, S.Dymov, *Proceedings of the The 8th International Conference on Nuclear Physics at Storage Rings, STORI2011, October 9-14, 2011, Frascati, Italy.* (მასალის ტექსტი იხ. <http://arxiv.org/abs/1112.3808>).
2. *Excitation of the Delta(1232) isobar in deuteron charge-exchange on hydrogen at 1.6, 1.8, and 2.3 GeV*, D.Mchedlishvili, *Proceedings of the The 8th International Conference on Nuclear Physics at Storage Rings, STORI2011, October 9-14, 2011, Frascati, Italy*

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში): შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი, საგრანტო ხელშეკრულება # 1-4/94.

**ატომური ფიზიკის სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორია**ჭავჭავაძის პრ.3, ტ. 229 08 14, მობ. 5-99 17 29 16., [Lomsadze86@hotmail.com](mailto:Lomsadze86@hotmail.com),

Ramaz.Lomsadze@tsu.edu.ge

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:**

რამაზ ლომსაძე - ლაბორატორიის გამგე, აკადემიური დოქტორი.

მალხაზ გოჩიტაშვილი - ასისტენტ პროფესორი (თსუ)

ნუგზარ მოსულიშვილი - მეცნიერ თანამშრომელი ( მაღალი ენერგიების ინსტიტუტი)

ოთარ თაბორიძე - უფროსი ინჟინერი (თსუ)

ნინო ცისკარიშვილი - ლაბორანტი (თსუ)

**კვლევის თემატიკა: ატომურ ნაწილაკთა დაჯახებისას მიმდინარე არადრეკადი პროცესების გამოკვლევა.**

მიმდინარე წელს ჩატარებული სამუშაოები წარმოადგენს წინა წლებში წარმართული კვლევათა გაგრძელებას და იგი შეეხება ჩაკეტილ ელექტრონულ გარსიანი ნაწილაკების ურთიერთქმედების შედეგად რეალიზებული არადრეკადი პროცესების; იონიზაცია, აგზნება, წაგლეჯვა (დამჯახებელი იონის მიერ ელექტრონის დაკარგვა) სრული და დიფერენციალური კვეთების გაზომვას. კერძოდ პროექტში განიხილება ერთმუხტიანი ტუტე-მეტალთა იონების  $K^+$ ,  $Rb^+$ ,  $Gs^+$  ურთიერთქმედება ინერტული აირის He, Kr ატომებთან 0.7 -10 კეე ენერგიის ინტერვალში. გისენის უნივერსიტეტის (გერმანია) კოლაბორაციის ფარგლებში კვლევები ჩატარებულია აგრეთვე ელექტრონების ურთიერთქმედებით მაღალმუხტიან  $Kr^{4+}$ ,  $Kr^{5+}$ ,  $Kr^{10+}$  იონებთან. შედეგად გაზომილია ერთჯერადი იონიზაციის აბსოლუტური კვეთების სიდიდეები.

რაც შეეხება ჩაკეტილ-ელექტრონულ გარსიან წყვილების ურთიერთქმედებას - კვლევები ან საერთოდ არ არის ჩატარებული ან დღემდე არსებული მონაცემთა საიმედოობა ეჭვს იწვევს. ინფორმაციის სიმცირე დაკავშირებულია როგორც დამჯახებელ ნაწილაკთა სპეციფიკასთან, ასევე მეთოდურ სიძნელებებთან

(მცირე დაჯახების პარამეტრის გამო ადგილი აქვს გაფანტვას დიდ კუთხეებზე), ეს ყველაფერი კი იწვევს ურთიერთქმედ ნაწილაკთა არასრულ რეგისტრაციას, რაც თავის მხრივ აღნიშნულ პროცესთა კვეთის გაზომვის სიზუსტეში პოვებს ასახვას. მიმდინარე კალენდარულ წელს ყურადღება გამახვილებული იქნა  $K^+ - He$  დამჯახებელ წყვილზე. ინტერეს განაპირობებდა ის გარემოება, რომ ამ დროს აგილი აქვს ისეთი არადრეკადი არხთა აგზნების რეალიზებას, რომლებიც თანაბარი მასის წყვილების ურთიერთქმედების შემთხვევაში (მაგ.  $K^+ - Ar$ ;  $Na^+ - Ne$ ) არ დაიშორება. ამდენად, აღნიშნულ წყვილებზე არადრეკად არხთა რეალიზაციისა და პროცესთა რეალიზაციის მექანიზმის შესახებ სრულყოფილი სურათის შესაქმნელად  $K^+ - He$  მსგავსი ტიპის კვლევები მოითხოვს კომპლექსურ მიდგომას.

ხოლო, რაც შეეხება კვლევებს ელექტრონების მონაწილეობით, ისინი განეკუთვნებიან ფუნდამენტურ დაჯახებათა პროცესებს, ვინაიდან ასტროფიზიკური და ლაბორატორიული პლაზმის შესასწავლად დიდი მნიშვნელობა გააჩნია საიმედო მონაცემების არსებობას იონიზაციის კვეთის შესახებ.

კვლევის მიზანი მოკლედ შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგნაირად:

- ტუტე მეტალთა იონების ინერტული აირის ატომებთან დაჯახებისას მიმდინარე არადრეკად არხთა ენერგეტიკულ დანაკარგთა სპექტრების გაზომვა და მათი ინდენტიფიცირება.
- იონიზაციის სრულ კვეთებში სხვადასხვა მექანიზმების წვლილის შეფასება და დადგენა.
- აღნიშნულ დაჯახებებში რეალიზებული პროცესების მექანიზმების განსაზღვრა.
- ელექტრონებით მაღალმუხტიანი იონების იონიზაციისას გაზომილ კვეთებში მეტასტაბილურ მდგომარეობათა წვლილის შეფასება.
- ქსპერიმენტულ მონაცემების ანალიზის საფუძველზე დაყრდნობით, არსებული თეორიული მოდელების სამართლიანობის შეფასება.

**კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგნაირად:**

- მოცემული წყვილებისათვის გაზომილია ენერგეტიკული დანაკარგების სპექტრები ენერგიისა და გაზნევის კუთხის ფართე დიაპაზონისათვის ( 0-100ეე; 0-30<sup>0</sup> - შესაბამისად).

- დაჯახებათა სპექტროსკოპიის მეთოდის გამოყენებით გამოვლენილია ენერგეტიკულ დანაკარგთა სპექტრების დისკრეტული ყოფაქცევა. ინდენტიფიცირებულია დრეკადი (ნულოვანი ენერგიის) და არადრეკადი (100ევ-ამდე) დანაკარგები.
- $K^+ - He$  წყვილისათვის გამოვლენილია კალიუმის ატომის და იონის რეზონანსული ხაზების აგზნების ფუნქციის საერთო მექანიზმები.
- ამავე წყვილისათვის ახსნილია K ატომის რეზონანსული 4p მდგომარეობის ანომალურად მცირე აგზნების კვეთის სიდიდე და  $K^{*}$  იონის მნიშვნელოვნად დიდი კვეთის სიდიდე 4s<sup>1</sup> მდგომარეობაში.
- ჰელიუმის ატომის 2p მდგომარეობის ხაზის აგზნების ფუნქციის სტრუქტურული ყოფაქცევა ახსნილია სხვადასხვა ენერგიის ინტერვალში სხვადასხვა აგზნებული არხების გადაფარვით.
- აგებული იქნა დამჯახებელი წყვილთა სისტემის არმწერი კორელაციური დიაგრამები. მიღებული მონაცემები გამოყენებულია იონიზაციის და აგზნების მექანიზმის დასადგენად. დადგენილია, რომ იონიზაციის ძირითადი მექანიზმი დაკავშირებულია  $\Sigma - \Pi$  და  $\Sigma - \Pi - \Delta$  კვაზიმოლეკულური ავტოიონიზაციური თერმების დაჯახებასთან და უწყვეტ სპექტრში მათ დამოლასთან.

რაც შეეხება ექსპერიმენტულ შედეგებს ელექტრონების მონაწილეობით - მიმდინარე კალენდარულ წელს (კოლაბორაციის ფარგლებში) გაზომილი იქნა  $Kr^{4+}$ ,  $Kr^{5+}$ ,  $Kr^{10+}$  ერთჯერადი იონიზაციის აბსოლუტური კვეთები დამჯახებელი ელექტრონების ზღურბლური ენერგიიდან 1000ევ ენერგიის ინტერვალში. კვეთის ყოფაქცევაში გამოვლენილი და შეფასებული იქნა მეტასტაბილურ მდგომარეობათა დასახლების ალბათობა. მონაცემები შედარებული იქნა თეორიულ მიდგომებთან.

7.მასალა გამოქვეყნებულია - „ატომის, მოლეკულური, ოპტიკური და ნანო ფიზიკის მიმდინარე განვითარებასა და მათი გამოყენების“ მე-3 საერთაშორისო კონფერენციის მოხსენებათა კრებულში. CDAMOP- 2011, დელის უნივერსიტეტი, ინდოეთი.

ელექტრონების მონაწილეობით მონაცემთა სრულყოფილი ანალიზის შემდეგ დაგეგმილია პუბლიკაციის მომზადება.

კვლევის ფარგლებში ჩატარებულია შიდა ლაბორატორიული სემინარები, მომხსენებლები: მალხაზ გოჩიტაშვილი, რამაზ ლომსაძე.

კვლევის შედეგები წარდგენილია რუსთაველის სახელობის სამეცნიერო ფონდში.

\*იგეგმება მეთოდური წინსვლა მრავალმუხტიანი იონებით ექსპერიმენტის განსახორციელებლად უკუცემულ იონთა მეთოდის გამოყენებით. მოსალოდნელია, რომ თანხვედრი გაზომვები (დამჯახებელ ნაწილაკსა და უკუცემულ იონს/ელექტრონს შორის) მეტ სიზუსტეს შექმნის განსახილველ პროცესთა მექანიზმების დადგენას.

\*მიმდინარე კალენდარულ წელს „საბავშვო უნივერსიტეტის“ ფარგლებში ჩვენს მიერ სისტემატურად ტარდებოდა პოპულარული ლექციათა ციკლი და ლაბორატორიული მეცადინეობები ქ.თბილისის და ლტოლვილთა მჭიდროდ დასახლებული რეგიონების (გორი, რუსთავი, მცხეთა, წეროვანი) საჯარო სკოლებისათვის.

## ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორია (ენფსსლ)

0186 უნივერსიტეტის #9; ტელეფონი 218 89 75, 218 96 79; ელ. ელ. ფოსტა-i.thevzadze@hepi.edu.ge;

სამეცნიერო მიმართულება – ფუნდამენტური კვლევა

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი

ხელმძღვანელი – იური თევზაძე მეცნიერებათა დოქტორი, ენფსსლ-ის გამგე.

კვლევაში ჩართული პერსონალი (კვლევის თემატიკა #1)

ლიანა აბესალაშვილი, ლალი ახობაძე, ვახტანგ გარსევანიშვილი, თეიმურაზ ჯალაგანი

კვლევაში ჩართული პერსონალი (კვლევის თემატიკა #2)

იგორ ტრეკოვი, აკაკი ლიპარტელიანი, ნუგზარ მოსულიშვილი, ნიკოლოზ წვერავა

**კვლევის თემატიკა #1. ბირთვული გარემოს როლი დაზადებული ნაწილაკების საშუალო  
კინემატიკური მახასიათებლების (სკმ) ჩამოყალიბებაში.**

კვლევის აქტუალობა და მიზანი

ექსპერიმენტულ პირობებში: მაღალი ტემპერატურებისა და სიმკვრივეების დროს, ეგზოტიკური მდგომარეობების ექსპერიმენტული დაკვირვება შეუძლებელია  $A_i A_i$ -ბირთვ-ბირთვული დაჯახებების მექანიზმისა და მრავლობითი პროცესების მახასიათებლების შესწავლის გარეშე. მრავალნაწილაკოვანი კორელაციების შესწავლისას დამზერილი კოლექტიური გამოდინების ეფექტი აღმოჩნდა მეტად მგრძობიარე ბირთვული მატერიის მდგომარეობის განტოლების მიმართ, რომლის ცოდნაც იძლევა ინფორმაციას მრავალ ასტროფიზიკური მოვლენისა და ადრეული სამყაროს ევოლუციის შესახებ.

$A_i A_i$ -დაჯახებების შესწავლისას (მაღალი ენერგიების დროს) განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ე. წ. კვარკ-გლუონური პლაზმის არსებობა – მაღალი ენერგიების ბირთვების დაჯახებებისას შეიძლება შეიქმნას დიდი სიმკვრივის ალგუნებული ბირთვული მატერია, როცა ბირთვის შემადგენელი ელემენტები არ არიან ნუკლონები (პროტონები და ნეიტრონები). აადრონების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლების (სკმ) ჩამოყალიბებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ბირთვული გარემო  $A_i$ -დამცემი და  $A_i$ -სამიზნე ბირთვების მასები.

$h A_i$ -ადრონ-ბირთვული და  $A_i A_i$ -ბირთვ-ბირთვული დაჯახებების შედეგად მიღებული ნაწილაკების (ადრონების) მახასიათებლების ანალიზით შესაძლებელია ე.წ. ხისტი და რბილი პროცესების გამოყოფა, რაც გარკვეულ წარმოდგენას გვიქმნის ერთიან ალგუნებულ სისტემაში მიმდინარე პროცესების შესახებ.

$A_i A_i$ -დაჯახებების ანალიზის დროს აქტუალურია ისეთი მოდელების განვითარება, რომლებშიც დაზადებული ნაწილაკების მრავლობითობა უშუალოდ იქნება კორელაციაში სამიზნე პარამეტრთან.

**კვლევის მიზანი** - ბირთვული გარემოს როლის შესწავლა  $A_i A_i$  -ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში დაზადებული ნაწილაკების სკმ-ის ჩამოყალიბებაში.

**ამოცანა ა)**  $n_k^{\max}$ -მაქსიმალური კუმულატიური რიცხვის მქონე ნაწილაკების და მათი თანმხლები ადრონების სკმ-ს, CC-ნახშირბად-ნახშირბადის, CTa-ნახშირბად-ტანტალის ( $4.2 A \text{ GeV}/c$ ) და pTa-პროტონ-ტანტალის ( $10 \text{ GeV}/c$ ) დაჯახებებში; **ამოცანა ბ)** სიმეტრიული (MgMg-მაგნიუმ-მაგნიუმი) და არასიმეტრიული (CCu-ნახშირბად-სპილენძის) ბირთვების დაჯახებების შედეგად მიღებული ადრონების სკმ-ის შედარება.

**ამოცანა ა)**  $n_k$ - კუმულატიური რიცხვი არის სამიზნის ის მინიმალური მასა, რომელიც აუცილებელია მეორადი ადრონის წარმოსაქმნელად. ნაჩვენებია, რომ  $n_k^{\max}$ -ის მქონე ნაწილაკებისა და მათ თანმხლებ ნაწილაკებს გააჩნიათ მკვეთრად განსხვავებული სკმ-ი ე.ი. დაბადების სხვადასხვა მექანიზმი.  $n_k^{\max}$ -ის მქონე ნაწილაკების სკმ-ი არ არიან დამოკიდებული არც  $A_i$ -ზე, არც  $A_t$ -ზე და არც პირველად ენერგიაზე, დამოკიდებულებები არიან მხოლოდ  $n_k^{\max}$ -ზე. აადგილი აქვს (სკმ-ის  $n_k^{\max}$ -საგან დამოკიდებულების) გარკვეულ გაჯერებას-სკეილინგს, ან  $q$ -კვარკებისა და  $g$ - გლუონების ადრონიზაციას ერთიანი მექანიზმის გამოვლენას – Hypothesis of soft decoloration.

**ამოცანა ბ)** CCu-ნახშირბად-სპილენძის (არასიმეტრიული სისტემა) და MgMg –ის (სიმეტრიული სისტემა) ცენტრალურ დაჯახებებში დაბადებული  $\pi^-$ -მეზონების სკმ-ი ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან – იგრძნობა მძიმე სამიზნე ბირთვის (Cu-სპილენძი) გავლენა.

$\pi^-$ -მეზონების ინკლუზიური სპექტრები კარგად აღიწერებიან QGSM-კვარკ-გლუონური სიმური და ჰაგედორნის მოდელებით-ძირითადად არსებობს  $\pi^-$ -მეზონების დაბადების ორი ცენტრი.

### გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა

1. Description of Multiparticle Production of Charge particles by Gluon-Dominant Model in hadron-hadron and hadron-nucleus collisions. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, v.5,N1,(46-50), 2011;
2. On the Deuteron Relativistic Wave Function. გაგზავნილია SLAC-ის არქივში –arXiv:1102.4697[nucl. ex]. გაგზავნილია (მიღებულია) საერთაშორისო კონფერენციაზე ბირთვის და ნაწილაკების ფიზიკაში – Proceedings of 8<sup>th</sup> Conference of Nuclear and Particle Physics, NUPPAC 11, (20-24) Nov, 2011, Hurghada, Egypt.(www-nuppac 11 proceedings). მოხსენებულია საერთაშორისო კონფერენციაზე Physics in the LHC Era, (17-21) oct 2011, Tbilisi;
3. Light Front Form of the Deuteron Relativistic wave Function. GESJ: Physics, 2011, #1(5), 80-83;
4. The study of characteristics in CTa,HeTa and dTa-collisions in hard and soft interactions at 4.2AGeV/c GESJ: Physics 2011, #1(5) 97-103 სემინარი 2011 წლის 9 სექტემბერი, მაღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტი .

**კვლევას აფინანსებს შ. რუსთაველის სახელობის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი.**

### კვლევის თემატიკა #2. $\mu^-$ -მიონების დაბადებაში ლეპტონური არომატის შენახვის კანონის დარღვევის ექსპერიმენტული ძებნა.

ვემზადებთ ექსპერიმენტ COMET-თან თანამშრომლობისათვის. COMET- საერთაშორისო თანამშრომლობა, რომელშიც მონაწილეობას იღებენ სხვადასხვა ქვეყნების (USA, Dubna, Japan, Canada) ფიზიკოსები. ექსპერიმენტი ჩატარდება იაპონიაში –J-PARC (Japan Accelerator Research Complex) ამაჩქარებელზე J-PARC P21

**კვლევის აქტუალობა და მიზანი.** COMET ექსპერიმენტის მიზანია  $\mu^-$ -მიონების დაშლემში ლეპტონური არომატის შენახვის კანონის დარღვევის დაკვირვება.

სტანდარტული მოდელის (სმ) თანახმად ლეპტონური არომატის შენახვის კანონი უნივერსალურია; მაგრამ სმ-ის ნებისმიერ გაფართოებაში (სმ-ის მიღმა) შეიძლება ადგილი (დიდი ალბათობით) ჰქონდეს არომატის შენახვის კანონის დარღვევას. ეს ძალიან იშვიათი პროცესია, რომლის დასაკვირვებლად აუცილებელია დიდი ინტენსიობის მქონე პროტონების მონოენერგეტიკული ნაკადები. პროტონების დამუხრუჭების შემდეგ მიიღებიან  $\pi^+$ -მეზონები, შემდეგ კი  $\mu^+$ -მიონები.

ნიკოლოზ წვერავა ჯგუფის ყველაზე ახალგაზრდა წევრი, 2010 წელს ერთი თვით იმყოფებოდა იაპონიაში COMET-ის სამუშაოებთან დაკავშირებით. ამჟამად იმყოფება ქ. დუბნაში (Dubna, JINR) იგივე საქმესთან დაკავშირებით (6 თვით). მომავალში განზრახულია ნ. წვერავას ხანგრძლივი მივლინება იაპონიაში COMET –ის ექსპერიმენტთან დაკავშირებით.



კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები

ამჟამად ენფსლ-ში მიმდინარეობს მოსამზადებელი სამუშაოები –აწყობილია სცინტილაციური მთვლელი (სმთ) თავისი დამხმარე მოწყობილობებით – მაღალი ძაბვის გენერატორი (BC-22) ციფრული ოსცილოგრაფი –Digital storage Oscilloscope DSO3202A, მიკროამპერმეტრი „Digital Multimeter (რომლის მიერთება შეიძლება PC-პერსონალურ კომპიუტერთან) გადამთვლელი სქემები და გამამლიერებლები

სმთ-ი ექსპერიმენტული დანადგარის ერთ-ერთი ძირითადი შემადგენელი ნაწილია.

ვსწავლობთ ახალი ტიპის კრისტალების (სცინტილატორების) – BGO (3x3x3) სმ<sup>3</sup> და CsI(Tl)(2x2x25)სმ<sup>3</sup> თვისებებსა და ვადარებთ მათ ძველი სცინტილატორების( NaI და სტიბლენი) თვისებებს.

სცინტილატორების თვისებების შესასწავლად აუცილებელია დიდი გამლიერების კოეფიციენტის და მგრძობიარობის მქონე ფეგ-ფოტოელექტრონული გამამრავლებლები –ФЭУ-84, ФЭУ-85, ФЭУ-87 და Hamamatsu-ს ტიპის ფეგ-ი (PMT Hamamatsu. Type N P1463)

## გეოფიზიკისა და იონოსფეროს ფიზიკის ლაბორატორია

თსუ II კორპუსი ოთახი #020

**კვლევის თემატიკა:** შავი ზღვის აკვატორიის აღმოსავლეთ ნაწილის და მიმდებარე ტერიტორიის დანალექი კომპლექსის სითბური ნაკადის და ტემპერატურის განაწილება

**კვლევაში ჩართული პერსონალი:** ევგენი საყვარელიძე

**კვლევის აქტუალობა, მიზნები და მიღებული შედეგები:**

The Black sea region is still in a dominantly compressional environment. The general sources of compression is the collision between the Anatolian, Arabian and the Eurasian plates. This region is a small part of important and huge European – Minor Asia oil - gas bearing province. It contains the coastal shelf, eastern, northeastern and southeastern part of the Black Sea. There are certain oil and gaseous reservoirs in this area, mainly along the eastern Black Sea shelf and Colkhети.

Several marine expeditions were organized in that region spent by German, Russian, Ukrainian and other scientists during which mud volcanoes, gas hydrates and gas flares have been found out that specifies there the presence of serious potential of energy resources .

Research of thermal conditions of the Eastern Black Sea region is directly connected with studying of thermoelastic stresses and seismicity of region, and also is of interest in aspect of studying of deep faults. On the basis of complex geologo-geophysical, geomorphological data, it is established that tectonic faults, observed on land extend in the zones of shelf and the continental slop; this is well reflected in thickness distribution of separate geocomplexes of sedimentary cover and formation of wide net of submerged canyons. These weakened zones participate with various intensity in lithogenetic processes of Eastern Black Sea depression, which is well expressed in peculiarities of separate facies and sediment accumulation velocity, spatial distribution of diapirism, mud volcanism and intensive gas flow areas at the sea ground.

In the given work results of studying of distribution of a heat flow and calculations of temperatures in a sedimentary complex of east part of the Black Sea water area and territory adjoining to it are given. The map of distribution of a heat flow (fig. 1) is made on the basis of the experimental data resulted in work [1], and also on the basis of the calculated values of a flow [2].

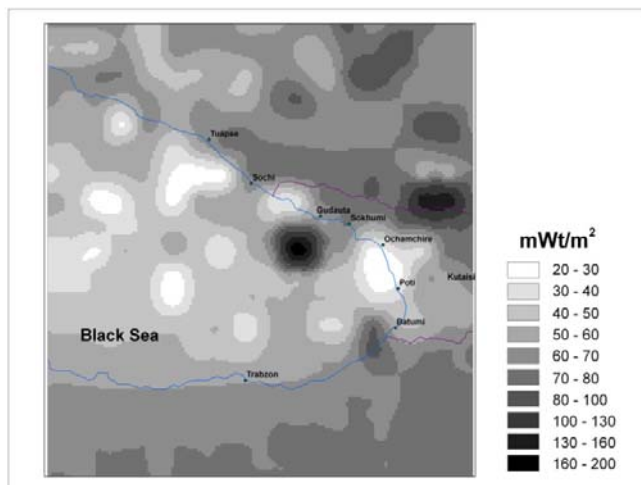


Fig.1 The map of distribution of a heat flow

Calculation of deep temperatures for Black Sea water area has been spent earlier [3] only for points with available experimental data of flows. In the given work calculation of temperatures in a sedimentary complex of investigated region has been spent with use of the experimental and calculated values of a heat flow – in points where there were no experimental data about a flow its calculated values were used. Temperatures in a

sedimentary complex have been received by the solving of the stationary equation of heat conductivity [4], and the received results are given in the form of a map of distribution of temperatures on the bottom border of a sedimentary complex (fig. 2). On fig. 3 the map of thickness distribution of investigated territory's sedimentary complex is given

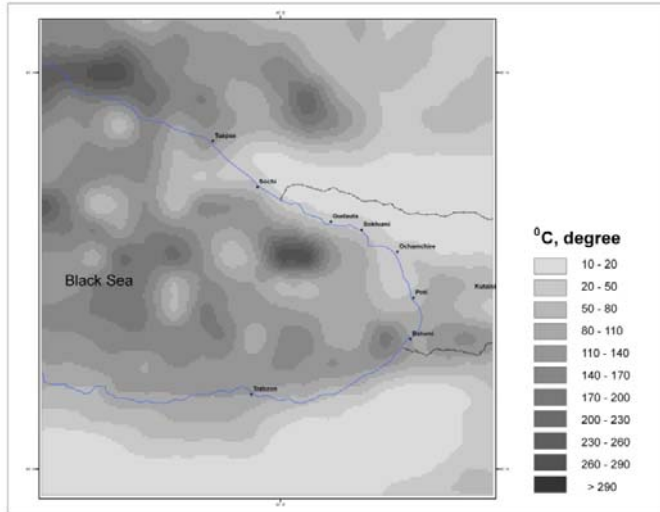


Fig.2 The map of distribution of temperatures on the bottom border of a sedimentary complex

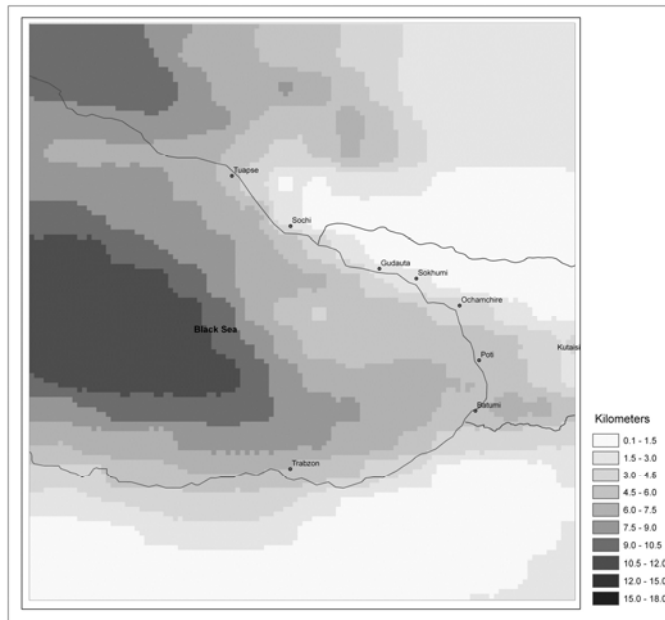


Fig.3 The map of thickness distribution of investigated territory's sedimentary complex

Background values of a heat flow in the Eastern Black Sea region and in adjoining territory of Georgia make  $50-60 \text{ mw/m}^2$ . In more deep-water part and east coast (Poti, Ochamchire) a flow goes down on the average till  $40-50 \text{ mw/m}^2$ , however has separate areas with lower values of a stream-to  $30-40 \text{ mw/m}^2$ . In a sea part there are two areas with is abnormal great values of flows: in the northeast is closer to coast of Abkhazia (the Gudauta zone) –  $200 \text{ mw/m}^2$  and in the southeast from Batumi (Batumi zone)  $\sim 80 \text{ mw/m}^2$ .

In adjoining territory of the Eastern Black Sea in the south and in the north the flow increases:

in the south (Eastern Pontids) increase occurs till 70-80 mw/m<sup>2</sup>, on the Big Caucasus background value 70-80 mw/m<sup>2</sup> with is abnormal high areas to 100-130 mw/m<sup>2</sup>. To Ciscaucasia also there are areas of high streams 80-100 mw/m<sup>2</sup>.

Background values of temperatures on the basis of sedimentary complex of the Eastern Black Sea region make 80-140<sup>0</sup>C. To the West temperature raises to 140-200<sup>0</sup>C, there are local areas with values of temperatures 230-260<sup>0</sup>C, and substantial increases of temperature are observed in a direction of Crimea. The coast of Georgia has two local zones of the raised temperatures: Gudauta's with temperature 230-290<sup>0</sup>C and Batumi's with temperature 170-200<sup>0</sup>C. In the south closer to Trabzon there is a zone with temperature 140-170<sup>0</sup>C.

In adjoining territory of the Eastern Black Sea in the south and in the north in mountain areas (the Big Caucasus and Eastern Pontids) temperatures have minimum values – 10-50<sup>0</sup>C. In territory of Georgia (the Riony Lowland, Adzhara-Trialeti) temperatures make 80-140<sup>0</sup>C, here is available a local zone with temperature 140-170<sup>0</sup>C. In northern and northwest parts of region the temperature increases: here there are two areas of the raised temperatures with values 200-230<sup>0</sup>C and 230-290<sup>0</sup>C.

From resulted above a material it is visible, that distribution of a heat flow and temperatures on the basis of a sedimentary complex of investigated region is non-uniform enough. Thermal anomalies available here are possibly a consequence of those endogenous processes which occur in a sedimentary complex. A high value of flows and temperatures in the Southern-eastern part of the sea could be one of the reasons of the gas hydrates formation on the shelf and continental slope in the Georgian water area part.

1. M. Alexidze, G. Gugunava, D. Kiria, T. Chelidze A three-dimensional stationary model of the thermal and thermoelastic fields of the Caucasus. Tectonophysics, 227, 191-203, 1993.
2. E. Sakvarelidze, I. Amanatashvili, V. Meskhia, M. Otanashvili Heat Flow of East Part of the Black Sea and Adjoining Territories. 10 th Intern. Conf. on Gas in Marin Sediments. Listvyanca, Lake Baikal, Russia. Sept., 2010.
- 3 E. Sakvarelidze, N. Mamulia. Some Resultss of the investigation the Heit Regim of the Crust for the Water Area of the Black Sea. Bull. of the Georg Acad. of Scianses, 161,1, 2000
4. E. Sakvarelidze. Some results of calculation of Earth's crust temperatures, taking into account the temperature dependence thermal conductivity coefficient of the rocks. Proceedings of the Institute of Geophysics, Academy of Sciences of the GSSR, 1972, t.29

#### გამოქვეყნებული მასალა:

1. ე.საკვარელიძე, ი. ამანათაშვილი, ვ. მესხია, მ. ოთინაშვილი შავი ზღვის აკვატორიის აღმოსავლეთ ნაწილის და მიმდებარე ტერიტორიის დანალექი კომპლექსის სითბური ნაკადის და ტემპერატურის განაწილება გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები 2011 წ.
2. Origin and structure of methane, gas hydrates and fluid flows in the Black sea. Bremen 2011. Bohrmann G., Sakvarelidze E. et al Report and prelliminary results of RV MARIA S. MERIAN cruise MSM 15/2 Istanbul – Pireus.

დამფინანსებელი ორგანიზაცია: რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო პროექტი: GNSF/ST09\_761\_5-140, 2010-2012 :კავკასიის რეგიონის სიღრმული აგებულების და სიჩქარული ველის ანომალიების კვლევა სეისმური ტომოგრაფიის მეთოდების გამოყენებით - კომპლექსური მიდგომა“.

## ბიორგანულ ნაერთთა ქიმიის ლაბორატორია

ი.ჭავჭავაძის გამზირი 3, II კორპუსი 043 ოთახიელ-ფოსტა: rusudan.vardiashvili@tsu.ge

კვლევის თემატიკა: I. ნახშირწყლების წარმოებულების სინთეზი

### 1. 4-მეთილ-თიაზოლინის შემცველი 1,2-ტრანს-გლიკოზიდების სინთეზი

კვლევითი სამუშაოს შესრულებაში მონაწილეობდნენ:

რ.გახოკიძე - სრ/პროფესორი;

ნ.სიდამონიძე - ასისტენტ/პროფესორი;

რ. ვარდიაშვილი - ლაბორატორიის გამგე

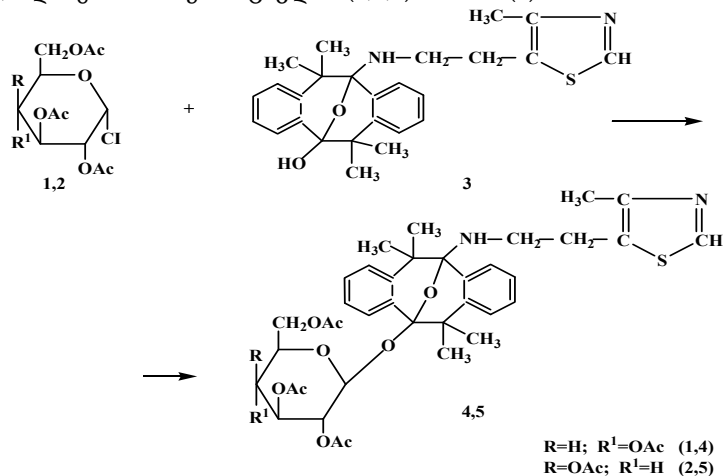
კვლევის აქტუალობა და მიზანი:

რამოდენიმე წელია ბიორგანული ქიმიის მიმართულებაზე მიმდინარეობს ზოგიერთი დიბენზოპენტალან-გლიკოზიდების (გლუკოზის და გალაქტოზის წარმოებულების) სინთეზის და კვლევის სამუშაოები. ამ ტიპის ნაერთები ლიტერატურაში ნაკლებად არის ცნობილი.

ამ მიმართულებით კვლევის გაგრძელების მიზნით, 2011 წელს ჩატარებულ იქნა თიაზოლინის შემცველი ჰეტეროციკლების კონდენსაციის რეაქციები აცეტილქლორგლუკოზასთან და აცეტილქლორგალაქტოზასთან.

კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

1-ქლორ-2,3,4,6-ტეტრა-0-აცეტილ- $\alpha$ ,D-გლუკოპირანოზის (1) და 1-ქლორ-2,3,4,6-ტეტრა-0-აცეტილ- $\alpha$ ,D-გალაქტოპირანოზის (2) კონდენსაციით 4,4,8,8-ტეტრამეთილ-2,3,6,7-დიბენზო-9-ოქსაბიციკლო-(3,3,1)-ნონან-1-N-(4-მეთილთიაზოლილეთილ-ამინო)-5-ოლ-თან (3) სინთეზირებულ იქნა 1-N-(4-მეთილ-თიაზოლილეთილამინო)-5-0-(2,3,4,6-ტეტრა-0-აცეტილ- $\beta$ ,D-გლუკოპირანოზილ)-4,4,8,8-ტეტრამეთილ-2,3,6,7-დი-ბენზო-9-ოქსაბიციკლო-(3,3,1)-ნონანი (4) და 1-N-(4-მეთილთიაზოლილეთილამინო)-5-0-(2,3,4,6-ტეტრა-0-აცეტილ- $\beta$ ,D-გალაქტოპირანოზილ)-4,4,8,8-ტეტრამეთილ-2,3,6,7-დიბენზო-9-ოქსაბიციკლო-(3,3,1)-ნონანი (5).



სინთეზურ ნაერთთა აღნაგობა დადგენილ იქნა კვლევის ფიზიკო-ქიმიური მეთოდებით. რეაქციის მიმართულების დადგენის მიზნით ჩატარებულია მათემატიკურ-ქიმიური და ქვანტურ-ქიმიური გამოთვლები.

აღნიშნული კვლევით დასრულებულდა ზოგიერთი დიბენზოპენტალან-გლიკოზიდების (გლუკოზის და გალაქტოზის წარმოებულების) სინთეზის და კვლევის სამუშაოები.

## II. ნიტროზო ჯგუფის შემცველი N-გლიკოზიდების სინთეზი

ხელმძღვანელი: ასოცირებული პროფ. ნელი სიდამონიძე

კვლევაში ჩართული პერსონალი: რუსუდან ვარდიანი – ლაბორატორიის გამგე; მაია თათარიშვილი – უფრ. ლაბორანტი; მაია ნუცუბიძე – ლაბორანტი

#### კვლევის აქტუალობა და მიზანი:

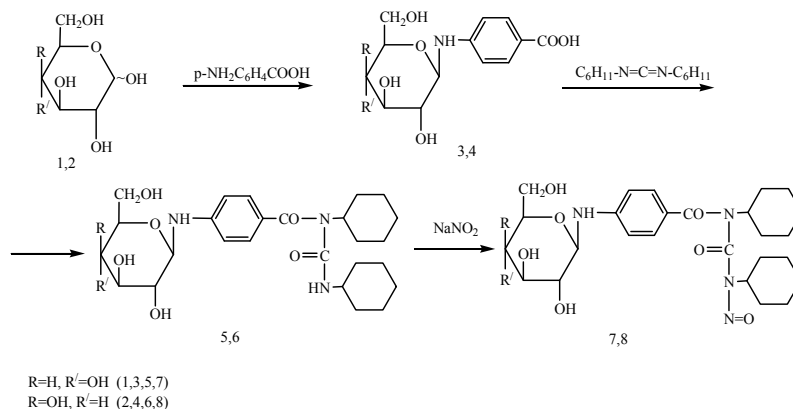
ბოლო წლებში, სიმსივნით დაავადებულ ავადმყოფთა სამკურნალოდ შემოთავაზებულ პრეპარატებს შორის განსაკუთრებით პერსპექტიული აღმოჩნდა ნიტროზოზმარდოვანას წარმოებულები. ამ პრეპარატებს ახასიათებთ თერაპიული მოქმედების ფართო სპექტრი. ნიტროზოზმარდოვანას წარმოებულები: ნიტროზომეთილზმარდოვანა, დიმეთილნიტროზოზმარდოვანა, ბის-ქლორეთლ-ნიტროზოზმარდოვანა ამუხრუჭებს მთელი რიგი სიმსივნური წარმონაქმნების ზრდის პროცესს. მაგ. ნიტროზომეთილზმარდოვანა ამუხრუჭებს სარკომა-180-ის და სარკომა 45-ის უჯრედების ზრდას( 90-95% და 70-75% შესაბამისად). ბის-ქლორეთლ-ნიტროზოზმარდოვანა გამოიყენება მელანომის, კუჭის და სწორი ნაწლავის სიმსივნის მკურნალობისათვის.

ნიტროზო (N=O) ჯგუფის შემცველი ნახშირწყლების წარმოებულების სინთეზის მიზნით, წელს ბიოორგანული ქიმიის ლაბორატორიაში დაიწყო კვლევითი სამუშაოები. განხორციელებულია ნიტროზო (N=O) ჯგუფის შემცველი ახალი ტიპის N-გლიკოზიდების სინთეზი.

#### კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

გლუკოზასა (1) და გალაქტოზაზე (2) *p*-ამინობენზოის მჟავას მოქმედებით, მიღებულ პროდუქტებზე - N-*p*-კარბოქსიფენილ-β,D-გლუკოზილამინზე (3) და N-*p*-კარბოქსიფენილ-β,D-გალაქტოზილამინზე (4) N,N'-დიციკლოპქსილკარბოდიმიდის მოქმედებით სინთეზირებულ იქნა β-N-(*p*-კარბოქსიფენილგლუკოპირანოზილ)-აცილზმარდოვანა (5) და β-N-(*p*-კარბოქსიფენილ-გალაქტოპირანოზილ)-აცილზმარდოვანა (6). აცილზმარდოვანების 5 და 6 NaNO<sub>2</sub>-ით დამუშავებით სინთეზირებულია საბოლოო პროდუქტები - β-N-(*p*-კარბოქსიფენილგლუკოპირანოზილ)-ნიტროზო-ზმარდოვანა (7) და β-N-(*p*-კარბოქსიფენილგალაქტოპირანოზილ)-ნიტროზოზმარდოვანა (8).

სინთეზურ ნერთთა აღნაგობა დადგენილ იქნა კვლევის ფიზიკო-ქიმიური მეთოდებით.



A

აღნიშნულ კვლევით სამუშაოს შესრულებაში მონაწილეობას იღებდა IV კურსის ბაკალავრი იულია მილიუკოვა, რომელმაც საბაკალავრო ნაშრომი წარადგინა სტუდენტთა კონფერენციაზე.

კვლევითი სამუშაო შესრულებულია ბიოორგანული ქიმიის ლაბორატორიაში არსებული რესურსებით და მონაწილეთა პირადი ხარჯებით.

#### გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:

1. N.N.Sidamonidze, R.O.Vardiashili, M.Z.Tatarishvili, M.O.Nutsidze, R.A.Gakhokidze. Synthesis of Nitroso Group Containing N-Glycosides. GeoHet- 2011. 2<sup>ND</sup> International Conference On Organic Chemistry " Advances in Heterocyclic Chemistry ". p.149-150.
2. N.N.Sidamonidze, R.A.Gakhokidze, R.O.Vardiashili. The Condensation Reactions of 1-chloro-2,3,4,6-tetra-O-acetyl-α-D-gluco(galacto)pyranose with Heterocyclic Amines. GeoHet- 2011. 2<sup>ND</sup> International Conference On Organic Chemistry " Advances in Heterocyclic Chemistry ". p.151-152.
3. ნ.სიდამონიძე, რ.გახოკიძე, მ.გვერდითელი. გოგირდისა და სილიციუმის შემცველი ტეტრააცეტილგლუკოპირანოზის ზოგიერთი წარმოებულის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი 2011, ტ.11, N1, გვ. 74-76.

## III. ეგზოემისიური ანალიზი

ეგზოემისიური სპექტროსკოპიის დახვეწა ნანობიექტთა ატომარული კონფიგურაციის კონტროლის მიზნით

თანახელმძღვანელი: რუსუდან ვარდიაშვილი – ლაბორატორიის გამგე;

აღნიშნული სამეცნიერო კვლევა ხორციელდება საქართველოს თავდაცვის სამინისტროს სოხუმის ილია ვეკუას ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტთან თანამშრომლობით.

კვლევის აქტუალობა და მიზანი:

თანამედროვე ფიზიკის, ქიმიისა და ბიოლოგიის ერთ-ერთ უმთავრეს საზიარო განშტოებად ჩამოყალიბდა იმ კანონზომიერებათა შესწავლა, რომლებიც დამახასიათებელია ე.წ. ნანომასშტაბური ობიექტებისათვის. დარგთაშორისი მეცნიერების ამ აქტუალური მიმართულების ფუნდამენტური კვლევის ზოგიერთი პრობლემა უკავშირდება ზედაპირის ცნების დაუზუსტებლობას, შესრულებული კვლევის თეორიული ნაწილის ფარგლებში დამუშავებულია ახალი – „ქიმიური ზედაპირის“ ცნება და შემოთავაზებულია ზედაპირზე მიმდინარე ზოგიერთი ფიზიკური და ქიმიური პროცესის ინტერპრეტაციის ახალი ფორმალიზმი.

მიღებული შედეგებიდან აღსანიშნავია ფუნდამენტური მნიშვნელობის მქონე დასკვნა, რომელიც უკავშირდება არაწონასწორული პროცესების ზოგადი კინეტიკური განტოლების ნორმირების საკითხს და ნივთიერების რაოდენობისაგან დამოუკიდებელი ე.წ. „ინტენსიური“ (intensive) კინეტიკური პარამეტრების გამოთვლას.

აღნიშნული შედეგების ძირითადი ნაწილი პლენალური მოხსენების სახით – „**Vacancy-Mediated Exoemission of Metallic Surfaces**“ წარმოდგენილი იყო ცენტრალური და აღმოსავლეთ ევროპის პირველ კონფერენციაზე თერმულ ანალიზსა და კალორიმეტრიაში (სექტემბერი, 2011).

კვლევის გაღრმავების მიზნით შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის საგრანტო კონკურსზე წარდგენილია შესაბამისი პროექტი „ეგზოემისიური სპექტროსკოპიის დახვეწა ნანობიექტთა ატომარული კონფიგურაციის კონტროლის მიზნით“ (სამეცნიერო ხელმძღვანელი ბ. გორგილაძე, პროექტის მენეჯერი რ. ვარდიაშვილი).

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა:

1. B.Gorgiladze, **R.Vardiashvili**, A.Sichinava. Concept of Chemical Surface and Vacancy-Mediated Exoemission Shpringer, **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, DOI: 10.1007/s10973-011-2047-y. <http://www.springerlink.com/content/j8tg721147h77850/> 2011
2. Badri Gorgiladze, **Rusudan Vardiashvili**, Avtandil Sichinava, George Meskhi. Vacancy-Mediated Exoemission of Metallic Surfaces. **1st Central and Eastern European Conference on Thermal Analysis and Calorimetry** . Craiova, Romania. 2011. p. 99.

## მეტალორგანული და გამოყენებითი ქიმიის ლაბორატორია

ჭავჭავაძის 3. (სამს) 2-294694; 577-948278, tea.lobzhanidze@tsu.ge

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: თეა ლობჯანიძე

კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):

1

“დარიშხანის წარმოების ნარჩენები ადამიანის, გარემოს დაცვის და ტექნიკური პროგრესის სამსახურში”.

2. “მაღალტემპერატურული ზეგამტარების მაგნიტური და ელექტრული თვისებების კვლევა”

(დამხმარე პერსონალი – თეა ლობჯანიძე),

კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. I.R. Metskhvarishvili · N.G. Margiani ·T.E. Lobzhanidze. Low Fields High Harmonic Response of the PMS Polycrystalline Superconductor in Linearly Polarized and Circularly Polarized ac Fields. J Supercond Nov Magn.2011. 24. P. 283-286
2. თეა ლობჯანიძე იოდმეთილენტრიფენილარსონიუმის ტეტრათიოსტიბიატის სინთეზი და გამოკვლევა. Use of secondary raw materials and natural resources in service of human and technological progress. International conference. 1-2 November p. 23-24. Tbilisi 2011.
3. Tea Lobzhanidze "Synthesis, study and use of new type of biologically active arsenic-organic complex compounds". oral presentation .World Forum on Advanced Materials. Polichar 20 . March 26-30. dubrovnik
4. Mathematical-chemical Investigation of some Ketones within the Scope of Quasi-ANB-matrices Method. Tea Lobzhanidze<sup>1</sup>, Ketevan Kupatadze<sup>2</sup>, Michael Gvertsiteli<sup>1</sup>. Proceedings of the Georgian national academy of sciences, CEMICAL SERIES.2011( in pres.)
5. QUANTUM-CHEMICAL AND MATHEMATIC-CHEMICAL INVESTIGATION OF INTERMOLECULAR OXIDATION-REDUCTION REARRANGEMENT IN CARBOHYDRATES. Tea Lobzhanidze<sup>1</sup>, Ketevan Kupatadze<sup>2</sup>, Michael Gvertsiteli<sup>1</sup>. Proceedings of the Georgian national academy of sciences, CEMICAL SERIES.2011 ( in pres.)

კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):

Use of secondary raw materials and natural resources in service of human and technological progress. International conference. 1-2 November . Tbilisi 2011.

Executive Secretari: Tea Lobzhanidze.

კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში)

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი – #GNSF/ST09-449-4-520.

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი. #GNSF/ST09\_844\_7-121



**იმუნოლოგიისა და მიკრობიოლოგიის ლაბორატორია**

უნივერსიტეტის ქ.13, თსუ-მე-XI კორპ, 2304681, nkulikova@gmail.com

სამეცნიერო მიმართულება: იმუნოლოგია / მიკრობიოლოგია

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:  
 სამეცნიერო ხელმძღვანელი: სრული პროფ. ნინო ფორაქიშვილი  
 ლაბორატორიის გამგე: ზმდ ნინა კულიკოვა  
 ასისტ.პროფ. ლიანა სერედა  
 მოწვ.პროფ. მარიამ ტევზაძე  
 დოქტორანტი თამარ ცერცვაძე  
 დოქტორანტი: პაატა ცაგარეიშვილი  
 ლაბორანტი: ქეთევან სიჭინავა  
 ლაბორანტი: მაია ხარიბეგაშვილი

**კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური):** CD4<sup>+</sup> ციტოტოქსიური T უჯრედებით განპირობებული იმუნური პასუხების შესწავლა B უჯრედული ქრონიკული ლიმფოციტური ლეიკემიის (B - ქლლ) დროს

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა და მიზნები (2-3 გვერდი):**

B უჯრედული ქრონიკული ლიმფოციტური ლეიკემია (B-ქლლ) CD5+ B უჯრედების კლონური ექსპანსიით ხასიათდება. CD5+ B უჯრედები გროვდება პერიფერიულ სისხლში, რაც გამოწვეულია აპოპტოზისადმი რეზისტენტულობით. მიუხედავად აღნიშნული ფენოტიპური და გენეტიკური ჰეტეროგენურობისა, ინდივიდუალური პირების ლეიკემიური უჯრედებისათვის დამახასიათებელია გახანგრძლივებული სიცოცხლისუნარიანობა და ანტი-აპოპტოზური პროტეინ bcl-2-ის მომატებული ექსპრესია. B-ქლლ უჯრედების აპოპტოზის გამოსაწვევად ბევრი ექსპერიმენტი იქნა ჩატარებული როგორც ჩვენს ასევე სხვების მიერ, როგორც არის: გამოყენებულ იქნა B უჯრედული რეცეპტორის (BCR) [4-6],  $\kappa$ D5-ის [3-7], CD20-ის [8-10] ლიგაცია და სხვადასხვა ქიმიოთერაპიული აგენტი [11-14]. B-ქლლ-თვის ნეგატიური პროგნოზული ფაქტორებია არამუტირებული იმუნოგლობულინის მძიმე ჯაჭვის გენების (IgVH), CD38-ის და ZAP-70-ის ექსპრესია. ასეთი B-ქლლ კლონები ხასიათდება წამლისმიერი აპოპტოზისადმი მომატებული მდგრადობით [15-17]. ჩვენს მიერ ნაჩვენები იქნა, რომ მძიმე პროგნოზის მქონე B-ქლლ უჯრედები არამუტირებული IgVH გენებით აექსპრესირებენ B $\kappa$ ლ-ის მნიშვნელოვნად მაღალ დონეებს იმ B-ქლლ უჯრედებთან შედარებით, რომლებსაც IgVH მუტირებული გენები გააჩნიათ [18].

**T უჯრედული დეფიციტი B-ქლლ-ს დროს**

B-ქლლ-ით დაავადებულ პირებში ნეოპლასტური კლონის ექსპანსიას, განსაკუთრებით დაავადების ბოლო სტადიებზე, თან ახლავს T უჯრედული დეფიციტი, ოპორტუნისტული ინფექციების მაღალი სიხშირე და თ უჯრედული ლიმფოციტოზი. მიუხედავად იმისა, რომ B-ქლლ-ს დროს T უჯრედულ დისრეგულაციაზე და დაავადების მიმდინარეობაზე მისი გავლენის შესახებ მონაცემების დიდი რაოდენობა არსებობს [20], ამ მოვლენის მექანიზმები დადგენილი არ არის.

ადრეულ შრომებში ნაჩვენები იქნა, რომ B-ქლლ-ით დაავადებულ პირებში დაქვეითებულია რამდენიმე მნიშვნელოვანი თ უჯრედული ფუნქცია: პასუხი მიტოგენურ სტიმულაციაზე [21], თ ჰელპერების ფუნქცია [22], შერეული ლიმფოციტური პასუხი [23]. ნაჩვენები იქნა, რომ CD28 და CD62L ექსპრესია დაქვეითებულია როგორც CD8+, ასევე CD4+T უჯრედებზე [24], რაც შესაძლებელია in vivo T უჯრედული პრეაქტივაციის შედეგი იყოს, რაც B-ქლლ-ით დაავადებულ პირებში იწვევს T უჯრედულ ანერგიას.

B-ქლლ-ს დროს თ უჯრედებზე დაქვეითებულია, აგრეთვე, კოსტიმულატორული მოლეკულის CD40 ლიგანდის (CD154) ექსპრესია [25], მაგრამ აქტივაციის შედეგად მისი აღდგენა ხდება [26]. მიუხედავად იმისა, რომ პუბლიკაციების უმრავლესობა CD8+ უჯრედებზეა ფოკუსირებული, ნაჩვენები იქნა, რომ B-ქლლ უჯრედების CD40-აქტივაციამ შეიძლება გამოიწვიოს ანერგიული თ უჯრედების აგრესია ნეოპლასტური კლონის წინააღმდეგ და რომ CD4+ ციტო უჯრედები არის ის წამყვანი პოპულაცია, რომელიც პასუხობს CD40-ით გააქტივებულ აუტოლოგიურ B-ქლლ უჯრედებზე [27].

**B- ქლლ-ს დროს CD4+ T უჯრედების ექსპანსია**

ჩვენ დავამტკიცეთ, რომ CD4+ ციტოტოქსიური უჯრედები თამაშობენ მნიშვნელოვან როლს იმუნურ პასუხებში ქლლ-ს დროს. ჩვენს მიერ პირველად იქნა ნაჩვენები, რომ B-ქლლ-ით დაავადებული პირების CD4+ პერფორინ (PF) და გრანზიმებ მაქსიმალურად აღწერილი T უჯრედები ხასიათდება CD45R+CD28- ფენოტიპით [18]. ჩვენი მონაცემების მიხედვით, ამ უჯრედებს შეუძლიათ წარმატებით გაანადგურონ B-ქლლ უჯრედები PF-გამუშალებული გზით ანტი-CD3/CD19 ბისპეციფიკური ანტიხეულელების თანაობისას [29]. არსებობს მონაცემები, რომ CD4+ T უჯრედებს შეუძლიათ მოკლან აუტოლოგიური B-ქლლ უჯრედები [30] და ამ სიმსივნე-სპეციფიური CD4+ T უჯრედული კლონების გენერირება შესაძლებელია აუტოლოგიური B-ქლლ ლიზატების გამოყენებით [31, 32]. ჩვენს მიერ ნაჩვენები იქნა, რომ CD4+PF+ T უჯრედების ექსპანსია უკუკორელაციაშია ლიმფოციტების რაოდენობასთან [28], მაგრამ ფართო-მასშტაბური შრომები არ ჩატარებულა დაავადების სტადიასთან, მკურნალობასთან და პროგნოზულ ფაქტორებთან შესაძლო კორელაციის გამოსავლენად.

**CD4+PF+ T უჯრედების წვლილი იმუნოდეფიციტური მდგომარეობის განვითარებაში**

აქტივირებული PF+CD4+T უჯრედების ექსპანსია და მათი აგრესია აუტოლოგიური T უჯრედული სამიზნეების მიმართ B-ქლლ-ს დროს შესაძლებელია თამაშობდეს როლს T უჯრედული დეფიციტში [60,61] და საჭიროებს სრულ გამოკვლევას. გარდა ამისა, აქტივირებული CD4+T უჯრედების მიერ პერფორინის ექსპრესიამ შეიძლება გამოიწვიოს აქტივაციით ინდუცირებული უჯრედული სიკვდილი (AICD), როგორც ეს ნაჩვენები იყო PF+CD8+თ უჯრედებისათვის [62]. ამრიგად, მნიშვნელოვანია შეფასდეს CD4+ ციტოტოქსიური უჯრედების როლი იმუნოდეფიციტური მდგომარეობის განვითარებაში B-ქლლ-ს დროს და განისაზღვროს შესაძლო სამიზნეები.

პროექტის ძირითადი მიზანი იყო CD4+ ციტოტოქსიური T უჯრედებით განპირობებული იმუნური პასუხების შესწავლა B უჯრედული ქრონიკული ლიმფოციტური ლეიკემიის (B-ქლლ) დროს.

აღნიშნული მიზნის მისაღწევად დასახული გეგმონდა შემდეგი კვლევითი ამოცანები: 1. განისაზღვროს CD4<sup>+</sup> ციტოტოქსიური T (ციტT) უჯრედების რაოდენობისა და ფუნქციის კავშირი B-ქლლ-ს კლინიკურ და პროგნოზულ ფაქტორებთან და მკურნალობის ხასიათთან; 2. CD4<sup>+</sup> ციტT უჯრედების წვლილის განსაზღვრა B-ქლლ-ით დაავადებული პირების T უჯრედულ დეფიციტში.

**ლიტერატურა:**

1. Kipps TJ. Chronic lymphocytic leukaemia and related diseases. In: Beutler E, Lichtman M, Coller B, Kipps TJ, eds. Williams Hematology, 5<sup>th</sup> ed. New York, McGraw-Hill Inc, 1995: 1017-1039;
2. Reed JC. Semin Oncol. 1998; 25: 11-18;
3. Pers J-O, Berthou C, Porakishvili N, Burdjanadze M et al. Leukemia, 2002; 16: 44-52;
4. Nedellec S, Renaudineau Y, Berthou C, Porakishvili N et al. J Immunol, 2005; 174: 3749 – 3756;
5. Zupo S, L. Isnardi, M. Megna, R. Massara et al. Blood, 1996; 88: 1365-1374;
6. Zupo S; Massara R; Dono M; Rossi E et al. Blood, 2000; 95: 1199-1206;
7. Cioca DP, Kitano K. Leukemia, 2002; 16: 335-343;
8. Golay J; Lazzari M; Facchinetti V; Bernasconi S et al. Blood, 2001; 98: 3383-3389;
9. Pedersen IM, Buhl AM, Klausen P, Geisler CH, Jurlander J. Blood, 2002; 99: 1314-1319;
10. Perz J, Topaly J, Fruehauf S, Hensel M, Ho AD. Leuk Lymphoma, 2002; 43: 149-151;
11. Begleiter A, Mowat M, Israels LG, Johnston JB. Leuk Lymphoma, 1996; 23: 187-201;
12. Bellosillo B, Villamor N, Colomer D, Pons G, Montserrat E, Gil J. Blood, 1999; 94: 2836-2843;
13. Klein A, Miera O, Bauer O, Golfier S, Schriever F. Leukemia, 2000; 14: 40-46;
14. Mainou-Fowler T, Proctor SJ, Dickinson AM. Leuk Lymphoma, 2001; 40: 393-403;
15. Hamblin TJ, Davis Z, Gardiner A, Oscier DG, Stevenson FK. Blood, 1999; 94: 1848-1854;
16. Damele RN, Wasil T, Fais F, Chotto F et al. Blood, 1999; 94: 1840-7;
17. Montillo M, Hamblin T, Hallek M, Montserrat E, Morra E. Haematologica, 2005; 90: 391-399;
18. Porakishvili N, Kulikova N, Jewell AP, Yoinou PY et al. Br J Haematol., 2005, 131: 313-319;
19. Zaknoen SL, Kay NE. Blood rev., 1990; 4: 165-174;
20. Mellstedt H, Choudhury A. Cancer Immunol Immunother (2006) 55: 210–220;
21. Kay NE, Perri RT. Clin.Lab.Med., 1988; 8: 163-177;
22. Prieto A, Garcia-Suarez J, Reyes E, Lapena P, Hernandez M, Alvarez-Mon M. Exp. Haematol., 1993; 21: 1563-1569;
23. Rossi E, Matutes E, Morilla R et al. Leukemia, 1996; 10: 494-497;
24. Van den Hove LE, Vandenberghe P, Van Gool SW, Ceuppens JL et al. Leuk Res., 1998; 22: 175-184;
25. Chu P, Wierda W, Kipps TJ. Blood, 2000; 95: 3853-3858;
26. Brugnani D, Rossi G, Tucci A, Cattaneo R, Airo P. Haematologica, 1995; 80: 440-442;
27. Buhmann R, Nolte A, Westhaus D, Emmerich B, Hallek M. Blood, 1999; 15: 1992-2002;
28. Porakishvili N, Roschupkina T, Kalber T. et al. Clin Exp Immunol., 2001; 126: 29-36;
29. Porakishvili N, Kardava L, Jewell AP, Yong K, et al. Haematologica, 2004; 89: 435-443;
30. Bohlen, H., O. Manzke, B. Patel, G. Moldenhauer et al. Cancer Res., 1993; 53: 4310 -4314;
31. Goddard RV, Prentice AG, Copplestone JA, Kaminski ER. Clin Exp Immunol., 2001; 126: 16-28;
32. Goddard R, Prentice A, Copplestone A, Kaminski E. Hematol J., 2003; 4: 271-276;
33. Briggs PG, Kraft N, Atkins RC. Leukaemia

Res., 1990; 14: 155-159; 34. Dianzani U, Omede P, Marmont F, DiFranco D et al. Blood, 1994; 83: 2198-2205; 35. Chen L, Woo M, Hakem R, Miller RG. Eur J Immunol., 2003; 33: 769-778;

#### კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

ქლლ-ის დროს კლინიკურ და პროგნოზულ ფაქტორებთან CD4+T უჯრედების ექსპანსიის დამოკიდებულების შესწავლისას გამოვლინდა ნეგატიური კორელაცია უჯრედული ჩრდილების (უჩ) პროცენტული მაჩვენებლის (პმ) და CD38-ის ექსპრესიის ინტენსივობას შორის (კორელაციის კოეფ.= -0.42,  $p=0.03$ ). იმის გავითვალისწინებით, რომ CD38 აღიარებულია, როგორც ქლლ-ის აგრესიული ფორმის მაჩვენებელი, აღნიშნული კორელაცია კიდევ ერთხელ ადასტურებს ლიტერატურაში არსებულ ბოლო მონაცემებს, რომ უჩ-ს მაღალი რაოდენობა – პოზიტიური პროგნოზული მარკერია ქლლ-თვის. უჩ-ს პმ-ს დამტკიცება პროგნოზული მარკერის სახით მეტად მნიშვნელოვანია პრაქტიკული თვალსაზრისით, რადგანაც ამ მაჩვენებლის დადგენა ხდება სისხლის ნაცხების რუტინული მორფოლოგიური შესწავლით, ანუ წარმოადგენს იაფფასიან მეთოდს, რომელიც შეიძლება დაინერგოს კლინიკებში, 20%-ანი ზღვარის გათვალისწინებით.

მეორე ამოცანის ფარგლებში გამოვიკვლიეთ CD4+ ციტოტოქსიკური ლიმფოციტების შესაძლო მონაწილეობა აქტივაციით ინდუცირებულ უჯრედულ სიკვდილში (AICD). ნაჩვენებია იყო CD4+ T უჯრედებში აპოპტოზის ინდუცირება პლანშეტზე იმობილიზებული მონოკლონურ ანტი-CD3 ანტისხეულების მიერ. IL-2-ის თანაობისას ადგილი ჰქონდა აპოპტოზისგან პროტექციას.

ქლლ-ის დროს იმუნოდეფიციტური მდგომარეობის განვითარებაში B უჯრედების როლის განსაზღვრასთან დაკავშირებით აღსანიშნავია ჩვენს მიერ გამოვლენილი 2 კორელაცია: I. B უჯრედების ზედაპირზე CD180-ის ექსპრესიის ინტენსივობა პირდაპირ კორელირებდა T უჯრედების ზედაპირზე CD3-ის ექსპრესიის ინტენსივობასთან; II. CD180+ უჯრედების პმ-ის უკუ-კორელირებდა CD3+ უჯრედების პმ-თან. აღნიშნული შედეგებიდან გამომდინარე გადავწყვიტეთ შეგვესწავლებინა B უჯრედებზე ექსპრესირებული CD180-ის შესაძლო როლი ქლლ უჯრედების აქტივაციის და გადარჩენის პროცესში და მისი სავარაუდო წვლილი ქლლ-ის დროს იმუნოდეფიციტური მდგომარეობის განვითარებაში. დადგინდა, რომ CD180-ის შებოჭვა ნორმალურ B უჯრედებში და ქლლ კლონების დაახლოებით 50%-ში (“მორეაგირე” კლონები – ლ) იწვევს აქტივაციას, პროლიფერაციას და აპოპტოზისგან დაცვას. ჩვენ შევისწავლეთ CD180-ის გაშუალებული სასიგნალო გზა და დავადგინეთ, რომ ლ-ქლლ კლონებში ამ გზაში ჩართულია Zap70/Syk, Erk, p38MAPK და Akt პროტეინ კინაზები, იმ დროს როცა “არა-მორეაგირე”- NR -ქლლ კლონებში შეიმჩნევა აღნიშნული სასიგნალო გზის ბლოკირება Zap70/Syk –დან დაღმავალ მონაკვეთზე. ასევე შევისწავლეთ CD 180-ის და -უჯრედული რეცეპტორის ( BCR-ის) სასიგნალო გზების ურთიერთდამოკიდებულება და დავადგინეთ, რომ R-ქლლ კლონები BCR-ის შებოჭვაზე პასუხობენ CD 86–ის და Ki -67–ის ექსპრესიის მომატებით, ანუ ადგილი აქვს უჯრედის აქტივაციას. ამგვარად, მიღებული შედეგების საფუძველზე ვვარაუდობთ, რომ R-ქლლ კლონებში in vivo ხდება ჰიპოთეტური ანტიგენით CD 180-ის ან BCR-ის სასიგნალო გზის სტიმულაცია, რასაც მოყვება CD 86–ის ექსპრესიის ინდუცირება. CD 86–ს შეუძლია დაუკავშირდეს ან CD 28–ს ან CTLA -4–ს CD 3+ T უჯრედების ზედაპირზე, პირველ შემთხვევაში მოხდება T უჯრედის აქტივაცია, მეორე შემთხვევაში – განადგურება AICD –ის გზით. B-ქლლ-თვის დამახასიათებელია CD28–ის დაბალი ხოლო CTLA -4–ის – მაღალი ექსპრესიის დონე. ამგვარად CD180+CD86+ B უჯრედის დაკავშირებას CD3+CD28- T უჯრედთან მოყვება T უჯრედის განადგურება AICD–ის გზით. ამდგარი ვარაუდი გვაძლევს ახსნას CD180+ B უჯრედების პმ-ის უკუ-კორელაციას CD3+ უჯრედების პმ-თან. მეორეს მხრივ, ნაწილ T უჯრედებზე მაინც ექსპრესირებულია CD28 და ასეთი CD3+CD28+ თT უჯრედის დაკავშირებას CD180+CD86+ B უჯრედთან მოყვება T უჯრედის აქტივაცია და CD28-ის სასიგნალო გზით განპირობებული CD3–ის ზედაპირული ექსპრესიის მომატება, რითაც შეიძლება აიხსნას ჩვენს მიერ ნაჩვენები პირდაპირი კორელაცია CD180-ის ექსპრესიის ინტენსივობისა და CD3-ის ექსპრესიის ინტენსივობას შორის. მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით შემოთავაზებული ვარაუდები მიგვანიშნებენ CD180-ის შესაძლო საკვანძო როლზე ქლლ-ის დროს იმუნოდეფიციტური მდგომარეობის განვითარებაში. ვიმედოვნებთ, რომ ჩვენ მიგვეცემა საშუალება გავაგრძელოთ ჩვენი კვლევა და დავადასტუროდ წარმოდგენილი ვარაუდი.

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):

1. CD180 functions in activation, survival and cycling of B chronic lymphocytic leukaemia cells. **Porakishvili N.**, Memon A., Vispute K., **Kulikova N.**, Clark E., Rai K., Natwani A., Damle R., Chiorazzi N. and Lydyard P. **Br J Haematol, accepted (2011)**

**კვლევის ფარგლებში ჩატარებული სამეცნიერო ღონისძიებები (სემინარი, კონფერენცია, და ა.შ.):**

მიმართულებაზე 15.03.11 ჩატარდა სემინარი: "CD4+PF+ T უჯრედების წვლილის შესწავლა ქლლ-ის დროს იმუნოდეფიციტური მდგომარეობის დროს იმუნოდეფიციტური მდგომარეობის განვითარებაში", მომხსენებელი -ნ.კულიკოვა

და 20.12.11 ჩატარდა სემინარი: "ქლლ უჯრედებში CD180-ის ფუნქცია და სასიგნალო გზები", მომხსენებელი - ნ. ფორაქიშვილი

**კვლევის დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ფონდი (არსებობის შემთხვევაში):** საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდი, ხელშეკრულება №220

**ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგიის ლაბორატორია**

თსუ მე-11 კორ. ოთახი 367. ტელ.230-42-78. ელ.ფოსტა- [vanokoba@gmail.com](mailto:vanokoba@gmail.com).

**ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი:**

თემის ხელმძღვანელი აკადემიკოსი თეიმურაზ იოსელიანი, პერსონალი: ლაბორატორიის გამგე, ბ.მ.დ. ივანე კობაიძე, ბ.მ.დ. მილიცა სვანიძე, მანანა ჩიქოვანი.

**კვლევის/პროექტის თემატიკა :**

ექსპერიმენტული ეპილეფსიური მოდელის შესწავლა სხვადასხვა ფარმაკოლოგიური პრეპარატების გამოყენებით.

სისტემური ინექციის რეჟიმში ანტიკონვულსურად მოქმედი ნივთიერებების გამოვლენა და მათი ნიროფარმაკოლოგიური კვლევა

**კვლევის/პროექტის აქტუალობა, მიზნები და მიღებული შედეგები:**

ეპილეფსია ჯერ კიდევ რჩება თანამედროვე მეცნიერების ამოუცნობ პრობლემად. ამ დაავადების ერთ-ერთ მთავარ მახასიათებლად, როგორც ცნობილია, ითვლება კრუნჩხვითი განმუხტვების სპონტანური აღმოცენება. ეს უკანასკნელი განპირობებულია თავის ტვინის სტრუქტურებში ამაგზნებელი და შემკავებელი პროცესების ბალანსის დარღვევით. სახელდობრ, ნეირონთა აგზნებადობის მნიშვნელოვანი ამაღლება განაპირობებს თავის ტვინის მზაობის გაზრდას კრუნჩხვითი რეაქციისკენ. საპირისპირო რეაქცია მიიღება აგზნებადობის დაცემისას. კერძოდ ქვეითდება თავის ტვინის მზაობა ეპილეფსიური რეაქციებისაკენ და კრუნჩხვითი განმუხტვები სპონტანურად არ აღმოცენდება.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე ლოგიკურია, რომ ეპილეფსიით დაავადებულ ზოგიერთ პაციენტში სპონტანური კრუნჩხვითი განმუხტვები ძირითადად აღმოცენდება მათი სიფხიზლის დროს, როცა ნერვული უჯრედების აგზნებადობა ამაღლებულია და მათი მზაობა კრუნჩხვითი რეაქციებისკენ გაზრდილია. მაგრამ უცნაურია ის ფაქტი, რომ ზოგიერთ ეპილეფტიკ პაციენტში სპონტანური კრუნჩხვითი განმუხტვები უფრო ხშირად ძილის ფაზებში ვლინდება. მიუხედავად იმისა, რომ ტავის ტვინის უჯრედული ელემენტების აგზნებადობა ამ ფაზაში დაქვეითებული უნდა იყოს. სავარაუდოა რომ ასეთი არალოგიკური შედეგები განპირობებული უნდა იყოს: 1] სპონტანური კრუნჩხვების განსხვავებული ეთიოლოგიით ან კიდევ 2] სპონტანური კრუნჩხვის პირველადი კერის სხვადასხვა ლოკალიზაციით თავის ტვინში.

მეორე ვარაუდიდან გამომდინარე, წინამდებარე კვლევის მიზან წარმოადგენდა ეპილეფსიის ცხოველურ მოდელებზე /თეთრი ვირთაგვა/, ჰიპოკამპის ელექტრული გაღიზიანებით კრუნჩხვითი განმუხტვების გამოწვევა ძილ-ღვიძილის ციკლის სხვადასხვა ფაზაში და მისი ეპილეფტოგენური ზღურბლის ცვალებადობის ტიპის და მიზეზის დადგენა.

**მიღებული შედეგები:** 1. ნორმალურ პირობებში ნეოკორტექსის ტონურ შემკავებელ გავლენას ახდენს ჰიპოკამპზე, რის გამოც ამ უკანასკნელის აგზნებადობა ქვეითდება და მისი მზაობა ეპილეფტოგენური რეაქციებისაკენ მცირდება. 2. ქლორეთილით ნეოკორტექსის გაცემა ასუსტებს მის შემკავებელ ტონუსს ჰიპოკამპზე, ამიტომ ჰიპოკამპის აგზნებადობა მაღლა იწევს და იზრდება ალბათობა კრუნჩხვითი განმუხტვებისადმი. 3. პრინციპულად მსგავსი ეფექტი ვლინდება ნეოკორტექსში გავრცელებადი დეპრესიის განვითარების შედეგად. კერძოდ სუსტდება ნეოკორტექსის შემკავებელი ტონუსი, რაც თავის მხრივ ჰიპოკამპის კრუნჩხვითი განმუხტვებისადმი მის მზაობის გაზრდას იწვევს. 4. მიღებული ფაქტობრივი მასალა და მისი განხილვა შესაძლებლობას იძლევა გამოითქვას შემდეგი ვარაუდი: იმ პაციენტებში, სადაც ეპილეფსიის პირველადი კერა მოთავსებულია ჰიპოკამპში, ძილის დროს სუსტდება რა ნეოკორტექსის შემკავებელი ტონუსი, იზრდება კრუნჩხვითი განმუხტვების სპონტანურად აღმოცენების ალბათობა.

January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

---

**კვლევის მასალები გამოქვეყნებულია:**

საქ. ფიზიოლოგთა კონფერენცია. 2004. ქ. ქუთაისი.  
Georgian journal of neurosciences. 1-3. 2004.  
საქ. მეცნიერებათა აკადემიის მაცნე. 2008. 3-4. ტ. 34.  
გაგრის საუბრები. 2010.  
ბათუმის საერთაშორისო კონფერენცია. 2010.

**დამფინანსებელი ორგანიზაცია: რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი GNSF/STO 8/6-468.**

## გეოგრაფიული ლაბორატორია

მისამართი: თსუ-ს III კორპ. ოთახი 18.

ლაბორატორიის გამგე გეოგრაფიის დოქტორი რობერტ მალაკელიძე.

### თანამშრომლები:

უფროსი ლაბორანტი - გეოგრაფიის დოქტორი თენგიზ დეკანოიძე,  
ინჟინერი - გეოგრაფიის დოქტორი ნელი ჯამასპაშვილი,  
ლაბორანტი - დოქტორანტი ნინო პაიჭაძე,  
ლაბორანტი - დოქტორანტი მანანა შარაშენიძე,  
უფროსი ლაბორანტი - ნინო რუხაძე

**robertmaglakelidze@ yahoo. com.** ტელ. (599) 599183784  
**tengizdecanoidze@ yahoo.com;** ტელ. 593 944 930  
**njamaspashvili@ gmail. com;** ტელ. (599) 517409  
**nana.paichadze@ yahoo.com;** nino.paichadze@ tsu.ge ტელ. 571 232 011  
**manana.SharaSenidze@yahoo. com.** ტელ.597788799  
**Rukhadze@hotmail.com;** ტელ. 2251547;2220111

გეოგრაფიული ლაბორატორიის მუშაობა სასწავლო პროცესის დახმარების მიზნით სამი მიმართულებით ხორციელდება:

### 1. სასწავლო-სამეცნიერო კვლევა.

- ნახევრადსტაციონარული ორდინაციული დინამიკური დაკვირვებების ორგანიზება და ექსპერიმენტული ნაკვეთების (ლაგოდები, ვაშლოვანი, ბაკურიანი, საგურამო-იალნოს, აჯამეთის და მტირალას) განახლება-აღდგენა.
- სტუდენტებისა და დოქტორანტების ჩართვა სამეცნიერო სასწავლო საველე კვლევებში, კონფერენციებსა და სემინარებში.
- 50 წლიან დაკვირვებათა მონაცემებს საფონდო მასალების დამუშავება და ელექტრონული ვერსიის გის-ში ჩატვირთვა.

### 2. სასწავლო პროცესში მონაწილეობა და სტუდენტებისადმი ინფორმაციის მიწოდება:

- ელექტრონული სასწავლო-სამეცნიერო ბიბლიოთეკის შექმნა
- საწავლო მეთოდური ლიტერატურის მომზადება გამოსაცემად.
- აქტუალური უცხოური გეოგრაფიული ლიტერატურის თარგმნა ქართულ ენაზე გამოსაცემად
- პროფესორ ნ. ბერუჩაშვილის რჩეული უცხოური სტატიების ქართულად თარგმნა და გამოსაცემა.

### 3. ლაბორატორიის მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის მოწესრიგება სასწავლო თვალსაზრისით

- სასწავლო-მეცნიერული კვლევებისათვის მარტყოფის ფიზიკურ-გეოგრაფიული ლაბორატორიის პოლიგონის ნაცვლად ექსპერიმენტული ნაკვეთების (ლაგოდები, ვაშლოვანი, ბაკურიანი, საგურამო-იალნოს, აჯამეთის და მტირალას) განახლება-აღდგენა. ნახევრადსტაციონარული ორდინაციული დინამიკური დაკვირვებების ორგანიზება და მასში სტუდენტების ჩართვა.

### ლაბორატორიის თანამშრომლების მიერ 2011 წელს გამოქვეყნებული შრომები:

1. რ. მალაკელიძე, თ. დეკანოიძე, ნ. ჯამასპაშვილი, ნ. პაიჭაძე, მ.შარაშენიძე. ბუნებრივი კომპლექსების სივრცე-დროითი ანალიზის თეორიული კონცეფციის ფორმირება და მარტყოფის სტაციონარის განვითარების პერსპექტივები. გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები), თბილისი, "გეოიდი" 2011. 322-328 გვ.

2. რ. მაღლაკელიძე, თ. დეკანოიძე, ზ. ტიელიძე. სამოქალაქო განათლების გეოგრაფიული პრობლემები შიდა ქართლში. გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები), თბილისი, "გეოიდი" 2011. 175-178 გვ.
3. თ.გორდეზიანი, ნ. ელიზბარაშვილი, რ. მაღლაკელიძე, ნ. ჯამასპაშვილი პროფესორ ნიკო ბერუჩაშვილის ინიციატივა. გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები), თბილისი, "გეოიდი" 2011. , გვ.4-7
4. რ. მაღლაკელიძე, გ. მაღლაკელიძე. ლანდშაფტების ეტოლოგიის ზოგიერთი საკითხი. ჟურნალი საქართველოს გეოგრაფია. თბილისი. 2011  
ტურიზმის და რეკრეაციული გეოგრაფიის ზოგიერთი თეორიული საკითხი
5. ნ. ჯამასპაშვილი, ნ. ბერუჩაშვილი, ჟ. რადვანი კავკასიის გეოპოლიტიკური ატლასი. ქართული ვერსია. ფფ. 80. ბაკურ სულაკაურის გამომცემლობა. 2011წ.
6. N. Jamaspashvili. CD - Atlas geopolitique informatique du Caucase. - (co-author J.Radvany, N.Beroutchachvili) Paris, Publication Langues'O., 3-emme edition, 2011, - 85 p.
7. M. SharasheniDze. The landscape- Georgraphic analisis viticultars and enology in Georgia გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები), თბილისი, "გეოიდი" 2011. გვ. 300-307
8. მ. შარაშენიძე. საქართველოში ვაზის ჯიშების გავრცელების გეოგრაფიული თავისებურებები. ჟურნალი "საქართველოს გეოგრაფია" 2011.
9. M. SharasheniDze. Landscape- European identiy-evaluting the turistic potential of Georgia' s landscepes. International Conference Environment-landscape-European Identity 4-6 november, 2011, Bucharest.
10. მ. შარაშენიძე. საქართველოს აგროტურიზმის პერსპექტივების კომპლექსური შეფასება". თბილისი. (საერთ. კონფერენციის მასალები) 2011 წ.
11. ნ. პაიჭაძე. კურორტ ბახმაროს ბუნებრივი გარემოს ფიზიკურ-გეოგრაფიული ანალიზი და რეკრეაციული შეფასება–Annals of agrarian science, vol.9, no.4, 2011. pp. 48-53.
12. ნ. პაიჭაძე. ატმოსფერული პროცესების გავლენა რადიოტალღების გავრცელებაზე გარემო და გლობალური დათბობა (საერთ. კონფერენციის მასალები) 2011 წ.
13. N. Paichaze. Technogenic disaster risk assessment and manajment (example of gold minning- Kazreti open quarry). International Conference Environment-landscape-European Identity 4-6 november, 2011, Bucharest.
14. N. Paichaze. Geo ecological problems of Georgia in connection with climate Change-География: Проблемы науки и образования ( мат. межд. н/п конф.) Санкт-Петербург. 2011-12-20.
15. N. Paichaze. Влияние синоптического фактора на изменение градиента показателя преломления УК радиоволн для территории Грузии- Современные проблемы географии (мат. межд. конф). Тбилиси 2011.
16. ნ. რუხაძე ბუნებათსარგებლობის გეოგრაფიული ასპექტები. ჟურნ. „საქართველოს გეოგრაფია“. თბ. 2011

### 2011 წელს ლაბორატორიის თანამშრომლების მონაწილეობა სამეცნიერო კონფერენციებში

1. რ. მაღლაკელიძე, თ. დეკანოიძე. საქართველოს პროფესორ-მასწავლებელთა სამეცნიერო კონფერენცია, გორის სასწავლო უნივერსიტეტი. მოხსენება „საქართველოს ნიადაგების რუკა ლანდშაფტურ საფუძველზე“.
2. რ. მაღლაკელიძე, თ. დეკანოიძე, ნ. პაიჭაძე. სამეცნიერო კონფერენცია - "გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები". მოხსენება- "ტურიზმის და რეკრეაციული გეოგრაფიის ზოგიერთი თეორიული საკითხი". თბილისი; თსუ, ალ. ჯავახიშვილის სახელობის საქართველოს გეოგრაფიული სააზოგადოება
3. ნ. ჯამასპაშვილი. გეოინფორმაციო სისტემებისა და დისტანციური ზონდირების მომხმარებელთა XII საერთაშორისო კონფერენცია. გვის და დზ საკონსულტაციო ცენტრი „ბმობრაშიპი“. სივრცითი ინფორმაცია და ინფორმაციის სივრცითი ანალიზი (ქართულ-ამერიკული). ჩატარდა სასტუმრო „თბილისი მარიოტი“, რუსთაველის გამზ.13
5. N. Jamaspashvili. The NATO Science for Peace and Security (SPS) Programme. საქართველოს ეროვნული ბიბლიოთეკა.



6. ნ. ჯამასპაშვილი. კავკასიის გეოპოლიტიკური ატლასის ქართული ვერსიის პრეზენტაცია. თბილისი; აღ. ჯავახიშვილის სახელობის საქართველოს გეოგრაფიული სააზოგადოება.
7. ნ. ჯამასპაშვილი. მონაწილე, ა. ბენაშვილისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. თბილისი; თსუ. 2 კორ.
8. ნ. ჯამასპაშვილი, რ.მაისურაძე, ზ. სეფერთელაძე, ნ.ბერუჩაშვილი, თ.ხარძიანი სამეცნიერო კონფერენცია - "გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები". თბილისი; აღ. ჯავახიშვილის სახელობის საქართველოს გეოგრაფიული სააზოგადოება. "საქართველოს ახალი ლანდშაფტური რუკა, 2011 წ. შედეგები".
9. მ. შარაშენიძე. მონაწილე. სამეცნიერო კონფერენცია - "გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები". თბილისი; აღ. ჯავახიშვილის სახელობის საქართველოს გეოგრაფიული სააზოგადოება.
10. M. SharasheniDze. International Conference-Buxarest -Landscape- European identity-evaluating the turistic potential of Georgia' s landscapes.
11. მ. შარაშენიძე. საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების პრიორიტეტები "საქართველოს აგროტურიზმის პერსპექტივების კომპლექსური შეფასება".-თბილისი
12. M. SharasheniDze. "Inter-Karto" конференция о.Бали.- Составление экспертной геоинформационной системы и электронного атласа перспективного туристико-рекреационного комплекса Шаорского водохранилища и его окрестностей
13. N. Paichaze. мат. межд. н/п конф. Санкт-Петербург. 2011-12-20.  
Geo ecological problems of Georgia in connection with climate Change-География: Проблемы науки и образования
14. ნ. პაიჭაძე. საერთ. კონფერენცია. ატმოსფერული პროცესების გავლენა რადიოტალღების გავრცელებაზე გარემო და გლობალური დათბობა.
15. ნ. რუხაძე გეოეკოლოგიური დარაიონება და ბუნებათსარგებლობის ძირითადი მიმართულებები. საერთ. კონფ. მასალები. თბ. 2011.
16. ნ. რუხაძე კოლხეთის ანაკლია-განმუხურის შავიზღვისპირა ზოლის რაციონალური ბუნებათსარგებლობის პრობლემები. საერთ. კონფ. მასალები. გეოგრაფიის ინსტიტუტი. თბ. 2011.
17. ლაბორატორია ამზადებს სტუდენტებს სამეცნიერო კონფერენციისათვის, რომელიც ჩატარდება 2012 წლის მარტის შუა რიცხვებში.

#### 2011 წელს ლაბორატორიის თანამშრომლების მონაწილეობა სამეცნიერო გრანტებსა და პროგრამებში 2011 წ.

1. რ. მაღლაკელიძე. ჩქაროსნული მაგისტრალის მდ. ლიახვი - რუისის მონაკვეთის რეაბილიტაცია. ექსპერტი ნიადაგის აღდგენისა და ლანდშაფტების რეკონსტრუქციის საქმეში. პროექტი E-60. სს "ტოდინი კონსტრუქციონი ჯენერალი"-ის ფილიალი "ტოდინი ს.პ.ა.
2. ნ. ჯამასპაშვილი. საქართველოს ახალი ლანდშაფტური რუკა და გეოინფორმაციული სისტემა. საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (სესფ), რუსთაველის სამეცნიერო ფონდის გრანტი - # GNSF/ST08/5-431.
3. ჯამასპაშვილი. შპს ბაკურ სულაკაურის გამომცემლობა - ქართული ბიოგრაფიული ცენტრი. ხელშეკრულება (25/10 2010). *პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი*. კავკასიის გეოპოლიტიკური ატლასის რუკების თარგმნა.
4. მამარდაშვილის ფონდი – საფრანგეთის საელჩო საქართველოში, ბანკი რესპუბლიკა. *გრანტის სამეცნიერო თანახელმძღვანელი*. კავკასიის გეოპოლიტიკური ატლასის ქართული ვერსიის გამოცემა

#### 2011 წელს ლაბორატორიის თანამშრომლების მონაწილეობა ტრენინგ- სემინარებში

1. რ. მაღლაკელიძე. გ. რუჟერის და ნ. ბერუჩაშვილის ფრანგული მონოგრაფიის "გეოსისტემები და პეიზაჟები: თეორია და მეთოდები" ქართული ვერსიის გამოცემის აუცილებლობის შესახებ. მოხსენება საერთაშორისო სემინარზე "საქართველო და საფრანგეთი: ლანდშაფტური ხედვის ორი სკოლა". თსუ, საქართველოს აღ. ჯავახიშვილის სახ. გეოგრაფიული საზოგადოება.

2. **რ. მაღლაკელიძე, დოქტორანტი ნ. პაიჭაძე, დოქტორანტი გ. მაღლაკელიძე** სივრცე-დროითი ანალიზის და სინთეზის კონცეფცია და ლანდშაფტური არქიტექტურის, როგორც მიდგომის შესახებ გეოგრაფიაში. მოხსენება საერთაშორისო სემინარზე “საქართველო და საფრანგეთი: ლანდშაფტური ხედვის ორი სკოლა”. თსუ, საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გეოგრაფიული საზოგადოება.
3. **თ. დეკანოიძე.** მარტყოფის გეოგრაფიული ლაბორატორიის (სტაციონარის) ტრანსფორმაციის და მისი თანამედროვე მდგომარეობის შესახებ. მოხსენება საერთაშორისო სემინარზე “საქართველო და საფრანგეთი: ლანდშაფტური ხედვის ორი სკოლა”. თსუ, საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გეოგრაფიული საზოგადოება.
4. **ნ. ჯამასპაშვილი. ლ. ბერუჩაშვილი.** ქართულ ფრანგული სამეცნიერო გეოგრაფიული ურთიერთობის ზოგიერთი საკითხი და პერსპექტივები. მოხსენება საერთაშორისო სემინარზე “საქართველო და საფრანგეთი: ლანდშაფტური ხედვის ორი სკოლა”. თსუ, საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გეოგრაფიული საზოგადოება.
5. **ნ. ჯამასპაშვილი. ნ. ბერუჩაშვილი.** მოხსენება საერთაშორისო სემინარზე კავკასიის გეოინფორმაციული სისტემების დანერგვა უმაღლეს სასწავლებლებში და ინტერაქტიული გეოგრაფია. "საქართველო და საფრანგეთი: ლანდშაფტური ხედვის ორი სკოლა". თსუ, საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გეოგრაფიული საზოგადოება.
6. **N. Jamsaspashvili.** Certificate USAID / GEORGIA , Of Attendance Intellectual Property Rights, EPI, The training on Intellectual Property Rights (IPR)
7. **ნ. ჯამასპაშვილი.** სემინარის მონაწილე. სივრცითი ინფორმაცია და ინფორმაციის სივრცითი ანალიზი (ქართულ-ამერიკული); გის და დზ საკონსულტაციო ცენტრი „გეოგრაფიკი“. თბილისი, მეთეხი პალასი, რუსთაველის პრ.
8. **მ. შარაშენიძე.** მოხსენება საერთაშორისო სემინარზე საქართველოს მევენახეობა-მეღვინეობის ლანდშაფტური ანალიზი. "საქართველო და საფრანგეთი: ლანდშაფტური ხედვის ორი სკოლა". თსუ, საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გეოგრაფიული საზოგადოება.

### 2011 წელს ლაბორატორიის თანამშრომლების სადისერტაციო ნაშრომზე მუშაობა და დისერტაციის მომზადება გამოსაცემად

#### **რობერტ მაღლაკელიძე**

მომზადებულია გამოსაცემად სადისერტაციო ნაშრომი “ნიადაგის და ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსების მდგომარეობები”.

#### **თენგიზ დეკანოიძე**

მომზადებულია გამოსაცემად სადისერტაციო ნაშრომი “იალნოს ფიზიკურ-გეოგრაფიული სტაციონარის მიდამოების ლანდშაფტურ-გეოფიზიკური დახასიათება”.

#### **ნელი ჯამასპაშვილი**

1. მომზადებულია გამოსაცემად სადისერტაციო ნაშრომი “დაცული ტერიტორიების შერჩევის გეოგრაფიული ანალიზი (მცირე კავკასიონის ცენტრალური ნაწილის და მიმდებარე ტერიტორიების მაგალითზე)”, თსუ., თბილისი, 2002, გ. 278
2. მომზადებულია გამოსაცემად მონოგრაფიის სახით “საქართველოს დაცული ტერიტორიების ერთიანი ქსელი. გეოგრაფიული მიდგომა.”

#### **შარაშენიძე მანანა.**

1. სადისერტაციო ნაშრომი "აღმოსავლეთ საქართველოს რეგიონებში (კახეთი და შიდა ქართლი) მევენახეობა, მეხილეობის კარტოგრაფირება.
2. მომზადებულია გამოსაცემად მონოგრაფიის სახით სადისერტაციო ნაშრომი

**პაიჭაძე ნინო.**

1. მომზადებულია გამოსაცემად (გ. მარგველანი, ზ. სეფერთელაძე, ე. დავითაია, თ.ალექსიძე) სახელმძღვანელო "მსოფლიოს ფიზიკური გეოგრაფია".
2. სადისერტაციო ნაშრომზე მუშაობა "გურიის ლანდშაფტის ანთროპოგენური ტრანსფორმაცია და გარემოს დაცვის პრობლემები" სამეცნიერო ხელმძღვანელი ზ. სეფერთელაძე.

**2011 წელს ლაბორატორიის თანამშრომლების სარედაქციო კოლეგიაში მონაწილეობა**

1. **რობერტ მაღლაკელიძე.** საერთაშორისო რეფერირებადი და რეცენზირებადი ჟურნალის "კავკასიის გეოგრაფიული ჟურნალი" სარედაქციო კოლეგიის წევრი
2. **რობერტ მაღლაკელიძე,** გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები). 335 გვ. სარედაქციო კოლეგიის წევრები. საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გოგრაფიული საზოგადოება. ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
3. **ნელი ჯამასპაშვილი**  
გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები). 335 გვ. სარედაქციო კოლეგიის წევრები. საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გოგრაფიული საზოგადოება. ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
4. **ნელი ჯამასპაშვილი.**  
საერთაშორისო რეფერირებადი და რეცენზირებადი ჟურნალის "კავკასიის გეოგრაფიული ჟურნალი" სარედაქციო კოლეგიის წევრი

**2011 წელს ლაბორატორიის თანამშრომლების კონფერენციების საორგანიზაციო კომიტეტის წევრობა**

1. **რ. მაღლაკელიძე** (საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარის მოადგილე), 2011 წ. 15 ნოემბერი - სართაშორისო სემინარი "საქართველო და საფრანგეთი: ლანდშაფტური ხედვის ორი სკოლა". საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გოგრაფიული საზოგადოება.
2. **თენგიზ დეკანოიძე,** (საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი) 2011 წ. 15 ნოემბერი - სართაშორისო სემინარი "საქართველო და საფრანგეთი: ლანდშაფტური ხედვის ორი სკოლა". საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გოგრაფიული საზოგადოება.
3. **ნელი ჯამასპაშვილი** (საორგანიზაციო კომიტეტის წევრი) 2011 წ. 15 ნოემბერი - სართაშორისო სემინარი "საქართველო და საფრანგეთი: ლანდშაფტური ხედვის ორი სკოლა". საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გოგრაფიული საზოგადოება.
4. **ნელი ჯამასპაშვილი.** (საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარის მოადგილე) 2011 14 ნოემბერი - კავკასიის გეოპოლიტიკური ატლასის ქართული ვერსიის პრეზენტაცია. საფრანგეთის საელჩო - საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გოგრაფიული საზოგადოება.

**2011 წელს ლაბორატორიის თანამშრომლების მონაწილეობა სამეცნიერო ექსპედიციებში**

1. რ. მაღლაკელიძე. იმერეთი. აჯამეთის ნაკრძალი. სეზონური რეგულარული ექსპედიცია
2. რ. მაღლაკელიძე, თ დეკანოიძე. საგურამო-იალონის ქედის რეგიონში. სეზონური რეგულარული ექსპედიცია.
3. რ. მაღლაკელიძე. ექსპედიცია ქვემო რაჭის რეგიონში.
4. ნ. ჯამასპაშვილი. სამეგრელო-ზემო სვანეთის რეგიონში (# GNSF/ST08/5-431)
5. ნელი ჯამასპაშვილი. იმერეთის და რაჭა-ლეჩხუმ-ქვემო სვანეთის რეგიონში (# GNSF/ST08/5-431)

2011 წელს ლაბორატორიის თანამშრომლების მიერ შესრულებული უცხოური სტატიების და მონოგრაფიების ქართული თარგმანი და სასწავლო-მეთოდური ლიტერატურის ელექტრონული ვერსიები

1. **ნ.ბერუჩაშვილი.** ლანდშაფტების ეტოლოგია და ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობათა კარტოგრაფირება – 110 გვ.
2. **პროფ. ნ. ბერუჩაშვილი,** მეცნ. დ. ნიკოლაიშვილის მონაწილეობით.
3. ლანდშაფტური პრაქტიკა მარტყოფის სტაციონარზე. გვ.109
4. **ნ.ბერუჩაშვილი.** ლანდშაფტმცოდნეობა სახელმძღვანელო - სრული ვერსია გვ.130
5. **ნ.ბერუჩაშვილი.** სასკოლო გეოგრაფიის კონცეფცია
6. **ნ. ბერუჩაშვილი** გეოგრაფიული სტაციონარებიდან მონიტორინგის სადგურებამდე და გეოექსპერტულ ობსერვატორიამდე
7. **ნ.ლ.ბერუჩაშვილი, გ.ს.სოფაძე, ა.გ.თედიაშვილი.** კოვალუკის მაღლობის ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებანი და კოვალუკის ტრანსექტის ლანდშაფტურ-გეოფიზიკური დახასიათება
8. **ნ.ლ.ბერუჩაშვილი, ვ.ა.მელიქიძე, ა.მ.გეგეშიძე, ტ.ვ. კანდელაკი, კ.ვ.კაპანაძე.** ბუნებრივი გარემოს მთიანი რეგიონების კვლევის ძირითადი პრინციპები აეროკოსმოსური მეთოდებით
9. **ნ.ბერუჩაშვილი, მ.შოთაძე დ. ნიკოლაიშვილი, ვ. მელიქიძე, მ. ქურთუბაძე, დ.ბერუჩაშვილი. ნ.მედვინეთუხუცესი, გ.ზირაქაშვილი.** კავკასიის გარემოს განვითარების ძირითადი ტრენდები უკანასკნელი 30 წლის განმავლობაში
10. **ნ.ლ.ბერუჩაშვილი.** კავკასიის ლანდშაფტების სტექსების კლასიფიკაცია
11. **ნ. ბერუჩაშვილი თ. ზირაქაშვილი.** მარტყოფის სტაციონარის ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება
12. **ნ.ლ.ბერუჩაშვილი.** სტაციონარული კვლევები\_ რა მოგვცეს მათ?
13. **ნ.ლ. ბერუჩაშვილი.** ცნება "გეოსისტემის მდგომარეობა" გეოგრაფიაში
14. **ნ.ლ.ბერუჩაშვილი.** გეოგრაფიული განათლება პარიზის უნივერსიტეტში
15. **ნ.ლ. ბერუჩაშვილი, გ.ს. ელიზბარაშვილი.** კავკასიის ლანდშაფტების ვერტიკალური სტრუქტურის კლასიფიკაცია ზაფხულის სტრუქტურის სტაბილიზაციის სტექსებში
16. **ნ.ლ.ბერუჩაშვილი, თ.გ. ზირაქაშვილი.** მარტყოფის სტაციონარის ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსების ლანდშაფტურ-გეოფიზიკური დახასიათებების შედარებითი ანალიზი.
17. **მ.ს. სანებლიძე, ნ.ლ. ბერუჩაშვილი, თ.გ. ზირაქაშვილი, ა.გ. თედიაშვილი.** ძირითადი კვლევები მარტყოფის სტაციონარზე
18. **ნ. ბერუჩაშვილი. ნ.ჯამასპაშვილი.** ტყეთმონაწილობის სამუშაოები და მწვანე რუკა
19. **ნ. ბერუჩაშვილი., ვ. ნესტერენკო.** გეოციდი, ეკოციდი და ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსების სტრუქტურების რღვევა
20. **ნ.ბერუჩაშვილი,ა. თედიაშვილი, გ. გუჯაბიძე, ლ. დათუაშვილი.** იალნოს ქედის ძირითადი ლანდშაფტების ბიომასა
21. **ნ. ბერუჩაშვილი., თ.დეკანოიძე, ნ.ჯამასპაშვილი ი. ელისევი, თ.გ. ზირაქაშვილი, რ. მაღლაკელიძე, ნ.ნ. ბერუჩაშვილი.** მარტყოფის სტაციონარი-30 წლის შემდეგ.
22. **ნ.ლ.ბერუჩაშვილი.** ბიომრავალფეროვნება და მისი შეფასების საკითხები
23. **ნ.ლ.ბერუჩაშვილი.** დედამიწის ლანდშაფტების სეზონური დინამიკის მოდელი
24. **ნ.ლ.ბერუჩაშვილი და სხ.** ტყის მოწყობის ლანდშაფტურ-ეკოლოგიური დაგეგმარება და ტყეების მართვა მთიან ქვეყნებში
25. **თ.ფ. ურუშაძე, ნ.ლ. ბერუჩაშვილი.** ნიადაგების როგორც მთა-ტყის ბიოგეოცენოზის კომპონენტების შესწავლის თავისებურებანი
26. **ნ. ბერუჩაშვილი.** საქართველოს პოტენციურად შესაძლებელი ხელუხლებელი ლანდშაფტები
27. **ნ. ბერუჩაშვილი, თ. გორდუზიანი, ნ. ჯამასპაშვილი, რ. მაღლაკელიძე, დ. ნიკოლაიშვილი.** კრიტიკული ტერიტორიები ლანდშაფტში: ლანდშაფტური კვლევების ექსპერიმენტი საქართველოში
28. **აერომასების რაოდენობის გაანგარიშება**
29. **ნ. ბერუჩაშვილი.** ვაკის და მთისწინების გორაკ-ბორცვიანი ლანდშაფტები ვაკის და გორაკ-ბორცვიანი სუბტროპიკული ჰუმიდური

30. **ნ. ბერუჩაშვილი.** ფიზიკურ-გეოგრაფიის პრობლემები და განვითარების გზები. 1974.
31. მარშრუტის აღწერა: მცხეთა-გორი-ხაშური
32. საქართველოს გეოგრაფია (ელექტრონული ვერსია)
33. საქართველოს რეგიონები (ელექტრონული ვერსია)
34. ლანდშაფტების გეოფიზიკა
35. ლანდშაფტების გეოქიმია
36. საგურამო-იალნოს მიდამოების გის-ი

January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

29. ნიკოლსკის ცხრილი  
მაგალითი

$q_2 - 0.4$

H D	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
8	0.008	0.010	0.011	0.012	0.014	0.015	0.016	0.018	0.019	0.021	0.022	0.023	0.025	0.026	0.027										
10	0.013	0.015	0.017	0.019	0.021	0.023	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034	0.036	0.038	0.041	0.043	0.045	0.047								
12	0.018	0.022	0.025	0.028	0.031	0.034	0.037	0.040	0.043	0.046	0.049	0.052	0.055	0.058	0.062	0.65	0.068	0.071	0.074						
14	0.025	0.029	0.033	0.038	0.042	0.046	0.050	0.054	0.059	0.063	0.067	0.071	0.075	0.080	0.084	0.088	0.092	0.096	0.100	0.105	0.109				
16	0.033	0.380	0.044	0.049	0.055	0.060	0.066	0.071	0.077	0.082	0.087	0.093	0.098	0.104	0.109	0.115	0.120	0.126	0.131	0.137	0.142	0.148	0.153		
18	0.042	0.048	0.055	0.062	0.069	0.073	0.082	0.090	0.097	0.104	0.111	0.118	0.125	0.132	0.138	0.145	0.152	0.159	0.166	0.173	0.180	0.187	0.194		?
20	0.061	0.060	0.068	0.077	0.085	0.094	0.103	0.111	0.120	0.128	0.137	0.146	0.154	0.162	0.171	0.179	0.188	0.197	0.205	0.214	0.222	0.231	0.239		?
22	0.062	0.072	0.083	0.093	0.103	0.114	0.124	0.134	0.145	0.155	0.165	0.176	0.186	0.196	0.207	0.217	0.227	0.238	0.248	0.258	0.269	0.279	0.289		?
24	0.075	0.086	0.098	0.111	0.123	0.135	0.148	0.160	0.172	0.185	0.197	0.209	0.221	0.234	0.246	0.258	0.271	0.283	0.295	0.308	0.320	0.332	0.344		?
26	0.087	0.101	0.116	0.130	0.144	0.159	0.173	0.188	0.202	0.217	0.231	0.245	0.260	0.274	0.289	0.303	0.318	0.332	0.347	0.361	0.375	0.390	0.404		?
28	0.100	0.117	0.134	0.151	0.167	0.184	0.201	0.218	0.234	0.251	0.268	0.285	0.301	0.318	0.333	0.352	0.368	0.385	0.402	0.419	0.435	0.452	0.469		?
30	0.115	0.137	0.154	0.173	0.192	0.211	0.231	0.250	0.269	0.283	0.308	0.327	0.346	0.365	0.384	0.404	0.423	0.442	0.461	0.481	0.500	0.519	0.538		?
32	0.131	0.153	0.176	0.197	0.219	0.241	0.262	0.284	0.306	0.328	0.350	0.372	0.394	0.416	0.437	0.459	0.481	0.503	0.525	0.547	0.569	0.591	0.612		?
34	0.148	0.173	0.198	0.222	0.247	0.272	0.296	0.321	0.346	0.370	0.395	0.429	0.414	0.469	0.494	0.519	0.543	0.568	0.593	0.617	0.624	0.667	0.691		?
36	0.166	0.194	0.221	0.249	0.277	0.305	0.332	0.360	0.388	0.415	0.418	0.471	0.498	0.526	0.551	0.581	0.609	0.637	0.664	0.692	0.720	0.747	0.775		?
38	0.185	0.216	0.247	0.278	0.306	0.339	0.370	0.401	0.432	0.463	0.494	0.524	0.555	0.586	0.617	0.648	0.679	0.709	0.740	0.771	0.802	0.833	0.864		?
40	0.205	0.239	0.273	0.308	0.342	0.376	0.410	0.444	0.478	0.513	0.547	0.581	0.615	0.649	0.684	0.718	0.752	0.786	0.820	0.854	0.888	0.923	0.957		?
42	0.228	0.264	0.301	0.339	0.377	0.414	0.452	0.490	0.528	0.565	0.603	0.641	0.678	0.716	0.754	0.791	0.829	0.867	0.904	0.942	0.980	1.017	1.055		?
44	0.248	0.289	0.331	0.372	0.414	0.455	0.496	0.538	0.579	0.620	0.662	0.708	0.744	0.786	0.827	0.868	0.910	0.951	0.992	1.034	1.075	1.117	1.158		
46	0.271	0.318	0.362	0.403	0.452	0.497	0.542	0.588	0.633	0.678	0.723	0.769	0.814	0.859	0.904	0.949	0.994	1.040	1.085	1.130	1.175	1.220	1.266		
48	0.295	0.344	0.394	0.443	0.492	0.541	0.591	0.640	0.689	0.738	0.787	0.837	0.886	0.935	0.984	1.033	1.083	1.132	1.181	1.230	1.280	1.329	1.378		
50	0.320	0.374	0.427	0.481	0.534	0.587	0.641	0.694	0.748	0.801	0.854	0.908	0.961	1.015	1.068	1.121	1.175	1.228	1.282	1.335	1.388	1.442	1.495		
52	0.347	0.404	0.462	0.520	0.578	0.635	0.893	0.751	0.809	0.866	0.924	0.982	1.040	1.097	1.155	1.213	1.271	1.328	1.386	1.444	1.502	1.559	1.617		
54	0.374	0.430	0.498	0.561	0.623	0.685	0.747	0.810	0.872	0.934	0.997	1.059	1.121	1.183	1.246	1.308	1.370	1.433	1.495	1.557	1.619	1.682	1.744		
56	0.402	0.460	0.536	0.603	0.670	0.737	0.804	0.871	0.938	1.005	1.072	1.139	1.208	1.273	1.340	1.407	1.474	1.541	1.608	1.675	1.742	1.809	1.876		
58	0.431	0.503	0.575	0.617	0.719	0.790	0.862	0.934	1.006	1.078	1.150	1.223	1.293	1.365	1.437	1.509	1.581	1.683	1.725	1.796	1.868	1.940	2.012		
60	0.461	0.538	0.615	0.632	0.769	0.846	0.923	1.000	1.077	1.153	1.230	1.307	1.384	1.461	1.538	1.615	1.692	1.769	1.846	1.922	1.999	2.076	2.153		



January 6, 2012

2011 წლის სამეცნიერო ანგარიში – ზუსტ და  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

ატმოსფერული მოვლენები	0	$\frac{0}{12,400}$			0	0	0	0		
ნალექები	0	$\frac{0}{12,500}$		3	0	0	0	0		
მოქმედი მდგომარეობა	ზედაპირის	მმრ	სვლ.	სვლ.	სვლ.	მმრ	მმრ	მმრ	მმრ	
ბარომეტრი	689.8	668.8	668.8	668.9	668.9	668.9	668.8	668.8	5371,7	671,5



## ჰიდრომექანიკისა და ოკეანოლოგიის ლაბორატორია

სამეცნიერო მიმართულება: ჰიდრომეტეოროლოგია

ხელმძღვანელი და კვლევაში ჩართული პერსონალი: ნ. წიფწივაძე, ნ. მოწონელიძე და გ. ივანოვი  
კვლევის/პროექტის თემატიკა (სათაური): კლიმატის გლობალური ცვლილება და ადაპტაცია  
კალენდარული წლის განმავლობაში მიღებული შედეგები:

გამოქვეყნებული სამეცნიერო მასალა (სტატია, საკონფერენციო მასალა, წიგნი/მონოგრაფია, და ა.შ.):  
სამი სტატია:

1. “Modern information on World Ocean current eustasy” -Giorgi S. Metreveli, Nodar Sh. Tsvitshivadze, Avtandil G. Amiranashvili. ISSN 1512-1127, Journal of Iv. Javakhishvili TSU M. Nodia Institute of Geophysics and the Georgian Geophysical Society, Issue (B) Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 14, 2010, pp.96-102. ( In English ) ეს სტატია წელს დაიწერა და რატომღაც 2010წ. დათარიღდა;
2. “Risk Assessment of Slope Soil Degradation” -G.P. Dokhnadze, G.S. Metreveli, N.Sh.Tsvitshivadze, L.D. Lagidze. ISSN 1512-1887, Annals of Agrarian Science, vol.9, no.3. 2011, pp. 53-56. (In English);
3. “ Problem of Soil Active Layer Recovery in Desertification Process”- A. Khantadze, N. Tsvitshivadze, D. Kereselidze and L. Lagidze-saqarTvelos geografia, #8-9, 2011w. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, გვ. 91-97. (In English);
4. დამხმარე სახელმძღვანელო -“100+ კითხვა-პასუხი გამოყენებით ეკოლოგიაში”, ნ. წიფწივაძე თანაშემდგენელი. გვ. 183. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა 2011წ.

### კვლევის მიზნები და ამოცანები

დედამიწაზე გლობალური დათბობის პროცესების გამო მსოფლიოში მნიშვნელოვნად შემცირდა მტკნარი წყლის ხელმისაწვდომი მარაგები, ამის ფონზე ჩვენი ქვეყნის წყლის რესურსები განიხილება როგორც სტრატეგიული, ამიტომ მათი ეფექტური მართვა ქვეყნისათვის მეტად მნიშვნელოვანი საკითხია. საჭიროა იმის ცოდნა თუ რა სახით, რაოდენობითა და ხარისხითაა მათი ცვალებადობის ალბათობა ახლო მომავალში, როგორია მათი ეკოლოგიური მდგომარეობა და ზემოქმედება მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე. გაეროს აღიარებით, ამჟამად, გარემოს გლობალური დაბინძურება და ეკოლოგიური უსაფრთხოება საუკუნის ნომერ პირველ პრობლემად იქცა. იგი ჩვენი ქვეყნის უსაფრთხოებისა და მდგრადი ეკონომიკური განვითარების ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილია. ამ კონტექსტში, ლაბორატორიის სამეცნიერო საქმიანობა მოიცავს ზედაპირული წყლების რესურსების, კერძოდ რეკრეაციული, საირიგაციო და სასმელი წყლების ეფექტური მართვისა და რაციონალური გამოყენების საკითხებს. მიმდინარეობს კვლევა უხარისხო სასმელი წყლის მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე ზემოქმედების შესახებ. ქვეყანაში არსებული პრობლემის შესწავლის შედეგად შემუშავებული გვაქვს რეკომენდაციები იმ ღონისძიებების შესახებ, რომელიც უნდა გაატაროს ქვეყნის ცენტრალურმა ხელისუფლებამ და ადგილობრივმა მმართველობითმა ორგანოებმა აღნიშნული წყლების უსაფრთხოებისა და მათი ხარისხის დაცვის თვალსაზრისით (მასალები გამოქვეყნებულია ადგილობრივ პრესაში და რეფერირებად ჟურნალებში).

საქართველოს ეკონომიკური განვითარება, ევროპა-აზიის სატრანსპორტო დერეფნის ამოქმედება და ფუნქციონირება მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული შავი ზღვის უნიკალურ რესურსების ეფექტურ გამოყენებაზე, მისი სანაპიროს ინტეგრალური მართვის მეთოდების ეფექტიანობაზე, საპორტო და საკომუნიკაციო ინფრასტრუქტურების გამართულ ოპერირებაზე, ზღვის სანაპირო ზოლში მიმდინარე სამეურნეო საქმიანობის ეკონომიკო/ეკოლოგიურ ნორმატივებისა და საერთაშორისო აქტების დაცვასა და პრაქტიკულ რეალიზაციაზე.

აღნიშნულ საკითხებზე ლაბორატორიაში შესრულებულია სხვადასხვა საინჟინრო-ეკონომიკური მიმართულების პროექტი, სამეცნიერო გრანტი თუ ნაშრომი, მათ შორის ქ. ბათუმის სანაპირო ზონაში საკანალიზაციო წყალგამწვების პარამეტრების განსაზღვრა სანაპიროსათვის დამახასიათებელი ჰიდროდინამიკური და ლითოდინამიკური მახასიათებლების გათვალისწინებით. ქ. ფოთსა და ანაკლიას შორის სანაპირო მონაკვეთის ჰიდრომეტეოროლოგიური რეჟიმის (ქარების რეჟიმი, ზღვის წყლის დონეები, ძირითადი და ტალღური დინებები, შტორმული მოდენები, ნატანის დინამიკა და ა.შ.) შესწავლა და სხვა. კლიმატის გლობალური დათბობის შედეგად გამოწვეული კატასტროფების რისკების შემცირების მიზნით ასევე ჩატარებული გვაქვს კვლევები მდ. რიონის აუზში. დაფიქსირებული გვაქვს აუზის ყველაზე მოწყვლადი უბნები და შემუშავებულია მთავრობის მიერ გასატარებელ საინჟინრო-ტექნიკური სახის პრევენციულ ღონისძიებათა ჩამონათვალი.

**ჩატარებულ სამუშაოთა ნუსხა:**

1. ლაბორატორიის მომსახურე პერსონალი ყოველდღიურად აწარმოებს გამზომი და მარეგისტრირებელი ხელსაწყოების მიმდინარე მომსახურებას (გაწმენდა, უქმი ჩართვა, ტესტირება, წყლის ნაკადების სიჩქარის მზომი ლაზერული დოპლერის ოპტიკური სისტემის იუსტირება, კალიბრება, ტალღმზომების ტარირება), რაც ტარდება ხელსაწყოების, გაურემონტებელ შენობაში არსებული ტენიანობით გამოწვეული შესაძლო დაზიანების თავიდან აცილებისა და ლაბორატორიული ექსპერიმენტებისა თუ სასწავლო სამუშაოს ნებისმიერ დროს კორექტულად ჩატარების მიზნით;
2. ხელნაწერის სახით, შემუშავებულ იქნა სანაპირო ოკეანოლოგიაში გამოყენებული ძირითადი ტერმინოლოგიის განმარტებითი ლექსიკონი ქართულ ენაზე, საერთაშორისო და პოსტ-საბჭოურ სივრცეში მოქმედი, ძირითადი აღნიშვნები, ასევე სანაპირო ტალღების, დინებების, დონეებისა და ლითოდინამიკური პროცესების განგაროშების საინჟინრო მეთოდები და სქემები;
3. დასრულებულ იქნა ჰიდრაულიკური და ჰიდრომექანიკური ამოცანების ტექსტური და პრაქტიკულ სამუშაოთა კრებულის შემუშავება (მზადაა ელექტრონული ვერსია დამხმარე სახელმძღვანელოს სახით);
4. ვამთავრებთ სანაპირო ტალღური პროცესების ჰიდრაულიკური მოდელირების საკითხებზე დამხმარე სახელმძღვანელოს შემუშავებას;
5. კლიმატის გლობალური დათბობით გამოწვეულ მსოფლიო ოკეანის, მათ შორის შავი ზღვის დონის აწევასთან დაკავშირებულ სანაპიროების დატბორვის, კაშხლების გარღვევის, მყარი ჩამონადენის მიგრაციის და ინფრასტრუქტურისათვის მიყენებული ზარალის მოდელირებისათვის, გაეროს განვითარების პროგრამის ხელშეწყობით, მოპოვებულ და აპრობირებულ იქნა ორი ძვირადღირებული ამერიკული პროგრამა (softwear) HEC-GEO, HMS- RAS; და წყალდიდობის მოდელირების ევროპული პროგრამა MIKE11. აღნიშნული პროგრამული პროდუქტების გამოყენება შესაძლებლობას მოგვცემს ვირტუალურ რეჟიმში შევისწავლოთ ბუნებაში მიმდინარე სხვადასხვა უზრუნველყოფისა და განმეორებადობის ჰიდროლოგიური და ოკეანოლოგიური პროცესები, გავაანალიზოთ მათი გარემოზე მოქმედების შედეგები, გამოვყოთ მოწყვლადი უბნები და რისკების ქვეშ მყოფი დასახლებები, ასევე გამოვიმუშავოთ ოპერატიული და კატასტროფების პრევენციული ღონისძიებების ჩატარების უნარ-ჩვევები. საქართველოს ტერიტორიაზე წყალდიდობა-წყალმოვარდნები თითქმის ყველა მდინარისთვისაა დამახასიათებელი. მათ შორის განსაკუთრებით მაღალი რისკით გამოირჩევა მდ. რიონის აუზის მთიანი და მაღალმთიანი ზონა. მრავალწლიური დაკვირვების მონაცემების თანახმად, 1995 წლამდე წყალმოვარდნების საშუალო განმეორებადობა 5-6 წელიწადში ერთხელ აღინიშნებოდა. შემდგომ პერიოდში კი - ეს მაჩვენებელი შესამჩნევად გაიზარდა. წყალდიდობა-წყალმოვარდნის სავარაუდო სცენარს შეიძლება საფუძვლად დაედოს 1987 წელს მდ. რიონის აუზში მომხდარი წყალდიდობა-წყალმოვარდნები. მათგან გამოწვეულმა ჯამურმა ეკონომიკურმა ზარალმა თოვლის ზვავებთან ერთად 700 მლნ აშშ დოლარი შეადგინა. აღინიშნა ადამიანთა მსხვერპლი. აღსანიშნავია, რომ ხელშეწყობი სინოპტიკური სიტუაციის პირობებში (მთიან და მაღალმთიან რეგიონებში თოვლის

დიდი მარაგი, ატმოსფერული ტემპერატურის მკვეთრი მატება თანდართული ძლიერი ნალექებით, თავსხმა წვიმები) წყალდიდობა-წყალმოვარდნებმა შეიძლება მოიცვას საქართველოს მდინარეების უმეტესი ნაწილი.

მრავალწლიური მონაცემების ანალიზი უჩვენებს, რომ წყალდიდობა-წყალმოვარდნები, რომლებმაც ერთდროულად მოიცვა ქვეყნის რამდენიმე რეგიონი, საშუალოდ 15-20 წელიწადში ერთხელ მეორდება. აღნიშნულიდან გამომდინარე დიდი მასშტაბის წყალდიდობა-წყალმოვარდნების მოხდენის ალბათობა საქართველის მთელ ტერიტორიაზე, მათ შორის მდ. რიონის აუზში 5-6 %-ს შეადგენს. არსებული მეთოდით ასეთი ალბათობა 4 ქულით ფასდება და “მაღლის” კატეგორიას განეკუთვნება. 1987 წელს მომხდარი წყალდიდობა-წყალმოვარდნის საფუძველზე შექმნილი სცენარის მიხედვით ამ სტიქიით გამოწვეულმა მატერიალურმა ზარალმა 350 მლნ ლარს მიაღწია.

აღნიშნული სცენარის განვითარების შემთხვევაში დიდია ალბათობა, რომ დაიტბოროს რამდენიმე ასეული კვ. კმ ფართობი, განადგურდეს მათზე განთავსებული ათეულ ათასობით ჰა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, დაინგრეს ან დაზიანდეს მიმდებარე ტერიტორიებზე არსებული ასობით საცხოვრებელი სახლი, ათობით კაპიტალური ხიდი, რამდენიმე ასეული კილომეტრი საავტომობილო და სარკინიგზო გზები, ელექტროგადამცემი ხაზები და სხვა საკომუნიკაციო ნაგებობები, დაიხოცოს ათასობით სული პირუტყვი. შეიძლება აღინიშნოს ადამიანთა მსხვერპლიც. შესაძლებელია, წყალდიდობა-წყალმოვარდნამ რამდენიმე ასეული ოჯახის იძულებითი მიგრაცია გამოიწვიოს. შემდგომი კვლევებით შეიძლება დაზუსტებული იქნება რეგიონების მოწყვლადობის ხარისხი და დამატებით გამოვლენილი იქნას საშიშ ზონებში განლაგებული პუნქტები. აღნიშნულ პრობლემაზე შემუშავებული გვაქვს საპროექტო წინადადება, რომელიც მომავალ წელს წარდგენილ იქნება დაფინანსებისათვის რუსთაველის სამეცნიერო ფონდში.

**6.** შექმნილი გვაქვს ოკეანოგრაფიული კერძოდ, კი სანაპირო ზონის სპეციალისტთა ბოლო წლების ნაშრომების, რეფერატებისა და პროგრამების ელექტრონული ბიბლიოთეკა; დარეგისტრირებულ ვართ დიდი ბრიტანეთის ელექტრონულ, საინფორმაციო ეკოლოგიურ ბაზაში, საიდანაც ყოველდღიურად ვღებულობთ მსოფლიოში მომხდარი ეკოლოგიური კატასტროფებისა თუ ანომალიების შესახებ უფასო ინფორმაციას;

**7.** ეკოლოგიის დარგში: სასმელი წყლის ხარისხის შესწავლის თვალსაზრისით თბილისის ზღვაზე და ჟინვალის წყალსაცავზე, საკუთარი სახსრებით, შესწავლილ და დადგენილ იქნა დამაბინძურებელ ნივთიერებათა გავრცელების არეალი და მათი მიკრობიოლოგიური მახასიათებლები (ზაფხულ-ზამთრის სეზონებში). დადგინდა, რომ სანიტარულ-ბაქტერიოლოგიური თვალსაზრისით მდ. არაგვის, ჟინვალსა და სამგორის წყალსაცავების აუზის ზედაპირული წყლები ხშირ შემთხვევებში ვერ აკმაყოფილებენ წყალმომარაგებისათვის წაყენებულ მოთხოვნებს. მმთელი რიგი უბნებისათვის ადგილი აქვს კოლი-ბაქტერიების რიცხვის რამდენიმე ათეულჯერ, ცალკეულ შემთხვევებში კი რამდენიმე ასეულჯერ გადაჭარბებას ზღვრულად დასაშვებ ნორმაზე (ზდკ სასმელი წყალმომარაგების წყაროსათვის შეადგენს 10000 ერთ/ლ). ასეთი მდგომარეობა დაკვირვება, როგორც მდ. არაგვის აუზის ზედა წელში (1,1.10<sup>6</sup> ერთ/ლ), ჟინვალის წყალსაცავში, თბილისის ზღვაში პლიაჟთან ახლოს (5000ერთ-ლ). ამიტომ აუცილებელი წყალდამცავი ღონისძიებებების (უპირველეს ყოვლისა მკაცრი სანიტარული დაცვითი ზონების შექმნა, რადგანაც როგორც ჩანს არსებული ვერ უზრუნველყოფს სათანადო დაცვას) დროული შემუშავება და გატარება, რის შედეგადაც შემცირდება და სულაც აღმოიფხვრება ბაქტერიოლოგიური დამაბინძურებელი კერების გავლენა მდ. არაგვის, ჟინვალისა და თბილისის წყალსაცავების აუზების ზედაპირულ წყლებზე;

**8.** გამომგონებელ მ.ჭირაქაძესთან 3 წ-ნი სამეცნიერო-ტექნიკური თანამშრომლობის საფუძველზე, შემუშავებულ იქნა სრულიად ახალ პრინციპზე აგებული ალტერნატიული ენერგოწყაროების მოქმედი მოდელები (მდინარის მოტივტივე ტურბინა და ზღვისა და ოკეანის ტალღის ენერჯის გარდამქმნელი), რომელთაც მაღალი შეფასება ხვდა წილად სამეცნიერო-ტექნიკური საზოგადოების, ასევე ბიზნესისა და ტურიზმის სფეროს წარმომადგენელთა მხრიდან. აღსანიშნავია რომ გამოგონებით დაინტერესდა გერმანიის ტელევიზია AART, რომელმაც ჩვენი ლაბორატორიის ბაზაზე გადაიღო

დოკუმენტური ფილმი ალტერნატიული ენერგოწყაროების შესახებ და რომელიც გაავრცელა ევროპის 7 სატელევიზიო არხზე. ჩვენს მიერ შემუშავებულ გენერატორებზე მიღებული გვაქვს არაერთი დადებითი გამოხმაურება, როგორც მსოფლიოს წამყვანი მეცნიერებისაგან ასევე ამ სფეროში მომუშავე ცნობილი კომპანიებისაგან. მიმდინარე წელს აღნიშნული პროექტის ხელმძღვანელები მიწვეულ იყვნენ ოკეანის ენერჯის ორ კონფერენციაზე-Green Power Conference (London, England) და Ocean Renewable Energy Conference (Oregon, USA) მონაწილეობის მისაღებად, სადაც ნიმუშების პრეზენტაციის გარდა დაგეგმილ იყო მსოფლიოს 150 ინვესტორ-კომპანიების ხელმძღვანელებთან ხელშეკრულებების გაფორმება მოწონებული პროექტების სრული დაფინანსების შესახებ. სამწუხაროდ, თსუ მიერ დაუფინანსებლობის გამო ჩვენი მონაწილეობა და ქართული ტექნიკური პოტენციალის წარმოჩენა მსოფლიო ფორუმზე ვერ მოხერხდა. აღსანიშნავია, რომ ყოველწლიურად ამ მიმართულების განვითარებაზე წელიწადში 100 მილიარდი აშშ დოლარი იხარჯებოდა და მიუხედავად მსოფლიო ფინანსური კრიზისისა ეს თანხა ყოველწლიურად 15-20% იზრდება. უცხოელ ექსპერტთა აზრით, ჩვენს მიერ შემუშავებული მოდელები სრულად პასუხობენ თანამედროვე საერთაშორისო სტანდარტების მოთხოვნებს და მცირე დაფინანსების შემთხვევაშიც კი მნიშვნელოვან შემოსავლებს მოუტანს უნივერსიტეტს;

**9.** მიმდინარე წელს, ლაბორატორიას, რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდში წარდგენილი აქვს 2 წლიანი ხანგრძლიობის საგრანტო პროექტი: „ანტროპოგენული კატასტროფის რისკის შეფასება და მართვა ოქროს საბადოს ექსპლოატაციის მაგალითზე“.

**10.** უსაფრთხო სასმელი წყლის ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებისა და მისი ხარისხის დაცვის მიზნით შევიმუშავეთ მთავრობის მიერ გასატარებელ ღონისძიებათა ნუსხა;

უსაფრთხო სასმელი წყლით მოსახლეობის უზრუნველყოფა წყალმომარაგების მეურნეობის ერთ-ერთ ურთულეს პრობლემას წარმოადგენს, ვინაიდან წყლის ხარისხი მნიშვნელოვნად არის განპირობებული არა მარტო გამწმენდ სადგურებზე ჩატარებული სამუშაოებით, არამედ იმ წყლის ეკოლოგიური მდგომარეობითაც, რომელიც ამ სადგურებზე შემოდის. მთლიანობაში პრობლემა დიდი ხანია გასცდა ქვეყნის რომელიღაც ერთი უწყების კერძო ინტერესებს, რადგანაც იგი მნიშვნელოვნად მოიცავს, როგორც მოსახლეობის ყოველდღიური მოთხოვნილების დაკმაყოფილებისა და მისი ჯანმრთელობის დაცვის, ასევე ქვეყნის მდგრადი ეკონომიკური განვითარების მეტად აქტუალურ საკითხებს. სამისათვის უპირველეს ყოვლისა აუცილებელია ქვეყანაში უსაფრთხო სასმელი წყლის შესახებ კანონისა და შესაბამისი პროგრამის შემუშავება და იმპლემენტაცია, რომელნიც სრულად დაარეგულირებენ ამ სფეროში არსებულ პრობლემებს, ხოლო მიკრობიოლოგიური და ჰიდროლოგიური გრძელ პერიოდის მონიტორინგის სისტემის დანერგვისა და კვლევის შედეგების საფუძველზე შემუშავებული რეკომენდაციების რეალიზაცია, საშუალებას მისცემს სასმელი წყლით უზრუნველყოფის კომპანიების ხელმძღვანელობას დაასაბუთოს იმ ღონისძიებათა კომპლექსი, რომელიც ეხება კომუნალური-სასმელი და წყლების ობიექტების ოპტიმიზაციის საკითხებს; დასახოს რეალური გზები არაკონდიციონირებული სასმელი წყლის თანამედროვე და მომავალ თაობებზე უარყოფითი ზემოქმედების აღკვეთის მიზნით.

აღსანიშნავია, რომ დღეისათვის, ჩვენს ქვეყანაში არსებობს მთელი რიგი სოციალურ-ეკონომიკური და პოლიტიკური ხასიათის პრობლემებისა, რომელნიც ზრდიან გარემოზე ნეგატიურ ეკოლოგიურ დატვირთვას და ართულებენ ბუნებრივი წყლის ხარისხის მართვას, რის შედეგადაც “მძიმდება” უსაფრთხო სასმელი წყლის მომზადების ტექნოლოგიური პროცესი, შესაბამისად იზრდება მისი თვითღირებულება და ა.შ. ზემოაღნიშნულ საკითხებზე რაოდენობრივი პასუხის გაცემა სწორედ, მხოლოდ ეფექტური მონიტორინგის პროგრამის განხორციელების გზით არის შესაძლებელი. ასევე აუცილებელ პირობად მივიჩნევთ გამწმენდ სადგურებში სასმელი წყლის დეზინფექტანტის- ქლორის შეცვლას ჯანმრთელობისათვის პრაქტიკულად უსაფრთხო დეზინფექტანტით- ქლორის დიოქსიდით ან ნატრიუმის ჰიპოქლორიდით, რომელიც ფართოდ გამოიყენება როგორც დასავლეთის განვითარებულ ქვეყნებში ასევე დაინერგა რუსეთის ფედერაციის დიდ ქალაქებში- მოსკოვისა და სანქტ-პეტერბურგის ჩათვლით.

მონიტორინგის პროგრამით გათვალისწინებული ღონისძიებების რეალიზაცია საშუალებას მოგვცემს უზრუნველყოთ ხარისხიან წყალზე მოთხოვნილების დაკმაყოფილება, შევქმნათ გარემოში ცხოვრების საერთაშორისო სტანდარტების მოთხოვნების დამაკმაყოფილებელი პირობები, გადავწყვიტოთ მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვისა და წყლის დაავადებებით გამოწვეული სიკვდილიანობის შემცირების მთელი რიგი პრობლემები. ცნობილია, რომ განვითარებულ ქვეყნებში, უსაფრთხო სასმელი წყლის მონიტორინგი წარმოადგენს გარემოს დაბინძურების მონიტორინგის ნაციონალური პროგრამის განუყოფელ, ერთ-ერთ ძირითად და ყველაზე მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს.

**11.** დაგასრულეთ მუშაობა ორ კონცეფციაზე: 1. „საქართველოს მეგა-ქალაქებში ეკოლოგიური კულტურის დამკვიდრების შესახებ- ქ. თბილისის მაგალითზე“, 2. „საქართველოს მეგა-ქალაქებში მოზარდთა ეკოლოგიური აღზრდის შესახებ“;

**12.** ჩატარებული გვაქვს შავი ზღვის აუზის ქვეყნების სამეცნიერო ფონდში (BS-ERA.NET) წარდგენილი 2 სამეცნიერო გრანტის ექსპერტიზა (ორივე დაფინანსდა); ლაბორატორიის ხელმძღვანელი არჩეულ იქნა შავე ზღვის ქვეყნების სამეცნიერო საბჭოს წევრად ეკოლოგიისა და ენერგეტიკის სფეროში; ასევე, მონაწილეობა მივიღეთ ეკოლოგიის საკითხებისადმი მიძღვნილ საერთაშორისო (რუმინეთი, აშშ, რუსეთი) და ადგილობრივი მნიშვნელობის კონფერენციებზე. გამოსაქვეყნებლად, მომზადებული გვაქვს სამი სამეცნიერო სტატია;

**14.** გაფორმებული გვაქვს გრძელვადიანი სამეცნიერო-კვლევითი თანამშრომლობის მემორანდუმი საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტთან;

**15.** ებრაელ ექსპერტთა ვიზიტის დროს (2011 წ. სექტემბერ-ოქტომბერი) ლაბორატორიის დანადგარების ტესტირებისა და სამეცნიერო პოტენციალის შესწავლის საფუძველზე, მასთან თანამშრომლობის სურსცილი გამოთქვა ისრაელის ენერგოკომპანია Seambiotic-მა, 1 Azrieli Tower, 132 Menachem Begin Blv. Tel-Aviv 67021, Israel Fax: 972-3-6911686, Tel: 972-3-6911688 E-Mail: info@seambiotic.com [www.seambiotic.com](http://www.seambiotic.com) რის შესახებაც ინფორმირებულია საქართველოს საელჩო ისრაელში. წერილის ასლი დართულია.

**16.** სამეცნიერო ურთიერთობა გვაქვს დამყარებული სტამბოლის უნივერსიტეტის საინჟინრო ეკოლოგიის მიმართულების კათედრასთან, საუთჰემპტონის უნივერსიტეტის სამოქალაქო ინჟინერიის კათედრასთან (პროფ. მაიკლ კოლინსი), დასავლეთ ავსტრალიის უნივერსიტეტის ოკეანოლოგიის კათედრასთან (პროფ. ჩარიტა პატარაჩი), რუსეთის ფედერაციის საზღვაო ნაპირდაცვის ცენტრთან და ა.შ.

## ჰიდრომეტეოროლოგიის ლაბორატორია

კვლევაში ჩართული პერსონალი: ლაბორატორიის გამგე: მ. ალავერდაშვილი  
უფროსი ლაბორანტი ნუნუ ცინცაძე  
უფროსი ლაბორანტი ნანა კოკაია  
ლაბორანტი ნესტან ხუფენია  
ინჟინერი დარეჯან კიკნაძე

### სამეცნიერო შრომები:

1. მ. ელიზბარაშვილი; მ. ალავერდაშვილი; ნ. კოკაია; ნ. ხუფენია „ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ექსტრემალური მნიშვნელობების სტატისტიკური სტრუქტურა თსუ–ს ჰიდრომეტეოროლოგიური ლაბორატორიის დაკვირვებათა მონაცემების მიხედვით.“ ჟ. გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები), თბილისი 2011.
2. მ. ალავერდაშვილი; თ. ხმალაძე; ნ. კოკაია. „მდინარე ვერეს მყარი ჩამონადენი და მისი სივრცე–დროითი ანალიზი“. ჟ. გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები), თბილისი 2011.
3. მ. ალავერდაშვილი; ნ. კოკაია; ნ. ცინცაძე; ნ. ხუფენია; დ. კიკნაძე. „შიდა ქართლის ზოგიერთი მდინარის მყარი ჩამონადენის გაანგარიშება ენერგეტიკული პრინციპის გამოყენებით“. ჰმი–ს შრომათა კრებული N 116, 2011.
4. დ. კერესელიძე; მ. ალავერდაშვილი, დ. კიკნაძე; ნ. ცინცაძე, ნ. კოკაია; „კატასტროფული წყალმოვარდნები მდინარე ვერეზე და მათი გაანგარიშების მეთოდის აღწერა“. ჟ. საქართველოს გეოგრაფია .2011.
5. დ. კერესელიძე; ვ. ტრაპაიძე; მ. ალავერდაშვილი; გ. ბრეგვაძე. „ წყალმოვარდნის ტალღის კალაპოტური ჩამონადენის რიცხვითი მოდელირება“. აგრარული მეცნიერების მოამბე, ტ 9, N4. 2011. (რუსულ ენაზე)
6. დ. კერესელიძე; ვ. ტრაპაიძე; გ. ბრეგვაძე, გ. გრიგოლია, მ. ალავერდაშვილი. „კატასტროფული წყალმოვარდნების პროგნოზირება“. ჰიდრომეტეოროლოგიის და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები, საერთაშორისო კონფერენციის მასალები, თბილისი 2011. (რუსულ ენაზე)
7. Бегалишвили Н.А, Цинцадзе Т.Н, Шелия В.Ш, **Цинцадзе Н.Т**, Бегалишвили Н.Н, Лашаური Динамика засух в Грузии на фоне глобального потепления Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета , 2011.
8. Бегалишвили Н.А, Цинцадзе Т.Н, Цомаია В.Ш, **Цинцадзе Н.Т**, Лашаური К.А, Бегалишвили Н.Н ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЗЕМНОГО СТОКА РЕК И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ГРУНТОВЫХ ВОД В ГРУЗИИ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии , 2011.
9. Бегалишвили Н.А, Цинцадзе Т.Н, Бегалишвили Н.Н, **Цинцадзе Н.Т** Влияние изменения климата на сток рек Грузии. Известия Аграрной Науки Известия Аграрной Науки. , 2011.
10. Бегалишвили Н.А, Цинцадзе Т.Н, Цомаია В.Ш, **Цинцадзе Н.Т**, Лашаური К.А., Бегалишвили Н.Н ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЗЕМНОГО СТОКА РЕК И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ГРУНТОВЫХ ВОД В ГРУЗИИ "ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები", საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, 2011.
11. N. Begalishvili, **N. Tsintsadze**, N.N. Begalishvili, T. Tsintsadze Mathematical Modeling of oil Pollution Dessimination in River and Sea Water of the Western Georgia Black Sea outlook, Odessa, Ukrain, 2011.

სამეცნიერო კონფერენციები

1. მ. ელიზბარაშვილი; მ. ალავერდაშვილი; ნ. კოკაია; ნ. ხუფენია „ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ექსტრემალური მნიშვნელობების სტატისტიკური სტრუქტურა თსუ-ს ჰიდრომეტეოროლოგიური ლაბორატორიის დაკვირვებათა მონაცემების მიხედვით.“ გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები საერთაშორისო კონფერენცია თბილისი 2011.
2. მ. ალავერდაშვილი; ო. ხმალაძე; ნ. კოკაია. „მდინარე ვერეს მყარი ჩამონადენი და მისი სივრცე-დროითი ანალიზი“. გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები საერთაშორისო კონფერენცია, თბილისი 2011.
3. დ. კერესელიძე; ვ. ტრაპაიძე; გ. ბრეგვაძე, გ. გრიგოლია, მ. ალავერდაშვილი. „კატასტროფული წყალმოვარდნების პროგნოზირება“. ჰიდრომეტეოროლოგიის და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები, საერთაშორისო კონფერენცია თბილისი 2011. (რუსულ ენაზე)
4. Бегалишвили Н.А, Цинцадзе Т.Н, Цомаია В.Ш, **Цинцадзе Н.Т**, Лашаური К.А., Бегалишвили Н.Н ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЗЕМНОГО СТОКА РЕК И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ГРУНТОВЫХ ВОД В ГРУЗИИ "ჰიდრომეტეოროლოგიისა ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები", საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, 2011.
5. N. Begalishvili, **N. Tsintsadze**, N.N. Begalishvili, T. Tsintsadze Mathematical Modeling of oil Pollution Dessimination in River and Sea Water of the Western Georgia Black Sea outlook, Odessa, Ukrain, 2011.

სამეცნიერო გრანტები:

1. ნ. ცინცაძე, მ.ალავერდაშვილი, ნ. ხუფენია “საქართველოში წყალმოვარდნების და დატბორვის რისკების შეფასება და ინტეგრირებული მართვა თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებით”, სესფ გრანტი #08/5-430
2. ნ. ცინცაძე. შავი ზღვის სამეცნიერო ქსელის გაუმჯობესება UP-GRADE BS-SCENE , ევროგაერთიანება, # 226592 - EU, FP7