

1998

ISSN — 0132 — 1447



საქართველოს
მეცნიერებათა აკადემიის

ბოაბა

✓ 40
(T. 157, № 1-2)

BULLETIN

OF THE GEORGIAN ACADEMY
OF SCIENCES

157

№ 1

1998

თბილისი * TBILISI

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო ჟურნალი
„მოამბე“ გამოდის ორ თვეში ერთხელ ქართულ და ინგლისურ ენებზე

მთავარი რედაქტორი — აკადემიკოსი ა. თავხელიძე

სსრედაქციო კოლეგია

თ. ანდრონიკაშვილი, თ. ბერიძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ე. გამყრელიძე, თ. გამყრელიძე, გ. გველესიანი, რ. გორდენიანი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), მ. ზაალიშვილი, გ. კვეციანი, ი. კილურაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), თ. კობალეიშვილი, ჯ. ლომინაძე, რ. მეტრეველი, დ. მუსხელიშვილი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), თ. თინათინი, მ. სალუქვაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), თ. ურუშაძე, გ. ციციშვილი, გ. ჭოლოშვილი.

პასუხისმგებელი მდივანი ლ. გვერდუთელი

რედაქციის მისამართი: 380008, თბილისი-8, რუსთაველის პრ. 52, ტელ. 99-75-93.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის საწარმო-საგამომცემლო გაერთიანება
„მეცნიერება“, 380060, თბილისი, დ. გამრეკელის ქ. 19. ტელ. 37-22-97.

გადაეცა წარმოებას 26.06.1988. ხელმოწერილია დასაბუქდად 26.06.1988. ფორმატი 70×100¹/₁₆
აწუბობილია კომპიუტერზე სსკ „მეცნიერების“ კომპიუტერულ ცენტრში.
ოფსეტური ბეჭდვა. პირობითი ნაბ. თაბ. 16,00. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბაბი 14,00.
ტირაჟი 100. შეკვ. № 283. ფასი სახელშეკრულებო.

შ ი ნ ა ა რ ს ი



მათემატიკა

- ლ. ჟიჟიაშვილი. ყველგან განშლადი ტრიგონომეტრიული მწკრივები 5
მ. შუბლაძე. ტრანსვერსალური A_{k-1} ტიპის იზოლირებული ჰიპერსივრცითი განსაკუთრებულობანი 7
ს. სანებლიძე. სივრცეთა ჰომოტოპიური კლასიფიკაცია ფიქსირებულ პონტრიაგინის ალგებრით 11
ვ. კირვალიძე. ნეიმანის ამოცანა სტოქსის განტოლებისათვის ღია ზედაპირის გარე არის შემთხვევაში 15

მათემატიკური ფიზიკა

- თ. ბურჭულაძე, რ. რუხაძე. მომენტური დრეკადობის თეორიის რხევის ძირითადი სასაზღვრო-საკონტაქტო ამოცანების საკუთრივი ფუნქციებისა და საკუთრივი რიცხვების ასიმპტოტური განაწილება 20

დრეკადობის თეორია

- გ. ჯაბაური. დრეკადობის თეორიის ზოგიერთი სპეციალური სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა ცილინდრულ კოორდინატებში 25

ფიზიკა

- მ. ბეგიაშვილი. აბრიკოსოვის გრივალეების ჩაჭერა მაღალტემპერატურული ზეგამტარების გრანულებში 29
ფ. ქუმბურიძე. ცხელი ელექტრონების განივი გაქცევა ელექტრონული ტემპერატურის მიახლოებაში და გაღვანომავნიტური ეფექტები 33
დ. ბაქრაძე, გ. ქვეანიშვილი, რ. ქვეანიშვილი, ფ. ბოგდანოვი. ბრტყელი ელექტრომავნიტური ტალღის დიფრაქცია პარალელურ წახზნაგებიან უსასრულო დრეჩოზე 37
ქ. გოგიაშვილი, კ. დალაქიშვილი, ო. ნამიჩიშვილი. ორობითი არხების ზღურბლური დარეზერვება 42
ვ. გერსამია, ა. მირცხულავა, გ. მირიანაშვილი, შ. მირიანაშვილი, ს. სტასენკო. ფოტოდიოდებისათვის შტაფფთჯშტ ეპიტაქსიალური ფენებისა და მათ ბაზაზე ჰეტეროსტრუქტურების ელექტროფიზიკური თვისებების გამოკვლევა 47
ლ. ბიჩკოვა, ო. დავარაშვილი, მ. ენუქაშვილი, ა. კუზნეცოვი, ი. სტეფანოვი, ა. შოტოვი. საშუალო იწ დიაპაზონის მრავალფუნქციონალური ლაზერული სპექტრომეტრი 51

ბეოფიზიკა

- გ. გუნია, ზ. სვანიძე, ლ. სვანიძე. ატმოსფეროს ქიმიური შემადგენლობის ცვლილებები ანთროპოგენური ზემოქმედების პირობებში 56

- გ. ხარჩილავა, კ. თავართქილაძე, მ. ლოქაფიშვილი, ვ. ამირანაშვილი. ატ-
 მოსფეროში ოზონის საერთო რაოდენობის ცვალებადო-
 ბა და განაწილება საქართველოში 60

ზოგადი და არაორბანული ძივბა

- ი. დიდბარიძე, გ. ხელაშვილი, ა. ჩუბინიძე, რ. გიგაური. d^{10} -მეტალთა ტეტ-
 რათიოარსენატების სინთეზი და შესწავლა 63
- ბ. რობაქიძე, მ. აბაშმაძე, რ. გიგაური. ბის[ტრიალკილ(არილ)არსონიუმ]-
 1,4-დიჰიდრონაფტალინების ტრიიზოთიოციანოკუპრატე-
 ბის(I) თერმოგრაფიული და რენტგენოგრაფიული გამოკვლევა 68

ორბანული ძივბა

- თ. ნარინდოშვილი, ი. ჩიკვაიძე, შ. სამსონია. 2-(დიფენილმეთან-4-ილ) ინ-
 დოლისა და 2-(დიფენილმეთან-4-ილ) ინდოლის სინთეზი 72
- ი. ჩიკვაიძე, შ. სამსონია, ნ. ნარიშანიძე. 2-ეთოქსიკარბონილ-3-პ-ნიტრო-
 ფენილ-5-აცეტილინდოლის ურთიერთქმედება აზოტმემც-
 ველ ნაერთებთან 75

ფიზიკური ძივბა

- შ. გედევანიშვილი, ზ. მუნირი, გ. ცაგარეიშვილი. ველით აქტივირებული 78
 წვით სინთეზი W-Si სისტემაში
- ჰ. ენგელჰარდტი, ნ. შაყულაშვილი. მიცელარული ელექტროკინეტიკუ- 81
 რი ქრომატოგრაფიით ულტრაიისფერი დეტექტირებით კატე-
 ქოლამინების დაყოფა მათი რაოდენობრივი და ხარისხობრი-
 ვი ანალიზისთვის
- თ. ანდრონიკაშვილი, ლ. ეპრიკაშვილი. ქრომატოგრაფიის მეთოდებით ზე- 86
 დაპირულ-ფენოვანი ადსორბენტებისათვის ადსორბციის წი-
 ლის განსაზღვრა აქტიურ აგენტსა და მყარ სარჩულზე

ბეოლოგია

- ე. გამყრელიძე, თ. გიორგობიანი, გ. ლობჯანიძე, ს. ყულოშვილი, გ. შენგელა- 89
 ია. საქართველოს ტერიტორიის აქტიური სიღრმუ-
 ლი რღვევების რუკა და კატალოგი
- ვ. აღფაიძე. კოლხეთის წყება და მისი სტრატეგრაფიული პოზიცია 95
- მ. თოფჩიშვილი, გ. ლობჯანიძე. აწგარის გრანიტოიდების შესახებ 98

აბტომბატური გართვა და ბამოთვლითი ტმჰნიბა

- ი. მიქაძე, რ. კაკუბავა, შ. ნაჭყებია. ლოდინის ვირტუალური დროის ამოცანის გან- 103
 ზოგადება

ბოტანიბა

- მ. ქიმერიძე. ჰალოფილური მცენარეულობის ორიგინალური ტიპი საქართველოს მთ 104
 იანეთში

- მ. ახალკაცი, გ. ღვალაძე, ნ. თარალაშვილი. *Primula algida*-სა და *Primula amoena*-ს (*Primulaceae*) ემბრიოლოგია 107
- მ. თათარიშვილი. ამარილისებრთა (*Amaryllidaceae*) ოჯახის ზოგიერთი წარმომადგენლის ბიოეკოლოგია და ინტროდუქცია აჭარის შავი ზღვის სანაპიროზე 111

მცენარეთა ფიზიოლოგია

- თ. ბარბლიშვილი, მ. დოლიძე, შ. ჭანიშვილი. ფიტოჰორმონების გავლენა ფოტოსინთეზის ინტენსივობასა და ბაგის გამტარებლობაზე ვაზში 114

ბენეტიკა და სელექცია

- მ. კაჭარავა. მძიმე ლითონების ჭარბი შემცველობის გავლენა მცენარის მტერის მარცვალზე 118

ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

- გ. თოდუა. ნუშისებრი კომპლექსის ნეირონთა აქტიურობა ორბიტალური ხვეულის გალიზიანების შემდეგ 120
- ა. კეზელი, ქ. ანჯაფარიძე, ნ. ლომაშვილი. ფერთა აღქმის კონსტანტობა კატებში 123
- თ. ყიფიანი, დ. ყიფიანი, მ. დოლობერიძე. არტერიული სისტოლური წნევისა და გულის რიტმის დინამიკა ქცევის ინფორმაციული პათოლოგიის ექსპერიმენტული მოდელირებისას 127

ბიოფიზიკა

- კ. ადგიშვილი, დ. ხოშტარია, გ. გეტაშვილი, მ. მახარაძე, მ. ზაალიშვილი. α -ქიმოტრიფსინის სითბური დენატურაციის კალორიმეტრული შესწავლა სხვადასხვა pH-ის და KCl-ის კონცენტრაციის პირობებში 132

ბიოქიმია

- დ. ჩუბინიძე, ე. ჩუბინიძე, თ. ბერიაშვილი, ლ. ბერაძე. ეთეროვანი ზეთის მეტაბოლიზმი ევგენოლის რეჰანში (*Ocimum Gratissimum*) 136
- გ. ქვალუა, ზ. ქომეთიანი. აცელერებული აქტივატორების რიცხვის განსაზღვრა კინეტიკური მრუდის ფორმის ანალიზის საშუალებით 140

ფიტოკათოლოგია

- ე. ნასყიდაშვილი, ზ. სიხარულიძე. ზორბლას მურა (ფოთლის) ჟანგას ქართული პოპულაციისადმი გამძლეობის წყაროები 144

ზოოლოგია

- ე. იასნოში, გ. ჯაფოშვილი. იაპონური ცვილისებრი ცრუფარიანა და მისი ბუნებრივი მტრები თბილისში 148

პარაზიტოლოგია და ჰელმინთოლოგია

- ნ. მიქაია. საქართველოს უღვაშფირფიტოვანი ხოჭოების ნემატოდების შესწავლისათვის 152

ციტოლოგია

- მ. გაბრიჭიძე, მ. ზარანდია, ე. ჩერქეზია, პ. ქელიძე, გ. თუმანიშვილი. რ-გენეზის ლოკალიზაციის და ტრანსკრიპციის საიტების სივრცობრივი განაწილება ზღვის გოჭის ზოგიერთი ქსოვილის უჯრედთა ბირთვებში *in situ* 155

პალეობიოლოგია

- ე. ყვავაძე, ი. გაბაშვილი. ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის ასახვა შავი ტბის ფსკერის ნალექების მტერის სპექტრებში 158

ეკოლოგია

- კ. ნადარეიშვილი, მ. ნიკოლაიშვილი, გ. იორდანიშვილი. აგრესიულობის, „ღია ველში“ ქცევისა და მონომინერგული სისტემის აქტივობის მოდიფიკაცია X-დასახივებულ ვირთაგვებში 162
- მ. გაბუნია, რ. თუთბერიძე. გარემოს ტექნოგენური დაბინძურების გავლენა ზოგიერთი მერქნიანი სახეობის ფოთლის ანატომიურ სტრუქტურაზე დასავლეთ საქართველოს პირობებში 166

ექსპერიმენტული მედიცინა

- ვ. ჩიკვაძე. რა უნდა ედოს საფუძვლად ალკოჰოლისადმი მიდრეკილების განვითარებას 170
- კ. რობაქიძე. ქრონიკული სტაფილოდერმიით დაავადებული პირების იმუნოლოგიური სტატუსი 173
- ქ. კავთიაშვილი, თ. მაჭავარიანი, ე. უჩანეიშვილი. ღვიძლის მწვავე უკმარისობის მკურნალობის შედეგი ავტორადიოგრაფიული მონაცემების მიხედვით 176

ენათმეცნიერება

- ნ. ამირიძე. ქართული გრამატიკალიზებული სხეულის ნაწილის აღმნიშვნელი ტერმინი „თავ“-და ენის ეკონომიის პრინციპი 180
- მ. ოძელი. თარგმანი და თარგმანმცოდნეობა (ფაქტებისა და ანალიზის კლასიფიკაციის ცდა) 184

ფილოლოგია

- ა. თვარაძე. „პარციფალის“ ერთი მოტივი „გველის პერანგში“ 186
- ზ. ცოტნიაშვილი. ქართული ნოველის ძირები 190

ხელოვნების ისტორია

- ო. გიორგაძე. ხელოვნებისა და ბუნების მშვენიერების პრობლემა ჰეგელის „ესთეტიკაში“ 194



ლ. ჟიჟიაშვილი (აკადემიკოსი)

ყველგან განშლადი ტრიგონომეტრიული მწკრივები

ექვლენა გამოჩენილი რუსი მათემატიკოსის ს. ბ. სტეჩკინის ხსოვნას

წარმოდგენილია 6.11.1997

2 12 11

1906 წელს ფატუმ [1] ჩამოაყალიბა პრობლემა: არსებობს თუ არა ნულისაკენ კრებად კოეფიციენტებიანი ტრიგონომეტრიული მწკრივი, რომელიც განშლადია დადებითი ზომის წრფივ სიმრავლეზე? ეს პრობლემა გადაჭრა ნ. ლუზინმა [2]: მან ააგო თითქმის ყველგან განშლადი ტრიგონომეტრიული მწკრივი ნულისაკენ კრებადი კოეფიციენტებით. მოგვიანებით ს. სტეჩკინმა [3] აჩვენა, რომ სინამდვილეში ეს ტრიგონომეტრიული მწკრივი და აგრეთვე მისი შეუღლებული განშლადია ყველა წერტილში. შტაინჰაუზმა [4,5] ააგო უფრო მარტივი მაგალითი ყველგან განშლადი ტრიგონომეტრიული მწკრივისა ნულისაკენ კრებადი კოეფიციენტებით. შტაინჰაუზის მაგალითთან დაკავშირებით სიობჰანმა [6] მოიყვანა რამდენიმე საგულისხმო შედეგი. ჰერცოგმა [7] ააგო მაგალითი ნულისაკენ კრებადი არაუარყოფითკოეფიციენტებიანი ტრიგონომეტრიული მწკრივისა, რომელიც განშლადია ყოველ წერტილში.

ქვემოთ მოყვანილი დებულებები დაკავშირებულია შტაინჰაუზის [4,5], სიობჰანის [6] და ჰერცოგის [7] სათანადო შედეგებთან.

თეორემა 1. ვთქვათ, u_k არის ნულისაკენ მონოტონურად კლებადი მიმდევრობა,

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{u_k}{k} = +\infty,$$

ხოლო $p(n)$ არის ნატურალურ რიცხვთა ისეთი მიმდევრობა, რომ

$$\liminf_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=n+1}^{n+p(n)} u_k > 0.$$

თუ ნატურალურ რიცხვთა მკაცრად ზრდადი მიმდევრობა $a(n)$ აკმაყოფილებს

$$\limsup_{n \rightarrow \infty} (n+p(n)) \cdot (a(n+p(n)) - a(n)) < \frac{\pi}{2},$$

მაშინ ტრიგონომეტრიული

მწკრივი

$$\sum_{k=1}^{\infty} u_k \cos(x - a(k)) \tag{1}$$

განშლადია ყველგან.

(1) მწკრივის „კოსინუს“ და „სინუს“ ნაწილებისათვის ადგილი აქვს შემდეგ დებულებას.

თეორემა 2. ვთქვათ, u_k არის ნულისაკენ მონოტონურად კლებადი მიმდევრობა,

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{u_k}{k} = +\infty$$

ხოლო $p(n)$ არის ნატურალურ რიცხვთა ისეთი მიმდევრობა, რომ

$$\liminf_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=n+1}^{n+p(n)} u_k > 0$$

$$\liminf_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=n+1}^{n+p(n)} u_k > 0.$$

თუ ნატურალურ რიცხვთა მკაცრად ზრდადი მიმდევრობა $a(n)$ აკმაყოფილებს პირობას

$$\limsup_{n \rightarrow \infty} (n+p(n)) \cdot (a(n+p(n)) - a(n)) < 2 \arcsin \frac{1}{4},$$

მაშინ ტრიგონომეტრიული მწკრივი

$$\sum_{k=1}^{\infty} u_k \cos ka(k) \cos kx$$

ყველგან განშლადია, ხოლო მწკრივი

$$\sum_{k=1}^{\infty} u_k \sin ka(k) \sin kx$$

განშლადია ყოველი $x \neq 0 \pmod{\pi}$.

მოყვანილი თეორემებიდან შეიძლება მივიღოთ რამდენიმე შედეგი. მოვიყვანოთ ერთი მათგანი.

შედეგი. ვთქვათ, $b \in \mathbb{Z}$, $b \neq 0$ და დაცულია თეორემა 2-ის პირობები, მაშინ ტრიგონომეტრიული მწკრივი

$$\sum_{k=1}^{\infty} u_k (b + \cos ka(k)) \cos kx$$

არის შემდეგი თვისებებისა:

ა) მისი ყველა კოეფიციენტი დადებითია და კოეფიციენტების მიმდევრობა ნულისაკენ მიისწრაფვის;

ბ) მწკრივი ყველგან განშლადია;

გ) მისი შეუღლებული მწკრივი ყოველი $x \neq 0 \pmod{\pi}$.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო
 უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. P. Fatou, Acta Math., vol. 30, 1906, 335-400.
2. N. N. Luzin, Rendic. Circ. Math. di Palermo, vol. 32, 1911, 386-390.
3. S. B. Stechkin, Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Mat., vol. 21, 1957, 711-728.
4. H. Steinhaus, C. R. Soc. Sci. Varsovie, vol. 5, 1912, 219-229.
5. H. Steinhaus, J. London Math. Soc., vol. 4, 1929, 86-88.
6. Siobhan O'shen, Proc. Amer. Math. Soc., vol. 10, 1959, 68-70.
7. E. Herzog, Michig. Math. J., vol. 2, 1953-1954, 175-177.



მ. შუბლაძე

ტრანსვერსალური A_{k-1} ტიპის იზოლირებული ჰიპერსივრცითი
 განსაკუთრებულობანი

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ბერიკაშვილმა 17.07.1997

ნაშრომში ჩვენ შევისწავლით $f: (\mathbf{C}^{n+1}, 0) \rightarrow (\mathbf{C}, 0)$ ჰოლომორფულ ფუნქციითა კვირტებს, რომლებიც აკმაყოფილებენ შემდეგ პირობებს; ა) f -ის კრიტიკულ წერტილთა სიმრავლე Σ არის ერთეული კოგანზომილების იზოლირებული სრული თანაკვეთის განსაკუთრებულობა.

ბ) f -ის ტრანსვერსალური განსაკუთრებულობა $\Sigma \setminus \{0\}$ წერტილებში არის A_{k-1} -ადგილია იმის ჩვენება, რომ f აქვს განსაკუთრებულობა Σ მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა $f \in \mathcal{I}^k$ სადაც \mathcal{I}^k არის მთავარი იდეალი წარმოქმნილი $g: (\mathbf{C}^{n+1}, 0) \rightarrow (\mathbf{C}, 0)$ იზოლირებული განსაკუთრებულობის კვირტის k -ური ხარისხით. ამიტომ ჩვენ შეგვიძლია დავწეროთ, რომ $f = g^k h$, სადაც $h \in \mathcal{O}_{n+1}$ ნულში $n+1$ კომპლექსური ცვლადის ჰოლომორფულ ფუნქციითა კვირტების ჯგუფს.

$D = D_{n+1}$ იყოს \mathbf{C}^{n+1} -ის სათავეში ყველა ლოკალურ დიფეომორფიზმთა კვირტების ჯგუფი. განვიხილოთ ქვეჯგუფი D_Σ , რომელიც შედგება ყველა ისეთი ϕ დიფეომორფიზმისაგან, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას $\phi(\Sigma) = \Sigma$.

დავუშვათ, რომ $f \in \mathcal{I}^k$ [1] და [2]-ს მსგავსად განვსაზღვროთ I კოგანზომილება f -ისა როგორც

$$c_I(f) = \dim_{\mathbf{C}} \mathcal{I}^k / \tau_I(f),$$

სადაც $\tau_I(f)$ არის f -ის D_Σ ორბიტის მხები სივრცე.

ისევე როგორც [3-6]-ში ჩვენ შეგვიძლია დავამტკიცოთ \mathcal{I}^k -ს ელემენტების კრიტერიუმი.

თეორემა 1. ვთქვათ, $f \in \mathcal{I}^k$ შემდეგი წინადადებები ეკვივალენტურია

(1) $c_I(f) < +\infty$

(2) f -ის კრიტიკულ წერტილთა სიმრავლეა Σ და f ფუნქციის კვირტი $\Sigma \setminus \{0\}$ (x, y_1, \dots, y_n) წერტილში ეკვივალენტურია x^k ან $x^k y_1$ განსაკუთრებულობების.

განსაზღვრება. $f \in \mathcal{I}^k$ ეწოდება A_{k-1} ტიპის იზოლირებული ჰიპერსივრცითი განსაკუთრებულობა, თუ $c_I(f) < +\infty$.

დავუშვათ, f ტრანსვერსალური A_{k-1} ტიპის იზოლირებული ჰიპერსივრცითი განსაკუთრებულობაა. განვიხილოთ f -ის შემდეგი დეფორმაცია

$$F(x, y_1, \dots, y_n, a, u, v) = f_s(x, y, \dots, y_n) = [h(x, y_1, \dots, y_n) +$$

$$+ a_0 x + a_1 y_1 + \dots + a_n y_n + a_{n+1}] [G(x, y_1, \dots, y_n, v) - u]^k,$$

სადაც $(G(z, v), v)$, არის $(\Sigma, 0)$ -ს ვერსალური დეფორმაცია, ე. ი.

$$(G(z, v), v): (\mathbf{C}^{n+1} \times \mathbf{C}^r, 0) \rightarrow (\mathbf{C} \times \mathbf{C}^r, 0),$$



სადაც $G(z,0)=g(z)$ [7] v და u ზოგადი მნიშვნელობისათვის $G(z, v)=u$ განტოლებას განსაზღვრავს იზოლირებული $(\Sigma, 0)$ განსაკუთრებულობის $\Sigma_{(u,v)}$ მილნორის ფიბრს. ცნობილია, რომ $\Sigma_{(u,v)}$ ჰომოტოპიურად ეკვივალენტურია $\mu = \mu(g)$ ეგზემპლარი n -განზომილებიან სფეროთა ბუკეტის, სადაც $\mu = \mu(g)$ არის $g: (\mathbf{C}^{n+1}, 0) \rightarrow (\mathbf{C}, 0)$ იზოლირებული განსაკუთრებულობის მილნორის რიცხვი [8].

ვთქვათ, $S(a, u, v)$ F დეფორმაციის პარამეტრთა სივრცეა. დავუშვათ აგრეთვე, რომ f_s -ის კრიტიკულ წერტილთა სიმრავლე შეიცავს Σ_s მაინც.

შესაბამის შედეგთა განზოგადებით [2]-დან [-3]-ს სტილში ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ ზოგადი აპროქსიმაციის აღწერა.

თეორემა 2. ვთქვათ, f და f_s იგივეა რაც ზემოთ. მაშინ არსებობს S -ის ისეთი ყველგან მკვრივი U ქვესიმრავლე, რომ ნებისმიერი $s \in U$ -თვის f ფუნქციის კვირტი Σ_s -ს წერტილებში არის x^k ან $x^k y_1$ ტიპის. უფრო მეტიც, Σ_s -ს იმ წერტილთა სიმრავლე, რომელშიც f_s არის x^k ან $x^k y_1$ ტიპის არის ზუსტად

$$\Delta = h(x, y_1, \dots, y_n) + a_0 x + a_1 y_1 + \dots + a_n y_n + a_{n+1} = 0$$

და ეს სიმრავლე არის იზოლირებული Δ_s განსაკუთრებულობის მილნორის ფიბრი, ხოლო f_s კვირტი $U \setminus \Sigma_s$ წერტილებში არის A_1 ტიპის.

დავუშვათ ახლა, რომ $n=1$. მაშინ თუ გამოვიყენებთ თეორემა 2-ის მსგავს მსჯელობას, [2]-დან ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ ფორმულა f_s დეფორმაციის მორსის კრიტიკული წერტილებისა და $x^k y_1$ ტიპის კრიტიკულ წერტილთა ჯამისათვის, რომელიც ემთხვევა $k=2$ -თვის დ. სირსმას ფორმულას [5].

მართლაც, ვთქვათ $F = \tilde{G}^k H$, სადაც $\tilde{G} = G(x, y_1, \dots, y_n) - u$ და $H = h(x, y_1, \dots, y_n) + a_0 x + a_1 y_1 + \dots + a_n y_n + a_{n+1}$. F -ის კრიტიკულ წერტილთა სიმრავლე წარმოადგენს სისტემას

$$\begin{cases} k \tilde{G}^{\tilde{k}-1} \tilde{G}_x H + \tilde{G}^{\tilde{k}} H_x = 0, \\ k \tilde{G}^{\tilde{k}-1} \tilde{G}_y H + \tilde{G}^{\tilde{k}} H_y = 0, \end{cases}$$

რომელიც ეკვივალენტურია შემდეგ სისტემათა გაერთიანების

$$\begin{cases} \tilde{G} = 0 \\ (x, y) \in \mathbf{C}^{n+1} \end{cases}, \quad \begin{cases} k \tilde{G}_x H + \tilde{G} H_x = 0 \\ k \tilde{G}_y H + \tilde{G} H_y = 0 \\ \tilde{G} \neq 0 \end{cases}, \quad \begin{cases} \tilde{G}_x H = 0 \\ \tilde{G}_y H = 0 \\ \tilde{G} = 0 \end{cases}$$

მეორე სისტემის ამონახსნი წარმოადგენს მორსის წერტილებს, ხოლო მესამე სისტემის ამონახსნი - $x^k y_1$ ტიპის წერტილებს.

ამიტომ თუ ჩვენ აღვნიშნავთ $M \subset \mathbf{C}^2 \times \mathbf{C}^r$ შემდეგი სიმრავლის კვირტს

$$\{k \tilde{G}_x H + \tilde{G} H_x = 0, \quad k \tilde{G}_y H + \tilde{G} H_y = 0\},$$

მაშინ ცხადია, რომ $\{s\} = 0$ -სიბრტყის თანაკვეთის ინდექსი $M \subset \mathbf{C}^2 \times \mathbf{C}^r$ ზედაპირის კვირტთან ემთხვევა $1 + \tau$ ჯამს, სადაც τ არის f_s დეფორმაციის მორსის წერტილთა რიცხვი, ხოლო $\tau_{კი}$ - $x^k y_1$ ტიპის წერტილთა რიცხვი.

გეომეტრიული და ალგებრული ჯერადობების დამთხვევის გამო [8] გვექნება

$$\begin{aligned} 1 + \tau &= \dim_{\mathbb{C}} \mathcal{O}_{(x,y,\lambda)} / (k\tilde{G}_x H + \tilde{G}_y H_x, k\tilde{G}_y H + \tilde{G}_x H_y) = \\ &= \dim_{\mathbb{C}} \mathcal{O}_{(x,y)} / (kg_x h + gh_x, kg_y h + gh_y) = \\ &= \dim_{\mathbb{C}} \mathcal{I}^{k-1} / (kg_x^{k-1} h + g^k h_x, kg_y^{k-1} h + g^k h_y) = \dim_{\mathbb{C}} \mathcal{I}^{k-1} / J(f), \end{aligned}$$

სადაც $J(f) = \left(\frac{\partial f}{\partial z_1}, \dots, \frac{\partial f}{\partial z_n} \right)$ არის f -ის იაკობიანის იდეალი.

ვთქვათ, $f: (\mathbb{C}^{n+1}, 0) \rightarrow (\mathbb{C}, 0)$ არის ტრანსვერსალური A_{k-1} ტიპის იზოლირებული ჰიპერსივრცითი განსაკუთრებულობა. ავარჩიოთ $\varepsilon > 0$ და $\eta > 0$ ისე, რომ $f: B_\varepsilon \cap f^{-1}(D_\eta \setminus 0) \rightarrow D_\eta \setminus 0$, სადაც B_ε არის ε -რადიუსიანი ბირთვის \mathbb{C}^{n+1} -ში ცენტრით სათავეში და $D_\eta - \eta$ - რადიუსიანი დისკი \mathbb{C}^1 -ში, განსაზღვრავდეს მილნორის ლოკალურად ტრივიალურ ფიბრაციას.

ავარჩიოთ B_ε -ში ცილინდრი $\{\Delta = 0\}$ სიმრავლის გარშემო და ორგანზომილებიანი დისკი D_0 ცენტრით $0 \in \mathbb{C}$ ისე, რომ $f^{-1}(t) \cap \partial B_0$ ნებისმიერი $t \in D_0$

მთავარი თეორემის დასამტკიცებლად ჩვენ გვჭირდება შემდეგი ორი ლემა.

ლემა 3. რადიუსი B_0 ცილინდრისა შეიძლება შერჩეულ იქნეს ისე, რომ $f^{-1}(t) \cap B_0$ იყოს k -ჯერადი გადაფარვა $B_\varepsilon \cap (\Sigma_S \setminus V)$ სიმრავლის, სადაც V არის $\{\Delta_\varepsilon = 0\}$ გლუვი ქვემრავალსახეობის მიდამო.

ლემა 4. ფიბრაციები ინდუცირებული f და f_ε ფუნქციებით არიან ეკვივალენტური D_η დისკის საზღვარზე.

ჩვენ ჯერ შევისწავლით მილნორის ფიბრის ჰომოტოპიურ ტიპს B_0 ცილინდრში.

თეორემა 5. მილნორის ფიბრი $f^{-1}(t) \cap B_0$ ჰომოტოპიურად ეკვივალენტურია S^1 წრეწირის და $k(\mu(g) + \mu(\Sigma))$ ეგზემპლარი S^0 სფეროთა ბუკეტის, სადაც $\mu = \mu(g)$ არის g იზოლირებული განსაკუთრებულობის მილნორის რიცხვი.

დამტკიცება. ვთქვათ, $n \geq 2$. იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ $f^{-1}(t) \cap B_0$ ჰომოტოპიური ტიპი, წარმოვადგინოთ $B_\varepsilon \cap (\Sigma_S \setminus V)$, როგორც გაერთიანება $U_1 \cup U_2$, სადაც $U_1 \cap B_\varepsilon \cap (\Sigma_S \setminus V)$ ჰომოტოპიურად S^1 წრეწირის ეკვივალენტურია და $U_2 \cap B_\varepsilon \cap (\Sigma_S \setminus V)$ ჰომოტოპიურად ეკვივალენტურია $\mu(g) + \mu(\Sigma)$ ეგზემპლარი n -სფეროთა S^0 ბუკეტის, ამასთან, $U_1 \cap U_2$ არის მოქიშვადი.

ეს შესაძლებელია, რადგან $B_\varepsilon \cap (\Sigma_S \setminus V)$ ჰომოტოპიურად ეკვივალენტურია $S^1 \vee S^0 \vee \dots \vee S^0$ ბუკეტის, სადაც n -განზომილებიან სფეროთა რიცხვი ტოლია $(\mu(g) + \mu(\Sigma))$ (იხ. [9] ან [11]). რადგან მოცემულია k ჯერადი გადაფარვა

$$\pi: f^{-1}(t) \cap B_0 \rightarrow B_\varepsilon \cap (\Sigma_S \setminus V)$$

ჩვენ გვექნება, რომ $\pi^{-1}(U_1) \cap f^{-1}(t) \cap B_0$ ჰომოტოპიურად ეკვივალენტურია S^1 წრეწირის, და რადგან $\pi^{-1}(U_2 \cap B_\varepsilon \cap (\Sigma_S \setminus V))$ ცალად ბმულია, ამიტომ ნებისმიერი ფიბრაცია მასზე იქნება ტრივიალური. საბოლოოდ, რადგან $\pi^{-1}(U_2 \cap B_\varepsilon \cap (\Sigma_S \setminus V))$ ჰომოტოპიურად ეკვივალენტურია k -წერტილის და $\mu(g) + \mu(\Sigma)$ ეგზემპლარი S^0



სფეროთა ბუკეტის ნამრავლის, ადვილად მივიღებთ, რომ მილნორის ფიბრი ჰომოტოპიურად ეკვივალენტურია S^1 წრეწირის და $k(\mu(g) + \mu(\Sigma))$ ეგზემპლარი - S^m სფეროთა ბუკეტის.

იმ შემთხვევაში როცა $n=1$, ხოლო π -ის k -გერადი გადაფარვა, ამიტომ $f^{-1}(t) \cap B_0$ არის ეილენბერგ-მაკლეინის სივრცე, რომლის ფუნდამენტური ჯგუფი $\pi_1(f^{-1}(t) \cap B_0)$ არის k ინდექსის ქვეჯგუფი თავისუფალი ჯგუფისა, რომელიც წარმოქმნილია $\mu(g) + \mu(\Sigma) + 1$ ელემენტით. ეს გამომდინარეობს π გადაფარვის ზუსტი მიმდევრობიდან.

$$\dots \rightarrow \pi_1(k\text{-წერტილი}) \rightarrow \pi_1(f^{-1}(t) \cap B_0) \rightarrow \pi_1(B_\varepsilon \cap (\Sigma_s \setminus V)) \rightarrow$$

$$\rightarrow \pi_0(k\text{-წერტილი}) \rightarrow \pi_0(f^{-1}(t) \cap B_0) \rightarrow \pi_0(B_\varepsilon \cap (\Sigma_s \setminus V)),$$

რადგან $\pi_1(k\text{-წერტილი})=0$, $\pi_0(f^{-1}(t) \cap B_0) = \pi_0(B_\varepsilon \cap (\Sigma_s \setminus V)) = 0$, და $f^{-1}(t) \cap B_0$ და $B_\varepsilon \cap (\Sigma_s \setminus V)$ არიან ბმული, ამიტომ გვექნება

$$0 \rightarrow \pi_1(f^{-1}(t) \cap B_0) \rightarrow \pi_1(B_\varepsilon \cap (\Sigma_s \setminus V)) \rightarrow \pi_0(k\text{-წერტილი}).$$

საიდანაც გვექნება $\text{ind} [\pi_1(f^{-1}(t) \cap B_0) | \pi_1(B_\varepsilon \cap (\Sigma_s \setminus V))] = 1 - k$.

შესაბამისად $\pi_1(f^{-1}(t) \cap B_0)$ აქვს რანგი $r = 1 + k(\mu(g) + \mu(\Sigma)) + 1 - 1$ [10],

ე. ი. $r = 1 + k(\mu(g) + \mu(\Sigma))$. რადგან $f^{-1}(t) \cap B_0$ არის ეილენბერგ-მაკლეინის სივრცე, ამით თეორემა დამტკიცებულია.

ჰიპერსიბრტყითი განსაკუთრებულობის შემთხვევაში არსებული მსჯელობის მსგავსად [1,4], ჩვენ საბოლოოდ მივიღებთ

თეორემა 6. ვთქვათ, $f: (\mathbf{C}^{n+1}, 0) \rightarrow (\mathbf{C}, 0)$ არის ტრანსვერსალური A_{k-1} ტიპის იზოლირებული ჰიპერსივრცითი განსაკუთრებულობა, მაშინ მილნორის ფიბრი $f^{-1}(t) \cap B_0$ ჰომოტოპიურად ეკვივალენტურია S^1 წრეწირის და $k(\mu(g) + \mu(\Sigma) + \mu(f_s))$ ეგზემპლარი S^m -სფეროთა ბუკეტის.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *М. Шублаძე*. Автореф. канд. дисс. Тбилиси, 1988.
2. *М. Шублаძე*. Сообщ. АНГССР, **136**, 3, 1989, 553-556.
3. *D. Siersma*. Proc. of symposia in Pure Math., vol. 40 (part 2), 1983, 485-496.
4. *М. Шублаძე*. Сообщ. АНГССР, **128**, 2, 1987, 241-244.
5. *G. R. Pellikaan*. Proc. London Math. Soc. **57**, 3, 1988, 357-382.
6. *A. Zaharia*. University Utrecht, preprint NR. 735, 1992.
7. *E. N. Looijenga*. London Math. Soc., Lecture notes, Ser. 77, 1984.
8. *В. И. Арнольд, А. Т. Варченко, С. М. Гусейн-Заде*. Особенности дифференцируемых отображении. т. 2, М.1984.
9. *М. Шублаძე*. Сообщ. АНГССР, **126**, 3, 1987, 489-492.
10. *M. Hall*. Theory of groups. Macmillan, 1966.

ს. სანაბლიძე

სივრცეთა ჰომოტოპიური კლასიფიკაცია ფიქსირებული
 კონტრიბუციის ალგებრით

წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ბერიკაშვილმა 30.06.1997

მოცემული H კონტრიბუციის (ჰობფის) ალგებრით X სივრცეთა რაციონალური ჰომოტოპიური კლასიფიკაციისას, სადაც $H = H_*(\Omega X)$ აზრიანად მოჩანს H -ის ისეთი მულტიპლიკაციური რეზოლვენტების განხილვა, რომლებიც არააუცილებლად კოკომუტაციური და კოასოციური არიან. ვინაიდან ამით ფაქტიურად აცილებულია მილნორ-მურის თეორემის გამოყენება და, მაშასადამე, ინფორმაცია განსახილველ სივრცეთა ჰომოტოპიის ჯგუფების შესახებ. ამისათვის საჭირო ალგებრულ ფორმალიზმს მივყავართ თვით რაციონალურ სივრცეთა კატეგორიის გარეთ, რომელსაც ჩვენ ვაკეთებთ შემდეგ ეტაპად (შეადარე [1]):

1. დიფერენციალური ჰობფის ალგებრების ჰომოტოპიური კლასიფიკაცია ფიქსირებული ჰომოლოგიის ჰობფის ალგებრით;
2. კავშირის დადგენა ჰობფის ალგებრების ჰომოტოპიის თეორიასთან [2, 3];
3. სივრცეთა ჰომოტოპიური კლასიფიკაცია მათი მარყუქების სივრცეთა ფიქსირებული კონტრიბუციის (ჰობფის) ალგებრით, კერძოდ, რაციონალური ჰომოტოპიის თეორიაში.

იყოს $H \Delta H$ ჰომოტოპიური ჰობფის ალგებრების კატეგორია ფიქსირებულ R რგოლზე ერთეულით [2]. იყოს H გრადუირებული ჰობფის ალგებრა და

$$\rho: (RH, d) \rightarrow H$$

მისი მულტიპლიკაციური რეზოლვენტა [4, 1]. სტანდარტული გზით (ადამს-ჰილტონის თეორემის გამოყენებით) RH -ზე განიმარტება $\Delta: R_q H \rightarrow \bigoplus_{i+j=q} R_i H \otimes R_j H, q \geq 0$, კონამრავლი, რომელიც ინახავს რეზოლვენტის გრადუირებას და

$$\rho: (RH, d, \Delta) \rightarrow H$$

ხდება $H \Delta H$ კატეგორიის მორფიზმი. მას ვუწოდებთ H -ის ჰობფის რეზოლვენტას. გაიხსენოთ, რომ (RH, d) -ის პერტურბაცია არის h დერივაცია ტოტალური განზომილებით -1 ისეთი, რომ $h: R_q H \rightarrow \bigoplus_{i \leq q-2} R_i H$ და $(d+h)^2 = 0$.

$$\nu: R_q H \rightarrow \bigoplus_{i+j=q} R_i H \otimes R_j H$$

R -წრფივ ასახვას ტოტალური განზომილებით 0 ვუწოდებთ (RH, Δ) -ის პერტურბაციას, თუ $i+j \leq q-1$ და $\Delta_\nu = \Delta + \nu$ არის ალგებრების ასახვა. (h, ν) წყვილს ვუწოდებთ (RH, d, Δ) სამეულის პერტურბაციას, თუ h და ν არიან შესაბამისად (RH, d) და (RH, Δ) -ის პერტურბაციები და (RH, d_ν, Δ_ν) არის $H \Delta H$ კატეგორიის ობიექტი.

სამართლიანია შემდეგი

თეორემა 1. იყოს H გრადუირებული ჰობფის ალგებრა და $\rho: (RH, d, \Delta) \rightarrow H$ მისი ჰობფის რეზოლვენტა. იყოს (A, d, ψ) HAH კატეგორიის ობიექტი ისეთი, რომ $i_A: H \approx H(A, d)$, მაშინ გვაქვს

არსებობა. არსებობს სამეული (h, ν, k) სადაც (h, ν) წყვილი არის (RH, d, Δ) -ის პერტურბაცია და

$$k: (RH, d_h, \Delta_\nu) \rightarrow (A, d, \psi)$$

არის HAH -ის მორფიზმი, რომელიც ინდუცირებს იზომორფიზმს ჰომოლოგიებში და $k|_{RH}$ ინდუცირებს $i_A \circ \rho|_{RH}$ კომპოზიციას.

ერთადერთობა. თუ არსებობს $(\bar{h}, \bar{\nu}, \bar{k})$ სხვა წყვილიც, რომელიც აკმაყოფილებს ზედა პირობებს, მაშინ არსებობს

$$p: (RH, d_h, \Delta_\nu) \rightarrow (RH, d_{\bar{h}}, \Delta_{\bar{\nu}})$$

იზომორფიზმი HAH -ში ისეთი, რომ p -ს აქვს სახე $p=1+p'$, სადაც p' ამცირებს რეზოლვენტის გრადუირებას სულ მცირე ერთით და k ჰომოტოპიურია $\bar{k} \circ p$.

დამტკიცების სქემა. არსებობა. როცა უკვე გვაქვს $(RH, d_h) \rightarrow (A, d)$ ალგებრების ასახვა (აგებული [4, 1]-ის მსგავსად), მაშინ ადამს-ჰილტონის თეორემის გამოყენებით ვიღებთ Δ' კონამრავლს RH -ზე და HAH -ის

$$(RH, d_h, \Delta') \rightarrow (A, d, \psi).$$

მორფიზმს. შემდეგ Δ' უნდა შეირჩეს ისე, რომ მას ჰქონდეს $\Delta' = \Delta + \nu$ ფორმა, სადაც Δ ფიქსირებულია.

ერთადერთობა. მიმდინარეობს მსგავსად [4, 1]-ისა პერტურბაციის განზომილების მიხედვით. მაგრამ, ვინაიდან $\exp \theta$ -ს უკვე აზრი აღარ აქვს რაიმე θ დერივაციისათვის, ის უნდა ვაქციოთ ალგებრების ასახვად წარმომქმნელებზე მისი შეზღუდვის გავრცელებით.

ეს თეორემა საშუალებას იძლევა ჰობფის ალგებრების კლასიფიკაციისას სუსტი ჰომოტოპიური ეკვივალენტობის სიზუსტით მსგავსად [1]-ისა. კერძოდ, იყოს M_H კომრავლე ჰობფის ალგებრების სუსტი ჰომოტოპიების ტიპებისა, რომელთა ჰომოლოგიები მოცემული H -ის იზომორფულია. განვიხილოთ M_H სიმრავლე ყველა პერტურბაციებისა (RH, d, Δ) -ზე და გაავთქმროთ შემდეგი ეკვივალენტობის მიმართებით $\sim: (h, \nu)$ და $(\bar{h}, \bar{\nu})$ ორი წყვილი არის ეკვივალენტური თუ არსებობს იზომორფიზმი ისეთივე სახისა, როგორც თეორემის ერთადერთობის ნაწილში. ამგვარად, ორი დიფერენციალის პერტურბაციის ეკვივალენტობის ფორმულას აქვს ისეთივე სახე, როგორც [5]-ში D სიმრავლის განმარტებისას. შემდეგ, $\text{Aut } H$ ჯგუფი მოქმედებს კანონიკურად M_H -ზე. აღვნიშნოთ

$$D_H = M_H / \sim / \text{Aut } H.$$

ამით მივიღებთ შემდეგ თეორემას:

თეორემა 2. არსებობს ბიექცია

$$\Omega_H \approx D_H.$$

ბუნებრივად ისმის კითხვა: როდისაა ν კონამრავლის პერტურბაცია ნული, პირველ თეორემაში? აღმოჩნდა, რომ ის შემთხვევა [2], რომელსაც ანიკი იხილავს, არის ამ კითხვის კერძო შემთხვევა: r -რბილი ჰოპფის ალგებრების კატეგორია. უფრო ზუსტად, r -რბილი (A, d, ψ) ჰოპფის ალგებრისათვის არსებობს L_A ლის ალგებრა და $A \approx UL_A$ იზომორფიზმი HAH -ში. (A, d) -ის H ჰომოლოგიას აქვს იგივე $H \approx UL_H$ ფორმა. ახლა ჩვენ შეგვიძლია ავიღოთ H -ის (RH, d, Δ) ჰოპფის რეზოლვენტა, რომელსაც ექნება $RH = UL_R$ სახე, ამასთან d იქნება დერივაცია და კოდერივაცია ერთდროულად. [1]-ის ანალოგიურად შეიძლება მოიძებნოს (RH, d) -ის h პერტურბაცია და $(RH, d, \Delta) \rightarrow (A, d, \psi)$ ჰომოლოგიური იზომორფიზმი.

მეორე მხრივ, [3]-დან და ზემო თეორემებიდან ვსაკვნით, რომ r -ბმული, pr განზომილებიანი CW -კომპლექსისათვის R -ლოკალური ჰომოტოპიის ტიპი (კერძოდ, რაციონალური ტიპი) განსაზღვრულია მისი ჰოპფის ფილტრირებული მოდულით. ასე რომ, ვიღებთ შემდეგ თეორემას (შეადარე [1]).

თეორემა 3. იყოს Ω_H^R სიმრავლე R -ლოკალური ჰომოტოპიების ტიპებისა X r -ბმული, pr განზომილებიანი CW -კომპლექსების მოცემული $H \approx H_*(\Omega X)$ იზომორფიზმით (ვგულისხმობთ, რომ H -ს არა აქვს R -გრეხვა), მაშინ არსებობს

$$\Omega_H^R \approx D_H$$

ბიექცია.

ვინაიდან D_H არ არის დამოკიდებული რეზოლვენტების არჩევაზე, ამ ბოლო ორი თეორემიდან მოჩანს, რომ რაციონალური ჰომოტოპიების ტიპების გამოსათვლელად შეიძლება არ ვისარგებლოთ $H = UL_H$ წარმოდგენით.

განვიხილოთ ერთი მარტივი მაგალითი კონამრავლის არატრივიალური პერტურბაციების არსებობის საჩვენებლად.

იყოს

$$X = K(Q, 2) \times K(Q, 4) \times K(Q, 5) \times K(Q, 11)$$

აილენბერგ-მაკლინის სივრცეთა ნამრავლი. მაშინ $H = H_*(\Omega X)$ -თვის გვაქვს

$$(RH, d, \Delta) = (T(V), d, \Delta), V = \bigoplus V_{ij}$$

$$x_0 \in V_{0,1}, y_0 \in V_{0,3}, z_0 \in V_{0,4}, \omega_0 \in V_{0,10},$$

$$x_1 \in V_{1,3}, y_1 \in V_{1,7}, x_2 \in V_{2,5}, y \in V_{2,11}, \dots$$

$$0 = dx_0 = dy_0 = dz_0 = d\omega_0, dx_1 = x_0 x_0, dy_1 = y_0 y_0, dx_2 = x_1 x_0 - x_0 x_1, dy_2 = y_1 y_0 - y_0 y_1, \dots$$

$$\Delta x_0 = x_0 \otimes 1 + 1 \otimes x_0, \Delta y_0 = y_0 \otimes 1 + 1 \otimes y_0, \Delta z_0 = z_0 \otimes 1 + 1 \otimes z_0, \Delta \omega_0 = \omega_0 \otimes 1 + 1 \otimes \omega_0 + y_0 z_0 \otimes y_0 + y_0 \otimes y_0 z_0, \dots$$

d დიფერენციალის h პერტურბაციის არანულოვანი შესაძლებლობა (ჰომოლოგიურად) არის: $h(x_2) = z_0$ ან $h(\omega_2) = \omega_0$, მაგრამ ბოლო შემთხვევა ითხოვს სწორედ არანულოვან კონამრავლის პერტურბაციას განსაზღვრულს ფორმულით:

$\nu(\gamma_1) = \gamma_0 \gamma_0$ ასე რომ, (h, ν) წყვილი არის პერტურბაცია. მაშინ წინააღმდეგობის თეორიის გამოყენებით ვიღებთ, რომ არსებობს 4 რაციონალური ტიპი, რომელთა მარყუქეთა სივრცეების პონტრიაგინის ალგებრები იზომორფულია H ჰოპფის ალგებრის.

ნაშრომი შესრულებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გრანტის ფინანსური მხარდაჭერით.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ა. რაზმაძის სახ. მათემატიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *S. Saneblidze*. Proc. A. Razmadze Math. Inst., v. 111, 1994, 1-106.
2. *D. Anick*. J. AMS, 2, 1989, 417-453.
3. *D. Anick*. Lect. Notes in Math., 1418, 1990, 78-85.
4. *S. Halperin and J. D. Stasheff*. Adv. in Math., v. 32, 1979, 233-279.
5. *Н. Берикашвили*. Труды Мат. ин-та им. А. Размадзе, 51, 1976, 1-105.



3. კირვალნიძე

ნეიმანის ამოცანა სტოქსის განტოლებებისათვის ღია ზედაპირის
 ბარე არის შემთხვევაში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ბურჭულაძემ 2.06.1997

დავუშვათ, Γ წარმოადგენს შემოსაზღვრულ, ცალადბმულ, ორიენტირებულ, გლუვ, ორმხრივ ზედაპირს \mathbf{R}^3 -ში გლუვი, თანაუკვეთი $\gamma = \partial\Gamma$ საზღვრით; $\bar{\Gamma} = \Gamma \cup \gamma$. ვთქვათ, $\Omega_\Gamma =: \mathbf{R}^3 \setminus \bar{\Gamma}$ არე შევსებულია უკუმშვადი, ბლანტი სითხით. ასევე ვიგულისხმობთ, რომ Γ წარმოადგენს რაიმე ჩაკეტილი S ზედაპირის ნაწილს: $\Gamma \subset S$. S ზედაპირით შემოსაზღვრული შიგა არე იყოს Ω^+ ; $\Omega^+ =: \Omega^+ \cup S$, $\Omega^- =: \mathbf{R}^3 \setminus \Omega^+$.

ნეიმანის ამოცანის ჩამოსაყალიბებლად ჩვენ დაგვჭირდება სობოლევის შემდეგი წონიანი სივრცეები.

განმარტება 1. ვთქვათ, $1 < r < \infty$ და Ω აღნიშნავს რაიმე ღია არეს \mathbf{R}^3 -ში; მაშინ

$$\mathbf{G}_r(\Omega) = \{u = (u_1, u_2, u_3) \mid \langle x \rangle^{\frac{r-6}{2r}} u_i \in L_r(\Omega), \langle x \rangle^{\frac{3r-6}{2r}} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \in L_r(\Omega)\},$$

$$\mathbf{Q}_r(\Omega) = \{(u, p) \mid u \in \mathbf{G}_r(\Omega), \langle x \rangle^{\frac{3r-6}{2r}} p \in L_r(\Omega), \langle x \rangle^{\frac{5r-6}{2r}} (-\nu \Delta u + \nabla p)_i \in L_r(\Omega)\},$$

სადაც $i, j = 1, 2, 3$, $\langle x \rangle = \sqrt{1 + |x|^2}$, ხოლო შესაბამისი ნორმები განმარტება შემდეგნაირად

$$\|u\|_{\mathbf{G}_r(\Omega)} = \|\langle x \rangle^{\frac{r-6}{2r}} u\|_{L_r(\Omega)} + \sum_{j=1}^3 \|\langle x \rangle^{\frac{3r-6}{2r}} \frac{\partial u}{\partial x_j}\|_{L_r(\Omega)},$$

$$\|(u, p)\|_{\mathbf{Q}_r(\Omega)} = \|u\|_{\mathbf{G}_r(\Omega)} + \|\langle x \rangle^{\frac{3r-6}{2r}} p\|_{L_r(\Omega)} + \|\langle x \rangle^{\frac{5r-6}{2r}} (-\nu \Delta u + \nabla p)\|_{L_r(\Omega)},$$

სადაც

$$\|v\|_{L_r(\Omega)} = \left[\int_{\Omega} |v|^r dx \right]^{1/r} \quad \text{და} \quad |v| = [v_1^2 + v_2^2 + v_3^2]^{1/2}.$$

შევნიშნობთ, რომ შემოსაზღვრული არეებისათვის, კერძოდ Ω^+ არისთვის, ვაქვს

$$\mathbf{G}_r(\Omega^+) =: W^1_r(\Omega^+).$$

ნაშრომში ჩვენ ასევე გამოვიყენებთ ბესელის პოტენციალთა $H^s_r(\Omega^+)$, $H^s_{r,loc}(\Omega^-)$, $H^s_r(S)$, $H^s_r(\Gamma)$, $\tilde{H}^s_r(\Gamma)$ და ბესოვის $B^s_{r,q}(\Omega^+)$, $B^s_{r,q,loc}(\Omega^-)$, $B^s_{r,q}(S)$, $B^s_{r,q}(\Gamma)$, $\tilde{B}^s_{r,q}(\Gamma)$ სივრცეებს, სადაც $s \in \mathbf{R}$, $1 < r < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$ [1-3].

ვთქვათ, $v = (v_1, v_2, v_3)$ რაიმე ვექტორ-ფუნქციაა, X კი რომელიმე ზემოხსენებული სივრცე. თუ $v_k \in X$, $k = 1, 2, 3$, მაშინ დავწერთ $v \in X$.

ნეიმანის ამოცანა: ვიპოვოთ ისეთი $(u, p) \in Q_r(\Omega_r)$ წყვილი, რომელიც აკმაყოფილებს

$$-\nu \Delta u + \nabla p = 0, \quad (1)$$

$$\operatorname{div} u = 0 \quad (2)$$

სისტემას Ω_r -არეში და შემდეგ სასაზღვრო პირობას Γ ზედაპირზე:

$$[T(u, p)n]^+ = g^+, \quad (3)$$

სადაც $g^+ \in \tilde{B}_{r,r}^{-1/r}(\Gamma)$, და $g^+ - g^- \in \tilde{B}_{r,r}^{-1/r}(\Gamma)$, ν სითხის სიბლანტის მუდმივია, n არის S ზედაპირის გარე ერთეულოვანი ნორმალი, $[\cdot]^+$ აღნიშნავს ზღვრებს Ω^+ -დან, T_{ij} ძაბვის ტენზორია, რომელიც განიმარტება ფორმულით

$$T_{ij}(u, p) = -p\delta_{ij} - \nu \left(\frac{\partial u_i}{\partial y_j} + \frac{\partial u_j}{\partial y_i} \right); \quad (4)$$

სადაც δ_{ij} კრონეკერის დელტაა.

შევნიშნოთ, რომ (1), (2) სისტემა გვესმის განზოგადებული აზრით. ცნობილია, რომ (1), (2) არის სისტემა ელიფსური დუგლის-ნირენბერგის აზრით.

რაც შეეხება (3) სასაზღვრო პირობას, ჩვენ მას შეგვიძლია აზრი მივანიჭოთ, თუ კვალს შემდეგი ფუნქციონალის სახით განვმარტავთ (იხ. ლემა 1.3 [4]).

$$\left\{ [T(u, p)n]^+ [v]^+ \right\}_S = \pm \int_{\Omega^+} [(\nu \Delta u - \nabla p)v + \frac{\nu}{2} E(u, v) - p \operatorname{div} v] dy \quad (5)$$

სადაც $(u, p) \in Q_r(\Omega^+)$, $\operatorname{div} u = 0$, $v \in \mathfrak{G}_{r'}(\Omega^+)$, $1/r' + 1/r = 1$, $\langle \cdot, \cdot \rangle_S$ აღნიშნავს ორადულობას $B_{r,r}^{-1/r}(S)$ და $B_{r',r'}^{1/r}(S)$ შორის და ემთხვევა $L_2(S)$ სკალარულ ნამრავლს გლუვი ფუნქციების შემთხვევაში. აქ

$$E(u, v) = \left(\frac{\partial u_i}{\partial y_j} + \frac{\partial u_j}{\partial y_i} \right) \left(\frac{\partial v_i}{\partial y_j} + \frac{\partial v_j}{\partial y_i} \right).$$

განმეორებითი ინდექსებით იგულისხმება აჯამვა 1-დან 3-მდე.

იმ შემთხვევაში, როცა $r = 2$, სამართლიანია შემდეგი ერთადერთობის თეორემა (იხ. თეორემა 1.4 [4]).

თეორემა 2. ნეიმანის ერთგვაროვან ამოცანას ($g^\pm = 0$) გააჩნია მხოლოდ ტრივი-ალური ამონახსნი $Q_2(\Omega_r)$ სივრცეში.

(1), (2) სისტემის ფუნდამენტურ ამონახსნს შემდეგი სახე აქვს [4-6].

$$U_i^k(x, y) = -\frac{1}{8\pi\nu} \left(\frac{\delta_i^k}{|x-y|} + \frac{(x_k - y_k)(x_i - y_i)}{|x-y|^3} \right),$$

$$P_i^k(x, y) = -\frac{1}{4\pi} \frac{x_k - y_k}{|x - y|^3}, \quad i, k = 1, 2, 3. \quad (6)$$

დაეუწვათ, φ და ψ უწყვეტი ვექტორ-ფუნქციებია S -ზე. მარტივი და ორმაგი ფენის პოტენციალები φ და ψ სიმკვრივეებით განისაზღვრება შემდეგნაირად

$$V_k(\varphi)(x) = -\int_S U_i^k(x, y) \varphi_i(y) dS_y, \quad Q(\varphi)(x) = -\int_S P^i(x, y) \varphi_i(y) dS_y, \quad (7)$$

$$W_k(\psi)(x) = \int_S T_{ji}'(U^k(x, y), P^k(x, y))_{,y} \psi_i(y) n_j(y) dS_y,$$

$$\Pi(\psi) = -2\nu \frac{\partial}{\partial x_j} \int_S P^i(x, y) \psi_i(y) n_j(y) dS_y, \quad i, j, k = 1, 2, 3, \quad (8)$$

სადაც $x \in \mathbb{R}^3 \setminus S$ და $T_{ij}'(v, q) = q \delta_{ij}' + v \left(\frac{\partial v_i}{\partial y_j} + \frac{\partial v_j}{\partial y_i} \right)$.

S ზედაპირზე, მარტივი და ორმაგი ფენის პოტენციალების პირდაპირი მნიშვნელობის საშუალებით წარმოქმნილი სასაზღვრო ინტეგრალური ოპერატორების აღსანიშნავად, გამოვიყენებთ აღნიშვნებს:

$$\overset{\circ}{V}(\varphi)(x) =: \mathbf{V}(\varphi)(x), \quad \overset{\circ}{W}(\psi)(x) =: \mathbf{W}(\psi)(x),$$

როცა $x \in S$. აქ $\mathbf{V}(\varphi) = (V_1(\varphi), V_2(\varphi), V_3(\varphi))$ და $\mathbf{W}(\psi) = (W_1(\psi), W_2(\psi), W_3(\psi))$.

ნეიმანის (1)-(3) ამოცანის დასაყვანად ფსევდოდიფერენციალურ განტოლებამდე ჩვენ გვპირდება ზემოთ ხსენებულ პოტენციალთა და ასევე მათ მიერ წარმოქმნილ ოპერატორთა თვისებები ბესელის პოტენციალთა H_r^s და ბესოვის $B_{r,q}^s$ სივრცეებში.

თეორემა 3. ა) ვთქვათ $s > -1$, $1 < r < \infty$, $(1 \leq q \leq \infty)$ და $\psi \in B_{r,r}^{s+2}(S) (B_{r,q}^{s+2}(S))$; მაშინ S ზედაპირზე სამართლიანია შემდეგი ფორმულა:

$$L^+ \psi = L^- \psi =: \overset{\circ}{V} \psi \quad (9)$$

სადაც $L^\pm \psi(x) =: [T(\mathbf{W}(\psi), \Pi(\psi))n]^\pm(x) = \lim_{\Omega^\pm \ni z \rightarrow x \in S} [T(\mathbf{W}(\psi), \Pi(\psi))n](z)$;

ბ) სამართლიანია იგივეობები:

$$\overset{\circ}{V} \overset{\circ}{V}^{-1} + \overset{\circ}{V}^{-1} \overset{\circ}{V} = 0, \quad \overset{\circ}{V}^{-1} \overset{\circ}{V} + \overset{\circ}{V} \overset{\circ}{V}^{-1} = 0, \quad (10)$$

$$\overset{\circ}{V} \overset{\circ}{V}^{-1} = \frac{1}{4} I - (\overset{\circ}{V}^*)^2, \quad \overset{\circ}{V}^{-1} \overset{\circ}{V} = \frac{1}{4} I - \overset{\circ}{V}^2, \quad (11)$$

სადაც $\overset{\circ}{V}$ და $\overset{\circ}{V}^*$ ურთიერთშეუღლებული ოპერატორებია.

გ) თუ $s \in \mathbb{R}$, მაშინ $1 < r < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$.

$$\overset{\circ}{V}: B_{r,q}^s(S) \rightarrow B_{r,q}^{s-1}(S)$$

არის $+1$ რიგის შემოსაზღვრული ფსევდოდიფერენციალური ოპერატორი.

შევნიშნოთ, რომ ამონახსნს ვეძებთ მარტივი და ორმაგი ფენის პოტენციალთა ჯამის სახით, რომელთა თვისებების გათვალისწინებით (თეორემა 2.2 [4]), ვღებულობთ განსაზღვრული ნეიმანის ამოცანის შესაბამის სასაზღვრო ინტეგრალურ განტოლებას

$$\pi_r^+ \mathbf{V}^1 \psi = \frac{1}{2} (g^+ + g^-) - \pi_r^+ \mathbf{V}^0 (g^+ - g^-), \quad (12)$$

აქ π_r^+ შეზღუდვის ოპერატორია Γ -ზე, ხოლო $\psi \in B_{r,r}^{1/r'}(\Gamma)$ უცნობი ფუნქციაა.

\mathbf{V}^1 ოპერატორის მთავარ ერთგვაროვან სიმბოლურ მატრიცას შემდეგი სახე აქვს:

$$\sigma(\mathbf{V}^1) = \frac{\pi}{2|\xi|} \begin{bmatrix} |\xi|^2 + \xi_1^2 & \xi_1 \xi_2 & 0 \\ \xi_1 \xi_2 & |\xi|^2 + \xi_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & 2|\xi|^2 \end{bmatrix}. \quad (13)$$

შევნიშნოთ, რომ (12) განტოლება ნეიმანის (1)-(3) ამოცანის ეკვივალენტურია.

თეორემა 4. დავუშვათ, $s \in \mathbb{R}$, $1 < r < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$. მაშინ

$$-1/2 < s - 1/p < 1/2 \quad (14)$$

პირობა აუცილებელი და საკმარისია იმისათვის, რომ

$$\pi_r^+ \mathbf{V}^1: \tilde{H}_r^s(\Gamma) \rightarrow H_r^{s-1}(\Gamma) \quad (15)$$

ოპერატორი იყოს ფრედჰოლმის.

თუ (14) პირობა სრულდება, მაშინ (15) და

$$\pi_r^+ \mathbf{V}^1: B_{r,q}^s(\Gamma) \rightarrow B_{r,q}^{s-1}(\Gamma) \quad (16)$$

ოპერატორები შებრუნებადია.

მაშასადამე, თუ (14) პირობა სრულდება, მაშინ ოპერატორი

$\pi_r^+ \mathbf{V}^1: B_{r,r}^s(\Gamma) \rightarrow B_{r,r}^{s-1}(\Gamma)$ შებრუნებადია. ვინაიდან ჩვენ (12) განტოლების ამონახსნს

ვეძებთ $\tilde{B}_{r,r}^{1/r'}(\Gamma)$ სივრციდან, ვღებულობთ უტოლობას $4/3 < r < 4$.

ჩამოვყალიბოთ არსებობის, ერთადერთობისა და რეგულარობის თეორემები.

თეორემა 5. დავუშვათ, $4/3 < r < 4$. მაშინ ნეიმანის (1)-(3) ამოცანას გააჩნია ერთადერთი ამონახსნი $(u, p) \in Q_r(\Omega_r^+)$ და იგი შემდეგი სახით შეიძლება გამოისახოს

$$u(x) = \mathbf{V}(\varphi)(x) + \mathbf{W}(\psi)(x), \quad p(x) = Q(\varphi)(x) + \Pi(\psi)(x),$$

სადაც $\varphi \in B_{r,r}^{1/r'}(\Gamma)$, $\psi \in B_{r,r}^{1/r'}(\Gamma)$. აქ $\varphi = g^+ - g^-$ და ψ არის (12) განტოლების ამონახსნი.

თეორემა 6. დავუშვათ, $4/3 < r < 4$, $1 < t < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$, $-1/2 < s - 1/t < 1/2$ და $(u, p) \in Q_r(\Omega_r^+)$ არის ნეიმანის (1)-(3) ამოცანის ამონახსნი.

ა) თუ $g^\pm \in B_{t,t}^s(\Gamma)$ და $g^+ - g^- \in \tilde{B}_{t,t}^s(\Gamma)$, მაშინ $u \in H_{t,loc}^{s+1/2}(\Omega_\Gamma)$,
 $p \in H_{t,loc}^{s+1/2}(\Omega_\Gamma)$;

ბ) თუ $g^\pm \in B_{t,q}^s(\Gamma)$ და $g^+ - g^- \in \tilde{B}_{t,q}^s(\Gamma)$, მაშინ $u \in B_{t,q,loc}^{s+1/2}(\Omega_\Gamma)$,
 $p \in B_{t,q,loc}^{s+1/2}(\Omega_\Gamma)$;

გ) თუ $\alpha \in]0; 1/2]$, $g^\pm \in B_{\infty,\infty}^{\alpha-1}(\Gamma)$ და $g^+ - g^- \in \tilde{B}_{\infty,\infty}^{\alpha-1}(\Gamma)$, მაშინ $u \in \bigcap_{\alpha' < \alpha} C^{\alpha'}(\overline{\Omega^\pm})$,
 $p \in \bigcap_{\alpha' < \alpha} B_{\infty,\infty}^{\alpha'-1}(\Omega^\pm)$.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ა. რაზმაძის სახ. მათემატიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *I. Eskin*. AMS, 52, Providence, Rhode Island, 1981.
2. *Triebel*. Interpolation Theory, Function Spaces, Differential Operators.
3. *Triebel*. Theory of Function Spaces, Boston, 1983.
4. *Kirvalidze*. Math. Meth. in the Appl. Sciences, 20, 1997.
5. *Ladyzhenskaya*. The Mathematical Theory of Viscous Incompressible Flow, New York, 1969.
6. *Wendland, J. Zhu*. Mathematical and Computer Modelling, 15, 1991.
7. *Duduchava, D. Natroshvili, E. Shargorodsky*. Georgian Math. J. 2, 1995, 123-140, 259-276.



თ. ბურჭულაძე (აბაღვიძოვი), რ. რუხაძე

მომენტური დრეკადობის თეორიის რხევის ძირითადი
 სასაზღვრო-საკონტაქტო ამოცანების საკუთრივი ფუნქციებისა
 და საკუთრივი რიცხვების ასიმპტოტური განაწილება

წარმოდგენილია 11.08.1997

ვთქვათ, $D_0 \subset \mathbb{R}^3$ არის სასრული არე, შემოსაზღვრული $L_2(\alpha)$, $0 < \alpha \leq 1$ კლასის [1] S_0, S_1, \dots, S_m ჩაკეტილი ზედაპირებით; ამასთან, S_0 მოიცავს ყველა დანარჩენ S_k -ს, ხოლო ეს უკანასკნელნი ერთმანეთს არ მოიცავენ; $S_k, k = 1, m$ ზედაპირით შემოსაზღვრული სასრული არე აღვნიშნოთ D_k -თი;

$$\overline{D_0} = D_0 \cup \left(\bigcup_{k=1}^m S_k \right), \quad \overline{D_k} = D_k \cup S_k, \quad k = \overline{1, m}$$

მომენტური დრეკადობის თეორიის რხევის ერთგვაროვან დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას ერთგვაროვანი იზოტროპული ცენტრსიმეტრიული გარემოსათვის აქვს შემდეგი სახე [1]:

$$\begin{cases} (\mu + \alpha)\Delta u + (\lambda + \mu - \alpha) \operatorname{grad} \operatorname{div} u + 2\alpha \operatorname{rot} \omega + \rho \sigma^2 u = 0, \\ (v + \beta)\Delta \omega + (\varepsilon + v - \beta) \operatorname{grad} \operatorname{div} \omega + 2\alpha \operatorname{rot} u - 4\alpha \omega + I \sigma^2 \omega = 0, \end{cases} \quad (1)$$

სადაც Δ ლაპლასის სამგანზომილებიანი ოპერატორია, $u(x) = (u_1, u_2, u_3)$ გადაადგილების ვექტორია, $\alpha(x) = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ ბრუნვის ვექტორია, ρ - გარემოს სიმკვრივე, I - ინერციის მომენტი, σ - რხევის სიხშირე, $\lambda, \mu, \alpha, v, \beta, \varepsilon$ დრეკადი მუდმივებია.

(1) სისტემა შეიძლება წარმოვადგინოთ ვექტორულ-მატრიცული ფორმით შემდეგნაირად

$$M(\partial x)v(x) + r\sigma^2 v(x) = 0, \quad (2)$$

სადაც $M(\partial x)$ არის 6×6 -განზომილებიანი მატრიცული დიფერენციალური ოპერატორი, რომლის ელემენტები (1)-ის მიხედვით ადვილად ამოიწერება [1];

$$v(x) = (u(x), \alpha(x)) = (u_1, u_2, u_3, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = (v_1, v_2, \dots, v_6);$$

r არის 6×6 -განზომილებიანი დიაგონალური მატრიცი: $r = \|r_{ij}\|_{6 \times 6}$, ამასთან, $r_{ij} = 0$ როდესაც $i \neq j$, $r_{ii} = \rho$, როდესაც $i = 1, 2, 3$, და $r_{ii} = I$ როდესაც $i = 4, 5, 6$.

$T(\partial x, n(x))$ -თი აღვნიშნოთ მომენტური დრეკადობის თეორიის ძაბვის ოპერატორი, რომელიც წარმოადგენს 6×6 -განზომილებიან მატრიცულ დიფერენციალურ ოპერატორს [1].

გადავწეროთ (2) განტოლება შემდეგი სახით

$$\tilde{M}(\partial x) \tilde{v}(x) + \sigma^2 \tilde{v}(x) = 0, \quad (3)$$

სადაც $\tilde{M} = \tilde{r}^{-1} M \tilde{r}^{-1}$, $\tilde{v} = \tilde{r} v$, $\tilde{r} = \|\sqrt{r_{ij}}\|_{6 \times 6}$.

დავუშვათ, რომ D_k ($k = \overline{0, m_0}$) არეები შევსებულა ერთგვაროვანი იზოტროპული დრეკადი გარემოთი, რომელთა მუდმივებია $\lambda_k, \mu_k, \alpha_k, \nu_k, \beta_k, \epsilon_k, \rho_k, I_k$ ხოლო დანარჩენი D_k ($k = m_0 + 1, \overline{m}$) არეები ცარიელი ჩართვებია. როდესაც M და T ოპერატორებში $\lambda, \mu, \alpha, \nu, \beta, \epsilon$ მუდმივების ნაცვლად წერია $\lambda_k, \mu_k, \alpha_k, \nu_k, \beta_k, \epsilon_k$ მუდმივები, მაშინ გამოვიყენებთ აღნიშვნას $\overset{k}{M}$ და $\overset{k}{T}$. აღვნიშნოთ

$$v^+(z) = \lim_{D_0 \ni x \rightarrow z \in S_k} v(x), k = \overline{0, m}, \quad v^-(z) = \lim_{D_k \ni x \rightarrow z \in S_k} v(x), k = \overline{1, m_0}.$$

ანალოგიური აზრი აქვთ აღნიშვნებს $(T(\partial z, n(z))v(z))^+$. განვიხილოთ პირველი სასაზღვრო-საკონტაქტო ამოცანა საკუთრივ მნიშვნელობებზე: ვიპოვოთ D_k

($k = \overline{0, m_0}$) არეში რეგულარული ვექტორი $\overset{k}{W}(x) = (\overset{k}{W}_1, \overset{k}{W}_2, \dots, \overset{k}{W}_6,)$ ($\overset{k}{W}_i \in C^1(\overline{D_k}) \cap C^2(D_k), i = \overline{1, 6}$) არანულოვანი ამონახსნი განტოლებისა

$$\forall x \in D_k: \overset{k}{M}(\partial x) \overset{k}{W}(x) + \gamma \overset{k}{W}(x) = 0, k = \overline{0, m_0};$$

რომელიც დააკმაყოფილებს საკონტაქტო პირობებს

$$\forall z \in S_k: \overset{o}{W}^+(z) = \overset{k}{W}^-(z), \left(\overset{o}{T} \overset{o}{W}(z) \right)^+ = \left(\overset{k}{T} \overset{k}{W}(z) \right)^-, k = \overline{1, m_0};$$

და სასაზღვრო პირობებს $\forall z \in S_k: \overset{o}{W}^+(z) = 0, k = 0, m_0 + 1, \dots, m$.

ეს ამოცანა აღვნიშნოთ $(I)_\gamma^c$. ცნობილი გზით [1] შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ $(I)_\gamma^c$ ამოცანა ეკვივალენტურია ინტეგრალურ განტოლებათა შემდეგი სისტემის

$$W(x) = (\gamma_n + \chi_0^2) \int_D G(x, y, -\chi_0^2) W(y) dy, x \in D, \quad (4)$$

სადაც $W(x) = \overset{k}{W}(x)$ თუ $x \in D_k$ ($k = \overline{0, m_0}$); χ_0 არის ნებისმიერი ფიქსირებული

დადებითი რიცხვი; $D = \bigcup_{k=0}^{m_0} D_k$; $G(x, y, -\chi_0^2) = \overset{k}{G}(x, y, -\chi_0^2)$, $x \in D_k, y \in D, x \neq y$,

$k = \overline{0, m_0}$, არის პირველი სასაზღვრო-საკონტაქტო ამოცანის გრინის ტენზორი (6×6 -განზომილებიანი მატრიცი), რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ პირობებს:

$$1. \forall x \in D_k, \forall y \in D, x \neq y: \overset{k}{M}(\partial x) \overset{k}{G}(x, y, -\chi_0^2) - \chi_0^2 \overset{k}{G}(x, y, -\chi_0^2) = 0, k = \overline{0, m_0};$$

$$2. \forall z \in S_k, \forall y \in D: \overset{o}{G}^+(x, y, -\chi_0^2) = \overset{k}{G}^-(x, y, -\chi_0^2),$$

$$\left(\overset{o}{T}(\tilde{c}z, n(z)) \overset{o}{G}(z, y, -\chi_0^2) \right)^+ = \left(\overset{k}{T}(\tilde{c}z, n(z)) \overset{k}{G}(z, y, -\chi_0^2) \right)^-, k = \overline{1, m_0};$$

$$3. \forall z \in S_k, \forall y \in D: \overset{o}{G}^+(x, y, -\overline{1m_0}) = 0, k = 0, m_0+1, \dots, m;$$

$$4. \overset{k}{G}(x, y, -\chi_0^2) = \tilde{\Gamma}(x, y, -\chi_0^2) - \overset{k}{g}(x, y, -\chi_0^2), x \in D_k, y \in D, k = \overline{0, m_0};$$

სადაც $\tilde{\Gamma}(x, y, -\chi_0^2) = \tilde{r} \overset{k}{\Gamma}(x, y, -\chi_0^2) \tilde{r}$ ხოლო $\overset{k}{\Gamma}(x, y, -\chi_0^2)$ არის ფუნდამენტურ ამონახსნთა მატრიცი [1] $\overset{k}{M}(\tilde{c}x) - E \chi_0^2$ ოპერატორის (E არის 6×6 -განზომილებიანი ერთეულოვანი მატრიცი); $\overset{k}{g}(x, y, -\chi_0^2)$ - რეგულარული ნაწილია. $G(x, y, -\chi_0^2)$ -ის არსებობა დამტკიცებულია [1]-ში. იქვე ნაჩვენებია, რომ $G(x, y, -\chi_0^2)$ -ს აქვს სიმეტრიის შემდეგი თვისება

$$G(x, y, -\chi_0^2) = G^T(y, x, -\chi_0^2)$$

სადაც T აღნიშნავს მატრიცის ტრანსპონირებას. ამას გარდა სამართლიანია შემდეგი შეფასებები [2]:

$$\left. \begin{aligned} \forall (x, y) \in D \times D: G_{mn}(x, y, -\chi_0^2) &= O(|x - y|^{-1}) \\ \frac{\partial}{\partial x_j} G_{mn}(x, y, -\chi_0^2) &= O(|x - y|^{-2}), m, n = \overline{1, 6}, j = \overline{1, 3} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

(5) და (6)-ის ძალით (4) $L_2(D)$ კლასის სიმეტრიული ინტეგრალური განტოლებათა მაშასადამე, არსებობს (4) განტოლების საკუთრივი რიცხვების თვლადი სისტემა $(\gamma_n + \chi_0^2)_{n=1}^{\infty}$ და D -ში ორთონორმირებული საკუთრივ ვექტორთა სისტემა $(w^{(n)}(x))_{n=1}^{\infty}$ აქედან გამომდინარეობს, რომ $(\gamma_n)_{n=1}^{\infty}$ და $(w^{(n)}(x))_{n=1}^{\infty}$ არიან შესაბამისად $(I)_\gamma^c$ ამოცანის საკუთრივი რიცხვები და საკუთრივი ვექტორები. დადგენილია [1], რომ ყველა $\gamma_n > 0$ გარდა ამისა, [3]-ში დამტკიცებულია, რომ $(w^{(n)}(x))_{n=1}^{\infty}$ სისტემა სრულია $L_2(D)$ -ში. მოცულობითი პოტენციალის თვისებებიდან [1] გამომდინარეობს საკუთრივი ვექტორების რეგულარობა.

ვთქვათ, $x > x_0$ ნებისმიერი რიცხვია. თუ ვისარგებლებთ გულის საკუთრივი ვექტორების მიხედვით დაშლით, მივიღებთ

$$G(x, y, -\chi^2) - G(x, y, -\chi_0^2) = (\chi_0^2 - \chi^2) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{w^{(k)}(x) \times w^{(k)}(y)}{(\gamma_k + \chi^2)(\gamma_k + \chi_0^2)}, \quad (7)$$

სადაც $x, y \in D$ ($k = \overline{0, m_0}$) ხოლო სიმბოლო \times (7)-ში აღნიშნავს მატრიცულ ნამრავლს ვექტორ-სვეტისა ვექტორ-სტრიქონზე:

$$w^{(i)}(x) \times w^{(i)}(y) = \|w_i^{(i)}(x) \cdot w_i^{(i)}(y)\|, \quad i = \overline{1, 6}. \text{ (დიალური ნამრავლი).}$$

(7) ტოლობაში გადავიდეთ ზღვარზე, როდესაც $x \rightarrow y$, მივიღებთ

$$(\chi_0^2 - \chi^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{[w_f^{(n)}(y)]^2}{(\gamma_n + \chi^2)(\gamma_n + \chi_0^2)} = \\
 = \lim_{x \rightarrow y} \left[\Gamma_{\beta}^k(x-y, -\chi^2) - \Gamma_{\beta}^k(x-y, -\chi_0^2) \right] - \left[g_{\beta j}(y, y, -\chi^2) - g_{\beta j}(y, y, -\chi_0^2) \right], \\
 x, y \in D_k, k = \overline{0, m_0}, j = \overline{1, 6}$$

ასიმპტოტური განაწილების ფორმულების დადგენაში არსებით როლს ასრულებენ შემდეგი თანაფარდობები

$$\lim_{x \rightarrow y} \left[\Gamma_{\beta}^k(x-y, -\chi^2) - \Gamma_{\beta}^k(x-y, -\chi_0^2) \right] = \begin{cases} (\chi_0 - \chi)A_k, & j = 1, 2, 3, \\ (\chi_0 - \chi)B_k, & j = 4, 5, 6, \end{cases} \quad (9)$$

სადაც

$$A_k = \frac{\rho_k^{3/2}}{12\pi} \left[\frac{1}{(\lambda_k + 2\mu_k)^{3/2}} + \frac{2}{(\mu_k + \alpha_k)^{3/2}} \right]; \\
 B_k = \frac{I_k^{3/2}}{12\pi} \left[\frac{1}{(\varepsilon_k + 2\nu_k)^{3/2}} + \frac{2}{(\nu_k + \beta_k)^{3/2}} \right]; \\
 \forall y \in D_k: \left| g_{\beta j}(y, y, -\chi^2) - g_{\beta j}(y, y, -\chi_0^2) \right| \leq \frac{const}{|y|^{1+\delta}}; \quad (10)$$

სადაც $\delta > 0$ ნებისმიერი რიცხვია, ხოლო ly არის მანძილი y წერტილიდან D_k ($k = \overline{0, m_0}$) არის საზღვრამდე.

(9) და (10)-ის ძალით (8)-დან მივიღებთ

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{[w_f^{(n)}(y)]^2}{(\gamma_n + \chi^2)(\gamma_n + \chi_0^2)} \sim \frac{3(A_k + B_k)}{\chi + \chi_0}, \quad y \in D_k, k = \overline{0, m_0}. \quad (11)$$

განვიხილოთ ფუნქცია $\Phi(t) = \sum_{\gamma_n \leq t} \frac{[w_f^{(n)}(y)]^2}{\gamma_n + \chi_0^2}, y \in D_k, k = \overline{0, m_0}.$

მაშინ ადვილად მივიღებთ, რომ $\int_0^{\infty} \frac{d\Phi(t)}{t + \chi^2} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{[w_f^{(n)}(y)]^2}{(\gamma_n + \chi_0^2)(\gamma_n + \chi^2)}.$

(11)-დან გამომდინარეობს, რომ

$$\int_0^{\infty} \frac{d\Phi(t)}{t + \chi^2} \sim \frac{3(A_k + B_k)}{\chi}. \quad (12)$$

ტაუბერის ტიპის ჰარდი-ლიტლვუდის თეორემის [5] გამოყენებით (12)-დან მივიღებთ

$$\Phi(t) = \sum_{\gamma_n \leq t} \frac{[w^{(n)}(y)]^2}{\gamma_n + \chi_0^2} \sim \frac{2}{\pi} 3(A_k + B_k)t^{1/2}, \quad y \in D_k, \quad k = \overline{0, m_0}. \quad (13)$$

(13)-დან მივიღებთ

$$\sum_{\gamma_n \leq t} [w^{(n)}(y)]^2 \sim \frac{2}{\pi} 3(A_k + B_k)t^{3/2}, \quad y \in D_k, \quad k = \overline{0, m_0}.$$

ამრიგად, საკუთრივი ვექტორების ასიმპტოტური განაწილების ფორმულას აქვს შემდეგი სახე

$$\sum_{\gamma_n \leq t} \left[\omega^{(n)}(y) \right]^2 \sim \left[\frac{\rho_k^{3/2}}{6\pi^2} \left(\frac{1}{(\lambda_k + 2\mu_k)^{3/2}} + \frac{2}{(\mu_k + \alpha_k)^{3/2}} \right) + \frac{I_k^{3/2}}{6\pi^2} \left(\frac{1}{(\varepsilon_k + 2\nu_k)^{3/2}} + \frac{2}{(\nu_k + \beta_k)^{3/2}} \right) \right] t^{3/2} \quad (14)$$

$$y \in D_k, \quad k = \overline{0, m_0}.$$

ანალოგიურად მივიღებთ საკუთრივი რიცხვების ასიმპტოტურად განაწილების შემდეგ ფორმულას

$$N(t) = \sum_{\gamma_n \leq t} 1 \sim \frac{1}{6\pi^2} \sum_{k=0}^{m_0} \text{mes} D_k \left[\rho_k^{3/2} \left(\frac{1}{(\lambda_k + 2\mu_k)^{3/2}} + \frac{2}{(\mu_k + \alpha_k)^{3/2}} \right) + I_k^{3/2} \left(\frac{1}{(\varepsilon_k + 2\nu_k)^{3/2}} + \frac{2}{(\nu_k + \beta_k)^{3/2}} \right) \right] t^{3/2}, \quad (15)$$

სადაც $N(t)$ აღნიშნავს იმ საკუთრივი რიცხვების რაოდენობას, რომლებიც არ აღემატებიან t -ს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ა.რანზმაძის სახ. მათემატიკის ინსტიტუტი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. В. Д. Купрадзе, Т. Г. Гегелиа, М. О. Башелейшвили, Т. В. Бурчულაძე. Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. М., 1976, 658.
2. Д. Г. Напрошвили, А. Я. Джагмаიძე. Труды ИИМ ТГУ, Тбилиси 16, 1985, 155-181.
3. Т. Burchuladze, R. Rukhadze. Georgian Math. J. 2, 6, 1995, 559-576.
4. A. Pleijel. Ark. Mat. Astr. Fys. 27 A, 13, 1940, 1-100.
5. G.H.Hardy, J.E.Littlewood. Proc. London Math. Soc. 2, 30, 1930, 23-37.



ბ. ჯაბაშვილი

დრეკადობის თეორიის ზომიერეთი სპეციალური სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა ცილინდრულ კოორდინატებში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ბურჭულაძემ, 13.12.1997

ცილინდრულ კოორდინატთა სისტემაში განიხილება სუსტად არაერთგვაროვანი ტრანსტროპული სხეულის დრეკადი წონასწორობა, როდესაც მისი ზედაპირი შემოსაზღვრულია r, α, z ცილინდრული სისტემის ($0 \leq r < \infty, 0 \leq \alpha < 2\pi, -\infty < z < \infty$) საკოორდინატო ზედაპირებით. სხეულის მიერ დაკავებული არეა $\Omega = \{r_0 \leq r < r_1, 0 \leq \alpha < \pi, 0 \leq z < z_1\}$. ტრანსტროპული სხეულის იზოტროპიის სიბრტყეა $z = \text{const}$. დრეკადი სხეულის ტრანსტროპიის ხუთი მახასიათებელი C_i , სადაც $i = 1, 2, 3, 4, 5$, ემორჩილება შემდეგ პირობებს:

$$C_1 = a_1(a_0 z^2 + a_4)^{-1}, \quad C_2 = a_2(a_0 z^2 + a_4)^{-1},$$

$$C_3 = \sqrt{a_1 a_2} \cdot (a_0 z^2 + a_4)^{-1} - 2C_4, \quad C_4 = \text{const}, \quad C_5 = \text{const}, \quad (1)$$

სადაც a_0, a_1, a_2, a_4 მოცემული მუდმივებია. აქვე შემოვიტანოთ აღნიშვნები $\frac{a_2}{a_1} =$

$= a^2, \frac{C_4}{C_5} = C$, ცხადია $a^2 > 0, C > 0$. ფიზიკურ განტოლებებს შემდეგი სახე

აქვთ [1]:

$$R_r = \frac{C_1}{r} \left[\frac{\partial(ru)}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial \alpha} \right] - \frac{2C_5}{r} \left(\frac{\partial v}{\partial \alpha} + u \right) + C_3 \frac{\partial w}{\partial z}, \quad Z_r = C_4 \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r} \right),$$

$$A_\alpha = \frac{C_1}{r} \left[\frac{\partial(ru)}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial \alpha} \right] - 2C_5 \frac{\partial u}{\partial r} + C_3 \frac{\partial w}{\partial z}, \quad Z_\alpha = C_4 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial \alpha} + \frac{\partial v}{\partial z} \right), \quad (2)$$

$$Z_z = \frac{C_3}{r} \left[\frac{\partial(ru)}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial \alpha} \right] - C_2 \frac{\partial w}{\partial z}, \quad A_r = C_5 \left[r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{v}{r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \alpha} \right],$$

სადაც R_r, A_α, Z_z ნორმალური ძაბვებია, $Z_r = R_z, Z_\alpha = A_z, A_r = R_\alpha$ მხები ძაბვებია, ხოლო u, v, w გადაადგილების U ვექტორის რადიალური, წრეული და ვერტიკალური მდგენელებია. წონასწორობის განტოლებები, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ მოცულობით ძალებს, ჩაიწერება შემდეგი სახით [2].

$$a) a \frac{\partial D}{\partial z} - \frac{1}{r} \frac{\partial(r \cdot K_\alpha)}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial(r \cdot K_r)}{\partial \alpha} = 0, \quad c) \frac{1}{r} \frac{\partial D}{\partial \alpha} - \frac{1}{r} \frac{\partial(r \cdot K_r)}{\partial z} + \frac{\partial K_z}{\partial r} = 0,$$

$$b) \frac{\partial D}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{\partial K_z}{\partial \alpha} + \frac{\partial(r \cdot K_\alpha)}{r \cdot \partial z} = 0, \quad d) \frac{1}{r} \frac{\partial(r \cdot K_r)}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial(r \cdot K_\alpha)}{\partial \alpha} + c \frac{\partial K_z}{\partial z} = 0,$$

$$c) \frac{1}{r} \frac{\partial(ru)}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial(rv)}{\partial \alpha} + a \frac{\partial w}{\partial z} = \frac{D}{C_1}, \quad g) \frac{\partial w}{\partial \alpha} - \frac{\partial(rv)}{\partial z} = \frac{rK_r}{C_4}, \quad (3)$$

$$f) \frac{1}{r} \frac{\partial(ru)}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial r} = \frac{1}{C_4} \frac{rK_\alpha}{r}, \quad h) \frac{1}{r} \frac{\partial(rv)}{\partial r} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial(ru)}{\partial \alpha} = \frac{K_z}{C_5}.$$

ადვილად შესაძლებელია, რომ (3d) ტოლობა იგივეობაა. სხეულის დრეკადი წონასწორობა იძებნება შემდეგი სასაზღვრო პირობებით.

$$a) D = 0, v = 0, w = 0, \text{ როცა } r = r_0 \text{ და } r = r_1; \quad b) A_\alpha = 0, w = 0, u = 0, \text{ როცა } \alpha = 0; \quad c) v = 0, A_z = 0, R_\alpha = 0, \text{ როცა } \alpha = \pi; \quad (4)$$

$$d) Z_z = 0, u = 0, v = 0, \text{ როცა } z = 0; \quad e) Z_z = r^{-\frac{1}{2}} \cdot f(r) \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, R_z = 0,$$

$$A_z = 0, \text{ როცა } z = z_1.$$

უნდა აღინიშნოს, რომ (4b) (ისევე როგორც 4d) ანტისიმეტრიის პირობებია, ხოლო (4c) კი - სიმეტრიის.

$$f(r) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n \cdot \sin \frac{\pi n(r-r_0)}{r_1-r_0},$$

სადაც f_n წარმოადგენს $f(r)$ ფუნქციის ფურიეს კოეფიციენტს.

თუ გამოვიყენებთ ზოგად ამოხსნას, რომელიც მოყვანილია [3]-ში და ამავე ნაშრომში მოყვანილ მეთოდოლოგიას, მაშინ (3), (4) სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა შემდეგნაირად ჩაიწერება.

$$r^{\frac{3}{2}} \cdot v = \sum_{n=1}^{\infty} v_n^0(z) \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\pi n(r-r_0)}{r_1-r_0}, \quad r^{\frac{1}{2}} \cdot w = \sum_{n=1}^{\infty} w_n^0(z) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\pi n(r-r_0)}{r_1-r_0}, \quad (5)$$

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} u_n^0(z) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{d}{dr} \left[r^{-\frac{1}{2}} \sin \frac{\pi n(r-r_0)}{r_1-r_0} \right],$$

სადაც

$$u_n^0(z) = 2v_n^0(z) =$$

$$= e^{-\frac{\pi z_1}{r_1-r_0}} \left[B_{3n} \cdot \operatorname{sh} \left(\frac{\pi n z}{r_1-r_0} \right) + \left(\frac{a_0}{6 \cdot a \cdot a_1} z^3 + \frac{a_4 C_4 - a a_1}{2 \cdot a_1 \cdot C_4 \cdot a} z \right) B_{2n} \cdot \operatorname{ch} \left(\frac{\pi n z}{r_1-r_0} \right) \left(\frac{\pi n}{r_1-r_0} \right)^2 - \right. \\ \left. - \frac{a_0 \cdot z^2}{4 \cdot a \cdot a_1} B_{2n} \cdot \operatorname{sh} \left(\frac{\pi n z}{r_1-r_0} \right) \frac{\pi n}{r_1-r_0} + \frac{a_0 \cdot z}{4 \cdot a \cdot a_1} B_{2n} \cdot \operatorname{ch} \left(\frac{\pi n z}{r_1-r_0} \right) \right],$$

$$w_n^0(z) =$$

$$= e^{-\frac{\pi z_1}{r_1-r_0}} \left[B_{3n} \cdot \operatorname{ch} \left(\frac{\pi n z}{r_1-r_0} \right) \cdot \frac{\pi n}{r_1-r_0} + \left(\frac{a_0}{6 \cdot a \cdot a_1} z^3 + \frac{a_4 C_4 - a \cdot a_1}{2 a_1 \cdot C_4 \cdot a} z \right) B_{2n} \cdot \operatorname{sh} \left(\frac{\pi n z}{r_1-r_0} \right) \left(\frac{\pi n}{r_1-r_0} \right)^3 + \right.$$

აღსანიშნავია, რომ (7) ფორმულიდან გამომდინარეობს

$$r^{\frac{1}{2}} Z_z = Z_z^0(z) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\pi m_0(r-r_0)}{r_1-r_0}, \quad r^{\frac{1}{2}} Z_\alpha = Z_\alpha^0(z) \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\pi m_0(r-r_0)}{r_1-r_0}, \quad (8)$$

$$L_{z_r} = 4 \left[r^{-\frac{3}{2}} - \left(\frac{2\pi m_0}{r_1-r_0} \right)^2 \cdot r^{\frac{1}{2}} \right] \cdot \frac{\partial (r Z_r)}{\partial r} = Z_r^0(z) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\pi m_0(r-r_0)}{r_1-r_0}.$$

ამრიგად, უწყვეტი გაგრძელების დროს Z_z იქცევა ისე, როგორც w , Z_α ისე, როგორც v , ხოლო Z_r კი ისე, როგორც u . რაც შეეხება ძაბვის ტენზორის სხვა ელემენტებს შორის კავშირს Ω და Ω^+ (ან Ω^-) არეში, ისინი გაცილებით რთულია, ვიდრე Z_z , Z_α და Z_r -თვის და მათ აქ არ მოვიყვანთ.

უფრო ზოგად შემთხვევაში, როცა ამოხსნას აქვს (5) სახე, სამართლიანია 1 შენიშვნის ანალოგიური

შენიშვნა 2. თუ (7) ფორმულით განსაზღვრული u , v , w , არის (3), (4) სასაზღვროს ამოცანის ამონახსნი Ω არეში, მაშინ ის უწყვეტად გაგრძელდება $r = r_0$ ზედაპირიდან Ω^- არეში და $r = r_1$ ზედაპირიდან Ω^+ არეში, ამასთან

$$-\left(r^{\frac{3}{2}} v \right)_{M^-} = -\left(r^{\frac{3}{2}} v \right)_{M_0} = -\left(r^{\frac{3}{2}} v \right)_{M^+}, \quad -\left(r^{\frac{1}{2}} w \right)_{M^-} = \left(r^{\frac{1}{2}} w \right)_{M_0} = -\left(r^{\frac{1}{2}} w \right)_{M^+},$$

$$-\left(r^{\frac{1}{2}} Z_z \right)_{M^-} = \left(r^{\frac{1}{2}} Z_z \right)_{M_0} = -\left(r^{\frac{1}{2}} Z_z \right)_{M^+}, \quad \left(r^{\frac{3}{2}} Z_\alpha \right)_{M^-} = \left(r^{\frac{3}{2}} Z_\alpha \right)_{M_0} = -\left(r^{\frac{3}{2}} Z_\alpha \right)_{M^+}$$

სადაც $M_0(r, \alpha, z) \in \Omega$, $M^-(r-r_1+r_0, \alpha, z) \in \Omega^-$, $M^+(r+r_1-r_0, \alpha, z) \in \Omega^+$.

ბოლოს მოვიყვანოთ (3), (4) სასაზღვრო ამოცანის ტექნიკური ინტერპრეტაცია. ამისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი ორი მიდგომა.

1) იძებნება ღრუიანი ცილინდრის დრეკადი წონასწორობა $\Omega_0 = \Omega_1 + \Omega_2$ არეში, სადაც $\Omega_1 = \{r_0 \leq r < r_1, 0 \leq \alpha < \pi, 0 \leq z < z_1\}$, $\Omega_2 = \{r_0 < r < r_1, \pi \leq \alpha < 2\pi, 0 \leq z < z_1\}$ როდესაც $\alpha = 0$ და $\alpha = 2\pi$ შორის ჩადგმულია უქიშვადი და უკუმშვადი ძალიან თხელი ფირფიტა. ამ ფირფიტის გამო $\alpha = 0$ სიბრტყის ნორმალის გასწვრივ Ω_1 და Ω_2 დრეკადი არეები არ ურთიერთქმედებენ.

2) იძებნება ღრუიანი ცილინდრის დრეკადი წონასწორობა $\Omega_0 = \Omega_1 + \Omega_2$ არეში, სადაც $\Omega_1 = \{r_0 \leq r < r_1, 0 \leq \alpha < \pi, 0 \leq z < z_1\}$, $\Omega_2 = \{r_0 \leq r < r_1, 0 \leq \alpha < 2\pi, 0 \leq z < z_1\}$ როდესაც $\alpha = \pi$ დროს ცილინდრში ჩადგმულია აბსოლუტურად ხისტი და აბსოლუტურად გლუვი თხელი ფირფიტა (ფირფიტა არ დაუმეებს გადაადგილებას $\alpha = \pi$ სიბრტყის ნორმალის გასწვრივ).

ლიტერატურა

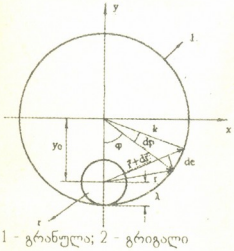
1. С. Г. Лехницкий. Теория упругости анизотропного тела. М., 1977.
2. Н. Г. Хомасуридзе. Тр. Всес. совещ. — семин. по теории и числ. методам расчета пластики оболочек, т. II. Тбилиси, 1984.
3. გ. ჯაბაური. საქ. მეცნ. აკადემიის მოამბე. 152, 4, 1995.

მ. ბაზიაშვილი

აბრიკოსოვის ბრიზალების ჩაჭერა მაღალტემპერატურული ზე-
 გამტარების ბრანულაში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. ჭავჭავაძემ 23.07.1997

როგორც ცნობილია, მაღალტემპერატურული ზეგამტარები ძალიან გვიან მეორე გვარის ზეგამტარებს. როცა $T < T_c$ (T_c კრიტიკული ტემპერატურაა) და ერთავთ გარე ველს H_0 , გარკვეულ ველამდე $H_0 < H_{j1}$ ნიმუშში $B=0$ (B ველის ინდუქტივობაა), ე. ი. გვაქვს მებისნერის მდგომარეობა. როცა $H_0 > H_{j1}$, იწყება გარე ველის შესვლა ზეგამტარში, როცა $H_0 = H_{j2}$ იწყება ჯოზეფსონის კონტაქტების გაწყვეტა. გარე ველის მნიშვნელობისათვის $H_0 = H_{jc}$ უკვე გაწყვეტილია იმდენი ჯოზეფსონის კონტაქტი, რომ კრიტიკული დენის მნიშვნელობა ნულის ტოლია, $j_c = 0$. თუ გარე ველს კიდევ გავზრდით, რაღაც ველიდან $H_0 = H_{E1}$, იწყება აბრიკოსოვის გრიგალების შესვლა ნიმუშში. ამ დროს ზეგამტარის მაგნიტური მომენტი ჯერ კიდევ განსხვავებულია ნულისაგან, ე. ი. ჯერ კიდევ არსებობს გარე ველით გამოწვეული მებისნერის დენები, რომლებიც ცირკულირებენ გრანულების ზედაპირებზე. ამ დენების მიერ შექმნილი მაგნიტური მომენტი საწინააღმდეგოა გარე ველისა, ე. ი. გრიგალების ველისა. ამის გამო ხდება აბრიკოსოვის გრიგალების ჩაჭერა ბრანულაში. სწორედ ამ ძალების გამოთვლას ეძღვნება წინამდებარე ნაშრომი, როცა $H_0 = H_{E2}$, ზეგამტარობა ისპობა გრანულაში და ნიმუში მთლიანად გადადის ნორმალურ მდგომარეობაში.



1 - გრანულა; 2 - გრიგალი

როგორც ცნობილია, ერთი აბრიკოსოვის გრიგალის მიერ შექმნილი ველი ასეთია [2]

$$H(r) = \frac{\Phi_0}{2\pi\lambda^2} K_0(r/\lambda), \tag{1}$$

სადაც

$$K_0(r/\lambda) = \int_0^{\infty} \frac{\cos(rx) dx}{\sqrt{1/\lambda^2 + x^2}}. \quad (2)$$

$K_0(r/\lambda)$ მაკრონალდის ფუნქციაა, Φ_0 მაგნიტური ნაკადის კვანტია, λ -გარე ველის შედგენის სიღრმე.

განვიხილოთ თეორიული მოდელი, რომელშიც თითოეულ გრანულაში გამავალი ზეგამტარული დენი შეცვლილია წრიული დენით. წრეხაზის რადიუსად ვიდებთ გრანულების საშუალო ზომას R .

როგორც ცნობილია, მაგნიტური ველი მოქმედებს დენიან გამტარზე ლორენცის ძალით:

$$\vec{f}_L = \frac{1}{c} [\vec{j}, \vec{H}]; \quad (3)$$

სადაც \vec{j} არის დენის ძალა, \vec{H} - მაგნიტური ველის დაძაბულობა, c - სინათლის სიჩქარე.

ჩვენს შემთხვევაში, როცა ადგილი აქვს ერთი გრიგალის ურთიერთქმედებას წრიულ დენთან, გვექნება:

$$f_L = \frac{1}{c} \oint \cos \varphi j H(r) dl, \quad (4)$$

სადაც j არის წრიული დენის ძალა, $H(r)$ - გრიგალის ველი, dl - წრეხაზის ელემენტი, $\cos \varphi$ ჩნდება იმის გამო, რომ საჭიროა ავიღოთ \vec{f}_L ძალის მდგენელი y ღერძზე.

გვემიღები x ღერძზე ერთმანეთს აბათილებენ.

ახლა საჭიროა დიფერენციალი dl დავაკავშიროთ dr -თან. სურათიდან ჩანს, რომ: $r^2 = R^2 + y_0^2 - 2R y_0 \cos \varphi$,

$$\text{აქედან } \cos \varphi = \frac{R^2 + y_0^2 - r^2}{2R y_0}.$$

უნდა აღვნიშნოთ, რომ გრანულას ვიხილავთ როგორც ცილინდრს.

ასევე სურათიდან ჩანს, რომ $dl = R d\varphi$.

მცირე გამოთვლების შემდეგ მივიღებთ:

$$dl = \frac{2Rrdr}{\sqrt{4R^2 y_0^2 - [R^2 + y_0^2 - r^2]^2}}. \quad (5)$$

თუ გავითვალისწინებთ ფორმულებს (1), (2), (4), (5), მივიღებთ:

$$f_L = \frac{j\Phi_0}{\pi \lambda c y_0} \int_0^{\infty} \int_{\lambda}^{2R-\lambda} \frac{r \cos(rx) [R^2 + y_0^2 - r^2] dr dx}{\sqrt{\left(\frac{1}{\lambda^2} + x^2\right) \left[4R^2 y_0^2 - (R^2 + y_0^2 - r^2)^2\right]}}. \quad (6)$$

ინტეგრალი ჩაკეტილ კონტურზე შევცვალოთ ინტეგრალით ნახევარ წრეზე ამპრავლით 2.

უნდა აღნიშნოთ, რომ (1) ფორმულაში მოცემული გრიგალის ველი გამოთვლილია უსასრულო ზეგამტარისათვის. ჩვენს შემთხვევაში ამ ფორმულის გამოყენება გამართლებულია გარკვეული მიახლოებით.

ამ ძალის მაქსიმუმი გვექნება, როცა $Y_0=R-\lambda$

$$f_{L,max} = \frac{j\Phi_0}{\pi\lambda^2(R-\lambda)} \int_0^{2R-\lambda} \int_{\lambda}^{\lambda} \frac{r \cos(rx)[2R^2 - 2R\lambda + \lambda^2 - r^2]drdx}{\sqrt{\left(\frac{1}{\lambda^2} + x^2\right)\left[(4R^2 - 4R\lambda + 2\lambda^2)r^2 - r^4 - 4R^2\lambda^2 + 4R\lambda^3 - \lambda^4\right]}} \quad (7)$$

დავაკვშიროთ მოცულობის ერთეულის მაგნიტური მომენტი გრანულებში გამავალ საშუალო დენსა და გრანულების სიმკვრივესთან. როგორც ცნობილია, წრიული დენის მაგნიტური მომენტი:

$$M=N \frac{jS}{c}, \quad (8)$$

სადაც S არის გრანულის დიამეტრული კვეთის ფართობი, N გრანულების სიმკვრივე:

აქედან:
$$j = \frac{Mc}{N\pi R^2}, \quad (9)$$

თუ დავწერთ გრიგალის ერთ სანტიმეტრ სიგრძეზე მოქმედ ძალას, და გავითვალისწინებთ (9) და (7) ფორმულებს, მივიღებთ:

$$F_L = \frac{M\Phi_0}{\pi^2\lambda^2 N^{2/3}R^2(R-\lambda)} \times \int_0^{2R-\lambda} \int_{\lambda}^{\lambda} \frac{r \cos(rx)[2R^2 - 2R\lambda + \lambda^2 - r^2]drdx}{\sqrt{\left(\frac{1}{\lambda^2} + x^2\right)\left[(4R^2 - 4R\lambda + 2\lambda^2)r^2 - r^4 - 4R^2\lambda^2 + 4R\lambda^3 - \lambda^4\right]}} \quad (10)$$

(10) ფორმულაში ინტეგრალის გასამარტივებლად და შემდეგ გამოსათვლელად შემოვიღოთ აღნიშვნები: $\lambda x \equiv t, r/\lambda \equiv y$ მივიღებთ:

$$F_L = \frac{M\Phi_0}{\pi^2 N^{2/3} R^2 (R-\lambda)} \times \int_0^{2R/\lambda-1} \int_{\lambda}^{\lambda} \frac{y \cos(ty) \left[2\left(\frac{R}{\lambda}\right)^2 - 2\frac{R}{\lambda} + 1 - y^2 \right] dt dy}{\sqrt{\left(1-t^2\right)\left[\left(2\frac{R}{\lambda}\right)^2 - 4\frac{R}{\lambda} + 2\right]y^2 - y^4 - \left(2\frac{R}{\lambda}\right)^2 + 4\frac{R}{\lambda} - 1}} \quad (11)$$

ამ ფორმულაში ყველა ფიზიკური სიდიდე გამოტანილია ინტეგრალის გარეთ. ეს ორმაგი ინტეგრალი შეგვიძლია გამოვთვალოთ მანქანაზე. ვიცით რომ $\frac{R}{\lambda} \sim 10$,

საბოლოოდ ვღებულობთ:
$$F_L \approx 5,5 \frac{M\Phi_0}{\pi^2 N^{2/3} R^3}. \quad (12)$$

(12) ფორმულაში თუ შევიტანთ სიდიდეების შესაბამის მნიშვნელობებს $M=1$ ერსტედი, $R \approx 10^{-4}$ სმ, $\lambda \approx 10^{-5}$ სმ, $\Phi^0 \approx 2 \cdot 10^{-7}$ გ-სმ $N \approx 2 \cdot 10^{11}$ [3], მივიღებთ: $F_L \approx 1,1 \cdot 10^{-2}$ დინი/სმ

უნდა აღვნიშნოთ ასევე, რომ F_L ჩამკერ ძალასთან ერთად არსებობს აბრიკოსოვის გრიგალის გრანულიდან გამომდებელი ძალაც, რომლის გამოთვლაც შეიძლება ცნობილი მეთოდით [2].

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 კიბერნეტიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Е. З. Мелихов*. Сверхпроводимость: Физика, химия, техника, 2, 9, 1989, 5-14.
2. *В. В. Шмидт*. Введение в физику сверхпроводников. 1982, 125-148.
3. *Д. Г. Саникидзе, С. В. Оденов, Р. Г. Кохреидзе, О. Е. Модебадзе, Р. А. Татулов, Н. Г. Биркая*. Сверхпроводимость: Физика, химия, техника, 4, 7, 1991, 1313-1318.



ფ. მუშაბერიძე

ცხელი ელექტრონების ბანივი გაქცევა ელექტრონული ტემპერატურის მიახლოებაში და ბალვანომგანიტური ეფექტები

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. სანაძემ 8.07.1997

[1] ნაშრომში შემოტანილ იქნა ცხელი ელექტრონების განივი გაქცევის ცნება ნახევრადგამტარებში. ნაჩვენებ იქნა, რომ იგი განპირობებულია გაცხელების ფუნქციის ($Q(x)$) მეშვეობით არაწონასწორული განაწილების ფუნქციის ენერგია-სა და იმპულსის გაბნევის მექანიზმებზე დამოკიდებულებით. ამავე ნაშრომში გაცხელების ფუნქციის ასიმპტოტიკების განხილვის საფუძველზე მოცემულია გაქცევის სხვადასხვა ტიპების კლასიფიკაცია და გამოკვლეულია შესაბამისი ვოლტ-ამპერული მახასიათებლები. [2] შრომაში განხილულია მართობული ელექტრული და მაგნიტური ველები და მოცემული დენის რეჟიმში ნაწინასწარმეტყველებია ახალი ტიპის გაქცევის არსებობა, რომელსაც განივი გაქცევა ეწოდა. [3]-ში ჩამოყალიბებულია განივი გაქცევის თეორია ცხელ ელექტრონთა კვაზიდრეკადი გაბნევის მიახლოებაში და ნაჩვენებია, რომ იგი დაკავშირებულია არაწონასწორული განაწილების ფუნქციის გაბნევის მექანიზმებზე დამოკიდებულებასთან სრული (გამაცხელებელი) ველის საშუალებით. შესწავლილია შესაბამისი ვალვანომგანიტური მოვლენები. განივი გაქცევის ეფექტის უნივერსალურობის დასადგენად გამოკვლევები ჩატარებულია ელექტრონული ტემპერატურის მიახლოებაში. ნაჩვენებია, რომ გაბნევის მექანიზმების იმავე კომბინაციებისა და ზღურბლური ველების იმავე მნიშვნელობებისთვის არსებობს განივი გაქცევა. მოცემულ ნაშრომში გამოკვლეულია ვალვანომგანიტური ეფექტები აღნიშნულ შემთხვევაში.

ელექტრონული ტემპერატურის მიახლოებაში განაწილების ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე:

$$f(x) = A \cdot e^{-\frac{x}{\theta}}, \tag{1}$$

სადაც $\theta = T_e/T$, T_e არის ელექტრონული სისტემის ტემპერატურა, A - ნორმირების მამრავლი. $x = e/K_0T$ - უგანზომილებო ენერგია. ელექტრონული ტემპერატურა განისაზღვრება ენერგიის ბალანსის განტოლებიდან [4].

$$(\vec{J} \cdot \vec{E}) = nK_0T \frac{\theta - 1}{\langle \tau_e \rangle}, \tag{2}$$

სადაც n ელექტრონების კონცენტრაციაა, $\langle \tau_e \rangle$ ენერგიის რელაქსაციის საშუალო დროა, \vec{J} დენის სიმკვრივეა.

$$\vec{J} = -en \left(\mu_1 \cdot \vec{E} + \mu_2 \frac{[\vec{E} \cdot \vec{H}]}{H} \right) \tag{3}$$



ძვრადობის μ_1 , μ_2 კოეფიციენტები განისაზღვრება $f(x)$ განაწილების ფუნქციის საშუალებით:

$$\frac{\mu_1}{\mu_0} = \frac{\Gamma(\frac{3}{2})}{\Gamma(\frac{t+S}{2})} \frac{I_1}{I_0}; \quad \frac{\mu_2}{\mu_0} = \frac{\Gamma(\frac{3}{2})}{\Gamma(\frac{t+S}{2})} \sqrt{\eta} \frac{I_2}{I_0}, \quad (4)$$

სადაც

$$I_1 = \int_0^{\infty} \left(-\frac{\partial f}{\partial x} \right) \frac{x^2}{1 + \eta \cdot x^2} dx \quad (5)$$

$$I_2 = \int_0^{\infty} \left(-\frac{\partial f}{\partial x} \right) \frac{x^2}{1 + \eta \cdot x^2} dx \quad (6)$$

$$I_0 = \int_0^{\infty} x^{1/2} f(x) dx \quad (7)$$

μ_0 არის ძვრადობა „ნულოვან“ ელექტრულ ველში, $\Gamma(t)$ - გამა ფუნქცია, $\eta = (H/H_0)^2$ - უგანზომილებო მაგნიტური ველი ($H_0 \equiv (2mc^2 \cdot K_0 T)^{1/2} / e \cdot l_0$), ვგულისხმობთ, რომ იმპულსისა (l) და ენერჯიის (\tilde{l}) მიხედვით თავისუფალი განარბენის სიგრძეები განისაზღვრება თითო მექანიზმით და მათ ენერჯიაზე დამოკიდებულეზას აქვს შემდეგი სახე:

$$l = l_0 \cdot x^{\frac{1+t}{2}}; \quad \tilde{l} = \tilde{l}_0 \cdot x^{\frac{1+S}{2}} \quad (8)$$

l და S პარამეტრების მნიშვნელობა ყველა რეალური მექანიზმისათვის ცნობილია და მოცემულია [5]-ში.

განვიხილოთ მართკუთხედის ფორმის ნახევრადგამტარული ნიმუში. x ღერძის გასწვრივ მოდებულია ელექტრული ველი (E_x) და გადის J_x დენი, მაგნიტური ველი (H) მიმართულია Z ღერძის გასწვრივ. მოცემული დენის რეჟიმის შემთხვევაში (ჰოლის კონტაქტები განთუღია) E_y - ჰოლის ველი განისაზღვრება $j_y = 0$ პირობიდან და ენერჯიის ბალანსის განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$E_x^2 \frac{\Gamma(\frac{t+3}{2})}{\Gamma(\frac{3}{2})} \frac{e\mu_0 r_e^0}{K_0 T} \frac{I_1}{I_0} \left[1 + \eta \left(\frac{I_2}{I_1} \right)^2 \right] \cdot \theta^{\frac{S}{2}} - \theta + 1 = 0. \quad (9)$$

(4)-(7) გამოსახულებების საშუალებით გაღვანომაგნიტური ეფექტები შეიძლება გამოვთვალოთ ძლიერი ($\eta \cdot \bar{x}' \gg 1$) და სუსტი ($\eta \bar{x}' \ll 1$) მაგნიტური ველების მიახლოებაში (\bar{x} - საშუალო ენერჯია).

I ძლიერი მაგნიტური ველების შემთხვევა. გაღვანომაგნიტური მახასიათებლებისთვის მივიღებთ:

ა) $t > 0$; $t + S = 2$

$$E_y = \sqrt{\eta} \frac{\Gamma_3}{\Gamma_1} E_x \left[\frac{1}{1 - a_1 E_x^2} \right]^{1/2} \quad (10)$$

$$\frac{R}{R_0} = \eta^{3/2} \frac{\Gamma_3 \Gamma_2}{\Gamma_1^2} \frac{1}{(1 - a_1 \cdot E_x^2)^t + \eta \frac{\Gamma_3^2}{\Gamma_2^2}}, \quad (11)$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\Gamma_2}{\Gamma_1} \eta \frac{1}{(1 - a_1 \cdot E_x^2)^{t/2} + \eta \frac{\Gamma_3^2}{\Gamma_1^2} (1 - a_1 \cdot E_x^2)^{-t/2}}, \quad (12)$$

სადაც $\Gamma_1 = \Gamma\left(\frac{S-t}{2}\right)$; $\Gamma_2 = \Gamma\left(\frac{S+t}{2}\right)$; $\Gamma_3 = \Gamma\left(\frac{S}{2}\right)$; $a_1 = (e\mu_0 \tau_e^0 / K_0 T) \cdot \Gamma_3^2 / \Gamma_1 \Gamma_4$;

$\Gamma_4 = \Gamma(3/2)$, $R_0 = -(enc)^{-1}$, $\rho = -(en\mu_0)^{-1}$.

R , ρ ჰოლის მუდმივა და მაგნეტოწინაობაა, ინდექსით „0“ აღნიშნულია იგივე სიდიდეები „ნულოვან“ ელექტრულ ველში. ვოლტ-ამპერულ მახასიათებელს აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{J}{J_0} = \frac{\Gamma_1}{\eta \Gamma_2} \left\{ (1 - a_1 E_x^2)^{t/2} + \eta \frac{\Gamma_3^2}{\Gamma_1^2} (1 - a_1 E_x^2)^{-t/2} \right\} \frac{E_x}{E_0}, \quad (13)$$

აქ $J_0 = -en\mu_0 E_0$.

ბ) $t < 0$, $S + |t| = 2$

$$E_y = \sqrt{\eta} \frac{\Gamma_3}{\Gamma_1} E_x \left[1 - \frac{a_2}{\eta} E_x^2 \right]^{1/2} \quad (14)$$

$$\frac{R}{R_0} = \eta \frac{\Gamma_3 \Gamma_2}{\Gamma_1^2} \frac{1}{(1 - \frac{a_2}{\eta} \cdot E_x^2)^{-|t|} + \eta \frac{\Gamma_3^2}{\Gamma_2^2}} \quad (15)$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\Gamma_2}{\Gamma_1} \eta \frac{1}{(1 - \frac{a_2}{\eta} \cdot E_x^2)^{-|t|/2} + \eta \frac{\Gamma_3^2}{\Gamma_1^2} (1 - \frac{a_2}{\eta} \cdot E_x^2)^{|t|/2}} \quad (16)$$

ვოლტ-ამპერულ მახასიათებელს აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{J}{J_0} = \frac{\Gamma_1}{\eta \Gamma_3} \left\{ (1 - \frac{a_2}{\eta} E_x^2)^{-|t|/2} + \eta \frac{\Gamma_3^2}{\Gamma_1^2} (1 - \frac{a_2}{\eta} E_x^2)^{|t|/2} \right\} \frac{E_x}{E_0} \quad (17)$$

სადაც $a_2 = (e\mu_0 \tau_e^0 / K_0 T) \cdot \Gamma_1 / \Gamma_4$.

II. სუსტი მაგნიტური ველები. გაქცევის შემთხვევებში მივიღებთ:

გ) $t > 0$; $3t + S = 2$

$$E_y = \sqrt{\eta} \frac{\Gamma_3}{\Gamma_2} E_x \left[1 - b_1 \eta E_x^2 \right]^{t/2} \quad (18)$$

$$\frac{R}{R_0} = \frac{\Gamma_5}{\Gamma_2} \left[1 + \eta \frac{\Gamma_5^2}{\Gamma_2^2} (1 - b_1 \eta E_x^2)^{-t} \right]^{-1} \quad (19)$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{(1 - b_1 \eta E_x^2)^{t/2}}{\left[1 + \eta \frac{\Gamma_5^2}{\Gamma_2^2} (1 - b_1 \eta E_x^2)^{-t} \right]} \quad (20)$$

$$\frac{J}{J_0} = (1 - b_1 \eta E_x^2)^{-t/2} \left[1 + \eta \frac{\Gamma_5^2}{\Gamma_2^2} (1 - b_1 \eta E_x^2)^{-t} \right] \frac{J_x}{E_x} \quad (21)$$

სადაც $b_1 = \frac{e \mu_0 \tau_e^0}{K_0 T} \frac{\Gamma_5^2}{\Gamma_2^2}$; $\Gamma_5 = \Gamma \left(\frac{2t + S}{2} \right)$

დ) $t < 0$, $S - |t| = 2$

$$E_y = \sqrt{\eta} \frac{\Gamma_5}{\Gamma_2} E_x \left[1 - b_2 E_x^2 \right]^{t/2} \quad (22)$$

$$\frac{R}{R_0} = \frac{\Gamma_5}{\Gamma_2} \frac{1}{1 + \eta \frac{\Gamma_5^2}{\Gamma_2^2} (1 - b_2 E_x^2)^t} \quad (23)$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{1}{(1 - b_2 E_x^2)^{|t|/2} + \left[1 + \eta \frac{\Gamma_5^2}{\Gamma_2^2} (1 - b_2 E_x^2)^t \right]} \quad (24)$$

ვოლტ-ამპერულ მახასიათებელს აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{J}{J_0} = \left\{ (1 - b_2 E_x^2)^{|t|/2} + \eta \frac{\Gamma_5^2}{\Gamma_2^2} (1 - b_2 E_x^2)^{3|t|/2} \right\} \frac{E_x}{E_0} \quad (25)$$

აქ $b_2 = b_1 \cdot \Gamma_2^2 / \Gamma_5^2$

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ როდესაც $E_x \rightarrow E_x^{sh}$ (სადაც E_x^{sh} „ა“, „ბ“, „გ“, „დ“ შემთხვევებში შესაბამისად არის a_1 , a_2/η , b_1/η , b_2), დენის სიმკვრივე მკვეთრად იზრდება „ა“, „ბ“, „გ“ შემთხვევებში, ხოლო „დ“ შემთხვევაში მიისწრაფის ნულისაკენ. ადვილად შეიძლება დაერწმუნდეთ, რომ „ა“ და „გ“ შემთხვევებში ეს ზრდა დაკავშირებულია განივი გაქცევის ეფექტთან, ხოლო „ბ“ შემთხვევაში კი - გაბნევის ნაწილობრივ შემკავებელ მექანიზმებთან [1].

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო
 უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

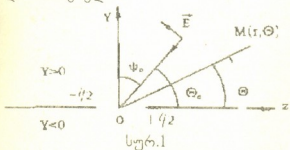
1. И. Б. Левитсон. ФТТ, 6, 1964, 2113.
2. З. С. Качишвили. ЖЭТФ, 78, 1980, 1955.
3. З. С. Качишвили, Ф. Г. Чумбуридзе. ЖЭТФ, 87, 1984, 1834.
4. В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Качишников. Физика полупроводников. М., 1990.
5. Z. S. Kachlishvili. Phys. Stat. Sol. (a), 33, 1976, 15.

დ. ბაბრამი, ბ. ჰეხანიშვილი, რ. ჰეხანიშვილი, შ. გოგლაშვილი

ბრტყელი ელემენტრომაგნიტური ტალღის დიფრაქცია
 პარალელურ წახნაბებიან უსასრულო ღრეჩოზე

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. სანაქმე 17.04.1997

დიფრაქციის თეორიაში არსებობს კლასიკური ამოცანები, რომლებიც ჰერ კი-დეე არ არის ამოხსნილი ჩაკეტილ ფორმაში, მიუხედავად იმისა, რომ დიდი ხნის წინათაც მრავალი ავტორის კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა და ამჟამაც არ ცხრება ინტერესი ამ ამოცანების მიმართ, რაც განპირობებულია მათი პრაქტიკული მნიშვნელობით.



ასეთ ამოცანათა რიცხვს ეკუთვნის, მაგალითად, უსასრულო, ძალზე თხელ მეტალურ სიბრტყეზე ამოჭრილ პარალელურ წახნაბებიან ღრეჩოზე E და H -პოლარიზებული ბრტყელი ელემენტრომაგნიტური ტალღის დიფრაქციის ამოცანა, რომელიც განხილულ იქნა მრავალი ავტორის მიერ

[1], სადაც მოყვანილია ვრცელი ბიბლიოგრაფია ამ საკითხთან დაკავშირებით, მაგრამ არც ერთ მათგანს მისი მკაცრი ამონახსნი არ მიუღია.

წარმოდგენილ ნაშრომში მკაცრი მათემატიკური მიდგომით მოყვანილია ამ ამოცანის ანალიზი ორივე პოლარიზაციის შემთხვევისათვის.

1 სურათზე ნაჩვენებია ხვრელის ორიენტაცია XYZ სწორკუთხა კოორდინატთა სისტემაში. ვთქვათ, ახლა ღრეჩოს $Y > 0$ არედან ψ_0 კუთხით ეცემა ბრტყელი ელემენტრომაგნიტური ტალღა, რომლის \vec{E} -ვექტორი პარალელურია ხვრელის ნაპირებისა (ე. ი. X -ღერძისა) (E -პოლარიზაციის შემთხვევა). აღვნიშნოთ E_{X0} -სიმბოლოთი ტალღის შესაბამისი ვექტორი და წარმოვადგინოთ იგი შემდეგი სახით

$$E_{X0} = e^{ik\alpha_0 z + ik_y y} \sqrt{1 - \alpha_0^2}, \quad (1)$$

სადაც $k = 2\pi/\lambda$, λ ტალღის სიგრძეა სივრცეში, $\alpha_0 = \cos\theta_0$ ($\theta_0 = \pi/2 - \psi_0$).

ამოცანა იმაში მდგომარეობს, რომ განისაზღვროს გაბნეული ელემენტრომაგნიტური ველის სტრუქტურა არეებში ხვრელის ზემოთ ($Y > 0$) და ხვრელის მიღმა ($Y < 0$).

ძირითადი მიზანი, რომელიც ამ შემთხვევაში იჩენს თავს, როგორც ცნობილია [2] იმაში მდგომარეობს, რომ გაბნეული ველის $E_x(r, \theta)$ მდგენელი, სადაც r და θ დაკვირვების M წერტილის (სურ. 1) პოლარული კოორდინატებია, შორეულ ზონაში ($kr \gg 1$) წარმოდგენილი უნდა იქნეს ასეთი ფორმით

$$\tilde{E}_x(r, \theta) \approx \varphi(\alpha_0, \alpha) \frac{e^{\pm i \left(kr \pm \frac{3}{4} \pi \right)}}{\sqrt{2\pi kr}}, \quad (2)$$

სადაც ფუნქცია $\varphi(\alpha_0, \alpha)$ ($\alpha = \cos \theta$) უნდა აკმაყოფილებდეს პირობებს:

$$1) \varphi(\alpha_0, \alpha) = \varphi(-\alpha_0, -\alpha) - \text{შენაცვლების პირობა} \quad (3)$$

2) $\varphi(\alpha_0, \pm 1) = 0$ და $\varphi(\pm 1, \alpha_0) = 0$ - სასაზღვრო პირობები გამოსახულებაში (2) ექსპონენტაში აღებული ნიშნები დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორ არის შერჩეული დროზე დამოკიდებულება, როგორც $e^{i\alpha t}$ თუ როგორც $e^{-i\alpha t}$.

ვეძიოთ ახლა გაბნეული ველები ხვრელის ზედა და ქვედა არეებში ასეთი სახით

$$E_{x1} = e^{ik\alpha_0 z + iky\sqrt{1-\alpha_0^2}} + \int_{-\infty}^{\infty} A(t)e^{iktz - iky\sqrt{1-t^2}} dt, \quad (y > 0, -\infty < Z < \infty), \quad (4)$$

$$E_{x2} = \int_{-\infty}^{\infty} B(t)e^{iktz + iky\sqrt{1-t^2}} dt \quad (y > 0, -\infty < Z < \infty), \quad (5)$$

სადაც $A(t)$ და $B(t)$ უცნობი ფუნქციებია, რომლებიც უნდა განისაზღვროს შემდეგი სასაზღვრო პირობებიდან

$$\left. \begin{aligned} E_{x1} &= E_{x2} \\ \partial E_{x1} / \partial y &= \partial E_{x2} / \partial y \end{aligned} \right\}, \text{ როცა } y = 0, -l/2 \leq z \leq l/2, \quad (6)$$

$$E_{x1} = E_{x2} = 0, \text{ როცა } y = 0, |z| > l/2, \quad (7)$$

აქ l ხვრელის სიგანეა.

რასაც მივყავართ დუალურ ფუნქციურ განტოლებათა სისტემამდე $B(t)$ უცნობი ფუნქციის მიმართ

$$\int_{-\infty}^{\infty} \sqrt{1-t^2} B(t)e^{iktz} dt = \sqrt{1-\alpha_0^2} e^{ik\alpha_0 z}, \quad -l/2 \leq z \leq l/2, \quad (8)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} B(t)e^{iktz} dt = 0, \quad |z| > l/2, \quad (9)$$

ამ სისტემის ამონახსნია

$$B(t) = \sum_{s=0}^{\infty} X_s \frac{I_{2s+1}(\beta t)}{t}, \quad (10)$$

სადაც $\beta = kl/2 = \pi/l$ ხოლო X_s კოეფიციენტები შემდეგ უსასრულო სისტემას აკმაყოფილებენ

$$\sum_{s=0}^{\infty} X_s K_{s\mu} = a_{\mu}, \quad (\mu = 0, 1, 2, \dots) \quad (11)$$

აქ

$$K_{s\mu} = \frac{2\mu+1}{\beta} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sqrt{1-t^2}}{t^2} I_{2s+1}(\beta t) I_{2\mu+1}(\beta t) dt, \quad (12)$$

$$a_{\mu} = \sqrt{1-\alpha^2} \frac{2\mu+1}{\beta\alpha_0} I_{2\mu+1}(\beta\alpha_0). \quad (13)$$

თუ (11) სისტემას რედუქციის მეთოდით ამოვხსნით, მაშინ მივიღებთ

$$X_s^{(N)} = \frac{1}{\Delta_N} \sum_{\mu=0}^{\infty} a_{\mu} R_{\mu}^{(s)} \quad (s = 0, 1, \dots, N-1), \quad (14)$$

სადაც $(N-1)$ რედუქციის კოეფიციენთია, Δ_N - სისტემის დეტერმინანტი, ე. ი. განტოლებათა რიცხვი შეკვეცილ სისტემაში, ხოლო $R_{\mu}^{(s)}$ სისტემის მატრიცულ ელემენტთა გარკვეული კომბინაციაა. თუ, მაგალითად, რედუცირებული სისტემა სამ განტოლებას შეიცავს $N=3$, მაშინ სისტემის დეტერმინანტი იქნება

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} K_{00} & K_{10} & K_{20} \\ K_{01} & K_{11} & K_{21} \\ K_{02} & K_{12} & K_{22} \end{vmatrix} \quad (15)$$

ხოლო $R_{\mu}^{(s)}$ - ელემენტები კი ასე გამოისახებიან

$$\begin{aligned} R_0^{(0)} &= K_{11}K_{22} - K_{12}K_{21}, & R_1^{(0)} &= K_{20}K_{12} - K_{22}K_{10}, & R_2^{(0)} &= K_{10}K_{21} - K_{11}K_{20}, \\ R_0^{(1)} &= K_{21}K_{02} - K_{22}K_{01}, & R_1^{(1)} &= K_{00}K_{22} - K_{02}K_{20}, & R_2^{(1)} &= K_{20}K_{01} - K_{21}K_{00}, \\ R_0^{(2)} &= K_{01}K_{12} - K_{02}K_{11}, & R_1^{(2)} &= K_{10}K_{02} - K_{12}K_{00}, & R_2^{(2)} &= K_{00}K_{11} - K_{10}K_{01}. \end{aligned} \quad (16)$$

(14) გამოსახულების ჩასმა (10)-ში გვაძლევს

$$B(t) = \frac{1}{\Delta_N} \sum_{\mu=0}^{N-1} \sum_{s=0}^{N-1} a_{\mu} R_{\mu}^{(s)} \frac{I_{2s+1}(\beta t)}{t} \quad (17)$$

რაც წარმოადგენს დუალური სისტემის (8)-(9) მიახლოებით ამონახსნს, რომელიც N -ის ზრდის კვალობაზე ზუსტი ამონახსნისაკენ მიისწრაფის.

იმისათვის, რომ ვიანგარიშოთ ელექტრული მდგენელის მნიშვნელობა შორეულ ზონაში, ვისარგებლოთ გამოსახულებით

$$\tilde{E}_{x1} = \int_{-\infty}^{\infty} B(t) e^{ikr(\cos\theta - \sqrt{1-t^2} \sin\theta)} dt.$$

როცა $kr \gg 1$, ეს ინტეგრალი ადვილად ამოიხსნება სტაციონარული ფაზის მეთოდით, რის შემდეგ გვექნება

$$\tilde{E}_{x1}(r, \theta) \cong B(\alpha) \sqrt{1-\alpha^2} \sqrt{\frac{2}{ikr}} e^{-ikr} + O\left(\frac{1}{(kr)^{3/2}}\right),$$

ხოლო (13) და (17)-ის გათვალისწინებით ადვილად ვპოულობთ

$$\tilde{E}_{x1} \cong \frac{e^{-i\left(kr - \frac{3}{4}\pi\right)}}{\sqrt{2\pi kr}} \varphi(\alpha_0, \alpha)$$

სადაც

$$\varphi(\alpha_0, \alpha) = \frac{2\sqrt{\beta}}{i\Delta_N} \sum_{\mu, s=0}^{\infty} \frac{\sqrt{1-\alpha_0^2} \sqrt{1-\alpha^2}}{\beta\alpha\beta\alpha_0} R_{\mu}^{(s)}(\beta)(2\mu+1)I_{2\mu+1}(\beta\alpha_0)I_{2s+1}(\beta\alpha). \quad (18)$$

$$\alpha_0 = \cos\theta_0, \alpha = \cos\theta$$

ეს ფუნქცია, როგორც ვხედავთ, აკმაყოფილებს ზემომოყვანილ პირობებს (3).

ხვრელის ერთ-ერთი ძირითადი დიფრაქციული მახასიათებელია მისი ნორმირებული გამოსხივების ფუნქცია, რომელსაც ასეთი სახე აქვს

$$\psi(\theta) = \left| \frac{2}{\beta R_0^{(0)}} \sum_{s=0}^{N-1} R_s^{(0)} I_{2s+1}(\beta \cos\theta) \right| \frac{\sin\theta}{\cos\theta} \quad (19)$$

კიდევ ერთი მახასიათებელი, რომელიც ხვრელის დიფრაქციული თვისებების შესახებ იძლევა ინფორმაციას, არის ე. წ. გაბნევის კოეფიციენტი [3], იგი განისაზღვრება ფორმულით

$$\tau = \frac{1}{l} \operatorname{Re} \int_{-l/2}^{l/2} E_{x2}(0, z) dz$$

ინტეგრალის გამოთვლის შემდეგ ვღებულობთ

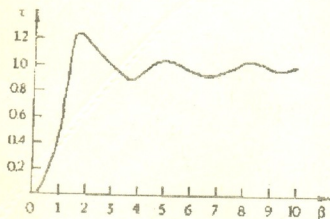
$$\tau = \frac{\pi}{2} \operatorname{Re} \frac{1}{\Delta_N} \sum_{\mu=0}^{N-1} a_{\mu} R_{\mu}^{(0)}(\beta). \quad (20)$$

ნორმალური დაცემის შემთხვევაში, როცა $\alpha_0=0$ (20) გამოსახულება ასეთ სახეს იღებს

$$\tau = \frac{\pi}{4} \operatorname{Re} \frac{R_0^{(0)}(\beta)}{\Delta_N}$$

დეტალური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ

$$\alpha(\beta) = \begin{cases} 0, & \text{როცა } \beta = 0 \\ 1, & \text{როცა } \beta = \infty \end{cases}$$



სურ. 2

შუალედურ სიტუაციაში ($0 < \beta < \infty$) ფუნქცია $\alpha(\beta)$ ოსცილირებდალ ხასიათს ატარებს და მას სურ. 2-ზე წარმოდგენილი სახე აქვს (მრუდი აგებულია იმ შემთხვევისათვის, როდესაც რედუქციის კოეფიციენტი $N-1=2$).

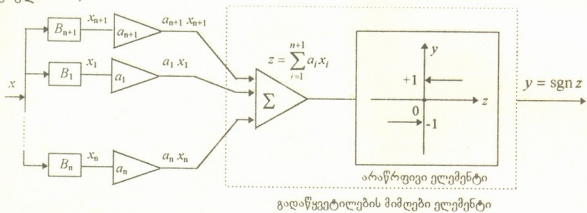
H - პოლარიზაციის შემთხვევაში, როდესაც მაგნიტურ ვექტორს დაცემულ ტალღაში ერთადერთი H_{x0} მდგე-

შ. ბობიაშვილი, კ. ლალაშვილი, ო. ნაშიჩაიშვილი

ორგანიზირებული არხების ზღურბლური დარეგულირება

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. ამალღობელმა 15. 09. 1997

სამუშაოს ძირითად მიზანს წარმოადგენს ზღურბლური ელემენტის (სურ.) მიერ მიღებული y გადაწყვეტილების შეცდომის Q ალბათობისათვის ზუსტი ანალიზური გამოსახულების მიღება. (აქ Q არის ალბათობა იმისა, რომ მიღებული y გადაწყვეტილება არ შეესაბამება x შემაჯავლი სიგნალის ქვეშეშეცდომას).



სურ. ზღურბლური ორგანოს მოდელი

ასეთი მიდგომა აღმდგენი ორგანოს [1-3] მუშაობის რაციონალური ორგანიზების საშუალებას იძლევა. ამოცანის გადაჭრისას ჩვენ მივმართავთ [4] ნაშრომში მიღებულ შედეგებს და შევეცდებით მათ დაზუსტებას. შემოვიტანოთ

$$Z = \sum_{i=1}^{n+1} a_i X_i \tag{1}$$

სიდიდე და თანაც მივიჩნით, რომ თითოეული x_i (იმდენად, რამდენადაც ნებისმიერ B_i ($i = 1, n$) საინფორმაციო არხში შეცდომა შეიძლება იქნეს დაშვებული), წარმოადგენს X_i ორობითი შემთხვევითი სიდიდის კონკრეტულ რეალიზაციას ($X_{n+1} = x_{n+1} = -1$ ფორმალური სიგნალის გარდა).

ცხადია, რომ მაშინ Z იქნება ნამდვილ რიცხვთა სიმრავლეზე განსაზღვრული შემთხვევითი სიდიდე, რომელიც z მნიშვნელობებს იღებს, ხოლო $Y = \text{sgn } Z$ ორობითი შემთხვევითი სიდიდე.

გარდა ამისა, შევადგინოთ

$$\eta = X \cdot Z = \sum_{i=1}^{n+1} a_i (X \cdot X_i) = \sum_{i=1}^{n+1} \eta_i \tag{2}$$

შემთხვევითი სიდიდე, სადაც X -ით აღნიშნულია B_i ($i = \overline{1, n+1}$) საინფორმაციო არხებზე მიწოდებული ორობითი ცვლადი, რომელიც $+1$ და -1 მნიშვნელობებს იღებს. იგი განიხილება როგორც შემთხვევითი სიდიდე x რეალიზაციებით.

შევთანხმდეთ, რომ η შემთხვევითი სიდიდის რეალიზაციები აღინიშნება ν -ით, ხოლო η , შემთხვევითი სიდიდეების რეალიზაციები ν_i -ით. ადვილი შესაძრწნეია, რომ ν სიდიდე ნამდვილ დისკრეტულ მნიშვნელობებს იღებს, ხოლო რაც შეეხება ν_i , მისი მნიშვნელობებია ან $+a_i$, ან კიდევ $-a_i$ ყველა $i = \overline{1, n+1}$ -თვის.

თუ Z შემთხვევითი სიდიდის დადებითი, უარყოფითი და ნულოვანი მნიშვნელობებისათვის შემოვიტანთ შესაბამისად P, N, O აღნიშვნებს, შეიძლება შევადგინოთ ცხრილი 1.

ცხრილი 1

$X \operatorname{sgn} Z \equiv \operatorname{sgn}(XZ)$ ტოლობის დამტკიცება

X	Z	$\operatorname{sgn} Z$	$X \operatorname{sgn} Z$	XZ	$\operatorname{sgn}(XZ)$
+1	P	+1	+1	P	+1
+1	O	O	O	O	O
+1	N	-1	-1	N	-1
-1	P	+1	-1	N	-1
-1	O	O	O	O	O
-1	N	-1	+1	P	+1

ცხრილის მონაცემებიდან შეიძლება მივიღოთ, რომ, თუ x წარმოადგენს ორობით შემთხვევით სიდიდეს, რომელიც $+1$ და -1 მნიშვნელობებს იღებს, ხოლო $\operatorname{sgn} Z$ ფუნქცია [5] თანაფარდობის თანახმადაა განმარტებული, ადვილი აქვს შემდეგ იგივეობას:

$$X \operatorname{sgn} Z \equiv \operatorname{sgn}(XZ).$$

უკანასკნელი ტოლობის ძალით კი ექვს არ იწვევს შემდეგი გარდაქმნების უტყუარობა:

$$Q = \operatorname{Prob}\{Y \neq X\} = \operatorname{Prob}\{XY = -1\} = \operatorname{Prob}\{X \operatorname{sgn} Z = -1\} = \\ = \operatorname{Prob}\{\operatorname{sgn}(XZ) = -1\} = \operatorname{Prob}\{XZ < 0\} = \operatorname{Prob}\{\eta < 0\}.$$

ამრიგად, Q ალბათობა იმისა, რომ მიღებული Y გადაწყვეტილება მცდარია, უდრის იმ ალბათობას, რომლითაც η იღებს უარყოფით მნიშვნელობას:

$$Q = \operatorname{Prob}\{\eta < 0\}. \quad (3)$$

ამრიგად, ჩვენი ამოცანა დაყვანილ იქნა (2) შემთხვევითი სიდიდის განაწილების შესწავლაზე. ამ მიზნით, პირველ რიგში, განვიხილოთ $X \cdot X_i$ ($i = \overline{1, n+1}$) შემთხვევითი სიდიდეები. ადვილი შესაძრწნეია, რომ, თუ $X_i = \overline{X}$ (სადაც \overline{X} აღნიშნავს X ორობითი ცვლადის ინვერსიას), მაშინ $X \cdot X_i$ დისკრეტული შემთხვევითი სიდიდე იღებს -1 მნიშვნელობას q_i ალბათობით და $+1$ მნიშვნელობას $1 - q_i$ ალბათობით, თუ $X_i = X$:

$$\left. \begin{aligned} \text{Prob}\{X \cdot X_i = -1\} &= \text{Prob}\{X_i \neq X\} = q_i \\ \text{Prob}\{X \cdot X_i = +1\} &= \text{Prob}\{X_i = X\} = 1 - q_i \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$i = 1, n+1$$

სახელდობრ,

$$\left. \begin{aligned} q_{n+1} &= \text{Prob}\{X \cdot X_{n+1} = -1\} = \text{Prob}\{X = +1\} \\ 1 - q_{n+1} &= \text{Prob}\{X \cdot X_{n+1} = +1\} = \text{Prob}\{X = -1\} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

იმდენად, რამდენადაც $X_{n+1} \equiv -1$. უკანასკნელი ფორმულებიდან გამომდინარეობს, რომ q_{n+1} არის აპრიორული ალბათობა იმისა, რომ შესასვლელზე გამოსაცნობად მიწოდებული იქნება $X = +1$ სიგნალი, ანუ, რაც იგივეა, ალბათობა იმისა, რომ $+1$ მნიშვნელობა გამოსასვლელზე ქეშმარიტი სიგნალია. მსგავსად ამისა, $1 - q_{n+1}$ არის აპრიორული ალბათობა იმისა, რომ შესასვლელზე გამოსაცნობად მიწოდებული იქნება $X = -1$ სიგნალი, ანუ, რაც იგივეა, ალბათობა იმისა, რომ -1 სიგნალი გამოსასვლელზე ქეშმარიტია.

η_i დისკრეტული შემთხვევითი სიგნალების $f_i(v_i)$ განაწილება მოიცემა იმის გათვალისწინებით, რომ $1 - q_i$ ალბათობით $v_i = +a_i$, და q_i ალბათობით $v_i = -a_i$. მაშასადამე,

$$\left. \begin{aligned} f_i(v_i) &= q_i^{(a-v_i)/2a_i} \cdot (1 - q_i)^{(v_i+a_i)/2a_i} \\ v_i &= \frac{+a_i, -a_i}{i = 1, n+1} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

η შემთხვევითი სიდიდე η_i დამოუკიდებელი დისკრეტული შემთხვევითი სიდიდეების ჯამია. მისი $f(v)$ განაწილება შეიძლება მოიძებნოს ამ შესაკრებთა $f_i(v_i)$ განაწილებების კომპოზიციის სახით:

$$f(v) = \sum_{i=1}^{n+1} * f_i(v_i), \quad (7)$$

სადაც * (შეკრებისა და გამრავლების ნიშანთა ზედდება) - კომპოზიციის ოპერაციის სიმბოლოა.

ცხადია, რომ (7) ტოლობის გათვალისწინებით გადაწყვეტილების მიძღვნილი ორგანოს გამოსასვლელზე (3) თანაფარდობით განსაზღვრული შეცდომის ალბათობა

$$Q = \sum_{v < 0} f(v) = \sum_{v < 0} * \sum_{i=1}^{n+1} f_i(v_i) \quad (8)$$

სახეს მიიღებს, სადაც $f_i(v_i)$ მოიცემა (6) ფორმულით, ხოლო აჯამვა v -ს ყველა უარყოფითი დისკრეტული მნიშვნელობით ხდება. v -ს დისკრეტული მნიშვნელობების სრული რაოდენობა კი 2^{n+1} -ს შეადგენს, რადგანაც

$$v = \bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \dots + \bar{a}_n + \bar{a}_{n+1}. \quad (9)$$

აქ \bar{a}_i უდრის $+a_i$, -ს ან $-a_i$ -ს.

v -ს თითოეულ დისკრეტულ მნიშვნელობას, (8) ფორმულის თანახმად, შეესაბამება წევრი, რომელიც ალბათობათა ნამრავლს წარმოადგენს:

$$Q_j \equiv f(v) = \left. \begin{aligned} & \prod_{i=1}^{n+1} f_i(v_i) \equiv \tilde{q}_1 \cdot \tilde{q}_2 \cdot \dots \cdot \tilde{q}_n \cdot \tilde{q}_{n+1} \\ & j = 1, 2^{n+1} \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

სადაც

$$\tilde{q}_k = \begin{cases} q_k, & \text{თუ } v_k = -a_k \\ 1 - q_k, & \text{თუ } v_k = +a_k \end{cases} \quad (11)$$

ამრიგად,

$$Q = \sum_{v < 0} Q_j \quad (8')$$

ამ ალგორითმის გამოყენების დემონსტრაციისათვის განვიხილოთ შემთხვევა, როცა $n = 3$; $q_1 = q_2 = q_3 \equiv q$, $q_4 = 1/2$; $a_1 = a_2 = a_3 = 1$, $a_4 \equiv \Theta = 0$ (სამშესასვლელიანი მაქორიტარული ელემენტი).

ერთი მხრივ, ცნობილია [5], რომ მაქორიტარული ელემენტისათვის

$$Q = \sum_{k=|n/2+1|}^n C_n^k q^k (1-q)^{n-k}, \quad (12)$$

სადაც C_n^k ჯუფთებაა n -დან k -თი, ხოლო $k=|n/2+1|$ უდიდესი მთელი რიცხვია, რომელიც არ აღემატება $n/2+1$ -ს ($n/2+1$ არგუმენტის „ანტიე“ ფუნქცია). განხილული მაგალითისათვის $k=|3/2+1|=2$, თანაც

$$Q = 3q^2(1-q) + q^3. \quad (13)$$

ცხრილი 2

Q აღბათობის გაანგარიშება (8') ალგორითმით სამშესასვლელიანი მაქორიტარული ელემენტისათვის

j	v ₁	v ₂	v ₃	v ₄	v = v ₁ + v ₂ + v ₃ + v ₄	Q _j = q ₁ q ₂ q ₃ q ₄
1	-a ₁ =-1	-a ₂ =-1	-a ₃ =-1	-a ₄ =0	-3	q ₁ q ₂ q ₃ q ₄
2	-a ₁ =-1	-a ₂ =-1	-a ₃ =-1	+a ₄ =0	-3	q ₁ q ₂ q ₃ (1-q ₄)
3	-a ₁ =-1	-a ₂ =-1	+a ₃ =+1	-a ₄ =0	-1	q ₁ q ₂ (1-q ₃)q ₄
4	-a ₁ =-1	-a ₂ =-1	+a ₃ =+1	+a ₄ =0	-1	q ₁ q ₂ (1-q ₃)(1-q ₄)
5	-a ₁ =-1	+a ₂ =+1	-a ₃ =-1	-a ₄ =0	-1	q ₁ (1-q ₂)q ₃ q ₄
6	-a ₁ =-1	+a ₂ =+1	-a ₃ =-1	+a ₄ =0	-1	q ₁ (1-q ₂)q ₃ (1-q ₄)
7	-a ₁ =-1	+a ₂ =+1	+a ₃ =+1	-a ₄ =0	+1	
8	-a ₁ =-1	+a ₂ =+1	+a ₃ =+1	+a ₄ =0	+1	
9	+a ₁ =+1	-a ₂ =-1	-a ₃ =-1	-a ₄ =0	-1	(1-q ₁)q ₂ q ₃ q ₄
10	+a ₁ =+1	-a ₂ =-1	-a ₃ =-1	+a ₄ =0	-1	(1-q ₁)q ₂ q ₃ (1-q ₄)
11	+a ₁ =+1	-a ₂ =-1	+a ₃ =+1	-a ₄ =0	+1	
12	+a ₁ =+1	-a ₂ =-1	+a ₃ =+1	+a ₄ =0	+1	
13	+a ₁ =+1	+a ₂ =+1	-a ₃ =-1	-a ₄ =0	+1	
14	+a ₁ =+1	+a ₂ =+1	-a ₃ =-1	+a ₄ =0	+1	
15	+a ₁ =+1	+a ₂ =+1	+a ₃ =+1	-a ₄ =0	+3	
16	+a ₁ =+1	+a ₂ =+1	+a ₃ =+1	+a ₄ =0	+3	

მეორე მხრივ, ეს შედეგი შეიძლება შევადაროთ იმას, რასაც გვაძლევს ზემოთ მოყვანილი (8') ალგორითმი. გამოთვლებისათვის აუცილებელი მონაცემები მე-2 ცხრილშია მოყვანილი.

თუ უარყოფითი მნიშვნელობების შესაბამის გამოსახულებებს მე-7 სვეტიდან შევკრებთ, მაშინ მივიღებთ:

$$Q = (Q_1 + Q_2) + (Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6) + (Q_9 + Q_{10}).$$

სხვანაირად

$$Q = q^3 + 2q^2(1-q) + q^2(1-q) = 3q^2(1-q) + q^3. \quad (14)$$

ამრიგად, (13) და (14) შედეგები ერთმანეთს ემთხვევა.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის
 სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Дж. Нейман*. Автоматы: Пер. с англ. М., 1956. 68-139.
2. *В. И. Варшавский*. Доклады АН СССР.-Т.139, 5, 1961, 1071-1074.
3. *М. Дертюзос*. Пороговая логика: Пер. с англ. М., 1966, 344 с.
4. *У. Пирс*. Построение надёжных вычислительных машин: Пер. с англ. М., 1968, 270 с.
5. *О. М. Намичейшвили*. Пороговое резервирование в управляющих вычислительных системах. Тбилиси, 1988, 144 с.

მ. ბარსაგია, ა. შირცხულავა, ბ. მირიანაშვილი, შ. მირიანაშვილი, ს. სტასენკო

ფოტოდიოდებისათვის InGaAs/InP ეპიტაქსიალური ფენებისა და მათ გა-
ზაზე ჰეტეროსტრუქტურების ელექტროფიზიკური თვისებების
გამოკვლევა

წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. სანაძემ 9.06.1997

ჩვენს მიერ შემუშავებული იყო InGaAs/InP ეპიტაქსიალური ფენებისა და ჰეტეროსტრუქტურების მიღების ტექნოლოგია მათ ბაზაზე ფოტოდიოდების შესაქმნელად. წინამდებარე ნაშრომში მოცემულია მათი ელექტროფიზიკური გამოკვლევის შედეგები. კვლევის ძირითად ობიექტს წარმოადგენდა ფოტოდიოდებისათვის ყველაზე მისაღები შემადგენლობის $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ ეპიტაქსიალური ფენები და ჰეტეროსტრუქტურები, რომელთა სისუფთავეს და სტრუქტურულ სრულყოფას გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ფოტოდიოდების კონსტრუქციებისას.

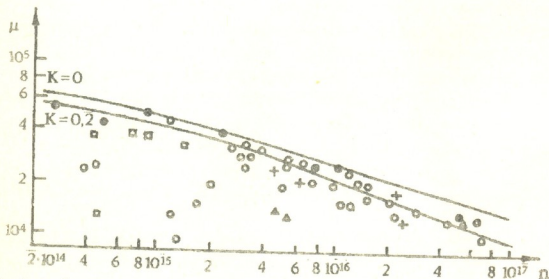
გამოკვლეულ იქნა, როგორც ნაღობის გაწმენდის სხვადასხვა პროცესის შედეგად მიღებული არაღეგირებული, ასევე გოგირდით და სილიციუმით მიზნობრივად ლეგირებული ეპიტაქსიალური ფენები. ნიმუშებისათვის, რომლებიც გაზრდილი იყო მაღალმიან საფენებზე ($\rho \geq 10^7$ ომი-სმ), გამოყენებულ იქნა ვან-დარ პაუს-მეთოდი. ექსპერიმენტები ჩატარდა $4 \pm 500^\circ K$ ტემპერატურის ინტერვალში. კვლევის შედეგად დადგინდა იქნა გამტარებლობის განმსაზღვრელი ცენტრების ენერგეტიკული სპექტრი, ყველაზე თხელი წყალბადოვანი დონორების იონიზაციის ენერგია და კონცენტრაცია, ეპიტაქსიალური ფენების კომპენსაციის ხარისხი და სხვა.

1 სურათზე მოცემულია ელექტრონების ძვრადობის გაზომვის მონაცემები არაღეგირებული და ლეგირებული ნიმუშებისათვის. შედარებისათვის აქვეა დატანილი $\mu(n)$ დამოკიდებულების თეორიული მრუდები კომპენსაციის ორი სხვადასხვა ($k=0$ და $k=0,2$) მნიშვნელობისათვის, გაბნევის ფონონური, კულონური, პიზოელექტრული და სხვა მექანიზმების გათვალისწინებით [1]. ჩანს, რომ ნიმუშების უმრავლესობა ხასიათდება კომპენსაციის დაბალი ხარისხით და μ გაზომვის არსებული სიზუსტის პირობებში, $k=0$ და $k=0,2$ მრუდების სიახლოვის გამო, არ შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა კომპენსაციის ხარისხის მუდმივობის შესახებ ეპიტაქსიალურ ფენებში. შეიძლება მხოლოდ იმის აღნიშვნა, რომ წერტილების უმრავლესობა $n > 1.10^{15}$ სმ⁻³ მოთავსებულია, შედარებით მცირე კომპენსაციის ხარისხის $0 < k < 0.4-0.5$ მიმართ, საკმაოდ ფართო უბანში. ამასთან ერთად ეფ ფარდობითი წვლილი $k=0,2$ კომპენსაციის ხარისხით მატულობს $n < 1.10^{15}$ სმ⁻³ წერტილებისათვის, რაც დენის მატარებელთა კონცენტრაციის ამ დონეზე დაკავშირებულია ალბათ ნარჩენი აქცეპტორების გავლენაზე.

თხელი დონორული მინარევების ქცევის შესწავლის მიზნით გაზომვები ჩატარებულ იქნა დაბალი ტემპერატურების არეში (სურ. 2.). გამოკვლეული ყველა ნი-



მუშისათვის, ელექტრონების კონცენტრაციებით ($10^{14} - 10^{16}$) სმ^{-3} დიაპაზონში, $n(1/T)$ დამოკიდებულების მრუდზე დაიმზირება დამახასიათებელი მინიმუმი, რომელიც დენის მატარებელთა ორი ტიპით არის განპირობებული - გამტარებლობისა და მინარევულ ზონებში. ტემპერატურების იმ არეში ($T < 10^3 \text{K}$), სადაც n პრაქტიკულად არ იცვლება, გამტარებლობა მხოლოდ მინარევული ზონით არის განპირობებული, რომელიც თხელი დონორული ატომების ტალღური ფუნქციების გადაფარვით არის შექმნილი. ვინაიდან ადგილი არ ჰქონდა თხელი დონორის „გამოყინვას“, მისი იონიზაციის ΔE_1 ენერჯის განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა გათვლითი მეთოდები, დაფუძნებული $n(1/T)$ მრუდზე T_{min} -ის კავშირზე ΔE_1 და ფერმის დონის მდებარეობის გათვლაზე, მისი თხელი დონორის დონეზე გავლის ტემპერატურაზე [3]. ორივე მეთოდმა ΔE_1 სიდიდისათვის მოგვცა ერთი და იგივე მნიშვნელობა 4-4,5 მლ. ევ. ტემპერატურაზე ($T < 10^3 \text{K}$), სადაც n ნაგვრობაზე გადის, თხელი დონორების კონცენტრაცია, პრაქტიკულად, ელექტრონების კონცენტრაციის ტოლია.

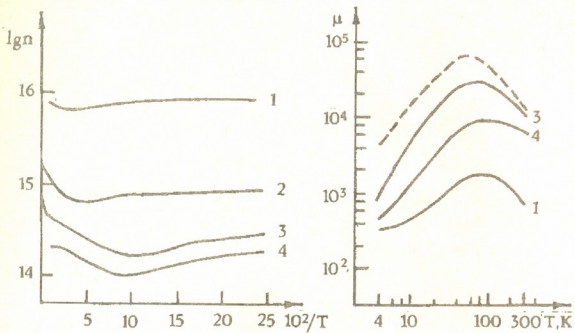


სურ. 1. $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}$ ეპიტაქსიალურ ფენებში ძვრადობის კონცენტრაციაზე დამოკიდებულების თეორიული მრუდები კომპენსაციის ხარისხის ორი მნიშვნელობისათვის ($K=0$ და $K=0,2$) და ექსპერიმენტული შედეგები, რომლებიც შეესაბამება:

- - არალეგირებული ეფ, მიღებული ნაღნობის გამოწვის შემდეგ;
- - ეფ, მიღებული ნაღნობის ჰეტერირებებით გადოლინიუმით ან სკანდიუმით;
- △ - ეფ, მიღებული სილიციუმით ლეგირებული ნაღნობის გამოწვით;
- × - ეფ, მიღებული გოგირდით ლეგირებული ნაღნობის გამოწვით;
- + - ჰეტერირების შემდეგ ნაღნობი ლეგირებულია კალით;
- - არალეგირებული ეფ, მიღებული ნაღნობის გამოწვის შემდეგ [3]

ელექტრონების ძვრადობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების გრაფიკზე, გაზომვის მონაცემების გარდა, დატანილია თეორიული მრუდი გაბნევის ძირითადი მექანიზმების გათვალისწინებით [4], რომელიც სამაგ მყარ ხსნარში ძვრადობის მაქსიმალური მნიშვნელობების საზღვარს იძლევა. მე-2 სურათიდან ჩანს, რომ ნარჩენი დონორული ფონისა და კომპენსაციის ხარისხის დაწვევისას ექსპერიმენტული მრუდები უახლოვდებიან თეორიულ საზღვარს. ყველა მრუდის მაქსიმუმი

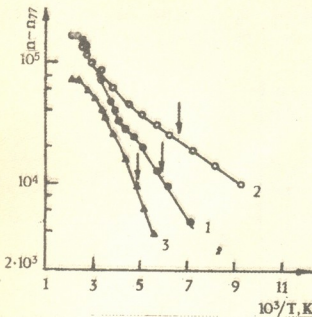
თხევადი აზოტის ტემპერატურის (77⁰K) მახლობლად იმყოფება, რაც საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ძვრადობის მნიშვნელობა ამ ტემპერატურაზე ეფ სისუფთავისა და კომპენსაციის ხარისხის შეფასებისას.



სურ. 2. InGaAs ეპიტაქსიალური ფენებში (ეფ) ელექტრონების კონცენტრაციისა (ა) და ძვრადობის (ბ) ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მრუდები:
1,2,4 - არალეგირებული ეპიტაქსიალური ფენები;
3 - ეფ, მიღებული გადოლინიუმით ჰეტერირებული ნადნობიდან, თეორიული მრუდი [4]

მოცემული სამმაგი მყარი ხსნარის ეფ ნიმუშისათვის (100±500)⁰K ტემპერატურების არეში $n(1/T)$ დამოკიდებულების მრუდებზე დაიმზირებოდა ΔE_1 ენერჯის დონორზე უფრო ღრმა ცენტრების იონიზაცია (სურ. 3.). მონაცემების დამუშავებამ შესაძლებელი გახადა ღრმა ცენტრების კონცენტრაციებისა და იონიზაციის ენერჯების დადგენა. როგორც გრაფიტის, ასევე საფირონის კონტეინერებში, გადოლინიუმის დამატებით და მის გარეშე, გაზრდილ ნიმუშებში დონეების სპექტრი საკმაოდ ფართო აღმოჩნდა: $\Delta E_2=20$ მლ.ეფ, $\Delta E_3=40$ მლ. ეფ, $\Delta E_4=-50-60$ მლ. ეფ და, თუ ექსპერიმენტის პირობები იძლეოდა საშუალებას (ნიმუშის გახურების შესაძლებლობა ფერმის დონის მდებარეობის შესატყვის ტემპერატურამდე) $\Delta E_5=0,13 - 0,16$ ეფ. აღნიშნული ცენტრების კონცენტრაცია საკვლევი ეფ იყო $(1 - 6) \cdot 10^{14} \text{ სმ}^{-3}$ დიაპაზონში, ხოლო აქცეპტორების ფონური კონცენტრაციები $(2-5) \cdot 10^{14} \text{ სმ}^{-3}$.

სამუშაოს ამ ეტაპზე ვერ მოხერხდა ღრმა დონეების სპექტრის, მალეგირებელი დანამატების და ეფ გაზრდის პირობების ურთიერთკავშირის დადგენა. მიუხედავად ამისა შესაძლებელია, საკმაოდ მაღალი განმეორებადობით მივიღოთ ეფ კონცენტრაციის $n \leq 10^{15} \text{ სმ}^{-3}$, ვინაიდან თხელი დონორის კონცენტრაცია ეფექტურად შეიძლება დაიწიოს (ტექნოლოგიური ხერხებით) $< 1 \cdot 10^{15} \text{ სმ}^{-3}$ მნიშვნელობამდე, ხოლო $\Delta E_2, \Delta E_3, \Delta E_4$ დონორების კონცენტრაცია, რომლებსაც ოთახის ტემპერა-



სურ.3. სხვადასხვა ნაღობებიდან გაზრდილი $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ ეპიტაქსიალურ ფენებში ელექტრონების კონცენტრაციის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მრუდები: 1-ნაღობი ლეგირებულია სილიციუმით და გამომწვარია H_2 -ში; 2-ნაღობში დამატებულია გადოლინიუმი; 3-ნაღობი გამომწვარია. ისრებით ნაჩვენებია ღრმა დონების მოცემი ცენტრების იონიზაციის უბნები.

რადი ალუმინის გამოყენებით, რომელიც არ არის ელექტრულად აქტიური მინარევი GaAlAs მყარ ხსნარში.

დასკვნა იმის შესახებ, რომ გადოლინიუმი GaInAs/InP მინარევისათვის პეტერის როლში გამოდის და არ ქმნის აქცეპტორულ ცენტრებს, დასტურდება ნაღობში გადოლინიუმის კონცენტრაციითა ფართო დიაპაზონში (მასის 10^{-3} -დან $6 \cdot 10^{-2}$ %-მდე). ლეიკოსაფირონში მიღებულ ეფ დენის მატარებელთა კონცენტრაცია $n < 1 \cdot 10^{15} \text{სმ}^{-3}$. ამასთან, ერთი და იმავე ნაღობის თანმიმდევრულ ექსპერიმენტებში გამტარებლობის ტიპის ცვლილებას შემთხვევითი ხასიათი ჰქონდა, რაც დენის მატარებელთა კონცენტრაციის ასეთ დაბალ დონეზე შეიძლება იყოს პეტერირებას აცდენილი მინარევებით ნაღობის დაჭუჭყიანების შედეგი.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. Y. Takeda, A. Sasaki. Jap. J. Appl. Phys., **19**, 1980, 383-384.
2. E. Kuphal, D. Fritzsche. J. of Electronic Materials, **12**, 1983, 743-763.
3. Отчет ГИРЕДМЕТА по ОТП, ИИВ. N 7954, М., 1987.
4. J. D. Oliver, L. F. Eastman, P. D. Kirchner, W. J. Schaff. J. Gryst Growth, **54**, 1981, 64-68.

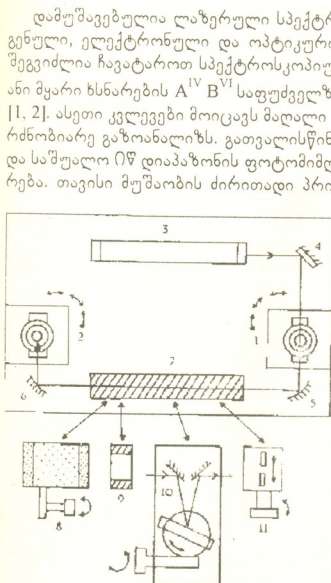
ტურაზე წვლილი შეაქვთ n -ის სიდიდეში, $< 1 \cdot 10^{15} \text{სმ}^{-3}$.

რაც შეეხება გადოლინიუმის მაპეტერირებელ მოქმედებას, ამ მექანიზმის სასარგებლოდ გარდა მეორადი იონების მასსპექტროსკოპიის ანალიზისა, რომელმაც ეფ გადოლინიუმის არსებობა ვერ აღმოაჩინა, ჩატარდა ექსპერიმენტი, ნაღობში გადოლინიუმის ნაცვლად შეყვანილ იქნა სკანდიუმი. იგი არ მიეკუთვნება ლანთანოიდებს, მოთავსებულია პერიოდული სისტემის III ჯგუფში და ცუდად იხსნება ნაღობში თხევადფაზური ეპიტაქსიის ტემპერატურაზე (650°C), როგორც გადოლინიუმი. მიღებული ეფ ხასიათდებოდა ძვრადობის მაღალი მნიშვნელობებით ($\mu \geq 2 \cdot 10^4 \text{სმ}^2/\text{ვ}\cdot\text{წმ}$, 77°K), ხოლო ელექტრონების კონცენტრაცია მათში იცვლებოდა $4 \cdot 10^{14} \pm 2 \cdot 10^{16} \text{სმ}^{-3}$ დიაპაზონში. ამრიგად, გადოლინიუმი (და ლანთანოიდები) არ არის ერთადერთი მაპეტერირებელი ელემენტი, რაც მტკიცდება პეტერე-

ლ. ბიჩკოვა, ო. ლავარაშვილი, მ. ენუაშვილი, ნ. კეკელიძე, ი. სტაფანოვი, ა. შოტოვი

საშუალო იწ დიაპაზონის მრავალფუნქციონალური ლაზერული
 სპექტრომეტრი

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. სანაძემ 17.07.1997



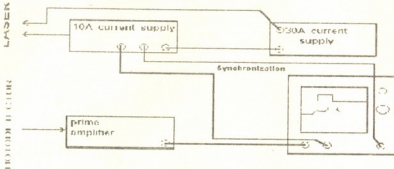
სურ.1. ლაზერული სპექტრომეტრის ოპტიკური სქემა.

1. კრიოსტატი ლაზერით, 2. კრიოსტატი ფოტომიმლებით, 3. ჰელიუმ-ნეონის ლაზერი, 4. ბრტყელი სარკე, 5,6. პარაბოლური სარკეები, 7. სამუშაო ზონა, 8. კიუვეტა, 9. ფაბრი-პეროს ეტალონი (გერმანიუმზე), 10. მოდების სელექტორი დიფრაქციული მესრის საფუძველზე, 11: ხვრელი

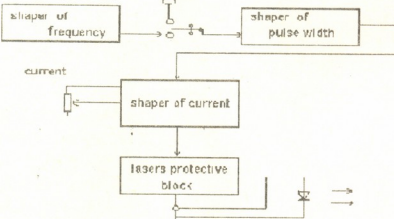
დამუშავებულია ლაზერული სპექტრომეტრი, რომელიც წარმოადგენს კრიო-გენული, ელექტრონული და ოპტიკური მოწყობილობების ნაკრებს, რომლითაც შეგვიძლია ჩავატაროთ სპექტროსკოპიული კვლევები, კერძოდ, ოთხკომპონენტიანი მყარი ხსნარების $A^{IV} B^{VI}$ საფუძველზე დამზადებული ლაზერების გამოყენებით [1, 2]. ასეთი კვლევები მოიცავს მაღალი გარჩევის სპექტროსკოპიასა და მაღალმგრძობიარე გაზოანალიზს. გათვალისწინებულია აგრეთვე ახალი ტიპის ლაზერთა და საშუალო იწ დიაპაზონის ფოტომიმლებთა ოპერატიული დიაგნოსტიკის ჩატარება. თავისი მუშაობის ძირითადი პრინციპის მიხედვით დიოდური ლაზერული სპექტრომეტრი მკირედ განსხვავდება ჩვეულებრივი იწ სპექტროფოტომეტრისაგან. იგი შეიცავს იწ გამოსხივების სელექტიურ წყაროსა და ფოტომიმლებს, რომელთა შორისაც თავსდება კვლევის ობიექტი. ასეთი სპექტრომეტრის ძირითად განსხვავებას წარმოადგენს რამდენიმე ლაზერის გამოყენება სპექტრის იწ არის გადასაფარავად ნაცვლად გამოსხივების უწყვეტი („შავი სხეული“) წყაროს გამოყენებისა. დიოდური ლაზერი მუშაობს იმპულსურ-პერიოდულ რეჟიმში. ლაზერს დენი მიეწოდება მოკლე იმპულსებით. დენის ზღურბლური მნიშვნელობის გადაჭარბების დროს ლაზერი გენერირებას იწყებს და ერთდროულად გადის ახალ სიხშირეზე. სიხშირის შეცვლის სიჩქარე ძეგს $10^4 - 10^5 \text{ სმ}^{-1} \text{ წმ}$ საზღვრებში, ხოლო სპექტრული გარჩევაა $- 10^{-4} \text{ სმ}^{-1}$, უწყვეტი გადასვლის დიაპაზონია $- 1 \text{ სმ}^{-1}$. ოპტიკური სიგნალი რეგისტრირდება ფოტოდოდის მიერ დროითი გარჩევით, რომელიც არ ჩამოუვარ-

დება 50 ნწმ, ამასთან, მიიღწევა ოპტიკური სიგნალის შთანთქმის მგრძობიარობა 10^{-4} დონეზე, ლაზერის ერთ იმპულსზე.

მიუხედავად იმისა, რომ რეგისტრაციისა და მართვის სისტემა მთლიანად ავტომატიზებული არ არის [3, 4], შექმნილი სპექტრომეტრი შეიძლება ფართოდ გამოიყენოს დიოდურ-ლაზერულ სპექტროსკოპიაში.



სურ. 2ა) სპექტრომეტრის ფუნქციონალური ელექტრული სქემა;



სურ. 2ბ) კვების ბლოკის ფუნქციონალური სქემა

სურ. 1-ზე მოცემულია სპექტრომეტრის საბაზო ოპტიკური სქემა. ის შეიცავს მაიუსტირებელ ჰელიუმ-ნეონურ ლაზერს, ორ ერთნაირ ჩასასხმელი ტიპის (ლაზერისა და ფოტომომღებისათვის) აზოტის კრიოსტატს, ორ არაღერძულ პარაბოლურ სარკეს 75 მმ ფოკუსური მანძილით და ერთ ბრტყელ სარკეს. ოპტიკური სქემის ყველა ელემენტი დამონტაჟებულია 600x500 მმ ზომების მქონე ოპტიკურ ფილაზე. კრიოსტატები დადგმულია 600x500 პრეციზიული სამკოორდინატული გადაადგილების მქონე მაგიდებზე. დანარჩენი ელემენტები დადგმულია სამაგრებზე, რომელთა იუსტირება გათვალისწინებულია. ჩასასხმელი ტიპის კრიოსტატის ნაცვლად შესაძლოა დაიდგას გამდინარე ტიპის სპეციალური ჰელიუმმიანი კრიოსტატი. თხევადფაზური ეპიტაქსიის მეთოდით შექმნილი ლაზერების გამოყენებამ შესაძლებლობა მოგვცა ძირითადად გვესარგებლა აზოტური კრიოსტატებითა და იმპულსთა დიდი ხანგრძლივობით.

ოპტიკური სქემის განსაკუთრებულობას შეადგენს მხოლოდ სარკული ოპტიკის გამოყენება, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ ოპტიკური სქემის იუსტირება ჰელიუმ-ნეონური ლაზერის გამოსხივების მიხედვით. არაღერძული

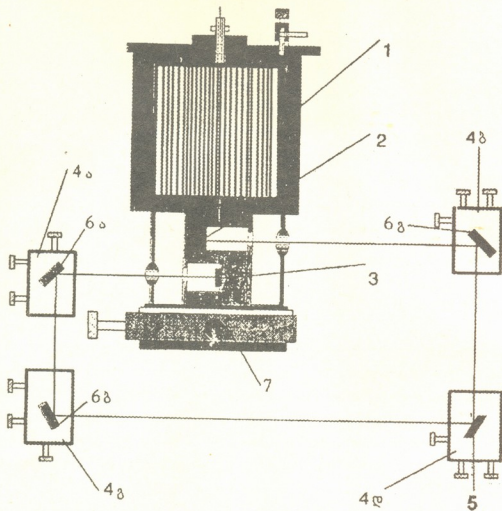
პარაბოლური სარკეების გამოყენებამ საშუალება მოგვცა მინიმუმამდე დაგვეყვანა ოპტიკური ელემენტების რაოდენობა.

ვინაიდან სქემა ორიენტირებულია ნახევარგამბარულ გამომსხივებლებსა და გამოსხივების მიმღებებზე, ამიტომ ის ფართოაპერტურიანი შესრულებით არის წარმოდგენილი. პარაბოლურ სარკეებს შორის ბრტყელპარალელური კონის აპერტურა შეადგენს 35 მმ, რაც საშუალებას იძლევა ლაზერის გამოსხივება დავიჭიროთ 30° სხეულოვან კუთხეში. პარაბოლურ სარკეებს შორის არსებულ სივრცეში შეგვიძლია განვაღაგოთ ოპტიკური სქემის სხვადასხვა ელემენტი კონკრეტული ამოცანის მიხედვით. სტენდის საბაზო კომპლექტში შედის: მოდების სექტორი (უმარტივესი მონოქრომატორი სპექტრული გარჩევით 1 სმ^{-1}), 100 მმ სიგრძის გაზური კიუვეტა, ფაბრი-პეროს გერმანიუმული ინტერფერომეტრი თავისუფალი დისპერსიის არით $0,1 \text{ სმ}^{-1}$, ლაზერის გამოსხივების სივრცული განაწილების გამოსაკვლევი ხვრელი. სარკეებს შორის მანძილი, რომელიც შეიძლება გამოვიყენოთ „სამუშაო ზონის“ სახით 350 მმ-ია, ოპტიკური ღერძის სიმაღლე – 40 მმ.

სპექტრომეტრში გამოყენებული ორი ერთნაირი ჩასასხმელი ტიპის კრიოსტატის ტევადობაა 1 ლ (თითოეულზე). კრიოსტატს გააჩნია ორი წრიული ფანჯარა დიამეტრით 20 მმ და ორი ერთნაირი გასამაგრებელი ადგილი ფანჯრებიდან 20 მმ დაშორებით. ეს საშუალებას გვაძლევს დავდგათ ერთდროულად ორი ლაზერი და აგრეთვე, ოპტიკური ღერძი გავასხივოთ წითელი სხივით. ფანჯრების მასალას არჩევნ ტალღის სიგრძეთა დიაპაზონისაგან დამოკიდებულებით. თუ არე შეადგენს 4,7–12 მკმ, ვირჩევთ BaF_2 .

კრიოსტატების კონსტრუირების დროს ძირითად კრიტერიუმად ვიღებდით ნიმუშების (ლაზერებისა და ფოტომიმღებების) შეცვლის მაქსიმალურ გაადვილებასა და კრიოსტატთა საიმედოობას ნიმუშთა ხშირი შეცვლისას. აგრეთვე ნიმუშის მაქსიმალურ მიახლოებას კრიოსტატის ფანჯარასთან. მეორე მხრივ, კრიოსტატები ხანგრძლივი ექსპერიმენტების ჩატარების საშუალებას გვაძლევდნენ – 36 საათის განმავლობაში (თხევადი აზოტით ხელახლა შევსებამდე).

სურ. 2 ა-ზე მოცემულია სპექტრომეტრის ელექტრული სქემა. ის შეიცავს ლაზერის კვების ბლოკს, ლაზერის კვების ბლოკის სიმძლავრის გამაძლიერებელს, ფოტომიმღების წინასწარ გამაძლიერებელს, ორსხივიან ოსცილოგრაფს. ლაზერის კვების ბლოკის ფუნქციონალური სქემა მოცემულია სურ. 2 ბ-ზე. ის შეიცავს სიხშირეთა და იმპულსის ხანგრძლივობის გენერატორს, დენური იმპულსის მაფორმირებელს, დაცვის კვანძს. ლაზერის კვების ბლოკი საშუალებას გვაძლევს იმპულსურ-პერიოდულ რეჟიმში განვახორციელოთ ყველა ოპერაცია ნახევარგამბარულ ლაზერზე: სიხშირისა და იმპულსთა ხანგრძლივობის დაყენება სიგნალიზაციის შინაგან და გარეგან რეჟიმში, დენური იმპულსების ამპლიტუდათა დაყენება; ნახევარგამბარული ლაზერის დაცვა დენური იმპულსების ხანგრძლივობის, პერიოდისა და ამპლიტუდის მიხედვით.



სურ.3. ლაზერული სპექტრომეტრის ვაკუუმური კრიოსტატიანი ვარიანტი

1. კრიოსტატი, 2. ფოტომომლები გაცივებით, 3. MgF_2 ლაზერული დიოდი,
4. (ა,ბ,გ,დ) საიუსტირებო კვანძები, 5. დიფრაქციული მესერი, 6. (ა,ბ,გ) სარკეები, 7. საიუსტირებო კრიოსტატის მაგიდა.

იმპულსების ხანგრძლივობა მყარდება $10-10000$ მკმ და აპაზონიდან, ხოლო პერიოდისა - 100 მკმ - 100 მლწმ. გამოსასვლელი დენი არ აღემატება 10 ამპ. დენური იმპულსის ყველა პარამეტრის სტაბილურობა შენარჩუნებულია 10^{-4} დონეზე.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ლაზერის კვებისათვის საჭიროა დიდი დენები, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს დენის გამაძლიერებელი, რომელიც ცალკე ბლოკის სახით არის წარმოდგენილი. მას შეუძლია მოგვცეს მოკლე დენური იმპულსები 100 ნწმ-დან 100 მკმ-მდე ამპლიტუდით 30 ამპ-მდე. საბაზო შესრულებით დამზადებული სპექტრომეტრი გათვალისწინებულია ტალღის სიგრძეების $4,7 - 12$ მკმ დიაპაზონში სამუშაოდ. ოპტიკური სიგნალის რეგისტრაციისათვის გამოყენებულია KOT (Cd , Hg , Te) ფოტოდიოდი, რომლის მგრძობობარე ელემენტის ფართობი 0.3×0.3 მმ². ფოტომომლების მგრძობობარობაა - 2 ამპ/ვტ. წინასწარი გამაძლიერებელი შესრულებულია ტრანსიმპედანსური სქემით; სიხშირეთა ზოლია 0 -დან 3 მგც-მდე და ოპტიკური სიგნალია დეტექტირების დონე - 10 ნანოვატი.



სპექტრომეტრის შექმნის დროს იდგა კომპრომისის მოძებნის ამოცანა უნივერსალობასა და სირთულეს შორის. ხელსაწყოს ფართო შესაძლებლობათა და მრავალფუნქციონალურობის შეთავსება განსაზღვრავს მის სიახლეს.

გამოვყოთ გამოყენების ძირითადი არეები:

1. დიოდური ლაზერების კომპლექსური გამოცდა და პასპორტიზაცია, რომელიც შეიცავს: ზღურბლური დენის, სიხშირიდან გადასვლის დინამიკის გაზომვას, სხვადასხვა რეჟიმებში გამოსხივების მოდური შემადგენლობის მახასიათებელთა გადღებას, სიმძლავრის (საერთო და ცალკეულ მოდაში) გაზომვას.

2. საშუალო იწ დიაპაზონის ფოტომიმლებთა ტესტირება: კვანტური ეფექტურობის, სპექტრული მგრძობიარობისა და სწრაფქმედებათა (100 ნწმ ფარგლებში) გაზომვა.

3. სპექტროსკოპიის სფეროდან შემდეგი ექსპერიმენტები: გამტარებადობის სპექტრების რეგისტრაცია, ხაზის სიხშირის, სიგანის და ინტენსივობის განსაზღვრა, დინამიკური პროცესების სპექტროსკოპია.

4. დადაბლებული წნევის შემთხვევაში გაზურ ნარევეთა ანალიზი.

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. А. П. Шотов, О. И. Даварашвили, А. В. Бабушкин. Письма в ЖТФ 7, 24, 1981, 1444.
2. О. И. Даварашвили, И. В. Лемехов, А. И. Надеждинский. Квант. Электр., 18, 10, 1991, 1170.
3. Ю. В. Косичкин, А. И. Надеждинский. Изв. АН СССР, 47, 10, 1983, 2037.
4. Ю. А. Курьцин и др. Препринт. Инст. спектроскопии, М., 4, 1985.

ბ. ბუნია, ზ. სვანიძე, ლ. სვანიძე

ატმოსფეროს ქიმიური შემადგენლობის ცვლილებაში ანთროპოგენური ზემოქმედების პირობებში

წარმოდგინა აკადემიკოსმა გ. სვანიძემ 4.04.1997

თანამედროვე თეორიები ატმოსფეროს ქიმიური შემადგენლობის ცვლილებების გლობალური შედეგების შესახებ გამომდინარეობს იმ ვარაუდიდან, რომ ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის ზრდამ, მიწის წიაღიდან მოპოვებული სათბობის წვის ხარჯზე, შესაძლოა გამოიწვიოს საერთო დათბობა. ამის შედეგად ადგილი ექნება პოლარული ყინულების გადნობას, ზღვებისა და ოკეანეების დონის აწევასა და სანაპირო რაიონების ჩაძირვას. ამასთან არის მეორე ვარაუდიც, რომლის თანახმადაც აეროზოლების რაოდენობის ზრდა ატმოსფეროში შეამცირებს დედამიწის ზედაპირამდე მოღწეული მზის ენერჯიის რაოდენობას. ეს კი გამოიწვევს დედამიწის საშუალო ტემპერატურის შემცირებას.

გარდა ამისა, აეროზოლების რაოდენობის მატება ატმოსფეროში მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რეგიონალურ მასშტაბებში ნალექების წარმოქმნის პირობებზე, მათ რეჟიმსა და ქიმიურ შემადგენლობაზე, ნისლიანობის განმეორადობასა და ღრუბლიანობაზე [1,2].

მსოფლიოში ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის წლიური ცვლილებების გაანგარიშებებმა ცხადყო, რომ ფოტოსინთეზის შედეგად შთაინთქმება $100 \cdot 10^9$ ტ CO_2 , ხოლო მცენარეულობისა და ნიადაგის „სუნთქვის“ პროცესის შედეგად ატმოსფეროს CO_2 -ის იგივე რაოდენობა უბრუნდება (თითოეულიდან – $50 \cdot 10^9$ ტ). ზღვებისა და ოკეანეების ზედაპირზე მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების შედეგად ატმოსფეროში გაიფრქვევა დაახლოებით $100 \cdot 10^9$ ტ CO_2 , ხოლო შთაინთქმება დაახლოებით მისი $104 \cdot 10^9$ ტ. წიაღისეული სათბობის წვისა და მსოფლიოს ტყეების გაჩეხვის შედეგად ატმოსფეროში ყოველწლიურად გაიფრქვევა, შესაბამისად, დაახლოებით $5 \cdot 10^9$ ტ და $2 \cdot 10^9$ ტ CO_2 . ამრიგად, ყოველწლიურად CO_2 -ის ნამატი ატმოსფეროში შეადგენს დაახლოებით $3 \cdot 10^9$ ტ [3].

როგორც ვხედავთ, ადამიანის წილი ამ ნივთიერებით ატმოსფეროს ქიმიური ბალანსის შეცვლაში საკმაოდ მცირეა, მაგრამ ამით მიღებული ეფექტები მეტად მნიშვნელოვანია. გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ CO_2 -ის საშუალო წლიური კონცენტრაციის მნიშვნელობამ ატმოსფეროში 1990 წ. 0.0354% -ს მიაღწია. ეს კი ამ ნივთიერების დაახლოებით 30% -ით მატებაზე მეტყველებს წინაინდუსტრიულ პერიოდთან შედარებით ($1750-1800$ წწ), როდესაც CO_2 -ის კონცენტრაცია $0,027\%$ უდრიდა. სხვადასხვა მათემატიკური მოდელების დახმარებით მიღებულია, რომ თუ ყოველწლიურად CO_2 -ის მნიშვნელობა ატმოსფეროში $0,5\%$ -ით იმატებს, მისი წინაინდუსტრიული მნიშვნელობა 2080წ-თვის გაორკეცდება. ხოლო სხვა სათ-

ბურის ეფექტის მქონე გაზების გათვალისწინებით ეს შედეგები 2030 წ-თვის იქნება მიღებული [1,3-5].

1 ცხრილში მოცემული საშუალო მრავალწლიური იონთა ჯამის - Σ_i მგ/ლ ხვედრითი ელექტროგამტარობის - χ მკომ⁻¹ სმ⁻¹, pH და სხვა პარამეტრების მნიშვნელობებით შეიძლება მსჯელობა სამრეწველო აეროზოლების მაკრომასშტაბურ გადატანაზე და ატმოსფეროსა და დედამიწის ზედაპირის ქიმიური შემადგენლობის ცვლილებებში მათი წვლილის შეფასებაზე [1]. მიუხედავად სულფატიონების კონცენტრაციების მაღალი მნიშვნელობებისა, ნალექების ამჟავება არ აღინიშნება, რაც სინჯებში მჟავიანი გარემოს მანეიტრალეზელი კალციუმისა და ჰიდროკარბონატული იონების სიმრავლით აიხსნება. ასევე გამოვლინდა, რომ აღნიშნულ რეგიონში მოსულ ნალექებში იონთა ჯამის საშუალო წლიური კონცენტრაციების განაწილებას 1972-1990 წწ-ის განმავლობაში, საშუალოდ, დაახლოებით 15%-ით მატების ტენდენცია გააჩნია.

ცხრილი 1

კავკასიის სხვადასხვა რეგიონებში მოსული ნალექების მინერალიზაციის მახასიათებლების მნიშვნელობები

რეგიონები	მახასიათებლები							
	Σ_i	χ	pH	$\frac{SO_4^{2-}}{Na^+}$	$\frac{SO_4^{2-}}{Cl^-}$	$\frac{Cl^-}{Na^+}$	Σ_{Ca}	Σ_{Mg}
ქალაქის	35,84	65,38	6,48	6,24	4,18	1,47	37,50	34,36
მთიანი	23,71	38,85	6,38	5,11	3,29	1,56	21,28	26,12
ზღვისპირა	19,19	32,18	5,85	4,27	2,59	1,74	19,03	19,30
ოკეანეთა წყალში	-	-	-	0,25	0,14	1,78	-	-

ატმოსფეროს ქიმიური შემადგენლობის ცვლილებების სხვადასხვა ასპექტების კვლევისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ატმოსფეროში დანაწევრებულ მინარეთა მიწისპირა ზედაპირის ქიმიური შემადგენლობის ცვლილებაზე გავლენის შესწავლას. ამასთან, დიდ ინტერესს იწვევს დედამიწის ზედაპირზე ჩამორეცხილი მინერალურ ნივთიერებათა რაოდენობის შეფასება. აღნიშნული საკითხის გასაშუქებლად ჩვენს მიერ პირველად იქნა განსაზღვრული კავკასიის რეგიონში ატმოსფეროდან ჩამორეცხილი მინერალურ ნივთიერებათა რაოდენობა. ამისათვის ვასარგებლეთ ჩვენი ვარაუდით ჩამორეცხილ ნივთიერებათა და ნალექთა რაოდენობებისა და ამ უკანასკნელში მინერალურ ნივთიერებათა კონცენტრაციის სიდიდეებს შორის შემდეგი სახის კავშირის არსებობაზე:

$$M = qQ \cdot 10^{-3} \frac{\theta}{\text{კმ}^2 \text{წლ}}$$

მიღებული ფორმულის საშუალებით გაანგარიშებული იყო ცხრ. 2-ის მონაცემები. აღნიშნული გაანგარიშებების საშუალებით დადგინდა, რომ საკვლევ რეგიონში მინერალური ნივთიერების დიდი რაოდენობა ჩამორეცხება, რაც ატმოს-



ფეროში ამ ნივთიერებათა სიჭარბეზე მეტყველებს და მნიშვნელოვან მატარებელს უქმნის ამ რეგიონის ეკოსისტემას.

საქართველოს სხვადასხვა პუნქტებში ზაფხულსა და ზამთარში მოსულ ნალექებში მეტალური მიკრომინარეგების შემცველობის კვლევამ გვიჩვენა, რომ სამრეწველო რაიონებში (თბილისი, ქუთაისი) აღებულ სინჯებში საკმაოდ დიდი რაოდენობით მოიპოვება სამრეწველო წარმოშობის მინარეგები (ცხრ.3).

არასამრეწველო რაიონებში კი, აღნიშნული მინარეგების შემცველობა შედარებით მცირეა. მაგრამ ნალექებში მათი არსებობა ატმოსფეროს ქიმიური შემადგენლობის ზოგიერთ ფართომასშტაბურ ცვლილებებზე მიგვიჩვენებს.

ცხრილი 2

კავკასიის სხვადასხვა პუნქტებში ჩამორეცხილ ნივთიერებათა რაოდენობა (ტ/კმ²წლ)

პუნქტები	გასაშუალების წლები	ნივთიერებები					Q88
		SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Σ _i	
აბასთუმანი	1982-1987	4,8	1,4	6,1	1,2	18,2	683,0
გუდაური	1972-1978	6,9	2,2	11,1	1,2	29,7	1396,5
კრასნოსელსკი	1982-1987	5,1	1,3	5,6	1,0	17,0	647,0
სოხუმი	1972-1987	9,6	3,0	8,3	2,1	30,6	1607,3
თბილისი	1972-1987	6,6	1,5	6,7	1,0	22,0	596,1
ჩაქვი	1972-1987	14,1	7,2	13,2	3,7	49,6	2555,1
ციმლიანსკი	1982-1987	5,6	1,5	3,7	1,1	15,5	429,3

ცხრილი 3

საქართველოს რიგ პუნქტებში მოსულ ნალექებში მეტალური მიკრომინარეგების შემცველობა (მგ/ლ)

პუნქტები	ნალექის სახეობა	მიკრომინარეგები			
		Cd	Zn	Cu	Pb
თბილისი	წვიმა	0,20	0,84	0,47	0,54
	თოვლი	0,04	0,32	0,07	0,09
ქუთაისი	წვიმა	0,45	1,80	0,90	0,90
	თოვლი	0,08	1,20	0,20	0,81
რუსთავი	წვიმა	0,01	0,03	0,02	0,01
	თოვლი	0,01	0,02	0,003	0,002
გურჯაანი	წვიმა	0,61	0,75	0,70	0,94
	თოვლი	0,082	0,05	0,02	0,04
საგარეჯო	წვიმა	0,31	0,75	0,75	0,47
	თოვლი	0,002	0,004	0,03	0,05
მცხეთა	წვიმა	0,004	0,005	0,008	0,02
	თოვლი	0,004	0,02	0,03	0,008

ამრიგად, როგორც ვხედავთ, უკანასკნელ საუკუნეში ადამიანის მოღვაწეობის გააქტიურება ატმოსფეროს შემადგენლობის ცვლილებების ძირითადი მიზეზი გახდა. ხოლო ეს კი თანდათანობით, რამდენიმე ათეული წლების განმავლობაში,

ატმოსფეროს შემადგენელი ნივთიერებების ახალი გლობალური ბალანსის წარმოქმნას გამოიწვევს, რაც, თავის მხრივ, დედამიწის ახალ კლიმატურსა და ეკოლოგიურ რეჟიმს შექმნის.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Г. С. Гуния.* Вопросы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на территории Грузинской ССР. Л., 1985.
2. *Г. С. Гуния.* Труды ЗакНИИ, вып. 1. Л., 1983.
3. *J. P. Bruce.* WMO Geneva, 735, 1990.
4. *Climate change.* WMO, UNEP, 1995.
5. *G. Skirrow.* Nature, 278, 5700, 1979.

ჰ. ხარჩილავა, ძ. თავართქილაძე, მ. ლომაჯინაძე, ვ. ამირანაშვილი

ატმოსფეროში ოზონის საერთო რაოდენობის ცვალებადობა და ბანაწილება საქართველოში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ბ. ბალავაძემ 30.05.1997

ატმოსფეროში ოზონი (O_3) შედის ძალიან მცირე რაოდენობით (იგი ატმოსფეროს მასის 0,001%-ს შეადგენს). მიუხედავად ამისა, მას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ბიოსფეროს არსებობისთვის.

ატმოსფერული ოზონის შესწავლისას ძირითადად განიხილავენ მის ორ პარამეტრს: ოზონის საერთო რაოდენობას (ოსრ) და ოზონის კონცენტრაციას (ოძ). ოსრ-ს განსაზღვრავს ნორმალურ პირობებში ($0^{\circ}C$ ტემპერატურა, 760 მმ ვერცხლისწყლის სვეტის წნევა) მთელი ოზონის დაყვანილი სისქე, რომელიც საერთოდ 0,15-0,45 სმ ინტერვალში იცვლება. ოსრ იზომება დობსონის ერთეულებში (დ.ე.) (1 დ.ე. = 0,001 სმ). ოზონის კონცენტრაცია იზომება მიკროგრამი/მ³-ში.

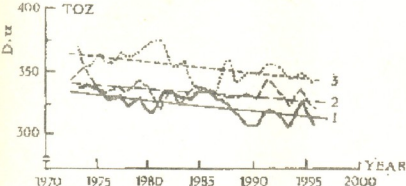
ცნობილია, რომ ატმოსფერული ოზონის ძირითადი ნაწილი ატმოსფეროში 20-დან 30 კმ-მდე ფენაშია გავრცელებული. იგი გარს ერტყმის დედამიწას, ქმნის ე. წ. დამცველ შრეს, რომელიც მზის სხივური ენერჯიის ულტრაიისფერი გამოსხივების ნაწილს (308 ნმ ტალღის სიგრძეზე ნაკლებს) მთლიანად შთანთქმავს და ამით ბიოსფეროს არსებობის შესაძლებლობას უნარჩუნებს. გარდა ამისა, ოზონს დედამიწის ზედაპირის მიერ გრძელტალღოვანი გამოსხივების შთანთქმის უნარიც შესწევს, მოქმედებს როგორც ე. წ. „სათბურის“ ეფექტის გამომწვევი გაზი და უშუალოდ ღებულობს მონაწილეობას კლიმატის ფორმირებაში. აქედან გამომდინარე, ფაქტია, თუ რაოდენ მნიშვნელოვანია ოზონის შემცველობაზე სისტემატური კონტროლი და ატმოსფეროში მისი საერთო რაოდენობის შენარჩუნება. სამწუხაროდ ოზონის შემცველობაზე ანთროპოგენური ზემოქმედება, განსაკუთრებით მიმდინარე საუკუნის მეორე ნახევარში, თანდათან ძლიერდება. ეს იწვევს ოზონის საერთო რაოდენობის შემცირებას, რაც ხელს უწყობს დედამიწის ენერგეტიკული დონის წონასწორული მდგომარეობის რღვევას და კლიმატის დათბობის თანამედროვე პროცესს. ამის გამო, ოზონის შრის შენარჩუნება გლობალურ პრობლემათა რიცხვს განეკუთვნება.

საქართველოში ოზონის საერთო რაოდენობაზე დაკვირვება დაიწყო 1957 წლიდან აბასთუმნის ასტროფიზიკურ ობსერვატორიაში. შემდეგ თბილისში 1964 წელს გაიხსნა ოზონის საერთო რაოდენობაზე დაკვირვების მეორე პუნქტი და ეს პუნქტები დღესაც მოქმედებენ. გარდა ამისა, მოკლე პერიოდებით ტარდებოდა ეპიზოდური დაკვირვებები გეოფიზიკის ინსტიტუტის მიერ საქართველოს ზოგიერთ რეგიონში, განსაკუთრებით კახეთში ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების პერიოდში.

წინამდებარე ნაშრომის მიზანია დაკვირვების არსებული მონაცემების მიხედვით საქართველოში ატმოსფერული ოზონის საერთო რაოდენობის ცვალებადო-

ბის თავისებურებების შესწავლა წლების მიხედვით, მისი ცვალებადობის ტენდენციების დადგენა და საქართველოს ტერიტორიაზე მისი განაწილების განსაზღვრა.

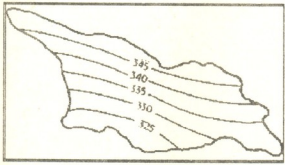
აღსანიშნავია, რომ არსებული დაკვირვების მასალები 1957 წლიდან 1973 წლამდე სრულ შეუსაბამობაში აღმოჩნდა დაკვირვების შედეგებთან 1973 წლის შემდეგ. ლიტერატურული წყაროების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ასეთ შეუსაბამობას ადგილი ჰქონდა ყოფილ სსრკ მთელ ტერიტორიაზე [1], რაც გამოწვეული იყო ოზონის საერთო რაოდენობის განმსაზღვრელი აპარატურის არასრულფასოვნებით. 1973 წლიდან მოხდა აპარატურის მოდერნიზაცია, რომლის შემდეგ ოსრ განსაზღვრის სიზუსტე მნიშვნელოვნად გაიზარდა. ამიტომ, ჩვენი გამოკვლევის შედეგები, ისევე როგორც ყოფილი სსრკ მთელ ტერიტორიაზე ჩატარებული გამოკვლევები, დაფუძნებულია ოსრ ფაქტიურ მონაცემებზე დაწყებული 1973 წლიდან.



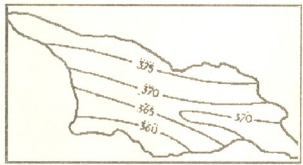
სურ. 1. ოზონის საერთო რაოდენობის ცვალებადობა წლების მიხედვით: აბასთუმანი (მრული 1), თბილისი (2) და კუბიშევი (3)

1 სურათზე მოცემულია ოზონის საერთო რაოდენობის საშუალო წლიური მნიშვნელობების ცვალებადობა წლების მიხედვით აბასთუმანსა და თბილისში 1973-1995 წლებში (მრული 1 და 2 შესაბამისად). ამავე სურათზე დატანილია იმავე პერიოდში ოსრ ცვლილების მრული (3) კუბიშევისთვის და დატანილია წრფეები, რომლებიც

განსაზღვრავს მოცემული დროის მონაკვეთში ოზონის საერთო რაოდენობის ცვლილების გასაშუალოებულ ტენდენციებს. როგორც 1 სურათიდან ჩანს, სამივე პუნქტში მკვეთრად არის გამოხატული ოსრ-ის თანდათანობით კლების ტენდენცია. ასე მაგალითად, აბასთუმანში ბოლო 20 წლის მანძილზე ოზონის საერთო რაოდენობა შემცირდა 17 დობსონის ერთეულით, ანუ 5%-ით; თბილისისთვის შემცირების ტემპი ოდნავ ნაკლებია და 13 დობსონის ერთეულით განისაზღვრება (3,8%), ხოლო კუბიშევისთვის 19 დობსონის ერთეულით, რაც 5,20%-ს შეადგენს. მართალია, შემცირების ინტენსიურობა ჯერჯერობით არ არის მნიშვნელოვანი, მაგრამ თუ შემცირების პროცესი იმავე სიჩქარით გაგრძელდა, მაშინ 200 წლის



სურ.2. ოზონის საერთო საშუალო წლიური რაოდენობის განაწილება საქართველოში (იზოზონებზე დატანილი რიცხვების განზომილებებია დ.ე.)

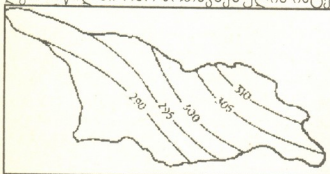


სურ.3. გაზაფხულის სეზონისათვის ოზონის საერთო რაოდენობის განაწილება საქართველოში

შემდეგ ოზონის ფენის სისქე ატმოსფეროში განახევრდება. ეს კი მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ ცვლილებებს გამოიწვევს და ბიოსფეროსთვის საგანგაშო მდგომარეობა შეიქმნება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ატმოსფეროში ოზონის შრის შემცირების ტენდენცია არა მარტო საქართველოში, ან ყოფილ საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე შეინიშნება, არამედ მთელ მსოფლიოში მეტნაკლები ინტენსიურობით ვლინდება. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ეს პროცესი გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგია.

ნაშრომში განხილული საქართველოში დაკვირვების ორი პუნქტისა და ეპიზოდური დაკვირვებების მონაცემთა გარდა, გათვალისწინებულია საქართველოს საზღვრებს გარეთ 10-მდე უახლოესი დაკვირვების პუნქტის საშუალო წლიური და სეზონური მონაცემები. წარწერები რუკებზე დატანილ იზოხაზებზე აღნიშნავენ ოსრ-ს დ. ე. -ში. როგორც ამ სურათებიდან ჩანს, ყველაზე მცირე ოსრ საქართველოში დაიკვირვება შემოდგომით, ხოლო ყველაზე მაღალი გაზაფხულზე. მე-2 სურათიდან ჩანს, რომ ოსრ-ის საშუალო წლიური მნიშვნელობა საქართველოში ოსრ-ის განედობრივი განაწილების კანონს ემორჩილება, კერძოდ, ის იზრდება სამხრეთი განედიდან ჩრდილოეთისკენ. საქართველოს ტერიტორიის ფარგლებში ოსრ-ის საშუალო წლიური მნიშვნელობა მოთავსებულია ინტერვალში 325-345 დ. ე. გაზაფხულზე ოსრ საქართველოს ტერიტორიაზე ასევე იზრდება განედის ზრდის მიხედვით და ის მოთავსებულია ინტერვალში 360-375 დ. ე. გაზაფხულზე საქართველოს სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში მოთავსებულია ოსრ-ის შედარებით გაზრდილი არე 370 დ. ე., მაშინ, როცა საქართველოს იმავე განედზე დასავლეთ ნაწილში ოსრ მოთავსებულია ინტერვალში 360-365 დ. ე. (სურ. 3).



სურ. 4. შემოდგომის სეზონისათვის ოზონის აბრკოლო რაოდენობის განაწილება საქართველოში

ოსრ-ის განაწილება საქართველოში შემოდგომით მოცემულია მე-4 სურათზე. ამ სურათიდან ჩანს, რომ შემოდგომით საქართველოში ოსრ განაწილებულია, ძირითადად, გრძედის მიხედვით. კერძოდ, ოსრ-ს მინიმუმი 290-295 დ. ე. არის დასავლეთ საქართველოში, იზრდება აღმოსავლეთისკენ და მაქსიმუმს 310 დ. ე. -ს აღწევს საქართველოს ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში.

ოზონის შრის შენარჩუნება კაცობრიობის უმნიშვნელოვანეს, გლობალურ პრობლემათა რიცხვს განეკუთვნება და მსოფლიოში დღეისათვის მას უდიდესი ყურადღება ექცევა.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა



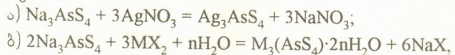
ი. დიღვაჩიძე, ბ. ხელაშვილი, ა. ჩუბინიძე, რ. ბიბაური

d^{10} -მეტალთა ტეტრათიოარსენატების სინთეზი და უმჯავლა

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ჯ. ჯაფარიძემ 21.04.1997

წინამდებარე შრომის მიზნად დავისახეთ – მიგველო და კვლევის თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით შეგვესწავლა d^{10} -მეტალთა ტეტრათიოარსენატები (V). ამისათვის ჩვენ ყურადღება გავამახვილეთ სინთეზის ჰიდროქიმიურ მეთოდზე, როგორც ერთ-ერთ ადვილად განხორციელებად ხერხზე ინდივიდუალურ მდგომარეობაში საბოლოო პროდუქტების მისაღებად. გამოსავალ მასალად გამოვიყენეთ ნატრიუმის ტეტრათიოარსენატი (V) $Na_3AsS_4 \cdot 8H_2O$ და d^{10} -მეტალთა წყალში ხსნადი მარილები. ნატრიუმის ტეტრათიოარსენატს (V) ვღებულობდით თანახმად ტოლობისა [1]: $3Na_2S + As_2S_3 + 2S + 16H_2O = 2Na_3AsS_4 \cdot 8H_2O$.

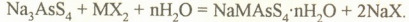
მრავალი ექსპერიმენტის საფუძველზე დადგინდა, რომ მიზნობრივი პროდუქტების მიღება საკვებით შესაძლებელია მიმოცვლის რეაქციებით თანახმად ტოლობებისა:



სადაც $M=Zn, Cd$ ან Hg ; $X=CH_3COO$ ან NO_3 ; ხოლო $n=4$ ან 2 .

რეაქციებს ვატარებდით წყალხსნარებში. მორეაგირე ნივთიერებათა ხსნარების ერთმანეთთან შერევისთანავე იღებებოდა სხვადასხვა შეფერილობის წვრილკრისტალური ნაერთები.

ნივთიერებათა ურთიერთდამატების თანმიმდევრობისა და შერევის ინტენსიურობის ცვლილებით სხვადასხვა შედეგნილობის ნაღები წარმოიქმნებოდა. ეს განსაკუთრებით ითქმის იმ შემთხვევაში, როცა $Na_3AsS_4 \cdot 8H_2O$ ხსნარზე ვამატებდით d^{10} -მეტალის მარილის წყალხსნარს. ამ დროს, გარდა სრულად ჩანაცვლებული ტეტრათიოარსენატისა (V), წარმოიქმნება შერეული მარილი:



ამიტომ, ეს პროცესი რომ პრაქტიკულად გამოვერიცხა, სარეაქციოდ d^{10} -მეტალის ხსნად მარილს ვიღებდით 5-10%-ით მეტს თეორიულთან შედარებით, ხოლო რეაქციას ვატარებდით ამ უკანკსენლზე $Na_3AsS_4 \cdot 8H_2O$ -ის ხსნარის დამატებით.

სინთეზირებულ ნივთიერებათა შედეგნილობა და აღნაგობა დადგინდა ელემენტური ანალიზითა და კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით. საწყის ნივთიერებათა ჩატვირთვა და მიღებული პროდუქტების გამოსავლიანობა მოყვანილია 1 ცხრილში, ხოლო ქიმიური ანალიზის შედეგები – 2 ცხრილში.

საკვლე ნივთიერებათა იწ სპექტრების (სურ. 1) შესწავლისას ირკვევა, რომ ყველა ნიმუშში შეინიშნება $\geq As...-S$ ბმისთვის დამახასიათებელი შთანთქმის ზო-

ლები: დეფორმაციული რხევისა - 470 სმ^{-1} უბანში [2], ხოლო ვალენტური რხევისა - 430 სმ^{-1} უბანში [3].

ცხრილი 1
 გამოსავალ ნივთიერებათა ჩატვირთვა და მიღებული პროდუქტების
 გამოსავლიანობა

№	სარეაქციოდ აღებულია						Ag ₃ AsS ₄ -სა და M ₃ (AsS ₄) ₂ nH ₂ O-ს გამოსავლიანობა				
	Na ₃ AsS ₄ ·8H ₂ O		MX ₂ ·H ₂ O				n	გ	მოლი	%	
	გ	მოლი	M	X	Y	გ					მოლი
1	3,00	0,0072	Ag	NO ₃	-	3,94	0,0232	-	3,88	0,0067	98,45
2	3,00	0,0072	Zn	CH ₃ COO	2	2,50	0,0114	4	2,43	0,0036	94,34
3	3,00	0,0072	Cd	CH ₃ COO	2	3,05	0,0115	2	2,81	0,0036	93,67
4	3,00	0,0027	Hg	NO ₃	1	3,93	0,0115	2	3,63	0,0036	95,56

ცხრილი 2
 სინთეზირებულ ნაერთთა ქიმიური ანალიზის შედეგები

ნაპოვნია, %				ნაერთი	გამოთვლილია, %			
M	As	S	H ₂ O		M	As	S	H ₂ O
61,36	14,29	24,35	-	Ag ₃ AsS ₄	61,48	14,23	24,29	-
29,028	22,13	37,75	10,84	Zn ₃ (AsS ₄) ₂ ·4H ₂ O	29,11	22,25	37,96	10,68
43,42	19,08	32,58	42,92	Cd ₃ (AsS ₄) ₂ ·2H ₂ O	43,28	19,25	32,85	4,62
57,22	14,66	25,04	3,08	Hg ₃ (AsS ₄) ₂ ·2H ₂ O	57,65	14,37	24,53	3,45



სურ. 1. სინთეზირებულ ნაერთთა იწ სპექტრები:
 Ag₃AsS₄ (ა); Zn₃(AsS₄)₂·4H₂O (ბ);
 Cd₃(AsS₄)₂·2H₂O (გ); Hg₃(AsS₄)₂·2H₂O (დ)

მიღებული ნაერთების რენტგენოგრაფები თავისი ხასიათით უახლოვდებიან ბუნებრივი სულფომარილების (აიკინიტები, არგენტოპირიტები და სხვა) ანალოგებისათვის დამახასიათებელ რენტგენოგრაფებს.

გათვლებმა გვიჩვენეს, რომ მიღებული ნაერთები კრისტალებიან რომბულ სინგონიაში. ანალოგიურ ბუნებრივ ნაერთებთან შედარებით შეიძლება გამოისა-

მიღებულ თიონაერთებში კრისტალიზაციური წყლის არსებობა ვლინდება სუსტი 1630 სმ^{-1} $2\delta(\text{H}_2\text{O})$ და საკმაოდ ინტენსიური შთანთქმის ზოლებით $\nu(\text{OH})$ - ფართო - 3100 სმ^{-1} და 3530 სმ^{-1} უბნებში [3].

რენტგენოფაზური გამოკვლევის თანახმად (ცხრ. 3), წვრილკრისტალური მონოფაზური ნაერთები არ შეიცავენ გამოსავალ ნივთიერებებს მინარევის სახითაც კი. როგორც მოსალოდნელი იყო, ხელოვნურად

ხოს შემდეგი სიმეტრიის ჯგუფებით: Ag_3AsS_4 -თვის $D_{2n}^{15}-P_{cab}$; $Cd_3(AsS_4)_2 \cdot 2H_2O$ და $Zn_2(AsS_4)_2 \cdot 4H_2O - D_{2n}^{16}-P_{bnm}$; ხოლო $Hg_3(AsS_4)_2 \cdot 2H_2O$ -თვის $D_{2n}^{13}-P_{mnm}$.

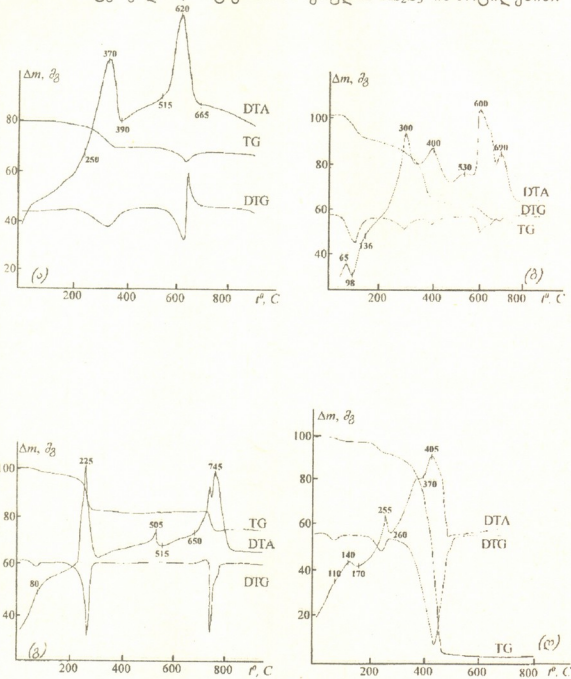
ცხრილი 3

სინთეზირებული ტეტრათიოარსენატების (V) რენტგენოფაზური გამოკვლევის შედეგები

Ag_3AsS_4			$Zn_3(AsS_4)_2 \cdot 4H_2O$			$Cd_3(AsS_4)_2 \cdot 2H_2O$			$Hg_3(AsS_4)_2 \cdot 2H_2O$		
I/I_0	$d, \text{Å}$	hkl	I/I_0	$d, \text{Å}$	hkl	I/I_0	$d, \text{Å}$	hkl	I/I_0	$d, \text{Å}$	hkl
20	7,50	011	30	7,68	011	20	5,644	111	20	7,628	100
20	6,67	110	20	6,65	110	20	5,352	002	10	4,457	011
25	5,717	111	15	5,91	111	30	4,811	020	20	3,814	200; 111
30	5,340	002	50	4,44	102	50	4,496	200	100	3,351	210
90	4,972	020	30	4,23	120	40	3,972	121	95	3,322	020
100	4,561	200	30	4,00	121	30	3,779	211	40	3,186	002
50	4,439	021	70	3,582	022; 003	80	3,542	022; 003	35	3,044	120
100	4,320	120	80	3,485	202	80	3,461	202	40	2,921	211; 021
100	4,065	210; 121	90	3,363	013	80	3,366	103	65	2,095	103
40	3,645	022; 003	90	3,344	103; 220	60	3,329	013; 122	20	1,953	113; 222
40	3,515	202	80	3,186	212	100	3,186	212; 220	50	1,753	411
30	3,427	103	100	3,162	221	80	3,132	221	15	1,446	430
50	3,326	013; 122	90	3,136	031	80	3,096	031	15	1,415	431; 403
50	3,271	212; 221	35	2,936	301	25	2,931	130	20	1,366	341
30	3,157	031	35	2,758	311; 123	25	2,850	310	20	1,330	050
30	3,038	300; 130	35	2,678	302	40	2,429	223			
40	2,865	301	30	2,50	321	50	2,058	224; 323			
60	2,831	311	20	2,28	322; 141	40	1,933				
60	2,614	302	35	2,22	330	40	1,898	403; 422			
100	2,574	320	20	2,14	331	50	1,877	340			
50	2,415	223	75	2,08	323; 402	45	1,76	342			
40	2,388	232	90	2,056	420; 332	50	1,74	404; 432			
40	2,085	224; 323	50	1,940	430						
30	2,058	420; 332	60	1,89	422; 340						
50	1,970	314; 304	75	1,758	432						
40	1,930	403; 340									
30	1,858	431									
40	1,730	404									
20	1,713	334									
$a = 9,122 \text{ Å}$			$a = 9,050 \text{ Å}$			$a = 8,992 \text{ Å}$			$a = 7,627 \text{ Å}$		
$b = 9,944 \text{ Å}$			$b = 9,699 \text{ Å}$			$b = 9,632 \text{ Å}$			$b = 6,644 \text{ Å}$		
$c = 10,68 \text{ Å}$			$c = 10,746 \text{ Å}$			$c = 10,704 \text{ Å}$			$c = 6,372 \text{ Å}$		

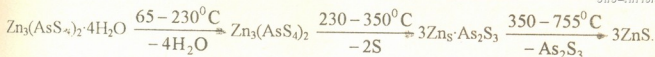


შევისწავლეთ ნაერთთა ქიმიური ქცევა გაბზრებისას (სურ. 2). თუთიისთიოზო-რილის (სურ. 2ბ) დაშლა იწყება კრისტალიზაციური წყლის მოცილებით, რაც DTA მრუდზე აისახება ძლიერი ენდოთერმული ეფექტით 60-230°C-ის ინტერვალში, მაქსიმუმით 100°C. ამ დროს ნიმუშის მასა კლებულობს 10,0%-ით, რასაც შეესაბამება 4 მოლი წყლის მოწყვეტა (თეორიული 10,68%). 230-350°C-ის ინტერვალში ნიმუში კარგავს თავისი მასის 8,7%-ს (თეორიული 9,4%), რაც გამოწვეული უნდა იყოს 2 მოლი გოგირდის მოცილებით. მასის შემდგომი კლება ხდება 350-755°C-ის ინტერვალში, რაც განპირობებულია As_2S_3 -ის მოცილებით.

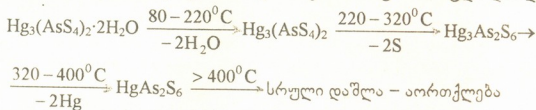


სურ.2. სინთეზირებულ ნაერთთა თერმოგრაფიკრამები: Ag_3As_4 (ა); $Zn_3(AsS_4)_2 \cdot 4H_2O$ (ბ); $Cd_3(AsS_4)_2 \cdot 2H_2O$ (გ); $Hg_3(AsS_4)_2 \cdot 2H_2O$ (დ)

ამრიგად ნიმუშის თერმული დაშლა შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სქემით:



უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთივე კანონზომიერება შეინიშნება კადმიუმისა და ვერცხლის (I) ტეტრათიოარსენატების (V) დაშლის შემთხვევაშიც, სრულიად განსხვავებული სქემით მიმდინარეობს ვერცხლისწყლის (II) ტეტრათიოარსენატის (V) დაშლა (სურ. 2დ). ნიმუშის დეჰიდრატაცია იწყება 80°C-ზე, რაც DTA მრუდზე აისახება ენდოთერმული ეფექტით 80-220°C-ის ინტერვალში მაქსიმუმით, 170°C-ზე. ამ ინტერვალში წონაკის მასა მცირდება 4,0%-ით, რაც შეესაბამება 2 მოლი წყლის მოცილებას (თეორიული - 3,4%). მასის შემდგომი კლება ხდება 220-320°C-ის ინტერვალშიც. აქ მასა მცირდება 6,0%-ით, რაც შეესაბამება 2 მოლი გოგირდის მოცილებას (თეორიულად 6,3%). 320-400°C-ის ინტერვალში კი მასა მცირდება 38,0%-ით, ეს კი გამოწვეულია 2 მოლი ვერცხლისწყლის მოცილებით (თეორიული 38,4%). 400°C-ზე ზევით მიმდინარეობს ნიმუშის სრული დაშლა:



ვერცხლის (I) ტეტრათიოარსენატის (V) სინთეზი. 3,94 გ ვერცხლის (I) ტეტრატის განზავებულ წყალხსნარს მუდმივი მორვეის პირობებში ოთახის ტემპერატურაზე დაუშობათ 3,00 გ ნატრიუმის ტეტრათიოარსენატი (V), გახსნილი 20 მლ წყალში. მაშინვე დაილექა შავი ფერის ნივთიერება. ნალექი დავაყოვნეთ დღე-ღამეობით. მეორე დღეს გავფილტრეთ, კარგად ჩავრეცხეთ ჯერ წყლით, ხოლო შემდეგ - სპირტით და გავაშრეთ P₂O₅-იან ექსიკატორში მუდმივი მასის მიღებამდე.

ანალოგიური გზით მოვახდინეთ სხვა ტეტრათიოარსენატების (V) სინთეზიც. სინთეზირებული ნაერთებიდან ვერცხლისა (I) და ვერცხლისწყლის (II) ტეტრათიოარსენატები (V) შავი ფერის ნივთიერებებია, კადმიუმის ტეტრათიოარსენატი (V) - მუქი ყვითელი, თუთიისა კი - ღია ყვითელი. ისინი არ იხსნებიან წყალში, სპირტსა და სხვა ორგანულ გამხსნელებში; არ იხსნებიან აგრეთვე ტუტეებშიც, გარდა თუთიის ტეტრათიოარსენატისა (V), ხოლო მათი მჟავათი (HCl, H₂SO₄) დამუშავებისას კი განიცდიან გარდაქმნას დარიშხანის (V) სულფიდის წარმოქმნით.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო

უნივერსიტეტი

ქუთაისის ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

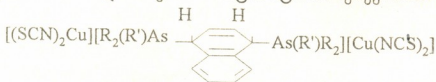
1. Руководство по неорганическому синтезу. Под ред Г. М. Брауера, 1985, Т. 2, С. 627.
2. P. P. Шагибуллин, С. В. Изосимова. Изв. АН СССР, Сер. Хим, №5, 1976, 1045-1048.
3. K. Nakamoto. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. М., 1966, 411 с.

ნ. როზაძე, მ. აბაშაძე, რ. ბიბაური

ბის [ტრიალკილ(არილ)არსონიუმ]-1,4-დიჰიდრონაფტალინების ტრიზოთიოციანოკოუპრატების (I) თერმოგრაფიული და რენტგენოგრაფიული გამოკვლევა

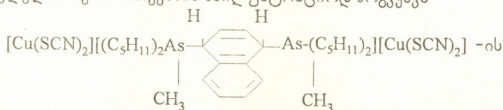
წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. ხანანაშვილმა 7.05.1997

წინა გამოკვლევაში [1] ჩვენს მიერ შესწავლილ იქნა ბის[ტრიალკილ(არილ)არსონიუმ]-1,4-დიჰიდრონაფტალინების დიოდიდების მოქმედება სპილენძის(I) როდანიდზე წყალხსნარებში ჭარბი კალიუმის როდანიდის თანაობისას. გამოირკვა, რომ ამ დროს თითქმის რაოდენობრივი გამოსავლიანობით მიიღება დარიშხან-შემცველი კათიონურ-ანიონური აციდოკომპლექსები, სადაც როდანო-ჯგუფი იმყოფება კომპლექსის შიდა სფეროში, ამასთან ბმა როდანო-ჯგუფსა და კომპლექს-წარმოქმნელს შორის მიმდინარეობს აზოტის ატომის მეშვეობით:

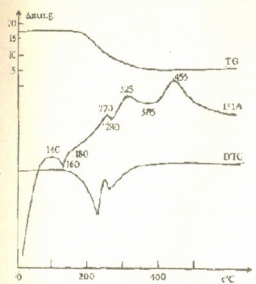


ვაგრძელებთ რა [2-4] არსონიუმის შემცველი კათიონურ-ანიონური კომპლექსების შესწავლას, წინამდებარე ნაშრომი ეძღვნება ბის[ტრიალკილ(არილ)არსონიუმ]-1,4-დიჰიდრონაფტალინების ტრიზოთიოციანოკოუპრატების(I) თერმოგრაფიულ და რენტგენოგრაფიულ გამოკვლევას.

საკვლევ ნივთიერებათა თერმოგრაფიული შესწავლით ვრწმუნდებით, რომ ნიმუშების თერმოლიზი თითქმის ერთტიპიურია მიუხედავად კათიონში ორგანულ რადიკალთა ფართო საზღვრებში ცვლილებისა. ეს ფაქტი, ალბათ, იმით უნდა აიხსნას, რომ ენერგეტიკული ბმების >As-C მკვეთრად არ უნდა განსხვავდებოდნენ კათიონში ალკილისა და არილის რადიკალების ცვლილებასთან დაკავშირებით. ამასთან, როგორც ირკვევა, As-C_{არო} ბმის ენერგია რიცხობრივად უნდა აღემატებოდეს As-C_{ალკ} ბმის ენერგიას. ამაზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ ნიმუშების მაღალ ტემპერატურებზე გაცხელებისას თერმოლიზს განიცდის და, უწინარეს ყოვლისა, სცილდება ალკილროდანიდი, მაშინ როდესაც არილის რადიკალი არსინის სახით უცვლელი რჩება. ნათქვამის საილუსტრაციოდ მოგვყავს



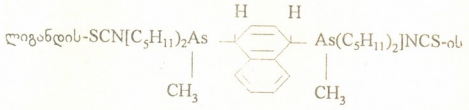
თერმოგრამა და თერმოგრაფიგრამა (სურ.).



სურ. ბის[მეთილდიამილარსონიუმ]-1,4-დიჰიდრონაფტალინის ტრიიზოთიოციანოკუპრატის(I) თერმოგრამა

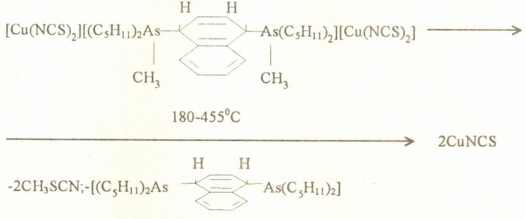
როგორც მოყვანილი მაგალითიდან ირკვევა, ბის[მეთილდიამილარსონიუმ]-1,4-დიჰიდრონაფტალინის ტრიიზოთიოციანოკუპრატის(I) თერმოლიზი რთულად მიმდინარე პროცესია და მოიცავს სამ ენდოთერმულ ეფექტს. ამასთან, პირველი ეფექტი შეინიშნება 140-180°C-ის ტემპერატურულ ინტერვალში, მაქსიმუმით 160°C-ზე. ამ დროს ადგილი არა აქვს მასის კლებას, რაც, უდაოდ, მიანიშნებს ნიმუშის ლობის ტემპერატურაზე (კაპილარული მეთოდით - $t_{დნ} = 160^{\circ}\text{C}$).

წონაკის მასის კლება იწყება 180°C-დან და ვრცელდება 455°C-მდე. ამ დროს ნიმუში კარგავს თავისი მასის 73,52%, რაც გამოწვეული უნდა იყოს





მოცილებით (თეორიული 74,36%). ეს უკანასკნელი, როგორც ყველა არსონიუმის მარილი, წარმოადგენს მყარ ნივთიერებას, რომელიც ხსენებულ ტემპერატურულ ინტერვალში უსათუოდ დაიშლება. თუ გავითვალისწინებთ As-Cალიფ. და As-C-რომ. ბმის ენერგიებს, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნიმუშს უწინარეს ყოვლისა მოსცილდება 2CH₃SCN, ხოლო შემდეგ ბისარსინი.

ამ ფაქტს ცალსახად ადასტურებს როგორც ორმაგი ეფექტი DTG მრუდზე 180-455°C-ის ინტერვალში, ისე ორი ენდოთერმული ეფექტი, რომლებიც კარგად ჩანს 270-325°C და 325-455°C-ის ტემპერატურულ ინტერვალებში. ყოველივე ზემოთქმულის გათვალისწინებით ბის[მეთილდიამილარსონიუმ]-1,4-დიჰიდრონაფტალინის ტრიიზოთიოციანოკუპრატის(I) თერმოლიზი შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სქემის მიხედვით:



ცხრილი
 სინთეზირებული ნაერთების რენტგენოფაზური გამოკვლევის შედეგები

					
I/I_0	$d, \text{Å}$	HKL	I/I_0	$d, \text{Å}$	HKL
100	7.87	001	60	7.87	001
10	6.79	200	45	7.38	200
10	5.63	030	10	0.56	212,130
20	5.21	130	10	5.956	030,021
15	4.80	211	30	5.372	201,121
20	4.382	310,221	45	5.118	211
20	4.332	230	50	4.680	310,221
15	4.280	040	100	4.440	040
60	4.040	140	40	4.382	320
75	3.912	002,301	30	4.182	301
10	3.748	041	30	3.952	002
5	3.668	112	25	3.867	330
10	3.519	330	20	4.708	400
10	3.493	122	15	3.493	202,150
30	3.420	400	45	3.427	212,331
5	3.302	150	50	3.200	151,222
10	3.221	331,222	40	3.109	421
30	3.109	401,051	25	3.070	341
15	3.079	411	20	3.020	232
10	2.885	042	10	2.760	332
8	2.835	060	25	2.710	242,161
10	2.734	500	25	2.690	441
5	2.657	003,061,440	10	2.504	070
10	2.600	013	15	2.500	252
15	2.564	501	25	2.477	600
10	2.529	113,511	20	2.368	601
15	2.429	070	20	2.309	303,442
30	2.398	170	15	2.214	180
20	2.338	223	15	2.139	403,081
10	2.270	600	25	2.103	560,710
20	2.250	610	20	2.080	612
8	2.127	080	20	2.014	462
8	2.080	403	25	1.980	004
15	2.024	423	15	1.898	660
30	1.963	004,560	12	1.877	282
15	1.869	443	12	1.824	363
10	1.841	091,224	12	1.740	409
10	1.800	304	12	1.729	414
15	1.784	314			
რომბული სინგონია			რომბული სინგონია		
$a=13.64 \text{ Å}$ $b=17.03 \text{ Å}$ $c=7.87 \text{ Å}$			$a=14.89 \text{ Å}$ $b=17.87 \text{ Å}$ $c=7.87 \text{ Å}$		

სინთეზირებულ ნივთიერებათა რენტგენოფაზური გამოკვლევის თანახმად, მიღებული წვრილკრისტალური მონოფაზური ნაერთები არ შეიცავს გამოსავალ ნივთიერებებს მინარევის სახითაც კი. ვახდენდით რა მიღებულ დიფრაქტომეტრულ ანალიზს (ცხრ.) და, ამასთანავე, მათ იდენტიფიკაციას ამერიკული კარტოთეკა ASTM-ის გამოყენებით, ვასკენით, რომ სინთეზირებული ნაერთები თავისი აღნაგობით უახლოვდება ორგანული მყავების მარილებს, რომლებიც კრისტალდებიან ტეტრაგონალურ, რომბულ და მონოკლინურ სინგონიაში. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ორგანული რადიკალის შემცველი კათიონის გართულებას თან სდევს ტეტრაგონალური სინგონიის შეცვლა რომბულით და მონოკლინურით. ამრიგად, ჩვენი კვლევის შედეგად დადგენილ იქნა ბის[ტრიალკილ(არილ)არსონიუმ]-1,4-დიჰიდრონაფტალინების ტრიზოთიოციანოკუპრატების(I) შედგენილობასტრუქტურა. ნაჩვენებია, რომ მათი თერმობიზი რთულად მიმდინარე პროცესია; მოწოდებულია თერმული დაშლის სააღბათო სქემა.

საკვლევ ნივთიერებათა რენტგენოფაზურ ანალიზს ვახდენდით რენტგენურ დიფრაქტომეტრზე DPOH-3M (CuK α -გამოსხივება; კვარცის მონოქრომატორი); რენტგენის მილის მუშაობის რეჟიმი: ძაბვა-25V, დენის ძალა - 15mA; ჩაწერის სიჩქარე - 2 გრად/წუთში. კვლევა ტარდებოდა კუთხეთა ინტერვალში $2\theta=10^{\circ}-60^{\circ}$. დიფრაქციული არეკვლის ფარდობითი ინტენსივობები განისაზღვრება მაქსიმუმების სიმაღლით.

თერმული ანალიზი ჩატარდა პაულიკ-პაულიკ-ერდეი სისტემის Q-1500D ტიპის დერივატოგრაფზე ჰაერის ატმოსფეროში, გახურების სიჩქარე 10 გრად/წუთში. ნიმუშს ვათავსებდით პლატინის ტიგელში. DTG-ს მგრძნობიარობა - 250, DTA-სი - 500mKV.

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა.

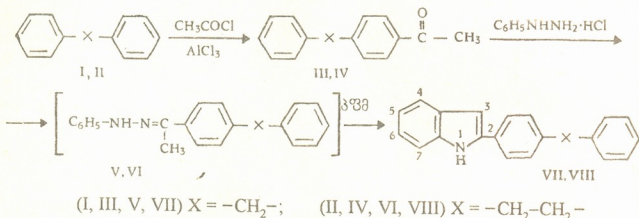
1. *Р. Д. Гигаури, Н. З. Робакидзе, М. А. Инджия, Е. С. Вачнадзе.* ЖОХ, 66, 1997.
2. *Р. Д. Гигаури, Э. П. Доксупуло и др.* Сообщ. АН ГССР, 115, 1, 1984, 77.
3. *Р. Д. Гигаури, М. А. Инджия и др.* Сообщ. АН ГССР, 95, 3, 1979, 605.
4. *Р. Д. Гигаури, Л. Н. Годершишвили и др.* Сообщ. АН ГССР, 99, 3, 1980, 605.

თ. ნარინდოშვილი, ი. ჩიკვაძე, შ. სამონია

2-(დიფენილმეთან-4-ილ) ინდოლისა და 2-(დიფენილმეთან-4-ილ) ინდოლის სინთეზი.

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. ხანანაშვილმა 13.03.1997

განხორციელებულია ინდოლის ბირთვის მე-2 მდგომარეობაში ორი ბენზოლის ბირთვის შემცველი არილური ჩამნაცვლებლის მქონე 2-(დიფენილმეთან-4-ილ) - ინდოლისა (VII) და 2-(დიფენილმეთან-4-ილ) ინდოლის (VIII) სინთეზი შემდეგი სქემის მიხედვით:

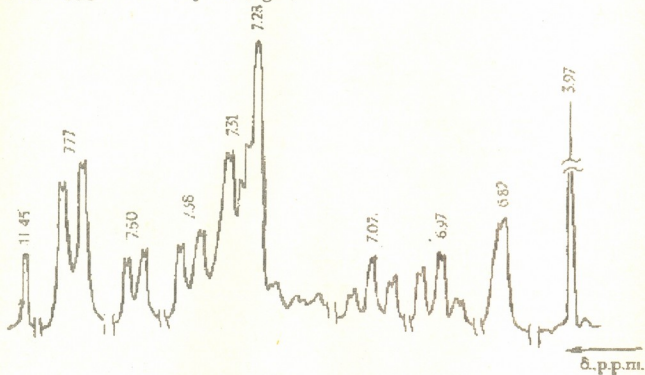


საწყის ნივთიერებებად გამოყენებულია დიფენილმეთანი და დიფენილმეთანი, რომელთა აცეტილირება ჩატარებულია აცეტილქლორიდით AlCl₃-ის თანაობისას 5-10°C ტემპერატურაზე აღწერილი მეთოდის მიხედვით [1]. 4-აცეტილდიფენილმეთანის (III) და 4-აცეტილდიფენილმეთანის (IV) გამოსავლიანობა შესაბამისად 47 და 60%-ია. ნაერთი (III) იდენტიფიცირებულია ლღობის ტემპერატურის შედარებით ლიტერატურულ მონაცემთან [2].

2-არილინდოლები (VII, VIII) მიიღება შესაბამისი კეტონების (III, IV) და ფენილჰიდრაზინის კონდენსაციითა და შემდგომი ინდოლიზაციით პოლიფოსფორმ-ჟავაში (პვმ) ერთ საფეხურად - შუალედური ჰიდრაზონების (V, VI) გამოყოფის გარეშე. ინდოლიზაციას ვატარებდით 100 და 110°C ტემპერატურაზე. მიღებულ პროდუქტებს ვასუფთავებდით ჰეპტანიდან გადაკრისტალვებით. ნაერთები (VII) და (VIII) მიიღება შესაბამისად 25 და 40% გამოსავლიანობით.

სინთეზირებული ნაერთების შედგენილობა და აღნაგობა დადგენილია ელემენტური ანალიზის, ინფრაწითელი (იწ), ულტრაიისფერი (უი) და ¹H ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის (ბ.მ.რ.) სპექტრების მონაცემების საფუძველზე. მაგ.: 2-(დიფენილმეთან-4-ილ) ინდოლის ¹H ბ.მ.რ. სპექტრში ინდოლის ბირთვის პროტონების სიგნალებს შორის ყველაზე სუსტ უბანში - ველის 7,50 მ.ე. შეიმჩნევა 4H პროტონის სიგნალი დუბლეტების დუბლეტის სახით. ანალოგიურ სიგნალს იძლევა 7H პროტონი (7,38 ვ.მ.ე.) შესაბამისი სპინ-სპინური ურთიერთქმედების კონსტან-

ტებით: $I_{46}=I_{57}=-1,16$; $I_{45}=I_{67}=8,11$ შც. იმავე სიდიდის სპინ-სპინური ურთიერთქმედების კონსტანტები შეიმჩნევა 5H და 6H პროტონების სიგნალებში, რომლებიც შესაბამისად ვლინდება ველის 6,97 და 7,07 მ.ე.-ის უბანში ორი დუბლეტების ტრიპლეტის სახით. ველის 6,82 მ.ე. უბანში ვლინდება 3H პროტონის დუბლეტური სიგნალი ($I_{13}=1,73$ შც). ველის 11,45 მ.ე.-ში არსებული სინგლეტური სიგნალი ეკუთვნის ინდოლურ NH-ის პროტონს. დიფენილმეთანის ზიდური CH_2 ჯგუფის სიგნალი სინგლეტის სახით ვლინდება ველის 3,97 მ.ე. უბანში. დიფენილმეთანის პირველი ბენზოლის ბირთვის პროტონები იძლევა პარადიჩანაცვლებული ბენზოლის ბირთვის პროტონებისათვის დამახასიათებელ ორ დუბლეტურ სიგნალს ველის 7,77 და 7,31 მ.ე.-ის უბანში ($I_{10}=8,11$ შც). უკანასკნელი სიგნალი ნაწილობრივ გადაფარულია მეორე ბენზოლის ბირთვის პროტონების სიგნალების შესაბამისი მულტიპლეტით (7,2-7,3 ვ.მ.ე.). (სურ.).



სურ. 2-(დიფენილმეთან - 4-ილ) ინდოლის 1H ბმრ სპექტრი დიმეთილსულფოქსიდში

ექსპერიმენტული ნაწილი. რეაქციის მსვლელობისა და ნაერთთა სისუფთავის კონტროლს, აგრეთვე R-ის მნიშვნელობების განსაზღვრას ვაწარმოებდით Si-lufol UV-254 ფირფიტებზე. იწ სპექტრები გადაღებულია ვაზელინის ზეთში UR-20-ზე, უი სპექტრები - სპექტროფოტომეტრზე - "Specord" - ეთანოლში, ბმრ-სპექტრები - სპექტროფოტომეტრზე WH-250 (250 მშც) "Bruker", შინაგანი სტანდარტი ტეტრამეთილსილანი.

4 - აცეტილდიფენილმეთანი (III). 27 გ (160 მმოლი) დიფენილმეთანის (I) ხსნარს 100 მლ მშრალ ბენზოლში უმატებენ 37 გ (270 მმოლი) $AlCl_3$ -ს და წვეთობით 19,5 მლ (250 მმოლი) აცეტილქლორიდს $5-10^\circ C$ ტემპერატურაზე 30 წთ-ის განმავლობაში. სარეაქციო ნარევეს ურევვენ 2 სთ-ს, აყოვნებენ 20 სთ-ს და ასხამენ 75 გ ყინულზე, ამატებენ 25 მლ HCl-ს და ამორებენ ორგანულ ფენას. წყალხსნარს წვლილავენ ბენზოლით (3x15 მლ). ექსტრაქტს რეცხავენ წყლით და ამრობენ უწყ-



ლო CaCl_2 -ით. აცილებენ გამხსნელს და გამოხდიან $150-176^\circ\text{C}$ ($7-8$ მმ.ვ.წ სვ.), შირი
 ლება 15 გ (47%) ნაერთი (III) ყვითელი კრისტალები. ლღ. ტ. $39-40^\circ\text{C}$ (ლიტ. მონაც.
 39°C [2]), $R_f 0,54$ (ჰექსანი - ეთერი, $10:1$).

4 - აცეტილდიფენილეთანი (IV). ლეხულობენ III ნაერთისათვის აღწერილი
 მეთოდის მიხედვით. 29 გ (160 მმოლი) დიფენილეთანიდან (II). აკრისტალებენ
 იზოპროპილის სპირტი-წყალი $1:1$ ნარევიდან. გამოსავლიანობა $20,3$ გ (66%).
 უფერო კრისტალები, ლღ. ტ. $60-61^\circ\text{C}$, $R_f 0,32$ (ჰექსანი-ეთერი, $10:1$). იწ სპექტრი,
 $\text{სმ}^{-1}: 1675/\text{C}=0$. ნაპოვნია, $\%:\text{C } 85,6; \text{H } 7,2. \text{C}_{16}\text{H}_{16}\text{O}$. გამოთვლილია, $\%:\text{C } 85,7;$
 $\text{H } 7,1$.

2-(დიფენილმეთან - 4-ილ) ინდოლი (VII). $2,1$ გ (10 მმოლი) კეტონის (III), $1,59$ გ
 (II მმოლი) ფენილჰიდრაზინის ჰიდროქლორიდს და 40 გ პოლიფოსფორმეტას ნა-
 რევს აცხელებენ 100°C -ზე 25 წთ-ის განმავლობაში, მუდმივი მორევის პირობებ-
 ში. აცივებენ და წვრილი ქავლით ასხამენ 150 მლ ცივ წყალში. ამოყოფილ კრის-
 ტალებს ფილტრავენ, რეცხავენ წყლით და აშრობენ. აკრისტალებენ ჰექსანიდან.
 გამოსავლიანობა $0,7$ გ (25%), უფერო კრისტალები. ლღ. ტ. $151-152^\circ\text{C}$, $R_f 0,38$
 (ჰექსანი - ეთერი, $12:1$). იწ სპექტრი, $\text{სმ}^{-1}: 3425$ (NH), უი სპექტრი, λ_{max} , ნმ (Ige):
 $214(4,48); 247(4,28); 315(4,42)$. ნაპოვნია, $\%:\text{C } 89,1; \text{H } 6,1; \text{N } 4,8. \text{C}_{21}\text{H}_{17}\text{N}$. გამოთვ-
 ლილია, $\%:\text{C } 89,0; \text{H } 6,0; \text{N } 4,9$.

2 - (დიფენილმეთან - 4-ილ) ინდოლი (VIII). $2,24$ გ (10 მმოლი) კეტონის
 (IV), $1,59$ გ (II მმოლი) ფენილჰიდრაზინის ჰიდროქლორიდის და 40 გ პფმ-ას ნა-
 რევს აცხელებენ 100°C -ზე 30 წუთის განმავლობაში მუდმივი მორევის პირობებ-
 ში, აცივებენ და წვრილი ქავლით ასხამენ 150 მლ ცივ წყალში. გამოყოფილ კრის-
 ტალებს ფილტრავენ, რეცხავენ წყლით და აშრობენ. აკრისტალებენ ჰექსანიდან.
 გამოსავლიანობა $1,13$ გ (38%), უფერო კრისტალები. ლღ. ტ. $204-205^\circ\text{C}$, $R_f 0,31$
 (ჰექსანი:ეთერი, $12:1$). იწ სპექტრი, $\text{სმ}^{-1}: 3452$ (NH). უი სპექტრი, λ_{max} ,
 ნმ (Ige): $210(4,40); 247(4,18); 315(4,30)$. ნაპოვნია, $\%:\text{C } 88,8; \text{H } 6,4; \text{N } 4,8. \text{C}_{22}\text{H}_{19}$. გა-
 მოთვლილია, $\%:\text{C } 88,9; \text{H } 6,4; \text{N } 4,7$.

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო
 უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

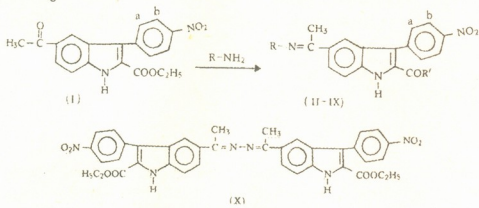
1. *A. E. Agonimov, Ю. С. Шабаров.* Лабораторные работы в органическом практикуме. М., 1971, 147.
2. Beilstein, vierte auflage. Bd. 7, 1925, 449.

ი. ჩიკვაძე, შ. სამსონია, ნ. ნარიშკინიძე

2-ეთოქსიკარბონილ-3-პ-ნიტროფენილ-5-აცეტილინდოლის ურთიერთქმედება აზოტ შემცველ ნაერთებთან

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. ხახანაშვილმა 5.07.1997

ჩვენ მიერ აღრე სინთეზირებული [1] 2-ეთოქსიკარბონილ-3-პ-ნიტროფენილ-5-აცეტილინდოლი (I) სამ ფუნქციონალურ ჯგუფს შეიცავს, რაც ინდოლის ახალი, ბიოლოგიურად აქტიური წარმოებულების სინთეზის ფართო პერსპექტივას ქმნის. წინამდებარე სამუშაოს მიზანია ამ ნაერთის აცეტილის ჯგუფის კონდენსაციის რეაქციების შესწავლა. ჩატარებულია (I) ნივთიერების რეაქციები პირველად ამინებთან და ჰიდრაზინებთან:



(II) R=OH; (III-IV) R=NH₂; (V) R=NH-CO ;

(VI) R=NH-C₆H₅; (VII) R=NH-C₆H₄-NO₂ (3); (VIII) R=C₆H₅;

(IX) R=C₆H₄-SO₂-NH₂ (3); (II, III, V-IX) R'=OC₂H₅;

(IV) R'=NH-NH₂

(I) ნაერთის აცეტილის ჯგუფი ადვილად რეაგირებს პირველად ამინებსა და ჰიდრაზინებთან ოთახის ტემპერატურაზე დიოქსანის არეში, 1-2 წვეთი ძმარმჟავას თანაობისას. (II-IX) ნაერთები მიღებულია მაღალი გამოსავლიანობით.

ჰიდრაზინჰიდრატიან ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება სამი პროდუქტი — (III), (IV) და (X). რეაქციის მიმართულება დამოკიდებულია რეაგენტების ერთმანეთთან შერევის თანმიმდევრობასა და მათ მოლურ თანფარდობაზე. მაგ.: ჰიდრაზინ-ჰიდრატიან და 1-2 წვეთი ძმარმჟავას დიოქსანსნარზე (I) ნივთიერების ეკვიმოლური რაოდენობით დამატებისას წარმოიქმნება მხოლოდ (III) ჰიდრაზონი, ხოლო თუ (I) ნივთიერების დიოქსანსნარს წვეთწვეთობით დამატება ჰიდრაზინ-ჰიდრატი — მიიღება ორი ინდოლური ფრაგმენტის შემცველი სიმეტრიული აზინი (X); რეაგენტების სწრაფი შერევისას წარმოიქმნება ნარევი, რომელიც ძირითადად (III) ჰიდრაზონს შეიცავს. ჭარბ ჰიდრაზინ ჰიდრატი (I) ნივთიერების დუღებისას ამ რეაქციის პარალელურად მიმდინარეობს რთულეთერული ჯგუფის ჰიდრაზინოლიზი, რის შედეგადაც მიიღება ჰიდრაზიდი (IV).

სინთეზირებული ნაერთების შედგენილობა და აღნაგობა დადგენილია ელემენტური ანალიზისა და სპექტრული მონაცემების საფუძველზე.



2-ეთოქსიკარბონილ-3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლის ოქსიდი(II): 0,35 გ (1 მმოლი) 2-ეთოქსიკარბონილ-3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლის(I) ხსნარს 100 მლ ეთანოლში უმატებენ 1 გ (15 მმოლი) ჰიდროქსილამინის ჰიდროქლორიდს და ოთხი საათის განმავლობაში მოურევნად ოთახის ტემპერატურაზე. 24 საათით დაყოვნების შემდეგ გამხსნელს აორთქლებენ 30 მლ-მდე, გამოყოფილ უფერო კრისტალებს ფილტრავენ და ასუფთავებენ სვეტზე R_f 0,48 (ბენზოლი-ეთერი, 1:1). გამოსავლიანობა 0,25 გ (67,6%) ლ. ტ. 257-258°C. იწ-სპექტრი, ν , cm^{-1} : 1340, 1530 (NO_2); 1600 ($\text{C}=\text{N}$); 1660, 1700 (CO); 3240-3400 (ფართო ზოლი NH და OH). უი-სპექტრი, λ_{max} , ნმ (lgE): 206(4,3); 270(4,6); 330(3,0). ნაპოვნია, %: C 61,8; H 4,52; N 11,6. M^+ 367 $\text{C}_{19}\text{H}_{17}\text{N}_3\text{O}_5$ გამოთვლილია, %: C 62,1; H 4,6; N 11,4, M 367.

2-ეთოქსიკარბონილ-3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლის ჰიდრაზონი(III): 0,5 მლ (12 მმოლი) ჰიდრაზინ-ჰიდრატის ხსნარს 10 მლ დიოქსანში უმატებენ 0,35 გ (1 მმოლი) ინდოლის წარმოებულის (I) და 1-2 წვეთი ძმარმჟავას ხსნარს 50 მლ დიოქსანში, ურევნად ოთახის ტემპერატურაზე 3-4 საათის განმავლობაში, აყოვნებენ 24 საათს. გამოყოფილ ყვითელი ფერის კრისტალებს ფილტრავენ, რეცხავენ წყლით ნეიტრალურ რეაქციამდე და აშრობენ. გამოსავლიანობა 0,26 გ (71%). ლ. ტ. 190-192°C. R_f 0,8 (ეთანოლი-ამიაკი, 3:1); იწ-სპექტრი, ν , cm^{-1} : 1370, 1540(NO_2); 1635($\text{C}=\text{N}$); 1690, 1710(CO); 3370-3400 (NH) უი-სპექტრი, λ_{max} , ნმ (lgE); 208(4,3); 266 (4,6) ნაპოვნია, %: C 62,5; H 4,6; N 15,6. $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{N}_4\text{O}_4$ გამოთვლილია, %: C 62,3; H 4,9; N 15,3.

2-ჰიდრაზინოკარბონილ-3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლის ჰიდრაზონი(IV): 0,35 გ (1 მმოლი) ინდოლის წარმოებულის (I) და 50 მლ ჰიდრაზინ-ჰიდრატის ნარევეს ადუღებენ 3 საათის განმავლობაში. აციებენ და ანზავებენ წყლით (~ 150 მლ), გამოყოფილ ნალექს ფილტრავენ, რეცხავენ წყლით ნეიტრალურ რეაქციამდე და აშრობენ. გამოსავლიანობა 0,27 გ (76%). ლ. ტ. 194-197°C. R_f 0,5 (სპირტი-ამიაკი, 6:1). იწ-სპექტრი, ν , cm^{-1} : 1350, 1530 (NO_2); 1630 ($\text{C}=\text{N}$), 1680 (CO); 3280, 3310, 3400 (NH). უი-სპექტრი, λ_{max} , ნმ (lgE): 210(4,8); 267(4,9), ნაპოვნია, %: C 58,1; H 4,6; N 24,2. M^+ 352. $\text{C}_{17}\text{H}_{16}\text{N}_6\text{O}_3$ გამოთვლილია, % C 57, 9; H 4,5; N 23,9. M 352.

2-ეთოქსიკარბონილ-3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლის იზონიკოტინოილჰიდრაზიდი(V): 0,35 გ (1 მმოლი) ინდოლის წარმოებულის (I), 0,14 გ (1 მმოლი) იზონიკოტინოილჰიდრაზიდის და ნატრიუმის აცეტატის რამდენიმე კრისტალის ხსნარს 50 მლ დიოქსანში ურევნად 6 საათის განმავლობაში. 24 საათით დაყოვნების შემდეგ ანზავებენ წყლით (~ 50 მლ), გამოყოფილ ნალექს ფილტრავენ, რეცხავენ წყლით და აშრობენ. გამოსავლიანობა 0,35 გ (74%). ლ. ტ. 235-237°C R_f 0,72 (ბენზოლი). იწ-სპექტრი, ν , cm^{-1} : 1340, 1530 (NO_2); 1640 ($\text{C}=\text{N}$); 1685, 1710 (CO); 3310, 3340 (NH). უი-სპექტრი, λ_{max} , ნმ (lgE): 209(4,3); 255(4,8); 330(3,6). ნაპოვნია, %: C 64,3; H 4,5; N 15,4. $\text{C}_{25}\text{H}_{21}\text{N}_5\text{O}_5$ გამოთვლილია, %: C 63,7; H 4,6; N 14,9.

2-ეთოქსიკარბონილ-3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლის ფენილ-ჰიდრაზონი(VI): იღებენ (III) ნაერთის ანალოგიურად 1,8 გ (5 მმოლი) ინდოლის

წარმოებულისა (I) და 6 მლ ფენილჰიდრაზინისაგან. გამოსავლიანობა 1,8 გ (81%). ლ. ტ. 247-248°C. R_f 0,6 (ბენზოლი-ეთერი, 2:3). იწ-სპექტრი, ν , cm^{-1} : 1365, 1530 (NO_2) 1620 ($\text{C}=\text{N}$); 1700, 1710 (CO); 3350, 3390 (NH). უი-სპექტრი, λ_{max} , nm ($\text{lg}\epsilon$): 201(4,5); 261(4,9); 303(3,9). ნაპოვნია, %: C 68,0; H 4,6; N 12,4. $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{N}_4\text{O}_4$ გამოთვლილია, % C 67,8; H 5,0; N 12,7.

2-ეთოქსიკარბონილ-3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლის პ-ნიტროფენილჰიდრაზონი (VII): იღებენ (III) ნაერთის ანალოგიურად 0,35 გ (1 მმოლი) ინდოლის წარმოებულისა (I) და 0,16 გ (1 მმოლი) პ-ნიტროფენილჰიდრაზინისაგან. გამოსავლიანობა 0,37 გ (72%). ლ. ტ. 210-212°C. R_f 0,6 (ეთერი- CCl_4 3:1). იწ-სპექტრი, ν , cm^{-1} : 1340, 1560 (NO_2); 1650 ($\text{C}=\text{N}$); 1710 (CO); 3200-3300 (NH). უი-სპექტრი, λ_{max} , nm ($\text{lg}\epsilon$): 207(4,1); 263(4,2); 340(3,8). ნაპოვნია, %: C 61,4; H 4,4; N 14,6. $\text{C}_{25}\text{H}_{21}\text{N}_5\text{O}_6$ გამოთვლილია, %: C 61,6; H 4,3; N 14,4.

2-ეთოქსიკარბონილ-3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლის ანილიდი (VIII): 0,35 გ (1 მმოლი) ინდოლის წარმოებულის (I) ხსნარს 50 მლ დიოქსანში უმატებენ 0,1 მლ (1 მმოლი) ახლად გამოხდილ ანილინს და ურევენ ოთახის ტემპურატურაზე 1 საათის განმავლობაში. გამოყოფილ ნალექს ფილტრავენ, ჩარეცხავენ ჰექსანით (3x15 მლ) და აშრობენ. გამოსავლიანობა 0,29 (67%). ლ. ტ. 260-262°C R_f 0,56 (ტოლუოლი). იწ-სპექტრი, ν , cm^{-1} : 1350, 1540 (NO_2); 1640 ($\text{C}=\text{N}$); 1700 (CO); 3200 (NH). უი-სპექტრი, λ_{max} , nm ($\text{lg}\epsilon$): 206(4,3); 253(4,7). ნაპოვნია, %: C 70,3; H 5,5; N 10,3. $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{N}_3\text{O}_4$ გამოთვლილია, %: C 70, 1; H 5,1; N 9,8.

2-ეთოქსიკარბონილ-3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლის პ-სულფამიდოანილიდი (IX): იღებენ (VIII) ნაერთის ანალოგიურად 0,35 გ (1 მმოლი) ინდოლის წარმოებულისა (I) და 0,17 გ პ-ნიტროსულფამიდოანილინისაგან. გამოსავლიანობა 0,44 გ (87%). ლ. ტ. 239-241°C. R_f 0,62 (ბენზოლი). უი-სპექტრი, λ_{max} , nm ($\text{lg}\epsilon$): 206(4,3); 256(4,6). ნაპოვნია, %: C 59,8; H 4,5; N 10,9. $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{N}_4\text{SO}_6$ გამოთვლილია, %: C 59,8; H 4,3; N 11,1.

2-ეთოქსიკარბონილ-3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლის აზინი (X): 0,35 გ (1 მმოლი) ინდოლის წარმოებულისა (I) და 1-2 წვეთი ძმარმჟავას ხსნარს 50 მლ დიოქსანში 1 საათის განმავლობაში მუდმივი მორევის პირობებში წვეთობით უმატებენ 0,5 მლ. ჰიდრაზინჰიდრატის ხსნარს 10 მლ დიოქსანში და ურევენ 2 საათის განმავლობაში. გამოყოფილ ნალექს ფილტრავენ, ჩარეცხავენ ნეიტრალურ რეაქტივამდე და აშრობენ. გამოსავლიანობა 0,3 გ (86%). ლ. ტ. 212-215°C R_f 0,33 (ეთანოლი-ამიაკი, 3:1). იწ-სპექტრი, ν , cm^{-1} : 1365, 1540 (NO_2); 1640 ($\text{C}=\text{N}$), 1690, 1705 (CO); 3360-3390 (NH). უი-სპექტრი, λ_{max} , nm ($\text{lg}\epsilon$): 206 (4,3); 260(4,5); 282(3,9). ნაპოვნია, %: C 65,9; H 4,9; N 11,7. $\text{C}_{38}\text{H}_{32}\text{N}_6\text{O}_8$ გამოთვლილია, %: C 65,1; H 4,6; N 12,0.

ივ. ჭავჭავაძის სახ. თბილისის სახელმწიფო
 უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. И. Ш. Чиквадзе, Н. О. Нариманидзе, Ш. А. Самсоия и др. ХГС, N9 (315), 1993, 1194-1199.



შ. ბაღვაანიშვილი, ზ. მუნირი, ბ. ცაბარაიშვილი (საკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

მედიტ აქტივირებაშლი წვით სინთეზი W-Si სისტემაში

წარმოდგენილია 12.05.1997

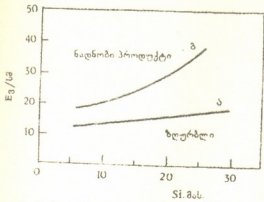
ვოლფრამის სილიციდები W_5Si_3 და WSi_2 საინტერესო მასალას წარმოადგენს სხვადასხვა გამოყენების თვალსაზრისით. ისინი მიიღება ცხელი წნეხვით, ლაზე-რული დასხივებით, მექანიკური შედნობით და სხვა მეთოდებით. არსად არის მოხ-სენებული გამოკვლევა ვოლფრამის სილიციდების სინთეზისათვის თვითგავრცე-ლებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის (თმს) მეთოდის გამოყენების შესახებ. ნაწილობრივ ამის მიზეზია ამ სილიციდების შედარებით დაბალი ადიაბატური წვის ტემპერატურა T_a . W_5Si_3 და WSi_2 -თვის T_a არის შესაბამისად 954 და 1459K. ემპირიული განსაზღვრის თანახმად კი მასალების სინთეზი, რომელთა $T_a \leq 1800K$, შეუძლებელია თმს მეთოდით.

ენერგეტიკულად არახელსაყრელი სისტემების სინთეზისათვის ახლახან დამუ-შავებულ იქნა ახალი მეთოდი. იგი მდგომარეობს თმს პროცესის აქტივაციაში ელექტრული ველის გამოყენებით. ნიმუშის განივად მოდებული გარე ელექტრუ-ლი ველის გამოყენების შედეგად, აალება იწვევს წვის ტალღის წარმოქმნას და გავრცელებას რეაქციაში შემავალ სისტემებში, სადაც ჩვეულებრივ პირობებში ასეთი ტალღა არ ვრცელდება. ეს მეთოდი, რომელსაც ეწოდა ველით აქტივირე-ბული წვით სინთეზი (პაწწ) წარმატებით იქნა გამოყენებული სხვადასხვა მასალის დასამზადებლად, მათ შორის SiC, TaC, $MoSi_2-Nb$, B_4C-TiB_2 და სხვა.

წინამდებარე სტატიაში მოხსენებულია ვოლფრამისა და სილიციუმის შორის ვე-ლით აქტივირებული წვით სინთეზის რეაქციის გამოკვლევის შედეგები Si-ის 6-30 წონითი%-ის შემადგენლობის ფარგლებში.

ამ გამოკვლევებში გამოყენებული იყო ვოლფრამის (99,9% სისუფთავის, <3 მკმ) და სილიციუმის (99,5% სისუფთავის, <44 მკმ) ფხვნილები. ფხვნილების მშრალ მდგომარეობაში შერევისა და ცივი დაწნების შედეგად ყალიბდებოდა კუბური ფორმის აბები. ნიმუშები თავსდებოდა გრაფიტის წყვილ ელექტროდს შორის, რომლებზეც განივად მოდებული იყო ძაბვა. წვის დაწყების მიზნით ნიმუშის ერთ ბოლოსთან თავსდებოდა ვოლფრამის გამახურებელი კოქა. ექსპერიმენტები სრულდებოდა ფოლადის კამერაში არგონის 1 ატმოსფეროს წნევის ქვეშ. რეაქცი-ის პროდუქტების დადგენა ხდებოდა რენტგენის სხივების დიფრაქციის ანალიზის შედეგად.

ველის არარსებობისას რამდენიმე წუთის განმავლობაში აალების წყაროს აქ-ტივაცია არ იწვევს წვის ტალღას ან რაიმე რეაქციის ნიშანს გახურების ზონის გა-რეთ. ელექტრული ველის არსებობისას კი აალების წყაროს აქტივაცია იწვევს თვითშენარჩუნებად ტალღას იმ შემთხვევაში, თუ ველის დაძაბულობა აღემატება მინიმალურ სიდიდეს (სურ. 1. წირი „ა“). ველის დაძაბულობის ზღვრული სიდიდე შემადგენლობაზე დამოკიდებული. ზედა „ბ“ წირი აღწერს ველს, როდესაც წვის სინთეზის პროდუქტი წვის ტემპერატურაზე გამდნარ ფაზაში იმყოფება. ამრიგად,



სურ. 1. ზღვრული ველისა და პროდუქტის გაღობისთვის საჭირო ველის სიდიდის დამოკიდებულება შედგენილობისაგან

სურ. წირი „ა“-ს ზღვრული სიდიდეების უშუალოდ ზემოთ მდებარე მდგომარეობებს შეესაბამებოდა. ექსპერიმენტების მეორე ჯგუფი კი კეთდებოდა ველის ისეთი დაძაბულობებისას, რომელიც იმავე ნახაზის „ბ“ წირის შესაბამისი სიდიდეების უშუალოდ ზედა მნიშვნელობებს შეესაბამებოდა. ველის ეს სიდიდეები ამის შემდეგ მოხსენიებული იქნება როგორც დაბალი და მაღალი. წვის ექსპერიმენტების ორი სერიის პროდუქტების რენტგენის სხივებით დიფრაქციის ანალიზი შესაბამისად ნაჩვენებია მე-2-3 სურათებზე. მე-2 სურათზე (დაბალი ველი) Si-ის 6-დან 10 წონით%-მდე შემადგენლობისას პროდუქტი შეიცავს რეაქციაში არშესულ W, როგორც ძირითად ფაზას და WSi_2 და W_5Si_3 უფრო მცირე რაოდენობებს. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ნარევეები შეესაბამება Si-ის 23,4 და 8,4 წონით% შემადგენლობებს, შესაბამისად. W-Si-ის ფაზური დიაგრამის თანახმად, Si-ის დაბალი შემცველობისას მოსალოდნელია W_5Si_3 სილიციდის ფორმირება. 9 წონითი % (უახლოესია 8,4 წონით% სიდიდესთან, რომელიც შეესაბამება W_5Si_3 -ს) შესაბამისი დიფრაქციული მაქსიმუმები შეიცავს ამ ფაზის მხოლოდ მცირე რაოდენობებს. მეორე სილიციდი WSi_2 წარმოდგენილია უფრო დიდი რაოდენობებით. Si-ის შემცველობის გაზრდისას W-ს მაქსიმუმი მცირდება (უეცრად 15 და 23 წონით% შორის) და 23 წონითი%-ის Si-სას პროდუქტი უპირატესად WSi_2 -ია. W-ს მცირე რაოდენობით. როდესაც Si-ის შემადგენლობა აღწევს 26 წონით%, რენტგენის სხივებით გამოკვლევის შედეგები აჩვენებს მხოლოდ WSi_2 -ის არსებობას. სილიციუმის რაოდენობის შემდგომი ზრდა იძლევა პროდუქტს WSi_2 , რომელიც შეიცავს Si-ის მცირე რაოდენობებს, რაც შეიძლება შემჩნეულ იქნეს Si-ის 27 და 30 წონითი% შესაბამისი მაქსიმუმების მიხედვით. მაშასადამე, დაბალი ველის პირობებში ველით აქტივაციის საშუალებით შესაძლებელია WSi_2 -ის სინთეზი, წინააღმდეგ W_5Si_3 -ის ფაზის შემთხვევისა.

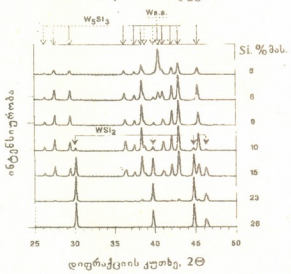
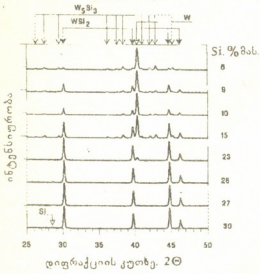
ზემოთ აღნიშნულის საწინააღმდეგოდ, მაღალი ველის გამოყენებისას სილიციდის ფორმირების მექანიზმი შესაძლებელია იცვლება (სურ. 3) Si-ის 6 წონითი% შემადგენლობისას პროდუქტი შეიცავს რეაქციაში არშესული W-ს დიდ რაოდენობებს (Si-ის და W-ს მყარი ხსნარის სახით) და W_5Si_3 -ის მნიშვნელოვან რაოდენობებს. დაბალი ველის შემთხვევაში კი, სურ. 2, პირიქით, არავითარი WSi_2 არ არ-

„ა“ წირის ქვემოთ ვერ წარმოიქმნება თვით-გავრცელებადი ტალღა, „ა“ და „ბ“ წირებს შორის პროდუქტი აგლომერირებულ ფხვნილს წარმოადგენს, ხოლო „ბ“ წირის ზემოთ კი, პროდუქტი გამყარებული ნაღობია.

ვოლფრამის სილიციდების წარმოქმნის მექანიზმზე ველის გავლენის კვლევა რენტგენის სხივების დიფრაქციის ანალიზის საშუალებით ხდებოდა. დიფრაქციული მაქსიმუმები მიიღებოდა Si-ის 6-დან 30 წონით%-მდე შემადგენლობებისათვის ველის ორი განსხვავებული რეჟიმის დროს. ექსპერიმენტების ერთი სერია სრულდებოდა ისეთი ველისას, რომელიც 1



სებობს. Si-ის შემადგენლობის ზრდისას 6-დან 9 წონით%-მდე, რეაქციაში არმესული W-ს შესაბამისი მაქსიმუმი ქრება. Si-ის 9 წონით% შედგენილობისას პროდუქტის 100%-ს წარმოადგენს W_5Si_3 . აღნიშნავთ, რომ ამ ფაზის ფორმირება, რაც ნაწინასწარმეტყველები იყო წონასწორობის დიაგრამით, შეუძლებელი იყო დაბალი ველის გამოყენებისას. Si-ის შემადგენლობის შემდგომი ზრდის დროს სილიციდების ფარდობითი სიუხვე გადაინაცვლებს WSi_2 -კენ და საბოლოოდ, Si-ის 26 წონითი% შედგენილობისას პროდუქტის 100%-ს WSi_2 წარმოადგენს.



სურ. 2. ელექტრული ველის დაბალი ძაბვისას სინთეზირებული W-Si ნიმუშის რენტგენული დიფრაქტოგრამა

სურ. 3. ელექტრული ველის მაღალი ძაბვისას სინთეზირებული W-Si ნიმუშის რენტგენული დიფრაქტოგრამა

მე-2-3 სურათების შედარება გვიჩვენებს, რომ ვოლფრამის სილიციდების ფორმირება ძლიერ არის დამოკიდებული ველის დაძაბულობაზე. დაბალი ველის (13-18 ვ/სმ) გავლენით W-Si ფაზური დიაგრამით გათვალისწინებული შედგენილობის არეში არ ხდება W_5Si_3 -ის ფაზის ფორმირება (უმნიშვნელო რაოდენობათა გარდა). პირიქით, მაღალი ველის (18-40 ვ/სმ) გავლენის შედეგად ხდება W_5Si_3 -ის ფორმირება როგორც ერთადერთი ფაზისა შესაბამისი შედგენილობის შესატყვის პროდუქტში. თუმცა, სილიციდი WSi_2 შეიძლება სინთეზირებულ იქნეს ველით აქტივაციის შედეგად როგორც დაბალი, ისე მაღალი ველის მნიშვნელობებისას.

ის ფაქტი, რომ არ ხდება W_5Si_3 -ის ფორმირება, როდესაც გამოყენებული ველი დაბალია, მაგრამ იგი ფორმირდება მაღალი ველის მოდებისას, ეტყობა, დამოკიდებული უნდა იყოს წვის ტემპერატურის მიმართ ველის მოქმედებაზე. როგორც ადრე იყო მითითებული, მაღალი ველზე იწვევდა პროდუქტის ლღობას, მაშინ როცა დაბალი ველის პირობებში პროდუქტი წარმოადგენდა აგლომერირებულ ფხვნილს. ვფიქრობთ, რომ თხევად ფაზაში უფრო მაღალი დიფუზიის კოეფიციენტი განაპირობებს W_5Si_3 -ის ფორმირებას მაღალი ველის გამოყენების პირობებში. ფართოდ არის მიღებული აზრი იმის შესახებ, რომ მის რეაქციებში სითხის არსებობის შემთხვევაში ფაზის ფორმირების მექანიზმი უახლოვდება წონასწორობის დიაგრამას. დაკვირვებები, რომლებიც ეხებოდა W_5Si_3 -ს ამ ნაშრომში, ამას ადასტურებს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ფ. თვაძის სახელობის მეტალურგიის ინსტიტუტი

კალიფორნიის უნივერსიტეტი,
დევისი, აშშ



3. ენბელჰარდტი, ნ. შაჟულაშვილი

მიცვლარული ელექტროკინეტიკური ქრომატოგრაფიით
ულტრაიისფერი დეტექტირებით კატექოლამინების დაყოფა გა-
თი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ანალიზისთვის

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. ოკუჯავამ 21.07.1997

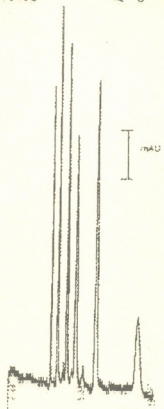
კატექოლამინების რაოდენობრივ და ხარისხობრივ ანალიზს რიგ სნეულებათა დიაგნოზისა და მკურნალობისას განსაზღვრელი როლი ენიჭება. კლინიკურ და კვლევით ბიოქიმიურ ლაბორატორიებში კატექოლამინები ძირითადად სისხლის პლაზმაში (შემცველობა - 1-800 პკგ/მლ), ცერებროსპინალურ სითხეში (0-300 პკგ/მლ) შარდში ($100 \cdot 10^3 - 400 \cdot 10^3$ პკგ/მლ), თავის ტვინის ქსოვილში ($10 \cdot 10^3 - 1000 \cdot 10^3$ პკგ/გ) განისაზღვრება [1].

მცირე კონცენტრაციის გამო კატექოლამინების განსაზღვრა სისხლის პლაზმაში გაძნელებულია და ანალიზისა და ნიმუშების მომზადების სპეციფიკური სელექტიური მეთოდების გამოყენებას მოითხოვს. კატექოლამინებისა და მათი მეტაბოლიტების განსაზღვრა შარდში რიგ შემთხვევებში (მაგ. ნეიროგენული სიმსივნეები, შიზოფრენია, მანიაკალურ-დეპრესიული ფსიქოზი, სტრესოგენური მოვლენები და სხვ.) უადრესად ინფორმატულია. ექსკრეგირებული კატექოლამინების რაოდენობის ცვლილება ამა თუ იმ პათოლოგიის მიმანიშნებელია. შარდში ექსკრეგირებული კატექოლამინების განსაზღვრა ზოგიერთი დაავადების შემთხვევაში დიაგნოსტიკის ერთ-ერთ ძირითად მეთოდს წარმოადგენს. მაგალითად, შეიძლება მოყვანილ იქნეს ქრომაფინული ქსოვილის სიმსივნე - ფეოქრომოციტომა, რომელსაც კატექოლამინების არაადეკვატურად მაღალი რაოდენობით სეკრეცია შეუძლია [2-4]. კატექოლამინების კონცენტრაციის ინტენსიური ზრდა თან ერთვის სტრესოგენურ მოვლენებსაც [5]. ძალზედ მნიშვნელოვანია აგრეთვე კატექოლამინების ურთიერთთანაფარდობის განსაზღვრა, რადგანაც ჯამური კატექოლამინების მიხედვით სხვაობის სიმცირის მიუხედავად შეიძლება განსხვავებულ პათოლოგიას ჰქონდეს ადგილი [3].

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ნათელი ხდება თუ რაოდენ მნიშვნელოვანია ისეთი მაღალეფექტური ანალიზური მეთოდების გამოყენება, რომლებიც კატექოლამინების ზუსტი და სწრაფი განსაზღვრის საშუალებას იძლევა და ამავე დროს მაღალი მგრძობიარობითაც ხასიათდება.

ახალი ანალიტიკური ტექნიკის - კაპილარული ელექტროფორეზის, კერძოდ კი კაპილარული ზონური ელექტროფორეზის (CZE) განვითარებამ და პოპულარიზაციამ იონური ნაერთების, მათ შორის ბიოგენური ამინების დაყოფისა და ანალიზის ფართო შესაძლებლობები შექმნა. კაპილარულ ელექტროფორეზში დაყოფა ხორციელდება 25-100 მკმ შიდა დიამეტრისა და 20-100 სმ სიგრძის მქონე

კვარცის კაპილარში, რომელიც ბუფერიან (ელექტროლიტი) ორ ქურქელს აერთებს. მათ შორის მოდებულია 30 კილოვოლტამდე ძაბვა. ნიმუშის მცირე რაოდენობა (რამდენიმე ნანოლიტრი) კაპილარის ანოდური ბოლოდან შეჰყავთ. შეყვანა ხორციელდება ჰიდროდინამიკურად, ჰიდროსტატიკურად ან ელექტროკინეტიკურად. მოდებული ძაბვა კაპილარში ნიმუშის ზონის მიგრაციას იწვევს. ელექტროფორეტულ მიგრაციას ყოველთვის თანხვდება მეტნაკლებად ინტენსიური ელექტროოსმოსური ნაკადი (მონ), რომელიც მხოლოდ ნიმუშის ზონის პასიურ ტრანსპორტირებას უწყობს ხელს და არა მის დაყოფას. ელექტროოსმოსური ნაკადი წარმოიქმნება იმის გამო, რომ კვარცის კაპილარის შიდა ზედაპირზე სილაოლური ჯგუფების დისოციაციის შედეგად წარმოიქმნება უარყოფითი მუხტები, რომლებთანაც ინდუცირდება ელექტროლიტის დადებითი იონები. შედეგად მონ მიმართულია კათოდისაკენ. შესაბამისად დეტექტირებაც კათოდურ მხარეს უნდა განხორციელდეს. მონ ძლიერ არის დამოკიდებული ბუფერის pH სიდიდესა და



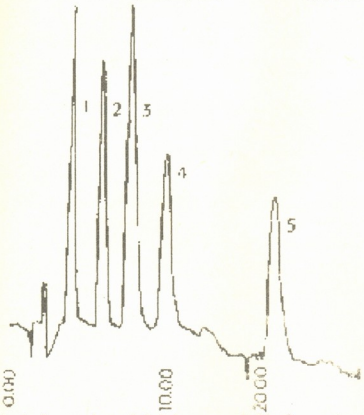
სურ.1. კატეკოლამინ-ბორატის კომპლექსისა და სეროტონინის დაყოფის ელექტროკინეტიკური ქრომატოგრაფია. პიკები: 1 - კრეატინინი; 2 - NA; 3 - AD; 4 - DHBA; 5 - DA; 6 - ST. ელექტროფორეტული ხსნარი: 20 მილიმოლი ნატრიუმის დიდცილსულფატი 5 მილიმოლ ნატრიუმის დიჰიდროგენფოსფატი - 5 მილიმოლ ნატრიუმის ბორატის ბუფერში, pH 7,29; კვარცის კაპილარი, ელექტური სიგრძე - 40,5 სმ, შიდა დიამეტრი 75 მკმ; ძაბვა - 17 კილოვოლტი (48 მილიამპერი); ინექტირება 9 წმ-ის განმავლობაში 17 კვ-ზე; ში-დეტექტირება 204 ნანომეტრზე

კაპილარის შიდა ზედაპირის თვისებებზე. იგი შეიძლება იმდენად დიდი იყოს, რომ ნეიტრალური მოლეკულების გარდა ანიონებიც კი აიძულოს გადაადგილდნენ დეტექტორისკენ მათი ელექტროფორეტული მიგრაციისა და მიუხედავად [6,7].

განავრცო რა კაპილარული ზონური ელექტროფორეზი ნეიტრალური ნაერთებისთვის, ავტორთა [8] მიერ შემოტანილ იქნა კაპილარული ელექტროკინეტიკური ქრომატოგრაფია, რომელსაც [9] მიცელარული ელექტროკინეტიკური კაპილარული ქრომატოგრაფია (MECC) დაარქვეს. MECC განსხვავდება CZE-გან იმით, რომ დაყოფის მექანიზმი უპირატესად ეფუძნება ორ ფაზას შორის განაწილებას, და არა ელექტროფორეტულ ეფექტს. ელექტროლიტს ემატება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება მიცელწარმოქმნის კონცენტრაციაზე უფრო მაღალი კონცენტრაციით. კაპილარში ფორმირდება ორი ფაზა - სითხური და მიცელარული, რომლებიც განსხვავებული სიჩქარით გადაადგილდებიან ელექტროოდისკენ. ამ უკანასკნელის ნიშანი ემთხვევა მიცელებისას. მონ-ის გავ-

ლენით მიცელარული ფაზა მისი მიმართულებით გადაადგილდება, მაგრამ გაცი-
ლებით ნელა ვიდრე სითხური, რის გამოც ფსევდოსტაციონარულ ფაზას უწოდებ-
ენ. გარდა ნეიტრალური ნაერთებისა, MECC გამოსადგვია იონური ნაერთების
დაყოფისთვისაც. ნატრიუმის დოდეცილსულფატის (SDS) მიცელების გამოყენება
CZE-თან შედარებით კათიონური და არა იონური კატექოლების სელექტიურო-
ბაში დიდ უპირატესობას იძლევა.

ექსპერიმენტული ნაწილი. მიუხედავად იმისა, რომ კაპილარული ელექტრო-
ფორეზით, მათ შორის MECC-ით კატექოლამინების (ბიოგენური ამინები) დაყოფა
განხილულია რიგ ნაშრომებში [10-15], აქცენტირებულია კატექოლამინების და-
ყოფის თეორიული საფუძვლები, აგრეთვე მოცემული ნაერთების ელექტროკინე-
ტიკური და ფლუორესცენტული [16, 17] დეტექტირების ტექნიკის განვითარება.



სურ. 2. კატექოლამინების დაყოფის ქრომატოგრა-
მა შებრუნებულფაზიან იონწყვილურ სის-
ტემაში. პიკები: 1 - L-3,4-დიჰიდროქსი-
ფენილალანინი; 2 - NA; 3 - AD; 4 -
DHBA; 5 - DA. მოძრავი ფაზა: 50 მილიმო-
ლი ნატრიუმის დიჰიდროგენფოსფატი, 10^{-4}
მოლი ნატრიუმის დეკანსულფონატი, pH
4,2, 5% აცეტონიტრილი; კაპილარი - სეპა-
რონი C_{18} შებრუნებული ფაზა 5 მკმ ნაწი-
ლაკების ზომით, 62x2 მმ; ინექტირებული
ნიმუში - 11 მკლ, ნიმუშის კონცენტრაცია -
150 მკგ. მლ-ში თითოეული; ში-დეტექტი-
რება 224 ნანომეტრზე; რეგისტრაციის მას-
შტაბი - 1,0

ჩვენს მიერ დღემდე გაწეული
სამუშაო აყალიბებს მოდელურ
სისტემებს კატექოლამინებისა და
სეროტონინის დასაყოფად რუტი-
ნული ბიოსამედიცინო ანალიზების
ჩატარების მიზნით როგორც კაპი-
ლარული ელექტროფორეზით, ასე-
ვე მაღალეფექტური თხევადი ქრო-
მატოგრაფიით. ჩატარებული სამუ-
შაო აშკარად მიუთითებს კატექო-
ლამინების დაყოფისათვის კაპილა-
რული ელექტროფორეზის უპირა-
ტესობაზე მაღალეფექტურ თხევად
ქრომატოგრაფიასთან შედარებით.
სამუშაოს ქრომატოგრაფიული ნა-
წილი სრულდებოდა თხევად ქრო-
მატოგრაფზე „მილიქრომი“ („ნა-
უჩპრიბორი“, ქ. ორიოლი, რუსეთი)
მიკროსვეტებზე ზომით 62x2 და
100x2 მმ (C_{18} სორბენტი - სეპარონი
ნაწილაკების ზომით 5 მკმ, „ლახე-
მა“, ჩეხოსლოვაკია) ელექტროკი-
ნეტიკური და ულტრაიისფერი დეტექ-
ტირებით. გამოკვლეულ იქნა მოძ-
რავი ფაზის შედგენილობის გავლენა
კატექოლამინების ქრომატოგ-
რაფიულ მახასიათებლებზე [18] და
კატექოლამინების ქრომატოგრა-
ფიული მახასიათებლები იონწყვი-
ლურ სისტემებში [19].



კაპილარული ელექტროფორეზით ნიმუშების დაყოფა განხორციელდა კაპილარიაში აგებულ ხელსაწყოზე ძაბვის წყაროს PROBUS III (Elektronik GmbH, გერმანია), ულტრაიისფერი დეტექტორის GAT LCD 501 (Gamma Analysen Technik GmbH, გერმანია), 75 მკმ შიდა დიამეტრის კვარცის კაპილარის (Polymicro Technologies Inc., Phoenix, Arizona, USA) გამოყენებით. კაპილარული ელექტროფორეზით კატექოლამინების დაყოფისას (სურ. 1) მაღალეფექტურ თხევად ქრომატოგრაფიასთან შედარებით (სურ. 2) მიღწეულია გაცილებით მაღალი ეფექტურობა (ნორადრენალინისათვის 24400 თეორიული თეფში 1360-თან შედარებით, ადრენალინისათვის 24250 - 1000-თან შედარებით, დოფამინისთვის 22700 - 2800-თან შედარებით), სელექტიურობა და ში-დეტექტორის სიგნალის ინტენსივობა. ანალიზის დრო შემცირდა სამჯერ (ნორადრენალინისათვის შემცირდა 7,42 წთ-დან 3,55 წთ-მდე, ადრენალინისათვის - 9,85 წთ-დან 4,20 წთ-მდე, დიჰიდროქსიბენზილამინისათვის - 13,00 წთ-დან 4,83 წთ-მდე, დოფამინისთვის - 22,83 წთ-დან 6,28 წთ-მდე). როგორც 1 სურათიდან ჩანს, ყველა პიკი შესანიშნავადაა დაყოფილი, მათი B/A შეფარდება დაახლოებით ერთის ტოლია, რაც ზედმიწევნით გაუსის პიკებზე მიუთითებს.

ხსენებულ სისტემაში მიღებული დეტექტირების კონცენტრაციული ზღვარი, როდესაც სიგნალი/ხმაური (S/N) ფარდობის მნიშვნელობა მერყეობს 3:1-დან სეროტონინისთვის, 10:1-მდე ნორადრენალინისთვის, მოცემულია ცხრილში. ნიმუშების ინჟექტირებული რაოდენობა ნორადრენალინისათვის შეადგენდა დაახლოებით 0,97 ფემტომოლს, ადრენალინისათვის - 0,95, დოფამინისთვის - 0,9, სეროტონინისათვის - 0,69 ფემტომოლს, შესაბამისად.

ბიოლოგიური ნიმუშების დამუშავება, მათგან კატექოლამინების ექსტრაქცია [4,20-24] და აპარატურის ტექნიკური მონაცემები საშუალებას იძლევა დეტექტირდეს ექსტრაჰირებული კატექოლამინები 5 ნგ აბსოლუტური რაოდენობით.

მიუხედავად იმისა, რომ ში-დეტექტირება ხასიათდება ნაკლები მგრძობელობით, ვიდრე ელექტროქიმიური ან ფლუორესცენტული, იგი არ საჭიროებს ნიმუშთან დერივატიზაციის რთულ რეაქციებს, ხასიათდება სიმარტივით, მეტად მოქნილია და შეუცვლელია რუტინული ბიოსამედიცინო ანალიზების სერეებისთვის.

ცხრილი

ნიმუში	დეტექტირების კონცენტრაციული ზღვარი მოლი/ლ
ნორადრენალინი (NA)	$7,4 \cdot 10^{-7}$
ადრენალინი (AD)	$6,8 \cdot 10^{-7}$
3,4-დიჰიდროქსიბენზილამინი (DHBA)	$9,0 \cdot 10^{-7}$
დოფამინი (DA)	$8,2 \cdot 10^{-7}$
სეროტონინი (ST)	$7,1 \cdot 10^{-7}$

პირობები იგივეა რაც პირველ ნახაზზე.

ბიოლოგიურ ნიმუშში კატექოლამინების განსაზღვრის სელექტიური და მაღალმგრძობიარე მეთოდების ჩამოყალიბებას და გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა

აქვს ამ ნაერთების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ანალიზისთვის. ასეთი მეთოდების განხორციელება კაპილარული ელექტროფორეზით, კერძოდ კი MECC-ით ფრიად წარმატებით შეიძლება, ხოლო ულტრაიისფერი დეტექტირება შეუცვლელია რუტინული ბიოსამედიცინო ანალიზებისათვის.

ექსპერიმენტული სამუშაოს მნიშვნელოვანი ნაწილი შესრულებულია საარლანდის უნივერსიტეტის ინსტრუმენტული და გარემოს ანალიტიკის ინსტიტუტში. გულითად მადლობას მოვახსენებთ საარლანდის უნივერსიტეტის პრორექტორს, პროფესორ ჰ. ჰუმელს ასეთი შესაძლებლობის მოცემისა და ფინანსური დახმარებისთვის.

ინსტრუმენტული და გარემოს ანალიტიკის
ინსტიტუტი
საარლანდის უნივერსიტეტი, გერმანია

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *B. I. Kalmykov.* Лабораторное дело, 7, 1982, 31.
2. *Thomas P. Moyer, Nai-Siang, M. Gertrude.* Tyce and Sheldon G. Sheps. Clin. Chem., 25, 1979, 256.
3. *Г. С. Молчанова, Е. А. Рогожников.* Клиническая медицина, 66, 2, 1988, 97-101.
4. *David S. Goldstein.* J. Chromatogr., 275, 1983, 174.
5. *К. П. Балыцкий, Ю. П. Шмальков.* Стресс и метастазирование злокачественных опухолей, Киев, 1987.
6. *H. Engelhardt, W. Beck, Th. Schmitt.* Capillary Electrophoresis, Vieweg, 1994.
7. Руководство по капиллярному электрофорезу. М., 1996.
8. *S. Terabe, H. Ozaki, K. Otsuka, K. Ihikawa, A. Tsuchiya, T. Ando.* Anal. Chem., 56, 1984, 111.
9. *D. E. Burton, M. J. Sepaniak, M. P. Maskarinec.* J. Chromatogr. Sci., 24, 1986, 347.
10. *R. A. Wallingford, A. G. Ewing.* J. Chromatogr., 441, 1988, 299.
11. *R. A. Wallingford, A. G. Ewing.* Anal. Chem., 60, 1988, 258.
12. *R. A. Wallingford, A. G. Ewing.* Anal. Chem., 61, 1989, 98.
13. *R. A. Wallingford, P. D. Curry, Jr. A. G. Ewing.* J. Microcolumn Sep., 1, 1989, 23.
14. *T. Kaneta, Sh. Tanaka, H. Yoshida.* J. Chromatogr., 538, 1991, 385.
15. *C. P. Ong, S. F. Pang, S. P. Low, H. K. Lee, S. F. Li.* J. Chromatogr., 559, 1991, 529.
16. *Frederic Robert, Lionel Bert, Luc Denoroy, Bernard Renaud.* Anal. Chem., 67, 1995, 1838.
17. *Huan-Tsung Chang, Edward S. Yeung.* Anal. Chem., 67, 1995, 1079.
18. ვ. კუჭავა, მ. რუბაძე, ნ. შაყულაშვილი. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 20-21, 1-4, 1994-95, 100-105.
19. *В. М. Окуджава, М. Д. Рухадзе, Н. Г. Шакулашвили.* Журнал физ. хим., 70, 2, 1996, 380-381.
20. *Akane Mitsui, Hitoshi Nohta, Yosuke Ohkura.* J. Chromatogr., 344, 1985, 61.
21. *Cledwin L. Davies, Stephen. G. Molyneux.* J. Chromatogr., 231, 1982, 41.
22. *Nilda M. Munoz, Carol Tutins, Alan R. Leff.* J. Chromatogr., 493, 1989, 157.
23. *Richard Kremer, John C. Crawhall, Ronald Kolanitch.* J. Chromatogr., 344, 1985, 313.
24. *Erik Gerlo, Ronald Malfait.* J. Chromatogr., 343, 1985, 9.



თ. ანდრონიკაშვილი (აკადემიკოსი), ლ. კარიკაშვილი

ქრომატოგრაფიის მეთოდებით ზედაპირულ-ფენოვანი ადსორბენტებისათვის ადსორბციის წილის განსაზღვრა აქტიურ აბენტსა და მყარ სარჩულზე

წარმოდგენილია 1.09.1997

აირთხვეად ქრომატოგრაფიაში სორბატის შეკავებაზე გავლენას ახდენს არა მარტო გახსნა ფაზაში, არამედ მისი ადსორბციაც ზედაპირზე აირი-სითხე [1].

რეალური სორბენტი ქრომატოგრაფიაში აირი-სითხე-მყარი სარჩული წარმოადგენს პოლიფაზურ სორბენტს და აირთხვეადი ქრომატოგრაფიის პროცესში მონაწილეობას ლებულობს არა მარტო ორი ფაზა: აირი და უძრავი სითხე, არამედ ორ ფაზათა შორის გამყოფი ზედაპირი: აირი - უძრავი თხევადი ფაზა და უძრავი თხევადი ფაზა - მყარი სარჩული, ამიტომ უძრავ თხვეად ფაზაზე აქროლადი ნაერთების ადსორბციასთან ერთად აუცილებლად გათვალისწინებული უნდა იქნეს დასაყოფი ნაერთების ფაზათა შორის გამყოფ ზედაპირზე ადსორბციაც, რომელიც ხშირად მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ქრომატოგრაფიული დაყოფის პროცესში.

აირ-თხვეად-მყარფაზურ ქრომატოგრაფიაში ადსორბციული ურთიერთქმედებები, უძრავი თხვეადი ფაზა - მყარი სარჩული ზედაპირზე, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ მთლიანობაში სორბენტის შეკავებისა და სელექციურობის უნარზე [2].

უკვე პირველ სამუშაოში აირ-თხვეადი ქრომატოგრაფიის დარგში [3] გათვალისწინებული იყო „ზედაპირული“ ფაზის არსებობა და შესაბამისად დასაყოფი ნივთიერებების ადსორბცია უძრავ თხვეად ფაზასა და მყარი სარჩულის გამყოფ ზედაპირზე და მიღებული იყო ზომები ამ არასასურველი მოვლენის შესამცირებლად.

მრავალი მკვლევარის ძალისხმევით [4] ჩამოყალიბდა მკაფიო წარმოდგენა ადსორბციის მნიშვნელოვანი როლისა ასეთი სახის ქრომატოგრაფიაში. ამრიგად, შეკავების სიდიდე, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად მახასიათებელს საკვლევი კომპონენტებისათვის აირად ქრომატოგრაფიაში.

ზედაპირულ-ფენოვან სორბენტებზე სორბატის შეკავება განპირობებულია მისი შეკავებით აქტიურ სორბენტსა და მყარ სარჩულზე. ამიტომ სუფთა შეკავებითი მოცულობა (V_N) დასაყოფი ნაერთებისათვის ზედაპირულ-ფენოვანი სორბენტებისათვის სამუშაოში [4] წარმოდგენილია შემდეგი სახით:

$$V_N = K_a S_a + K_H S_s - \text{აირ-ადსორბციული ქრომატოგრაფიისათვის და}$$

$$V_N = K_1 \cdot V_1 + K_H S_s - \text{აირ-თხვეადი ქრომატოგრაფიისათვის, სადაც}$$

K_a არის განაწილების კოეფიციენტი აირი - მყარი აქტიური ადსორბენტი;

S_a - აქტიური ადსორბენტის ზედაპირი სვეტში;

K_H - განაწილების კოეფიციენტი აირი - მყარი სარჩული;

S_s - მყარი სარჩულის ზედაპირი სვეტში;

K_L - განაწილების კოეფიციენტი აირი - უძრავი თხევადი ფაზა;

V_1 - უძრავი თხევადი ფაზის რაოდენობა სვეტში.

მოყვანილი ფორმულებიდან ჩანს, რომ მყარ სარჩულზე ადსორბციამ შეიძლება გარკვეული წვლილი შეიტანოს შეკავებით მოცულობაში, ამიტომ ზედაპირულ-ფენოვანი ადსორბენტების მოსამზადებლად მიზანშეწონილია ინერტული მყარი სარჩულების გამოყენება რომელთათვის სიდიდე $K_H S_s \leq K_a S_a (K_L V_1)$.

სამუშაოში [7] მოყვანილია ფორმულები, რომელთა გამოყენებით ქრომატოგრაფიული მონაცემებიდან შეიძლება განისაზღვროს გახსნისა და ადსორბციის წილი ფაზათა უძრავი სითხე - მყარი სარჩული გამყოფ ზედაპირზე სორბენტის შეკავებაზე

$$V_N = \Gamma w_{\text{სითხე}} + \Gamma \cdot \Gamma_3 \cdot S_3 \quad (1),$$

სადაც V_N არის სორბენტის სუფთა შეკავებითი მოცულობა,

Γ_3 - ადსორბციის კოეფიციენტი გამყოფ ზედაპირზე სითხე - მყარი სარჩული, სმ;

S_3 - ამ ზედაპირის სიდიდე, სმ²; ტოლი მყარი სარჩულის ზედაპირის საკმარისი გაჟღენთვისას;

Γ - შერის კოეფიციენტი;

$w_{\text{სითხე}}$ - უძრავი თხევადი ფაზის მოცულობა.

მაშინ ხვედრითი შეკავებითი მოცულობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$V_g^T = \Gamma \frac{w_{\text{სითხე}}}{g} + \Gamma \Gamma_3 \frac{S_3}{g} = \frac{\Gamma}{\rho} + \Gamma \Gamma_3 S_3 \frac{100}{\Pi} \quad (2),$$

სადაც g არის უძრავი სითხის მასა, გ;

$\rho = g/w_{\text{სითხე}}$ - მისი სიმკვრივე გ/სმ³;

$S_3 = S_3/g_T$ - მყარი სარჩულის ხვედრითი ზედაპირი სმ²/გ;

g_T - მყარი სარჩულის მასა, გ;

$\Pi = 100g/g_T$ - მყარი სარჩულის გაჟღენთვის ხარისხი % უძრავი სითხით.

გრაფიკის გამოყენებით, რომელიც აკავშირებს V_g^T და $100/\Pi$ შეიძლება Γ/ρ

სიდიდის პოვნა (მონაკვეთი, რომლის სწორი ხაზი კვეთს ორდინატას V_g^T);

ხოლო ფორმულიდან (2) განისაზღვრება Γ_3 მნიშვნელობა.

ზემოთ მოყვანილი ფორმულა გამოყენებული გვექონდა ცეოლითის და მყარი სარჩულის ადსორბციის წვლილის განსაზღვრისათვის სორბატის შეკავებით მოცულობაზე ქრომატოგრაფიაში ზედაპირულ-ფენოვანი ადსორბენტების გამოყენებისას:

ცეოლითი - მყარი სარჩული - გამოკვლეული იყო NaX ტიპის სინთეზური ცეოლითი დაფენილი სხვადასხვა რაოდენობით (12%, 24% და 30%) მყარ სარჩულზე ქრომოსორბი - W. 1 ცხრილში მოყვანილია ნახშირწყალბადების C_2H_6 , C_2H_4 ,

C_3H_8 , C_3H_6 , აირქრომატოგრაფიული დაყოფის მონაცემები ზედაპირულ-ფენოვანი სორბენტების გამოყენებით NaX (ზვ. წ. $\rho = 1,93$ გ/სმ³).

ზედაპირულ-ფენოვანი სორბენტებისათვის სორბატის ადსორბციის წილი ცეოლითსა და მყარ სარჩულზე

ცხრილი

სორბატი	Π	V_g^T	ადსორბციის წილი ცეოლითზე (%)	ადსორბციის წილი მყარ სარჩულზე (%)
C_2H_6	12	1,10	58,04	41,96
	24	2,45	67,36	32,64
	30	2,82	78,34	21,66
C_2H_4	12	1,82	62,20	37,80
	24	2,83	72,10	27,90
	30	3,46	80,24	19,86
C_3H_8	12	2,13	63,37	36,63
	24	3,62	78,49	21,51
	30	3,81	80,77	19,23
C_3H_6	12	3,20	69,00	31,00
	24	4,37	80,00	20,00
	30	4,78	84,40	15,60

NaX ტიპის ცეოლითის სხვადასხვა ხარისხით ქრომსორბ ზვ. ზედაპირი $s=10^2/\text{გ}=10^4\text{სმ}^2/\text{გ}$ დაფენით.

ქრომატოგრაფიული სვეტის ტემპერატურაა -80°C .

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ადსორბციის წვლილი აქტიურ აგენტზე მისი მყარი სარჩულის ზედაპირზე ზრდისას ფრიად მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სორბატის შეკავებაზე, მყარ სარჩულზე ადსორბციასთან შედარებით.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

პ. მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. R. L. Martin. *Analyt. Chem.*, **33**, 2, 1961, 347-352.
2. В. Г. Березкин, В. П. Пахомов, К. И. Сакодинский. *Твердые носители в газовой хроматографии*. М., 1975, 200 с.
3. A. T. James, A. J. P. Martin. *Biochem. J.*, **50**, 1952, 679.
4. В. Г. Березкин. *Газо-жидко-твёрдофазная хроматография*. М., 1986, 112 с.
5. D. M. Ottenstein, *J. Gas. Chromatogr.*, **1**, 1963, 11.
6. M. B. Evans, J. P. Smith. *J. Chromatogr.*, **30**, 1967, 325.



მ. ბაგრატიანი (აკადემიკოსი), თ. ბიორბოგანი, ბ. ლოგუნიძე,
ს. ყულაშვილი, ბ. ზნებელია

საქართველოს ტერიტორიის აქტიური სიღრმული რღვევების რუკა და კატალოგი

წარმოდგენილია 22.12.1997

როგორც ცნობილია, საქართველო, ისევე როგორც მთელი კავკასია, სეის-
მურად აქტიურ რეგიონს წარმოადგენს, რასაც მოწმობს როგორც ისტორიული,
ისე უახლესი ძლიერი და დამანგრეველი მიწისძვრების გამოვლენა.

ჩვენს მიერ საქართველოს ტერიტორიაზე დეტალურად არის შესწავლილი
ძირითადი სეისმოგენერირებადი სტრუქტურები – აქტიური სიღრმული რღვე-
ვები (სურ).

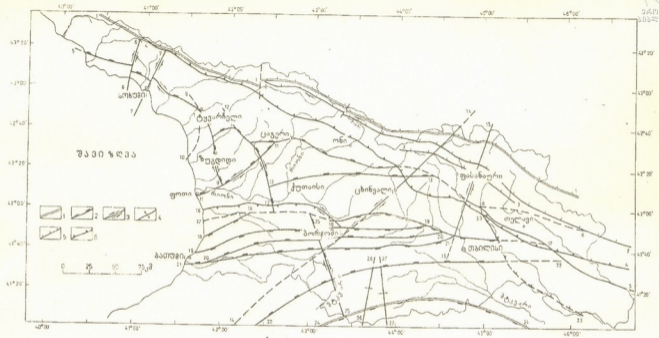
ამ რღვევების უმრავლესობა ფარულია (გადაფარულია სხვადასხვა სიმძლავ-
რის ნალექებით), თუ არ მივიღებთ მხედველობაში ზოგიერთ რეგიონულ შეცო-
ცებას. ზედაპირზე სტრუქტურულად ისინი გამოხატულია დანალექი საფარის
ფლექსურული (საფეხურისებრი) გაღუნვებით, კულისისებური განლაგების მქო-
ნე რღვევისზედა ნაოქებით ან რეგიონული რღვევების დაჯგუფებით. ზოგიერთ
მათგანს, განვითარების ადრეულ (გაჭიმვის) სტადიაზე უკავშირდება ფუძე ვულ-
კანური აქტიურობა და შესაბამისად ჩაღწევის დიდი სიღრმით ხასიათდება. ბევრი
მათგანისათვის დამახასიათებელია ხანგრძლივი განვითარება, რაც მკაფიოდ არის
გამოხატული სედიმენტაციურ ნიშნებში.

თითქმის ყველა ძირითადი რღვევა, უმეტესად კი მათი ცალკეული ნაწილე-
ბი, გამოვლენილია სხვადასხვა გეოფიზიკურ ველებში გეოფიზიკური ლინეამენ-
ტების სახით [1] და მათზე არაერთი მიწისძვრის ეპიცენტრია განლაგებული. უმე-
ტეს მათგანი მკაფიოდ არის გამოხატული აეროკოსმოსურათებზეც.

ბუნებრივია, რომ ამა თუ იმ რღვევის სარწმუნოების ხარისხი მით უფრო
მაღალია, რაც უფრო მეტია მისი არსებობის დამადასტურებელი სხვადასხვა ხა-
სიათის ნიშნები. მაგრამ, ისევე როგორც ნებისმიერი სტატისტიკური კვლევის
დროს, აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ამ ნიშნების „მნიშვნელობის ხარის-
ხის“ განსაზღვრა, ვინაიდან სიღრმული რღვევისათვის დამახასიათებელ სხვა-
დასხვა ნიშანს სხვადასხვა მნიშვნელობა გააჩნია. ამის გამო, წინასწარ შერჩეულ
მნიშვნელობათა ხარისხის სქემის მიხედვით, საჭიროა ერთმანეთისაგან გავარჩი-
ოთ უფრო „წონადი“ და ნაკლებად „წონადი“ ნიშნები. ჩვენი აზრით, საქართ-
ველოს ტერიტორიაზე გავრცელებული სიღრმული რღვევების არსებობის მნიშ-
ვნელობათა ხარისხის სქემას შეიძლება შემდეგი სახე ჰქონდეს (ცხრ. 1).

რღვევათა არსებობის სხვადასხვა ნიშნების მნიშვნელობათა ხარისხების და-
ჯამების შედეგად ვიღებთ რღვევების არსებობის სარწმუნოების ხარისხის რიც-
ხით მნიშვნელობას (ცხრ. 2).

ამავე დროს რღვევების დახასიათებისათვის მნიშვნელოვანია მათი ისეთი პა-



სურ. საქართველოს ტერიტორიის აქტიური სიღრმული რღვევების რუკა: 1-ტერიენების შემომსაზღვრელი რღვევები (სავარაუდო ოფიოლიტური ნაკრები); 2-4-სხვა გადაფარული (ფარული) სიღრმული რღვევები: 2-შესხლეტები, 3-ნაწევები, 4-განაწევები; 5-რ-ზედაპირზე გამოშავალი სიღრმული რღვევები; 6-რეგიონული შეცოცებები, 6-შარიაების ფრონტალური შეცოცებები (რღვევების სახელწოდებები იხ. ცხრ. 2).

რამეტრების ცოდნა, როგორიცაა: რღვევის სიბრტყის დაქანების აზიმუტი და კუთხე, ჩაღწევის და აქტიურობის (ჰიპოცენტრების სიღრმის საფუძველზე) სიღრმე, კინემატიკა (რღვევის სახე), ნეოტექტონიკური და მეოთხეული ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ამპლიტუდები, რღვევის გასწვრივ ნეოტექტონიკური და მეოთხეული გადაადგილების საშუალო სიჩქარე და სეისმური აქტიურობის საშუალო დონე $\bar{A}_{3,3}$, რომელიც დგინდება სპეციალური მეთოდის საშუალებით, კერძოდ, ცალკეული რღვევების გასწვრივ სეისმური აქტიურობის საშუალო რაოდენობრივი შეფასებით. მიღებულია აქტიურობის დონის სამი დიპაზონი: დაბალი ($\bar{A}_{3,3} \leq 0,05$)=1, საშუალო ($\bar{A}_{3,3} = 0,1-0,2$)=2 და მაღალი ($\bar{A}_{3,3} \geq 0,5$)=3.

ცხრილი 1

რღვევათა არსებობის ნიშნების მნიშვნელობათა ხარისხის სქემა

	რღვევის არსებობის ნიშნები	მნიშვნელობათა ხარისხი
ბელოვანი	სტრუქტურული (Str)	2
	სედიმენტაციური (S)	3
	მაგმატური (M)	2
	გეომორფოლოგიური (GM)	1
	ბურღვის მონაცემები (B)	3
	ვულკანური ცენტრების განლაგება (VC)	2
	ჰიდროგეოლოგიური (Hgl) (თერმოინერალური წყლების გამოსავლები)	1
	აეროკოსმოდეშიფირება (Ac)	1
ბეოფიზიკური	გრავიმეტრიული (Gr)	1
	მაგნიტური (Mg)	1
	სეისმური (SM) (მიწისძვრის ეპიცენტრების განლაგება)	1
	გარდატეხილი ტალღების კორელაციის მეთოდი (Refr.)	2
	არეკლილი ტალღების მეთოდი (Refl.)	2
	ღრმა სეისმური ზონდირება (DSS)	2
	მიწისძვრების გაცვლითი ტალღების მეთოდი (ExW)	1

რღვევათა ისეთი ნიშნების დაჯამება, როგორიცაა სეისმური აქტიურობის დონე და მათ გასწვრივ ნეოტექტონიკური და მეოთხეული გადაადგილების საშუალო სიჩქარეები, საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ ნებისმიერი რღვევის მნიშვნელობაზე სეისმური საშიშროების შეფასებისათვის. ამ შემთხვევაშიც ერთმანეთისაგან უნდა გავარჩიოთ უფრო „წონადი“ და ნაკლებად „წონადი“ ნიშნები. კერძოდ, სეისმური საშიშროების შეფასებისათვის რღვევის ნიშნების მნიშვნელობათა სქემას შეიძლება შემდეგი სახე ჰქონდეს (ცხრ. 3). რღვევის აღნიშნული მახასიათებლების მნიშვნელობათა ხარისხების დაჯამება საშუალებას იძლევა მივიღოთ ამა თუ იმ რღვევის მნიშვნელობის ხარისხის რიცხვითი გამოხატულება სეისმური საშიშროების შეფასებისათვის (იხ. ცხრ. 2)



საქართველოს ტერიტორიის აქტიური სიღრმული რღვევების კატალოგი

№ რღვევის სახელწოდება	სიღრმე კმ-ში	რღვ სიბრტყის დაქანების სიწმინდე და აზიმუტი კუთხე	ზღაწვევის სიღრმე (კმ) და აქტიურობის სიღრმე (კმ)	ინჰიბიტორი	რღვევის ზონის სიგრძე სიღრმე კმ-ში	ამპლიტუდა წვრილკმტობი კუთხე V-ვერტიკ H-პორიზონტ კმ-ში	ამპლიტუდა მეოთხეული V-ვერტიკ H-პორიზონტ კმ-ში	ფიდაიდვლ. სიწმინდე წვრილკმტობი V-ვერტიკ მმ/წ	ფიდაიდვლ. სიწმინდე მეოთხეული V-ვერტიკ მმ/წ	სეისმური აქტიურობის დონე	არსებობის ნიშნები	არსებობის სარწმუნოების ხარისხი	მნიშვნელობა სეისმური საშიშროების შეფასებისათვის	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 კავკასიონის შიდაირი შეკოცები	1000	NNE, $\angle 50-80^\circ$	$\frac{q=30}{h=15-35}$	შესლ-მარცვნი ნაწვეი	17	V=2.0	V=0.4	0.2	0.4	3	Str,S,M,Gm, Sm,Ac	10	11	
2 ღები-ლაგოფების	750	NNE, $\angle 55-80^\circ$	$\frac{q=10-15}{h=10-12}$	შესლ-მარცვნი ნაწვეი	10	V=1.5	V=0.3	0.15	0.3	3	Str,Gm,Sm, Hg	5	9	
3 წირაყის	110	NNE, $\angle 50-70^\circ$	$\frac{q=10-12}{h=10-12}$	შესლგბტა	4	V=0.7	V=0.2	0.07	0.2	2	Str,Sm	3	6	
4 კავკასიონის შირაყების ფრონტ. შეკოცები	870	NNE, $\angle 0-70^\circ$	$\frac{q=5-6}{h=7}$	შირაყი	17	H=15-60	H=0	0.5-2	0.1	2	Str,S,Gm,Ac, B	10	9	
5 ვაგრა-ჩაყის	1200	NNE, $\angle 70-90^\circ$	$\frac{q=30}{h=10-12}$	შესლ-მარცვნი ნაწვეი	15	V=1.5-3.5	V=0.5-0.8	0.15-0.25	0.5-0.8	2	Str,S,M,Gm, Refr,D,SS,Gr, Mg,Ac,B	18	13	
6 ახალი თონის	60	NNW, $\angle 80-90^\circ$	$\frac{q=5-6}{h=7}$	ნისსლგტ-მარცვნი ნაწვეი	2	H=4-5	H=1.5	0.4	0.4	1	Str,Gm	3	10	
7 გუმისტის	60	OSO, $\angle 80-90^\circ$	$\frac{q=5-6}{h=5-6}$	ნისსლგტ-მარცვნი ნაწვეი	2	H=3-4	H=1.2	0.3	0.4	1	Str,Gm	3	10	
8 აშვტა-ლაგოფების	180	SSW, $\angle 80-90^\circ$	$\frac{q=5-6}{h=7}$	ნისსლგტა	6	V=0.7	V=0.5	0.07	0.5	2	Str,S,Gm	6	9	
9 ცხაეთა-ცაიშის	50	ENE, $\angle 60-70^\circ$	$\frac{q=10-12}{h=10-15}$	შესლ-მარცვნი ნაწვეი	2	V=1.0	V=0.4	0.1	0.4	2	Str,Gm,Sm	4	9	
10 ანივარის	60	E, $\angle 80-85^\circ$	$\frac{q=8-10}{h=8-10}$	შესლ-მარცვნი ნაწვეი	2	V=0.5	V=0.1	0.05	0.1	1	Sm,Refr,Ac	4	3	
11 ფოთი-აბდოთის	70	NNW, $\angle 60-80^\circ$	$\frac{q=10-12}{h=10-12}$	შესლ-მარცვნი ნაწვეი	2	V=1.2	V=0.4	0.12	0.4	2	Str,S,DSS,Sm, Refr,Hg,Ac,B	15	9	
12 ვარციხე-გვეტყორის	75	NNE, $\angle 75-85^\circ$	$\frac{q=30}{h=10-12}$	შესლ-მარცვნი ნაწვეი	2	V=1.5	V=0.5	0.15	0.5	2	Str,M,Sm,Hg, Refr	8	10	

თ. ბაგჩერაძის ქ. თ. გიორგობიანი, გ. ლობჯანიძის ქ.

ცხრილი 2
(გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
13	კუთხისი-სახვარის	130	N, $\angle 80-90^\circ$	$\frac{\Phi = 10-15}{\alpha = 10-13}$	შესვლება	7	V=1.2	V=0.5	0.12	0.5	2	Str,M,Sm	5	10
14	ცხინვალის-ვახუშტის	1350	NW, $\angle 80-90^\circ$	$\frac{\Phi = 20}{\alpha = 15-20}$	შესვლება- ზარც ნაწვეი	16	H=4	H=1.3	0.2	1.3	2	Str,M,Sm, Mg,Ac,Vc	7	13
15	ასი-არაგვის	110	WNW, $\angle 85-90^\circ$	$\frac{\Phi = 10-12}{\alpha = 7}$	ზარც ნაწვეი	2	H=5	H=1.5	0.2	0.5	1	Str,S,Ac	6	10
16	აშარა-თრიალეთის წრ. ფრონტ შეტ.	160	S, $\angle 10-40^\circ$	$\frac{\Phi = 3-4}{\alpha = 3-4}$	ზარიდი	5	H=10-15	H=0	0.5	0.1	1	Str,Gm,Ac,B	9	7
17	აშარა-თრ. წრ. კიდურა	500	S, $\angle 70-85^\circ$	$\frac{\Phi = 20}{\alpha = 15-20}$	შესვლება	12	V=2.0	V=0.1	0.05	0.1	2	Str,S,M,Gm, Sm,Gr,Mg	11	4
18	ჩოხატურის	85	SE, $\angle 75-85^\circ$	$\frac{\Phi = 20}{\alpha = 15-20}$	შესვლება	4	V=1.5	V=0.3	0.15	0.3	2	Str,S,M,Gm, Gr,Mg,Sm	11	8
19	აშარა-თრ. წრ. ღერძელი	250	S, $\angle 80-90^\circ$	$\frac{\Phi = 20}{\alpha = 10-12}$	შესვლება	7	V=1.3	V=0.4	0.13	0.4	2	Str,S,M,Gr, Mg,Sm	10	9
20	აშარა-თრ. სამხრ. ღერძელი	220	N, $\angle 80-90^\circ$	$\frac{\Phi = 20}{\alpha = 10-12}$	შესვლება	7	V=1.1	V=0.4	0.11	0.4	2	Str,S,M,Sm, Ac	9	9
21	აშარისწყლის-თვამის	350	N, $\angle 75-85^\circ$ S, $\angle 70-85^\circ$	$\frac{\Phi = 5-6}{\alpha = 5-6}$	შესვლება	9	V=1.0	V=0.3	0.1	0.3	2	Str,S,Exw, M,Mg	9	7
22	აშარა-თრ. სამხრ. კიდურა	600	N, $\angle 80-90^\circ$	$\frac{\Phi = 20}{\alpha = 15-20}$	შესვლება	13	V=1.0	V=0.3	0.1	0.3	2	Str,M,Exw, Sm,Gr,Ac	8	7
23	მოსილური შარიდების ფრონტ შეტოცხვა	190	NE, $\angle 10-40^\circ$	$\frac{\Phi = 3-4}{\alpha = 3-4}$	ზარიდი	6	H=10-15 (?)	H=0	0.5	0.1	2	Str,Sm,Mg, Ac,Ref , Ref_B	12	8
24	ლოქი-იფრამის	750	S, $\angle 75-85^\circ$	$\frac{\Phi = 20}{\alpha = 15-20}$	შესვლება	15	V=1.5	V=0.3	0.15	0.4	2	Str,S,Sm, Exw,Gr,Mg, Ref_Ac	12	9
25	თოფი-იჭურის	100	ENE, $\angle 80-90^\circ$	$\frac{\Phi = 15-20}{\alpha = 7}$	შესვლ. ზარც ნაწვეი	2	V=0.9	V=0.2	0.09	0.2	1	Str,S,M,Mg	8	5
26	ახულ-სამხარის	400	WNW, $\angle 85-90^\circ$	$\frac{\Phi = 20}{\alpha = 10-12}$	გინაწვეი	5	H=2-5 (?)	V=0.4-1.5 (?)	0.4 (?)	0.8 (?)	3	M,Sm,Mg,Vc	6	16 (?)
27	კაპლის	250	ONN, $\angle 85-90^\circ$	$\frac{\Phi = 20}{\alpha = 10-12}$	გინაწვეი	4	H=2-5 (?)	V=0.4-1.5 (?)	0.4 (?)	0.8 (?)	3	M,Sm,Mg, Ref_Vc	8	16 (?)



ცხრილი 3

რღვევების მნიშვნელობათა ხარისხის სქემა სეისმური საშიშროების შეფასებისათვის

რღვევების მახასიათებლები	მნიშვნელობის ხარისხი სეისმური საშიშროების შეფასებისათვის	
სეისმური აქტიურობის დონე	$\bar{A}_{3,3} \leq 0,05$	1
	$\bar{A}_{3,3} = 0,1-0,2$	2
	$\bar{A}_{3,3} \geq 0,5$	3
ნეოტექტონიკური გადაადგილების საშ. სიჩქარე მმ/წ.	0-0,05	1
	0,06-0,1	2
	0,11-0,15	3
	0,16-0,2	4
	0,3-0,5	5
	0,6-2	6
შეოთხეული გადაადგილების საშუალო სიჩქარე მმ/წ.	0,1	1
	0,2	2
	0,3	3
	0,4	4
	0,5	5
	0,6	6
	0,7	7
	0,8 და მეტი	8

სეისმური დარაიონებისათვის მნიშვნელოვანია აგრეთვე რღვევის ისეთი პარამეტრის დადგენა, როგორცაა რღვევის ზონის სიგანე. ცნობილია, რომ რღვევის ზონა ბრტყელი, მაგრამ სამგანზომილებიანი (მოცულობითი) სხეულია. რეგიონული შეცოცებებისა და შარიაყების ფრონტალური შეცოცების ზონების სიგანის დადგენა უმეტესად ხერხდება პირდაპირი სავლე დაკვირვებების საფუძველზე, მაშინ როდესაც ფარული რღვევების სიგანის დასადგენად იძულებული ვართ ვეძებოთ სიგანის განსაზღვრის არაპირდაპირი გზები. ერთ-ერთი ასეთი გზაა რღვევების სხვადასხვა მახასიათებლებს შორის მათემატიკური დამოკიდებულების პოვნა.

სპეციალური სავლე დაკვირვებებისა და ლიტერატურული მასალის ანალიზის საშუალებით მიღებულია მათემატიკური დამოკიდებულება რღვევის ზონის სიგანეს, გამწვობასა და კინემატიკას შორის და ამ ზონის სიგანეს, ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ ამპლიტუდებს შორის [2]. ამ დამოკიდებულებების საფუძველზე აქ განსაზღვრულია ფარულ რღვევათა ზონების სავარაუდო სიგანეები.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ა. ჯანელიძის სახ. გეოლოგიური ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Б. Балавадзе, Г. Шенгелаша и др. Рукопись в фондах Института геофизики АН Грузии, 1997.
2. А. Алешин, И. Бархатов, С. Несмеянов и др. Разрывы в областях сейсмического микрорайонирования. М., 1982, 135 с.

მ. ალფინი

კოლხეთის წყება და მისი სტრატობრაფიული კოზიცი

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. გაბუნია 20.06.1997

შავი ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლურ სანაპირო ზოლში ალპური მოლასურა კომპლექსის ქრილში მკაფიოდ გამოიყოფა 100 მეტრამდე სიმძლავრის მურაუან-ვისფერი კონგლომერატების შრენარი, რომელიც უმთავრესად შედგება ბაიოსის პორფირიტული სერიის ქანების გადანარეცი მასალისაგან. ეს წარმონაქმნები პირველად ბ. მეფერტმა [1] გამოყო ოდიშის დეპრესიის ჩრდილო ფერდზე „პორფირიტული კონგლომერატების“ სახელწოდებით და ბიჭვინთის კონცხის ასეთივე შედგენილობის კონგლომერატებთან ანალოგიით კიმერიულად დაათარიდა. გარდა შედგენილობისა, ამ შრენარის დამახასიათებელ ნიშნად მან მიიჩნია ინტენსიური დისლოკაცია და თვლიდა, რომ იგი უთანხმოდ არის განლაგებული კირქვის კონგლომერატის წყებაზე, რომელსაც ის მეოტურად მიიჩნევდა. შემდგომში ამ წარმონაქმნების შესახებ გეოლოგიურ ლიტერატურაში გამოთქმულ იქნა ბ. მეფერტისაგან განსხვავებული შეხედულებები. მათი სტრატობრაფიული მდებარეობის, ასაკისა და განლაგების ხასიათის შესახებ დღესაც არ არსებობს ერთიანი აზრი. არც ამ შრენარის სახელწოდება და ტაქსონომიური რანგი არის დადგენილი ადგილობრივ სტრატობრაფიულ სქემაში.

აზრთა სხვადასხვაობა გამოწვეულია იმით, რომ მკვლევართა დაკვირვებები მოიცავდა კონგლომერატების გავრცელების ცალკეულ უბნებს, სადაც მათ მართლაც განსხვავებული სტრატობრაფიული მდებარეობა, ასაკობრივი დიაპაზონი და განლაგება აქვთ. საკითხს ართულებს ის გარემოებაც, რომ ნოტიო სუბტროპიკული ჰავისა და მოვაკებული რელიეფის პირობებში კონგლომერატების გარკვეული ნაწილი ინტენსიურადაა გამოფიტული და წითელფერა თიხებად ქცეული, რაც ზოგ მკვლევარს ამ წითელმიწების დამოუკიდებელ სტრატობრაფიულ ერთეულად გამოყოფის მიზანშეწონილობას აფიქრებინებს.

ჩვენ მიერ შესრულებულმა დაკვირვებებმა, რომლებიც მოიცავდნენ კონგლომერატების გავრცელების მთელ რეგიონს ოდიშის დეპრესიიდან აღდერის რაიონამდე, საშუალება მოგვცა გავრკვეულიყავით ამ წარმონაქმნებთან დაკავშირებულ გეოლოგიურ პრობლემებში და გამოგვეთქვა შეხედულება, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს:

1) პორფირიტული კონგლომერატები მოიცავს როგორც ამ შედგენილობის ფსეფიტურ წარმონაქმნებს და მათში მოთავსებულ ფხვიერ ქვიშაქვებსა და ქვიშიან თიხებს, რომლებიც საკვლევ რეგიონში ამთავრებენ მოლასური ნალექების ქრილს, ისე კონგლომერატების გარკვეული ნაწილის გამოფიტვის შედეგად მიღებულ ქანვისფერ-წითელ თიხებს;

2) გავრცელების ჩრდილო რაიონებში პორფირიტული კონგლომერატები თანხმობით მოჰყვებიან მეოტურ-პონტურად მიჩნეულ კირქვის კონგლომერატებს ან



ფაუნისტურად დათარიღებულ პონტურ ნალექებს და მათთან ერთად ტენსისურად დისლოცირებული (შრეების დაქანების კუთხე $60^{\circ}-70^{\circ}$);

3) სამხრეთ რაიონებში ეს კონგლომერატები ასევე თანხმობით აგრძელებენ ჯერ ფაუნით დათარიღებულ და სუსტად დანაოქებულ კიმერიულ, ხოლო შემდეგ, უფრო სამხრეთით, კუილნიკურ და, შესაძლოა, გურიულ ნალექებს [2-5]. კერძოდ, გალის წყალსაცავის კაშხალთან გაშიშვლებაში თეთრი ფერის კირქვის კონგლომერატებისა და ჟანგისფერი ფხვიერი ქვიშაქვების დასტების ზევით შემდეგი ჭრილი აღინიშნება:

1. პოლიმიქტური კონგლომერატი, რომელიც შედგება კირქვების, გრანიტოიდებისა და პორფირიტების ნაგორები მასალისაგან, 2 მ.

2. მოყვითალო-ჟანგისფერი უხეშმარცვლოვანი ქარსიანი ქვიშაქვები, 1,5 მ.

3. პუდინგ-კონგლომერატი მრავალრიცხოვანი ფაუნისტური ნაშთებით, რომელთა შორის არის: *Dreissena theodori* Andrus., *Dr. iniquivalvis* (Desh.), *Didacna crassatellata* (Desh.), *Prosodacna macrodon* (Desh.), *Pr. longiuscula* Sen., *Melanopsis* sp., *Viviparus* sp., *Neritina* sp., 0,5 მ.

4. მოყვითალო ფერის ფხვიერი ქვიშაქვები მკვრივი ქვიშაქვების ლინზებით, რომლებშიც ნაპოვნია: *Dreissena angusta* (Rouss.), *Prosodacna* sp., *Melanopsis* sp., 3-4 მ.

5. მოყვითალო-ჟანგისფერი უხეშმარცვლოვანი ქვიშაქვების, ქვიშიანი თიხებისა და ქვიშების მორიგეობა, 10-12 მ.

6. მურა-ჟანგისფერი პორფირიტული კონგლომერატები მკვრივი ქვიშაქვების ლინზებით. ერთ-ერთ ასეთ ლინზაში დასტის შუა ნაწილში ნაპოვნი იქნა *Monodacna maxima* Andrus. და *Prosodana* sp., 40 მ.

აღწერილი ჭრილის მე-3 და მე-4 დასტებში დასახელებული ფაუნა შემცველი ნალექების კიმერიულ ასაკზე მიგვიითითებს, ხოლო მე-6 დასტაში ნაპოვნი *Monodacna maxima* კონგლომერატებს ზედა კიმერიულად ათარიღებს. ჭრილში შრეების დაქანების აზიმუტია $SW 230^{\circ}$, დაქანების კუთხე 10° . სამხრეთისაკენ დაქანების კუთხე მცირდება და კონგლომერატების განლაგება სუბჰორიზონტული ხდება, რის გამოც სოფლების - ჭუბურხინჯის, გალის, კობორასა და აჩიგვარას მიდამოებში გავრცელებულია მათი მხოლოდ ზედა ნაწილი, რომელშიც აღნიშნულია ჩაუდლური ფაუნა [6];

4) პორფირიტული კონგლომერატების გავრცელების ჩრდილო და სამხრეთ რაიონების ჭრილების შედარება გვიჩვენებს, რომ ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ ხდება კონგლომერატების ფუძის ასაკობრივი ცოცვა (გაახალგაზრდავება) და მათი შენაცვლება ზღვიური ნალექებით, რაც მეტყველებს ამავე მიმართულებით ზღვის სანაპირო ხაზის თანდათანობით გადმოადგილება და რეგრესიაზე. ამგვარი ვითარების გამო ჩრდილო რაიონებში კონგლომერატები მოიცავენ კიმერიულ და უფრო ახალგაზრდა წარმონაქმნებს ჩაუდურის ჩათვლით, ხოლო უკიდურეს სამხრეთში - მხოლოდ ჩაუდურს, რაც დასტურდება ფაუნისტური ნაშთებითაც. ამასვე ადასტურებს ადღერის რაიონის სოფ. ვესიოლოეს დასავლეთით პორფირიტულ კონგლომერატებში ჩვენ მიერ ნაპოვნი ფაუნაც (ი. თაქთაქიშვილის განსაზღვრა): *Dreissena angusta* (Rouss.), *Dr. rostriformis* (Desh.), *Dr. iniquivalvis* (Desh.), *Didacna crassatellata* (Desh.), *D. multistriata* (Rouss.), *Limnocardium* (?) sp., *Prosodacna* ex gr. *macrodon* (Desh.), *Plagiadacna modiolaris* (Rouss.), *Viviparus*

achatinoides Desh., *V. casaretto* Rouss. ეს ფაუნა შემცველ ნალექებს, როგორც ასაკი განსაზღვრული არ იყო, შუა და ზედა კიმერიულად ათარიღებს, მაგრამ კრილში რჩება კონგლომერატების უფრო ახალგაზრდა ნაწილიც, რომელიც ზღვის სანაპიროსაკენ ვრცელდება.

ამრიგად, პორფირიტული კონგლომერატები წარმოადგენენ რეგიონული გაცრცელების ერთიან გეოლოგიურ სხეულს, რომელიც უკავშირდება საქართველოს ბელტის კოლხეთის დაძირვის ზონის ჩრდილო ნაწილს (ოდიშის, ოჩამჩირის, გუდაუთის, ადლერის დეპრესიებს) და ლითოფაციესური და პალეონტოლოგიური მიწნების მიხედვით მიეკუთვნება სანაპირო-კონტინენტური და სანაპირო-ლითორალური ფაციესის წარმონაქმნებს. მათი სტრატოგრაფიული დიაპაზონი თავსდება კიმერიულ-ჩაუდური სართულების ფარგლებში, მაგრამ ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ ახასიათებთ ფუძის (ქვედა საზღვრის) ასაკობრივი ცოცვა და მისი თანდათანობითი გაახალგაზრდაება. კონგლომერატების წარმოშობა უკავშირდება რეგიონის გეოლოგიური განვითარების ისტორიის მოლასური ეტაპის დამამთავრებელ პერიოდს, როდესაც დენუდაციურმა პროცესებმა კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე ჩააღწიეს ბაიოსის პორფირიტული სერიის ქანებამდე და დაიწყეს მათი გადარეცხვის მასალის მასიური გამოტანა და დალექვა მთისწინეთებში.

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ნიშნის მიხედვით პორფირიტული კონგლომერატები, როგორც ლითოსტრატოგრაფიული ერთეული, ყველაზე მეტად უპასუხებს წყებას და ამ ტაქსონომიური რანგით უნდა აღინიშნოს ადგილობრივ სტრატოგრაფიულ სქემაში. მის სტრატოტიპად შეიძლება მიგველო წალენჯიხის რაიონის სოფ. ფუქის ქრილი, სადაც ეს წარმონაქმნი გამოიყო, მაგრამ ფაუნისტური ნაშთების უქონლობის გამო აქ მისი ასაკი სავარაუდოა. ამიტომ ამ მიზნისათვის შეიძლება ავირჩიოთ არეალური (ფართობული) სტრატოტიპი, რომელიც გულისხმობს გავრცელების ფართობის ფარგლებში წარმოდგენილი ქრილების ერთობლიობას. ვინაიდან პორფირიტული კონგლომერატებისათვის ასეთ არეალს წარმოადგენს კოლხეთის დაბლობის გარკვეული ნაწილი, ამ ლითოსტრატოგრაფიულ ერთეულს შეიძლება ეწოდოს „კოლხეთის წყება“. იგი ყველგან თანხმობით მოჰყვება ქვემდებარე ნალექებს და მათთან ერთად მონაწილეობს რეგიონის სტრუქტურების ფორმირებაში, წარმოადგენს რა რეგრესიული სერიის დამამთავრებელ ნაწილს.

ივ. ჭავჭავიძის სახ. თბილისის სახელმწიფო
 უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Б. Ф. Мефферт*. Труды ГГРУ, вып. 64, Л. 1931, 38 с.
2. *В. С. Алтаидзе, Ф. К. Шенгелия*. Сообщ. АН ГССР, 77, 1, 1975, 121-124.
3. *В. С. Алтаидзе, Ф. К. Шенгелия*. Сообщ. АН ГССР, 100, 3, 1980, 613-616.
4. *И. Г. Тактакишвили*. Биостратиграфия плейстоцена Западной Грузии. Тбилиси, 1984, 136 с.
5. *Ф. К. Шенгелия, В. С. Алтаидзе*. Труды ТГУ, т. 274 "География-геология". Тбилиси, 1988, 21-24.
6. *С. Г. Букия, О. В. Колосовская, Е. М. Абамелик*. Геологическая карта и карта полезных ископаемых Абхазской АССР. Объяснительная записка. М., 1971, 337 с.
7. "ზოამბე", ტ. 157, №1, 1998



მ. თოფჩიშვილი (აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ბ. ლოზანიძე

აწვარის ბრანტილოიდების შესახებ

წარმოდგენილია 16.07.1997

ცენტრალური აფხაზეთის მაღალმთიანი მხარის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში, მდ. აწვარის (მდ. კოდორის მარჯვენა შენაკადი) ზემო წელში, ჩხალთა-ლაილისა და გაგრა-ჯავის ნაოჭა ზონების სასაზღვრო ზოლის შუა-ზედალიასურ ნაღველებში გაშიშვლებულია გრანიტოიდების 0,5 კმ-მდე სიგანისა და 15 კმ სიგრძის სხეული, რომლის ასაკისა და განლაგების ხასიათის თაობაზე ორი რადიკალურად განსხვავებული მოსაზრება არსებობს.

პირველი საყურადღებო გეოლოგიურ-პეტროგრაფიული მონაცემები ამ გრანიტოიდების შესახებ გვხვდება გ. ზარიძის (1940), ს. ბუკიას და თანაავტორების (1950, 1974), დ. ჯილაურის (1953) ხელნაწერ ნაშრომებში, სადაც ნათქვამია, რომ გრანიტოიდები წარმოდგენილია შუა-ზედალიასური და ბაიოსური წარმონაქმნების გამკვეთი შრეებრივი ხასიათის (ს. ბუკია) რამდენიმე მცირე ინტრუზივით და ასაკობრივად, ალბათ, ბათურ ოროგენეტულ ფაზის უკავშირდება.

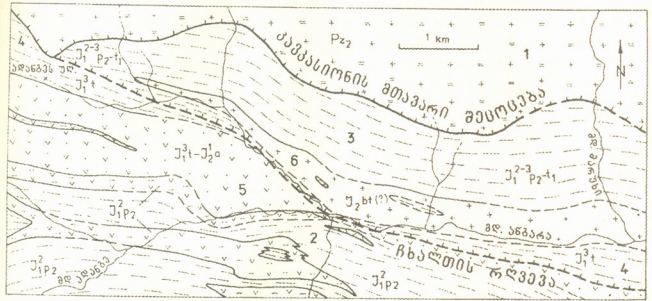
გ. ზარიძეს გრანიტოიდები აღწერილი აქვს თავის მონოგრაფიაშიც [1], სადაც მითითებულია, რომ ქანი წარმოდგენილია შუაიურული ასაკის „შედარებით დიდი ინტრუზიის“ სახით და შედგება „კვარცისაგან, ანორთოკლაზისაგან, მუსკოვიტი-საგან, აგრეთვე ქლორიტისაგან, კალიუმის მინდვრის შპატისა და აქცესორების – აპატიტისა და მადნეული მინერალისაგან“.

აწვარის გრანიტოიდები რომ ერთიან ვიწრო და საკმაოდ გამწე სხეულს აგებენ, ეს დადგენილ იქნა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოლოგიური ინსტიტუტის აფხაზეთის კომპლექსური ექსპედიციის მიერ 60-70-იან წლებში ჩატარებული მსხვილმასშტაბიანი კვლევების შედეგად. ამასთან, გამოითქვა მოსაზრება, რომ ესაა კავკასიონის ჰერცინული ფუნდამენტის ტექტონიკური სოლი ლიასურ ნაღველებში [2,3].

აწვარის ზემო წელის აუზის დეტალური სტრატოგრაფიულ-სტრუქტურული კვლევის დროს (1977-78 წწ) ჩვენ საკმაო ყურადღება დავუთმეთ თანამოსახლე გრანიტული სხეულის გეოლოგიური პოზიციის გარკვევასაც. ეს სხეული შემცველ ლიასურ ქანებთან ერთად შედარებით კარგადაა გაშიშვლებული მის დასავლეთ-ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში (სურ. 1); აღმოსავლეთით კი მდ. აწვარის მარცხენა შენაკად მარუხიდან მარჯვენა შენაკად სიბისტამდე უმეტესწილად ალუვიონით და დელუვიონ-პროლუვიონით არის დაფარული.

სხეულში გრანიტოიდულ ქანთა რამდენიმე სახესხვაობა გაირჩევა, მაგრამ გაბატონებულია და მკაფიო ინდივიდუალობით გამოირჩევა მუსკოვიტ-კალიშპატიანი გრანიტები. ისინი დინამომეტამორფიზმის მიუხედავად შედარებითი სისალით და მასიური ტექსტურით ხასიათდება. ქანი კავკასიონის მთავარი ქედის პალეო-

ზოური ორქარსიანი გრანიტოიდებისაგან განსხვავდება დაბალტემპერატურული მინერალების შემცველობითაც [3]. ქანმაშენი მინერალების (კვარცი, ალბიტიზირებული პლაგიოკლაზი, კალიუმიანი მინდვრის შპატი, მუსკოვიტი, ქლორიტი, ეპიდოტის ჯგუფის მინერალები, კალციტი და აქცესორები - აპატიტი, მადნეული მინერალი, ლიმონიტი, სფენი, ლეიკოქსენი, ცირკონი) რაოდენობრივი თანაფარდობა დიდ ფარგლებში ცვალებადობს [3].



სურ. 1. მდ. აწგარის სათავეების გეოლოგიური სქემა

1 - კავკასიონის მთაპარი ქედის გრანიტულ-მეტამორფული სუბსტრატი; 2 - კუტიკულის წყება - თიხაფიქლები, ბაზალტური პიროკლასტოლითები; 3 - აწგარის წყება - უმთავრესად თიხაფიქლები დიაბაზ-პორფირიტების ხშირი სილებით; 4 - ახეის წყება - თიხაფიქლები, ალევროლითები; 5 - აცეტუის წყება - ანდეზიტურ-ბაზალტური პიროკლასტოლითები; 6 - გრანიტოიდული ინტრუზივი.

გრანიტოიდების გამოსავალი სივრცობრივად დაკავშირებულია ავადხარა-კლიჩის სტრუქტურულ-ფაციესური ზონის [4] გვიანპლინსბახურ-ადრეტოარსული ასაკის აწგარის წყებასთან (ნაწილობრივ ტოარსულად დათარიღებულ ახეის წყების ქვედა ნაწილთანაც), რომელიც აქ განსაკუთრებით უხვად შეიცავს 1-2 მ-



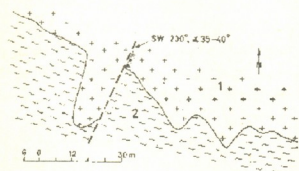
სურ. 2. გრანიტების (1) ურთიერთობა გვიანპლინსბახურ-ადრეტოარსული ასაკის შემცველ ქანებთან - თიხაფიქლებთან (2) და დიაბაზ-პორფირიტებთან (3)

დან 10-20 მ-მდე სისქის დიაბაზ-პორფირიტების შრეძარღვებს. კალიშპატიანი გრანიტები ტიპობრივი სახით, როგორც წესი, მხოლოდ მათი ზენაჩენის შუა ზოლშია წარმოდგენილი. პერიფერიულ ნაწილებში ისინი უმთავრესად მიკროგრანიტის ანდა გრანიტპორფირის სახით გვხვდება. შეიმჩნევა მათი კონტამინაციური შეცვლაც. კონტამინირება და თერმული ზეგავლენა ემჩნევა შემცველ ქანებსაც - თიხაფიქლებს, ალევროლითებს, დიაბაზ-პორფირიტებს. მათში ზოგან გრანიტული აპოფიზებიც შეინიშნება (სურ. 2).



მთელ გრანიტულ სხეულში ძალზე ხშირად გვხვდება დასახელებული შემცველი ქანების სახეცვლილი (არცთუ იშვიათად შეცხოვის ნიშნებითაც) ქსენოლითები, რომელთაგან ზოგიერთი საკმაოდ დიდი ზომისაა. მათი კონტური ბევრგან უსწორმასწორო-დაკბილულია. ნათლად გამოსახული კლაკნილი ფორმის არის ხოლმე გრანიტებისა და შემცველი ქანების უშუალო კონტაქტიც. ამის ერთ-ერთ ნათელ მაგალითს იძლევა, კერძოდ, მდ. აწგარის მარცხენა ნაპირზე, მის ზემოდან მე-5 მარცხენა შენაკადის ოდნავ აღმოსავლეთით არსებული 100 მ-მდე სიგრძის ფლატესებური გაშლვლება, სადაც ახეის წყების ალევროლითური თიხაფიქლების დასტა (კარბონატული ქვიშაქვების კონკრეციებითა და ლინზებით) სამხრეთიდან უშუალოდ ეხება გრანიტებს. კონტაქტი მკვეთრად უსწორმასწოროა (სურ. 3), ალაგ-ალაგ შეცხოვილი ბუნების. ამასთან, შეხების ადგილზე გრანიტები თითქმის მთლიანად გაკვარცებულია, თიხაფიქლები კი - გაშვებულ-გამომწვარი და თანაც ხასიათდება კვარცის ანომალურად უხვი ძარღვაკებითა და ცალკეული დაგროვებებით.

სხეულის დასავლეთ კიდეში (აღანგეს უღელტეხილიდან აღმოსავლეთით 1 კმ დაშორებით), მდ. პატარა აღანგეს მარცხენა პირველ შენაკადში გრანიტების ჩრდილო კონტაქტთან ფიქსირებულია 30 მ-მდე სიგრძისა და 4-10 მ სიგანის უდავოდ პალეოზოური ქანებიც - ინეცირებული ფიქლები და პლაგიოგენისები [3], რომლებსაც გარკვეულად შემთხვევითი მდებარეობა აქვთ: მათი გენისებრივობის მიმართება (დაქ. აზ. $E 90^{\circ}, 75-80^{\circ}$) გრანიტისა და შემცველი ლიასური ქანების კავკასიური მიმართების თითქმის მართობულია (სურ. 4). აქ გრანიტისა და, ალბათ, მასში მოქცეული პალეოზოური ქანების კონტაქტურ ნაწილში ჩანს კვარცისა და კვარციტების ხვინჭით, ქვარგვალეებით, ნატეხებით და კრისტალური ფიქლების მასალის „ცემენტით“ წარმოდგენილი ბრექჩია-კონგლომერატი, რომლის მსგავსი „ქანები“ სხვა ადგილებშიც, არსებითად შმუშვნის ზონებში, ხშირად გვხვდება ხოლმე. ეს „გამოშენობი“ ბრექჩია-კონგლომერატი, მკვლევართა ნაწილის [2,3] შეხედულებისაგან განსხვავებით, ქვედალიასურის, სახელდობრ სინემურულის, გრანიტ-მიგმატიტებზე ტრანსგრესიული განლაგების დამადასტურებლად ვერ ჩაითვლება თუნდაც იმის გამო, რომ მათი შემცველი აწგარის წყების ნალექები, როგორც უკვე ითქვა, ზედაპლინსბახურ-ქვედატოარსულია [4], ხოლო ტრანსგრესიული ხასიათის (ბაზალური კონგლომერატი) სინემურული ნალექები - ლაშიფსეს წყება, ისევე როგორც ქვედაპლინსბახური ავადხარის წყება, აღწერილ ზოლში მთლიანადაა გამოვარდნილი კავკასიონის „მთავარი შეცოცების“ შედეგად.

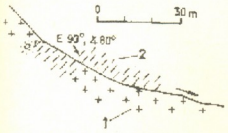


სურ. 3. გრანიტებისა (1) და შემცველი ტოარსული ალევროლითური თიხაფიქლების (2) კონტაქტის ხასიათი

კრისტალური ფიქლების, დამორჩილებულად ამფიბოლიტების და კვარციტების [3] პრობლემატური ზენაჩენი ფიქსირებულია გრანიტოიდების გამოსავლის ESE დაბოლოებასთანაც (მდ. სიბისტის შესართავის ოდნავ დასავლეთით). ამ ფაქტის ასახსენ-

ლად ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ აქაც საქმე გვაქვს გრანიტოიდებში უფრო ძველ ალუროამდელი კრისტალინიკუმის - ქანების ჩათრევა-შეტაცეხასთან (საკმაოდ დიდი ზომის ქსენოლითის სახით), ანდა კავკასიონის „მთავარი შეცოცების“ ზედა, ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ გადმოადგილებულ ბაგედან მოწყვეტილ-დაცოცებულ ბელტთან. სავსებით დასაშვებია, რომ აღწერილ გრანიტულ სხეულში ჩათრეულ-შეტაცეხული იყოს პალეოზოური ასაკის სხვადასხვა გრანიტოიდული ქანებიც (პლაგიოგრანიტები, პლაგიოგრანოდიორიტები, გრანოდიორიტები და სხვ.). საგულისხმოა ამ სხეულის უმთავრეს შემადგენელ ქანში „ნეოინტრუზიები-სთვის“ დამახასიათებელი ანორთოკლასის შემცველობა [1] და თვით სხეულის დაიკისებრი ფორმაც. მხედველობაშია მისაღები ისიც, რომ სამხრეთი ფერდის ცენტრალური აფხაზეთის სეგმენტისათვის დამახასიათებელი თვისებაა მის ფარგლებში ბათური გრანიტოიდული მაგმატიზმის ფართო გამოვლენა [2]. რაც შეეხება აწგარის გრანიტოიდული სხეულის კონფორმულობას, ის შექმნილი უნდა იყოს გრანიტოიდებისა და შემცველი ქანების ერთდროული დეფორმაციის შედეგად. ამ სხვადასხვა ფიზიკური თვისებების მქონე ქანებზე შუა-გვიანალპური დეფორმაციების ზეგავლენით უნდა აიხსნას მათ შორის „ტექტონიკური კონტაქტების“ არსებობის ფაქტებიც, რაც მეორადი წარმოშობის ხასიათს ატარებს. ყოველ შემთხვევაში აღწერილი ვიწრო (200-500 მ) სხეულის და, რაც მთავარია, მასში 30-70 მ სიგანის ლიასური თიხაფიქლების „ზოლების“, აგრეთვე მის პერიფერიებში „მცირე სისქის (5-დან 25 მ-მდე) გრანიტოიდების ქერცლების“ [3] არსებობის რღვევების მეშვეობით ახსნისათვის საჭირო ხდება ერთიმეორისაგან ესოდენ უმნიშვნელო მანძილებით დაშორებული შეკუმშვისა და გაკიმვის ტიპის დიზიუნქტივების - შესხლეტებისა და ნასხლეტების რამდენიმე შეწყვილების დაშვება. ამასთან, თითოეული შესხლეტისა და ნასხლეტის ვერტიკალური ამპლიტუდა 750 მ-მდე (გაუშვიშვლებელი სინემურულ-პლინსახური ლაშიფსესა და ავადხარის წყებების მიწმალური სიმძლავრის ტოლი) მაინც უნდა იყოს. ასეთი მექანიზმის, მით უმეტეს სამხრეთი ფერდის ტექტონიკური სტილისთვის, ძნელი წარმოსადგენია.

მოყვანილი ფაქტობრივი მასალისა და სხვა ზოგადგეოლოგიური მოსაზრებების საფუძველზე ჩვენ მივედით დასკვნამდე, რომ აწგარის გრანიტოიდები უფრო სინტექტოგენურ-ინტრუზიული ხასიათისაა და, ალბათ, ბათურად უნდა დათარიღდეს.



სურ. 4. მერიდიანული მიმართების მქონე მეტამორფიტების (2) განლაგება სუბგანედურად ორიენტირებულ გრანიტოიდულ სხეულში (1); მდ. პატარა ადუაგეს მარცხენა შენაკადის კალაპოტი.

რაც შეეხება ამ გრანიტოიდებიდან მუსკოვიტის რადიომეტრული გაზომვებით (მ. რუბინშტეინი) მიღებულ ორ გვიანკარბონულამდე ციფრს (2,3), ეს შესაძლოა იმითაც აიხსნას, რომ გრანიტული სხეული ეტყობა პალეოზოური გრანიტოიდების ჩანართებსაც შეიცავს. ამავე გარემოებით შეიძლება აიხსნას სხეულში პალეოზოურისათვის დამახასიათებელი მუსკოვიტიან-მიკროკლინიანი გრანიტოიდების არსებობა [3], თუმცა ანალოგიური გრანიტოიდები არც პოსტპალეოზოური დრო-

ისათვის არის უცხო [1,5].

სხეულის შემადგენელი ძირითადი ქანი, ისევე როგორც მთავარი ქედის ზონის შუაიურული ინტრუზიული გრანიტოიდები (ო. დუდაური), ჩანს, პალინგენური ბუნებისაა; მისი შედგენილობა საწყისი ქანების (პალეოზოური გრანიტოიდების?) ნივთიერი შედგენილობით უნდა იყოს განპირობებული. ასე რომ, აწგარის მცირე ზომისა და შედარებით ნაკლები სიღრმის ინტრუზიის ფორმირების მექანიზმის ასახსნელად პრიმატი ჰერცინული კრისტალური სუმსტრატის სელექციური გადნობისა და გამოწვევის კონცეფციას უნდა მიენიჭოს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ალ. ჯანელიძის სახ. გეოლოგიური ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Г. М. Заридзе*. Петрография Магматических и метаморфических пород Грузии. М., 1961.
2. *Ш. А. Адамия*. Тектоника и геологическая история Абхазии. Тбилиси, 1977.
3. *О. З. Дудаური, Д. Н. Кеңховели, М. Г. Тогоნიძე, Д. М. Шенгелиა*. Сообщения АН ГССР, 71. 1, 1973.
4. *М. Б. Топчишвили*. Стратиграфия нижнеюрских и ааленских отложений Грузии. Тбилиси, 1996.
5. *Р. М. Манвелиძე*. Геолого-петрографическое значение калишпатов гранитоидов Грузии. Тбилиси, 1983.



ი. მიქაძე, რ. კაკუზავა, შ. ნახუშია

ლოდინის ვირტუალური დროის ამოცანის განაწილება

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ფრანგივილმა 30.12.1997

გამოკვლეულია მომსახურების არასაიმედო სისტემა, რომელშიც შედის განაცხადთა ნაკადი ერთნაგის მიმდევრობით-პარალელური სქემის მიხედვით; მტყუნებათა ნაკადიც ასეთივე ტიპისაა. ქმედუნარიანობის კონტროლი იდეალურია და მყისიერად აფიქსირებს სისტემის მტყუნებას, რომელიც მაშინვე გადაეცემა აღსადგენად. სისტემის აღდგენის დრო შემთხვევითი სიდიდისაა ზოგადი განაწილებით. ლოდინის დრო და რიგის სიგრძე შემოუსაზღვრელია.

ლოდინის ვირტუალური დროის ცნება შემოიღო ტაკაჩმა. მანვე გააკეთა მისი ალბათური ანალიზი ერთარხიანი იდეალური სისტემისათვის, როცა შემავალი ნაკადი პუასონურია [1]. წარმოდგენილი ნაშრომი იძლევა ტაკაჩის ამოცანის არსებით განზოგადებას.

შემოღებულია ფუნქციები: $q_{cd}^{(ij)}(t, u) du = \mathbf{P}\{$ დროის t მომენტში სისტემა ვერ შეძლებს მომსახურების დაწყებას, დროის $(u, u+du)$ ინტერვალში მომსახურების დაწყება შესაძლებელია, დროის t მომენტში მტყუნებათა ნაკადის სქემა იმყოფება (c, d) მდგომარეობაში, შემავალი ნაკადის სქემა (i, j) მდგომარეობაში; $R_{cd}^{(ij)}(t)$ გამოხატავს სისტემის თავისუფალ, ქმედუნარიან მდგომარეობაში ყოფნის ალბათობას. (i, j) და (c, d) ინდექსების აზრი წინა შემთხვევის ანალოგიურია; $H_{ij}^{c,d}(u) = \mathbf{P}\{$ მომსახურების დრო $\xi < u$ (i, j) და (c, d) ინდექსების აზრი წინა შემთხვევების ანალოგიურია $\}$.

$$H_i^{(c,d)}(u) = \sum_j H_{ij}^{(c,d)}(u); H_i(u) = \sum_i \sum_c \sum_d H_{ij}^{(c,d)}(u).$$

ამ ფუნქციების მიმართ შედგენილია კერძოწარმოებულებიანი დიფერენციალური და ინტეგრალ-დიფერენციალური განტოლებათა სისტემები, რომელთა ამოხსნა შესაძლებელია ლაპლასის გარდაქმნის ტერმინებში. საბოლოოდ მიიღება ლოდინის ვირტუალური დროის განაწილების ფუნქციის ლაპლას-სტილტიესის გამოხატულება.

ლიტერატურა

1. А. Такач. Теория вероятностей и её применения. 2, 1, 1957, 92 – 105.

მ. ჭიშკრიძე

ჰალოფილური მცენარეულობის ორიზინალური ტიპი საქართველოში
მთიანეთში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ნახუტაშვილმა 10.06.1997

საქართველოს მთიანეთში იშვიათად გვხვდება თავისებური ტიპის ჰალოფილური მცენარეულობა, რომელიც გავრცელებულია 500 მ-დან 1500 მ-მდე ზღვის დონიდან. იგი განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს იმის გამო, რომ არსებითად განვითარებულია ტყის სარტყელში, სადაც ფრაგმენტულად, შესატყვის ეკოტოპებზე, წარმოდგენილია მთის ქსეროფილური მცენარეულობა.

ამჟამად ვეხებით ამგვარი მცენარეული კომპლექსების ორ კერას, რომელიც მდებარეობს აღმოსავლეთ საქართველოს ცენტრალურ ნაწილში – შიდა ქართლსა და მდინარე მტკვრის ზემო წელში – მესხეთში. ჰალოფილური ბუნების ფიტოცენოზები განვითარებულია ბედლენდებზე თითქმის ყველა ექსპოზიციის, ნაირგვარი დაქანების მქონე ფერდობებზე, ადვილადხსნადი ქარბმარილიანი, თაბაშირის შემცველი ძირითადი ქანების გამოფიტვის ქერქსა და დამლშებულ თიხნარ ნიადაგებზე. ამგვარი ადგილები ხასიათდებიან ფიზიკური თუ ფიზიოლოგიური სიმშრალით და მშრალი მიკროკლიმატით.

ეკოტოპის საერთო მდგომარეობისაგან, მათ შორის სუბსტრატში თაბაშირის შემცველობის და დამლშების ხარისხისაგან დამოკიდებულებით მცენარეულობის საერთო დაფარულობა დიდ ფარგლებში მერყეობს. ჰალოფილური მცენარეულობა მცენარეული საფარის სტრუქტურით და სახეობრივი შედგენილობით უდაბნოს მცენარეულობის ანალოგიურია, ხასიათდება ფლორის სიღარიბით, მოზაიკურობით და კომპლექსურობით. თავისებურია ამგვარი ედაფოგენური უდაბნოს ლანდშაფტი. ბედლენდების გადარგვალეული გორაკების ზედა ნაწილსა და ციცაბო ფერდობებზე მცენარეული საფარი თითქმის განუვითარებელია, რაც ძირითადად წვიმისმიერი და ქარისმიერი ეროზიის ინტენსიური მიმდინარეობით არის გამოწვეული. ასეთ ეკოტოპებზე გაფანტულად იზრდება უდაბნოს და ნახევრადუდაბნოს ზოგიერთი ტიპური მცენარე, როგორცაა მაგალითად *Reaumuria alternifolia* (Labill.) Britten, *Suaeda dendroides* (C.A. Mey.) Moq., *Salsola nodulosa* (Moq.) Iljin, *Camphorosma monspeliaca* L. და სხვა. ამ ნახევრადუდაბნოებში შექმნილია ღია, შეუკრეველი ტიპის ფიტოცენოზები – *Reaumurioso-salsoleto camphorosmetum*.

ამგვარ ფიტოცენოზებში ფიტომასის საერთო დაფარულობა 5-10%-ს არ აღემატება. მასში დიფუზურადაა შერეული *Podospermum idae* Sosn. (*Scorzonera idae* (Sosn.) Lipsch.), ხოლო შედარებით მშვიდ ზედაპირებზე ლაქობრივი ფრაგმენტების სახით განვითარებულია ეფემერული ბუნების სინუზიები, რომელთაც ზოგან ქმნის ქონდარა მარცვლოვნები *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. et Spach ან *Trachynia distachya* (L.) Link, ხოლო ზოგან სუკულენტური ბიომორფა *Gamanthus pilosus* (Pall.) Bunge ანდა *Bupleurum wittmanii* Stev. ეს უკანასკნელი სახეობა და ქონდარა მარცვლოვნები

ზაფხულის მეორე ნახევარში ხშირად ჩამხმარია და მათი არსებობის კვალი ფიტოცენოზებში არსებითად არ ჩანს. დასახელებული მცენარეების ლაქობრივი სინუსიები მეტწილად მონოდომინანტური მიკროცენოზების სახითაა წარმოდგენილი.

ზემოთ აღნიშნული სახეობების უმეტესობა საკმაოდ მაღალკონსტანტურია, ხოლო ნაკლებად კონსტანტური სახეობებიდან შეიძლება დავასახელოთ *Malcolmia africana* (L.) R. Br., *Suchtelenia calycina* (C.A. Mey.) A.DC., *Zygophyllum fabago* L. და სხვა. აღსანიშნავია, რომ ამ უკანასკნელი სახეობის სიცოცხლეობა აღნიშნული ტიპის ფიტოცენოზებში მეტწილად დაქვეითებულია, რაც შესაძლებელია ედაფური პირობების უკიდურესი სიმკაცრით აიხსნას.

ფერდობების ქვედა ნაწილში, პროლუვეიალურ-დელუვეიალურ ნაფენებზე განვითარებული ჰალოფილური მცენარეულობის საერთო დაფარულობა ზოგჯერ 50-60%-ს აღწევს. ასეთ ადგილსამყოფელოებზე ხშირად წარმოდგენილია *Puccinellioso - atriplexeto - nitrarietum*. მისი ფლორა შედარებით მდიდარია, ჰეტეროგენური და კომპლექსური. ტიპური ჰალოფიტების გარდა ფიტოცენოზებში მონაწილეობს ზოგი ისეთი სახეობა, რომელთა ეკოფიტოცენოტიკური არეალი მცენარეულობის სხვა ტიპებთანაა დაკავშირებული.

დასახელებული ტიპის ფიტოცენოზთა კონსტანტური სახეობებიდან აღსანიშნავია *Nitraria schoberi* L., *Atriplex cana* C.A. Mey. [1], *Puccinellia bulbosa* (Grossh.) Grossh., *Kochia prostrata* (L.) Schrad., *Sosnowskya amblyolepis* (Ledeb.) A. Takht., *Amberboa glauca* (Willd.) Grossh., *Ceratoides papposa* Botsch. et Ikonn. (*Eurotia ceratoides* (L.) C.A. Mey.) და სხვა, ხოლო არაკონსტანტური სახეობებიდან შეიძლება დავასახელოთ *Stachys fruticulosa* Bieb., *Berberis iberica* Bieb., *Astragalus cyri* Fom., *Callicephalus nitens* (Bieb.) C.A. Mey., მშრალი ხევის პირებზე მოზარდი მეტად იშვიათი სახეობა - *Rhamnus spathulifolia* Fisch. et Mey. და სხვა. ეს უკანასკნელი ჰიბრიდოგენური წარმოშობის სახეობად არის მიჩნეული და უეჭველად მეტ ყურადღებას იმსახურებს. ამგვარი ფიტოცენოზები მეტწილად ჩრდილოეთის და დასავლეთის ექსპოზიციის ფერდობებთან არის დაკავშირებული. შედარებით უკეთესადაა უზრუნველყოფილი ტენით, უმთავრესად მლაშე გრუნტის წყლების ზედაპირთან ახლოს მდებარეობის გამო. ამ ტიპის ფიტოცენოზები ხასიათდება შედარებით რთული სინუსიური და მორფოლოგიური სტრუქტურით.

დასახელებული ტიპის ედაფოგენური უდაბნოს და ნახევრადუდაბნოს ფლორაში წარმოდგენილია შედარებით ვიწრო ენდემები და ფართოდ გავრცელებული სახეობები ფრიად თავისებური დიზუნქციური არეალებით, რომელთაც დიდი მნიშვნელობა აქვთ გეოგრაფიული კავშირების გამოსარკვევად და საქართველოს ფლორისა და მცენარეულობის ფორმირების ისტორიის შეცნობისათვის.

აღწერილი ტიპის ჰალოფილური მცენარეულობის ფლორის ბოტანიკურ-გეოგრაფიული ანალიზის საფუძველსა და პალეოგეოგრაფიულ მონაცემებზე დაყრდნობით მიღებულია შემდეგი დასკვნა.

საქართველოს გამოკვლეულ კერებში ჰალოფილური მცენარეულობის ფლორის ძირითადი ბირთვი ნაირხნოვანია და შედგება აფრიკა-აზიური უდაბნოების სხვადასხვა რეგიონებში წარმოშობილი სახეობებისაგან და მათ ბაზაზე წარმოქმნილი საქართველოს თუ კავკასიის ნეოენდემებისაგან. ამასთანავე, ფართო დიზუნქციური არეალის მქონე



სახეობათა მიგრაცია საქართველოში უნდა განხორციელებულიყო განსხვავებული გზებით მესამეული პერიოდის სხვადასხვა ეპოქებში აფრიკა-აზიური ოლქის სხვადასხვა რეგიონებიდან.

ჰალოფილური მცენარეულობის გამოკვლეული ტიპის ფლორის ზოროლოგიური სტრუქტურა შედარებით მარტივია. ობლიგატი ჰალოფიტების აბსოლუტური უმეტესობა ფლოროგენეტიკურად დაკავშირებულია უძველესი ხმელთაშუაზღვეთის ფლორისტულ სამყაროსთან. ეს ისტორიული ბოტანიკურ-გეოგრაფიული ერთეული თავისი არსით ეთანაბრება ლავრენკოს [2] მიერ სახელდებულ საჰარა-გობის, ანუ აფრიკა-აზიის უდაბნოების ოლქს.

სხვაგვარ ბოტანიკურ-გეოგრაფიულ რეგიონში კუნძულებრივი გავრცელების მიუხედავად ჰალოფილური მცენარეულობის გამოკვლეული კერები ფლორის შედგენილობით შედარებით ღარიბია, მაგრამ გამოირჩევა მრავალმხრივი ორიგინალობით და შინაარსობრივად მიეკუთვნება მტკვარ-არაქსის პაროენციას, რომელიც საჰარა-გობის უდაბნოების ოლქის ირან-თურანის ქვეოლქის შემადგენელი ნაწილია.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. მ. ქიქრიძე. საქართველოს მცენარეობათა აკადემიის მოამბე, 150, 2, 1994, 319-321.
2. *Е. М. Лавренко. Основные черты ботанической географии пустынь Евразии и Северной Африки. М.-Л., 1962, 167 с.*

მ. ახალკაცი, ბ. ღვალაძე, ნ. თარალაშვილი

PRIMULA ALGIDA-სა და *PRIMULA AMOENA*-ს
(*PRIMULACEAE*) ემბრიოლოგია

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ნახუცრიშვილმა 8.05.1997

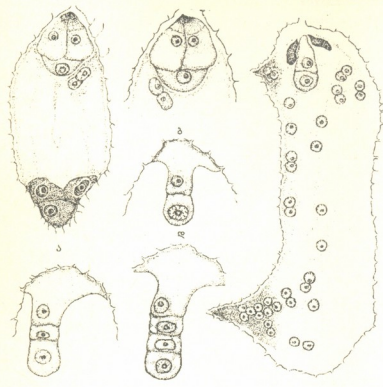
ადრინდელი გამოკვლევები *Primulaceae*-ს ემბრიოლოგიის შესახებ [1-5] შეჯამებულია ტ. მამეტიევას [6] მიერ. ამ შრომებში განხილულია *primula*-ს გვარისათვის დამახასიათებელი ძირითადი ნიშან-თვისებები. ეს ინფორმაცია ეფუძნება გვარ *Primula*-ს დღემდე შესწავლილ 9 სახეობაზე მიღებულ მონაცემებს, მაშინ, როცა აღნიშნული გვარი 500-ზე მეტი სახეობით არის წარმოდგენილი [7]. გვარ *Primula*-ს საქართველოში გავრცელებული სახეობებიდან შესწავლილია მხოლოდ ერთი სახეობა – *P. bayernii* [8,9].

წინამდებარე ნაშრომში აღწერილია თესლკვირტის განვითარების თავისებურებანი მისი ჩამოყალიბებიდან თესლის მომწიფებამდე ემბრიოლოგიურად შეუსწავლელ ორ სახეობაში – *Primula algida* Adam-სა და *P. amoena* Bieb.-ში.

მასალა ავიღეთ ცენტრალურ კავკასიონზე, ყაზბეგის რაიონში, სამების მიმდებარე ტერიტორიაზე. ყვავილები და ნაყოფები განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე ფიქსირდებოდა ხსნარში – ფორმალინი, ყინულოვანი ძმარმჟავა და 70° სპირტი (შეფარდებით 5:5:90). მუდმივი პრეპარატები მზადდებოდა მიკროტექნიკაში ცნობილი წესით კამელინას და სხვ. მიხედვით [10]. პრეპარატებს შევისწავლიდით სინათლის მიკროსკოპით „პოლივარი“ (აესტრია, „რაინერტი“).

შესწავლილი სახეობების თესლკვირტისა და თესლის სტრუქტურა დიდ მსგავსებას ამჟღავნებს, თუმცა ნანახი იქნა ზოგიერთი სახეობასპეციფიკური თავისებურებაც.

თესლკვირტი ორსაფრიანია, ტენუინუცელატური. გარე ინტეგუმენტი სამშრიანია, შედგება ორი ეპიდერმული შრისა და შუა პარენქიმული უჯრედების შრისაგან. შიდა ინტეგუმენტი წარმოდგენილია გარე ეპიდერმული შრით, შუა პარენქიმისებური უჯრედების 5-6 შრით და უკიდურესად შიდა შრით, რომელიც დიფერენცირდება ინტეგუმენტურ ტაპეტუმად. მიკროპილეს წარმოქმნაში ორივე ინტეგუმენტი მონაწილეობს. ნუცელუსი თავდაპირველად წარმოდგენილია უჯრედთა ერთი შრით, რომელიც შემოსაზღვრავს ჩანასახის პარკს. მოგვიანებით, ჩანასახის პარკის მომწიფებისას, მზარდი ჩანასახის პარკი მექანიკურად ავიწროებს და პრესავს ნუცელუსის უჯრედებს, რაც მათ დეგენერაციას განაპირობებს. მწიფე თესლკვირტში ნუცელუსი საერთოდ აღარ შეინიშნება და ჩანასახის პარკი უშუალოდ ებჯინება ინტეგუმენტურ ტაპეტუმს. თესლკვირტში ფორმირდება არქესპორიუმის მხოლოდ ერთი უჯრედი, რომელიც გადაიქცევა მეგასპორების დედა უჯრედად. წარმოქმნილი ზახისებრი ტეტრადიდან ქალაძური მეგასპორა დასაბამს აძლევს *Polygonum*-ტიპის ჩანასახის პარკს (სურ. 1ა). ახლად ფორმირებული ჩანასახის პარკი შეიცავს კვერცხუჯრედის აპარატს – კვერცხუჯრედითა და ორი სინერგიდით, ცენტრალურ უჯრედს ორი პოლარული ბირთ-



სურ. 1. ა - ახლად ფორმირებული ჩანასახის პარკი *P. algida*-ში; ბ - განაყოფიერებისთვის მზა ჩანასახის პარკი *P. algida*-ში; გ - ნუკლეარული ენდოსპერმი *P. amoena*-ში; დ-ე - ორუჯრედიანი, სამუჯრედიანი ოთხუჯრედიანი ჩანასახი *P. amoena*-ში

ვით და სამ ანტიპოდას. ჩანასახის პარკში კვერცხუჯრედს ფარულთესლოვანთათვის დამახასიათებელი აგებულება აქვს (სურ. 1 ა, ბ): კვერცხუჯრედის მიკროპილური ნაწილი უკავია დიდი ზომის ვაკუოლს, ხოლო ბირთვი და ციტოპლაზმის ძირითადი ნაწილი მოთავსებულია ქალატურ ნაწილში. სინერგიდები ასევე ამჟღავნებს ფარულთესლოვანთათვის დამახასიათებელ პოლარიზაციას - ბირთვით და ციტოპლაზმით მიკროპილურ ნაწილში და ვაკუოლით - ქალატურში (სურ. 1 ა, ბ). ჩვენს მიერ ჩანასახი შებრუნებული პოლარიზაციის მქონე სინერგიდებიც. მათ ჩვენ განვიხილავთ, როგორც კვერცხუჯრედის მსგავს სინერგიდებს. ანტიპოდები ეფემერულია. მათი დეგენერაციის შემდეგ ცენტრალური უჯრედის ქალატური ნაწილი მნიშვნელოვნად გრძელდება და წარმოქმნის ჰაუსტორიულ გამონაზარდს.

რიულ გამონაზარდს ქალაძისა და ფუნიკულუსის მიმართულებით. პოლარული ბირთვები, მოთავსებული კვერცხუჯრედის აპარატთან ახლოს, არ უერთდება ერთმანეთს განაყოფიერებამდე (სურ. 1 ა, ბ).

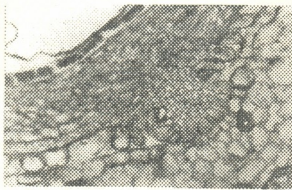
განაყოფიერება პოროგამულია. მტერის მილი გაივლის მიკროპილეს და შედის ჩანასახის პარკში ერთ-ერთი სინერგიდის გავლით, რომელიც დეგენერირდება. მეორე სინერგიდა ზიგოტის პირველ გაყოფამდე არ განიცდის შესამჩნევ ცვლილებებს. პროემბრიოს ჩამოყალიბების პროცესში იგი დეგენერირდება (სურ. 1 გ). ორმაგი განაყოფიერებისას, როგორც წესი, სამმაგი შერწყმა წინ უსწრებს სინგამიას. აღწერილი ქნა სამმაგი შერწყმის ორი ფორმა, ერთ შემთხვევაში, თავდაპირველად ხდება ორი პოლარული ბირთვის შერწყმა და მეორადი ბირთვი მამინვე უერთდება მამრობით პრონუკლეუსს. მეორე შემთხვევაში მამრობითი პრონუკლეუსი უერთდება მიკროპილურ პოლარულ ბირთვს, შემდეგ კი ეს დიპლოიდური ბირთვი უერთდება ქალატურ პოლარულ ბირთვს.

ენდოსპერმის პირველადი ბირთვი ზიგოტაზე ადრე იყოფა. ენდოსპერმი ნუკლეარულია (სურ. 1 გ). ენდოსპერმის პირველი 4-5 მიტოზური გაყოფა სინქრონულია, შემდეგი გაყოფები კი ასინქრონული ხდება. უჯრედულ ენდოსპერმში გარე შრე დიფერენცირდება ეპიდერმისის მსგავს სტრუქტურად. ენდოსპერმის ქალატური ნაწილი წარმოქმნის ჰაუსტორიულ გამონაზარდს (სურ. 1 გ), რომელიც, შეიჭრება რა თესლკვირტის ქსოვილებში, განაპირობებს მისი უჯრედების დეგენერაციასა და ნარჩენების უტილიზაციას.

ემბრიოგენეზი მიმდინარეობს *Caryophyllad* – ტიპის მიხედვით (სურ. 1 გ-ვ). ჩანასახში კარგად არის გამოხატული ერთუჯრედიანი საკილარი (სურ. 1 დ-ვ), დაწყებული გვიანი ორუჯრედიანი ფაზიდან. მწიფე თესლი შედგება ჩანასახისაგან ტორპედოს სტადიაზე, უჯრედული ენდოსპერმისა და თესლის კანისაგან. თესლის კანი წარმოადგენს გარე სქელკედლიანი უჯრედების შრეს და შიდა მემბრანისებურ აპკს, რომელსაც ქმნის ინტეგუმენტების მკვდარი უჯრედების ნარჩენები.

ნაწახი იქნა *P. algida*-სა და *P. amoena*-ს ზოგიერთი სახეობასპეციფიკური თავისებურება.

P. algida-ში თესლკვირტი ანატროპულია. ამასთანავე, ტიპური ანატროპული ფორმა თესლკვირტს გააჩნია ჩამოყალიბებიდან განაყოფიერებამდე. თესლკვირტი განაყოფიერებისთანავე მნიშვნელოვნად იზრდება სიგანეში და იღებს არათანაბრად გაბერილ ფორმას. ფუნიკულუსი სიგრძივ ანათალზე 3-4-შრიანი, ხოლო ტანგენციალურ ანათალზე – 18-20-შრიანი. *P. amoena*-ში თესლკვირტი ჰემიანატროპულია. მოკლე მრგვალი ფუნიკულუსი 8-9-შრიანი, რომელიც აერთებს პლაცენტას ქალაქსთან (სურ. 2). ზიგოტის პირველი გაყოფა *P. algida*-ში ხორციელდება ენდოსპერმის 32-64-ბირთვიან ფაზაზე, ხოლო *P. amoena*-ში – 64-128-ბირთვიან ფაზაზე. ენდოსპერმის გაუჯრედება *P. algida*-ში იწყება 16 ბირთვის წარმოქმნის შემდეგ, *P. amoena*-ში კი ეს პროცესი რამდენიმე ასეული ბირთვის წარმოქმნის შემდეგ მიმდინარეობს. *P. amoena*-ში ენდოსპერმი ქალაქური ჰაუსტორიუმის გარდა წარმოქმნის გვერდით ჰაუსტორიულ გამონაზარდს (სურ. 1 გ), რომელიც, შეიქრება რა ინტეგუმენტური ტაპეტუმის უჯრედებს შორის, იწვევს მათ დეგენერაციას და ნარჩენების უტილიზაციას.



სურ. 2. ფუნიკულუსის კონტაქტი პლაცენტასთან *P. amoena*-ში

პოლიემბრიონიის ფენომენი აღწერილია *P. amoena*-თვის. დამატებითი ჩანასახი წარმოიქმნება კვერცხუჯრედისებური სინერგიდიდან აპოგამურად. ჩვენს მიერ მიღებული შედეგების თანახმად, ზოგიერთი თავისებურება განხილულ უნდა იქნეს, როგორც სახეობასპეციფიკური. მათ რიცხვს განეკუთვნება თესლკვირტის ფორმა, ზიგოტისა და ენდოსპერმის განვითარების ტემპები, პოლიემბრიონიის ფენომენი, ენდოსპერმში ჰაუსტორიუმის ლოკალიზაციის ხასიათი. აღნიშნული ნიშან-თვისებები შესაძლოა დაკავშირებულია კონკრეტული სახეობის რეპროდუქციულ თავისებურებებთან, რაც განაპირობებს მათ ეფექტურ გამრავლებას გავრცელების არეალში.

წინამდებარე ნაშრომში მოცემული სამუშაოს შესრულება გარკვეულწილად შესაძლებელი გახდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გრანტის №13-3 დახმარებით.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ნ. კეცხოველის სახელობის ბოტანიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *W. Hofmeister*: Jahrb. Wiss. Bot., **1**, 1858, 101-103.
2. *I. Scott*. Proc. Linn. Soc. London, **8**, 1864, 78-126.
3. *K. Subramanyam, L.L. Narayana*. Phytomorphology, **18**, 1, 1968, 105-113.
4. *Ф. В. Каграманова*. Цитогэмбриологическое исследование растений флоры Азербайджана. Баку, 82-92.
5. *A.J. Richards, H.V. Ibrahim*. New Phytologist, **90**, 2, 1982, 305-314.
6. *Т. Б. Маметьева*. Сравнительная эмбриология цветковых растений. Ленинград, 1983, 241-243.
7. *Y.J. Nasir*. Willdenowia, **15**, 2, 1986, 475-483.
8. *М. И. Гачечиладзе*. Бот. журнал. С.-Петербург, **78**, 1993, 93-96.
9. *Л. Кобахидзе, Ц. Микатадзе-Панцулаია, М. Гачечиладзе, З. Гамцемлидзе, К. Жгенти*. 1997 (сдано).
10. *О. Н. Камелина, О. Б. Проскурина, Н. А. Зинкина*. Бот. журнал. С.-Петербург, **77**, 4, 1992, 93-96.

მ. თათაროვილი

ამარილისისებრთა (AMARYLLIDACEAE) ოჯახის ზოგიერთი წარმომადგენლის ბიოეკოლოგია და ინტროდუქცია აჭარის შავი ზღვის სანაპიროზე

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ნახუციანიშვილმა 19.06.1997

ამარილისისებრთა ოჯახის (Amaryllidaceae) მცენარეთა ინტროდუქცია აჭარის შავი ზღვის სანაპიროზე დაიწყო ბათუმის ბოტანიკური ბაღის დაარსების პირველი წლებიდანვე [1]. ამჟამად გვხვდება 13 გვარის 47 სახეობა და ჯიში. სახეობებით ყველაზე მდიდარია გვარები: *Crinum* Linn და *Zephyranthes* Herb.

მათ შორის პირველად ჩვენს მიერ შემოტანილია: *Cyrtanthus ochroleucus*, *C. macowanii*, *Hymenocallis calathina*.

ბალში მოზარდ ამარილისისებრთა ოჯახის მცენარეებს შორის არის ადგილობრივი ფლორის წარმომადგენლებიც: *Leucojum aestivum*, *Pancratium maritimum*, რომლებიც შეტანილია საქართველოს წითელ წიგნში. ასეთი იშვიათი მცენარეების ინტროდუქცია და გამრავლება აჭარის სანაპიროზე მათი შენარჩუნების გარანტიას იძლევა.

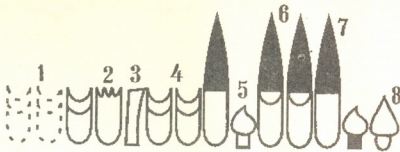
ინტროდუცირებული სახეობები მსოფლიოს სხვადასხვა გეოგრაფიული ოლქიდანაა, რომელთა მოცულობა განისაზღვრა ა. ტახტაჯიანის [2] მიხედვით. აჭარის სანაპიროზე ღია გრუნტში კარგი ზრდა-განვითარებით გამოირჩევა: *Crinum amabile*, *C. zeulanicum*, *Habranthus brachiandrus*, *Nerine curvifolia*, *N. undulata*, *Zephyranthes atamasco*, *Z. tubispatha*.

დასახელებულ მცენარეთა ონტოგენეზური განვითარების შესწავლამ შესაძლებლობა მოგვცა დაგვედგინა პრაქტიკული მიზნებისათვის მეტად მნიშვნელოვანი ზოგიერთი თავისებურება: ა) საყვავილე ღეროს ჩასახვის დრო; ბ) მცენარის სიმწიფეში გადასვლისათვის ქერქლებისა და ფოთლების აუცილებელი რაოდენობა; გ) შეიღებული ბოლქვების ჩასახვის დრო.

ამარილისისებრთა ოჯახის მცენარეთა ბოლქვების ძირითადი თავისებურება ის არის, რომ ჩაკეტილფუძიანი ფოთლის გარკვეული რაოდენობის (3-8 და მეტი) შემდეგ ერთი ჩაუკეტაფუძიანია, რომლის უბეშიც ჩაისახება საყვავილე ღერო (*Cyrtanthus*, *Nerine*, *Zephyranthes*-ის სახეობები) (სურ. 1.).

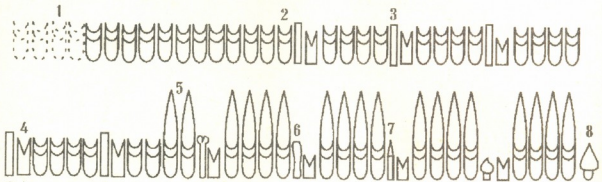
კრიზუმების სახეობებს ამარილისისებრთა ოჯახისათვის დამახასიათებელი ყვავილედის წინარე ჩაუკეტაფუძიანი სპეციალიზებული ფოთლი არა აქვთ, სამაგიეროდ აქვთ აპკისებრი ქერქლი, რომელიც საყვავილე ღეროს შემდეგ წარმოიქმნება (სურ. 2).

სასიმილაციო ფოთლების გამოჩენის პერიოდისა და მცენარეზე მათი შენარჩუნების ხანგრძლივობის მიხედვით ამარილისისებრთა ოჯახის შესწავლილი სახეობები გაერთიანებულია შემდეგ რიტმოლოგიურ ჯგუფებში: 1) ზაფხულ-ზამთარმწვანეები, 2)



სურ.1. *Zephyranthes atamasco*-ს ბოლქვის აგებულება:

- 1 - მკედარი ქერქლი; 2 - ჩაუქეტავფუძიანი ქერქლი; 3 - საყვავილე ღეროს ნაშთი, 4 - ჩაკეტილფუძიანი ქერქლი; 5 - საყვავილე ღეროს ჩანასახი; 6 - საასიმილაციო ფოთლები ჩაკეტილი ფუძით; 7 - საასიმილაციო ფოთლი ჩაუქეტავი ფუძით; 8 - კვირტი.



სურ.2. *Crinum amabile*-ს ბოლქვის აგებულება:

- 1 - მკედარი ქერქლი; 2 - ჩაკეტილფუძიანი ქერქლი; 3 - საყვავილე ღეროს ნაშთი; 4 - აპკისებრი ქერქლი; 5 - საასიმილაციო ფოთოლი; 6 - ყვავილედი; 7 - საყვავილე ღეროს ჩანასახი; 8 - კვირტი

ზაფხულმწვანეები, 3) ზამთარმწვანეები ზაფხულის მოსვენების პერიოდით.

ყვავილობის ვადების მიხედვით ისინი 5 ჯგუფად იყოფა: 1) ზამთარმოყვავილე, 2) გაზაფხულმოყვავილე, 3) ზაფხულმოყვავილე, 4) ზაფხულმემოდგომამოყვავილე, 5) შემოდგომამოყვავილე.

ინტროდუცირებულ ამარილისებრთა ადაპტაციის ხარისხს ბათუმის პირობებში განსაზღვრავს ცალკეულ სახეობათა ვეგეტატიური ან თესლით რეპროდუქციის უნარი შესწავლის შედეგად გამოვლინდა, რომ ვეგეტატიური გამრავლების უფრო მეტი ინტენსიურობით ხასიათდება შემდეგი გვიარის სახეობები: *Cyrtanthus*, *Crinum*, *Habranthus*, *Zephyranthes*. თესლებიდან წარმატებით შეიძლება გამოიყვანოს სახეობები: *Cyrtanthus ochroleucus*, *C. macowanii*, *Habranthus robustus*, *Zephyranthes citamasco*, რომლებიც ყვავილობენ დათესვიდან მესამე-მეოთხე წელს.

ამარილისებრთა ინტროდუქციას ბათუმის სანაპიროზე ფართო პერსპექტივა აქვს, ამიტომ მათი ბიოეკოლოგიური თავისებურებებისა და გამოყვანის საკითხების შესწავლა მეტად მნიშვნელოვანია.

ამარილისებრთა უმეტეს სახეობათა დეკორატიული ღირებანი და ადაპტაციური თავისებურებანი იძლევა იმის საფუძველს, რომ ბათუმის სანაპიროს მწვანე ნარგავთა ყვავილოვანი გაფორმებისათვის რეკომენდაცია მიეცეთ შემდეგ სახეობებს: *Crinum amabile*, *C. Zeilanicum*, *Hippeastrum eqwester*, *Nerine undulata*, *Zephyranthes atamasco* [3].



Cyrtanthus, *Haemanthus* - გეარის სახეობები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა ტიპის ინტერიერების გასაფორმებლად და ასევე ყვავილების ასაჭრელად. ნიადაგსაფარი მცენარეების სახით მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ *Zephyranthes atamasco* და *Z. tubispatha*.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ბათუმის ბოტანიკური ბაღი

ლიტერატურა

1. *А. Н. Краснов*. Русские субтропики, №6, 1914.
2. *А. Л. Тахтаджан*. Флористические области земли. Л., 1978.
3. *შ. თათარიშვილი*. საქართველოს ბოტანიკური ბაღების II ახალგაზრდული რესპუბლიკური კონფერენციის მოხსენების თეზისები. თბილისი, 1988.

თ. ბარბლიჯვილი, გ. დოლიძე, შ. შანიჯვილი

ფიტოჰორმონების გავლენა ფოტოსინთეზის ინტენსივობასა და
ბაზის გამტარებლობაზე ვაზში

წარმოდგინა აკადემიკოსმა გ. სანაძემ 17.06.1997

მცენარის ზრდა-განვითარება, ისევე როგორც გარემოს პირობებთან ადაპტაცია, ჰორმონალურ რეგულაციას ექვემდებარება. მთლიანი ორგანიზმის დონეზე რეგულატორული მექანიზმების იერარქიაში უმაღლესი საფეხური უჭირავს ფიტოჰორმონებს. ჰორმონალური რეგულაციის თვალსაზრისით ფოტოსინთეზი ნაკლებადაა შესწავლილი [1,2].

ფოტოსინთეზსა და ზრდას შორის ურთიერთკავშირი ხორციელდება დონორულ-აქცეპტორული ურთიერთობებით, რომლებიც გაშუალოებულია ასიმილაციების ტრანსპორტის პროცესებით. მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული მონაცემებით დასტურდება, რომ მთლიანი მცენარეების ან მათი ცალკეული ორგანოების დამუშავებას ფიტოჰორმონებით ძალუძს ფოტოსინთეზის ინტენსივობის, ასიმილაციების ნაკადის სიჩქარისა და მიმართულების შეცვლა, რაც დონორულ-აქცეპტორული ურთიერთობების ჰორმონალური კონტროლის სასარგებლოდ მეტყველებს [3-5].

აქედან გამომდინარე, გარკვეულ ინტერესს უნდა იწვევდეს ექსპერიმენტული გამოკვლევები, რომლებიც ეძღვნება მცენარის ფოტოსინთეზურ ფუნქციაზე ფიტოჰორმონების ეგზოგენურ გავლენას.

ჩვენი სამუშაოს მიზანს შეადგენდა ზრდის რეგულატორების – ინდოლილმარმეაქას (იძმ), ბენზილამინოპურინის (ბაპ) და აბსციზის მჟავას (აბმ) გავლენის შესწავლა ვაზის ფოთლების ფოტოსინთეზურ ფუნქციასა და ბაზის გამტარებლობაზე ცალ-ცალკე ფოთოლსა და მტევანზე მათი მოქმედებისას ვეგეტაციის სხვადასხვა ფაზაში.

ცდები ჩატარდა ვაზის ჯიშ „რქაწითელის“ ერთწლიან ყლორტებზე. $P_1 = 5-6$ პლასტოქრონის ინდექსის (რაც ფოთლის ასაკის მაჩვენებელია) მქონე ახალგაზრდა ფოთლებს ცდების პირველ სერიაში, ხოლო მეორე სერიაში მტევანს, ორჯერადად თითო წუთის განმავლობაში ვამუშავებდით აბმ-ს ($40 \text{ მგ} \cdot \text{ლ}^{-1}$), იძმ-ს ($50 \text{ მგ} \cdot \text{ლ}^{-1}$) და ბაპ-ის ($100 \text{ მგ} \cdot \text{ლ}^{-1}$) წყალხსნარებში ჩაწებით. საკონტროლო მცენარეებს ვამუშავებდით წყლით. დამუშავებიდან სამი დღის შემდეგ ფოტოსინთეზს ვსაზღვრავდით რადიოაქტიური ნახშირბადის – $^{14}\text{CO}_2$ -ის გამოყენებით, რომელიც შეგვყავდა $P_1 = 5-6$ ინდექსის მქონე ფოთლებში. ფოტოსინთეზის განსაზღვრას ვახდენდით დღის საათებში. ფოტოსინთეზის კამერაში რადიოაქტიუობა შეადგენდა $40 \text{ მკ კიურის } (\mu\text{C})$, ექსპოზიციის ხანგრძლივობა – 5 წუთს . $^{14}\text{CO}_2$ -ით გამოკვებილ ფოთლებს ვაფიქსირებდით 100°C , შემდეგ ვფქვავდით და რადიოაქტიუობას ეზომავდით ტორსული მთვლელით T-25, БФЛ.

ფოთოლზე, როგორც ფოტოსინთეზის დონორზე, ზრდის რეგულატორების ზემოქმედების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ყველა გამოყენებული ჰორმონი გარკვეულად აძლიერებს ფოტოსინთეზის ინტენსივობას (ცხრ. 1).

ცხრილი 1

ფოთოლზე ფიტოჰორმონების მოქმედების გავლენა ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე. (იპპ. $\text{წთ}^{-1} \cdot 10^{-3} \cdot \text{გ}^{-1}$ მშრ. წონაზე)

ვარიანტი	განვითარების ფაზა					
	ყვავილობის შემდეგი		მარცვლის ინტენსიური ზრდის		სიმწიფის დასაწყისი	
	რადიაქტ.	%კონტ.	რადიაქტ.	%კონტ.	რადიაქტ.	%კონტ.
კონტ.	230	—	126	—	159	—
აბმ	272	118	145	115	215	135
ბაპ	270	117	133	106	182	114
იძმ	325	141	157	125	188	118

ყველაზე ეფექტური ამ მხრივ აღმოჩნდა იძმ, განსაკუთრებით მტევნის განვითარების ადრეულ ფაზებში. ბაპ-ის მოქმედება მტევნის განვითარების ფაზების მიხედვით რაიმე კანონზომიერებას არ ავლენს. აბმ-ს ზემოქმედებით ფოტოსინთეზის გაძლიერება უფრო საგრძნობია ვეგეტაციის დასასრულისათვის, რაც ამ პერიოდში მტევნის ზონის ფოთლებსა და მტევანში ენდოგენური აბმ-ის მაღალ შემცველობას ემთხვევა [3,6,7]. ზრდის რეგულატორების მოქმედებისას მტევანზე იმავე ასაკის $P_7 = 5-6$ ფოთლების მიერ ნახშირბადის ფოტოსინთეზურ შეთვისებაზე დაკვირვებამ შემდეგი სურათი მოგვცა. მტევანზე ყველა ზრდის რეგულატორის მოქმედებისას აღინიშნება ფოთლის ფოტოსინთეზის ინტენსივობის მკვეთრი გაძლიერება მარცვლის განვითარების ყველა ფაზაში (ცხრ. 2).

ცხრილი 2

ფიტოჰორმონების მტევანზე მოქმედების გავლენა ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე. (იპპ. $\text{წთ}^{-1} \cdot 10^{-3} \cdot \text{გ}^{-1}$ მშრ. წონაზე)

ვარიანტი	განვითარების ფაზა					
	ყვავილობის შემდეგი		მარცვლის ინტენსიური ზრდის		სიმწიფის დასაწყისი	
	რადიაქტ.	%კონტ.	რადიაქტ.	%კონტ.	რადიაქტ.	%კონტ.
კონტ.	60	—	126	—	213	—
აბმ	77	128	157	125	347	163
ბაპ	84	140	172	136	336	158
იძმ	95	158	138	109	257	121

განვითარების ადრეულ ფაზაში უფრო ეფექტური აღმოჩნდა იძმ, ვეგეტაციის ბოლოსათვის კი-აბმ და ბაპ. აღსანიშნავია, რომ ზრდის რეგულატორთა გავლენა ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე უფრო საგრძნობია მტევანზე ზემოქმედების დროს, ვიდრე უშუალოდ ფოთლების დამუშავებისას. როგორც ჩანს, დონორის ფოტოსინთეზის ინტენსივობას უფრო მეტად განსაზღვრავს ფოტოსინთეზის მილატებზე აქცეპტორის (მტევანი) მოთხოვნის გაძლიერება, რასაც იწვევენ ზრდის რეგულატორები.

რიგი ავტორების მიერ ნაჩვენები იქნა აუქსინის და ციტოკინინის ჯგუფის ნაერთთა მამობილიზებული უნარი. ვაზის ჯიშ „Black Corinth“-ის მტევნების დამუშავება აუქსინით



და ბენზილადენინით საგრძნობლად ზრდიდა ნაყოფების ნედლ და მშრალ წონას და მტევანში ჩართულ რადიოაქტივობას [3,5].

რაც შეეხება აბმ-თი დამუშავებული მტევნის გავლენით დონორის ფოტოსინთეზის ინტენსივობის გაძლიერებას, რაც განსაკუთრებით მკვეთრად არის გამოხატული მტევნის სიმწიფის დასაწყისში, ის შეიძლება აიხსნას ფლოემის განტვირთვაზე აბმ-ს მასტიმულირებელი მოქმედებით [8].

ყველა აღნიშნული ფიტოჰორმონის ზემოქმედებით ფოტოსინთეზის გაძლიერება უნდა იყოს შედეგი ფოთლის დაკლისა ასიმილაციის პროდუქტებისაგან.

შევისწავლეთ ზრდის რეგულატორების მოქმედების გავლენა ვაზის ფოთლის ბაგეთა გამტარებლობაზე. ზემოქმედებას ვახდენდით ფოთოლსა და მტევანზე. მოგვყავს მონაცემები მტევნის ინტენსიური ზრდის ფაზაში, როდესაც ფოტოასიმილაციის ძირითად აქცენტორს წარმოადგენს მტევანი. მონაცემების განხილვისას ირკვევა, რომ ბაგის გამტარებლობა დამოკიდებულია ფოთლის ასაკსა და გამოყენებულ ზრდის რეგულატორზე (ცხრ. 3).

ცხრილი 3

ფიტოჰორმონების გავლენა ბაგის გამტარებლობაზე

ვარიანტი	ფოთლის ზონა	ზემოქმედება ფოთოლზე		ზემოქმედება მტევანზე	
		სმ.წმ ⁻¹	%კონტ.	სმ.წმ ⁻¹	%კონტ.
კონტ.	ზედა	0,44	—	0,55	—
	ქვედა	0,40	—	0,52	—
აბმ	ზედა	0,33	75,8	0,32	58,2
	ქვედა	0,29	72,7	0,28	50,9
ბაპ	ზედა	0,56	127,6	0,68	123,6
	ქვედა	0,50	124,6	0,58	111,5
იძმ	ზედა	0,49	111,4	0,62	112,7
	ქვედა	0,46	115,2	0,60	115,4

ფოთლის დამუშავება ბაპ-ით და იძმ-თი საგრძნობლად აძლიერებს ბაგის გამტარებლობას, განსაკუთრებით ბაპ-ის გამოყენებისას. ფოთოლზე აბმ-ს მოქმედებისას ბაგის გამტარებლობა მნიშვნელოვნად მცირდება.

საინტერესოა, რომ ფიტოჰორმონებით მტევნის დამუშავებისას მისგან საკმაო მანძილით დამორბეული ფოთლების ბაგის გამტარებლობა საგრძნობ ცვლილებებს განიცდის. ბაპ და იძმ ზრდიან ბაგის გამტარებლობას და აქაც ბაპ-ის გავლენა უფრო მეტად არის გამოხატული. აბმ-ს ინჰიბიტორული გავლენა ბაგის გამტარებლობაზე ბევრად უფრო მკვეთრია, განსაკუთრებით დამუშავებულ მტევანთან უფრო ახლოს მდებარე ქვედა ზონის ფოთოლში.

ამგვარად, აქცენტორზე ზემოქმედებით, რაც ერთგვარად ცვლის დონორულ-აქცენტორულ ურთიერთობებს, ხორციელდება დონორის ფუნქციის ცვლილებები.

ბაგის გამტარებლობაზე აბმ-ს მოქმედების გამოხატული მაინჰიბირებელი ეფექტის დასაზუსტებლად შევისწავლეთ აღნიშნული ფიტოჰორმონის გავლენა დიურ დინამიკაში. მონაცემების განხილვამ გვიჩვენა, რომ საკონტროლო მცენარეებს ახასიათებთ ბაგის

გამტარებლობის მკვეთრად გამოხატული დღიური დინამიკა (ცხრ. 4).

ცხრილი 4

აბმ-ს გავლენა ბაგის გამტარებლობაზე დღიურ დინამიკაში
 (ზემოქმედება ფოთოლზე)

ვარიანტი	ფოთლის ზონა	9 ს.		13 ს.		18 ს.		20 ს.	
		სმ.წმ ⁻¹	%კონტ.	სმ.წმ ⁻¹	%კონტ.	სმ.წმ ⁻¹	%კონტ.	სმ.წმ ⁻¹	%კონტ.
კონტ.	ზედა	0,78	—	0,54	—	0,30	—	0,21	—
	ქვედა	0,69	—	0,41	—	0,35	—	0,18	—
აბმ	ზედა	0,50	64	0,40	74	0,15	50	0,11	52
	ქვედა	0,52	75	0,22	53	0,18	51	0,10	55

ბაგის გამტარებლობა მაქსიმალურია დღის საათებში, შემდგომ კლებულობს და კიდევ უფრო მცირდება დღის ზოლოს, ისე, რომ საკონტროლო მცენარეების მაჩვენებლების თითქმის ნახევარი ხდება.

ამრიგად, გამოყენებული ზრდის რეგულატორებით ფოთლის დამუშავებისას ყველა მათგანი გარკვეულად აძლიერებს ფოტოსინთეზის ინტენსივობას, თუმცა ვეგეტაციის სხვადასხვა ფაზაში ამა თუ იმ ჰორმონის ეფექტი განსხვავებული სიძლიერითაა გამოხატული. რაც შეეხება ზრდის რეგულატორების ზემოქმედებას მტევანზე, იმავე ასაკის ფოთლების ფოტოსინთეზის ინტენსივობის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ამ შემთხვევაში ზრდის რეგულატორთა გავლენა დონორში მიმდინარე ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე უფრო საგარძნობია, ვიდრე თვით დონორის დამუშავებისას. ეს ფიტოჰორმონებით მტევის აქცეპტორული უნარის გაძლიერების სასარგებლოდ მტყუვებს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ნ. კეცხოველის სახ. ბოტანიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. A. B. Makeev, T. E. Krendeleva, A. T. Mokronosov. Физиол. раст. **39**, 1, 1992, 170-182.
2. A. T. Mokronosov. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М., 1981, 194.
3. H. Düring, G. Alleweldt. Ber. Deutsch. Bot. Ges. **93**, 1, 1980, 339-347.
4. W. Shindy, R.J. Weaver. Nature, **214**, 1967, 1024-25.
5. R.J. Weaver, W. Shindy, W.M. Klierer. Plant Physiology. **44**, 2, 1969, 183-188.
6. Физиология виноградной лозы и методы его культивирования. Ред. К. Стоев. т. 2. София, 1983, 382.
7. Ш. Ш. Дзагнидзе. Автореф. канд. дисс. М., 1986.
8. W. Tamer. Ber. Deutsch. Bot. Ges. **93**, 3, 1980, 349.



მ. კახარავა

მძიმე ლითონების ჭარბი შემცველობის ბავლენა მცენარის მტკრის მარცვალზე

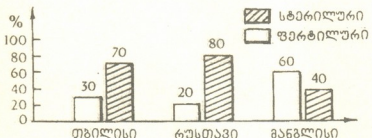
წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა დ. ჯობაძემ 25.06.1997

მძიმე ლითონთა ჭარბი კონცენტრაცია გავლენას ახდენს მტკრის მარცვალზე; ეს გავლენა იმდენად მკაფიო და მნიშვნელოვანია, რომ მას ხშირად იყენებენ გარემოს მძიმე ლითონთა დაბინძურების ხარისხის დასადგენად [1]. მძიმე ლითონების მაღალი კონცენტრაცია ცვლის მტკრის მარცვლის ზომებს, ზოგჯერ - მის მორფოლოგიას, იწვევს მთელ რიგ ანომალიებს. ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა მძიმე ლითონთა კონცენტრაციის გავლენის შესწავლა მტკრის მარცვლის ფერტილობის ხარისხზე.

მასალად გამოყენებულ იქნა ფიჭვის, იფნის, ცაცხვის, ნეკერჩხლისა და ჭადრის მტკრის მარცვლები. მტკრის მარცვლები აღებულია მცენარის ერთი და იმავე იარუსიდან თბილისში, რუსთავსა და მანგლისში.

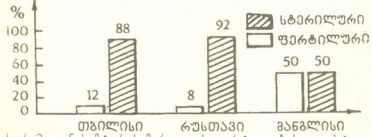
მტკრის მარცვლის ფერტილობის ხარისხის შესასწავლად მტვერს ვამუშავებდით ფუქსინით [2,3]. 100 მტკრის მარცვლის ფარგლებში ვითვლიდით სტერილური და ფერტილური მტკრის მარცვლების რაოდენობას. ათელას ვაწარმოებდით სამჭერადი განმეორებით და საშუალო მონაცემების მიხედვით ავაგეთ შესატყვისი დიაგრამები (დიაგრამა 1-5).

ფიჭვის მტკრის მარცვალს მაღალი (60%) ფერტილობა ახასიათებს მანგლისიდან აღებულ ნიმუშებში, საშუალო - თბილისში და ძლიერ დაბალი - რუსთავში.



სურ. 1. ფიჭვის მტკრის მარცვლის ფერტილობისა და სტერილობის ხარისხი თბილისში, რუსთავსა და მანგლისში აღებულ ნიმუშებში.

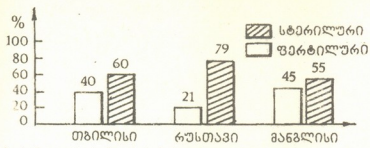
იფნის მტვერი მანგლისიდან აღებულ ნიმუშებში აელენს ფერტილობის მაღალ ხარისხს (50%). დაბალია ფერტილობის მაჩვენებელი რუსთავიდან აღებულ ნიმუშებში, სადაც სტერილურმა მტკრის მარცვალმა 92% შეადგინა.



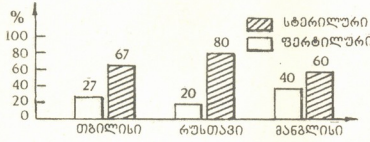
სურ. 2. იფნის მტკრის მარცვლის ფერტილობისა და სტერილობის ხარისხი თბილისში, რუსთავსა და მანგლისში აღებულ ნიმუშებში.

როგორც დიაგრამიდან ირკვევა, ცაცხვის მტვერს თბილისსა და მანგლისში ფერტილობის ერთნაირი ხარისხი აქვს. შედარებით დაბალია ფერტილობა კვლავ რუსთავიდან აღებულ ნიმუშებში.

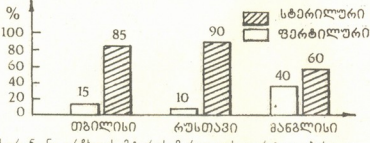
ჭადრის მტკრის მარცვალი მანგლისიდან აღებულ ნიმუშებში ფერტილობის მაღალი პროცენტით (40%) ხასიათდება, თუმცა უნდა აღინიშნოს,



სურ.3. ცაცხვის მტერის მარცვლის ფერტილობისა და სტერილობის ხარისხი თბილისში, რუსთავსა და მანგლისში აღებულ ნიმუშებში.



სურ.4. ჭადრის მტერის მარცვლის ფერტილობისა და სტერილობის ხარისხი თბილისში, რუსთავსა და მანგლისში აღებულ ნიმუშებში.



სურ.5. ნეკერჩხლის მტერის მარცვლის ფერტილობისა და სტერილობის ხარისხი თბილისში, რუსთავსა და მანგლისში აღებულ ნიმუშებში.

10%, 8%) აღებულ ნიმუშებში. რუსთავში მძიმე ლითონთა შემცველობა ნიმუშებში შემდეგნაირად იყო წარმოდგენილი: Fe - 12,8%, Mn - 2100 მგ/კგ, Zn - 121,3 მგ/კგ, Cu - 60,3 მგ/კგ.

ამგვარად, ტერიტორიაზე, სადაც მაღალია მძიმე ლითონთა შემცველობა, დაბალია ფერტილური და მაღალია სტერილური მტერის მარცვლის რაოდენობა. ეს გარემოება კიდევ ერთხელ გვიჩვენებს, რომ მტერის მარცვალზე მძიმე ლითონთა მაღალი შემცველობა უარყოფითად მოქმედებს. ფერტილობის მაქსიმალური მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ კონკრეტული გარემოს მძიმე ლითონებით დაბინძურების ხარისხის შესახებ.

რომ შედარებით მაღალ პროცენტს ინარჩუნებს აგრეთვე თბილისში.

ნეკერჩხლის მტერის მარცვლის ფერტილობის ხარისხი ცაცხვის მტერის მსგავსად, ძლიერ დაბალია თბილისსა და რუსთავში, საშუალოზე მაღალია მანგლისში.

ჩვენს მიერ შესწავლილ, სხვადასხვა ტერიტორიიდან აღებულ მცენარეთა მტერის მარცვლის ფერტილობისა და სტერილობის ხარისხი განსხვავებულია. კერძოდ, მაღალი ფერტილობა დამახასიათებელია მანგლისიდან (60%, 50%, 45%, 40%, 40%) აღებულ ყველა მცენარეთა მტერის მარცვლებსათვის. მანგლისში აღებულ ნიმუშებში Fe შეადგენს 3,6%; Mn - 640 მგ/კგ; Zn - 45 მგ/კგ; Cu - 17,2 მგ/კგ.

ფერტილობის საშუალო მაჩვენებელი აქვს თბილისში (40%, 30%, 27%, 15%, 12%) აღებულ მტერის მარცვლებს. აქ Fe წარმოდგენილია 10,5%, Mn - 1434 მგ/კგ, Zn - 92,20 მგ/კგ, Cu - 51,2 მგ/კგ.

განსაკუთრებით დაბალია ფერტილობა რუსთავიდან (21%, 20%, 20%,

საქართველოს მეცნ. აკადემია
ნ. კეცხოველის სახ. ბოტანიკის ინსტიტუტი

ივ. ჯავახიშვილის სახ.
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. В. П. Бессонова. Экология, №4, 1992, 45-50.
2. Г. Эрдтман. Морфология пыльцы и систематика растений. М., 1956, 250 стр.
3. ლ. გოგიანიშვილი, მ. რამიშვილი, მ. საყვარელიძე. ალერგიის გამომწვევი ზოგიერთი მცენარის მტერის მარცვლის მორფოლოგია. თბილისი, 1975, 139.

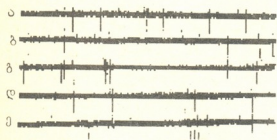


ბ. თოღუა

ნუშისებრი კომპლექსის ნეირონთა აქტიურობა ორბიტალური ხვეულის გალიზიანების შემდეგ

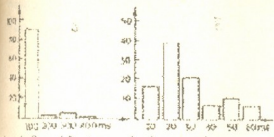
წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მოსიძემ 30.04.1997

ნერვულ ბოჭკოთა დეგენერაციის მეთოდით დადგენილ იქნა, რომ ორბიტალური ხვეულიდან პროექციული ბოჭკოები მთავრდება ნუშისებრი კომპლექსის (ნ. კ.) ბაზოლატერალურ ნაწილში. [1,2] ელექტროფიზიოლოგიური მეთოდის მეშვეობით ეს კავშირები არაა გამოკვლეული. ჩვენი ექსპერიმენტების მიზანი იყო ნკ-ში ორბიტალური ხვეულის პროექციების შესწავლა კვლევის ელექტროფიზიოლოგიურ მეთოდთა გამოყენების საფუძველზე. ცდები ჩატარებულ იქნა დანარკოვებულ 8 კატაზე. 50 მგ კვ ქლორალოზა 5-7 მგ კვ ნემბუტალის შეყვანა ხდებოდა ინტრაპერიტონეალურად. ნეირონთა იმპულსური აქტივობის რეგისტრაცია ხდებოდა KCl-ის 2,5 M ხსნარით ავსებული მინის მიკროპიპეტების მეშვეობით. მიკროელექტროდთა წვერის დიამეტრი შეადგენდა 1 მკმ, ხოლო წინაღობა - 3-8 მომს. ორბიტალური ხვეულის გალიზიანება ხდებოდა ვერცხლის ბიპოლარული ელექტროდების მეშვეობით, სწორკუთხა ელექტრული იმპულსებით. სტიმულის ინტენსივობა 5-9 ვ. ხანგრძლივობა 0,07-0,1 მს. მიკროელექტროდთა შეყვანა ამიგდალაში ხდებოდა ჯასპერისა და აიშონ-მარსანის კატის შუამდებარე ტვინის სტერეოტაქსური ატლასის [3] კოორდინატთა მიხედვით. ბიოპოტენციალთა გაძლიერებისა და რეგისტრაციისათვის გამოყენებული იყო სტანდარტული ელექტროფიზიოლოგიური აპარატურა.



სურ.1. ორბიტალური ხვეულის გალიზიანებაზე ნკ-ის ნეირონთა პასუხების მაგალითები: ა) ერთფაზიანი აგზნება, ბ) ერთფაზიანი შეკავება, გ) აგზნება-შეკავების ფაზებისაგან შემდგარი პასუხი, დ) აგზნება-შეკავება-აგზნების ფაზებისაგან შემდგარი პასუხი, ე) შეკავება-აგზნების ფაზებისაგან შემდგარი ორფაზიანი პასუხი

ნკ-ში სულ შესწავლილ იქნა 206 ნეირონის აქტიურობა, მათგან ორბიტალური ხვეულის გალიზიანებაზე პასუხობდა 108 ნეირონი, ანუ რეგისტრირებულ ნეირონთა 52,6%. ნკ-ის ბაზოლატერალურ ნაწილში 130 ნეირონიდან პასუხობდა 96 ნეირონი (73,8%), კორტიკომედიალურ ნაწილში რეგისტრირებული 74 ნეირონიდან - 12 ნეირონი, ანუ 16,2%. ორბიტალური ხვეულის გალიზიანებაზე ნკ-ის ნეირონთა რეაქციების მაგალითები მოცემულია I სურათზე. 34 უჯრედი, ანუ მოპასუხე ნეირონთა 31,5% პასუხობდა აგზნებით (სურ. I ა). პასუხი შედგებოდა 1-5 იმპულსისაგან. მისი საშუალო ხანგრძლივობა შეადგენდა 2-36 მს. შეკავების რეაქცია (სურ. 1 ბ) ახასიათებდა 14 ნეირონს (13%), შეკავების ხანგრძლივობა შე-



სურ. 2. ორბიტალური ხვეულის გალიზიანებაზე ნკ-ის ნეირონთა პასუხების ლატენტური პერიოდების განაწილების ჰისტოგრამები: ა) ყველა მოპასუხე ნეირონისათვის, ბ) იმ მოპასუხე ნეირონებისათვის, რომელთა პასუხების ლატენტური პერიოდი აღწევს 60 მს-მდე. ნეირონთა რაოდენობა მოკმეულია პროცენტებში

ადგენდა 55-475 მს. ნეირონთა მეტი ნაწილი პასუხობდა რთული რეაქციით (52 ნეირონი ანუ 55,5%), ამ ტიპის პასუხში თავის მხრივ გამოიყოფა ორი ჯგუფი: 1. აგზნება-შეკავების ფაზებისაგან შემდგარი პასუხი (სურ. 1 გ). საწყის აგზნების ფაზას, რომელიც წარმოდგენილი იყო იმპულსთა ხანმოკლე დასტის სახით, მოსდევდა შეკავების ფაზა, რომლის ხანგრძლივობაც 160-360 მს-მდე აღწევდა. ამ ტიპის პასუხი ახასიათებდა 41 ნეირონს, ანუ 37,9%. 6 ნეირონში (5,5) შეკავების ფაზას მოსდევდა აგზნების მეორე ფაზა. (სურ. 1 დ). 2. შეკავება-აგზნების ფაზებისაგან შემდგარი პასუხი (სურ. 1 ე). საწყის შეკავების ფაზას მოსდევდა აგზნების ფაზა, რომელიც 2-6

იმპულსისაგან შემდგარი დასტის სახითაა წარმოდგენილი. ამ ტიპის პასუხი ახასიათებდა 11 ნეირონს, ანუ 10,1%. ნეირონთა პასუხების ლატენტური პერიოდი ცვალებადობდა 3,4-დან 375 მს-მდე. მე-2ა სურათზე ნაჩვენებია ყველა ნეირონის რეაქციების ლატენტურ პერიოდთა განაწილების ჰისტოგრამა. ხოლო სურ. 2ბ გვიჩვენებს იმ ნეირონთა ლატენტური პერიოდების განაწილებას, რომელთა ლატენტური პერიოდი ნაკლებია 60 მს-ზე. უნდა აღინიშნოს, რომ 27 ნეირონი, ანუ 35,5% პასუხობდა 3-დან 16 მს-მდე ლატენტური პერიოდებით. მათგან 18 ნეირონი ლოკალიზებული იყო ლატერალურ ბირთვში, 7 ნეირონი ბაზალურ ბირთვში, ხოლო დანარჩენი ორი ცენტრალურ ბირთვში. 12 მს-ზე ნაკლები ლატენტური პერიოდით მოპასუხე ნეირონები გვხვდებოდა მხოლოდ ლატერალური ბირთვის დორსალურ და ცენტრალურ ნაწილებში, აგრეთვე ბაზალური ბირთვის მსხვილუჯრედოვან ნაწილში.

ჩვენი მიერ შესწავლილ იქნა ორბიტალური ხვეულის გალიზიანებაზე ნკ-ში ფოკალურ პოტენციალთა განაწილება. [4] მინიმალური ლატენტური პერიოდისა და მაქსიმალური ამპლიტუდის გამოწვეულ პასუხთა რეგისტრაციის უბნები მეტწილად ემთხვევა მინიმალური ლატენტური პერიოდის ნეირონულ პასუხთა რეგისტრაციის უბნებს. ეს არგუმენტები მიუთითებენ ნკ-ის ბაზოლატერალურ ნაწილთან ორბიტალური ხვეულის კავშირების მონოსინაფსურ ხასიათზე.

ჩვენი გამოკვლევები ეთანხმება ლამერსის და ლომანის, აგრეთვე კოიკეამის [1,2] მიერ ჩატარებულ მორფოლოგიურ გამოკვლევათა შედეგებს. მათ მიერ დადგენილ იქნა, რომ ორბიტალური ხვეულის დარღვევის შემდეგ ლატერალური ბირთვის დორსალურ და ბაზალური ბირთვის მსხვილუჯრედოვან ნაწილებში შეინიშნება კარგად გამოხატული აქსონთა დეგენერაცია. ხანგრძლივი და მეტწილად ცვალებადი ლატენტური პერიოდის ნეირონთა პასუხები დაკავშირებულია გრძელი, პოლისინაფსური გზების აქტივაციასთან, რომელიც მოიცავს ჰიპოთალამუსს, მედიოლდორსალურ ბირთვს და სხვა ქერქქვეშა სტრუქტურებს.



მონო- და პოლისინათსური გზების მეშვეობით ხდება ნკ-ის ჩართვა კვებითი ქცევითი აქტების სხვადასხვა ასპექტთა რეალიზაციაში, რომლის უმაღლეს ინტეგრაციულ რგოლსაც წარმოადგენს ორბიტალური ქერქი.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ი. ბერიტაშვილის სახ. ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *H. J. Lammers, H. M. Lohman. Bull. Assoc. Anat. v.126, 941-46.*
2. *H. Koikegami. Acta Med. Biol. v.10, 1963, 161-77.*
3. *H. H. Jasper. A. Ajmone - Marsan. Stereotaxic Atlas of the cat brain. Ottawa, 1954.*
4. *G. M. Todua. Georgian Medical News. N 20, 1996, 16-18.*



ა. კეზელი, ჭ. ანჯაფარიძე, ნ. ლოგაშვილი

ფერთა ალქმის კონსტანტობა კატებში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ონიანმა 16.06.1997

დამოკიდებულება საგნების ზედაპირიდან არეკვლილი სინათლის სპექტრულ შემადგენლობასა და ამ საგნების ფერს შორის ცალსახა არაა. ხშირად ერთი და იგივე სპექტრული შემადგენლობის გამოსხივებები იწვევენ სხვადასხვა ფერის შეგრძნებებს, და პირიქით. საგნის ზედაპირიდან არეკვლილი სინათლის სპექტრული შემადგენლობა, გარდა თვით ზედაპირის არეკვლის მახასიათებლებისა, დამოკიდებულია განათებაზე, რომელშიც დაკვირვება ტარდება. სინათლის წყაროს სპექტრის ცვლილებისას ფერთი შეგრძნებები ხშირ შემთხვევებში რჩება უცვლელი. მხედველობის სისტემის უნარს, სწორად გამოიცნოს საგნის ფერი სხვადასხვა განათების პირობებში, ფერთა ალქმის კონსტანტობა ეწოდება. ეს მექანიზმები რომ არაა, შეუძლებელი იქნებოდა საგნების ამოცნობა მათი ფერის მიხედვით და ფერთი მხედველობა დაკარგავდა თავის ბიოლოგიურ მნიშვნელობას.

ფერთა კონსტანტური ალქმის უნარი უნდა ახასიათებდეს ყველა ცხოველს, რომელსაც ფერთი მხედველობა გააჩნია. მართლაც, ქცევით ექსპერიმენტებში ნაჩვენები იქნა, რომ ეს უნარი გააჩნიათ მწერებს (ფუტკრები) [1], თევზებს (ოქროს თევზი) [2,3] და ფრინველებს [4]. ჭეჭმეწოვრებიდან ეს ფენომენი შესწავლილი იყო პრიმატებზე [5]. რაც შეეხება კატას, რომელიც ყველა სხვა ცხოველზე უფრო ხშირად გამოიყენება ფიზიოლოგიური კვლევებისას, მისი ეს უნარი პრაქტიკულად შეუსწავლელი რჩება.

უოლსის მიერ თავის დროზე ნაჩვენები იყო, რომ კატების ბადურა შეიცავს საკმაო რაოდენობის კულებს [6]. გოუნტერის, ინგვარისა და სხვების მონაცემებით [7-10] კატის ბადურის ელემენტების სპექტრული მგრძობელობის მრუდზე რეგისტრირდება ორი პიკი, რომლებსაც უნდა იძლეოდნენ ჩხირები და მინიმუმ ერთი ტიპის კულები, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ კატას უნდა გააჩნდეს ორი, ერთმანეთთან სუსტად დაკავშირებული სისტემა - ერთი ფოტოპიური და ერთი სკოტოპიური. მოგვიანებით აღმოჩენილ იქნა მეორე, უფრო მოკლევადიანი კულა [11]. ასე რომ, კატების მხედველობის სისტემაში უნდა ფუნქციონირებდეს ორი ფოტოპიური და ერთი სკოტოპიური სისტემა მაქსიმუმებით 450, 500 და 556 ნმ-ზე. შემდეგში აღმოჩენილ იქნა კიდევ ერთი, მწვანისადმი მგრძობიარე კულოვანი მექანიზმი, რომლის მაქსიმუმი ჩხირების მგრძობელობის მაქსიმუმს ემთხვეოდა, რის გამოც მისი დანამდვილებითი იდენტიფიკაცია ვერ ხერხდებოდა [12]. ზოგბერთი ქცევითი ექსპერიმენტის შედეგები თითქოს იმაზე მიუთითებდა, რომ კატებს დიქრომატული ფერთი მხედველობა უნდა გააჩნდეთ [13], მაგრამ კეზელისა და თანაავტორების მიერ პირდაპირ ქცევით ექსპერიმენტებში ნაჩვენები იქნა, რომ კატა ტრიქრომატ ცხოველთა რიცხვს მიეკუთვნება [14].

ამის შემდეგ ჩვენ მიერ დაისვა საკითხი - თუკი კატებს ფერთა გარჩევის

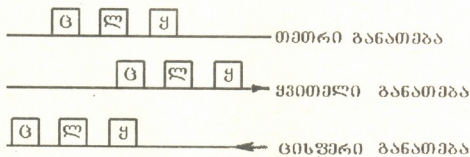


სრულფასოვანი უნარი გააჩნიათ, ფუნქციონირებენ თუ არა მათი მხედველობის სისტემაში ფერთა აღქმის კონსტანტობის მექანიზმები?

ამ კითხვაზე პასუხის მიღება მხოლოდ ქცევით ექსპერიმენტებშია შესაძლებელი. ამ მიზნით ჩვენ მიერ ჩატარებულ იქნა ასეთი ექსპერიმენტები პირობითი კვებითი ქცევის მეთოდის გამოყენებით.

ექსპერიმენტები ჩატარებულ იქნა 4 ზრდასრულ კატაზე (3 მამრი და 1 მდედრი). ცდები მიმდინარეობდა იზოლირებულ კაბინაში, რომელიც ორი განყოფილებისაგან შედგებოდა. სასტარტო განყოფილება, რომელშიც კატა იმყოფებოდა სინჯთა შორის პერიოდში, გამოყოფილი იყო კაბინის სამუშაო ნაწილისაგან გამჭვირვალე კარით. კაბინა შიგნიდან შეღებილი იყო თეთრად. სამუშაო განყოფილებაში, კატის მოპირდაპირე კედლის ქვედა კუთხეებში მოთავსებული იყო საკვებურები. კატას ვასწავლიდით საკვებურასთან მისვლას და მისი კარის თათის ან ცხვირის მიჭერით გაღებას. საკვებურის კარზე ვამაგრებდით სადიფერენციაციო სტიმულებს - სპექტროფოტომეტრიკურებულ, სპეციალურად შეღებილ ქაღალდებს, რომელთა არეკვლის სპექტრული მახასიათებლები ზუსტად იყო შერჩეული. კაბინა ნათდებოდა 100 ვტ სიმძლავრის ვარვარების ნათურით. განათებულობა სტიმულების ზედაპირზე სამუალოდ შეადგენდა 25 ლქ. განათების ცვლილებას ვახდენდით შუქფილტრების სამუალებით. ცდებში, გარდა თეთრისა, ვხმარობდით აგრეთვე ცისფერ (შუქფილტრი CC-4) და ყვითელ განათებას (შუქფილტრი OC-11).

ექსპერიმენტებისათვის დამზადებულ იქნა სტიმულების სამი ჯგუფი - ლილისფერი, ყვითელი და ცისფერი. ფერები ისე იყო შერჩეული, რომ ცისფერი განათებისას ყვითელი სტიმულები იკავებდნენ კატების ფერთა სამკუთხედში ზუსტად იმ უბანს, რომელიც ეკავა ლილისფერ სტიმულს თეთრი განათებისას. ყვითელი განათების პირობებში კი იმავე ადგილს იკავებდა ცისფერი სტიმული, ისე რომ ფიზიკურად ცისფერი სტიმული ყვითელი განათებისას და ყვითელი სტიმული ცისფერი განათებისას უნდა იყვნენ იმავე ფერის, რაც ლილისფერი სტიმული თეთრი განათებისას. (სურათი 1).



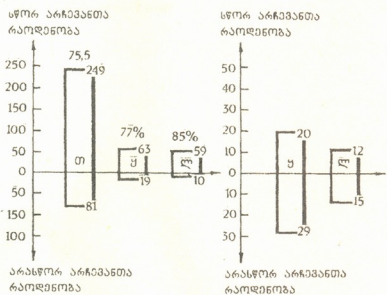
სურ. 1

აქედან გამომდინარე, თუ კატის მხედველობის სისტემაში არ მოქმედებენ ფერთა აღქმის კონსტანტობის მექანიზმები, მან ვერ უნდა ამოიცნოს სტიმულების ფერები შეცვლილი განათების პირობებში.

უნდა აღინიშნოს აგრეთვე, რომ ერთი და იმავე ჯგუფის სტიმულები ერთმანეთისაგან განსხვავდებოდნენ მხოლოდ სიბაცით, ისე რომ სხვადასხვა ჯგუფის სტიმულებისაგან შედგენილ ნებისმიერ წყვილში ან ერთი ფერის სტიმულები იყო უფრო მუქი, ან მეორე

ფერისა. ეს აბსოლუტურად გამორიცხავდა სიბაცის მიხედვით დისკრიმინაციის გამოძევაების შესაძლებლობას.

კატას ვასწავლიდით, თეთრი განათების პირობებში ამოერჩია წარდგენილი სტიმულებიდან ლილისფერი სტიმული ნებისმიერ კომბინაციაში როგორც ცისფერ, ისე ყვითელ სტიმულთან. შემდეგ ფილტრების საშუალებით ვცვლიდით კაბინის განათებას და ვაკვირდებოდით, რომელ სტიმულს აირჩევდა ცხოველი. როგორც ცდებმა გვიჩვენა, კატები შეცვლილი განათების პირობებშიც ადვილად ამოიცნობდნენ დადებით სტიმულს (სურ. 2ა), რაც იმაზე მიუთითებდა, რომ კატებს გააჩნიათ სრულფასოვანი ფერადი მხედველობა და შესწევთ უნარი ფერთა კონსტანტური აღქმისა.



სურ. 2

იმისათვის, რომ დაერწმუნებულიყავით ამ დასკვნის სისწორეში, ჩატარებულ იქნა საკონტროლო ექსპერიმენტთა დამატებითი სერია. ამ ექსპერიმენტებში ჩვენ შევაპოწმეთ, როგორ მოიქცეოდა ცხოველი ხელოვნურად შექმნილ ისეთ პირობებში, როდესაც ფერთა კონსტანტური აღქმა პრინციპულად შეუძლებელია (ე. წ. დაკვირვების აკონსტანტური პირობები). აკონსტანტური პირობების შექმნისათვის გამოვიყენეთ შემდეგი მეთოდი: კაბინის ზოგადი თეთრი განათება ყველა ცდამი იყო უცვლელი, სტიმულების განათების შეცვლა კი წარმოებდა დამატებითი სინათლის წყაროებიდან ისეთნაირად, რომ ფერადი სინათლით ნახდებოდა მხოლოდ სტიმულები.

ასეთ პირობებში ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგები მოყვანილია სურ. 2-ზე. როგორც ვხედავთ, ცხოველები ცდებიან და ცისფერი განათებისას უფრო ხშირად ყვითელ სტიმულს ირჩევენ, ხოლო ყვითელი განათებისას - ცისფერს. ამ სერიის ცდების შედეგებმა სხვათა შორის ისიც დაადასტურა, რომ სტიმულების ფერთი კოდინატიების თეორიული გამოთვლები კორექტული იყო და დამზადებული სტიმულების პარამეტრები შეესაბამებოდა დასმულ ამოცანას.

ამგვარად, როგორც ჩვენმა ექსპერიმენტებმა ცხადყო, კატებს, გარდა ფერთა გარჩევისა, გააჩნიათ აგრეთვე უნარი, განახორციელონ ფერთა კონსტანტური აღქმა. ეს კი იმაზე მიუთითებს, რომ კატებს გააჩნიათ სრულყოფილი ფერადი მხედველობის

სისტემა, რომელსაც შესწევს უნარი, გადაჭრას ძირითადი ბიოლოგიური ამოცანა - განახორციელოს გარემომცველი სამყაროს საგნების ამოცნობა მათი ფერის მიხედვით ცვალებადი განათების პირობებში.

საქართველოს მეცნ. აკადემია

ი. ბერიტაშვილის სახ. ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Г. А. Мазохин-Поршняков. Природа, 6, 1965, 58-62.
2. А. М. Диментман, А. Ю. Карась, В. В. Максимов, О. Ю. Орлов. Ж. высш. нервн. деят., 22, 1972, 772-779.
3. W. Burgamp. Ztschr. Sinnesphysiologie, Bd. 55, 1923, 133-170.
4. W. Koehler. Ztschr. Psychol., Bd. 77, 1916, 148-185.
5. S. Zeki. A vision of the brain. Blackwell Scientific Publications, 1993.
6. G. L. Walls. The vertebrate eye and its adaptive radiation. Michigan Cranbrook Press, 1942.
7. R. Gunter. J. comp. Physiol. Psychol., 47, 1954, 169-172.
8. D. H. Ingvar. Acta Physiol. Scand. Suppl., 159, 1959, 1-105.
9. N. W. Daw, A. L. Pearlman. J. Physiol. (Lond.), 201, 1969, 745-764.
10. A. L. Pearlman., N. W. Daw. From Nerve Mind. N. Y. , 1972, 75-78.
11. B. G. Cleland, W. R. Lewick. J. Physiol. (Lond.), 240, 1974, 457-492.
12. R. Crocker, J. Ringo, M. Wolbarsht. Proc. Int. Union-Physiol. Sci. 27th Congr. Paris, 13, 1977, 153.
13. M. S. Loop, L. L. Bruce, S. Petuchowski. Vision Res., 19, 5, 1979, 507-513.
14. А. Р. Кезели, В. В. Максимов, Н. И. Ломашвили, М. С. Хомерики, Н. Г. Цхведвани. Физиол. ж. СССР. 63, 1987, 883-889.

აღნიშნისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

თ. ყიფიანი, ღ. ყიფიანი, მ. ლომოპირიძე

არტერიული სისტოლური წნევისა და გულის რიტმის დინამიკა
ქცევის ინფორმაციული კათოლოგიის ექსპერიმენტული
მოდელირებისას

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. ჭავჭავაძემ 23.07.1997

ეტიოლოგიური ნიშნით იდენტიფიცირებული უმაღლესი ნერვული მოქმედების ინფორმაციული კათოლოგიის შემთხვევაში ადამიანებსა და ცხოველებზე ჩატარებულ გამოკვლევათა შედეგებზე დაყრდნობით გამოყოფილია ამ დაავადებისათვის დამახასიათებელი, გარკვეულწილად სპეციფიკური სიმპტომები - სისტემათა-შორისი ურთიერთობის დარღვევა და ვეგეტატური სიმპტომატიკის დომინირება, უპირატესად გულ-სისხლძარღვთა სისტემის ფუნქციის მოშლა [1]. ინფორმაციული კათოლოგიის არსებულ ექსპერიმენტულ მოდელებში აღწერილია ამ სისტემის ფუნქციის დარღვევის მრავალფეროვანი სიმპტომები [2-6]. მიუხედავად ამისა სისხლის მიმოქცევის შედარებითი გამოკვლევა ინფორმაციული კათოლოგიის სხვადასხვა ხერხით მოდელირების დროს ჯერ არ ჩატარებულა. ჩვენი აზრით, ამგვარი კვლევა მნიშვნელოვანია უმაღლესი ნერვული მოქმედების ექსპერიმენტული კათოლოგიის მოცემული ფორმის ეტიოლოგიის დაზუსტების თვალსაზრისით.

ქცევის ინფორმაციული კათოლოგიის თეორიის თანახმად ეს დაავადება თავს იჩენს თავის ტვინის ფუნქციონირებისას კონკრეტული ანალიზურ-სინთეზური მოქმედებისათვის საჭირო დროისა და ქცევის მოტივაციის არახელსაყრელი შერწყმის ვითარებაში [7]. ინფორმაციული კათოლოგიის ექსპერიმენტული მოდელირების მიზნით ჩვენ მოვახდინეთ ხატისმიერი ხანმოკლე და პირობითრეფლექსური მესხიერების ტესტირება ტვინის აღნიშნული ფუნქციის რეალიზაციისათვის საჭირო დროის ქრონიკული დეფიციტისა და ქცევის მაღალი მოტივაციის პირობებში. სისხლის მიმოქცევის სისტემის ფუნქციური მდგომარეობის შემოწმებისათვის აღვრიცხავდით არტერიული სისტოლური წნევისა და წუთში გულის შეკუმშვათა რაოდენობას.

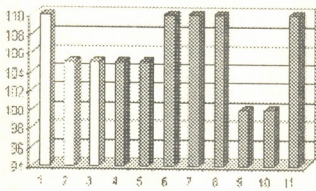
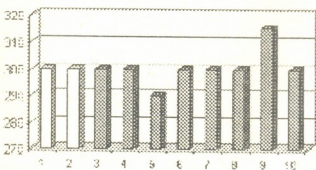
ცდები ტარდებოდა 250-300 გ წონის თეთრ ლაბორატორიულ მამრ ვირთაგვებზე. არტერიული წნევისა და გულის რიტმის რეგისტრაციისათვის გამოყენებული იყო რივა-როჩის მეთოდიკა აბულაძისა და სხვ. მოდიფიკაციით [8].

ცდების პირველ სერიაში ხატისმიერი ხანმოკლე მესხიერების ინფორმაციული გადატვირთვის მიზნით ცხოველები (15 ვირთაგვა) ტესტირდებოდა მაქსიმალური დაყოვნებით. გამოყენებული იყო დაყოვნებული რეაქციების არაპირდაპირი მეთოდი [9].

ექსპერიმენტები ტარდებოდა 1-სებრ ლაბირინთში. საკვების ადგილმდებარეობის კომპლექსური აღქმის პირობებში ცხოველი მიგვყავდა სასტარტო განყოფილებიდან საკვებურთან, რომელშიც მოთავსებული იყო უმი ხორცის ორი ნაჭერი,



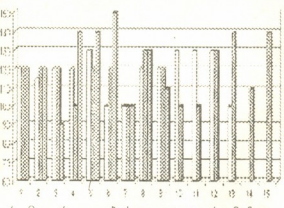
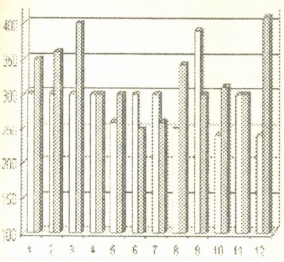
შევაქმევდით ერთ ნაჭერს და ვაბრუნებდით სასტარტო განყოფილებაში. გარკვეული დროითი დაყოვნების შემდეგ ცხოველს ვაძლევდით თავისუფალი მოძრაობის საშუალებას. თუ ვირთაგვა მივიდოდა იმ საკვებურთან, სადაც საჭმელი ჰქონდა მიღებული, პასუხი სწორად ითვლებოდა და ცხოველი შეჭამდა საკვებურში დარჩენილ ხორცის ნაჭერს, რის შემდეგაც მას ვაბრუნებდით უკან, სასტარტო განყოფილებაში. არასწორი პასუხის შემთხვევაში ვირთაგვას საჭმელი არ ეძლეოდა და ამით მთავრდებოდა ერთი სინჯი. ერთი ცდა შედგებოდა 10 ანალოგიური სინჯისაგან. ცხოველებს სინჯებს ვაძლევდით გელერმანის შემთხვევითობის სქემის მიხედვით [10]. ვირთაგვები ტესტირდებოდნენ მაქსიმალური დაყოვნებით. დაყოვნების მაქსიმალური დრო განისაზღვრებოდა თითოეული ცხოველისათვის ცალ-ცალკე. კვებითი მოტივაციის მაღალი დონის შესანარჩუნებლად ვირთაგვები საკვებს იღებდნენ 24 საათში ერთხელ მხოლოდ ცდის შემდეგ. დაყოვნებული რეაქციების სარეალიზაციო სუმარულ დროს ვამცირებდით სინჯთა შორის თავდაპირველი 2-წუთიანი ინტერვალის 10 წამამდე შეკვეცის გზით.



სურ. 1. გეგმურად შედგენილი მარცხენა ნაწილის დინამიკური დაყოვნებული რეაქციების პირდაპირი მეთოდით ტესტირებისას. აბსცისათა ღერძზე - გაზომვათა რიცხვი, ორდინატთა ღერძზე - ა) გულის შეკუმშვათა სიხშირე წუთში; ბ) არტერიული სისტოლური წნევა ვერცხლის წყლის სვეტის მმ ში. დამტრისხვი სვეტი - სინჯთა შორის ორწუთიანი ინტერვალის პირობებში; დამტრისხვი სვეტი - სინჯთა შორის ათწუთიანი ინტერვალის პირობებში

აღწერილ ვითარებაში ცხოველების ხანგრძლივმა ტესტირებამ (3 თვეზე მეტი) მესხიერების ფუნქციის დროებითი გაუარესება გამოიწვია, რაც სწორი დაყოვნებული რეაქციის შემცირებაში გამოვლინდა. შეიცვალა ვირთაგვას ქცევაც. გაძლიერდა პირის ბანისა და ლოკის რეაქციები. ვირთაგვები ზოგჯერ დაყოვნების დროის ამოწურვის შემდეგ არ გამოდიოდნენ სასტარტო გალიიდან, ზოგჯერ არ ჰქამდნენ, გაიზარდა საკვებურთან მისვლის დრო და ა.შ. ამგვარი ქცევა შენარჩუნებული იყო მხოლოდ გარკვეული დროის განმავლობაში (1 თვე), შემდეგ კი ყველაფერი საწყის დონეს დაუბრუნდა.

ექსპერიმენტის მოცემულ ეტაპზე წნევა და პულსი რეგისტრირდებოდა სინჯთა შორის 2-წუთიანი ინტერვალის დროს და მისი 10 წამამდე შემცირების შემდეგ ამ მაჩვენებლის რაიმე ცვლილება აღნიშნული არ ყოფილა. გულის შეკუმშვათა სიხშირე უტოლდებოდა 300-320-ს წუთში (სურ.1) ხოლო არტერიული სისტოლური წნევა - ვერცხლისწყლის სვეტის 110-120 მმ, რაც ნორმის ფარგლებშია (სურ.2).

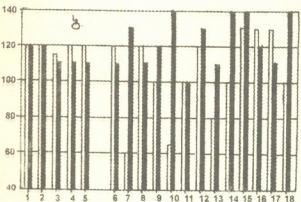
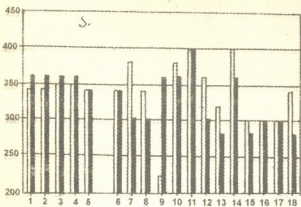


სურ. 2. ვირთაგვების ვეგეტატიური მანევრებულების დინამიკა არაპირდაპირი მეთოდით ტესტირებისას. აბსცისათა ღერძზე - გაზომვათა რიცხვი, ორდინატთა ღერძზე - ა) გულის შეკუმშვათა სიხშირე წუთში; ბ) არტერიული სისტოლური წნევა ვერცხლის წყლის სვეტის მმ-ში. დაუშტრიხავი სვეტი - სინჯთა შორის ორწუთიანი ინტერვალის პირობებში; დაშტრიხული სვეტი - სინჯთა შორის ათწუთიანი ინტერვალის პირობებში

თითქმის არ აღემატებოდა 50%-ს. ცხოველები ავლენდნენ სტერეოტიპულ ქცევას - მიდიოდნენ მხოლოდ ერთ საკვებურთან, მეორე კი საერთოდ გამოთიშეს ცდიდან. განუვითარდათ ნეგატივიზმი, ზოგჯერ აღენიშნებოდათ უნებლიე მოძრაობები - თავისა და უკანა კიდურების კანკალი, განუვითარდათ დეპრესიის მსგავსი მდგომარეობა. პირობით და გარეშე გამლიზიანებულზე არ ახდენდნენ რეაგირებას, ისხდნენ მობუზულეები.

წნევისა და პულსის რეგისტრაციის შედეგების მიხედვით ექსპერიმენტში დაყოვნების ჩართვამდე არტერიული სისტოლური წნევა უდრიდა ვერცხლისწყლის სვეტის 120 მმ-ს, ხოლო გულის შეკუმშვათა სიხშირე იყო 200-350 წუთში. და-

ცდების მეორე სერიაში ხანმოკლე შეზღვევაზე ფუნქციური ზემოქმედების მიზნით მივმართავდით 1-2-წამიანი დაყოვნების ტესტირებას. გამოყენებული იყო დაყოვნებული რეაქციის არაპირდაპირი მეთოდით [9]. ცხოველებს თავდაპირველად გამოუმუშავებოდათ მხედველობითი დისკრიმინაცია 60 ვატის სიმძლავრის ელექტრონათურის სინათლეზე. პირობითი სიგნალის ჩართვიდან 5 წამის შემდეგ ცხოველებს ეძლეოდათ თავისუფალი გადაადგილების საშუალება. სწორი რეაქციის დროს - მისვლა მასიგნალიზებულ საკვებურთან - ვირთაგვა იღებდა რძეში ჩაშხალ პურს, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი საკვებს არ ვაძლევდით. მას შემდეგ რაც სწორი პასუხების რიცხვი ზედიზედ ხუთი დღის განმავლობაში შეადგენდა 90-95 პროცენტს, ვიწყებდით დაყოვნებული რეაქციების ტესტირებას, რისთვისაც ვირთაგვებს თავისუფალი გადაადგილების საშუალება ეძლეოდათ არა პირობითი სიგნალის მოქმედების ფონზე, არამედ მისი შეწყვეტიდან გარკვეული დროის შემდეგ (დაყოვნების დრო). მეთოდის თანახმად, ამოცანის გადაჭრის სისწორე განისაზღვრება დაყოვნების განმავლობაში გამლიზიანებლის კვალის მეხსიერებაში შენახვით. დადგინდა რომ, ვირთაგვები ამოცანას 1-3 წამიან დაყოვნებით ვერ წყვეტენ. დაყოვნებულ რეაქციებს ჰქონდათ შემთხვევითი ხასიათი. სწორი პასუხების რიცხვი



სურ. 3. სინჯთა შორის ინტერვალის შემცირების გავლენა ვეგეტატურა მარჯვენა ბლემის დინამიკაზე თავდაცვითი პირობითი რეფლექსის ტესტირებისას. აბსცისათა ღერძზე - გაზომვათა რიცხვი, ორდინატთა ღერძზე - ა) გულის შეკუმშვათა სიხშირე წუთში; ბ) არტერიული სისტოლური წნევა ვერცხლის წელის სვეტის მმ-ში. და-უშტრინავი სვეტი - სინჯთა შორის ორწუთიანი ინტერვალის პირობებში; და-შტრინხული სვეტი - სინჯთა შორის ათწამიანი ინტერვალის პირობებში

ყოველწლიური რეაქციების ტესტირების დაწყებიდან გარკვეული ხნის შემდეგ (მე-8-9 დღე) აღინიშნებოდა ამ მაჩვენებლის პერიოდული გადაზრა დადგენილი სტაბილური ნორმიდან, რაც ვლინდებოდა ზოგჯერ მათ მატებაში, ზოგჯერ კი კლებაში. კერძოდ, არტერიული წნევა იცვლებოდა 90-150 მმ-ის, ხოლო გულის შეკუმშვათა სიხშირე წუთში 240-400-ის ფარგლებში (სურ.2).

ცდების მე-3 სერიაში (15 ვირთაგვა) აქტიური ორმხრივი განრიდების რეაქციის მოდელზე ვიკვლევდით თავდაცვითი პირობითი რეფლექსის დინამიკას ქცევის მაღალი მოტივაციისა და მეხსიერების სარეალიზაციო დროის ქრონიკული დეფიციტის ვითარებაში.

საცდელი კამერა წარმოადგენდა 30x50x30 სმ ზომის გამჭვირვალე ორგანული მინის ყუთს, რომელიც 10 სმ სიმაღლის მაგიდით გაყოფილი იყო ორ თანაბარ ნაწილად. გალიის იატაკი შედგებოდა ლითონის მილაკებისაგან. მათი საშუალებით ცხოველებს ვულიზიანებდით თათებს ზღურბლოვანი ძალის დენით. პირობითი სიგნალის წყარო - 60-ვატიანი ელექტრონათურა დამაგრებული იყო კამერის ცენტრში, 60 სმ სიმაღლეზე და ჩართვისას თანაბრად ანათებდა გალიას. თუ პირობითი გამლიზიანებლის ჩართვიდან 5 წამის განმავლობაში ვირთაგვა კამერის მეორე განყოფილებაში გადახტებოდა, ე. ი. პასუხი სწორი იყო და ცხოველს დენი არ ხედებოდა, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი იგი ისჯებოდა დენით. ერთი ცდა მოიცავდა 20 სინჯს. პირობითრეფლექსური ქცევის განმტკიცების შემდეგ თავდაპირველ 1-წუთიან ინტერვალს ვამცირებდით 5 წამამდე.

სინჯთაშორისი ინტერვალის შემცირებამ ორმხრივი განრიდების რეაქციის დარღვევა გამოიწვია, რაც პირობით სიგნალზე ადეკვატური რეაქციების რაოდენობის მკვეთრ შემცირებაში გამოვლინდა. პირობითრეფლექსური ქცევის გაუარესების ფონზე ვირთაგვები თავდაპირველად აგზნებულები იყვნენ, შემდეგ კი (მე-10 დღე) მათ ქცევაში პასიური თავდაცვითი რეაქციები დომინირებდა. ცხოველები გახდნენ, ბეწვი გაუუხეშდათ და გაუყვითლდათ, ზოგ ვირთაგვას განუვითარდა უკანა კიდურების პარეზი.

ვირთაგვებს ორმხრივი განრიდების რეაქციის სტაბილური დარღვევის აღნიშნებოდათ წნევისა და პულსის მერყეობა. თუ ინტერვალის შემცირებამდე არტერიული სისტოლური წნევა 110-120 მმ, ხოლო პულსი 320-360-ს უტოლდებოდა, ინტერვალის შემცირების შემდეგ ეს მაჩვენებელი შესაბამისად 60-150 მმ-სა და 340-280 შეკუმშვა წუთში ფარგლებში მერყეობდა (სურ. 3).

ამრიგად, გამოკვლევით დადგინდა, რომ ქცევის ინფორმაციული პათოლოგიის ჩვენს მიერ გამოყენებული ხერხით მოდელირებისას წნევისა და პულსის დინამიკა განსხვავებულია. კერძოდ, ხანმოკლე მეხსიერების დაყოვნებული რეაქციის პირდაპირი მეთოდით ტესტირების შემთხვევაში აღნიშნული ფუნქციის დროებითი გაუარესების ფონზე წნევისა და პულსის რეგულაცია არ დარღვეულა. განსხვავებული შედეგი მივიღეთ დაყოვნებული რეაქციების არაპირდაპირი მეთოდით ცხოველების ტესტირების ვითარებაში. ექსპერიმენტის ამ ვარიანტში დაირღვა შემოთ აღნიშნული მაჩვენებლების რეგულაცია, რაც სტაბილური ნორმიდან მათ პერიოდულ გადახრაში - ხან კლებაში, ხან მატებაში გამოვლინდა.

თავდაცვითი პირობითი რეფლექსური მეხსიერების ინფორმაციული გადატვირთვის შემთხვევაშიც აღინიშნა წნევისა და პულსის დინამიკის მსგავსი ცვლილება. ოღონდ აქ წნევისა და პულსის მერყეობის ფარგლები და სიხშირე გაცილებით უფრო მაღალი იყო.

მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ქცევის ინფორმაციული პათოლოგიის ექსპერიმენტული მოდელირებისათვის ჩვენს მიერ გამოყენებული სამი ხერხიდან ყველაზე უფრო ეფექტურია აქტიური განრიდების თავდაცვითი რეაქციის ტესტირების აღწერილი მეთოდიკა.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ი. ბერიტაშვილის სახ. ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *М. М. Хананашвили.* Патология высшей нервной деятельности. М., 1983;
2. *მ. ლოლაბერიძე.* საკანდიდატო დისერტაციის ავტორეფერატი. თბილისი, 1994.
3. *М. М. Хананашвили.* Вестн. Акад. Мед. Наук СССР, 68, 1975, 19-26.
4. *Ц. Г. Сукнидзе.* Сообщ. АН ГССР, 62, 1981, 435-435.
5. *Т. Китиани.* Нелекарственная профилактика предневрозов и терапия неврозов. Тбилиси, 1988.
6. *Т. Р. Домиანიძე.* Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1991.
7. *მ. ხანაშვილი.* მეცნიერება და ტექნიკა, 3, 18, 1988.
8. *Г. В. Абуладзе, Е. Р. Имнадзе.* Сообщ. АН ГССР, 105, 62, 1982, 385-388.
9. *И. С. Берташвили.* Об основных механизмах нервной и психонервной деятельности. М., 1947.
10. *S. Gellerman.* J. Genet. Psychol., 42, 437, 1933

კ. ალაიშვილი, ღ. ხოშტარია, ბ. ბატაშვილი, მ. მახარაძე, მ. ზაალიშვილი (აკადემიკოსი)

α -ჰიმოტრიფსინის სითბური დენატურაციის კალორიმეტრული
 შესწავლა სხვადასხვა pH-ის და KCl-ის კონცენტრაციის პირობებში

წარმოდგენილია 11.08.1997

გლობულარული ცილების დენატურაციის ორმდგომარეობიანი მოდელის კორექტულობის შესამოწმებლად ჩვენ ჩავატარეთ კარგად ცნობილი პროტეოლიზური ფერმენტის α -ჰიმოტრიფსინის სითბური დენატურაციის შესწავლა pH-ის (2,2-12,0) და KCl-ის კონცენტრაციის ფართო დიაპაზონში. კალორიმეტრიული გაზომვები ტარდებოდა ადიაბატურ მიკროკალორიმეტრ DASM - 4-ზე. სკანირების სიჩქარე იყო 1K/წთ. ფირმა „Fluka Chem“-ის მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის α -ჰიმოტრიფსინის (მოლ. მასა 21600) ვსწავლობდით შემდგომი გაწმენდის გარეშე. ცილის ხსნარები მზადდებოდა საჭირო რაოდენობის მშრალი ცილის გახსნით შესაბამის ბუფერში. ცილის კონცენტრაცია ჩვენს ექსპერიმენტებში იყო 1,5 მგ/მლ. ხსნარების pH მოწმდებოდა pH-მეტრის საშუალებით. ბუფერის ყველა კომპონენტი ასევე KCl იყო ანალიზურად სუფთა. 1 ცხრილში მოყვანილია ჩვენი მონაცემები, საიდანაც ჩანს, რომ მყავე და ძლიერ ტუტოვან pH-ის პირობებში გადასვლის ტემპერატურა და ენტალპია მკვეთრად მცირდება. ეს დაკავშირებულია ცილის დესტაბილიზაციის კარგად ცნობილ მექანიზმთან, ტიტრირებადი ჯგუფების ძლიერი პროტონიზაციის და დეპროტონიზაციის პირობებში. საყურადღებოა, რომ ნეიტრალურ და სუსტტუტოვან pH-ზე შეიმჩნევა გადახრა ფართოდ გავრცელებული პარაბოლური დამოკიდებულებისაგან. განსაკუთრებით თვალში საცემია ენტალპიის მკვეთრი ზრდა pH-ის ამ უბანში, გადასვლის ტემპერატურის შემცირების ფონზე. აღნიშნულ უბანში α -ჰიმოტრიფსინი უნდა განიცდიდეს კონფორმაციულ ქვეგადასვლებს შეცვლილი კომპაქტურობის და განსხვავებული ენტალპიის და ენტროპიის მქონე მდგომარეობაში [1,2] და ამ არეში, იზოელექტრული წერტილის მახლობლად დიდ როლს თამაშობენ აგრეგაციული ეფექტები. დენატურაციის დროს ინტერდა ინტრააგრეგატების წარმოქმნა და დამლა კიდევ უფრო აართულებს გადასვლის ხასიათს.

ორმდგომარეობიანი მოდელის ქვეშარიტება შეიძლება შეფასდეს ვანტ-ჰოფის (ΔH_{33}) განტოლებით [3]. გარკვეულ პირობებში, ვეარაუდობთ რა გადასვლის ერთსტადიანობას, ΔH_{33} ვითვლით ფორმულით:

$$\Delta H_{33} = 2T_m R^{1/2} (\Delta C_p)_m M^{1/2},$$

სადაც $(\Delta C_p)_m$ რეალურად წარმოადგენს სითბოშთანთქმის პიკის სიმაღლეს გადასვლის შუა წერტილში. თუ ვივარაუდებთ, რომ სითბური დენატურაცია წარმოადგენს გადასვლას ორ მდგომარეობას შორის, მაშინ ვანტ-ჰოფის ენტალპია უნდა დაემთხვეს კალორიმეტრიულს (ΔH^{cal}), ანუ ფარდობა:

$$r = \Delta H^{cal} / \Delta H_{33}$$

უნდა იყოს ერთთან ახლოს.

ცხრილი 1

α-ჰიმოტრიფსინის სითბური დენატურაციის თერმოდინამიკური მახასიათებლები სხვადასხვა pH-ის მქონე ხსნარებში (შემოკლებები იხილე ტექსტში)

ბუფერი	pH	T_m °C	$\Delta H^{ალ}$ კჯ/მოლი	$\Delta H_{3კ}$ კჯ/მოლი	r	$\Delta T_{1/2}$ °C
Na_2HPO_4 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	2.2	37.3	187	312	0.60	5.8
	2.5	39.0	244	358	0.68	5.5
	3.0	45.3	304	430	0.71	5.4
	4.0	51.8	435	496	0.88	4.3
	5.0	56.0	439	491	0.89	5.1
	6.0	55.9	438	502	0.87	6.4
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_7\text{H}_9\text{BO}_2$	7.4	45.8	818	519	1.57	9.2
	8.2	42.7	815	515	1.58	9.6
	8.4	43.6	643	465	1.38	10.7
	9.0	43.2	678	486	1.40	9.6
0.05M Borat	10.0	43.8	653	501	1.30	8.8
	11.0	41.8	673	506	1.13	5.9
	12.0	37.3	243	339	0.72	6.7

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, ტუტოვან და ზემქავე pH-ზე r მკვეთრად განსხვავდება 1-გან (გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ წერტილი pH=11). კალორიმეტრიული და ვანტ-ჰოფის ენტალპია ემთხვევა ერთმანეთს მხოლოდ pH 4-6 არეში, რაც გვაძლევს საშუალებას მიახლოებით ვივარაუდოთ, რომ ამ უბანში გადასვლა ერთსტადიანია.

ჩვენ შევისწავლეთ აგრეთვე α-ჰიმოტრიფსინის სითბური დენატურაცია K^+ იონების თანაობისას. ძირითადი მონაცემები მოყვანილია მე-2 ცხრილში. აღსანიშნავია, რომ მქავე ხსნარებში K^+ იონების შედარებით მაღალი კონცენტრაციები იწვევენ ცილის დესტაბილიზაციას, ამცირებენ რა გადასვლის ტემპერატურასა და ენტალპიას. ეს იმით აიხსნება, რომ ამ უბანში ცილის მოლეკულა უკვე პროტონიზებულია, ამიტომ ელექტროსტატიკური ნეიტრალიზაციის ეფექტები უკიდურესად მცირეა, იმავდროულად K^+ იონების ლიოტროპული ეფექტი, რაც გამოიხატება წყლის სტრუქტურაში ცვლილებების შეტანით და ლატერალურ ჯგუფებთან კონკურენტული ურთიერთქმედებით, იწვევს ჰიდროფობული ურთიერთქმედების შესუსტებას და ცილის სტაბილურობის შემცირებას, უფრო მაღალ pH-ზე K^+ იონების გადასვლის პარამეტრებზე სრულიად განსხვავებულად მოქმედებენ. K^+ იონების დაბალი კონცენტრაციები (0,2 M-მდე) ასტაბილიზებენ ცილის მოლეკულას. თუმცა მარილის კონცენტრაციის შემდგომი ზრდა იწვევს გადასვლის ტემპერატურის და ენტალპიის შემცირებას. შესაძლოა K^+ იონების დაბალი კონცენტრაცია ცილის სტრუქტურას ასტაბილიზებს უარყოფითად დაბუნტული ჯგუფების ნეიტრალიზაციის ხარჯზე. უფრო მაღალ კონცენტრაციებზე თავს იჩენს დესტაბილიზაციის ზემოთ მოყვანილი მექანიზმები. გარდა ამისა, K^+ იონებს შეუძლიათ ურთიერთქ-



მედება დიპოლურ პოლარულ ჯგუფებთან, რითაც ცვლიან მაკრომოლეკულის კონფორმაციულ სტაბილურობას [4]. ასეთი ჯგუფები ხშირად ნატიური გლობულის შიგნითაა მოთავსებული, მაგრამ pH-ის ცვლილებით გამოწვეული ცილის გადასვლისას ნაკლებად კომპაქტურ ფორმაში ისინი შეიძლება გახდნენ K^+ იონებისათვის ხელმისაწვდომნი.

ცხრილი 2

α -ქიმოტრიფსინის სითბური დენატურაციის თერმოდინამიკური მახასიათებლები სხვადასხვა ბუფერში და KCl-ის კონცენტრაციაზე (შემოკლებები იხილე ტექსტში)

[KCl] _M	T _m °C	$\Delta H_{\text{კ/მოლი}}^{\text{ალ}}$	$\Delta H_{\text{კ/მოლი}}^{\text{კ}}$	r	$\Delta T_{1/2}$ °C
pH 2.5					
0.2	36.3	230	341	0.68	6.7
0.5	34.3	192	312	0.60	7.2
1.0	27.9	39.7	180	0.20	8.1
pH 3.0					
0.2	41.4	285	380	0.75	5.6
0.5	37.5	234	326	0.72	5.8
1.0	32.6	228	301	0.76	7.3
pH 5.0					
0.2	56.8	494.2	598	0.83	4.0
0.5	46.5	271	449	0.60	6.5
1.0	39.0	249	382	0.65	6.9
pH 6.0					
0.2	56.7	517	536.1	0.97	5.6
0.5	47.6	337	484	0.70	5.8
1.0	40.2	333	394	0.86	4.3
pH 8.4					
0.2	45.6	668	481	1.38	8.3
0.5	30.5	204	305	0.67	10.5
0.7	26.8	84	200	0.42	10.0
0.8	23.9; 64.0	43	152	0.28	10.5
1.0	22.1; 67.0	10.2	105	0.10	9.8
1.2	65.4	25	119	0.20	9.6
1.6	62.9	61	153	0.40	9.5
pH 10.0					
0.2	46.3	703	536	1.3	7.8
0.5	43.3	336	388	0.87	5.8
1.0	27.9	83	179	0.46	6.5

ანომალურად გამოიყურება ტემპერატურის მკვეთრი ზრდა pH 8,4-ზე KCl-ის მაღალი კონცენტრაციისას, საკმაოდ დაბალი ენტალპიის ფონზე. აღსანიშნავია, რომ სწორედ ამ პირობებში (pH 8,4 1M KCl) შემჩნეულია α -ქიმოტრიფსინის გაზრდილი აქტიუობა სუბსტრატებისადმი და ასევე მაქ-



სიმაღური კინეტიკური სტაბილურობა, რაც დასტურდება არენიუსის მრუდის სწორება ზონებით 40°C -მდე, მაშინ როცა KCl -ის გარეშე გადახრა იწყება უკვე 30°C -ზე [5]. ნიშანდობლივია, რომ pH -ზე K^+ იონების თანაობისას თერმოგრამაზე ჩანს ორი მკვეთრი პიკი დაბალ და მაღალ ტემპერატურულ უბანში. იონური ძალის გაზრდა იწვევს ამ პიკების კიდევ უფრო ურთიერთდამოკრებას. შესაძლოა ამის მიზეზი იყოს სხვადასხვა სტრუქტურული ნაწილების (შესაძლოა ბირთვი და გარსი) დამოუკიდებელი ლობა, რომლებსაც K^+ იონები სხვადასხვანაირად ასტაბილიზებენ.

K^+ იონების თანაობისას გადასვლის ხასიათის ანალიზი აჩვენებს (ცხრილი 2) რომ უმრავლეს შემთხვევაში კალორიმეტრიული ენტალპია განსხვავდება ვანტ-ჰოფის ენტალპიისაგან. მხოლოდ $\text{pH } 6,0$ -ზე ($0,2 \text{ M KCl}$) ეს თანაფარდობა საკმაოდ ახლოსაა 1-თან. $\text{pH } 6,0$ (1M KCl) და $\text{pH } 10,0$ ($0,5 \text{ M KCl}$)-ის პირობებშიც შეფარდება საკმაოდ ახლოსაა 1-თან. ამრიგად, ჩვენი მონაცემების მიხედვით α -ჰიმოტრიფსინის სითბური დენატურაცია შეიძლება განვიხილოთ როგორც ერთსტადიანი მხოლოდ გარკვეულ პირობებში, დანარჩენ შემთხვევებში კი დენატურაცია მიმდინარეობს საფეხურებრივად საშუალოდ მდგომარეობების გავლით.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
მოლეკულური ბიოლოგიისა და ბიოლოგიური ფიზიკის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. М.Б. Волкенштейн. Структура и стабильность биомакромолекул. 1973, 235.
2. J.F. Brandts. J.Am. Chem. Soc. 86. 1964. 4291.
3. R. Biltonen, E. Freire. CRC Critical Reviews in Biochem. 5, 1972, 85.
4. W. Kauzmann. Advan. Protein. Chem. 14, 1959, 1.
5. Д.Е. Хоштария. Автореф. канд. дис. М., 1980.

დ. ჩუბინიძე, ვ. ჩუბინიძე, თ. ბერიავილი, ლ. ბარაკაძე

ეთეროვანი ზეთის მეტაბოლიზმი ევგენოლის რეპანში (OCIMUM GRATISSIMUM)

წარმოადგინა აკად. წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ნუცუბიძემ 20.09.1997

ცნობილია, რომ ეთეროვანი ზეთის მრავალი კომპონენტი, მათ შორის ზოგიერთი მჟავა, სპირტი, ალდეჰიდი, კეტონი, ფენოლი და სხვა, მონაწილეობს ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების წარმოქმნაში [1-5]. მიუხედავად იმისა, რომ უკანასკნელ პერიოდში ეთეროვანი ზეთის მეტაბოლიზმის საკითხებს განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა [6-9], დღეისათვის აღნიშნული საკითხი მაინც არ არის სათანადოდ შესწავლილი.

წინამდებარე სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ეთეროვანი ზეთისა და მისი ძირითადი კომპონენტების მეტაბოლიზმის შესწავლა ევგენოლის რეპანში.

სპეციალურ ქოთნებში გამოზრდილი ევგენოლის რეპანის მცენარეები მოთავსებულ იქნა ორგანული მინის ჭურჭელში და გამოკვებულ იქნა $^{14}\text{CO}_2$ -ით, რომლის კონცენტრაცია იყო 1%, ხოლო ხვედრითი რადიოაქტიუობა - $80\mu\text{Ci/ლ}$. $^{14}\text{CO}_2$ მიღებულ იქნა $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ -გან. ექსპერიმენტი ჩატარდა სინათლეზე, რომლის დროსაც განათება უდრიდა 20-25 ათას ლუქსს, ტემპერატურა დღისით იყო 28-30°C, ღამით - 15-17°C. ცდების ხანგრძლივობა - 72 საათი ჰაერის მუდმივი ცირკულაციის პირობებში. ცდების დამთავრების შემდეგ მცენარეები მოთავსებულ იქნა ბუნებრივ პირობებში $^{14}\text{CO}_2$ -ის გარეშე. ეთეროვანი ზეთის რაოდენობისა და რადიოაქტიუობის განსაზღვრა ხდებოდა პერიოდულად (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 და 40 საათი).

$^{14}\text{CO}_2$ -დან წარმოქმნილი ეთეროვანი ზეთიდან გამოყოფილ იქნა ორი ძირითადი ფრაქცია - ევგენოლის და არაფენოლური ფრაქცია [10]. მცენარეთა ერთი ჭგუფი თავსდებოდა ^{14}C -ევგენოლის, ხოლო მეორე ჭგუფი - ^{14}C -არაფენოლური ფრაქციის ატმოსფეროში. ექსპერიმენტების ხანგრძლივობა შეადგენდა 48 საათს, ტემპერატურა დაახლოებით ისეთივე იყო, როგორც $^{14}\text{CO}_2$ -ით ჩატარებულ ექსპერიმენტებში.

საანალიზოდ ცალ-ცალკე იქნა აღებული ფოთლები, ღეროები და ფესვები. ნიმუშების ფიქსაცია ხდებოდა მალდლარი ეთანოლით, ხოლო 4-ჯერადი ექსტრაქცია - 80%-იანი ეთანოლით. ექსტრაქტიდან, ქაღალდის ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით, გამოყოფილ იქნა ორგანული მჟავების, თავისუფალი ამინომჟავების და შაქრების ფრაქციები [11]. აღნიშნული ფრაქციების ინდივიდუალური კომპონენტების იდენტიფიკაცია ხდებოდა ქრომატოგრაფიული და რადიოაქტივობის მეთოდების გამოყენებით [12-14]. რადიოაქტიუობა იზომებოდა სცინტილაციურ სპექტრომეტრზე SL-30.

$^{14}\text{CO}_2$ -ით ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ 72-საათიანი ექსპოზიციის შემდეგ საკვლევი მცენარეების ფოთლებიდან გამოყოფილ 1 გ ეთერზეთის რადიოაქტიუობა უდრიდა 955000 იმპ/წთ, ხოლო პროცენტული შემცველობა იყო 0,427.

როგორც აღნიშნეთ, ცდების დამთავრების შემდეგ საკვლევი მცენარეები

განთავისუფლებულ იქნა $^{14}\text{CO}_2$ -ის ატმოსფეროდან, დატოვებულ იქნა ბუნებრივ პირობებში და პერიოდულად ხდებოდა ეთეროვანი ზეთის რაოდენობისა და რადიოაქტივობის განსაზღვრა. აღმოჩნდა, რომ ევგენოლის რეპანის ეთერზეთის რადიოაქტივობა მაქსიმალური იყო ცდის დამთავრებიდან 5 საათის შემდეგ, ხოლო 40 საათის შემდეგ მისი რადიოაქტივობა დაახლოებით განახევრდა. ყველა ექსპოზიციაში ეთერზეთის რაოდენობა თითქმის არ იცვლებოდა და შეადგენდა 4,188 - 4,275 გრამს 1 კგ ნედლ ფოთლებში (ცხრ. 1). მიღებულმა შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ევგენოლის რეპანში წარმოქმნილი ეთეროვანი ზეთი განიცდის გარდაქმნას. დადგენილ იქნა აგრეთვე, რომ ეთერზეთის საერთო რადიოაქტივობის 66-67% ჩართული აღმოჩნდა ევგენოლში, ხოლო 17-18% არაფენოლურ ფრაქციაში (ცხრ. 1).

ცხრილი 1

ევგენოლის რეპანის მიერ შეთვისებული $^{14}\text{CO}_2$ -დან წარმოქმნილი ეთეროვანი ზეთისა და მისი კომპონენტების - ევგენოლისა და არაფენოლური ფრაქციის რადიოაქტივობა

ექსპერიმენტის ხანგრძლივობა, საათი	ეთეროვანი ზეთის რაოდენობა, 1 კგ ნედლ ფოთოლზე	1 გ ეთეროვანი ზეთის რადიოაქტივობა, იმპ/წთ	% ეთეროვანი ზეთის საერთო რადიოაქტივობიდან	
			ევგენოლი	არაფენოლური ფრაქცია
72($^{14}\text{CO}_2$ -ის ატმოსფეროში)	4,275	955000	67,2	18,1
5($^{14}\text{CO}_2$ -ის ატმოსფეროდან განთავისუფლების შემდეგ)	4,247	961000	67,6	17,9
10 ..	4,198	957000	66,8	18,5
15 ..	4,202	952000	67,6	18,1
20 ..	4,273	948000	67,1	18,2
25 ..	4,242	940000	66,9	18,6
30 ..	4,188	931000	67,2	17,7
35 ..	4,215	622000	67,1	18,4
40 ..	4,227	481000	66,9	18,3

^{14}C -ევგენოლით ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ მისი რადიოაქტიური ნახშირბადის დიდი ნაწილი ჩართული აღმოჩნდა დაბალმოლეკულურ, 80%-იან ეთანოლში ხსნად ნაერთებში, რომელთა შორის შედარებით მაღალი რადიოაქტივობით გამოირჩეოდა ფოთოლში და ღეროში - ორგანული მჟავები, ფესვებში კი - თავისუფალი ამინომჟავები (ცხრ. 2). ორგანულ მჟავებს შორის რადიოაქტიური აღმოჩნდა ქარვის, ფუმარის, ვამლისა და გლიკოლის მჟავები. ამინომჟავებს შორის ევგენოლის რეპანის ფოთლებში რადიოაქტიური იყო: ალანინი, გლიცინი, ასპარაგინმჟავა, გლუტამინმჟავა, ვალინი, თიროზინი, ლეიცინი, ჰისტიდინი, არგინინი და ლიზინი. ღეროში მათ გარდა ნიშანდებული იყო აგრეთვე ტრეონინი. ფესვებში ნიშანდებული იყო 9 ამინომჟავა: ასპარაგინმჟავა, ალანინი, გლუტამინმჟავა, გლიცინი, თიროზინი, ტრეონინი, არგინინი, ლიზინი და ლეიცინი.

^{14}C -არაფენოლური ფრაქციის გამოყენებით ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ მისი გარდაქმნის შედეგად ძირითადად 80%-იან ეთანოლში ხსნადი ნაერთები მიიღება, რომელთა შორის მაღალი რადიოაქტივობით ორგანული მჟავები გამოირჩევა. თავისუფალი ამინომჟავების რადიოაქტივობა მცენარის ყველა ორგანოში,

განსაკუთრებით ფესვებში, გაცილებით ჭარბობს შაქრების რადიოაქტივობას (ცხრ. 2).

ცხრილი 2

^{14}C -ევგენოლისა და ^{14}C -არაფენოლური ფრაქციის რადიოაქტიური ნახშირბადის ჩართვა ნივთიერებათა ცალკეულ ფრაქციაში, ექსპოზიცია 48 საათი

მცენარის ორგანო	ორგანული მჟავების, თა- ვისუფალი ამინომჟავები- სა და შაქრების ჯამური რადიოაქტივობა, იმპ/წთ 1 გ ნედლ მასალაზე	% ფრაქციების ჯამური რადიოაქტივობიდან		
		ორგანული მჟავები	თავისუფალი ამინომჟავები	შაქრები
^{14}C - ევგენოლი				
ფოთოლი	55000	52,2	27,3	20,5
ღერო	22600	47,8	36,9	15,3
ფესვი	6000	44,6	47,0	8,4
^{14}C - არაფენოლური ფრაქცია				
ფოთოლი	43000	54,6	26,3	19,1
ღერო	20000	51,4	29,7	8,9
ფესვი	5000	52,3	36,3	11,4

^{14}C -ევგენოლისა და ^{14}C -არაფენოლური ფრაქციის გარდაქმნის პროცესში დი- და ტრიკარბონმჟავების წარმოქმნა შესაძლებლობას იძლევა ვივარაუდოთ, რომ ევგენოლისა და არაფენოლური ფრაქციის გარდაქმნის პროდუქტები მცენარის მეტაბოლიზმში ერთგვარად ჩვეულებრივი გზებით. ამასთანავე, ნიშანდებული გლიკოლმეჯავს და გლიცინის არსებობა მიუთითებს, კრების ციკლთან ერთად, გლიოქსილატის ციკლის ფუნქციონირებაზეც.

მიღებული შედეგების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ევგენოლის რეჰანის ეთეროვანი ზეთი და მისი ძირითადი კომპონენტები - ევგენოლი და არაფენოლური ფრაქცია აქტიურად მონაწილეობენ მცენარეული უჯრედის ნივთიერებათა ცვლაში.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ს. ლურშიძის სახ. მცენარეთა ბიოქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. С.В. Дурмишидзе. IV Международный конгресс по эфирным маслам, Тбилиси, т. II, 1968.
2. С.В. Дурмишидзе, Т.В. Бериашвили, Д.И. Чрикишвили, Ц.М. Майсурадзе, Г.Ш. Гугуნიшвили. Прикладная биохимия и микробиология, т. XXI, 2, 1985.
3. А.Г. Николаев. IV Международный конгресс по эфирным маслам, Тбилиси, т. II, 1968.
4. J.A. Attaway, B.B. Buslig. Phytochemistry, 8, 9, 1969.
5. M.J. Francis; D.V. Banthorpe, G.N.J. Le Patourel. Nature, (Gr. Brit.), 118, N7275, 1970.
6. Groteau Rodney, Sood Virendar K. Plant Physiology, 77, 4, 1985.
7. Н.А. Кекелидзе. Автореф. докт. Дисс. Тбилиси, 1989.

8. Suga Takayuki, Shishibori Taoyoshi. Bull. Chem. Jap., 46, 11, 1973.
9. В.В. Чубинидзе, Т.В. Бериашвили, Д.В. Чубинидзе. Биохимия, 58, вып. 6, 1993.
10. М.И. Горяев, И. Плива. Методы исследования эфирных масел. Алма-Ата, 1962.
11. Р.Я. Школьник, Н.Г. Доман, В.Н. Костылев. Биохимия, 26, 4, 1961.
12. Ж.В. Успенская, В.А. Кретович. Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений, М., 1962.
13. Хроматография на бумаге, под редакцией И. Хайса и К. Мацека, М., 1962.
14. С. Аронов. Изотопные методы в биохимии, ИЛМ, 1959.



ბ. შაალვა, ზ. ქოჩეთიანი

აუცილებელი აქტივატორების რიცხვის განსაზღვრა კინეტიკური მრუდის ფორმის ანალიზის საშუალებით

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მოსიძემ 20.02.1997

მრავალუბნიანი ფერმენტული სიჩქარის (V), როგორც ლიგანდის კონცენტრაციის (C) ერთცვლადიანი ფუნქციის ხარისხობრივი პარამეტრების განსაზღვრა მნიშვნელოვანი პრობლემაა. ეს აიხსნება იმით, რომ ისინი გამოხატავენ აუცილებელ აქტივატორთა (n) და სრულ ინჰიბიტორთა რიცხვს [1]. როგორც გაირკვა, მათი დადგენა ცვლადების ხარისხობრივი გარდაქმნის შედეგად მიღებული მრუდების გეომეტრიული ფორმის ანალიზის საშუალებით არის შესაძლებელი [2-4]. მათ შორის, უნივერსალობისა და სარწმუნოების თეალსაზრისით. უპირატესობა ენიჭება $y = f(r, t)$ გარდაქმნას, სადაც $y = U^{1/r}$, $U = 1/V$ და $t = 1/C$. თეორიული ანალიზის შედეგად დადგინდა [5], რომ სარწმუნო შედეგის მისაღებად საჭიროა ექსპერიმენტული წერტილების შემცველი $[t_1, t_2]$ ინტერვალის კორექტული შერჩევა. ამის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა, რომ $\ln U = (\tau)$ ფუნქციას ($\tau = \ln t$) არ ჰქონდეს მოტრიალებისა ($\omega = 0$) და გადაღუნვის ($\omega' = 0$) წერტილები. ω და ω' ამ ფუნქციის პირველი და მეორე წარმოებულებია.

r -გან დამოკიდებული მრუდის ფორმის ცვლილების ანალიზის მეთოდით, როგორც ვიზუალურად (გრაფიკულად), ასევე ანალიტიკურად, n - პარამეტრის დადგენა ემყარება ასიმპტოტის არსებობასა და y'' ნიშნის განსაზღვრას. ამისათვის ყველაზე მოსახერხებელი და ეკონომიურია რეგრესიის მეთოდის გამოყენება. საბუთო ინტერვალის სწორად არჩევის შემთხვევაში ასიმპტოტის არსებობა ნიშნავს მრუდის მინიმალურ სიმრუდეს, ანუ მაქსიმალურ სწორხაზოვნებას, რაც შეიძლება შეფასდეს უმცირესი კვადრატების მეთოდის საშუალო კვადრატული ცდომილებით და რეგრესიის სწორხაზოვნების კრიტერიუმით. ამ შემთხვევაში რეგრესიის ცდომილება წარმოადგენს ექსპერიმენტული და სიმრუდით (ფორმით) გამოწვეული ცდომილებების ჯამს, რომელიც $r = n$ ტოლობის დროს მინიმალური იქნება.

რეგრესიის ხაზის ($Y_r = A_r + B_r t$) დახრილობა წარმოადგენს არგუმენტის ერთეულით გაზრდისას ფუნქციის საშუალო ზრდის საზომს, ამიტომ მისი ნიშანი თანხვდება ფუნქციის საშუალო წარმოებულის ნიშანს. ამასთანავე, რეგრესიის ხაზი $y = f(r, t)$ მრუდს მონოტონურობის შემთხვევაში გადაკვეთს მხოლოდ ორ წერტილში. ამიტომ რეგრესიისა და ფუნქციის სხვაობის ($\Delta_i = Y_i - y_i$) ნიშნების განაწილება ჩაზნევილი მრუდისათვის იქნება უარყოფითი - დადებითი - უარყოფითი, $\{- \dots - 0 + \dots + 0 - \dots -\}$, ხოლო ამოზნექილი მრუდისათვის დადებითი - უარყოფითი - დადებითი, $\{+ \dots + 0 - \dots - 0 + \dots +\}$. ამგვარად, შესაძლებელია y'' ნიშნის განსაზღვრა მონაკვეთზე. ექსპერიმენტულ ცდომილებას შეაქვს თავისი კორექტია განაწილებაში, მაგრამ ნიშნების განაწილების საერთო სახე და პრინციპი უცვლელი რჩება. რეგრესიის მეთოდის გამოყენება გამართლებულია იმითაც, რომ მიღებული ნებისმიერი შედეგი ადვილად ექვემდებარება მკაცრ

სტატისტიკურ დამუშავებას.

$U = f(t)$ და $\ln U = f(t)$ ფუნქციების ბოლო მოტრიალების წერტილები (t_0) ემთხვევა ერთმანეთს, ($U'_t = (\ln U)'_t = 0$). ადვილი დასადგენია, რომ ($t_0, +\infty$) ინტერვალში აუცილებლად მოიცავს ღია ($t', +\infty$) ინტერვალს, სადაც $\ln U = f(t)$ მრუდს ამოზნექილი ფორმა აქვს, $(\ln U)''_t < 0$. გამოვხატოთ $y''_t \ln U = f(t)$ -ის წარმოებულებით

$$y''_t = \frac{\sqrt{U}}{r^2} [r(\ln U)''_t + [(\ln U)'_t]^2],$$

ვინაიდან ამ ფორმულაში $(\ln U)''_t$ გარდა, ყველა სხვა წევრი დადებითია ($r > 0$), ამიტომ $y''_t = 0$ ტოლობის შესასრულებლად ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა, რომ $(\ln U)''_t < 0$, თუ $t > t'$. ეს შეზღუდვა და ადრე მიღებული მოთხოვნა მრუდის ფორმის სიმარტივის შესახებ (გადაღუნვისა და მოტრიალების წერტილების არარსებობა) განსაზღვრავს საბუთად $[t_1, t_2]$ ინტერვალის ადგილმდებარეობას ღია ($t_0, +\infty$) ინტერვალში. ამ მოთხოვნების შესრულება შესაძლებელია $[t_1, t_2]$ მონაკვეთზე $\ln U = f(t)$ და $\ln U = f(t)$ მრუდების ფორმის ანალიზის საშუალებით.

დავუშვათ, მოცემული t -თვის, როდესაც $r = R$, სრულდება ტოლობა $y''_t(R, t) = 0$. განვსაზღვროთ $R = R(t)$ ფუნქცია და მისი საშუალო $[t_1, t_2]$ მონაკვეთზე.

$$R(t) = \frac{\omega^2}{\omega - \omega'} = \frac{[(\ln U)'_t]^2}{-(\ln U)''_t} = n + \theta \cdot t^{-2} + \dots; \quad \lim_{t \rightarrow +\infty} R(t) = n$$

$$\bar{R} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} R(t) dt = n + \frac{\theta}{t_1 t_2} + \dots; \quad \theta = \frac{R(t_2) - R(t_1)}{(t_2^{-2} - t_1^{-2})}$$

წარმოვიდგინოთ, რომ $r = R(t) + k$, სადაც k ნამდვილი რიცხვია. ადვილი სანახაია, რომ თუ $[t_1, t_2]$ ინტერვალში $(\ln U)''_t < 0$, მაშინ ნებისმიერი t -თვის სრულდება შემდეგი წესები: 1) თუ $k = 0$ ($r = R(t)$), მაშინ $y''_t(R, t) = 0$; 2) თუ $k < 0$ ($r < R(t)$), მაშინ $y''_t(R, t) > 0$; 3) თუ $k > 0$ ($r > R(t)$), მაშინ $y''_t(R, t) < 0$. აქედან გამომდინარე, ყოველთვის მოიძებნება ისეთი $\varepsilon > 0$, რომლისთვისაც სრულდება წესი: $y = f(r, t)$ მრუდს $[t_1, t_2]$ მონაკვეთზე აქვს ჩაზნექილი ფორმა, თუ $r < (R - \varepsilon)$ აქვს ამოზნექილი ფორმა, თუ $r > (R + \varepsilon)$, ხოლო $(R - \varepsilon) \leq r \leq (R + \varepsilon)$ შემთხვევაში ყოველთვის მოიძებნება გადაღუნვის წერტილები $y''_t(R, t) = 0$. ეს წესები საფუძვლად უდევს n -პარამეტრის განსაზღვრის მეთოდს. ხოლო მიღებული შედეგის შეფასება პირველ მიახლოებაში შეიძლება მოხდეს $(R - n)$ სხვაობის დადგენის საშუალებით.

ამგვარად, ზემოთ განხილულის საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ $y = f(r, t)$ გარდაქმნის საშუალებით საბუთად ინტერვალის კორექტულად შერჩევის შემთხვევაში შესაძლებელია n -პარამეტრის განსაზღვრა და მისი სარწმუნოების შეფასება. განვიხილოთ ამ მეთოდით გამოთვლის ეტაპები:

1. ექსპერიმენტული მონაცემები წარმოდგენილი უნდა იყოს საშუალო არითმეტიკულით, მისი საშუალო კვადრატული ცდომილებით და გაზომვათა რიცხვით $V_i \pm s_i(m)$. ფარდობითი ცდომილება $e_i = s_i/V_i$ საშუალოდ არ უნდა აღემატებოდეს 0,1-ს.



ცდომილების შემცირების თვალსაზრისით უმჯობესია სხვადასხვა სერიებში მიღებული მონაცემების აწონვით გაერთიანება. რეკომენდებულია, რომ სამუშაო ინტერვალში წარმოდგენილი იყოს წერტილები სიგმოიდური მრუდის, $V = f(C)$ ჩაზნექილი უბნიდან და მთავრდებოდეს წერტილში, რომლის მხებიც გადის კოორდინატთა სათავეში. წერტილების რიცხვი (k) უნდა აღემატებოდეს 5-ს.

2. ექსპერიმენტულ წერტილებზე იგება გრაფიკები $\ln U = f(t)$ და $\ln U = f(x)$. სამუშაო ინტერვალის შერჩევა ხდება იმდაგვარად, რომ ა) t_2 წერტილის $e < 0.2$, ბ) მრუდი $\ln U = f(t)$ $[t_1, t_2]$ მონაკვეთზე იყოს ამოზნექილი, გ) $\ln U = f(x)$ მრუდს $[t_1, t_2]$ მონაკვეთზე არ ჰქონდეს გადაღუნვისა და მოტრიალების წერტილები.

3. r პარამეტრს ეძლევა მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობა. თითოეული ფიქსირებული მთელი r -თვის, ერთის ბიჯით ითვლება რეგრესიის ხაზი და შემდეგი სიდიდეები მათი შესაბამისი ცდომილებებით.

$$(Y_r = A_r + B_r t); \quad y_i = (V_i)^{-1/r}; \quad s(y_i) = \frac{y_i s(V_i)}{r V_i}; \quad A_r \pm s(A_r);$$

$$B_r \pm s(B_r); \quad \Delta_i = (Y_i - y_i); \quad s(\Delta_i) \quad (\text{თუ } \Delta_i \leq s(\Delta_i), \text{ მაშინ } \Delta_i = 0).$$

4. $y_i''(r, t)$ ნიშნის დადგენისათვის r -ის თითოეული მნიშვნელობისათვის ანალიზდება $\Delta_i = (Y_i - y_i)$ ნიშნების განაწილება ყველა t_i -თვის.

5. უმცირესი კვადრატების მეთოდის მეშვეობით გამოითვლება აწონილი საშუალო კვადრატული ცდომილება (MY), გასაშუალოებული აპროქსიმაციის კოეფიციენტი (MV), „სწორხაზოვნების საზომი“ (F) და კორელაციის კოეფიციენტი (CC):

$$MY = \frac{1}{k} \left[\sum_{i=1}^k \left(\frac{Y_i - y_i}{s(y_i)} \right)^2 \right]^{1/2}; \quad MV = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{|V_i - v_i|}{s(v_i)};$$

$$F = \frac{k \sum_{i=1}^k (Y_i - y_i)^2}{(k-2) \sum_{i=1}^k [s(y_i)]^2}; \quad CC = \frac{\sum_{i=1}^k (\bar{y} - y_i)(\bar{t} - t_i)}{\left[\sum_{i=1}^k (\bar{y} - y_i)^2 \sum_{i=1}^k (\bar{t} - t_i)^2 \right]^{1/2}}.$$

6. ესაზღვრავთ $r = \bar{R}$, რომლისთვისაც MY, MV და F აქვს მინიმალური, CC მაქსიმალური მნიშვნელობა და ადგილი აქვს Δ_i ნიშნის განაწილების ცვლილებას.

7. როგორც წესი, R -ის ზუსტი განსაზღვრისათვის საჭიროა ბიჯის შემცირება 0,1-მდე და r უფრო ვიწრო ინტერვალში და 3 და 4 პუნქტში მითითებული გამოთვლების ჩატარება. ამავე დროს ესაზღვრავთ R_1 და R_2 , რომლებზედაც შესაბამისად იწყება და მთავრდება Δ_i ნიშნის განაწილების ცვლილება. გამოითვლება:

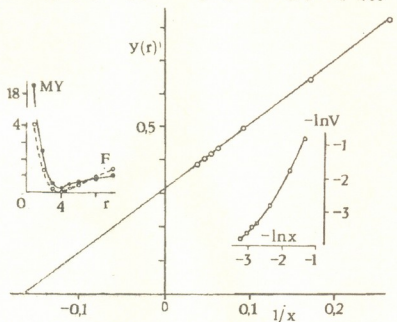
$$\theta = \frac{[R_2 - R_1]}{(t_2^{-2} - t_1^{-2})} \quad \text{და} \quad |\bar{R} - \theta| = \frac{\theta}{t_1 t_2}.$$

8. $r = \bar{R}$ შემთხვევისათვის თითოეული წერტილისათვის გამოითვლება $R_i =$

$$= \ln y_{ii} / \ln y_r, \text{ მათი საშუალო } R_0 = \frac{1}{k} \sum R_i \text{ და ცლომილება } s(R_0) = \left[\frac{(R_0 - R_i)^2}{k(k-1)} \right]^{1/2}$$

ამ გამოთვლების მიხედვით შედგენილი იყო კომპიუტერული პროგრამა აუცილებელი აქტივატორებისა (n) და სრული ინიზიტორების (m) რიცხვის დასადგენად. m -ის შემთხვევაში ხდებოდა საწყისი C არგუმენტის t -თი შეცვლა $V = f(t)$.

ეს მეთოდი გამოყენებული იყო NaK-ATP-ზური სისტემის მოლეკულური მექანიზმის დასადგენად. სადემონსტრაციოდ მოვიყვანოთ ერთი მაგალითი, როდესაც ხდებოდა ფერმენტის აუცილებელი აქტივატორული Na-უმნების რიცხვის დადგენა.



სურ. NaK-ATP-ზური აქტივობის (V) დამოკიდებულება Na^+ -ის კონცენტრაციიდან (x). გრაფები: ცენტრში - $Y(r) = (V)^{-1/4} = f(1/x)$; მარცხნივ - $MY = f(r)$ და $F = f(r)$; მარჯვნივ $-\ln V = f(-\ln x)$.

ამგვარად, სადემონსტრაციოდ გამოტანილი მაგალითის შემთხვევაში მივიღეთ, რომ Mg^{++} სიქარბის დროს NaK-ATP-ზას სჭირდება 4 აუცილებელი აქტივატორი Na^+ იონის სახით. შედეგის სიზუსტეა $3,72 \leq n \leq 4,28$ (სურათი).

ივ. ბერიტაშვილის საბ. ფიზიოლოგიის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Z. Kometiani, G. Chkadua. Bull. Georg. Acad. Sci., 153, 1996, 435-438.
2. З. Кометиани, М. Векуа. Кинетика транспортных мембранных ферментов. М., 1988.
3. Z. Kometiani. Bull. Georg. Acad. Sci., 105, 1982, 401-404.
4. Z.X. Wang, D.K. Srivastava. Analyt. Biochem., 216, 1994, 15-26.
5. G. Chkadua, Z. Kometiani. Bull. Georg. Acad. Sci., 155 (3), 1997.



ბ. ნასუიდაშვილი, ზ. სინარაშვილი

ხორბლის მურა (ფოთლის) ჟანგას მართული
კოკულაციისადმი გამძლეობის წყაროები

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ბ. ყურაშვილმა 19.04.1997

ხორბალი საქართველოს უძველესი და უმნიშვნელოვანესი კულტურაა. საქართველო ხორბლის წარმოშობის პირველად გენცენტრს განეკუთვნება. აქაა აღმოჩენილი ხორბლის ენდემური სახეობები *Triticum timopheevi* Zhuk. გენომით AG, *Tr. paleocolchicum* Men., ანუ *Tr. georgicum* Dek. გენომით AB, *Tr. macha* Dek. et Men., გენომით ABD, *Tr. zhukovsky* Men. et Er., გენომით AAG, უამრავი სახესხვაობები და ჯიშ-პოპულაციები. ამ საუკუნის 50-იან წლებამდე საქართველოს თითქმის ყველა სოფელს „თავისი“ ჯიში ჰქონდა [1].

სამწუხაროდ, შემდეგ დაიწყო ხორბლის ფართობების გაუმართლებელი შემცირება. დღეს ისევე დგას ხორბლის აღორძინებისა და მაღალმოსავლიანი ჯიშების დანერგვის საკითხი, რაც თავის მხრივ დაკავშირებულია ზარალის მომტანი დაავადებების შესწავლასა და გამძლეობის ეფექტური წყაროების გამოვლენა-გამოყენებასთან.

ხორბლის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან და ფართოდ გავრცელებულ დაავადებას განეკუთვნება მურა (ფოთლის) ჟანგა, რომლის გამომწვევია ბიოტროფი სოკო *Puccinia recondita* Rob. ex. Desm. f. sp. tritici. მის მიერ მიყენებული ზარალი ჩვეულებრივ წლებში მოსავლის 10-30% აღწევს, ეპიფიტოტიის შემთხვევაში კი შეიძლება გახდეს 56-70% [2-7]. მურა ჟანგას წინააღმდეგ ბრძოლის ძირითად საშუალებად გენეტიკურ კონტროლს მიიჩნევენ. აღწერილია მისდამი გამძლეობის ოცდაათი Lr გენი და დადგენილია მათი ადგილი ქრომოსომებზე [8-10].

საქართველოში ხორბლის მურა ჟანგა სისტემატური გავრცელებით და მაღალი ვირულენტობით ხასიათდება [11-13]. ჩვენს ამოცანას შეადგენდა დღეისათვის ცნობილი გამძლეობის გენების შემცველი ჯიშების (ხაზების) შეფასება ქართული პოპულაციის მიმართ გამძლეობის ეფექტური გენოტიპების გამოსავლენად. ამისათვის 61 იზოგენური ჯიში თუ ხაზი (რომელიც სულგრძელად გადმოგვცა სიდნეის უნივერსიტეტის სელექციის ინსტიტუტის ციტოგენეტიკოსმა დოქტორმა რ. მაკინტოშმა) შეფასებულ იქნა აღმონაცენის ფაზაში სათბურის პირობებში და ზრდასრულ ფაზაში მინდვრის პირობებში. აღმონაცენის ფაზაში შეფასება ჩატარდა ხელოვნური ინფექციური ფონის, მინდორში - ბუნებრივი ძლიერი ინფექციური ფონის გამოყენებით. ინფექციის ტიპის, ანუ დაავადებზე ჯიშის რეაქციის ტიპის ათვლას ვაწარმოებდით კლასიკური 5-ბალიანი სკალის საფუძველზე [14], რომლის მიხედვით 0 ბალი ნიშნავს, რომ არ არის დაავადების ნიშნები; 1,2 ბალი გამძლე რეაქციაა, ანუ მცენარეზე შეინიშნება ქლოროზი, ნეკროზი, მცირე ზომის ურედინიები უმნიშვნელო სპორულაციით; 3,4 ბალი მიმღები რეაქციაა, ტიპური ურედინიებით და უხვი სპორულაციით. მიმღები რეაქციის შემთხვევაში ვიზუალურად ვადგენდით დაავადების სიძლიერეს პროცენტებში მისი მაქსიმალური ინტენსიურობის

ცხრილი 1

ხორბლის იზოგენური გიმების (ხაზების) რეაქცია მურა ეანგას ქართული პოპულაციის მიმართ

გამძლეობის გენი	ჯიშის (ხაზის) დისახელება	ტიპური რეაქცია (ბალეზში)		დაავადების ინტენსივობა (%)
		აღმონა- ეგნის	ზრდისრული მეცნარის	
Lr 1	Tc+Lr1(RL 6003)	3	2(3)	20
Lr 1	<i>Tarsa</i>	3	4	40
Lr 2a	Tc+Lr2a(W 3533)	3	3	70
Lr 2a	<i>Webster</i>	2(3)	4	95
Lr 2a	<i>Festiquay</i>	3	2(3)	40
Lr 2b	Tc+Lr2b(W 3533)	3	3	70
Lr 2c	Tc+Lr2c(W 3533)	3	3	70
Lr 2d	Tc+Lr2d(W 3539)	4	4	80
Lr 3	Tc+Lr3(W 3541) <i>Mentana, Demokrat</i>	3(4)	4	90
Lr 3ka	Tc+Lr3ka(W 3541)	3	4	90
Lr 3bg	Tc+Lr3bg (W 3545)	4	4	90
Lr 9	Transfer (CS+Lr9)	0	0	0
Lr 10	Tc+Lr10 (RL 6004)	3(4)	4	90
Lr 11	Rc+Lr11 (Hussar)	3(4)	3	70
Lr 12	Tc+Lr12	3	1	1
Lr 12	<i>Opal</i>	3	2	10
Lr 13	Tc+Lr13(RL 4031 c84.2)	3	1	1
Lr 13	<i>Manitou, Frontana</i>	3	0	0
Lr 14a	Tc+Lr14(W 3549), <i>Renown</i>	3(4)	3-	50
Lr 14a	<i>Spica</i>	3	3(4)	40
Lr 14b	Tc+Lr14b(W 3553)	3(4)	3-	60
Lr 14ab	Tc+Lr14ab(W 3551)	3	2+	60
Lr 15	Tc+Lr15(W 3710), <i>Kenya</i> (W 1483)	3(4)	2	30
Lr 16	Tc+Lr16(W 3330)	3(4)	4	50
Lr 17	Tc+Lr17(W 3332), <i>Songlen</i>	3(4)	4	70
Lr 17	<i>Timson</i> (W 3689)	3	3	60
Lr 18	Tc+Lr18(W 3334), <i>Timvera</i>	3	0	0
Lr 19	<i>Agatha</i>	0	0	0
Lr 20	<i>Thew</i>	3(4)	3(4)	70
Lr 21	Tc+Lr21(W 3557)	3	2	20
Lr 22a	Tc+Lr22a	3	2	20
Lr 22b	<i>Thather</i>	3	4	80
Lr 23	CS/ <i>Kenya Farmer 2B</i>	3	2	60
Lr 23	Tc+Lr23(W 3555)	2(3)	2	1
Lr 24	<i>Agent</i> , 3Ag = 1(CSbackground)	0	0	0
Lr 25	<i>Transec</i>	3	2	40
Lr 26	<i>Benno, Mildress, Kavkaz, Ræbesel</i>	3(4)	4	90
Lr 28	CS 2A/2M	0	0	0
Lr 29	<i>Sears 7D/Ag = 11</i> (=C15,39)	0	0	0
Lr 30	Tc+Lr30	3	4	80
Lr 32	C86.8	0	2	60
Lr 33	RL 6057	3	4	70
Lr 33+Lr 34	RL 6058	3(2)	3	60
Lr 34+Lr T ₃	RL 6059	3(2)	3-	50
Lr1,Lr27+31	Sun 6B	0	0	0
Lr 1+Lr 20	<i>Norka</i>	3(4)	3	50
Lr 3ka+Lr13	K 1633	3	0	0
Lr 27+31	<i>Gaicher</i>	3(2)	0	0
Lr 10+Lr 23	<i>Gabo, Tim stain</i>	2(3)	0	0

დროს (რძისებრი სიმწიფის საწყის ფაზაში).

მურა ჟანგას ქართული პოპულაციისადმი გამძლე რეაქცია გამოამყლანა Lr9, Lr19, Lr24, Lr28, Lr29, Lr1, Lr27+31, Lr32 გენების შემცველმა ჯიშ-ნიმუშებმა როგორც აღმონაცენის, ისე ზრდასრულ ფაზაში. Lr12, Lr13, Lr15, Lr18, Lr21, Lr22a, Lr23, Lr25, Lr23+10, Lr27+31 მატარებელი ჯიშები (ხაზები) მიმღები რეაქციით ხასიათდებიან აღმონაცენის ფაზაში, მაგრამ გამძლეობას ავლენენ ზრდასრული მცენარეები (ცხრ. 1).

გამძლეობის ეფექტურ წყაროებს წარმოადგენენ როგორც ველური (*Aegilops umbellulata*, *Ae. squarrosa*, *Ae. comosa*, *Ae. speltoides*, *Agropyron elongatum*), ისე კულტურული (*Triticum timopheevi*, *Tr. turgidum*, *Tr. aestivum*, *Secale cereale*) მარცვლოვანების ბაზაზე შექმნილი ჯიშები (ცხრ. 2). ბეერი მათგანი (Lr13, Lr12, Lr18, Lr23, Lr23+10, Lr27+31 შემცველი) გამძლეობასთან ერთად მალალი ხარისხითაა გამოირჩევა და შეიძლება წარმატებით იქნეს გამოყენებული სელექციურ პროგრამებში.

ცხრილი 2

ეფექტური Lr გენები და მათი წყაროები

გამძლეობის გენი	ტიპური რეაქცია (ბალეშში)		გამძლეობის წყარო (სახეობა, ჯიშ, ხაზი)
	აღმონაცენი	ზრდასრული მცენარე	
Lr 9	0	0	<i>Aegilops umbellulata</i> , <i>Transfer</i>
Lr 19	0	0	<i>Agropyron elongatum</i> , <i>Agatha</i>
Lr 24	0	0	<i>Agropyron elongatum</i> , <i>Agent</i>
Lr 28	0	0	<i>Aegilops comosa</i> , CS 2A/2M=(c77.2)
Lr 29	0	0	<i>Agropyron elongatum</i> , <i>Sears 7D</i> ≠ 11
Lr 1,27+31	0	0	<i>Sun 6B</i>
Lr 12	3	1.2	<i>Opal</i> , <i>Tc+Lr12</i>
Lr 13	3	0.1	<i>Manitou</i> , <i>Frontana</i> , <i>Tc+Lr13</i>
Lr 15	3(4)	2	<i>Kenya</i> (W 1483), <i>Tc+Lr15</i> (W 3716)
Lr 18	3	0	<i>Tr. timopheevi</i> , <i>Timvera</i> , <i>Tc+Lr18</i>
Lr 21	3	2	<i>Tetra canthatch/aegilops squarrosa meyeri</i>
Lr 22a	2(3)	2	<i>Tetra canthatch/aegilops squarrosa strangulata</i>
Lr 23	2(3)	2	<i>Tc+Lr23</i> (W 3555, <i>Lee FL 310</i>)
Lr 25	3	2	<i>Secale cereale</i> , <i>Transec</i>
Lr 32	0	2	<i>Tetra canthatch (T. tauschii RL 5497)</i>
Lr 10+23	2(3)	0	<i>Gabo</i> , <i>Timstein</i>
Lr 27+31	3(2)	0,2	<i>Gatcher</i> , <i>CS/Hope 3.b</i>

მცენარეთა იმუნიტეტის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი,
ქობულეთი

ლიტერატურა

1. ქ. ნასყიდაშვილი, გ. ავლაძე, ჯ. შაქვაძე, ელ. ჭეჭიშვილი. საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო მცენარეთა და ცხოველთა გენოფონდი, მისი დაცვა და გამოყენება. თბილისი, 1993, 7-27.
2. S. Iren. OEPP, 11, 2, 1981, 29-32.

3. *Lus W. Gorio*. *Phytopathology*, 74, 12, 1984, 1403-1407.
4. *M. Sec et al*. *Crop Protect.*, 7, 1, 1988, 39-42.
5. *K. V. Subba Rao, I.P. Snow, G.T. Bergen*. *Phytopathology*, 127, 3, 1989, 200-210.
6. *S.J. Roberts, L.T. Hendriks, F.L. Patterson*. *Phytopathology*, 74, 3, 1984, 349-351.
7. *А.Н. Гуть*. *Узб. биол. журн.*, 6, 1986, 19-22.
8. *R.A. McIntosh*. *Proc.6th Wheat Genetics Symposium, Kyoto, 1993*, 197-254.
9. *R.A. McIntosh*. *Genet. Res. Comm.*, 13, 1985, 281-300.
10. *P.L. Dyck, E.R Kerber, O.M. Likov*. *Genome*, 29, 1987, 463-466.
11. ო. წიქარიძე, გ. წერეთელი, ზ. წიქარიძე, დ. აბულელიანი, თ. გოგავა. საქართველოს სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, 88, 1, 1997, 197-200.
12. ზ. სიხარულიძე, ე. ნასყიდაშვილი, მ. ნასყიდაშვილი. საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო მეცნარეთა და ცხოველთა გენოფონდი, მისი დაცვა და გამოყენება. თბილისი, 1993, 63-65.
13. *Z. Siharulidze, G. Naskidashvili, L.A. Smirnova*. *Cereal Rusts and Powdery Mildew Bulletin*, 21, 1-2, 1993, 35-40.
14. *C.O. Johnston, E.B. Mains*. *Dep. Agric. Tech. Bull.*, 313, 1932, 1-22

3. იანოზი, ბ. ჯაფოზვილი

იპონური ცვილისებრი ცრუფარინანა და მისი ბუნებრივი მტრები თბილისში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ელიავამ 6.11.1997

უკანასკნელი 10-12 წლის განმავლობაში ქ. თბილისის მწვანე ნარგავებზე გავრცელდა აღმოსავლეთ საქართველოს ფაუნისათვის ახალი მწერი - იპონური ცვილისებრი ცრუფარინანა - *Ceroplastes japonicus* Green (Hom. Coccoidea.) ცრუფარინანას ბუნებრივი არეალი სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში (იპონია) მდებარეობს, საიდანაც იგი შემთხვევით იქნა შემოტანილი მცენარეებთან ერთად სხვა ქვეყნებში. საქართველოში ცრუფარინანა აღმოჩენილ იქნა 1993 წ. ქ. სოხუმში [1], საიდანაც იგი თანდათანობით გავრცელდა მთლიანად კავკასიის შავიზღვისპირეთში და აღმოსავლეთით ლენქორანს (აზერბაიჯანი) მიღწია. ის გვევლინება ციტრუსების, ჩაის, ხურმის, თუთის, მრავალი ხეხილისა და დეკორატიული მცენარის სერიოზულ მავნებლად. წოვს რა წვეწვს, იგი ასუსტებს მცენარეს, რაც იწვევს მოსავლიანობის დაქვეითებას. ცრუფარინანას ტყბილ გამონაყოფზე სახლდება სიმავის გამომწვევი საპროფიტული სოკოები, რომელიც არღვევს მცენარის ნორმალურ ცხოველყოფილებას და აქვეითებს ნაყოფის სასაქონლო ხარისხს.

ამ მავნებლის შესწავლასა და მის წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებებს საქართველოში მიძღვნილი აქვს მრავალი ნაშრომი [1-5]. წლის განმავლობაში იპონური ცვილისებრი ცრუფარინანა იძლევა ერთ თაობას. იზამთრებენ ახალგაზრდა მდედრები მცენარის ფოთლებსა და წვრილ ტოტებზე. კვერცხდება მიმდინარეობს მაის-ივნისში. ნაყოფიერება მაღალია - 750-დან 2500 კვერცხამდე და დამოკიდებულია მკვებავ მცენარეზე. კვერცხებიდან გამოჩეკილი მატლები, რომლებსაც მოხეტიალეებს უწოდებენ, კარგად გადაადგილდებიან მცენარეზე, ასევე იოლად გადაიტანება ქარის მიერ, სასოფლო-სამეურნეო იარაღით და ა. შ., რომელიც მცენარეთა ახალი დასახლებების წყაროა. მამრების გამოფრენა მიმდინარეობს სექტემბერ-ოქტომბერში. მდედრების განაყოფიერების შემდეგ მამრები იღუპებიან. მავნებელი გამოირჩევა სიცივეგამძლეობით [3], რამაც ხელი შეუწყო მის ფართო გავრცელებას ამიერკავკასიაში. მავნებელთან ქიმიური მეთოდით ბრძოლა ნაკლებეფექტურია, ვინაიდან მდედრები ცვილის მსხვილი ფენითაა დაფარული, რომელშიც პესტიციდები ნაკლებად აღწევენ და მატლების გამოჩეკის პერიოდი გაწელილია.

პესტიციდების გამოყენება არაა სასურველი ეკოლოგიური თვალსაზრისითაც. ამიტომ დიდი ხნის განმავლობაში ტარდებოდა ცდები ბიოლოგიური ბრძოლის მეთოდის შემუშავებისათვის. ცრუფარინანა საქართველოში მოხვდა თავისი ბუნებრივი მტრების-ენტომოფაგების გარეშე. 1984 წელს რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტის თანამშრომლის ე. სუგონიაევის მიერ იპონიიდან შემოყვანილ იქნა იპონური ცვილისებრი ცრუფარინანას სიფრიფანაფრთიანი პარაზიტოიდი - *Microterys*

clauseni Compere (Hymenoptera, Encyrtidae), რომელიც აკლიმატიზირდა შავიზღვისპირეთში და ამჟამად საკმაოდ ამცირებს ცრუფარიანას რიცხოვნობას მრავალ მცენარეზე [5,6].

წინამდებარე სტატიამი მოყვანილია დაკვირვების შედეგები ცრუფარიანას და მიკროტერისის გავრცელების, განვითარების, რიცხოვნობის დინამიკის შესახებ ქ.თბილისის ნარგავებზე, სადაც ისინი გავრცელდნენ დამოუკიდებლად, ე. ი. ეცეზისის გზით.

მასალა მოპოვებულ იქნა თბილისის ბოტანიკურ ბაღსა და ქალაქის სხვადასხვა რაიონში. სტაციონარული დაკვირვება ჩავატარეთ ბოტანიკურ ბაღში. ცრუფარიანას ფენოლოგია გამოვიკვლიეთ განვითარების სხვადასხვა სტადიის პერიოდული ათვლის შეფარდების გზით საშუალო სინჯში, ე. ი. 200 მწერიდან ორ დაფნაზე „ძველი ბაღის“ ნაკვეთში. რიცხოვნობის დინამიკა დაეადგინეთ ცრუფარიანას 10 სმ ღეროზე საშუალო რიცხვის ათვლის გზით და მწერის ერთ ფოთოლზე ინდივიდთა რაოდენობის აღრიცხვით. ამასთან ერთად ვთვლიდით დაპარაზიტებული ცრუფარიანების რიცხვს და გამოფრენილ პარაზიტოიდებს სახეობათა მიხედვით.

იაპონური ცვილისებრი ცრუფარიანა ქ. თბილისში პირველად აღმოჩენილ იქნა ვ. იასნოვის მიერ 1984 წელს ბოტანიკურ ბაღში, ნეკერჩხალზე მცირე რაოდენობით (დასავლეთ საქართველოს მცენარეთა კოლექციის ნაკვეთი).

შემდგომმა შერჩევითმა გამოკვლევებმა გეიჩენეს, რომ ცრუფარიანა გავრცელებული იყო „ძველი ბაღის“ ნაკვეთზეც, სადაც ძლიერ დაასნებოვნა ორი ზრდასრული კეთილშობილი დაფნა, ასევე აღინიშნა სხვა მცენარეებზეც. ქ. თბილისის ნარგავებზე იგი აღნიშნული იყო ჭადრებზე, ქუჩის ნაპირებზე (ვაკე) და მრავალ ეზოში სხვადასხვა მცენარეზე, პირველ რიგში კი კეთილშობილ დაფნასა და ხურმაზე (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

იაპონური ცვილისებრი ცრუფარიანას დასახლების სიმჭიდროვის დინამიკა კეთილშობილ დაფნაზე თბილისი, ბოტანიკური ბაღი 1992-1997 წწ.

დაკვირვების თარიღი	ცრუფარიანას განვითარების სტადია	ინდივიდთა საშუალო რაოდენობა	
		10 სმ ღეროზე	1 ფოთოლზე
19.06.92 წ.	მდედრი	21,1	0
30.09.92 წ.	მატლი	0	28,7
7.08.93 წ.	მატლი	0	34,8
22.10.93წ.	მდედრი	0	18,2
11.06.96 წ.	მდედრი	12,8	11,5
17.06.97 წ.	მდედრი	4,9	6,5

როგორც დაკვირვებამ გეიჩენა, თბილისში იაპონური ცვილისებრი ცრუფარიანას განვითარების ბიოლოგია ისეთივეა, როგორიც დასავლეთ საქართველოში, თუმცა განვითარების ფენოლოგიური ვადები შემოდგომით რამდენადმე გახანგრძლივებულია. მამრების გამოფრენა ოქტომბრის ბოლოდან იწყება და აცივებასთან ერთად მრავალი



მათგანი ილუპება. მამრების რიცხვი პოპულაციაში მაღალია და 80%-ს შეადგენს, მაშინ როდესაც ზღვის სანაპიროზე 50%-ს არ აღემატება.

ამრიგად, იაპონური ცვილისებრი ცრუფარიანა ქ. თბილისის პირობებს კარგად შეეგუა და აკლიმატიზაცია განიცადა, იგი ძირითადად ზამთრობს მარადმწვანე მცენარეებზე.

მიკროტერიის - შინაგანი პირველადი პარაზიტოიდა ამ ცრუფარიანასი, მდედრებ წლის განმავლობაში იძლევა ორ თაობას, ზამთრობს მატლის და ჭუპრის სტადიაში ცრუფარიანას სხეულში [5]. პირველად მიკროტერიის თბილისის ბოტანიკურ ბაღში აღმოჩენილ იქნა გ. ჯაფოშვილის მიერ (21.05.1995 წ.), როდესაც ვიკლეველით ცრუფარიანას პირველად კერას დასავლეთ საქართველოს მცენარეთა კოლექციის ნაკვეთზე, სადაც 74 მდედრიდან რომლებიც შეგროვებული იყო ბაძგზე, 52 დაპარაზიტებული (70,3%) აღმოჩნდა. პარაზიტის გამოფრენას ვაკვირდებოდით 8 ივნისამდე. სქესთა შეფარდება შეადგენდა 1: 2,5. მიკროტერიისთან ერთად გამოფრინდა სხვა ენტომოფაგიც - *Cheilonenus claviger* Thomson (Hymenoptera, Encyrtidae), რომელიც ფართოდ გავრცელებული სახეობაა, იგი ცნობილია როგორც მეორეული პარაზიტი მრავალი ცრუფარიანასათვის, და როგორც ჩანს, პარაზიტობს მიკროტერიისში, რომელიც მისი ახალი მასპინძელია.

1995-97 წლებში ჩატარებულ იქნა კვლევა მიკროტერიისის განსახლების და ეფექტურობის დადგენის მიზნით (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

მიკროტერიისის ეფექტურობა

დაკვირვების ადგილი	დაკვირვების თარიღი	მცენარის სახელწოდება	მდედრი ცრუფარიანების რაოდენობა	მათ შორის მიკროტერიისით დაინვაზირებული	ინვაზიის ხარისხი %
ბოტ. ბაღი „დასავლეთ საქ. მც. კოლექციის ნაკ.“	21.05-8.06. 1995 წ.	ბაძგი <i>Ilex colchica</i>	74	52	70.3
	17-25. 06 1996 წ.	სურო <i>Hedera colchica</i>	14	14	100
ბოტ. ბაღი „ქველი ბაღის ნაკვეთი“	17-25. 06 1996 წ.	დაფნა <i>Laurus nobilis</i>	230	0	0
	20.06-9.07 1997 წ	დაფნა <i>Laurus nobilis</i>	100	2	2.0
	20.06-9.07 1997 წ.	მუშმულა <i>Erioborya Japonica</i>	20	4	20.0
ქალაქი ისანი, გუდარების ქუჩა	14.07.1997 წ.	სურო <i>Hedera colchica</i>	146	62	43.1

დაფნაზე მიკროტერიისი პრაქტიკულად არ ასნებოვნებდა იაპონურ ცრუფარიანას. როგორც ჩანს, ეს გამოწვეულია იმ ვთერზეთების გამო, რომელსაც დაფნა გამოყოფს, რაც აფრთხობს პარაზიტოიდს. თუმცა სუროსა და მუშმულაზე, რომლებიც დაფნასთან ტერიტორიულად ახლოსაა, მიკროტერიისი ინტენსიურად ანადგურებდა ცრუფარიანას. 1997 წ. მიკროტერიისით დასნებოვნებული აღმოჩნდა ცრუფარიანა ქალაქის ნარგავებზეც, კერძოდ სუროზე, ისნის რაიონის ერთ-ერთ ეზოში.

აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მიკროტერიისი *Microterys*

clanseni დამოუკიდებლად გავრცელდა ქ. თბილისში, წარმატებით გახიცადა აკლიმატიზაცია ახალ კლიმატურ პირობებში და უნარი შესწევს მნიშვნელოვნად შეამციროს იაპონური ცვილისებრი ცრუფარიანას რიცხოვნობა. ეს ენტომოფაგი ვეველინება როგორც ეფექტური ბიოაგენტი.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ზოოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. ნ. ბორხსენიუსი. საქ. სსრ მეცნ. აკად. შობეფ. 10, 2, 1948, 121-124.
2. Т. Георгобиани, В. Яснош. Восковые червецы в Абхазской АССР и меры борьбы с ними. Сухуми, 1949, 3-28.
3. В. Яснош. Бюл. Всес. НИИ чая и субтропических культур. 3, 1952, 171-174.
4. З. Хаджибеили. Кокциды субтропической зоны Грузии. Тбилиси, 1983, 3-291.
5. М. Кравченко. Энт. обоз., 70, 2, 1991, 355-366.
6. В. Тряпицын. К. Сугоняев. Энт. обоз. 66, 1, 1987, 26-31.



6. მიჯნა

საქართველოს უღვავფირფიტოვანი ხოჭოების ნემატოდების უმსწავ-
ლისათვის

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ელიავამ 20.10.1997

პარაზიტული ორგანიზმები, მათ შორის მრავალი ჭიები – ნემატოდები, ხშირად მრავალი ცხოველის რიცხოვნობის ერთ-ერთი რეგულატორის როლში გვევლინებიან. ამიტომ სოფლის მეურნეობის მავნებელი მწერების ნემატოდების შესწავლა არამარტო მეცნიერულ ინტერესს წარმოადგენს, არამედ მავნე მწერების წინააღმდეგ ბრძოლის ბიოლოგიური მეთოდის დამუშავების ერთ-ერთი მიმართულების საფუძველია.

ჩვენი ამოცანა იყო მცენარეთა საშიში მავნებლების – ღრაჭების (*Insecta, Scarabaeidae*) პარაზიტული ნემატოდების შესწავლა. 1994-97 წლებში ჩვენს მიერ როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოში მოპოვებული იყო ღრაჭის 6 სახეობის ნემატოდების მასალა. შესწავლილი იყო აპრილის (*Rhizotrochus aequinoctialis*), მაისის (*Melolontha pectoralis*), ივნისის (*Amphimallon solstitialis*), მარმარა ღრაჭები (*polyphyla olivieri*), ხოჭო-მარტორქა (*Oryctes nasicornis*) და მწვანე ბრინჯაულა (*Cetonia aurata*). მასალას ვიღებდით მარშრუტული მეთოდით საქართველოს შემდეგ პუნქტებში: ახალდაბა (ბორჯომის რ-ნი), ვერეს ხეობა (თბილისის მიდამოები), მზიური (თბილისი), ბაბანურის ნაკრძალი (ახმეტის რ-ნი), ზედა-ეწერი (ზუგდიდის რ-ნი), წალენჯიხა, ხობი, ფოთის მიდამოები, სათაფლიის ნაკრძალი (ქუთაისი). შესწავლის დროს გამოყენებული იყო ენტომონემატოდოლოგიაში მიღებული სტანდარტული მეთოდები.

მასალა ავიღეთ უღვამფირფიტოვანი ხოჭოების 982 მატლიდან და იმაგოდან. ეს ნემატოდები მიეკუთვნებიან 5 ოჯახსა (*Rhabditidae Cephalobidae, Steinernematidae, Thelastomatidae, Mermithidae*) და 3 რიგს (*Rhabditida, Mermithida, oxyuirida*). მასპინძელი ხოჭოების უმრავლესობა დაინვაზირებული იყო 3-5 სახეობის ნემატოდით. ინვაზიის ინტენსივობა საშუალოდ უდრიდა 1,6-2,6, ხოლო ექსტენსივობა 83-92%.

მნიშვნელოვანი იყო ნემატოდების სპეციფიკურობის დადგენა მასპინძლების მიმართ, რისთვისაც ჟაკარის ფორმულის გამოყენებით [1] წყვილ-წყვილად შედარებული იყო 6 სახეობის ღრაჭების ნემატოდოფაუნა და დადგენილ იქნა მსგავსების კოეფიციენტები (ცხრილი).

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მსგავსების კოეფიციენტი მაისისა და ივნისის ღრაჭებში აღწევს აბსოლუტურ მაქსიმუმს და უდრის 1,0-ს, რაც იმას ნიშნავს, რომ ამ ორი სახეობის ხოჭოს ნემატოდების შედგენილობა იდენტურია. ასეთი შემთხვევა მოწმობს, რომ ეს ორი სახეობა ძალიან ახლოა თავისი ეკოლოგიური მახასიათებლებით და ბიოლოგიით. რაც შეეხება მორფოლოგიას, მათი მსგავსება ადრე აღნიშნული იყო ლიტერატურაში [2]. დანარჩენი ღრაჭების წყვილ-წყვილად შედარების დროს მსგავსების კოეფიციენტი ძალიან დაბალია და მაქსიმუმ აღწევს 0,33 წყვილში ხოჭო-მარტორქა და

მაისის ღრაქა. განსხვავებანი ერთ ოჯახში შემავალ სახეობათა ნემატოდოფაუნას მარის აიხსნება ხოჭოების ბიოლოგიისა და ეკოლოგიის განსხვავებებით. მაგალითად მარმარა ღრაქა კარგად გამოხატული ქსეროფილია და ხასიათდება სამწლიანი გენერაციით, ხოლო იენისის ღრაქა 2-წლიანით. განსხვავება შეიმჩნევა აგრეთვე იმაში, რომ მარმარა ღრაქა უპირატესობას ანიჭებს აუთვისებელ მიწებს. ამ ორი სახეობის ნემატოდოფაუნის მსგავსების კოეფიციენტი ჩვენი მასალის მიხედვით უდრის 0,12-ს.

ცხრილი

ღრაქების ნემატოდოფაუნის მსგავსების კოეფიციენტები

№	ღრაქების სახეობები	1	2	3	4	5	6
1	მარტორქა	///	0,25	0,14	0,33	0,10	0,16
2	მწვანე ბრინჯაულა		///	0,12	0,25	0,28	0,20
3	აპრილის ღრაქა			///	0,20	0,20	0,16
4	მაისის ღრაქა				///	1,00	0,12
5	იენისის ღრაქა					///	0,12
6	მარმარა ღრაქა						///

ნემატოდების სახეობების მრავალფეროვნებით გამოირჩევა ხოჭო – მარტორქა: *Cephaloballus papiliger*, *Cephaloballus leucart*, *Thelastoma Cuspidatum*, *Thelastoma macroamphidum*, *Hexameris sp.*, *Scriabinomermis sp.*, *Heterochabditis poinari*.

აღსანიშნავია, რომ სწორედ ამ მასპინძლიდან იყო აღწერილი მეცნიერებისათვის ახალი სახეობა – *Heterorhabditis poinari Kakulia et Mikaja, 1997 [3]*. ხოჭო-მარტორქა ფართოდ გავრცელებული სახეობაა, ბინადრობს ნებისმიერი ტიპის ნიადაგში, იკვებება ხრწნადი მცენარეული ქსოვილებით, აქვს 4-წლიანი გენერაცია და ყველა ხნოვანების მატლი დიდი ზომისაა. ყოველივე ეს განაპირობებს მის ძლიერ ინვაზიას იმ ნემატოდებით, რომელთა ინვაზიური სტადიები დიდი ხნის განმავლობაში ძლებენ ნიადაგში. ხოჭოების ლარეული პერიოდის ხანგრძლივობაც ზრდის მათი დაინვაზირების შანსს.

თბილისის მიდამოებში (ვერეს ხეობა) სტაციონარულმა გამოკვლევამ საშუალება მოგვცა მოგვეჩინა ორი სახეობის ღრაქას (მაისის ღრაქას – *Melolonta pectoralis* და იენისის ღრაქას – *Amphimallon solstitialis*) დაინვაზირების ინტენსივობის აღრიცხვა 12 თვის განმავლობაში. მასალა აღებული იყო ყოველთვიურად 1995 წლის იენისიდან 1996 წლის ივლისის ჩათვლით (გამოტოვებული იყო მხოლოდ 1996 წლის იანვარ-თებერვალი). გამოთვლილი იყო ამ პერიოდში ინვაზიის ინტენსივობის საშუალო და დისპერსია. ამან საშუალება მოგვცა, დაგვედგინა ინვაზიის ცვალებადობა ამ ორ სახეობაში. მაისის ღრაქასათვის ინვაზიის ვარიაციის კოეფიციენტი უდრის 16,3%-ს, ხოლო იენისის ღრაქასათვის 18,5%-ს. ეს მონაცემები მოუთხოვებენ იმაზე, რომ ვარიაციული რიგის ცვალებადობა საშუალოა და მეტად მსგავსია ორივე სახეობისათვის.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ხოჭო-მარტორქაში დადგენილი და ჩვენს მიერ აღწერილი ახალი სახეობა – *heterorhabditis poinari* მიეკუთვნება ნემატოდების იმ ჯგუფს,



რომლებსაც ზოგიერთი მეცნიერი მიიჩნევს როგორც მასპინძლის რიცხოვნობის რეგულატორს და მისი, როგორც მავნე მწერებთან ბრძოლის ბიოლოგიური მეთოდისათვის პერსპექტიული ობიექტის შესწავლა, ჩვენი შემდგომი კვლევის საგანს წარმოადგენს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ზოოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *И. Чернов.* Основные экономические характеристики почвенных беспозвоночных и методы их анализа. (Методы почвенно-экономических исследований). М., 1975, 160-216.
2. *Я. Джамбазишвили.* Пластинчатоусые жуки Грузии. Тбилиси 1979. 273.
3. *გ. კაკულა, ნ. მიქაია.* საქ. მეცნ. აკადემიის მოამბე 155, 3, 1997, 457-459.



მ. ბაბრძინაძე, მ. ზარანდია, ე. ჩიქოვანი, პ. ჭელიძე, ბ. თუშინიშვილი (ბაქალავატი)

რ-გენეზის ლოკალიზაციის და ტრანსკრიპციის სანიტების
სივრცობრივი განაწილება ზღვის გოჭის ზოგინერთი ქსოვილის
უჯრედთა ბირთვაკვში *IN SITU*

წარმოდგენილია 2.10.1997

მეცნიერთა მიერ დიდი ხანია შესწავლება ბირთვების სტრუქტურული არქიტექტურა და მისი კომპონენტების მორფო-ფუნქციური გარდაქმნები რ-გენების ტრანსკრიპციული აქტიურობის ინტენსიურობის ცვლილებისას. ამჟამად განსაკუთრებულ ყურადღებას იქცევს კონდენსირებული და დეკონდენსირებული ბირთვაკვში ქრომატინის როლი ბირთვების მრავალკომპონენტური სტრუქტურის ჩამოყალიბებაში. ბირთვების სტრუქტურაში ზემოთ აღნიშნული კომპონენტების მორფოლოგიური მაჩვენებლების შესასწავლად უპირატესობა ეძლევა მასალის *in situ* კვლევას, რათა მაქსიმალურად იყოს შენარჩუნებული საკვლევი ობიექტის სივრცითი ორიენტაციის შესახებ არსებული ინფორმაცია. ამ მხრივ განსაკუთრებულ ყურადღებას იქცევს ზღვის გოჭის ქსოვილი, რომლის სახეობრივ თავისებურებას წარმოადგენს მკვეთრად გამოხატული ბირთვაკვში კონდენსირებული ქრომატინი [1], რაც აღნიშნული კომპონენტის კვლევისთვის მეტად ხელსაყრელია.

გარდა ამისა, ბირთვაკვში კონდენსირებული ქრომატინი ძუძუმწოვართა სხვადასხვა ქსოვილებში განსხვავებული ინტენსივობით არის გამოხატული, რის გამოც აუცილებელია ეს საკითხი შესწავლილ იქნეს ქსოვილთა ფართო სპექტრში და მხოლოდ დაგროვილი ინფორმაციის ერთმანეთთან შეჯერების შემდეგ ვიმსჯელოთ ბირთვების სტრუქტურის ჩამოყალიბებაში აღნიშნული კომპონენტის როლის შესახებ.

წარმოდგენილ ნაშრომში ულტრასტრუქტურული კომპიუტერული ტომოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით ჩატარებულ იქნა ზღვის გოჭის ღვიძლის კაპილარის ენდოთელიოციტების და თირკმლის პროქსიმალური მილაკის ეპითელიოციტების უჯრედთა ბირთვაკვების ანალიზი. კერძოდ, ენდოთელიოციტებში შესწავლილ იქნა ბირთვების ნაკლებაქტიური რგოლისებური ფორმა (1 ფიბრილარული ცენტრით); ხოლო პროქსიმალური მილაკის ნეფროციტებში ზომიერად აქტიური რეტკულური ტიპი (10 ფიბრილარული ცენტრით). ძირითადი ყურადღება ექცეოდა ფიბრილარული ცენტრების (ფც) რელიეფის, მკვრივი ფიბრილარული კომპონენტისა (მფკ) და ინტრანუკლეოლარული კონდენსირებული ქრომატინის ლოკალიზაციის უბნების ტოპოგრაფიასა და რაოდენობას, ე.ი. იმ სტრუქტურების სივრცით ორიენტაციას, რომლებიც წარმოადგენენ რიბოსომული გენების ლოკალიზაციისა და ტრანსკრიპციის უბნებს [2, 3]. კვლევის შედეგად გამოვლინდა, რომ ფიბრილარული ცენტრების ფრაგმენტაციის პროცესში ერთდროულად მონაწილეობას იღებს როგორც მკვრივი ფიბრილარული კომპონენტი (რომელიც დეკონ-



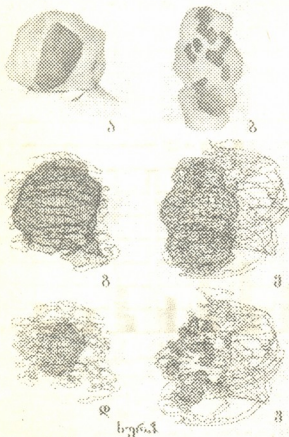
დენსირებულ რ-დნმ-ს შეიცავს), ასევე კონდენსირებული ინტრანუკლეოლარული ქრომატინის ცალკეული ბლოკებიც. ბირთვაკის ფუნქციური აქტივობის გაზრდისას ადგილი აქვს რ-გენების ლოკალიზაციის უზნების გადანაწილებას ინტრანუკლეოლარული კონდენსირებული ქრომატინიდან ფიბრილარულ ცენტრებსა და მკვრივი ფიბრილარული კომპონენტის ქიმებში.

მასალები და მეთოდები. კვლევისათვის გამოყენებულ იქნა 250-300 გ მოზრდილი ზღვის გოჭების ღვიძლისა და თირკმლის ქერქოვანი შრის ქსოვილები. მასალის ფიქსაცია და სერიული ანათლების დამზადება ელექტრონული მიკროსკოპიისათვის, ისევე როგორც ულტრასტრუქტურული კომპიუტერული ტომოგრაფიის მეთოდები, რომელთა გამოყენებით ჩატარდა ბირთვაკების ანალიზი, აღწერილია წინა ნაშრომში [4].

შედეგები და მათი განხილვა. ზღვის გოჭის ენდოთელიუმის რგოლისებური ტიპის ბირთვაკების ულტრასტრუქტურულმა კომპიუტერულ-ტომოგრაფიულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ მათი სტრუქტურული ორგანიზაცია ძალიან ჰგავს ლიტერატურაში ცნობილი ტიპური რგოლისებური ბირთვაკების აგებულებას (სურ.ა), თუმცა ამჟამად განხილულ ობიექტში გამოვლინდა, რომ შედარებით მარტივი ფორმის ფც-ს ზედაპირზე მორიგეობით არიან განლაგებული და მჭიდროდ მიჯრილი როგორც მკვრივი ფიბრილარული კომპონენტის ე.წ. ქუდები, ასევე ვაკუოლებში ლოკალიზებული ინტრანუკლეოლარული კონდენსირებული ქრომატინის ბლოკები (სურ.გ, დ). ცნობილია, რომ მფკ რ-გენების ტრანსკრიპციული აქტივობის პროდუქტს წარმოადგენს და ფც-ის აქტიურ ზედაპირზეა განლაგებული [3]. ამავ დროს, ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით, ინტრანუკლეოლარული კონდენსირებული ქრომატინი არ ხასიათდება ტრანსკრიპციული აქტიურობით [3,5].

ფც-ის ზედაპირზე ამ ორი კომპონენტის მორიგეობითი განაწილება მიუთითებს, რომ ერთი ფც-ის ფარგლებშიც, მისი ზედაპირის ტრანსკრიპციული აქტიურობა განსხვავებულია.

ზღვის გოჭის თირკმლის პროქსიმალური მილაკის ნეფროციტებში რეტიკულური ბირთვაკები შეიცავენ ათ ფც-ს, რომელთა ინდივიდუალური ზომები ზემოთ განხილული ბირთვაკის ფც-გან განსხვავებით გაცილებით მცირეა, ხოლო რელიეფი რთულია. შედარებით მრგვალ, ელიპსოიდური ფორმის ფც-ებთან ერთად წარმოდგენილია ერთი, გაწელილი რვიანის ფორმის ფც, რაც ფრაგმენტაციის მაჩვენებელია (სურ. ბ). ფც ზედაპირზე განლაგებულია მფკ-გან შემდგარი ნუკ-



სურ.ა

ლეოლონემის ცალკეული ჰიმები (სურ. ე). ამავე დროს, ფც-თან მჭიდროდ არიან მიჯრილი ბირთვაკული ვაკუოლები. ისინი ფც-ების გარშემო წრიულად არიან ორიენტირებული და ხშირ შემთხვევაში შეიცავენ კონდენსირებული ქრომატინის მცირე ზომის ბლოკებს (სურ. ვ). თუ ცალკეულ ლაკუნებს ერთმანეთთან წარმოსახვითი ხაზებით შევავრთებთ, ნათლად იკვეთება ფც-ების დამაკავშირებელი ინტრანუკლეოლარული კონდენსირებული ქრომატინისგან შემდგარი მთლიანი ქსელი. იგი ნუკლეოლონემის მსგავსად მთლიანად განჰოლავს ბირთვაკს და ამავე დროს ერთმანეთთან აკავშირებს ცალკეულ ფიბრილარულ ცენტრებს (სურ. დ, ვ).

ამრიგად, განხილული ბირთვაკების მაგალითიდან და ლიტერატურული მონაცემების გათვალისწინებით ნათლად ჩანს, რომ ბირთვაკში რ-გენების აქტიური და არააქტიური საიტები გადანაწილებული არიან ბირთვაკის სხვადასხვა კომპონენტებში, კერძოდ, აქტიურად ტრანსკრიბირებადი რ-გენები ლოკალიზებულია ფიბრილარული ცენტრების ცალკეულ უბნებსა და მკვრივი ფიბრილარული კომპონენტის შემცველ სტრუქტურებში. რაც შეეხება რ-გენების არააქტიურ ლოკუსებს, ისინი ძირითადად თავმოყრილია ინტრანუკლეოლარული კონდენსირებული ქრომატინის ცალკეულ უბნებში, რომლებიც უშუალოდ უკავშირდებიან ფც-ების არააქტიურ ზედაპირს. ბირთვაკის აქტივაციის პროცესში, ფც-ების ფრაგმენტაციისას, კონდენსირებულ ინტრანუკლეოლარულ ქრომატინში შემავალი რ-გენების საიტები განიცდიან აქტივაციას, რასაც მოჰყვება ფც-ების აქტიური ზედაპირის მატება და ნუკლეოლონემის ჰიმების განვითარება. ბირთვაკის ზომიერი ტრანსკრიპციული აქტიურობის შემთხვევაში (რეტიკულური ტიპის ბირთვაკი) ინტრანუკლეოლარული ქრომატინი მხოლოდ ფიბრილარულ ცენტრებს შორის დამაკავშირებელი თხელი ფიბრილების სახით არსებობს.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო

უნივერსიტეტი

აკ. წერეთლის სახ. ქუთაისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *П. В. Челидзе, В. М. Мантейфель.* Цитология. 31, 1, 1989, 23-28.
2. *H. R. Jurnea, C. Masson, G. Geraud, D. Hernandez-Verdum.* J. Cell Sci., 108, 1995, 3427-3441.
3. *E. G. Jordan, J. H. McGovern.* J. Cell Sci., 108, 1995, 253-261.
4. *მ. გაბრიტიძე, პ. კელიძე, გ. თუმანიშვილი.* საქ. მეცნ. აკად. მოამბე. 155, 3, 1997, 460-463.
5. *D. Hernandez-Verdum.* J. Cell Sci., 99, 1991, 465-471.

ე. ყვავაძე, ი. ბაბაშვილი

ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის ასახვა შავი ტბის ფსკერის ნალექების მტვრის სპექტრებში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. გაბუნიაშვილმა 19.06.1997

ჰოლოცენის პერიოდში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ადამიანის სამეურნეო საქმიანობას, რომელიც ძლიერ ზემოქმედებას ახდენს მცენარეულ საფარზე. აქედან გამომდინარე, ჰოლოცენური ნალექების შესწავლის დროს მკვლევარები ყურადღებას აქცევენ არა მარტო მცენარეული საფარის ბუნებრივ კომპონენტებს, არამედ მეორადი ელემენტების განვითარებასაც.

ჰოლოცენის პალეოეკოლოგიური გამოკვლევების ამსახველ დიაგრამაზე სათეს მარცვლოვნებთან ერთად (*Cerealia*) აღნიშნული უნდა იყოს სარეველა მცენარეების მტვერიც. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება საძოვრის მცენარეების მტვრის შესწავლასაც.

მიუხედავად ამისა, ზოგიერთი მკვლევარის [1] მიერ დღემდე იგნორირებულია სინანთროპული მცენარეულობის შესწავლა, ხოლო *Cerealia*-ს ჯგუფის მცენარეების მტვერი საერთოდ არ არის აღნიშნული დიაგრამაზე, რის შედეგადაც გაურკვეველია თუ რა გავლენას ახდენს ადამიანის ზემოქმედება გარემოზე და პირიქით, გარემო პირობები ადამიანის ცხოვრების წესზე.

მიწათმოქმედების ტყიანი რეგიონის სპექტრებში ანთროპოგენური ზემოქმედება დასტურდება კულტურული და სარეველა მცენარეების ერთდროული არსებობით. ამასთან, როგორც წესი, მერქნიანი მცენარეების მტვერი მცირდება, ხოლო სინათლის მოყვარული სახეობების მტვრის წილი მატულობს. შემდეგ ჩნდება საძოვრებისათვის დამახასიათებელი მცენარეთა მტვერი. ბალახეული მცენარეების საერთო რაოდენობა მკვეთრად იზრდება. ეს კანონზომიერებანი პირველად გამოვლენილ იქნა დანიის ჰოლოცენში [2]. შემდგომში პალეოეკოლოგიური მონაცემების მიხედვით სინანთროპული მცენარეულობის გავრცელების კანონზომიერებების შესწავლას მიეძღვნა იანსენის [3], ბერეს [4], ბლაგოვეშჩენსკაიას [5], ბერგლუნდისა [6] და სხვათა შრომები.

ჩვენი გამოკვლევების მიზანს შეადგენდა შავი ტბის ფსკერის ნალექების რეცენტულ სპექტრებში მტვრის ანალიზი და ანთროპოგენური ინდიკატორების შესწავლა, მათი შედარება დღეს არსებულ მცენარეულობასთან.

შავი ტბა მდებარეობს 622 მეტრის სიმაღლეზე ზღვის დონიდან თბილისის მახლობლად, ლისის ტბიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით. ხსენებული ტბები ერთმანეთისაგან გამოყოფილია ხელოვნურად გაშენებული ტყით დაფარული პატარა ქედით. როგორც ჩანს, შავი და ლისის ტბა ერთდროულად გაჩნდა სუფოზური პროცესების ზემოქმედებით [7]. შავი ტბა, ისე როგორც თბილისის ახლომახლო არსებული სხვა ტბები, მარილიანია, რაზედაც მეტყველებს წყალსაცავის გარშემო გამოლექილი მარილიანი ზოლები. ტბაში წყალი არ ჩაედინება. მისი ზედაპირის ფართობი იცვლება სეზონების მიხედვით. სინჯის აღების დროს იგი აღწევდა დაახლოებით 500 მ², ხოლო



მაქსიმალური სიღრმე უდრიდა 0,5 მ.

ტბის გარშემო ჭარბობს ველის მცენარეულობა. გაშენებულ ხეებს შორის მთავარი ადგილი უკავია *Pinus*. ხოლო *Acer*, *Fraxinus*, *Elaeagnus*, *Ulmus* იშვიათად გვხვდება. ბუჩქოვანი მცენარეებიდან აღსანიშნავია *Paliurus spina-Christy*. ბალახოვნები წარმოდგენილია *Cyperaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Artemisia*, *Gramineae*, *Fabaceae*, *Ranunculaceae* და სხვა. ტბის ფსკერზე იზრდება სხვადასხვა წყალმცენარეები.

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ მიუხედავად სოფლების სიახლოვისა, ტბის გარშემო არსებული სასოფლო სამეურნეო მიწები ამ ეტაპზე არ ითვისება, მაგრამ უდავოა, რომ ადრე ეს ადგილები ითვისებოდა, რაზეც მეტყველებს ყოფილ სახნავ მიწებზე სეგეტალური მცენარეულობის სიუხვე.

გამომდინარე იქიდან, რომ ბუნებრივი ბალახეული საფარი ძლიერ შეცვლილია და აქ უმეტესად გავრცელებულია ისეთი მცენარეები, რომელსაც ცხოველი არ ჭამს (მაგ.: *Chenopodiaceae*, *Artemisia*, *Juniperus* და სხვ.), შეიძლება დავასკვნათ, რომ ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ინტენსიურ ძოვებასთან.

მასალა და მეთოდიკა. შავი ტბის ფსკერის ნალექებიდან შევარჩიეთ 6 ნიმუში. შედარებისათვის ტბის ჩრდილო ნაპირთან აღებულია ნიადაგის ორი ნიმუში. ნიმუშების დამუშავება ხდებოდა ტუტის (*KOH*) მეთოდით. მტერის შესწავლისათვის გამოყენებული იყო შეღებვის აცეტოლიზური მეთოდი. ყოველ ნიმუშში ითვლებოდა 700-1000 მტერის მარცვლი და სპორა. პროცენტების გამოანგარიშება და დიაგრამების აგება ხდებოდა *Tilia-2* და *Tilia-Graph*-ის კომპიუტერული პროგრამების დახმარებით.

გამოკვლევის შედეგები და მათი მიმოხილვა. საერთოდ ფსკერის სინჯების სპექტრისათვის დამახასიათებელია ბალახეული მცენარეების მტერის სიჭარბე (51-73%), რომელშიც დომინანტური მდგომარეობა უჭირავს *Chenopodiaceae* და *Artemisia*-ს მტერს, რაც დამახასიათებელია ველის ლანდშაფტისათვის. სპოროვანი მცენარეები ძალზე მცირეა.

მერქნიანი მცენარეებიდან ჭარბობს *Pinus* (10-36%). სუბდომინანტას წარმოადგენს *Alnus* (2-10%), *Carpinus caucasica* (7%-მდე) მტვერი. ნაკლებია *Fagus*, *Quercus*, *Carpinus orientalis*, *Ulmus*-ის მტვერი. ბუჩქნარიდან ჭარბობს *Corylus* (2-5%). უნდა აღინიშნოს, რომ მერქნიან მცენარეთა ჯგუფი ხასიათდება დიდი ფლორისტული სხვადასხვაობით. ჩამოთვლილი ფორმების გარდა აქ გვხვდება ისეთი მცენარეების მტერის მარცვლები, როგორიცაა *Picea*, *Abies*, *Cedrus*, *Juniperus*, *Betula*, *Juglans*, *Tilia*, *Elaeagnus*, *Pterocarya*, *Ephedra*.

ბალახეული მცენარეულობიდან, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ჭარბობს *Chenopodiaceae* (22-40%) და *Artemisia* (2-10%). სუბდომინანტას წარმოადგენს *Gramineae* (1-7%) *Polygonaceae* (2-6%), *Ranunculaceae* (2-5%). მცენარეების ეს ჯგუფიც ხასიათდება დიდი სხვადასხვაობით. რაც შეეხება ტბის ნაპირზე და წყალში მზარდ წყალმცენარეების მტერს, იგი უფრო მრავალფეროვანია. ეს არის *Ruppia*, *Cyperaceae*, *Liliaceae*, *Iridaceae*, *Sparganium*, *Potamogeton*, *Juncus*. №3 სინჯში ჰიდროფიტებს შორის ერთ-ერთ დომინანტს წარმოადგენს *Ruppia*-ს მტვერი (12%), რომელიც ხასიათდება ძალზე თხელი ეგზინით და ჩვეულებრივ იშვიათად გვხვდება ნალექებში. იგივე შეიძლება ითქვას *Liliaceae*-სა და *Iridaceae*-ს მტვერზე, რომლებიც ასევე უხვად არის

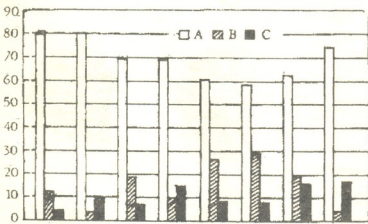


წარმოდგენილი.

მცენარეების ჯგუფის მტვერს, რომელიც მიეკუთვნება ანთროპოგენურ ინდიკატორებს, ტბის ნალექებში უკავია 39-54%. საძოვრის მცენარეები წარმოდგენილია უპირველესად *Chenopodiaceae*-ის მტვრით (20-40%), აქვია *Brassica*, *Taraxacum*, *Cichorium*, *Cirsium* და *Juniperus*. ისინი შეადგენენ მთელი სინანთროპული მტვრის 60-82%-ს. რუდერალურ მცენარეთა შორის დომინირებს *Artemisia* (2-11%), ერთეული სახით გვხვდება *Xanthium*, *Urtica*, *Papaver*, *Silene*, *Stellaria*. პროცენტული შეფარდებით ამ ჯგუფს აქვს დაქვემდებარებული მნიშვნელობა და არ აღემატება 4-29%. სეგეტალური მცენარეების ქვეჯგუფში ჭარბობს *Polygonum* (2-5%), ხშირად გვხვდება *Centaurea*, *Convolvulus*, *Matricaria*, *Amaranthus*, *Athriplex*, *Carduus*, *Rumex*. მათი რაოდენობა აღწევს 4-17%.

კულტურული მცენარეებიდან აღსანიშნავია *Zea mays*, *Helianthus anuus* და *Juglans regia* – 1-3%. ფსკერის ნიმუშების სპექტრის შედარებამ ნიადაგის ნიმუშებთან გამოავლინა შემდეგი თავისებურებები: ნიადაგის მტვრის სპექტრში მნიშვნელოვნად შემცირებულია *Chenopodiaceae*-ს მტვერი. ასევე ნაკლებია *Artemisia* და *Graminaeae*-ს მტვერი. ანალოგიური მოვლენა შეინიშნება ნიადაგისა და ლისის ტბის სპექტრების შედარებისას [8], ხოლო რაც შეეხება *Cichorium*, *Caryophyllaceae*, *Asteraceae* მტვერს, პირიქით – მათი რაოდენობა ნიადაგში მატულობს. დიდი რაოდენობითაა აქ გვომრების სპორებიც, საერთოდ არ არის ნაპირისა და წყლის წყალმცენარეების მტვერი. რაც შეეხება მერქნიან და ბუჩქნარ მცენარეებს, უნდა აღინიშნოს, რომ ტბის სპექტრებიც გამოირჩევიან მრავალფეროვნებით. ნიადაგში არ არის აღმოჩენილი *Abies*, *Piceae*, *Acer*, *Betula*, *Elaeagnus*, *Fagus*, *Juniperus* მტვერი.

ვადარებთ რა ჩვენს მიერ მიღებულ მტვრის სპექტრებსა და რეალურ მცენარეულობას, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ისინი საკმაოდ სრულყოფილად ასახავენ იმ მცენარეულ საფარს, რომელიც გავრცელებული იყო როგორც უშუალოდ ტბის ნაპირზე, ასევე მთელ რეგიონში. სპექტრის ფორმირებაში აუცილებელია აღინიშნოს შემოტანილი მტვრის როლი, განსაკუთრებით ეს ეხება მერქნიან მცენარეთა მტვერს, რომელიც, რო-



სურ. ბლოკდიაგრამა, რომელიც ასახავს სინანთროპული მცენარეების ჯგუფის მტვრის რაოდენობათა ურთიერთშეფარდებას შავი ტბის ფსკერის ნალექების სპექტრებში: A – პასკეალური ელემენტები; B – რუდერალური ელემენტები; C – სეგეტალური ელემენტები

გორც ცნობილია, გადაიტანება შორ მანძილზე. მაგალითად, ტბის ახლოს ჩვენ ვერ აღმოვაჩინეთ *Alnus*, *Fagus*, *Quercus*, *Carpinus*, *Corylus* ხეები, თუმცა მათი მტვერი სინჯვებში დიდი რაოდენობითაა, ჩამოთვლილი მცენარეების მტვერი აქ შემოტანილია წოდორეთის, თხინვალის, ბევრეთისა და წყნეთის ტყეებიდან. ხოლო ჩვენ მიერ აქ აღმოჩენილი *Pterocarya*-ს მტვერი, რომელიც ამ რეგიონში საერთოდ არ იზრდება, შემოტანილი უნდა იყოს ან ლაგოდების ნაკრძალიდან, ან თუ გავითვალისწინებთ ქარების მიმართულებას, დასავლეთ საქართველოდან [9].

ვებრუნდებით რა ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედების საკითხს, შეიძლება ითქვას, რომ ის სრულ ასახვას პოულობს როგორც ტბის ფსკერის ნალექებში, ისე ნიადაგის მტერის სპექტრებში.

მეცხოველეობის დომინანტური როლის თვალსაჩინო დემონსტრირებას ახდენს პასკვალური ელემენტების სიჭარბე (სურ.). თავისი ასახვა პოვა აგრეთვე მიწათმოქმედებაშიც, რომელსაც უკანასკნელ წლებში ძალზე მეორეხარისხოვანი მნიშვნელობა ჰქონდა.

ამგვარად, ზემოთ მოყვანილი მასალა გვიჩვენებს მლამე ტბების ფსკერის ნალექების პალინოლოგიური მასალის არაჩვეულებრივად მაღალინფორმაციულ მონაცემებს, რომელშიაც დეტალურად არის ასახული არა მარტო ვიწროლოკალური და ლოკალური, არამედ რეგიონალური მცენარეულობა. ამიტომ მლამე ტბების ჰოლოცენური ნალექების გამოკვლევა ძალზე პერსპექტიულია არა მარტო მცენარეულობაზე, არამედ მთლიანად გეოსისტემაზე ადამიანის ზემოქმედების მრავალი ასპექტის შესწავლისათვის.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ლ. დავითაშვილის სახ. პალეობიოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *H.A. Margalitaдзе*. История голоценовой растительности Грузии. Тбилиси, 1995.
2. *J. Iversen*. Dan. geol. Unders. 1941.
3. *C.R. Janssen*. Vegetation, 1970.
4. *K.E. Behre*. Pollen et spores, XXIII, N2, 1981, 225-245.
5. *Н.Б. Благовещенская*. В кн: Антропогенная эволюция геосистем и их композиция. М., 1987, 143-160.
6. *B.E. Berglund*. In: European Palaeoclimate and Man. Vol. 7. Stuttgart-Jena-New York. 1994, 5-11.
7. *ვ. აღვაძე*. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები, 111, 1965, 311-325.
8. *E.V. Kvavadze, L. Stuchlik*. Acta Palaeobot., 31 (1,2) 1991, 273-288.
9. *E.V. Kvavadze*. Acta Palaeobot., 33, 1, 1993, 347-360.

ა. ნაღარაძე (აკადემიკოსი), მ. ნიკოლაიშვილი, ბ. იორდანიანი

აბრეშვილობის, „ლია ველში“ ძველისა და მონოკლინური სისტემის
აპტივობის მოდიფიკაცია X-დასხვივებულ ვირთაგვებში

წარმოდგენილია 16.06.1997

ექსპერიმენტები ტარდებოდა მამრ თეთრ უჯიშო ვირთაგვებსა და უჯიშო თეთრ თა-
გვეზე, რომელთა მასები შესაბამისად 180-200გ და 20-25გ იყო. ცხოველების რჩენა
ვივარიუმში სტანდარტული რაციონით ხდებოდა, მათ საკვები და წყალი შეუზღუდავად
ეძლეოდათ. აგრესიულობაზე ვირთაგვების შერჩევა წინასწარ ხდებოდა [1,2] კრიტე-
რიუმით. თუ ვირთაგვა თავის კლავდა 10 წუთის განმავლობაში კისრის ძალების გა-
დაღრღნით და არ ჰქამდა, მას მიეჩნეოდათ მკვლელად. ვირთაგვათა ამ პოპულაციიდან-
ვე ვარჩევდით არააგრესიულ ინდივიდებს. ვირთაგვებს ერთჯერადად X-სხივებით დას-
ხივებდით ასეთი დოზებით: 5,5; 6,0; 6,5; 8,0; 10,9 და 12,9 გრეი. თითოეული დოზი-
სათვის ექსპერიმენტი ტარდებოდა ცხოველთა 3 ჯგუფზე. თითოეულ ჯგუფში 30 ვირ-
თაგვა იყო. ცხოველთა დასხივება ხდებოდა შეწყველებულ დანადგარზე PYM17, შემ-
დეგ პირობებში: 250 კვ, 15 მა, ფილტრები Cu-0,5 მმ, Al-1,0 მმ, დოზის სიმძლავრე
შეადგენდა 0,683 გრეის წუთში. თითოეულ ვირთაგვას ეთოლოგიურად ვიკვლევდით
დასხივებამდე და მის შემდეგ დინამიკაში. ამ ცხოველებზევე შესწავლებოდა სეროტო-
ნინის რეცეპტორებისა და ბიოგენური ამინების ცვლილებები დასხივებამდე და მის შემ-
დეგ. სეროტონინის რეცეპტორები ისაზღვრებოდა პარტის მეთოდით [3], ბიოგენური
ამინები – დანსილდერივატების თხელშრიანი ქრომატოგრაფიული მეთოდით [4]. შე-
დეგები მუშავდებოდა პარამეტრული და არაპარამეტრული სტატისტიკური მეთოდით.
სტანდარტული და ორიგინალური კომპიუტერული პროგრამის პაკეტით შეფარდების
სამუშაო შეცდომა მეთოდით, რომელიც აღწერილია შრომაში [5]. ცხოველთა ეთო-
ლოგიური ტესტირება „ლია ველში“ წარმოებდა სისტემოტექნიკური კომპლექტით „ვე-
ლი“ 90, რომელიც ჩვენს ცენტრში იყო დამუშავებული [6].

ცდების პირველ სერიაში ვიკვლევდით აგრესიული და არააგრესიული ვირთაგვების
ქცევას „ლია ველში“. დაკვირვებათა შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ერთი პოპულაციიდან
არჩეული ვირთაგვების მოძრაობითი აქტივობა განსხვავდება როგორც ცენტრალური
წრიდან გამოსვლის ლატენტიური პერიოდით ($P < 0,001$), ისე ტრანსლოკაციათა ციკ-
ლის რიცხვითაც ($P < 0,001$). განსხვავება გამოვლინდა მოტორული აქტივობის ჯამურ
დროშიც ($P < 0,005$). ღია ველში ჩატარებულმა ექსპერიმენტმა გვიჩვენა აგრეთვე, რომ
აგრესიული ვირთაგვები არააგრესიულებთან შედარებით უფრო ნელა მოძრაობენ და
ღია ველის ერთი სეგმენტიდან მეორეში გადასვლისათვის უფრო მეტ დროს ხარჯავენ
($P < 0,01$). გარდა ამისა, აგრესიული ვირთაგვები არააგრესიულისაგან განსხვავდებიან
საორიენტაციო-კვლევითი აქტივობითაც. არააგრესიული ვირთაგვების კედელთან წა-
მოდგომათა რიცხვი 2,5-ჯერ აღემატება აგრესიულებისას, ხოლო ერთი ციკლის გან-
ხორციელებას ისინი ორჯერ ნაკლებ დროს ახმარენ. ეს განსხვავებები სტატისტიკურად
დიდი ალბათობითაა სარწმუნო ($P < 0,001$). ღია ველში აგრესიული და არააგრესიული

ვირთაგვების სტერეოტიპური აქტივობის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ აგრესიული ვირთაგვები ერთ ციკლზე საშუალოდ ხარჯავენ 7,91 წმ, არააგრესიულები კი 0,45 წმ ($P < 0,01$). აქედან გამომდინარე, არააგრესიული ვირთაგვები „ღია ველში“ უფრო ემოციურნი არიან [7-11]. აღსანიშნავია, რომ ყველა ეთოლოგიური პარამეტრის ერთობლიობით, რომლებიც „ღია ველში“ ისაზღვრება, აგრესიულ და არააგრესიულ ვირთაგვებს ერთმანეთისგან განასხვავებენ ბრანტსნედეროვის არაპარამეტრული ხიკვადრატის კრიტერიუმით ($P < 0,05$).

აგრესიული ვირთაგვები 7 გრეით დასხივებიდან 24 საათის შემდეგ კარგავენ აგრესიულობას, მათ ეკარგებათ მსხვერპლზე თავდასხმის სწრაფვა. აგრესიულობის დაკარგვასთან ერთად, ასეთ ცხოველებში შეიმჩნევა მოძრაობითი აქტივობის გაზრდა, მატულობს ტრანსლოკაციის ციკლთა რაოდენობა ($P < 0,01$), ისინი უფრო მოძრავნი ხდებიან და „ღია ველში“ უფრო სწრაფად მოძრაობენ. გარდა ამისა, პოსტრადიაციულ პერიოდში ცხოველები უფრო ემოციურნი ხდებიან, რაც დასტურდება ფეკალური ბოლუსებისა და ურინაციის რაოდენობის მატებით, ამავე დროს მცირდება გრუმინგზე დახარჯული დროის საშუალო მაჩვენებელი ($P < 0,05$). როგორც ადრე ჩატარებულ ცდებში, ასევე ამ კვლევაშიც არააგრესიული ვირთაგვების 7 გრეით დასხივება იწვევდა მათში აგრესიულობის გამოვლენას, ისინი ხდებოდნენ „მკვლევები“. ამავე დროს შეიმჩნევა „ღია ველში“ ქცევის შეცვლა. ქცევათა შედარება არააგრესიული ვირთაგვებისა, რომლებიც დასხივების შემდეგ აგრესიულები გახდნენ, ბუნებით აგრესიული ვირთაგვების ქცევასთან, გვიჩვენებს, რომ ყველა ჩვენს მიერ შესწავლილი პარამეტრით ისინი უახლოვდებიან ერთმანეთს, იქმნება შთაბეჭდილება, რომ დასხივების შემდეგ გარკვეულ ეტაპზე ხდება ცხოველთა ქცევის ინვერსია. არააგრესიული ვირთაგვები ხდებიან აგრესიული და პირიქით. ეს ეფექტი გრძელდება რამდენიმე საათიდან 5 დღემდე და დამოკიდებულია დოზის სიდიდეზე.

ცხრილი 1

რადიაციის გავლენა ვირთაგვების სიცოცხლის ხანგრძლივობაზე*
($M \pm m$ დღეებში) $n = 30$

დოზა გრეი	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	10,0	12,0
აგრესიული ვირთაგვები	109,3 $\pm 2,03$	61,7 $\pm 1,65$	41,0 $\pm 1,00$	25,0 $\pm 1,00$	18,2 $\pm 0,78$	11,0 $\pm 0,71$	6,7 $\pm 0,32$
არააგრესიული ვირთაგვები	80,2 $\pm 1,03$	43,7 $\pm 0,34$	31,4 $\pm 0,90$	20,7 $\pm 0,67$	13,0 $\pm 0,56$	6,0 $\pm 0,41$	3,7 $\pm 0,33$
სხვაობა	26,6	29,1	23,4	17,2	28,6	45,4	41,3
პროცენტებში	$\pm 2,5$	$\pm 1,8$	$\pm 1,3$	$\pm 1,2$	$\pm 1,0$	$\pm 0,8$	$\pm 0,4$

* ყველა შემთხვევაში განსხვავება სტატისტიკურად სარწმუნოა დიდი ალბათობით

ზემოთ მოყვანილი მონაცემების საფუძველზე ცალსახად შეგვიძლია დავამტკიცოთ, რომ აგრესიული და არააგრესიული ვირთაგვების ადაპტაციური ქცევის სტრატეგია, ისე როგორც ემოციურმოტივაციური რეაქციის ბაზა, სტრესულ სიტუაციაში მოხვედრილი ცხოველის ქცევა „ღია ველში“, მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ამიტომ შევისწავლეთ ბუნებით აგრესიული და არააგრესიული ვირთაგვების რადიომგრძობელობა ცხოველის გადარჩენის მეთოდით. რადიობიოლოგიაში მიღებულმა გაანგა-



რიშებებმა გამოავლინეს, რომ LD50/30 ბუნებით აგრესიული ვირთაგვეზისათვის $6,1 \pm 0,01$ გრეია, ხოლო არააგრესიულებისათვის $6,6 \pm 0,08$ გრეი. აბსოლუტურ სიდიდეებს შორის განსხვავების თითქოსდა მცირე სხვაობის მიუხედავად, იგი სარწმუნოა არამარტო სტატისტიკურად ($P < 0,01$), არამედ რეალური ბიოლოგიური შედეგებითაც. როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, აგრესიულ ვირთაგვეზს სიცოცხლის საშუალო ხანგრძლივობა 25%-ით ნაკლები აქვთ მინიმალური ლეტალური დოზით დასხივებისას (5,5 გრეი), ვიდრე არააგრესიულებს, ხოლო აბსოლუტურად ლეტალური დოზებით (10,0-12,0 გრეი) დასხივებისას კი სიცოცხლის საშუალო ხანგრძლივობა ორჯერ მოკლდება.

რათა გაგვერკვია „ღია ველში“ ქცევის შესაძლო განსხვავებული მექანიზმები და აგრესიული და არააგრესიული ვირთაგვეზების განსხვავებული რადიომგრძობელობა, შევისწავლეთ ზოგიერთი ენდოგენური რადიოპროტექტორი, რომლებიც ამავე დროს აგრესიული ქცევის კორელატებიც არიან. არსებული ლიტერატურული მონაცემებიც მიუთითებენ თავის ტვინის მონოამინერგული სისტემის მნიშვნელოვან როლზე აგრესიული ქცევის გამოვლენაში [12-14]. ცნობილია აგრეთვე თავის ტვინის სტრუქტურები, რომლებიც არეგულირებენ აგრესიულ ქცევას [15]. ასეთებია ყნოსვის ბოლქვები და ნუშისებრი კომპლექსი, რომლებიც თავიანთ გავლენას ახორციელებენ ჰიპოთალამური სტრუქტურების მეოხებით. ისაზღვრებოდა ბიოგენური ამინები და თავისუფალი ამინომჟავების რაოდენობრივი განაწილება აგრესიული და არააგრესიული ვირთაგვეზების ტვინის შესაბამის უბნებში. ვანგარიშობდით ნორადრენალინის ფარდობას სეროტონინთან. აგრესიულ ვირთაგვეზს სეროტონინის რაოდენობა არააგრესიულებთან შედარებით ნაკლები აღმოაჩნდათ, რაც იწვევს სტატისტიკურად სარწმუნო მატებას ნორადრენალინის შეფარდებისა სეროტონინთან (ცხრ. 2). თავის ტვინის ჰომოგენატში სულფჰიდრილური ჯგუფებიც აგრესიულ ვირთაგვეზს ნაკლები აღმოაჩნდათ (ცხრ. 3). ნეიროქიმიურმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენეს, რომ აგრესიულ ვირთაგვეზს სეროტონინის რეცეპტორები რაოდენობრივად ორჯერ ნაკლები აღმოაჩნდათ, ვიდრე არააგრესიულებს ($8,24 \pm 0,13$ და $17,69 \pm 1,44$ პიკო მოლი სეროტონინი/1მგ ცილა, წუთში).

ცხრილი 2

ნორადრენალინის რაოდენობრივი ფარდობა სეროტონინთან აგრესიული და არააგრესიული ვირთაგვეზების თავის ტვინში ($M \pm m$)

თავის ტვინის უბნები	არააგრესიული	აგრესიული	საშუალო სხვაობა
ყნოსვის ბოლქვები	$0,624 \pm 0,051$	$0,887 \pm 0,082$	$0,253 \pm 0,019$ $P < 0,05$
ამიგდალა	$0,559 \pm 0,052$	$0,921 \pm 0,071$	$0,362 \pm 0,023$ $P < 0,05$
ჰიპოკამპი	$0,564 \pm 0,051$	$0,859 \pm 0,081$	$0,296 \pm 0,025$ $P < 0,05$

ცხრილი 3

სულფჰიდრილური ჯგუფების შემცველობა აგრესიული და არააგრესიული ვირთაგვეზების თავის ტვინში (მიკრომოლი/გ ქსოვილზე, $M \pm m$)

SH ₂ ჯგუფები	არააგრესიული	აგრესიული	საშუალო სხვაობა
არაცილოვანი	$1,70 \pm 0,109$	$1,03 \pm 0,082$	$0,67 \pm 0,161$ $P < 0,05$ 52%
საერთო რაოდენობა	$37,16 \pm 1,442$	$33,00 \pm 1,223$	$4,160,151$ $P < 0,05$ 55%

ზოგადი დასხივება 7 გრეი დოზით აგრესიულ ვირთაგვებში სეროტონინის რეცეპტორებს ამცირებს ($0,413 \pm 0,24$). მართალია, ეს შემცირება სტატისტიკურად არ არის სარწმუნო ($0,05 < P < 0,1$), მაგრამ ყოველ შესწავლილ სინჯში შეიმჩნევა სეროტონინის რეცეპტორების რაოდენობის შემცირების ტენდენცია. ამრიგად, სეროტონინისა და მისი რეცეპტორების რაოდენობის დაბალი დონე საბოლოოდ განაპირობებს სეროტონინურული სისტემის აქტივობის შემცირებას. ამავე დროს, სულფიბრული ჯგუფების დაბალი შემცველობაც ალბათ განაპირობებს ბუნებით აგრესიული ვირთაგვების მაღალ რადიომგრძობელობას. კვლევის შედეგები საფუძველს გვაძლევს დავასკვნათ, რომ „ღია ველში“ ბუნებით აგრესიული და არააგრესიული ვირთაგვების განსხვავებული ქცევა და რადიომგრძობელობა დაკავშირებულია ბუნებით აგრესიული ვირთაგვების თავის ტვინის სტრუქტურებში ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებისა და ენდოგენური რადიოპროტექტორების მეტაბოლიზმის თავისებურებებთან.

რადიობიოლოგიისა და რადიაციული ეკოლოგიის
სამეცნიერო კვლევითი ცენტრი

ლიტერატურა

1. P. Karli. Behavior. 6, 10, 1954, 81-103.
2. R. Bell, P.G. Hepper. Behav. Brain res. 23, 1, 1987, 121.
3. A. Part. Brain receptor methodologies. New York, London. Toronto, 1984, 309-337.
4. A.O. Чилингаров. Сообщения АН ГССР, 65, 2, 1972, 461-463.
5. Дж. Сквейрс. Теоретическая физика. М., 1971, 45.
6. Б.Г. Маусурадзе, И.Н. Маусурадзе, О.И. Санеблидзе. Радиационные исследования, т. 7, 1994, 333-346.
7. D. Maier, M.R. Landauer. Aggres, Behav., 15, 1, 1989, 1, 82-89.
8. К.Ш. Нагарейшвили, М.Р. Казахашвили, Н.Н. Вачарадзе. Изв. АН Грузии, Сер. биол., Приложение, 1988, 422-427.
9. Они же. Радиационные исследования, т. 5. 1989. 30-38.
10. М.И. Николаишвили, Г.С. Иоргანიшвили, К.Ш. Нагарейшвили, Н.Н. Мелитаური. Радиационные исследования, т. 6, 1991. 26-38.
11. Они же. Там же, т. 7, 1995, 35-46.
12. ნ. ალექსიძე. ნეიროქიმიის საფუძვლები, 2, 1993, 434.
13. А.А. Могильнер. Радиобиология, 28, Вып. 2, 1988, 306-380.
14. T.H. Scoder. Behav. Genet., 10, 4, 1980, 384-400.
15. თ. ნანეიშვილი. ქცევის ფსიქოფიზიოლოგია. თბილისი, 1996, 283-294.

მ. ბაბუნია, რ. თუთუბერიძე

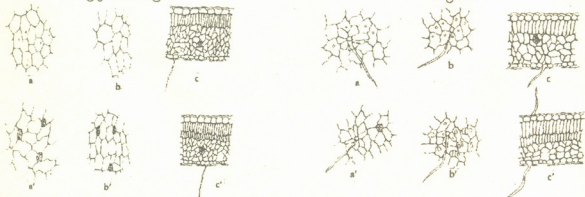
ბარამოს ტექნოგენური დაბინძურების ბავლენა ზოგნიერთი მერქნის-
 ნი სახეობის ფოთლის ანატომიურ სტრუქტურაზე დასავლეთ საქარ-
 თველს კიროგებში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. გიგურმა 2.10.1997

ატმოსფეროს სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურება ერთ-ერთი ძლიერი ფაქტორია, რომელიც გავლენას ახდენს მცენარეზე, კერძოდ, ფოთლის შინაგან სტრუქტურაზე. მერქნიანი მცენარეები ხანგრძლივად განიცდიან ამ ფაქტორების ზემოქმედებას დაბინძურებულ გარემოში და გარკვეული რეაქციით პასუხობენ მას. ი. შიშჩანოვის [1], კ. პლიუმოს [2] მონაცემებით, ატმოსფეროს ტექნოგენური დაბინძურების გავლენით მერქნიან მცენარეთა ფოთლებში ადგილი აქვს მორფოლოგიურ და ანატომიურ ცვლილებებს. კერძოდ, იზრდება ფოთლის ფირფიტის სისქე და უჯრედების ზომა, მატულობს ქსოვილებში უჯრედების სიმჭიდროვე და ფართობის ერთეულზე მათი რიცხვი. იცვლება მეზოფილის სტრუქტურაც. ანალოგიური შედეგები აქვს მიღებული ნ. დავიძის [3], რომელმაც შეისწავლა ფოთლის ანატომიურ აგებულებაში მომხდარი ცვლილებები მეტალურგიული წარმოების მანეთ ნარჩენების გავლენით. რ. პალაევას [4] მიერ დადგენილია, რომ მანეთ ტექნოგენური ნივთიერებების არსებობა ატმოსფეროში გავლენას ახდენს ფოთლის ბაგეების მდგომარეობაზე – მატულობს ბაგეების რიცხვი ფართობის ერთეულზე, ხოლო ბაგის ზერელის ფართობი მცირდება. ფოთლის ანატომიური აგებულების განსაკუთრებულ როლზე მცენარის გამძლეობის დადგენისათვის მიუთითებენ კ. პლიუმო [2], ი. ვორონკოვა [5], ნ. კოსიჩენკო [6] და ი. შიშჩანოვი [1]. მათი აზრით, ფოთლის ანატომიური მაჩვენებლები უნდა იქნეს გათვალისწინებული გამწვანებისათვის მცენარეთა შერჩევის დროს.

პარტვისის მუხა

იფანი



სურ.1. a - ზედა ეპიდერმისი (საკონტროლო); b - სურ.2. a - ზედა ეპიდერმისი (საკონტროლო); b - ზედა ეპიდერმისი (საცდელი); c - განივი ჭრილი (საკონტროლო); c - განივი ჭრილი (საკონტროლო); a' - ქვედა ეპიდერმისი(საკონტროლო); a' - ქვედა ეპიდერმისი(საკონტროლო); b' - ქვედა ეპიდერმისი (საცდელი); b' - ქვედა ეპიდერმისი (საცდელი); c' - განივი ჭრილი (საცდელი); c' - განივი ჭრილი (საცდელი)

მასალები და მეთოდები. საკვლევი მასალები აღებულია ქ. ქუთაისის დაბინძურებული უბნებიდან. დაბინძურებულ უბნებად შერჩეულია ქალაქის მსხვილი საწარმოების - საავტომობილო, ლითონის, რეზინათა ნაკეთობების ქარხნებისა და აეროპორტის მიმდებარე ტერიტორიები, ხოლო ეკოლოგიურად სუფთად - კურორტ საირმის ტერიტორია (ბაღდადის რაიონი). დაბინძურებული უბნებიდან აღებულ მცენარეს პირობითად ვუწოდებთ საცდელს, ხოლო იმავე სახეობის მცენარეს ეკოლოგიურად სუფთა ზონიდან - საკონტროლოს.

კვლევისათვის გამოყენებულ იქნა 4 სახეობის მერქნიანი მცენარე (ცხრ.).

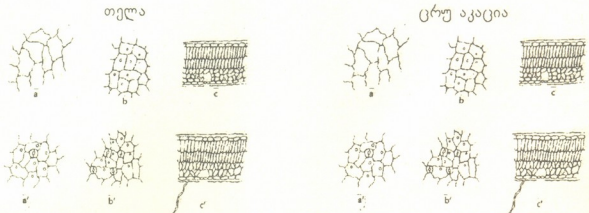
კვლევითი მუშაობის პერიოდში ქ. ქუთაისის ატმოსფეროს მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების წლიური რაოდენობა შეადგენდა 60623 ტონას, აქედან თხევადსა და აიროვან გაზებზე მოდის - 15900 ტონა, CO₂ - 9025 ტ, SO₂ - 4925 ტ, NO₂ - 0,511 ტ.

ატმოსფეროს სამრეწველო დაბინძურებასთან დაკავშირებით მერქნიან მცენარეთა ფოთლის ანატომიური სტრუქტურა შესწავლილია ე. ზახარევიჩისა [7] და ნ. ანელის [8] მეთოდების გამოყენებით. ფოთლის ანატომიური სტრუქტურის სურათები შესრულებულია სახატავი პრეპარატების საშუალებით.

შედგებები და მათი განხილვა. მავნე ტექნოგენური ფაქტორების ზეგავლენით ფოთლებში მომხდარი სტრუქტურული ცვლილებების რაოდენობრივი მაჩვენებლები წარმოდგენილია 1 ცხრილში და გამოსახულია 1, 2, 3 და 4 სურათებზე. როგორც ცხრილიდან ჩანს, მანვე ტექნოგენური ნარჩენები გავლენას ვერ ახდენს ისეთ მყარ ნიშანზე, როგორცაა - ეპიდერმისის უჯრედების პროექცია.

სამრეწველო ნარჩენები მავნე გავლენას ახდენს აგრეთვე ფოთლის მეზოფილის სტრუქტურაზე, რაც გამოიხატება იმაში, რომ მატულობს მესრისებური პარენქიმის განვითარების ხარისხი (სისქე) და შესაბამისად მცირდება ღრუბლისებური პარენქიმის მოცულობა.

თითქმის ყველა საკვლევი მცენარის საცდელ ვარიანტში, განსხვავებით კონტროლისაგან, მესრისებური პარენქიმა ორრიგიანია, ზოგი კი - სამრიგიანი. კერძოდ, მუხის ფოთლის საცდელ ვარიანტში მესრისებური პარენქიმა 3 რიგისაგან შედგება (სურ. 1c),



სურ. 3. a - ზედა ეპიდერმისი (საკონტროლო); b - სურ. 4. a - ზედა ეპიდერმისი (საკონტროლო); b - ზედა ეპიდერმისი (საცდელი); c - განივი ჭრილი (საკონტროლო); c - განივი ჭრილი (საკონტროლო); a' - ქვედა ეპიდერმისი (საკონტროლო); a' - ქვედა ეპიდერმისი (საკონტროლო); b' - ქვედა ეპიდერმისი (საცდელი); b' - ქვედა ეპიდერმისი (საცდელი); c' - განივი ჭრილი (საცდელი); c' - განივი ჭრილი (საცდელი)

ქ. ქუთაისის პირობებში ჰაერის ტექნოგენური დაბინძურების გავლენით მერქნიან მცენარეთა ფოთლის ანატომიურ აგებულებაში მომხდარი ცვლილებების რაოდენობრივი მაჩვენებლები

საკლასიფიკაციო	ფოთლის სისქე მკ-ში	მერქნიან პარენქიმის სისქე მკ-ში	ლორღოსებრი პარენქიმის სისქე მკ-ში	მეზოფილის სისქე მკ-ში	მერქნიან პარენქიმის ხარისხი % მკ-ში	მერქნიან პარენქიმის ურეიდოს შრეების რაოდენობა	მკ-ში	მკ-ში	იონიზირებული მატერია	იონიზირებული მატერია	ფოთლის მკ-ში	მკ-ში
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
პარტეისის მუხა (საკონტროლო)	140±3,4	42±2,5	70±2,5	112±3,8	36	2	3±0,04	10±0,2	შავალეული	სწიპისხევიანი	6200±280	-
							1±0,03	7±0,2	ასწიპი ფიჭვი	ბალღი	8700±420	530±1,6
პარტეისის მუხა (სადავო)	168±3,3	78±3,1	33±3,4	111±3,2	71	3	4±0,04	22±0,4	შავალეული	სწიპისხევიანი	7950±350	-
							2±0,02	16±0,3	ასწიპი ფიჭვი	ბალღი	9600±610	650±1,8
იფენი (საკონტროლო)	148±3,2	62±3,3	53±3,5	115±2,4	54	2	3±0,06	16±0,3	ასწიპი ფიჭვი	იღვარბალღი	8200±320	-
							2±0,03	13±0,3	ასწიპი ფიჭვი	იღვარბალღი	9500±600	450±2,0
იფენი (სადავო)	158±3,1	62±3,4	56±3,1	118±3,3	54	2	3±0,06	16±0,4	შავალეული	სწიპისხევიანი	8600±420	-
							2±0,02	13±0,3	ასწიპი ფიჭვი	ბალღი	9900±540	500±1,9
ოქლა (საკონტროლო)	107±3,3	38±2,1	46±3,0	84±2,6	46	1	1±0,02	13±0,3	შავალეული	სწიპისხევიანი	3900±114	-
							1±0,02	10±0,2	ასწიპი ფიჭვი	ბალღი	4500±150	870±2,5
ოქლა (სადავო)	117±3,0	56±3,1	30±3,3	86±3,3	64	2	2±0,04	16±0,4	შავალეული	სწიპისხევიანი	4800±140	-
							2±0,04	13±0,3	შავალეული	სწიპისხევიანი	5600±130	990±2,4
ერე აკაცია (საკონტროლო)	110±3,4	46±3,3	46±2,9	92±3,5	50	1	1±0,02	10±0,2	ასწიპი ფიჭვი	ბალღი	4200±155	-
							1±0,01	13±0,3	ასწიპი ფიჭვი	ბალღი	5700±210	370±2,05
ერე აკაცია (სადავო)	126±3,3	62±3,4	46±3,3	108±3,5	57	2	2±0,03	14±0,3	ასწიპი ფიჭვი	იღვარბალღი	5100±199	-
							1±0,02	14±0,2	ასწიპი ფიჭვი	იღვარბალღი	6600±280	460±1,7

თელისა და ცრუ აკაციის ფოთლების მესრისებური პარენქიმა კი უჯრედების 2 შრეს შეიცავს (სურ. 3c, სურ. 4c). ამ მხრივ ცვლილებები ნაკლებად შეინიშნება იფნის ფოთოლში, რომელიც უფრო მდგრადია ტექნოგენური ფაქტორების მიმართ. (ცხრ. 1).

ჩატარებული მუშაობის შედეგად ირკვევა, რომ მანვე ტექნოგენური ნარჩენები გავლენას ახდენენ ფოთლის შინაგან სტრუქტურაზე. ყველა საკვლევი მცენარის საცდელ ვარიანტში ფოთლის ეპიდერმისში მცირდება უჯრედების ზომა, მატულობს ფართობის ერთეულზე ბაგეების რიცხვი. მუხის ფოთლის ქვედა ეპიდერმისში ჩნდება მარტივი ბუსუსები. მანვე სამრეწველო ნარჩენების გავლენით იცვლება მეზოფილის სტრუქტურაც. კერძოდ, მატულობს მესრისებურ პარენქიმაში უჯრედების შრეების რიცხვი და მისი განვითარების ხარისხი. შესაბამისად მცირდება ღრუბლისებური პარენქიმის სისქე.

ფოთლის ფირფიტის შინაგან სტრუქტურაში მომხდარი ცვლილებები ადასტურებს, რომ მანვე ტექნოგენური დაბინძურების ზეგავლენით მცენარეთა ფოთლები იძენენ ქსეროფიტებისათვის დამახასიათებელ თვისებებს და ხასიათდებიან ქსერომორფული სტრუქტურით.

ჩვენი გამოკვლევა საფუძველს გვაძლევს დავასკვნათ, რომ მანვე სამრეწველო ნარჩენების მოქმედების მიმართ ყველაზე მდგრადია იფანი და შედარებით მდგრადი - თელა და ცრუ აკაცია, ხოლო არამდგრადი კი - ჰარტვისის მუხა, რომელიც ყველაზე მეტად განიცდის ტექნოგენური ნარჩენების ზემოქმედებას, რაც შესამჩნევია ვიზუალურადაც.

ივ. ჭავჭავიძის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
აკაკი წერეთლის სახ. ქუთაისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. И. Шимчанов, Н. Йоцова. Бауренеки. Торокостоп. Среднегор, 19, N4, 1982, 3—12.
2. К.Б. Плюмо, Е.В. Пальчик. Интродукция и экология растений. Днепрпетровск, 1985, 33—40.
3. Н.Ф. Давбым. Интродукция и акклиматизация. Киев, N7, 1987, 45—47.
4. Р.М. Паллаева, Амуров. Сб. матер. I Всесоюз. сов. Ташкент, 1986, 189—190.
5. И.М. Воронкова. Тез. докл. Всес. конф. Ленинград, 1986, 19—21.
6. Н.Е. Косиченко. Сов. проб. экологической анатомии. I, Всесоюз. сов. Ташкент, 1986, 182—184.
7. Е.Ф. Захаревич. Вестник ЛГУ, 4, 1954, 65—75.
8. Н.А. Анели. Атлас эпидермы листа, Тбилиси, 1975.

3. ჩიკვანიძე

რა უნდა ედოს საფუძვლად ალკოჰოლისადმი
მიღრეპილუმბის ბანვიტარებას

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მოსიძემ 11.06.1997

ჩვენ მიზნად დავისახეთ, გაგვეჩვენოს თუ რა ბიოლოგიური საფუძველი აქვს ალკოჰოლისადმი მიჩვევას და შემდგომ, დაავადება – ალკოჰოლიზმის განვითარებას. ალკოჰოლიზმი – ეს სამიწიანი დაავადება, როგორც ცნობილია, ფართოდ არის გავრცელებული მთელს მსოფლიოში და ამასთანავე, სულ უფრო მეტი ადამიანი ზღვრის მისი მსხვერპლი [1]. რასაკვირველია, პირველ რიგში უნდა გვეფიქროს, რომ ალკოჰოლისადმი მისწრაფების განვითარება შედეგი უნდა ყოფილიყო, ალბათ, იმ ბიოქიმიური ძვრებისა, რომელსაც ორგანიზმში ალკოჰოლის მოხვედრა იწვევს და შემდეგში მისი დამლის პროდუქტების მიერ გამოწვეული რთული ბიოქიმიური, მორფოლოგიური და ფუნქციონალური გარდაქმნები, თუმცა ფერმენტი ალკოჰოლდეჰიდროგენაზა სისხლში მოხვედრილ ალკოჰოლს საკმაოდ სწრაფად შლის.

ცნობილია, რომ ალკოჰოლის ქრონიკულ მიღებას, როგორც შედეგი, ხშირად მოჰყვება ალკოჰოლისადმი მისწრაფების განვითარება. ჩვენს წინაშე დაისვა საკითხი თუ რას წარმოადგენს ეს ფენომენი და რა ბიოლოგიური საფუძველი უდევს ალკოჰოლისადმი მისწრაფებას საფუძვლად. აღნიშნული საკითხის გამოსარკვევად ჩვენ ჩაატარეთ ცდები ვისტარის ჯიშის წმინდა ხაზის თეთრ ვირთაგვებზე, წონით 180-200 გ. ცხოველები იკვებებოდნენ ვივარისუმის სტანდარტული საკვებით. თავდაპირველად ცხოველები მოვითავსეთ სპეციალურ ინდივიდუალურ კამერებში, სადაც მათ არჩევითად ეძლეოდათ წყალი და წყალში გახსნილი 15%-იანი ალკოჰოლი ეთანოლის სახით.

ცდების შედეგად გაირკვა, რომ 20 ცხოველიდან დაახლოებით 5-6 უმეტესად არჩევს ალკოჰოლს, ვიდრე წყალს, თუმცა ყოველდღიურად მიღებული ალკოჰოლის რაოდენობას ტალღისებური ხასიათი ჰქონდა. ასეთი ცხოველები წყალსაც ღებულობდნენ, მაგრამ ალკოჰოლთან შედარებით – მცირე რაოდენობით. ჩვენ გადავარჩიეთ უპირატესად ალკოჰოლის მოსურნე თავგები და 10-10 ცალი ჩავსით დიდ გალიებში. გალიებში მოთავსებული ცხოველები სასმელად წყალს ღებულობდნენ, მხოლოდ ინტრაპერიტონეალურად მათ უკეთებოდათ 2 მლ 15% ეთანოლი. ასეთ პირობებში მყოფ ცხოველებს 10 დღის შემდეგ ბალანი ეტურძენებოდათ. სუფთა, თეთრი ვირთაგვები ჭუჭყიანები ზღებოდნენ, ისინი ჯგუფდებოდნენ გალიის ერთ კუთხეში, დილით მიცემულ საკვებს არ ეკარებოდნენ, თუმცა მეორე დღეს გალიაში საკვები აღარ იყო. ვირთაგვები თანდათანობით ისე ზღებოდნენ, რომ ორი თვის შემდეგ თავისუფლად შეიძლებოდა მათი კუდის მალეების დათვა. ზოგიერთი ცხოველი კანიბალი გახდა. ზოგჯერ გალიაში ვნახულობდით შეჭმული ვირთაგვებს მხოლოდ ბალნიან კანს. დაკვირვებას ვაწარმოებდით 2,5 თვეს. ამ დროის გასვლის შემდეგ ალკოჰოლიზმული ცხოველები გადაგვყავდა ინდივიდუალურ კამერებში, სადაც თითოეული ვირთაგვები არჩევითად ღებულობდა წყალს ან

15%-იან ეთანოლს. საკონტროლო ცხოველები მთელი ექსპერიმენტის განმავლობაში ყოველდღე ინტრაპერიტონეალურად ღებულობდნენ 2 მლ გამობდილი წყლის ინექციას. საკონტროლო ვირთაგვებიც 2,5 თვის შემდეგ გადაგვყავდა ინდივიდუალურ კამერებში და მათაც არჩევითად ეძლეოდათ წყალი ან 15%-იანი ალკოჰოლი. დაკვირვებები წარმოებდა 40 დღის განმავლობაში. მიღებული სიტხის რაოდენობა აღირიცხებოდა დანაყოფებიან ბიურეტებში ყოველ 5 დღეში.

გაირკვა, რომ ამგვარად ალკოჰოლიზებული ცხოველები, მოთავსებულნი ინდივიდუალურ გალიებში, არჩევით პირობებში უპირატესობას ანიჭებენ წყალს და მას ღებულობენ გაცილებით მეტი რაოდენობით, ვიდრე ალკოჰოლს. აღსანიშნავია, რომ ამ შემთხვევაში მიღებული წყლის რაოდენობა ტალღისებურ ხასიათს ატარებს, თუმცა მაინც მნიშვნელოვნად აღემატება ალკოჰოლის მიღებას.

ამრიგად, წინასწარი ცდების მონაცემები ჩვენ გვაძლევს უფლებას, გამოვთქვათ მოსაზრება იმის შესახებ, რომ ცხოველის ალკოჰოლისადმი მისწრაფების განვითარება ქრონიკული ალკოჰოლიზაციის პირობებში არ უნდა იყოს მხოლოდ შედეგი ცხოველის ორგანიზმში მოხვედრილი ეთანოლის მიერ გამოწვეული რთული ბიოქიმიურ-მორფოლოგიური ძვრებისა, რომელსაც ნახულობენ ალკოჰოლიკებში და ალკოჰოლიზებულ ცხოველებში.

თუ ორგანიზმში მხოლოდ ალკოჰოლის მოხვედრა არის ძირითადი მიზეზი ალკოჰოლიზმისადმი მისწრაფების განვითარებისა, მამ რატომ აირჩიეს ქრონიკულად ინტრაპერიტონეალური გზით ალკოჰოლიზებულმა ცხოველებმა წყალი, როცა მიეცათ არჩევითი საშუალება მიეღოთ წყალი ან ალკოჰოლი.

ჩვენი ცდებიდან მოყვანილი წინასწარი მონაცემების შედეგად შეიძლება გამოვთქვათ ჰიპოთეზა იმის შესახებ, რომ ალკოჰოლიზმისადმი მიჩვევის განვითარებაში ალბათ თავდაპირველად გარკვეული მნიშვნელობა უნდა ეძლეოდეს ცენტრალური ნერვული სისტემის გარკვეულ ცენტრებს შორის დროებითი კავშირების ჩამოყალიბებას, რომლებიც ალკოჰოლის ქრონიკულ მიღებასთან ერთად თანდათან მტკიცდება, რაც შემდეგში ჩვევაში გადადის, ანუ ადგილი აქვს პათოლოგიური პირობითი რეფლექსის ჩამოყალიბებას. ამ შემთხვევაში ალკოჰოლი შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც თავისებური პირობითი გამლიზიანებელი. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ აღნიშნული რეფლექსის გამომუშავებაში ძირითადი მნიშვნელობა უნდა ეძლეოდეს ცხვირის ღრუს ყნოსვითი რეცეპტორების გალიზიანებას, პირის ღრუს და საყლაპავი მილის ქემორეცეპტორების, ასევე კუჭის ქემორეცეპტორების გალიზიანებას და ამის შედეგად გარკვეული დროებითი კავშირების დამყარებას თავის ტვინის ზოგიერთ უბნებს შორის. ალკოჰოლის ქრონიკული მიღება თანდათან ამტკიცებს და აძლიერებს აღნიშნულ კავშირებს და ამგვარად, ეს მოვლენა შემდეგში ჩვევაში გადაიზრდება, რომელიც პათოლოგიურ ხასიათს ღებულობს.

რასაკვირველია, არ არის გამორიცხული ალკოჰოლისადმი ამგვარი პათოლოგიური მისწრაფების ჩვევის გამომუშავებაში გარკვეულ როლს თამაშობენ პერიფერიიდან მომავალი ის ინტერორეცეპტორები, რომლებიც ღიზიანდებიან ალკოჰოლის დაშლის შედეგად წარმოქმნილი ქიმიური მეტაბოლიტებით. ჩვენი აზრით, აღნიშნული მოვლენის ჩამოყალიბებაში აგრეთვე დიდი მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეთ ძირითად ნეიროტრანსმიტერებს და ჰორმონალური სისტემების დისფუნქციას [2]. ორგანიზმში, და პირველ რიგში ღვიძლში, გულში, თავის ტვინსა და სხვა ორგანოებში არსებული პათო-მორფოლოგიუ-



რი ძვრები, რომლებიც ხშირად აღინიშნება ალკოჰოლიკებში, უნდა წარმოვიდგინოთ, როგორც მეორადი მოვლენები, როგორც პათოლოგიური პროცესის გართულებები.

ამრიგად, ალკოჰოლისადმი პათოლოგიური სწრაფვა, ჩვენი აზრით, ალბათ, გარკვეული სიფრთხილით უნდა წარმოვიდგინოთ, როგორც მანვე ჩვევა – პათოლოგიური რეფლექსი, რომელიც თანდათან ვითარდება და მტკიცდება ორგანიზმში ალკოჰოლის ქრონიკული მიღების შედეგად.

რასაკვირველია, ჩვენი გაბედული ჰიპოთეზა შედეგია მიღებული წინასწარი მონაცემებისა და მისი მტკიცებისათვის კიდევ მრავალი ექსპერიმენტია ჩასატარებელი, მაგრამ მოყვანილი მონაცემები დამაიმედებლად მეტყველებენ. ჩვენს მიერ გამოთქმულ შეხედულებას გარკვეულად უნდა ამტკიცებდნენ ამერიკის შეერთებული შტატების ჯანმრთელობის ნაციონალურ ცენტრში ბოლო წლებში გამოქვეყნებული კლინიკური მონაცემები, საიდანაც ირკვევა, რომ მათ კლინიკებში ალკოჰოლისადმი პათოლოგიურ მისწრაფებას ექიმები მკურნალობენ ე. წ. ქცევითი მეთოდების გამოყენებით [3, 4]. ამასთანავე, საყურადღებოა აღვნიშნოთ, რომ საფრანგეთში ნარკომანების მკურნალობისათვის ფართოდ და წარმატებით იყენებენ შრომითი თერაპიის მეთოდს, რომლის დროსაც მაქსიმალურად ამცირებენ მედიკამენტურ მკურნალობას.

არ შეიძლება არ აღვნიშნოთ ი. სლუჩევსკის კლინიკური მონაცემები, რომელიც 30-იან წლებში ალკოჰოლიზმის სამკურნალოდ იყენებდა პირობით-რეფლექსურ მეთოდს. ის ავადმყოფებს აძლევდა სხვადასხვა წამლებს, რათა ავადმყოფს გამომუშაებოდა ზიზღი სპირტიანი სასმელებისადმი და ამრიგად, თანდათან ჩაექროთ ალკოჰოლისადმი პათოლოგიური მისწრაფება.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ი.ბერიტაშვილის სახ. ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. В.С. Афанасьева, Н.В. Кофурин. За здоровый образ жизни (борьба с социальными болезнями). М. – Брест, 1988, ч.3, 18 – 19.
2. А.З. Дроздов, Н.А. Христолюбова, И.П. Анохина. Вопросы наркомании, 3, 1990, 14 – 20.
3. W.R. Miller. In: Behaviour Treatment for Drug Abuse and Dependence. 137, 1993, 1677.
4. W.R. Miller et al. In: Drug Abuse, Smoking and Obesity. Elmsford, N.Y., 1980.



ა. როზაძიძე

ქრონიკული სტაფილოდერმიით დაავადებული პირების იმუნოლოგიური სტატუსი

წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ტატიშვილმა, 2.10.1997

მიუხედავად იმისა, რომ კანის სტაფილოკოკური ინფექციები უკვე კარგა ხანია მკვლევართა ყურადღების ცენტრშია, იგი დღემდე გადაუწყვეტელ პრობლემად რჩება. ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით დერმატოლოგიურ დაავადებათა 30% სწორედ სტაფილოდერმიებზე მოდის [1].

რიგი ავტორებისა, მიიჩნევენ რა მაკროორგანიზმის იმუნური სტატუსის დაქვეითებას სტაფილოდერმიის პათოგენეზის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან რგოლად, გთავაზობს ეტიოლოგიური მკურნალობის პარალელურად პათოგენეზური მკურნალობის ჩატარებას იმუნოსტიმულაციური თერაპიის სახით [2-4]. თუმცა საკუთარ კლინიკურ დაკვირვებებსა და ზოგიერთი მეცნიერის მონაცემებზე დაყრდნობით შეიძლება აღინიშნოს, რომ ქრონიკული სტაფილოდერმიის მკურნალობისას იმუნოსტიმულატორების გამოყენებას ნაცვლად გაჯანსაღებისა, არცთუ ისე იშვიათად, თან სდევს კლინიკური სურათის გაუარესება [5, 6].

გავითვალისწინეთ რა ზემოაღნიშნული, მიზანშეწონილად მივიჩნიეთ შეგვესწავლა მაკროორგანიზმის იმუნური სისტემა ქრონიკული სტაფილოდერმიის დროს.

გამოკვლევა ჩატარეთ ქ. თბილისის რკ/კვ საკვანძო პოლიკლინიკის 81 პროფილურ ავადმყოფზე, რომელთა ასაკი მერყეობდა 17-დან 51 წლამდე. მათგან 39 იყო ქალი, 42 კი – მამაკაცი. გამოკვლეულთაგან 17 (20,9%) დაავადებული იყო ფოლიკულიტით, 31(38,3%) – ფურუნკულოზით, 20(24,7%) სიკოზით და 13(16,1%) – ჰიდრადენიტი. ქრონიკული სტაფილოდერმიის სხვა კლინიკური ფორმები არ შეგვხვდნენ.

საკონტროლო ჯგუფი შეადგინა სისხლის გადასხმის სადგურის 37 პრაქტიკულად ჯანმრთელმა დონორმა.

ყველა ავადმყოფს ჩაუტარდა კომპლექსური იმუნოლოგიური გამოკვლევა ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მეთოდური რეკომენდაციის მიხედვით (1987 წ.). T-ლიმფოციტებსა და მის სუბპოპულაციებს ვსწავლობდით ჯონდალის მეთოდით [7], B-ლიმფოციტებს ბიანკოს მეთოდით [8], ჰუმორული იმუნური სისტემის მდგომარეობას – Ig-ის რაოდენობრივი განსაზღვრით – მანჩინის მეთოდით [9].

მიღებული მასალის სტატისტიკური დამუშავებისას გამოყენებულ იქნა სტიუდენტის კრიტერიუმი [5].

გამოკვლევების შედეგად მიღებული მონაცემები მოყვანილია ცხრილში.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ქრონიკული სტაფილოდერმიის დროს T-ლიმფოციტების საერთო რაოდენობა არ განიცდის ცვლილებებს. ასევე შეუცვლელია T-აქტიური



ლიმფოციტების რაოდენობაც. ჩვენმა გამოკვლევებმა გამოავლინა, რომ ქრონიკული სტაფილოდერმიის დროს უჭრედული იმუნური სისტემის დარღვევა აღინიშნება T-სუპრე-სორებისა და T-ჰელპერების დონეზე. კერძოდ, მკვეთრად არის დარღვეული მათი რაოდენობრივი თანაფარდობა და ნაცვლად ნორმალური მაჩვენებლისა - 2,5:1, წარმოდგენილია 1:2,5 თანაფარდობის სახით.

ცხრილი

იმუნური სისტემის მაჩვენებლები ქრონიკული სტაფილოდერმიით დაავადებულ და პრაქტიკულად ჯანმრთელ პირებში

გამოკვლეულთა კონტინგენტი	მაჩვენებლები	გამოკვლეული რაოდენობა	სტატისტიკური მაჩვენებლები	T-ლიმფოციტი	T-სუპრე-ლიმფოციტი	Tm - ჰელპერი	Ts - სუპრესორი	B - ლიმფოციტი	თანაფარდობა Tm/Ts	IgG	IgA	IgM
დაავადებული პირები		81	μ±m	44±1.8	18±2.2	13±1.4	33±2.4	12±2.4	1:2.5	7.63±0.16	0.99±0.04	0.96±0.07
			p	>0.05	>0.05	<0.01	<0.01	>0.05		<0.05	<0.01	<0.05
პრაქტიკულად ჯანმრთელი პირები		37	μ±m	48±2.7	20±1.4	30±2.4	12±1.7	15±2.0	2.5:2	12.15±0.11	2.52±0.07	1.06±0.04

ქრონიკული სტაფილოდერმიის დროს მნიშვნელოვნად არის შეცვლილი ჰუმორული იმუნური სისტემის მაჩვენებლებიც. მიუხედავად იმისა, რომ B-ლიმფოციტების რაოდენობა არ განიცდის მნიშვნელოვან ცვლილებებს, შესამჩნევად არის შემცირებული IgG-ს და IgM-ის კონცენტრაცია, ხოლო IgA-ს კონცენტრაცია თითქმის განახევრებულია.

საეარაუდოა, რომ ჰუმორული იმუნიტეტის აღნიშნული ცვლილებები გამოწვეულია იმუნორეგულატორული უჭრედების თანაფარდობის ცვლილებით, რასაც თვალნათლივ ადასტურებს ჩატარებული სამუშაოს შედეგად მიღებული მონაცემების ინდივიდუალური ანალიზი. კერძოდ, ამ ანალიზით გამოვლინდა პირდაპირპროპორციული კავშირი დაავადების ხანგრძლივობასა და იმუნოკომპეტენტური უჭრედების თანაფარდობის დარღვევას შორის. მეორე მხრივ, უკვე კარგახანია ცნობილია კორელაციური კავშირი დაავადების ხანგრძლივობასა და IgA-ს კონცენტრაციის შემცირებას შორის [2, 4, 5, 11]. ეს უკანასკნელი ჩვენს მიერ მიღებული მონაცემების ინდივიდუალური ანალიზის დროს გამოიკვეთა.

ამრიგად, ქრონიკული სტაფილოდერმიის მკურნალობის მიზნით იმუნოსტიმულაციური თერაპიის ჩატარებისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს ის ფაქტი, რომ ამ დროს:

1. აღინიშნება იმუნოკომპეტენტური უჭრედების ურთიერთთანაფარდობის მკვეთრი დარღვევა, რაც გამოწვეულია T-ჰელპერების რაოდენობის შემცირებით და T-სუპრე-სორების რაოდენობის გაზრდით;

2. იმუნოსტიმულაციური თერაპია უნდა ემყარებოდეს ინდივიდუალურ იმუნოლოგიურ გამოკვლევებს და უნდა ატარებდეს მიზანმიმართულ ხასიათს, რათა არ მოხდეს T-სუპრესორების ისედაც გაზრდილი რაოდენობის უფრო მეტად გაზრდა, რასაც ბუნებრივია არ მოჰყვება სასურველი კლინიკური ეფექტი.

ლიტერატურა

1. А.А. Антоньев. Вестн. Дерматол., **10**, 1987, 35 – 39.
2. А.А. Каламкарян. Хроническая стафилококковая инфекция кожи. Киев, 1990.
3. А.А. Кубанова. Вестн. Дерматол., **8**, 1988, 16 – 19.
4. Б. Черномордик. Химиотерапия стафилококковой инфекции. Киев, 1984.
5. В.М. Кобалеа. Методическая рекомендация. Донецк, 1990.
6. Y.Y. Leyden. Arch. Dermatol., **124**, 5, 1988, 735-753.
7. M. Jonddal, H. Holm, H. Wigzele. J. Exp. med., **136**, 1972, 207-211.
8. D. Bianco, R. Partick, V. Nussenzweig. Ibid, **132**, 1970, 702-720.
9. G. Mancini, A.O. Carbonova, J.F. Heremans. Int. J. Immunochem, **2**, 1965, 235-254.
10. И. А. Ойвин. Пат.физиол. и эксперимент. терапии, **4,4**, 1960, 70 – 85.
11. П. Ошват. Аллергические и иммунологические болезни детского возраста. Пер. с Вен., Будапешт, 1983.



ა. კავთიაშვილი, თ. მახავარიანი, ე. უჩაშვილი

ღვინის მწვანე უკმარისობის მაკროლოგის შედეგი ავტორადი- ობრაფიული მონაცემების მიხედვით

წარმოდგინა აკადემიკოსმა ნ. ჯავახიშვილმა 23.05.1997

უკანასკნელ წლებში პერსპექტიულად ითვლება ღვინის მწვანე უკმარისობის (ღმუ) კონსერვატული მკურნალობა. სახელდობრ, რეპარაციული პროცესების სტიმულირება ახალშობილის, ან ნაწილობრივ მორეგენერირებულ დონორის ღვიძლიდან მიღებული პრეპარატების ზემოქმედებით [1-4]. მკვლევართა მონაცემებით [2,5] იზოლირებული ჰეპატოციტები ინარჩუნებენ ორგანოსპეციფიკურ ფუნქციებს, აქტიურებენ კომპენსატორულ-რეგენერაციულ პროცესებს, რაც ქმნის რეციპიენტის გამოჯანმრთელების პირობებს. წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია ღვიძლის ელექტრონულ-ავტორადიოგრაფიული შესწავლა ახალშობილის ჰეპატოციტებით ღმუ-ს მკურნალობის დროს. ღმუ-ს ვიწვევდით ღვიძლის ერთსაათიანი ტოტალური იშემიით. არტერიული სისხლის მიმოქცევის შემდგომი აღდგენით. ღმუ განვითარებისთანავე ცხოველებში ინტრაპერიტონეალურად შეგვყავდა ახალშობილი დონორის (ლეკები) ალოგენური ჰეპატოციტები (აჰ), რომლებიც მიიღებოდა ღვიძლის ფერმენტო-მექანიკური მეთოდით დამუშავებით [6]; ბიოფსიურ მასალას ვიღებდით ოპერაციიდან 8,12, 20 სთ, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 14, 30, 60 დღის შემდეგ. მასალა თავსდებოდა 199 არეში -10% ხბოს შრატით, ემატებოდა დნმ-ის და რნმ-ის რადიოაქტიური წინამორბედები და ინკუბირდებოდა თერმოსტატში 38⁰-ზე 90 წთ-ით. (ინკუბაცია წარმოებდა დნმ-ის (³H-თიმიდინი) და რნმ-ის (³H-ურაილინი). მასალა სათანადო დამუშავების შემდეგ შეისწავლებოდა ელექტრონული მიკროსკოპით. ნახევრადთხელი ანათლები M ტიპის ფოტოემულსიით დაფარვის შემდეგ იღებებოდა ტოლუიდინის ლურჯით.

მასალის შესწავლამ გამოავლინა, რომ იშემიის შემდეგ პირველი საათის განმავლობაში ნეკროზის ზონაში ჰეპატოციტებს მთლიანად დაკარგული აქვთ დნმ-ის და რნმ-ის წინამორბედებით მონიშვნის უნარი. მხოლოდ ზოგიერთ ენდოთელურ უჯრედში შეინიშნება ³H-ურაილინის და ³H-თიმიდინის ჩართვა, რაც შენარჩუნებულ პროლიფერაციულ აქტივობაზე მიუთითებს. დნმ-ის სინთეზი მიმდინარეობს იმ ჰეპატოციტებშიც, რომელთა ციტოპლაზმაში აღმოჩენილი იყო მცირე ზომის ცხიმოვანი წვეთები. ურაილინის ჩართვის მნიშვნელოვანი შემცირების ფონზე ღვიძლში გამოვლინდა ერთეული დიდი ზომის ჰეპატოციტები, ჰიპერტროფირებული ბირთვებით, რომლებშიც ინტენსიურად სინთეზირდებოდა რნმ და ხასიათდებოდა ნივთიერებათა ცვლის მაღალი ინტენსივობით, თუმცა აღინიშნებოდა დისტროფიული, ვაკუოლიზირებული უჯრედები ჩვეულებრივი ან მცირე ზომის ბირთვებით, ისევე როგორც უჯრედები ჰიპერტროფული ბირთვითა და ბირთვაკებით ³H-ურაილინის ჩართვის რაიმე ნიშნის გარეშე. ხშირად მთლიანად ვერ ხერხ-

დებოდა მონიშვნის ინტენსივობის თვალსაჩინო დაკავშირება ჰეპატოციტების სტრუქტურულ თავისებურებებთან. დაზიანებული სტრომული უჯრედები ჩვეულებრივ არ მონიშნებოდნენ დნმ-ის წინამორბედით და საგრძნობლად შთანთქავდნენ ^3H -ურიდინს.



სურ.1. ვერცხლის მარცვლები (^3H -ურიდინი) ჰეპატოციტებსა და რეტიკულო-ენდოთელურ უჯრედებში ღმუ-ს დროს. ნახევრადხელი ანათაი., შედეგვა ტოლუიდინის ლურჯით., $\times 1000$

ამრიგად, ღმუ-ს დროს სხვადასხვა ხარისხით დაზიანებული ზოგიერთი ჰეპატოციტები და განსაკუთრებით რეტიკულო-ენდოთელური რიგის უჯრედები ინარჩუნებენ სიცოცხლისუნარიანობას, რაზეც მიუთითებს ^3H -ურიდინისა და ნაწილობრივ ^3H -თიმიდინის ჩართვის უნარი (სურ. 1).

ღვიძლის ავტორადიოგრაფიულმა შესწავლამ ღმუ-ს ალოგენური ჰეპატოციტებით მკურნალობის შემდეგ შესაძლებლობა მოგვცა უფრო სრულად წარმოგვედგინა ქსოვილოვანი და უჯრედული ცვლილებების დინამიკა და რეპარაციული რეგენერაციის შესაძლებლობები ორგანოსპეციფიკურობის აღდგენით.

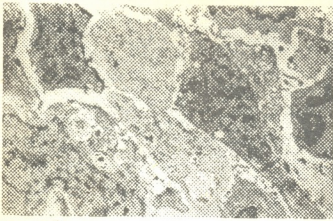
მკურნალობის შემდეგ დნმ-ის და რნმ-ის სინთეზის უნარის მქონე უჯრედების რაოდენობამ მოიმატა, რაც უზრუნველყოფს ღვიძლის რეპარაციულ რეგენერაციას და პირდაპირ კავშირშია აჰ-ით მკურნალობის ვადასთან.

აჰ-ით მკურნალობის 24-48 სთ-ის შემდეგ, რიგ ჰეპატოციტებს მიუხედავად გამოხატული სტრუქტურული ცვლილებებისა აქვთ დნმ-ის სინთეზის უნარი. ჰიპერტროფიულ უჯრედებში გამოვლინდა ^3H -ურიდინის გადათავსება ბირთვიდან ციტოპლაზმაში, რაც მიუთითებს რნმ-ის სინთეზის აჩქარებაზე (სურ. 2).

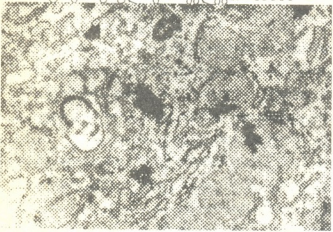


სურ.2. ერთეული ვერცხლის მარცვლები ჰეპატოციტის ბირთვში, ^3H -ურიდინის გადათავსება ჰეპატოციტის ციტოპლაზმაში. ელექტრონულ-რადიოავტოგრაფიული გამოკვლევა $\times 12000$

გამოვლინდა რეტიკულო-ენდოთელური უჯრედების მაღალი პროლიფერაციული და მეტაბოლური აქტივობა. კუპფერის უჯრედები და ფიბრობლასტები ინტენსიურად მონიშნებოდნენ ^3H -თიმიდინით. ^3H -ურიდინით ინკუბაციამ გამოავლინა შესწავლილ სტრუქტურებში მონიშვნის ინტენსივობის არაერთგვაროვნება. ინტენსიურად მონიშნება ფიბრობლასტების ბირთვები, მაკროფაგები, მცირე ზომის ლიმფოციტები და ზოგიერთი ლაბროციტები (სურ. 3). მიღებული მონაცემები არაპირდაპირ მიუთითებს, რომ ჰეპატოციტების მი-



სურ.3. ^3H -თიმიდინით მონიშვნის ჰეტეროგენულობა რეტიკულო-ენდოთელურ უჯრედებში. ელექტრონულ-რადიოავტოგრაფიული გამოკვლევა. $\times 15000$



სურ.4. ^3H -თიმიდინი ჰეპატოციტების მიტოქონდრიებში. ელექტრონულ-რადიოავტოგრაფიული გამოკვლევა. $\times 18000$

ფის უნარისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ციტოპლაზმის გარკვეული რაოდენობის შენარჩუნებას, რაც აუცილებელია დნმ-ის რეპარაციული სინთეზის განსახორციელებლად. რეგენერაციული პროცესის უჯრედული ფორმა, რაც დნმ-ის რეპლიკაციით გამოიხატება, ყალიბდება უჯრედშიდა რეგენერაციის შემდგომ და იძლევა დაზიანების კომპენსაციის მატერიალურ საფუძველს. პარადოქსს წარმოადგენს რნმ-ს გაძლიერებული სინთეზი მნიშვნელოვნად შეცვლილ, ციტოპლაზმურ სტრუქტურას მოკლებულ უჯრედებში. ღვიძლის წილაკის ცენტრში ჰეპატოციტები ^3H -ურიდინით არ მოინიშნებოდა. ენდოთელიოციტებში, რომლებიც ამ ზონაში იყო განლაგებული რნმ-ის სინთეზი ნორმის ფარგლებში იყო.

დაკვირვების გვიან ვადებზე (20-30 დღე) ჰეპატოციტებისა და შემაერთქსოვილოვანი უჯრედების მეტაბოლურ და პროლიფერაციულ რეაქციებში გამოვლინდა გარკვეული პარენქიმულ-სტრომული კორელაცია (მეტაბოლური და პროლიფერაციული რეაქციების გააქტიურება).

ამრიგად, ღმუ-ს დროს რნმ-ს სინთეზი ჰეპატოციტებში შეჩერებულია, თუმცა მისი აღდგენის უნარი (აპ-შეყვანის შემდეგ) შენარჩუნებულია. რნმ-ის აღდგენილი

ტოზურად დაყოფის პროცესს წინ უსწრებს მათი ჰიპერტროფია და რნმ-ის ინტენსიური სინთეზი, რაც მიღებული მონაცემების საფუძველზე აპ შეყვანის შემდგომ ყველაზე უფრო ადრეულ და ინტენსიურ რეგენერაციულ რეაქციად უნდა ჩაითვალოს.

დაკვირვების მოგვიანებით ვადებზე (აპ შეყვანიდან 4-8 დღის შემდეგ) ჰეპატოციტებისა და რეტიკულო-ენდოთელური უჯრედების პროლიფერაციული აქტივობა რამდენადმე მცირდება. აღინიშნება უჯრედები, რომლებიც დიდი რაოდენობით ჩაირთავენ დნმ-ის და რნმ-ის წინამორბედებს, ასევე უჯრედები, რომლებიც საერთოდ არ მოინიშნება.

აპ შეყვანის 10-20 დღის შემდეგ ყურადსაღებია თიმიდინით მონიშვნის მკეთრად გამოხატული ჰეტეროგენულობა, აღნიშნული იყო მიტოქონდრული დნმ-ის სინთეზი, რაც მიუთითებს უჯრედშიდა რეგენერაციაზე (სურ. 4).

შესაძლოა, რომ დაზიანებული უჯრედის სიცოცხლისუნარიანობის შესანარჩუნებლად და შემდგომ მისი დაყოფის

სინთეზი მიმდინარეობს მეტ-ნაკლები ინტენსივობით (დაკვირვების ვადებისა და ლოკალური პირობების შესატყვისად).

საფიქრებელია, რომ ღმუ-ს დროს ზოგიერთი ნეკრობიოზულად შეცვლილი ჰეპატოციტი ინარჩუნებს სიცოცხლისუნარიანობას და აჰ შეყვანის შემდგომ უჯრედების განსაზღვრული ნაწილი განიცდის პროლიფერაციას. უჯრედშიდა რეგენერაცია წინ უსწრებს უჯრედების პროლიფერაციას, რაც განაპირობებს პათოლოგიური პროცესის გამოსავალს. სავარაუდოა, რომ ახალშობილი დონორის ალოგენურ ჰეპატოციტებს აქვთ ბიოლოგიურად აქტიური თვისებები და ღვიძლის სტრუქტურის აღდგენის უნარი. მორფოლოგიური კვლევის შედეგების მიხედვით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ალოგენური ჰეპატოციტების შეყვანა ღვიძლის მწვავე უკმარისობის დროს აჩქარებს ღვიძლის მორფო-ფუნქციური დარღვევების ნორმალიზაციას და აძლიერებს როგორც ჰეპატოციტების, ისე რეტიკულო-ენდოთელური რიგის უჯრედების მეტაბოლურ და პროლიფერაციულ აქტივობას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
აღ. ნათიშვილის სახ. ექსპერიმენტული მორფოლოგიის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. K. J. Hillan, A. D. Rurt, N. D. George, *J. Pathol.*, 159, 1, 1989, 67-73.
2. J. Rakela, J. D. Perking, J. B. Gross, D. Hages. *Mayo Clin. Proc.* 69, 4, 1989, 424-428.
3. C. M. B. Holloway, P. R. C. Harvey, S. M. Strasburg. *Transplantation*, 49, 1, 1990, 225-229.
4. Ikayo Tsukamoto, Koji Shosuke. *Biochem et Biophys. acta Gen, Sibj.* 1033, 3, 1990, 287-290.
5. A. D. Moscioni, Roy Chowdhurd Jayanta, Barbour Ronald. *Gastroenterology*, 96, 6, 1989, 1546-1555.
6. K. G. Kavtasiashvili, U. A. Gabunia, T. O. Xunbadoze, D. H. Dugladze, P. A. Chumburidze, Sh. D. Xananiashvili. *Архив патологии*, N2, 1990, 47-52.

6. ახირიძე

ქართული ბრამატიკალიზებული სხეულის ნაწილის
 აღმნიშვნელი ტერმინი 'თავ'-და მისი ეკონომიის პრინციპი

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. გვახარია 24.11.1997

როგორც ცნობილია, ზოგიერთ ენაში რეფლექსური ნაცვალსახელი უკავშირდება სხეულის ნაწილების აღმნიშვნელ ტერმინებს, როგორცაა ტანი, თავი, სული, მკერდი, მკლავი და ა. შ. [1]. ფალცის მიხედვით, ამგვარი რეფლექსიები შედგენილი რეფლექსიებია, რადგანაც ისინი, ჩვეულებრივ, ირთავენ კუთვნილებით ნაცვალსახელებს [2].

ქართული რეფლექსური ნაცვალსახელი, რომელიც მოდის 'თავ'-ლექსემიდან, გამოხატავს არა მხოლოდ პირდაპირ (მაგალითი (1)) და ირიბ რეფლექსურ მოქმედებას (2), არამედ ზმნასთან შეწყობილი ობიექტების რეფერენციულ იდენტურობასაც (3).

- | | | | |
|---------|-------------|-------------|----------|
| (1) მე | შენ | ჩემ-ს თავ-ს | გიხატავ |
| (2) შენ | შენ-ს თავ-ს | მას | უხატავ |
| (3) ის | მე | ჩემ-ს თავ-ს | მიხატავს |

მოუხედავად იმისა, რომ (1) და (2) მაგალითებში 'POSS+თავ' რეფლექსური ფრაზის ანტეცედენტია სუბიექტი, (3)-ში კი პირდაპირი ობიექტი, სამივე მაგალითში გვაქვს ზმნასთან შეწყობილი არგუმენტების კორეფერენციულობა. მამასადაძე, 'POSS+თავ-' ზოგადად ზმნასთან შეწყობილი არგუმენტების რეფერენციული იდენტურობის გამოსახატავად იხმარება. თუმცა შეგვხვდება 'POSS+თავ-' ფრაზის ხმარების შემთხვევები, სადაც არ შეიძლება ვისაუბროთ არგუმენტთა კორეფერენციულობაზე:

- | | | | |
|---------|-----|-------------|--------|
| (4) შენ | მას | ჩემ-ს თავ-ს | უხატავ |
|---------|-----|-------------|--------|

ეს ის შემთხვევებია, როცა ზმნა აუცილებლად შეიწყობს ირიბ ობიექტს და არამესამე პირის პირდაპირ ობიექტს. მაშინ პირველი ან მეორე პირის პირდაპირი ობიექტი ყოველთვის რეალიზდება 'POSS+თავ-'ფრაზით [3,4].

(4)-ში 'POSS+თავ-' არ გამოხატავს რეფლექსურ მოქმედებას. მას არ გააჩნია ანტეცედენტი წინადადების ფარგლებში, რომლის კორეფერენციულიც იგი იქნება. ასევე არ მოეპოვება მას ანტეცედენტი წინა კონტექსტში, ანუ (4)-ში მოყვანილი 'POSS+თავ-' არ წარმოადგენს ლოგოფორას [5-7].

რადგანაც ლოგოფორები ძირითადად პირველი და მეორე პირის ნაცვალსახელების სახით გვხვდება, არ ნიშნავს იმას, რომ პირველი და მეორე პირის არარეფლექსური 'POSS+თავ-' აუცილებლად ლოგოფორა უნდა იყოს. ლოგოფორები ხომ მესამე პირზე შეიძლება მიგვანიშნებდეს [8]. ქართული არარეფლექსური 'POSS+თავ-' კი მხოლოდ პირველი და მეორე პირის ობიექტს გამოხატავს. გარდა ამისა, იმ ენებში, სადაც ლოგოფორული ნაცვალსახელები არსებობს (ჩინური, ზოგიერთი აფრიკული ენა), შესაძლებელია მათი შეცვლა პირის ნაცვალსახელებით გრამატიკული სისწორის დაურღვევლად. მაშინ როცა 'POSS+თავ-'-ის გამოყენება ერთადერთი საშუალებაა სამეფალენტიან ზმნებთან შეწყობილი პირველი ან მეორე პირის პირდაპირი ობიექტის გამოსახა-

ტავად და 'POSS+თავ'-ის ნაცვლად პირის ნაცვალსახელის ხმარება იძლევა გრამატიკულად არასწორ წინადადებას:

(5) *შენ მას მე უხატავ
 (შენ მას მას)

პირის სამვალენტთან ზმნებთან შეწყობილი არა-მესამე პირის პირდაპირი ობიექტის 'POSS+თავ-' ფრაზით გამოხატვას უწოდებს ობიექტის კამუფლაჟს (Object camouflage). იგი მკაცრად უნდა იქნეს გამიჯნული თავ-რეფლექსივიზაციისგან, რადგანაც საამისოდ არსებობს შემდეგი არგუმენტები [3]:

(ა) თავ-რეფლექსივიზაცია არგუმენტებს შორის რეფერენციულ იდენტურობას გულისხმობს, რაც სრულიად უცხოა ობიექტის კამუფლაჟის შემთხვევაში.

(ბ) თავ-რეფლექსივიზაცია შეეხება როგორც პირდაპირ, ისე ირიბ ობიექტს, რომელთა ანტეცედენტიც მოიპოვება წინადადების ფარგლებში. ობიექტის კამუფლაჟი ეხება მხოლოდ პირდაპირ ობიექტს და 'POSS+თავ'-ის ანტეცედენტი არ არსებობს არც მოცემულ წინადადებაში და არც წინა კონტექსტში.

(გ) ობიექტის კამუფლაჟი გეხდებოდა მხოლოდ პირველ და მეორე პირთან, თავ-რეფლექსივიზაციას ამგვარი შეზღუდვა არ აქვს.

(დ) ობიექტის კამუფლაჟი შესაძლებელია მხოლოდ და მხოლოდ მაშინ, როცა ზმნა შეიწყობს ირიბ ობიექტს. თავ-რეფლექსივიზაცია კი ხდება მაშინაც, როცა ზმნასთან შეწყობილ არგუმენტებს შორის არ არის ირიბი ობიექტი.

თუკი გამოვიყენებთ გენერატიულ ლიტერატურაში 'რეფლექსივის' სინონიმად ხმარებულ მეტად გავრცელებულ ტერმინს, ანაფორას, რომელიც აუცილებლად გულისხმობს წინადადების ფარგლებში მისი ანტეცედენტის არსებობას, ქართული 'POSS+თავ-' შეიძლება [-ანაფორა] ნიშნით დახასიათდეს ობიექტის კამუფლაჟის შემთხვევაში [4].

ამასადაამე, 'POSS+თავ'-ის მოქმედებას (4) მაგალითში ვერც ანაფორულს ვუწოდებთ და ვერც ლოგოფორულს. ეს ფრაზა გამოხატავს სამვალენტიანი მოქმედების ერთ-ერთ აქტუალურ მონაწილეს, კერძოდ, სამვალენტიანი ზმნის პირდაპირ ობიექტს და არ ხდება კორეფერენციული არცერთი სხვა სინტაქსური ერთეულისა არც მოცემული წინადადების ფარგლებში და არც გარეთ (იხ. მაგალითი (5)), თანაც 'POSS+თავ-' მესამე პირში შეეწყვის ზმნას.

თუკი დავუბრუნდებით იმ შემთხვევებს, სადაც 'POSS+თავ-' გამოხატავს სუბიექტისა და პირდაპირი ობიექტის, სუბიექტისა და ირიბი ობიექტის, ასევე პირდაპირი და ირიბი ობიექტების რეფერენციულ იდენტურობას და გაეანალიზებთ შესაბამის ზმნურ ფორმებს (იხ., შესაბამისად, მაგალითები (1), (2), (3)), ნათელი გახდება, რომ 'POSS+თავ-' ყველგან მესამე პირში ეთანხმება ზმნას. ანუ, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, 'POSS+თავ-' ფუნქციონირებს, როგორც მესამე პირის ობიექტი.

რომ შევჯავშოთ, როგორც კორეფერენციულობის გამომხატველი, ისე ობიექტის კამუფლაჟის დროს ნახმარი 'POSS+თავ-' შეეწყვის ზმნას მესამე პირში და, ამასადაამე, ფუნქციონირებს, როგორც მესამე პირის სახელური ფრაზა.

რომ აეხსნათ მესამე პირის ობიექტად ფუნქციონირებადი 'POSS+თავ-' ფრაზის გამოყენება ობიექტის კამუფლაჟის დროს, გავიხსენოთ ქართულში პირის მარკირების შემდეგი თავისებურება. თეორიულად დასაშვები 37 სამვალენტიანი ზმნური კომბინაციიდან



S1-IO1-DO1 (1), S1-IO1-DO2 (2), S1-IO1-DO3 (3), S1-IO2-DO1 (4), S1-IO2-DO2 (5), **S1-IO2-DO3 (6)**, S1-IO3-DO1 (7), S1-IO3-DO2 (8), **S1-IO3-DO3 (9)**, S1-IO3-[IO3] (10), S2-IO1-DO1 (11), S2-IO1-DO2 (12), **S2-IO1-DO3 (13)**, S2-IO2-DO1 (14), S2-IO2-DO2 (15), S2-IO2-DO3 (16), S2-IO3-DO1 (17), S2-IO3-DO2 (18), **S2-IO3-DO3 (19)**, S2-IO3-[IO3] (20), S3-IO1-DO1 (21), S3-IO1-DO2 (22), **S3-IO1-DO3 (23)**, S3-IO1-[S3] (24), S3-IO2-DO1 (25), S3-IO2-DO2 (26), **S3-IO2-DO3 (27)**, S3-IO2-[S3] (28), S3-IO3-DO1 (29), S3-[S3]-DO1 (30), S3-IO3-DO2 (31), S3-[S3]-DO2 (32), **S3-IO3-DO3 (33)**, S3-IO3-[S3] (34), S3-[S3]-DO3 (35), S3-IO3-[IO3] (36), S3-[S3]-[S3] (37)

მხოლოდ იმ კომბინაციებს აქვს 'საკუთარი' ზმნური ფორმა, რომელიც შეიწყობს მესამე პირის პირდაპირ ობიექტს (6, 9, 13, 19, 23, 27, 33). ყველა სხვა კომბინაცია კი იყენებს არსებული შვიდიდან ერთ-ერთს და 'POSS+თავ-' ფრაზას, რომელიც აკონკრეტებს ობიექტის პირს.

'POSS+თავ'-ის ნაცვლად პირის ნაცვალსახელის ხმარება მოგვეცემს გრამატიკულად არასწორ წინადადებას, რადგანაც პირველი და მეორე პირის ნაცვალსახელი ზმნის მესამე პირში ვერ შეეწყობა (შეადარეთ მაგალითები (4) და (5)). ხოლო მესამე პირის ნაცვალსახელის ხმარებით კი განსხვავებულ შინაარსს მივიღებთ (მაგ., 'შენ მას მას უხატავ' არ არის იგივე, რაც 'შენ მას ჩემს თავს უხატავ').

მამასადამე, არსებობს ისეთი გრამატიკული საშუალების ქონის აუცილებლობა, რომელიც შეძლებს გამოხატოს სამეაღენტიანი ზმნური კომბინაციის ობიექტის პირიც და, ამავე დროს, მოიქცეს როგორც მესამე პირის ოდენობა, რათა შეეწყოს ზმნური ფორმის მქონე არსებული 7 სამეაღენტიანი კომბინაციიდან ერთ-ერთ შესაბამისს. სწორედ ასეთ საშუალებად გამოდგება 'POSS+თავ-'. მას ყველა ზემოჩამოთვლილი თვისება გააჩნია, რაც ეკონომიურსა და ეფექტურს ხდის მის მოქმედებას ზმნის სისტემაში. ანალოგიურ აზრს გამოთქვამს ანდერსონიც [4]. კერძოდ, POSS გამოხატავს ობიექტის პირს, 'თავ-' კი გაიგება მესამე პირად. მთლიანობაში, 'POSS+თავ-' ფრაზა იღებს ნიშანს [+მესამე პირი], რაც მას მოხერხებულ საშუალებად აქცევს, გამოხატოს 'საკუთარი' ზმნური ფორმის არმქონე თეორიულად დასაშვები კომბინაციები რეალურად არსებული ზმნური ფორმებით. მამასადამე, მთელი ეს სისტემა ეკონომიურია, რადგანაც იყენებს სულ რამდენიმე ზმნურ ფორმას გაცილებით დიდი რაოდენობის სხვა კომბინაციების გამოსახატავად.

ჩნდება კითხვა – რატომ აქვს 'თავ-' მორფემას მესამე პირის გაგება? ჩვენი აზრით, ქართული მასალა ასახავს იმას, თუ რა ემართება სახელებს გრამატიკალიზაციისას. ისინი კარგავენ ლექსიკურ მნიშვნელობას, სამაგიეროდ ინარჩუნებენ სახელისათვის დამახასიათებელ რეფერენციულ თვისებას – მესამე პირად ყოფნის თვისებას.

ჩვენი აზრით, სხეულის ნაწილის აღმნიშვნელი ტერმინის – 'თავ-' ლექსემის გრამატიკალიზაციის პროცესს თან ახლდა 'თავ-'ის გრამატიკული ფუნქციების გაერცობა. თავდაპირველად, 'თავ-' იხმარებოდა მხოლოდ პირდაპირი რეფლექსური მოქმედების გამოსახატავად. შემდეგ ეტაპზე მისი ფუნქციონირების არე გაფართოვდა და შესაძლებელი გახდა ჭერ სუბიექტისა და ირიბი ობიექტის, შემდეგ პირდაპირი და ირიბი ობიექტების რეფერენციული იდენტურობის გამოხატვა. მამასადამე, 'თავ-' გამოხატავდა კორეფერენციულობას ზოგადად. ყველა ამ საფეხურზე 'თავ-' მორფემამ შეინარჩუნა სახელის თვისება მესამე პირის ოდენობად ფუნქციონირებისა, რამაც შესაძლებელი გა-

ხდა მისი გამოყენება არა მხოლოდ რეფლექსურ კონტექსტში, არამედ ყველა იმ შემთხვევაშიც, როცა ენას არ მოეპოვება შესატყვისი ცალსახა ზმნური ფორმა კონკრეტული ენობრივი სიტუაციის აღსაწერად, კერძოდ, ობიექტის კამუფლაჟის დროს. მამასა-დამე, სახელად ყოფნიდან შენარჩუნებული მესამე პირად ყოფნის თვისება 'თავ-' მორფემას ეკონომიურ ენობრივ საშუალებად აქცევს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
გ. წერეთლის სახ. აღმოსავლეთმცოდნეობის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. B. Heine, M. Reh. Grammaticalization and Reanalysis in African Languages. Hamburg: 1984.
2. L. M. Faltz. Reflexivization: A Study in Universal Syntax. New York: Garland 1985
3. A. C. Harris. Georgian Syntax. A Study in Relational Grammar. Cambridge. 1981
4. S. R. Anderson. Natural Language and Linguistic Theory, 2, 2, 1984, 157-218.
5. G. N. Clements. Journal of West-African Languages 10, 1975, 141-177.
6. C. Hagège. Bulletin de la Societe de Linguistique de Paris 1, 1974, 287-310.
7. P. Sells. Linguistic Inquiry 18, 1987, 445-479.
8. W. X. F. Yu. The Linguistic Review 9-3, 1992, 285-294.

მ. ოძელი

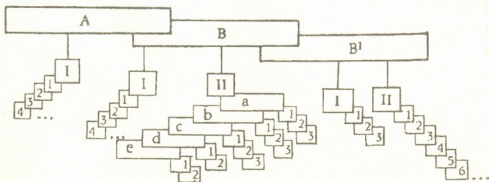
თარგმანი და თარგმანმცოდნეობა
 (ფაქტებისა და ანალიზის კლასიფიკაციის ცდა)

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ციციშვილმა 25.09.1997

თარგმანი კულტურის მეტად მნიშვნელოვანი სფეროა. მას დიდი ფუნქცია აკისრია როგორც ეროვნული კულტურის განვითარებაში, ასევე ეროვნებათშორისი, კულტურათშორისი, ენათშორისი დიალოგის დამყარებაში. თარგმანისა და თარგმანმცოდნეობის ისტორია საქართველოში შორეულ წარსულში იღებს სათავეს. მემატიანის ცნობით, V საუკუნის პირველ მესამედში, არჩილ მეფის რძლის საგდუბტ დედოფლის დავალებით უთარგმნიათ სახარება. მას მოჰყოლია ძველი და ახალი აღთქმის თარგმნა, დამოწმებული იაკობ ცურტაველის „შუშანიკის წამებაში“ (476-483 წწ). XI საუკუნის მეორე ნახევარში კი ქართველი მთარგმნელი და ფილოლოგი ეფრემ მცირე ქმნის პირველ მთარგმნელობით თეორიას. თარგმანმცოდნეობა, როგორც მეცნიერების დარგი, მთარგმნელობით პრაქტიკაში დაგროვილი მასალის ანალიზისა და განზოგადების შედეგად ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე ყალიბდება და იხვეწება. თარგმანი თავდაპირველად ლიტერატურათმცოდნეობის შესწავლის საგანი იყო, მაგრამ დროთა განმავლობაში კვლევაში სხვა დარგებშიც ჩაერთვნენ და თარგმანმცოდნეობა ინტერდისციპლინარული მეცნიერება გახდა. დავა იმაზე, თუ რომელი დარგის პრიმატი უნდა განიხილებოდეს თარგმანი, ფაქტობრივად დასრულდა. დღეს იგი თანაბრად შეისწავლება ლიტერატურათმცოდნეობის, ლინგვისტიკის, ფსიქოლოგიის, ეთნოგრაფიის, ფსიქოლინგვისტიკის, სოციოლინგვისტიკისა და სხვა მეცნიერებათა მიერ როგორც დამოუკიდებლად, ასევე კომპლექსურად.

თარგმანის ნაირსახეობათა და თარგმნის პრობლემათა შემსწავლელი მეცნიერების დარგებისა თუ კვლევის მეთოდების კლასიფიკაციისათვის ჩვენ შევეცადეთ შეგვემუშავებინა კომპიუტერული მოდელი, რომელიც ასეთნაირად გამოიყურება:

თარგმანი და თარგმანმცოდნეობა
 (მოდელი კომპიუტერული საძიებო სისტემისათვის)



ეს მოდელი გულისხმობს შემდეგს:

A. - ორიგინალი; A.I. - ორიგინალის აღწერილობა; A.I.1. - ავტორი; A.I.2. - ნაწარმოები; A.I.3. - გამოცემა; A.I.4. - ენა და ა. შ.

B. - თარგმანი; B.I. - თარგმანის აღწერილობა. B.I.1. - ნაწარმოები; B.I.2. - ენა; B.I.3. - მთარგმნელი; B.I.4. - გამოცემა; B.I.5. - რომელი გამოცემიდან თუ რედაქციიდანაა ნათარგმნი და ა. შ.

B.II. - თარგმანის მახასიათებლები; B.II.a. - თარგმანის სახეობა; B.II.a.1. - მხატვრული; B.II.a.2. - სამეცნიერო-ტექნიკური; B.II.a.3. - პუბლიცისტური; B.II.b. - თარგმანის შესრულების ფორმა; B.II.b.1. - ლაბორატორიული; B.II.b.2. - ზეპირი; B.II.b.3. - მანქანური; B.II.c. - თარგმნის ტენდენცია; B.II.c.1. - ორიგინალიდან; B.II.c.2. - არაორიგინალიდან; B.II.c.3. - პწკარედიდან; B.II.d. - თარგმნის პრინციპი; B.I.d.1. - თავისუფალი; B.II.d.2. - ზუსტი; B.II.e. - თარგმანის ხასიათი; B.II.e.1. - პროზაული; B.II.e.2. - პოეტური;

B¹. - თარგმანმცოდნეობა; B¹.I. - თარგმანმცოდნეობის დარგები; B¹.I.1. - თარგმანის ისტორია; B¹.I.2. - თარგმანის თეორია; B¹.I.3. - თარგმანის კრიტიკა; B¹.II. - თარგმანის კვლევის მეთოდები; B¹.II.1. - ლიტერატურათმცოდნეობითი; B¹.II.2. - ლინგვისტური; B¹.II.3. - ფსიქოლოგიური; B¹.II.4. - სოციოლინგვისტური; B¹.II.5. - ფსიქოლინგვისტური; B¹.II.6. - ეთნოგრაფიული და ა. შ.

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო
 უნივერსიტეტი

ა. თვარაძე

„პარციფალის“ ერთი მოტივი „გველის პარანგზში“

წარმოდგინა აკადემიკოსმა დ. მუსხელიშვილმა 27.06.1997

ვოლფრამ ფონ ეშენბახი ცხოვრობდა დაახლოებით 1170-1220 წლებში. მისი მთავარი ნაწარმოებია სარაინდო რომანი „პარციფალი“, რომელშიც მოთხრობილია გმირის, პარციფალის მიერ გრაალის მოპოვების ამბავი. „პარციფალის“ ერთი მოტივი, ჩვენი აზრით, უნდა უკავშირდებოდეს გრიგოლ რობაქიძის „გველის პერანგს“.

ვოლფრამ ფონ ეშენბახთან პარციფალს განმარტოებით მდგარ სასახლეში ზრდის დედამისი ჰერცელოიდე. ნაწარმოების მეოთხედზე მეტი უკავია პარციფალის მამის გახმურეთის თავგადასავალს. გახმურეთის ამბავს უკავშირდება აგრეთვე პარციფალისა და ფაირეფიცის თავგადასავალი.

უცხო მხარეს გადახვეწილი გახმურეთი მკერების ქვეყანაში მოხვდება და გასაჭირში ჩავარდნილ დედოფალ ბელაქანეს გამოიხსნის. მკერთა ქვეყანაში ცოტა ხანს ცხოვრების შემდგომ გახმურეთს გული კვლავ ბრძოლებისაკენ გაუწევს და დედოფლის მალულად დატოვებს მის ქვეყანას. დედოფალ ბელაქანესაგან გახმურეთს შეეძინება ფაირეფიცი.

მკერთა ქვეყნიდან წამოსული გახმურეთი ესპანეთის გავლით ინგლისში გადავა, სადაც უელსის დედოფლის ხელის მოსაპოვებლად დიდი ტურნირია გამოცხადებული. ამ ტურნირში იმარჯვებს გახმურეთი და ცოლად ირთავს დედოფალს, ანუ ჰერცელოიდეს.

გახმურეთი ადრე იბრძოდა ბარუხ ბალდადელის დროშის ქვეშ. ჰერცელოიდეზე დაქორწინებული გახმურეთი შეიტყობს, რომ ბარუხ ბალდადელი გასაჭირშია და დაუყოვნებლივ გაემურება ბალდადისაკენ. გახმურეთი იღუპება ეგვიპტელ ძმებთან ბრძოლაში. ხოლო მგლოვიარე ჰერცელოიდე შობს პარციფალს. პარციფალი და ფაირეფიცი ისე გაიზარდნენ, რომ ერთმანეთისა არაფერი სმენოდათ. მხოლოდ მოგვიანებით შეიტყობს პარციფალი თავისი ნახევარძმის, ძლევაშოსილი მეფე ფაირეფიცის არსებობის ამბავს. ძმები ერთმანეთს შეხვდებიან მანამდე ცოტა ხნით ადრე, ვიდრე პარციფალი გრაალის მეფე გახდებოდეს.

ფაირეფიცს მამის ნახვა მოესურვება, უზარმაზარ ლაშქარს შეკრებს და გახმურეთის სამშობლოსაკენ გასწევს. გახმურეთის სამეფო არის ანშაუე, რის გამოც პარციფალიც და ფაირეფიციც ანშეინებდა მოიხსენიებიან. ფაირეფიცის მრისხანე ფლოტი ნაპირს მოადგება. ფაირეფიცი ლაშქარს გემებთან დატოვებს, თვითონ კი მარტო მოიხურვებს შიდაშოს დასაზვერავად წასვლას. ამ დროსვე პარციფალი მალულად დატოვებს მეფე არტურს, რომლის სახელი დაკავშირებულია გრაალის რაინდთა ორდენტან.

პარციფალი და ფაირეფიცი მოულოდნელად გადაეყრებიან ერთმანეთს. მათ შორის სასტიკი ბრძოლა გაიმართება. ამ ბრძოლაში პარციფალს ხმალი გადაუტყდა და მისი სიცოცხლე შესაძლოა იქვე დასრულდებოდა, მაგრამ, საბედნიეროდ, ძმებმა ერთმანეთი იცნეს. აქ ფაირეფიცი პარციფალისგან გახმურეთის დალუპვის ამბავს შეიტყობს. მეფე არტურის კარზე წარდგომის შემდეგ პარციფალი და ფაირეფიცი ერთად გასწევნ

მუნსალევემეს (გრაალის) სასახლისაკენ. პარტიფალი შეკითხვის დასმით განკურნავს მძიმე ძამისს, სნეულ მეფე ანფორტასს, და გახდება გრაალის მეფე, ხოლო წარმართი ფაირეფიცი მოინათლება, რათა ჯვარი დაიწეროს ანფორტასისა და ჰერცელოიდეს დაზე, რეპანს დე შოიზე. ახალჯვარდაწერილნი ინდოეთს გაემგზავრებიან და ფაირეფიცი ინდოეთში არცთუ მაინდამაინც ფართოდ გავრცელებულ ქრისტიანობას საბოლოოდ და მტკიცედ დაამკვიდრებს.

გახმურეთ-პარტიფალ-ფაირეფიციის ამბავში გამოკვეთილია მთავარი ხაზი: გახმურეთის უცხოეთში წასვლა და ფაირეფიციის დაბადება, გახმურეთის ინგლისში დაბრუნება და ჰერცელოიდეზე დაქორწინება, პარტიფალის შობა, ბოლოს ძმათა ბრძოლა და მათ მიერ ერთმანეთის ცნობა.

ეს სიუჟეტური ხაზი ასეთ მთავარ იდეაზე აგებული: მამა-შვილი ან ძმები თავიანთი არსებით ერთნი არიან. შევეცადოთ ამ აზრის უფრო ნათლად გამოკვეთას. ბრძოლის შემდეგ ძმები ერთმანეთს რომ იცნობენ, ფაირეფიცი პარტიფალს ეუბნება: „მამაჩემი, მე და შენ ერთი განუყოფელი რამ ვართ, მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენ თითქოს სამი ნაწილისაგან შევდგებით. ვისაც მსგავს საგნებში რაიმე გაეგება, ის მამასა და შვილს შორის ურთიერთობას ნათესაობად არ დასახავს. ისინი არ ეკუთვნიან „გვარს“ (Sippe), რადგან სრულიად ერთნი და განუყოფელნი არიან. „გვარი“ მხოლოდ შვილიშვილებიდან იწყება. ასე რომ, აქ შენ შენსავე თავს ებრძოდი (ფაირეფიცი პარტიფალის მასთან ბრძოლას გულისხმობს. - ა. თ.). ხოლო მე ჩემი სამშობლოდან ამ ადგილას იმიტომ მოვედი, რათა საკუთარ თავთან მებრძოლა. მე აუცილებლად მოგკლავდი ჩემს თავს, შენ რომ მედგრად არ დაგეცვა ჩემი სიცოცხლე“ [1].

ამრიგად, ფაირეფიციის პირით ვოლფრამ ფონ ეშენბახი საკუთარ კონცეფციას გადმოგვცემს. მამა-შვილი არსებითად ერთნი არიან. ასევე ერთ მთლიანობას შეადგენენ ძმები. სწორედ ამიტომ კლავდა ფაირეფიცი საკუთარ თავს პარტიფალში და სწორედ ამიტომვე უფრთხილდება პარტიფალი საკუთარი თავის დაცვით ფაირეფიციის სიცოცხლეს.

მე-9 საუკუნიდან მოყოლებული ევროპაში ბევრს კამათობდნენ სამების რაობის შესახებ. „პარტიფალის“ ავტორის ზემოთ წარმოდგენილი იდეა იმ დავის გამოძახილად შეიძლება მივიჩნიოთ. მსგავსი მოსაზრება აქვე გამოთქმული კონრად ზანდკაულერს რობერ დე ბორონის „წმინდა გრაალის ისტორიაში“ მოთხრობილ ამბავზე [2]. ვოლფრამ ფონ ეშენბახმა ადამიანების ცხოვრებაში არეკლილი სამების პრინციპი გვიჩვენა, ამასთან, ეს პრინციპი მამა-შვილის და ძმების „ერთ“-ობის იდეას დაუკავშირა.

პარტიფალი უცხოელ ძმამი საკუთარ თავს ხედედა. გრაალის გზა კი საკუთარი მშის შეცნობის გზაა. ამდენად, ფაირეფიციის ხილვამდე პარტიფალი ვერასგზით ვერ გახდებოდა გრაალის მეფე. მაგრამ ფაირეფიცი, იმავე დროს, უცხოცაა, ის უცხოელი ძმაა. პარტიფალი უცხოში თავის ნაწილს პოულობს. თავის თავს კი უცხოში მხოლოდ იმ შემთხვევაში მიაგნებ, თუ იპოვებ, რომ ყოველივეს მამამ რატომღაც ამგვარი გზით ისურვა საკუთარი თავის თითოეულში პოვნა და ერთის მეორესთან შეხვედრით საკუთარ თავთან დაბრუნება.

გრიგოლ რობაქიძის „გველის პერანგის“ ერთ-ერთი უმთავრესი სიუჟეტური ხაზი გახმურეთ-პარტიფალ-ფაირეფიციის ამბის მსგავსადაა აგებული: უცხოეთში წასული მამა თამაზ მაყამელი; თან წაყვანილი შვილი არჩილ მაყამელი, იგივე არჩიბალდ მეკემი;



მეკემის უკან დაბრუნება და შეხვედრა თავის ნახევარძმასთან, ვამებთან (უცხოელი ძმა ამ შემთხვევაში უფრო მეკემია, მაგრამ ნუ მიეცემთ „უცხოელს“ მხოლოდ გეოგრაფიულ მნიშვნელობას), რომლის არსებობაზე მას წარმოდგენაც კი არ ჰქონდა. აქ „პარციფალის“ სიუჟეტიდან გარკვეული გადახრები არის, მაგრამ ეს ბუნებრივია და თავისთავად საგულისხმებელი, რადგან გრიგოლ რობაქიძის მასშტაბის მწერლისთვის დაუშვებელი იქნებოდა უცხო სიუჟეტის მექანიკური გადმოღება.

მაგალითად, არჩიბალდ მეკემი უცხოეთში კი არ მოველინება ქვეყანას, არამედ მამა საქართველოდანვე წაიყვანს ინგლისში (ფანტაზია არ ისვენებს: რატომ მაინცდამაინც ინგლისში? ნუთუ მხოლოდ იმიტომ, რომ შემდეგ მეკემი ინგლისელთა ჯართან ერთად მესოპოტამიაში მოხვედრილიყო?). თამაზ მაყაშვილი, გახმურეთისგან განსხვავებით, ბრუნდება სამშობლოში და გარდაიცვლება თავის მამულში, სადაც ვამებსა და მამამისს შორის გამართული უნებური ბრძოლა მოგვაგონებს ჰილდებრანდის სიმღერასა თუ სხვა მსგავს ამბებს, რომლებშიც მამისა და შვილის შერკინება ხოლმე აღწერილი. ამასთან, ბროდლის არც ერთ მონაწილეს წარმოდგენა არა აქვს, თუ ვინ ჰყავს მოწინააღმდეგედ.

მაგრამ, როგორც უკვე ითქვა, მსგავსი განსხვავებანი აუცილებელიც კი არის. ხოლო „გველის პერანგის“ სიუჟეტური ღერძი თანხვედა გახმურეთ-პარციფალ-ფაირე-ფიცის ამბავს: სამშობლოდან გადახვეწილი მამა (არა აქვს მნიშვნელობა, რა მიზეზის გამო), უცხოელი ძმის დაბრუნება და ძმების შეხვედრა (ბრძოლა არ არის აუცილებელი).

გაერცელებული თვალსაზრისის თანახმად, „გველის პერანგის“ მთავარი იდეა ძირებისკენ სწრაფვაა. „ძირებისკენ სწრაფვას“, როგორც წესი, მხოლოდ ეროვნული ნიშნით ხმარობენ. მაგრამ გრიგოლ რობაქიძის ეს რომანი ნამდვილად ვერ გახდებოდა ესოდენ პოპულარული მშინდელ ევროპაში, სამშობლოსკენ სწრაფვის გარდა სხვა რომ არაფერი იყოს მასში ნაგულისხმევი. „გველის პერანგში“ მართლაც არის გადმოცემული ძირებისაკენ სწრაფვის იდეა, ოღონდ, ქართული ფესვებისკენ სწრაფვის გარდა, მეკემის მედიტაციითა საგანი ყოველივე არსებულის სათავისა პირველმიზეზისკენ სწრაფვაცაა.

ვოლფრამ ფონ ეშენბახის მიერ გადმოცემული მშვენიერი იდეის თანახმად, მამა-შვილი და ძმები არსებით ერთნი არიან. გრიგოლ რობაქიძემ საოცარი სიმძლავრით აიტაცა ეს იდეა და „ერთნი“-ს დაუმატა „სხვა“, რის შედეგადაც მივიღეთ „თან ერთი და თან სხვა“.

სამყაროში ყოველივე საოცარი სისწრაფით იცვლება. ამ გამოგონებელ ცვალებადობაში ყველაფერი ერთმანეთში გადადის. ამის მაგალითად მამის შვილში გადასვლაა აღებული. გრიგოლ რობაქიძის თანახმად, შვილი იგივეა, რაც მამა, მაგრამ შვილში უკვე რაღაც სხვაც ჩნდება. ასეთივე რამ ხდება ბუნებაში. ეს გაზაფხული არაფრით განსხვავდება შარშანდელისგან, მეტიც, ის იგივეა, რაც წინა გაზაფხული, ოღონდ წლებიდან აღებული გაზაფხულში რაღაც „სხვაც“ შეიმჩნევა. მსგავსი ციკლები გადმოდის ადამიანის ცხოვრებაში, ერთი მეორეს შობს და ერთი მეორეს ჰგავს. ამ ცხოვრებაში გადმოსულ ციკლებზე აქვს გრიგოლ რობაქიძეს ნაწარმოების მთავარი იდეა აგებული: მათ ისე უნდა უყურებდნენ, როგორც გველი უყურებს თავის პერანგს, გახდილსა და გადაგდებულს, თორემ სხვაგვარად სიცოცხლე შეუძლებელიაო.

აქ კიდევ ერთი ანალოგია ჩნდება „პარციფალთან“. გრაალის ქვის ძალით საოცარი

ჩიტი ფენიქსი იწვება და შემდეგ ხელახლა აღდგება მკვდრეთით. ბუნების კვლემა-აღდგომადობის ეს სახე შემდგომში ქრისტეს სიმბოლო გამხდარა. რობაქიძის მიერ ცხოვრების გარდასული ციკლების გველის გახდილ პერანგად დასახეაზე ალბათ სხვა ფილოსოფიურმა მიმდინარეობებმაც მოახდინეს გავლენა, მაგრამ გველის მიერ პერანგის გახდა და უკან დატოვება ფენიქსის სიცოცხლეშივე დაწვას და ხელახალ აღდგომას უნდა უდრიდეს.

დავუბრუნდეთ ერთის, იგივესა და სხვის იდეას. „გველის პერანგს“ ეპიგრაფად ასეთი სიტყვები აქვს წამძღვარებული: „ჩემი ძმა არყოფილი ვითარ მიყვარდის უმეტეს მზისა და უმეტეს ხმალისა, რამეთუ იყო იგი სხვაჲ ჩემი“.

აქ მზესა და ხმალს თუ მოვაშორებთ, აზრი დაახლოებით ასეთია: ასე ძლიერ იმიტომ მიყვარს ჩემი არყოფილი ძმა, რომ ის სხვა ჩემიაო. „არყოფილი ძმა“ მეკეშისა და ვამეხის ურთიერთობებს მიემართება და მოგვაგონებს პარციფალ-ფაირეფიციის ამბავს. „სხვა ჩემი“ კი იგივე ნიუანსის შემტველია, რაც ეშენბახის „ერთნი“, ოღონდ მცირე განსხვავებით. რობაქიძესთან, როგორც ზემოთაც ითქვა, „იგივეს“ ანუ „ერთნის“ თან „სხვა“ ემატება. შეიძლება ისიც აღინიშნოს, რომ თეორიულად „სხვა“ ვოლფრამ ფონ ეშენბახთანაც არის დასაშვები, რადგან უცხოელი ძმა „სხვის“ ნიუანსსაც გულისხმობს, ოღონდ ვოლფრამ ფონ ეშენბახს ამაზე უკრადლება არ გაუმახვილებია.

შვილი მამის მიმართ „თან იგივეა და თან სხვა“. ოღონდ გრიგოლ რობაქიძე იღებს „მამას როგორც მამას (იგიც ხომ შვილია ვისმეს მიმართ) და შვილს როგორც შვილს (იგიც ხომ მამაა ვისმეს მიმართ) – საერთოდ მამას, რომელიც არასოდეს შვილი არაა და ყოველ შვილშია როგორც მამა (ქვაშიც და მცენარეშიც)“.

ამ გზით გრიგოლ რობაქიძე ყოველსავე წარმავალსა და გასაქრობად განწირულში შეძლებს თვალის მოჰკრას იმ ერთს – „რომელიც ყველაშია როგორც „მამა“ წარმომშობი: სულის ჩამდგმელი და ამმოძრავებელი“.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Wolfram von Eschenbach*, Parzival. München, 1993, 380.
2. *Konrad Sandkuhler*. Postface to the “The Tale of St. Grail” by Robert de Boron. Stuttgart, 1979.

ზ. ცოტნიაშვილი

პართული ნოველის ძირები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ციციშვილმა, 11.12.1997

მრავალსაუკუნოვანი ქართული ლიტერატურის განვითარების მანძილზე, ეპიკურ ჟანრთა შორის საყურადღებო მნიშვნელობისაა ნოველა.

რთული თანამედროვეობის პირობებში ქართულმა მწერლობამ არ დაკარგა თავისი ისტორიული მისია – ყოფილიყო ეროვნული იდეალის ჩამოყალიბების ორიენტირი ზიგზაგებით აღსავსე ეპოქაში. ერის განვითარების სწორი ორიენტირის შემუშავებაში ქართულმა ლიტერატურამ მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა. გადაქარბებული არ იქნება, თუ განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ამ თვალსაზრისით ქართულ ნოველას მივანიჭებთ.

ამჯერად შევჩერდებით ნოველის, როგორც ჟანრის წარმომობის საკითხზე. ჟანრებისა-და გვარების სწორად გააზრების შესახებ მსჯელობისას პროფ. ნ. ჭოლოკავა ნაშრომში „ლიტერატურულ ნაწარმოებთა გვარებისა და ჟანრების თეორიული პრობლემები“, ხელმძღვანელობს ცნობილი თვალსაზრისით „სინამდვილისა და ადამიანის წარმოსახვის ახალი ზონის (ნოველური ეპოსის ზონის)“ შესახებ, რომელიც ყალიბდებოდა საუკუნეების მანძილზე პოეტური მეტყველებისა და ფორმების მიხედვით, ესაა „ნოველური ეპოსის“ ხაზი. აღნიშნული ტერმინის გამართლებებისთვის ნაშრომის ავტორი გთავაზობს ასეთ განმარტებას: იმ ეპოქაში, როცა მოღვაწეობდნენ აპულეუსი, პეტრონიუსი და სხვ., „ჯერ კიდევ საბოლოოდ არ იყო ჩამოყალიბებული ეპიკური პროზის ყველა ჟანრი, კერძოდ, იმ დროს შერწყმული სახით არსებობდა ნოველა და მოთხრობა, პოვესტი და რომანი“ [1, გვ.337].

ნოველური ეპოსის ხაზი ვითარდება საეკლესიო მწერლების სახით, კერძოდ, პაგიოგრაფიული ნაწარმოებების შექმნით. ცნობილია, რომ ნოველური ფორმა კარგად ჩანს სწორედ პატერიკებსა და წმინდანთა ცხოვრების ამსახველ ნაწარმოებებში. საგულისხმოა, რომ პარალელურად ხდება სამყაროსა და ადამიანის წარმოსახვის ახლებური მეთოდების ჩამოყალიბება, ადამიანის ჩვენება ხდება ისეთი კუთხით, რაც ადრე კლასიკური პოეტური ჟანრისათვის (ტრაგედია, ეპოპეა, ლირიკა) უცხო იყო.

პროფ. ნ. ჭოლოკავა იხსენებს წმინდა მამათა ცხოვრების ამსახველ მოთხრობებს, რომლებიც ცალკეული კომპოზიციური ერთეულების მიხედვით ჩვეულებრივ მოწამეთა მიერ ჩადენილი სასწაულით ბოლოვდება. იგი შენიშნავს, რომ ამ შემთხვევაში ფორმა და შინაარსი ერთიანობაში იყო. ამ მომენტმა შემდეგში შინაარსიანი ფორმის ელემენტის სახე მიიღო, იქცა ჟანრულ ნიშნად მოთხრობის წიაღში წარმოქმნილი ჟანრისა – ნოველისა.

ფილ. მეცნ. კანდიდატი მ. გვეტაძე მხარს უჭერს აზრს ნოველის წარმომობის მე-13-14 სს. იტალიისთვის მიკუთვნების შესახებ. მნიშვნელოვანი არგუმენტია, რომ ეს არის იტალიის რენესანსის საწყისი ეტაპი, სახელწოდება *novella*-ც იტალიურია. „ასე იწოდებოდა პატარ-პატარა ამბები ხალხურ ზეპირსიტყვიერებაში, რომელშიც ხალხი გა-

მოხატავდა თავის დამოკიდებულებას ცხოვრებისადმი. ანალოგიური იყო ფრანგული ფანტაზია, გერმანული „შენაკი“ [2, გვ. 4]. პროფ. ს. ჭილაიას მოსაზრებაც მიგვითითებს, რომ ნოველის სათავე მე-13 საუკუნის იტალიაში უნდა ვეძიოთ „ოფიციალურად ნოველის ჟანრის დამკვიდრება მაინც ბოკაჩოს სახელთანაა დაკავშირებული“ [3, გვ. 355]. მისივე აზრით, მომდევნო ეპოქაში ნოველა თითქმის ყველგან თანაბრად ვითარდება, მაგრამ აქვე გამოთქვამს ვარაუდს, რომ საქართველოში ნოველა შორეულ წარსულში ვითარდებოდა, თუმცა დადასტურებულად მე-18 ს-ში თვლიან ქართული ნოველის ფორმირებას, მეტადრე ს.-ს. ორბელიანის იგავ-არაკებში ეძებენ ამ ფორმას. ს. ჭილაიას თვალსაზრისით, კლასიკური ქართული ნოველის ფუძემდებლად უნდა მივიჩნიოთ შიო არაგვისპირელი.

კრიტიკოსი ა. ლენინაშვილი მიმოიხილავს ნ. მარის, ივ. ჯავახიშვილის, კ. კეკელიძის, ილ. აბულაძის მოსაზრებებს ძველი ქართული მწერლობის ძეგლის „ცხრათა ყრმათა კოლაელთა“ დათარიღების შესახებ, არ იზიარებს მათ შეხედულებას IX-X საუკუნეებისთვის ნაწარმოების მიკუთვნების შესახებ. ეყრდნობა რა პ.ინგოროვყას ნაშრომს (გიორგი მერჩულე), აღნიშნულ ძეგლს თვლის პირველ ქართულ საბავშვო ნოველად, ხოლო მისი შექმნის თარიღად ასახელებს IV-VII საუკუნეებს: „ამ ნაწარმოებში არათუ მხოლოდ აღწერილია არქაული ეპოქა, არაუგვიანეს მე-4-6 საუკუნეთა, არამედ თვით ნაწარმოებიც ამავე ძველ ეპოქაშია დაწერილი... თარიღი მე-4-7 საუკუნეებს არა სცილდება“ [4, გვ. 79].

მოხმობილ ნააზრევთა გათვალისწინების მოუხედავად, ჩვენთვის საინტერესოა ქართული ნოველის წარმოშობის VII ს. მწერლისა და საზოგადო მოღვაწის იოანე მოსხის (მესხის) სახელთან დაკავშირება. ასეთი თვალსაზრისი მომდინარეობს აკადემიკოსების კ. კეკელიძის, შ. ნუცუბიძის, ს. ყაუხჩიშვილის ნაშრომებიდან. ძველი ქართული მწერლობა, გარდა ხალხური ნოველის უშუალო გაგვლენით შექმნილი ნაწარმოებებისა, ასევე იცნობს მთლიანად ნოველისტური სახის თხზულებებს, ორიგინალურსა და ნათარგმნ ძეგლებს, რომელთა შინაარსიც რეალური ცხოვრებისეული მოვლენების ამსახველია.

აკად. კ. კეკელიძის თვალსაზრისით, ძველი ქართული ნოველების კრებულებიდან ყველაზე უძველესი ჩანს იოანე მოსხის „ლიმონარი“ („სამოთხე“), იგი შეიცავს ასზე მეტ მცირე ზომის ნაწარმოებს [5, გვ. 518]. „ლიმონარი“ მიჩნეული იყო ბერძნულიდან ნათარგმნ თხზულებად, რომლის ავტორი იოანე მოსხი – ბიზანტიის საღვთისმეტყველო მწერლობაში ნოველების ახალი ჟანრის (პირველ რიგში ქრისტიანობისათვის მსახურთა ყოველდღიური ცხოვრების ამსახველი ნოველების) დამამკვიდრებელია. ამ შეხედულების გვერდით, ჩვენი საუკუნის ორმოცდაათიანი წლების მიწურულს, აკადემიკოსებმა შ. ნუცუბიძემ და ს. ყაუხჩიშვილმა ახალი თეორია შეიმუშავეს [6, 7]. მათი აზრით, იოანე მოსხი წარმოშობით იყო ქართველი ნოველისტი, რომელიც მე-6ს-ის დასასრულსა და მე-7ს-ის პირველ ნახევარში ცხოვრობდა. მწერალი ნოველებს წერდა ორ ენაზე: ბერძნულად და ქართულად. „ლიმონარი“ არის მისი ორიგინალური ნოველების კრებული, მასში შემავალ ნაწარმოებებს აქვთ გამოკვეთილი ჟანრული თვისებები.

თვალსაჩინოებისათვის ვასახელებთ მაგალითს: ნოველაში „ყაჩაღთა ბრბო“ [7, გვ. 104,105] მოთხრობილია ერთი ყაჩაღის შესახებ, რომელიც ბოროტი განზრახვით შევიდა მონაზონთა სამყოფელში, მაგრამ უეცრად მივიდა დასკვნამდე რომ ვერ შესძლებს ცხოვრების ამ სახით გაგრძელებას და უნდა მიეცეს სასულიერო ცხოვრებას. აღნიშნულ



ნაწარმოებს უთუოდ გააჩნია დღეს ჩამოყალიბებული ნოველის ძირითადი თვისებები. იგი მოთხრობილია ერთი ეპიზოდის სახით, ადამიანის, ამ შემთხვევაში ყაჩაღის ცხოვრების ერთ მნიშვნელოვან ეპიზოდს აღწერს. აქ შეკუმშულადაა ნაჩვენები მცირერიცხოვან მოქმედ პირთა ხასიათები, პორტრეტები, მათი ცხოვრების დეტალები, გარემოს აღწერა, მოქმედების ადგილი. მცირე ექსპოზიციური ნაწილი ლაპიდარულად განმარტავს მოქმედების დასაწყისს. პროლოგი და ეპილოგი არა აქვს, კვანძის შეკვრა და გახსნა სწრაფად ხდება, ინტერესი დასასრულისკენაა კონცენტრირებული, რაც გამოირჩევა მოულოდნელობით (ყაჩაღის სურვილი ცხოვრების ქრისტიანული წესით გაგრძელებისა). ამრიგად, „ლიმონარში“ შემავალ თხზულებებს აქვთ ნოველური თანრისთვის დამახასიათებელი, მკაფიოდ გამოკვეთილი თვისებები, რაც ქართული ნოველის წარსულის საუკუნეების მიღმა ძიების საფუძველს გვაძლევს. პროფ. ი. აბულაძის აზრით, „ლიმონარის“ ქართული ვარიანტი, აღნუსხული „ენობრივი ნიშნებით მე-8 – მე-9 სს-ზე ადრინდელი ვერ იქნება“ [8, გვ.17]. ეს თვალსაზრისი ენათმეცნიერს არგუმენტირებული აქვს ტექსტში მოძიებული არაბიზმებითა და სპარსიზმებით.

მოხმობილი მოსაზრებანი, პროფ. ალ. ღლონტის აზრით ახალ პერსპექტივას შლის ქართული ლიტერატურის ისტორიის მკვლევართა წინაშე. „ჩანს, VII ს-ში ქართულ ენაზე გეჭონდა არა მარტოდენ ცალკეული ლიტერატურული ნოველები, არამედ გვეყოლია დიდი ეროვნული ნოველისტი, რომლის კალამს ასზე მეტი ნოველა ეკუთვნის. ამ ნოველების თემატიკა, სტრუქტურა, სტილი, სხვა მხატვრული ნიშან-თვისებები ადასტურებენ, რომ ისინი სათავეს ხალხური პროზიდან იღებენ“ [9, გვ. 89].

ხალხური ნოველა ეპოსის ერთ-ერთი პოპულარული თანრია, ის ასახავს რეალურ ცხოვრებას. გარეგნულად ზღაპარი, აღმოცენებული უნდა იყოს პირვანდელი ადამიანის რეალური ცხოვრების ნიადაგზე და ათეულსაუკუნოვანი პრაქტიკის ანარეკლია, სწორედ მის საფუძველზე წარმოქმნილად მიიჩნევა ალ. ღლონტი ლიტერატურულ ნოველას.

ნოველის წარმოშობა-ფორმირებისა და გამოკვეთილ ლიტერატურულ თანრად ჩამოყალიბების კვლევისას საეტაპო მნიშვნელობისაა 1934 წ. „ლიტერატურული გაზეთის“ ფურცლებზე გამართული პოლემიკა. მასში აქტიური მონაწილეობა მიიღეს ქართული მხატვრული სიტყვის ღირსეულმა წარმომადგენლებმა კ. გამსახურდიამ, ე. კოტეტიშვილმა, გ. ნატროშვილმა. გ. ნატროშვილი თვლის, რომ ნოველა შემოქმედების უძველესი ფორმაა, მას რომანზე უძველესი ისტორია აქვს. ე. წ. „შერეული ნოველები“ იყო წინამორბედი თანამედროვე რომანისა. მისი აზრით, ძველად იშვიათად გვხვდებოდა ცალკეული ნოველა, უმეტეს შემთხვევაში წერდნენ ნოველებს, რომელთა შორის იყო ერთგვარი კავშირი, თუმცა ხანდახან ძნელად შესამჩნევი, თითოეული მათგანი შეიცავდა დამოუკიდებელ ფაბულას. მაგალითისთვის ასახელებს „ათას ერთ ღამეს“, „დეკამერონს“, მოგვიანებით შექმნილთა შორის – მ. ლერმონტოვის „ჩვენი დროის გმირს“ [10]. ჩვენი აზრით, თანამედროვე ქართული ლიტერატურიდან ასეთი სახის ნაწარმოებია ჭ. ამირეჯიბის „გორა მზორგალი“.

ე. კოტეტიშვილიც უძველეს წარსულში ეძებს ნოველის წარმოშობის ძირებს, მისი აზრით, ნოველურ ფორმას უახლოვდება ეგვიპტეში ე. წ. დემოტიურ-ისტორიული რომანები, განსაკუთრებით „სეთონისა“ და „პეტუბასტის“ ციკლთა ირგვლივ (კაიროს, ვენის, სტრასბურგის პაპირუსები) [11].

კ. გამსახურდია წერილში „ნოველა“ უპირატესად ცდილობს ნოველის, როგორც ჟანრის თეორიული დახასიათების ჩამოყალიბებას. დიდი მწერალი რამდენიმე საკამათო დებულებას გეთავაზობს. საყურადღებოა მისი მტკიცება მითოსის ნოველის მასაზროლებელ წყაროდ მიჩნევის შესახებ [12].

გასათვალისწინებელია XIII ს-ის იტალიური ნოველის მიჩნევა ნოველური ჟანრის დახვეწილ ფორმად. ზემოთ მითითებულ და სხვა ნაშრომთა შესწავლა გვაძლევს საშუალებას ვთქვათ, რომ „ლიმონარში“ შემავალი თხზულებანი მიეკუთვნებიან ნოველურ ჟანრს, რაც დღის წესრიგში აყენებს მის მიჩნევას ქართული ნოველის აღმოცენების ნიშნულად. მისი ქართული ვარიანტის შექმნის საბოლოო, კონკრეტული თარიღი იმედია დადგინდება.

თეორიული თვალსაზრისით, ნოველის, როგორც ჟანრის განვითარებაში მნიშვნელოვანი ცვლილებები მიმდინარე საუკუნის 90-იან წწ-ში არ მომხდარა. რაც შეეხება მის იდეურ სახეს, გამომდინარე აღნიშნული ეპოქის რთული სოციალურ-ეკონომიკური და პოლიტიკური ვითარებიდან, იგი ერთობ საინტერესოა და შეიცავს მრავალ სიახლეს.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. ნ. ქოლოკავა. ლიტერატურის თეორიის საფუძვლები, თბილისი, 1995.
2. მ. გვეტაძე. ნოველა თანამედროვე ქართულ ლიტერატურაში. თბილისი, 1963.
3. ს. ქილაია. წინაპრები და მემკვირვებები, თბილისი, 1964.
4. ა. ღვინიაშვილი. ნარკვევები ქართული საბავშვო ლიტერატურიდან. თბილისი, 1979.
5. კ. კეკელიძე. ძველი ქართული მწერლობის ისტორია, ტ. I, თბილისი, 1951.
6. შ. ნუცუბიძე. ქართული ფილოსოფიის ისტორია, ტ. I, თბილისი, 1956.
7. ს. ყაუხჩიშვილი. მემვიდე საუკუნის ნოველისტი იოანე მოსხი. ჟურნ. „ციცქარი“, 1958, №1.
8. იოანე მოსხი. ლიმონარი. თბილისი, 1961.
9. ალ. ლლონტი. ქართული ხალხური ნოველა, თბილისი, 1963.
10. „ლიტერატურული გაზეთი“, 1934, 12 ოქტომბერი.
11. იგივე, 1934, 30 ოქტომბერი.
12. იგივე, 1934, 12 დეკემბერი.



მ. ბიორბაძე

ხელოვნებისა და ბუნების მშვენიერების პრობლემა ჰეგელის
„მსთქმეობაში“

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. შარაძემ 11.11.1997

გერმანული კლასიკური ფილოსოფიის მწვერვალი, გეორგ ვილჰელმ ფრიდრიხ ჰეგელი იყო ის მოაზროვნე, რომელმაც ესთეტიკაში პირველმა გამოიყენა დიალექტიკური მეთოდი და ისტორიზმის პრინციპი. მხატვრული კულტურის ანალიზისას ჰეგელი ფართოდ იყენებს დიალექტიკის მის მიერვე აღმოჩენილ კატეგორიებს: ზოგლენა და არსი, შემთხვევითობა და აუცილებლობა, თავისუფლება, შინაარსი და ფორმა. ხელოვნება, მისი აზრით, არის რთული მოვლენა და მისი არსის გაგებისათვის ყველა ამ კანონთან ერთად აუცილებელია ისტორიზმის პრინციპის გამოყენებაც. პირველ რიგში ეს ვლინდება მხატვრული კულტურის ანალიზისას, რომელსაც იგი განიხილავს საზოგადოების ისტორიულ განვითარებასთან კავშირში. გარკვეული აზრით ხელოვნება არის მისი თანადროული ეპოქის გრძობად-სახეობრივი ასახვა. იგი დაკავშირებულია ხალხის ცხოვრების გარკვეულ წესთან, სახელმწიფო წყობილებასთან, მმართველობის ფორმასთან, ზნეობასთან, მეცნიერებასთან, რელიგიასთან. ხელოვნებაში ჰეგელი გამოყოფს მის სამ სახესა და სამ სტადიას. ხელოვნების საწყისია არქიტექტურა, იგი შეესაბამება შემოქმედების სიმბოლურ სტადიას. კლასიკურ ხელოვნებას წარმოადგენს ქანდაკება, იგი შეფარდება სიერცისა და მოცულობის მხატვრული გააზრების სტადიას. რომანტიკული ხელოვნება კი არის ფერწერა, მუსიკა და პოეზია. იგი მოწოდებულია სუბიექტის შინაგანი განცდების ფორმირებისათვის. ხელოვნებაში გრძობადი ყოველთვის შთაგონებულია და მიმართულია ორი შეგრძნებისაკენ — მხედველობისა და სმენისაკენ. შემოქმედით, ცვლის რა საგნებს, მათში აღბეჭდავს თავის შეხედულებებსა და მოსაზრებებს, რომელთა საფუძველზეც აღმოცენდება სილამაზის განცდა.

მშვენიერი ესთეტიკის ზოგადი კატეგორიაა, რომლის როლი ესთეტიკაში იგივეა, რაც „ყოფიერებისა“ ლოგიკაში, მაგრამ ხელოვნება არ შემოიფარგლება ობიექტური სინამდვილის მხოლოდ სილამაზით. ხელოვნება მაზინჯსაც ასახავს, მაგრამ ხელოვანი, რომელსაც სიმანჯის განაჩენი გამოაქვს ასახვის ობიექტისათვის, თავისი ოსტატობის წყალობით აღწევს „სულის შინაგან შეთანხმებას“ სილამაზით მაზინჯის დაძლევის გზით [5, 54].

ჰეგელმა ჩამოაყალიბა ესთეტიკის მეცნიერების ფუძემდებლური საკითხები და ამით ბევრი სიახლე შეიტანა მანამდე არსებულ მოსაზრებებში. ესთეტიკის საგანს იგი უკავშირებს ხელოვნებას, როგორც მშვენიერების უმაღლეს ფორმას და ამბობს, რომ ესთეტიკის საგანი არის „Обширное царство прекрасного, точнее говоря, область искусства или, еще точнее — художественного творчества“ [3,7]. ამასთანავე, ჰეგელი მიუთითებს, რომ ტერმინი „ესთეტიკა“ მთლიანად როდი შეეფერება ჩვენს საგანს, რამეთუ „эстетика означает, скорее, науку о чувстве, чувст—

венном" (იქვე). მაგრამ იმის გამო, რომ ეს ტერმინი უკვე დამკვიდრებულია, შეიძლება მისი შენარჩუნება, თუმცა „ხელოვნების ფილოსოფია“, ან უფრო გარკვევით, „მხატვრული შემოქმედების ფილოსოფია“ უფრო სწორად ასახავდა ამ მეცნიერების შინაარსს. ესთეტიკის მეცნიერებას ჰეგელი სამ ნაწილად ყოფს:

“Во – первых, общая часть. Она имеет своим содержанием и предметом всеобщую идею художественно прекрасного как идеала, а также обстоятельное рассмотрение отношения идеала и природы, с одной стороны, и к субъективному художественному творчеству, с другой.

Во – вторых, из понятия прекрасного в искусстве развивается особенная часть, поскольку существенные различия, которые это понятие содержит в себе, развертываются в восходящий ряд особых типов формообразования.

В – третьих, у нас получается последняя, в которой рассматриваются отдельные виды художественно прекрасного, так как искусство в своем поступательном движении переходит к чувственной реализации своих образов и созданию системы отдельных искусств и их родов и видов” [3,79].

რა დასკვნა შეგვიძლია გამოვიტანოთ ჰეგელის ამ მოსაზრებიდან?

1. ესთეტიკა არის მეცნიერება მხატვრული შემოქმედების შესახებ, რომლის შინაარსია მშვენიერება.
2. მხატვრულ-მშვენიერი არის იდეა, ანუ იდეალი, ხოლო ესთეტიკა კი მეცნიერება ამ იდეალის შესახებ.
3. ეს არის მეცნიერება განსაკუთრებული ტიპის ფორმათწარმოქმნის, ანუ მხატვრული შემოქმედების შესახებ.
4. ბოლოს, ეს არის მეცნიერება მხატვრულ-მშვენიერის შესახებ.

როგორც უხედავთ, ესთეტიკის ერთ-ერთ მთავარ პრობლემას წარმოადგენს მშვენიერება, როგორც იდეალი.

მშვენიერებისა და იდეალის ურთიერთობის სწორი გაგებისათვის საჭიროდ მიგვაჩნია იდეისა და იდეალის თანაფარდობის კიდევ ერთი ჰეგელისეული მოსაზრების მოყვანა, რომელიც ასე ჟღერს: “Идеал – это идея, рассматриваемая со стороны ее существования, действительность в своей высшей истине” [6,154].

როგორია ხელოვნებაში მშვენიერების ჰეგელისეული გაგება?

ჰეგელმა შექმნა ხელოვნების სრულიად უნიკალური თეორია და ხელოვნების სახეების კლასიფიკაციის მწყობრი სისტემა.

ხელოვნების განმარტებისას ჰეგელი ხაზს უსვამს მისი სპეციფიკურობის დამახასიათებელ შემდეგ სამ ძირითად დებულებას:

1. მხატვრული ნაწარმოები არ არის ბუნების პროდუქტი, არამედ შექმნილია ადამიანის მოღვაწეობის შედეგად.
2. იგი შექმნილია ადამიანისათვის, მიმართულია მისი გრძნობებისაკენ და მეტ-ნაკლებად ნასესხებია გრძნობადი გარემოსაგან.
3. იგი თავისთავში მოიცავს გარკვეულ მიზანს [6, 31-61]. ამ მიზნიდან ჰეგელი



გამოყოფს ბუნებისადმი მიბაძვის, სულის მღელვარებისა და უმაღლეს სუბსტანციონალურ პრინციპებს [3, 48-61].

ბოლოს, ჰეგელი მიდის იმ დასკვნამდე, რომ "Содержанием искусства является идея, а его формой — чувственное, образное воплощение. Задачей искусства является опосредствование этих двух сторон, соединяющее их в свободное, примиренное целое" [3,75]. ეს კი ნიშნავს, რომ შინაარსი იდეის გარდა უნდა ხასიათდებოდეს ასახვის საგნად გადაქცევის უნარი-თაც, წინააღმდეგ შემთხვევაში საქმე გვექნება შინაარსისა და ფორმის ისეთ შეუსაბამობასთან, როდესაც შინაარსი უვარგისია ხატოვანი ასახვისათვის. ხელოვნების შინაარსი უნდა იყოს გრძობადი, კონკრეტული და ქვემარტივი, რამეთუ ყოველი ქვემარტივი, როგორც სულიერების, ასევე ბუნების ხასიათით, თავისთავში აერთიანებს სუბიექტურსაც და თავისებურსაც. "Если истинному и потому конкретному содержанию должны соответствовать чувственная форма и образ, то последнее так же должны быть индивидуальными, в себе совершенно конкретными и единичными" [3,76].

რა ადგილი უჭირავს ხელოვნებას ადამიანისა და საზოგადოების ცხოვრებაში?

ამ კითხვაზე პასუხისას ჰეგელი განიხილავს ადამიანის არსებობის შინაარსის, მისი მოთხოვნილებებისა და ინტერესების დაკმაყოფილების შემდეგ მრავალფეროვნებას: ფიზიკურ მოთხოვნილებათა სისტემა, რომელთა დაკმაყოფილებას ემსახურება მრეწველობა, ვაჭრობა, ტექნიკა; კანონების, ოჯახური ცხოვრების, წოდებრივი დაყოფის, სახელმწიფოებრიობის სამართლებრივი სამყარო; რელიგიური მოთხოვნილებანი, რომლებიც არსებობენ ყველა ადამიანის სულში და რომელთა დაკმაყოფილების წყაროა საეკლესიო ცხოვრება; რთული და სპეციფიკური მოთხოვნილებანი, რაც ხორციელდება მეცნიერული საქმიანობის სახით, როგორც ცოდნისა და შემეცნების ერთობლიობა; მოღვაწეობის ამ მრავალფეროვნებაში თავისი ადგილი უჭირავს სილამაზისადმი ინტერესს, მხატვრული მოღვაწეობის მოთხოვნილებას და მათი დაკმაყოფილებისათვის მოწოდებულ ხელოვნებასა და მის მრავალსახეობას [3, 102-113].

ამრიგად, მხატვრული შემოქმედება, მშვენიერებისადმი ზიარება, მისი გაცნობიერება და ცხოვრების, მოღვაწეობის სილამაზის კანონების მიხედვით მოწყობა-წარმართვა ადამიანის ინტერესებისა და მოთხოვნილებათა ისეთივე ფორმაა, როგორიც სხვა მრავალი, მაგრამ მათგან განსხვავებით, ისინი სულიერ სფეროს განეკუთვნება და მისი დაკმაყოფილების საშუალებას მხატვრული შემოქმედება, ხელოვნება წარმოადგენს.

უკავშირებს რა ხელოვნებას მშვენიერების იდეას, იმისათვის, რომ სწორად იქნას გაგებული ეს იდეა, ჰეგელი გვთავაზობს გაეითვალისწინოთ მისი გაცნობიერების შემდეგი სამი ძირითადი საფეხური:

"Первая ступень рассматривает понятие прекрасного вообще; вторая ступень имеет дело с прекрасным в природе, недостатки которого покажут на необходимость идеала как прекрасного. в искусстве; предметом рассмотрения третья ступени является идеал в его осуществлении как его художественное воплощение в произведении искусства" [3, 113].

ხელოვნებაში მშვენიერების ჰეგელისეულ კონცეფციას საფუძვლად უდევს მისივე

ფილოსოფიური მოძღვრება იდეალის შესახებ. იდეალს იგი განიხილავს როგორც მშვენიერებას ხელოვნებაში და ამ პოზიციიდან გამოყავს იდეის მშვენიერი ინდივიდუალობის, ბუნებისადმი იდეალის დამოკიდებულების, იდეალის განსაზღვრულობის, იდეალური მოქმედების, იდეალური სიტუაციის, იდეალის გარეგნული გამოხატვის, კონკრეტული იდეალის რეალობასთან შეთანხმებულობის, იდეალური ნაწარმოების, გარეგნული მხატვრული მხარისა და მისი პუბლიკისადმი დამოკიდებულების ფუძემდებლური ფილოსოფიურ-ესთეტიკური პრინციპები [3, 162-273]. ამ პრინციპის ძირითადი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ "образная и внешняя сторона, которая столь же необходима идеалу, как и устойчивое внутри себя содержание, и способ их взаимопроникновения — весь этот круг вопросов приводит нас к рассмотрению отношения между идеальным изображением, которое дает искусство и природа. Ибо внешний элемент искусства и его формирование связаны с тем, что мы вообще называем природой" [3,274].

ამ პრინციპების მიხედვით თუ ვიმსჯელებთ, მშვენიერებას ჰეგელი განმარტავს როგორც გრძობად მოვლენას, იდეის გრძობად, განცდად ხილვადობას, მაგრამ არა ისე მარტივად როგორც შეიძლება წარმოგვიდგეს, რამე- თუ ხილვადი და განცდადია არა მხოლოდ მშვენიერი.

"В красоте чувственное и вообще объективное не сохраняют в себе никакой самостоятельности внутри себя, а должно отказаться от непосредственности своего бытия, так как это бытие является лишь существованием и объективностью понятия и положено в качестве реальности, которая воплощает понятие как находящееся в единстве со своей объективностью и которая потому в этом объективном существовании воплощает саму идею" [3, 119].

მშვენიერების ამ რთულ ფილოსოფიურ-ესთეტიკურ განმარტებაში ობიექტური, ყოფიერი უკავშირდება მშვენიერების ცნებას. ეს უკანასკნელი კი დაკავშირებულია ობიექტურ არსებასთან და იგი ხორცს ისხამს ხელოვნებაში, როგორც მშვენიერების იდეა.

ბუნების მშვენიერების განხილვისას ჰეგელი ამბობს, რომ ბუნებრივი სიცოცხლე, როგორც გრძობად-ობიექტური იდეა, მშვენიერია, რომ "будучи лишь чувственно — непосредственным, естественно — прекрасное живое существо не прекрасно для самого себя, а также не произведено из самого себя как прекрасное и ради прекрасного. Красота в природе прекрасна лишь для другого, то есть для нас, для воспринимающего красоту сознания" [3,133].

ბუნების მშვენიერება ადამიანში იწვევს შესაბამის სულიერ განწყობილებას, რომლის ზარი უნდა ვეძიოთ არა თვით საგანში, არამედ ჩვენში გაღვიძებულ სულიერ განწყობაში, რამეთუ "мы называем животных красивыми, если они обнаруживают душевное выражение, созвучные человеческим свойством, например смелость, силу, храбрость, добродушие и т.п." [3, 141]. მაგრამ ჰეგელი არც იმას უარყოფს, რომ "это выражение, с одной стороны, несомненно свойственно предметам и изображает определенную сторону животной жизни, но, с другой стороны, связано



с нашими представлениями и нашими душевными настроениями [3].

ბოლოს, ჰეგელი ბუნების (და არა მარტო მისი) მშვენიერების ძირითად მოზნად მიიჩნევს „აბსტრაქტული ფორმის სილამაზეს“, რომლის კომპონენტებია შინაარსისადმი შესატყვისობა, კანონზომიერება და ჰარმონიულობა [3, 143-147].

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახ. სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. Г. Гегель. Энциклопедия философских наук. Том I. М., 1974.
2. Он же. Там же. Том II. М., 1975.
3. Г. Гегель. Эстетика. В 4-х томах. Том I. М., 1968.
4. Он же. Там же. Том II. М., 1969.
5. Он же. Там же. Том III. М., 1971.
6. Он же. Там же. Том IV. М., 1973.
7. Эстетика. Под ред. А. Беяева. М., 1989.