

524
1997/2

ISSN—0132—1447



საქართველოს
მეცნიერებათა აკადემიის

ბულეტენი

BULLETIN

OF THE GEORGIAN ACADEMY
OF SCIENCES

156

№ 1

1997

თბილისი * TBILISI



ჟურნალი დაარსებულია 1940 წელს

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

მთავარი რედაქტორი – აკადემიკოსი ა.თაყველიძე

ს ა რ ე დ ა ქ ც ი ო კ ო ლ ე გ ი ა

თ.ანდრონიკაშვილი, თ.ბერიძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ე.გამყრელიძე,
თ.გამყრელიძე, გ.გველესიანი, რ.გორდეზიანი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე),
მ.ზაალიშვილი, გ.კვესიტაძე, ი.კილუჩაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე),
თ.კობალიშვილი, ჯ.ლომინაძე, რ.მეტრეველი, დ.მუსხელიშვილი (მთავარი რედაქტორის
მოადგილე), თ.ონიანი, მ.სალუქვაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), თ.ურუშაძე,
გ.ციციშვილი, გ.ქოლოშვილი

პასუხისმგებელი მდივანი ლ.გვერდწითელი

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

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

გადაეცა წარმოებას 27.11.1997. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 27.11.1997. ფორმატი 70x100^{1/16}
აწყობილია კომპიუტერზე სსგ „მეცნიერების“ კომპიუტერულ ცენტრში.
ოფსეტური ბეჭდვა. პირობითი ნაბ. თაბ. 9,5. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბაში 9,5.
ტირაჟი 300. შეკვ. № 536. ფასი სახელშეკრულებო.

W 28
50-11)

შინაარსი

მათემატიკა

გ. ონიანი. $M_{B_2}(\theta)(f)$ მაქსიმალურ ფუნქციათა ინტეგრებადობის შესახებ	5
ნ. ინასარიძე. წინაწვარედინი მოძღვლების არააბელური ტენზორული ნამრავლები	7
ო. მასისია, რ. გაჩეჩილაძე. ერთი თეორემა იზოპერიმეტრული ამოცანის შესახებ დრეკადობის თეორიაში	13
ნ. ცალუღელაშვილი. რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ ზოგიერთი ცხრაცვლადიანი კვადრატული ფორმით	17
ზ. წიკლაური. განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ ფურიეს მწკრივების გარდაქმნა	21
ს. თოფურია. მრავალი ცვლადის ფუნქციის განზოგადებული სრული დიფერენციალები და სასაზღვრო ამოცანები	23
ლ. ზამბახიძე. სეპარაბელურ მეტრიკულ სივრცეთა კლასში განზომილების აქსიომატიკური დახასიათება	28

მათემატიკური ფიზიკა

თ. ბურჭულაძე, რ. რუხაძე. ფურიეს მეთოდი დრეკად ნარევეთა წრფივი თეორიის დინამიკურ სამგანზომილებიან ამოცანებში	32
---	----

ფიზიკა

მ. კავილაძე, მ. ქვირია, ს. წერეთელი. ხის წლიურ რგოლებში ^{14}C -ის კონცენტრაციის ვარიაციები იზოტოპური ფრაქციონირების ეფექტის გათვალისწინებით 1590-1615, 1690-1710, 1780-1820 წლებში	38
თ. აბესაძე, მ. ელიზბარაშვილი. სპინური ექო ვარირებადი სიმძლავრის იმპულსებისათვის	41
ვ. ჯაყელი, ი. თუთბერიძე. ინვერსიული განაწილების ფუნქციის ჩამოყალიბების ერთ-ერთი შესაძლებლობის შესახებ	45
ნ. კეკელიძე, რ. კობრიძე, გ. მუმლაძე, ს. ოდენოვი, ჯ. სანიკიძე, გ. ცინცაძე, მ. ჭუბაბრია. Bi-ის შემცველი მაღალტემპერატურული ზეგამტარი კერამიკის მაგნიტური თვისებების შესწავლა	49
ც. ხუციშვილი. ულტრაბგერის შთანთქმა ამორფულ ფერომაგნიტებში	52
გ. ჯანდიერი, ე. დიასამიძე, ზ. სურმანიძე, ვ. ჯანდიერი. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დისპერსიული თანაფარდობები შემთხვევითი კრისტალური გარემოებისათვის	56
ა. გერასიმოვი, გ. ჩირაძე, ნ. კუტივაძე. სისალის ანიზოტროპია, პოლარულობა და ფოტომექანიკური ეფექტი სილიციუმის კარბილში	62

ორბანული ქიმიკა

ნ. ნარიმანიძე, შ. სამსონია, ი. ჩიკვაძე. 3-(3-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლ-2-კარბონმეცხვას წარმოებულების სინთეზი	68
--	----

ფიზიკური ძივის

- ქ. უკლება, გ. გველესიანი, დ. ცაგარეიშვილი, ი. ბარათაშვილი, ი. ომიძე, ა. ნადირაძე. ორმაგი ოქსიდების სტანდარტული სათბოტევადობის გათვლის ახალი მეთოდი 72

ელექტროქიმიის

- ჯ. ჯაფარიძე, ვ. ჩაგელიშვილი, დ. ლოჩოშვილი, მ. ხოხაშვილი. ლითონ-ხსნარის გამყოფ ზედაპირზე ელექტრომაგნიტური სიგნალის ზუსტი გაზომვის შესახებ. 77

ელექტროქიმიის

- რ. კვარაცხელია, ე. კვარაცხელია. ვოლფრამის მჟავას ვოლტამპერომეტრია წყალხსნარებსა და შერეულ გარემოში 81

მინერალოგია

- გ. ნასიძე. დიფერენციაციის მინერალოგიური კრიტერიუმები აჭარა-თრიალეთის ეოცენური ასაკის ვულკანოგენ ქანებში 85

ბიოქიმიის

- ვ. გვახარია, გ. სამარგულიანი, ნ. მაჩიტაძე. ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა ბოლნისის რაიონის ნიადაგებში მძიმე ლითონების განაწილებაზე 89

მეტალურგია

- ნ. ვაშაკიძე. ბრტყელი ოვალი-წიბოვანი ოვალი კალიბრთა სისტემის კვლევა 94

მანქანათმშენებლობა

- ა. ხვადაგიანი. თვითგავრცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის მეთოდით მიღებული კომპოზიციური მასალების სისაღე 97

ავტომატური მართვა და გამოთვლითი ტექნიკა

- ო. ლაბაძე, მ. ცერცვაძე, გ. კუბლაშვილი, პ. მანჯავიძე. ურთიერთინდუქციურობა კუთხური გადაადგილების სამკოორდინატულ ნახევარსფერულ პირველად გარდამქმნელში 99

მასალათა ტექნოლოგია

- რ. სალუქვაძე, გ. ქარუმიძე, გ. მურდულია. ძლიერლეგირებულ თერმოელექტრულ $Si_{0.7}-Ge_{0.3}$ შენადნობებში რადიაციული დეფექტების წარმოქმნის თავისებურებანი 103

ბოტანიკა

- ლ. გოგიჩაიშვილი, ნ. მესხიშვილი. თბილისის ატმოსფეროს შემოდგომის სპექტრების აეროპალინოლოგიური გამოკვლევა 108

- ნ. ჭაჭიაშვილი. ქვეტრიბ *Asterinae O. Hoffm.*-ს სახეობათა და გვართა შორის
კავშირების შესახებ 111
- ლ. კობახიძე, ც. მიქაბაძე-ფანცულაია, ზ. გამცემლიძე, მ. ერისთავი.
Helleborus caucasicus A. Br.- ის ზოგიერთი ბიოლოგიური
თავისებურებისა და თესლწარმოქმნის პროცესების შესწავლა 114

ბენეტიკა და სელექცია

- ი. კაპანაძე, შ. შარია. იაპონურ ხურმაში ქიმერების წარმოშობა
მცნობის დროს 118

ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

- ქ. გეგეშიძე, მ. ცაგარელი, ზ. ზურაბაშვილი. ემოციის გავლენა ადამიანის
მხედველობით აღქმაზე – ფსიქოფიზიოლოგიური ასპექტები 121
- თ. ონიანი, ნ. დარჩია, ი. გვილია, მ. ელიავა.
ზღვის გოჭის ძილ-ღვიძილის ციკლის თავისებურებები 127

ბიოფიზიკა

- გ.მრეველიშვილი, მ.ხვედელიძე, თ.მძინარაშვილი. „გალლობილი გლობულის“
წყალხსნარში ფაზური გადასვლების
ფიზიკური მახასიათებლები 132
- ნ. გუბელაძე, ი. წულეისკირი, მ. წულაია, მ. მელაძე. ლიპიდების ზეჟანგური
ქანგვის ინიციაცია ნეიტროფილების მემბრანაში ოზონირებული
ხსნარით 136

ბიოქიმია

- ნ. გიუნაშვილი, რ. გახოკიძე. მცენარეთა ზრდის რეგულატორის –
ლუკრეაზინის გავლენა ნიტრატის ასიმილაციაზე ლობიოს
კულტურაში ვეგეტაციის ადრეულ სტადიებში 139
- ჯ. კერესელიძე. ამერიკული მსხვილნაყოფა შტომის (*Oxycoccus macrocarpus*
Pers) დარგვის სიმჭიდროვის გავლენა კალმების დაფესვიანებასა
და ბიომეტრულ მაჩვენებლებზე 141

ზოოლოგია

- ე. ყვავაძე. *Eisenia*-ს გვარის (*oligochaeta:lumbricidae*) ფილოგენიისა და ორი
კავკასიური ქიაყელას სახეობრივი დამოუკიდებლობის შესახებ 144

ციტოლოგია

- მ. გაბრიჭიძე, პ. ჭელიძე, შ. ჯინჯოლია, გ. თუმანიშვილი. ბირთვაცის
სამგანზომილებიანი დინამიკური მოდელების კონსტრუქცია
გრაფიკული და ანიმაციური კომპიუტერული პროგრამების
გამოყენებით. ფიბრილარული ცენტრების ვაკუოლური სისტემის

საქართველოს
ეროვნული
ბიბლიოთეკა

და ბირთვაკთან ასოცირებული ქრომატინის სივრცობრივი
 სტრუქტურა ზღვის გოჭის სომატურ ქსოვილებში 148

ექსპერიმენტული მეთოდები

- ფ. თოდუა, დ. გოცაძე, მ. კეკელიძე, ა. ნადარეიშვილი, ნ. ხუტულაშვილი.
 სათესლე ჭირკვლის კიბოს რეტროპერიტონეული მეტასტაზების
 დიაგნოსტიკის თანამედროვე ასპექტები 151
- მ. ფოსური, ლ. გოგიაშვილი. ფილტვის პარენქიმის ულტრასტრუქტურა
 დიფუზური პერიტონიტის დროს ექსპერიმენტში 157
- კ. ვაჭარაძე, ზ. კალანდაძე, ლ. ვაშაკიძე. ლაზერის, როგორც ფიზიკური
 მოდულატორის მოქმედება ფილტვების ტუმბერკულოზის
 სხვადასხვა ფორმების დროს 160
- ნ. გელაძე. ბაზისური ანტიეპილეფსიური სამუალებების ფარმაკოკინეტიკური
 მახასიათებლები 163
- შ. ციციშვილი. კვლევის მეთოდთა და ავადმყოფთა დახასიათება
 მოზრდილთა ასაკში შიზოაფექტური ფსიქოზების ეგზოგენურად
 მანიფესტაციის დროს 168
- თ. ჭურაძე, ზ. ზურაბაშვილი, მ. ვაჩნაძე. მონოციტების მორფოლოგიური და
 ჰისტოქიმიური ცვლილებები ბრონქული ასთმით დაავადებულ
 ბავშვებში 170

პალეობიოლოგია

- ე. ხარაბაძე. კავკასიის ნამარხი გველების ადგილსაპოვებლები 175

ფილოსოფია

- ნ. ფიფია. ი. კანტის ბ. რასელისეული ინტერპრეტაციის ანალიზი 179

ფილოლოგია

- ნ. რატიანი. სისხლიანი მსხვერპლშეწირვის რიტუალი და გვიანანტიკური სამყარო 183

ისტორია

- ქ. ჭუთათელაძე. ტაშირ-ძორაგეტის სამეფოს კვირიკიან მეფეთა სახელწოდებები
 და ტიტულატურა 186

ენათმეცნიერება

- ი. კაპანაძე. ქართულ და რუსულ ენებში ბერძნული სიტყვის λήθεια
 „ჭემმარიტება“ აღქმის თავისებურებათა გამო 192
- ა. ჟორდანიას. ეგვიპტის, ჩადისა და სუდანის არაბული დიალექტების
 ბგერითი სისტემის შეპირისპირებითი ანალიზი 195
- მ. ჭურდიანი. საერთო-ქართველური ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსის სისტემა 198
- მ. ჭირაქაძე. თემა „ლექსიკოლოგიის“ ძირითად ცნებათა სისტემა 201

ბ. ონიანი

$M_{B_2(\theta)}(f)$ მაქსიმალურ ფუნქციონატა ინტეგრებალობის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ჟიჟიაშვილმა 26.11.1996

1. რეპერი R^n ($n \geq 2$) სივრცეში ვუწოდოთ სიმრავლეს, რომელიც შედგება O – კოორდინატთა სათავეზე გამავალი n ცალი ურთიერთმართობული წრფისაგან. რეპერები აღვნიშნოთ θ -თი ($\theta = \{\theta^1, \dots, \theta^n\}$). θ_0 -ის ქვეშ ვიგულისხმოთ რეპერი $\{Ox^1, \dots, Ox^n\}$, სადაც Ox^1, \dots, Ox^n R^n -ის საკოორდინატო წრფეებია. R^n -ის რეპერის სიმრავლე აღვნიშნოთ $\theta(R^n)$ -ით.

$I \subset R^n$ მართკუთხედის რეპერი ვუწოდოთ იმ $\theta = \{\theta^1, \dots, \theta^n\}$ რეპერს, რომლისთვისაც I -ს წიბოები პარალელურია შესაბამისი θ^i ($i=1, \dots, n$) წრფეების და იგი აღვნიშნოთ $\theta(I)$ -თი.

θ რეპერისათვის $B_2(\theta)$ -თი აღვნიშნოთ დიფერენციალური ბაზისი, რომლისთვისაც $B_2(\theta)(x)$ ($x \in R^n$) შედგება x -ის შემცველი და θ რეპერის მქონე ყველა მართკუთხედისაგან. $\theta = \theta_0$ შემთხვევაში θ_0 -ის ნაცვლად ვწერთ უბრალოდ B_2 . B_1 იყოს დიფერენციალური ბაზისი, რომლისთვისაც $B_1(x)$ ($x \in R^n$) შედგება x -ის შემცველი ყველა კუბური ინტერვალისაგან.

B ბაზისის შესაბამისი მაქსიმალური ოპერატორი აღვნიშნოთ M_B -თი.

2. ცნობილია, რომ [1, თ. II, § 6] $L(1+\ln^+L)(R^n)$ კლასი შეიძლება დავახასიათოთ M_{B_1} მაქსიმალური ოპერატორის მეშვეობით, კერძოდ, ყოველი $f \in L(R^n)$ -თვის შემდეგი პირობები ეკვივალენტურია:

$$1. f \in L(1+\ln^-L)(R^n),$$

$$2. \int_{\{M_{B_1}(f) > 1\}} M_{B_1}(f) < \infty.$$

ცნობილია აგრეთვე, რომ [1, თ. II, § 6], თუ

$$f \in L(1+\ln^-L)^n(R^n), \tag{1}$$

მაშინ

$$\int_{\{M_{B_2}(f) > 1\}} M_{B_2}(f) < \infty. \tag{2}$$

გუსმანის მიერ [1, თ. II, § 6] დასმულ იქნა კითხვა: ხომ არ შეიძლება $L(1+\ln^-L)^2(R^2)$ კლასი დავახასიათოთ M_{B_2} ოპერატორის მეშვეობით ისეთნაირად,



როგორც ეს იყო გაკეთებული $L(1+\ln^{-1}L)(\mathbb{R}^n)$ კლასის შემთხვევაში M_{B_1} ოპერატორის მემწეობით? ე. ი. $f \in L(\mathbb{R}^2)$ -თვის ეკვივალენტურია თუ არა (1) და (2) პირობები? ამ კითხვაზე უარყოფითი პასუხი გაცემულ იქნა გოგოლაძის [2, 3] და ბაგბის [4] მიერ.

ადილი დასადგენია, რომ $f \in L(1+\ln^{-1}L)(\mathbb{R}^n)$ -თვის სრულდება უფრო მეტი ვიდრე (2), კერძოდ

$$\sup_{\theta \in \theta(\mathbb{R}^n)} \int_{\{M_{B_2(\theta)}(f) > 1\}} M_{B_2(\theta)}(f) < \infty. \quad (3)$$

ისმის კითხვა: იქნებ (3) პირობის მემწეობითაა $L(1+\ln^{-1}L)(\mathbb{R}^n)$ კლასის დახასიათება შესაძლებელი? ე. ი. $f \in L(\mathbb{R}^n)$ -თვის ეკვივალენტურია თუ არა (1) და (3) პირობები? [5] -ში დამტკიცებული იყო თეორემა, რომელიც შეიცავს დასმულ კითხვაზე უარყოფით პასუხს $n=2$ შემთხვევისათვის.

სამართლიანია შემდეგი დებულება, რომლიდანაც გამომდინარეობს დასმული საკითხის უარყოფითი გადაწყვეტა ნებისმიერი $n \geq 2$ -თვის.

თეორემა. ყოველი $f \in L(1+\ln^{-1}L)(\mathbb{R}^n)$ ფუნქციისათვის მოიძებნება ზომის შემნახავი და შებრუნებადი ასახვა $\omega: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$ ისეთი, რომ

1. $\{|f \circ \omega| > 1\}$ წარმოადგენს კუბურ ინტერვალს,

2.
$$\sup_{\theta \in \theta(\mathbb{R}^n)} \int_{\{M_{B_2(\theta)}(f \circ \omega) > 1\}} M_{B_2(\theta)}(f \circ \omega) < \infty.$$

მოყვანილი თეორემა $n=2$ -თვის დამტკიცებული იყო [5]-ში და აღსანიშნავია, რომ ნებისმიერი $n \geq 2$ -ის შემთხვევაზე მისი გავრცელება დაკავშირებული აღმოჩნდა რიგ იდეური და ტექნიკური ხასიათის სირთულეებთან.

ი. ჯავახიშვილის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *M. de Guzman*. Lecture Notes in Mathematics, 481, Springer, 1975.
2. *Л. Д. Гоголадзе*. Сообщ. АН ГССР, 3, 1983, 257-259.
3. *Л. Д. Гоголадзе*. Автореф. докт. дисс. Тбилиси, 1984.
4. *R. J. Bagby*. Proc. American Math. Soc., 1983, 648-650.
5. *G. G. Oniani*. Georgian Math. J., 3, 1, 1996, 81-96.



6. ინასარიძე

წინაჯვარედინი მოდულების არააბელური ტენზორული
 ნამრავლები

წარმოდგინა აკადემიკოსმა ხ. ინასარიძემ 17.02.1997

ჩვენ ვაგრძელებთ ჯგუფების არააბელური ტენზორული ნამრავლის შესწავლას [1]-ში განზოგადებული ნებისმიერი მოქმედებისათვის, რათა განიმარტოს ჯგუფების არააბელური ჰომოლოგია მისი მარცხენა წარმოებული ფუნქტორების გამოყენებით.

ჯგუფების არააბელური ტენზორული ნამრავლი შემოტანილ იქნა ბრაუნისა და ლოდეს მიერ [2-4], ა. ლუს [5] და რ. კ. დენისის [6] შრომების მიხედვით. ის იქნა განმარტებული ნებისმიერი A და B ჯგუფებისათვის, რომლებიც მოქმედებენ თავიანთ თავზე შეუღლებით ($\gamma = \gamma \gamma^{-1}$) და ერთმანეთზე მოქმედებენ ისე, რომ სრულდება შემდეგი შეთანხმებულობის პირობები:

$${}^{(ab)}a' = aba^{-1}a', \quad {}^{(a)}b' = bab^{-1}b' \quad (1)$$

ჩემკ $a, a' \in A$ და $b, b' \in B$ -თვის.

წინადადება 1. ვთქვათ, A და B არიან ჯგუფები. თუ ისინი მოქმედებენ ერთმანეთზე სრულყოფილად [7] და სრულდება შემდეგი პირობები:

$$a'bb^{-1} \in \text{Comp}B(A), \quad b'aa^{-1} \in \text{Comp}A(B)$$

ყველა $a \in A, b \in B, a' \in \text{Comp}A(B), b' \in \text{Comp}B(A)$ -თვის, მაშინ არსებობს იზომორფიზმი

$$\overline{A} \otimes \overline{B} \approx (A \otimes B) / H,$$

სადაც $\overline{A} = A / \text{Comp}A(B), \overline{B} = B / \text{Comp}B(A)$ და H არის $A \otimes B$ -ის ნორმალური გამყოფი წარმოქმნილი $a' \otimes b'$, ელემენტებით, სადაც $a' \in \text{Comp}A(B)$ ან $b' \in \text{Comp}B(A)$.

შევნიშნოთ, რომ \overline{A} და \overline{B} მოქმედებენ ერთმანეთზე შეთანხმებულად, ე. ი. (1) პირობები სრულდება.

თეორემა 2. ვთქვათ, M და N არიან რაიმე G ჯგუფის ნორმალური გამყოფები, რომლებიც მოქმედებენ ერთმანეთზე შეუღლებით G -ში. თუ $[M, N], M \cap N, H_2(MN), H_3(MN/M), H_3(MN/N)$ ჯგუფები არიან სასრულად წარმოქმნილები, მაშინ $M \otimes N$ არის სასრულად წარმოქმნილი ჯგუფი.

წინადადება 3. ვთქვათ, $\mu: M \rightarrow P, \nu: N \rightarrow P$ არიან წინაჯვარედინი მოდულები

ერთსა და იმავე P ჯგუფზე. ვთქვათ M და N მოქმედებენ ერთმანეთზე P -ჯგუფით. მაშინ

$$(i) P \text{ ჯგუფი მოქმედებს } M \otimes N\text{-ზე, } {}^P(m \otimes n) = {}^P m \otimes {}^P n$$

(ii) $\lambda : M \otimes N \rightarrow P$ განსაზღვრული $\lambda(m \otimes n) = [\mu(m), \nu(n)]$ ფორმულით და მოქმედებით P -ისა $M \otimes N$ -ზე როგორც (i)-ში, არის წინაჯვარედინი მოდული P -ზე.

ვთქვათ, $\mu : M \rightarrow P$ და $\nu : N \rightarrow P$ არის ორი წინაჯვარედინი მოდული ერთსა და იმავე P ჯგუფზე. ვთქვათ, M და N მოქმედებენ ერთმანეთზე და თავიანთ თავზე P ჯგუფის გავლით, ე. ი.

$${}^m m' = \mu(m) m', \quad {}^m n = \mu(m) n,$$

$${}^n m = \nu(n) m, \quad {}^n n' = \nu(n) n',$$

ყველა $m, m' \in M; n, n' \in N$ -თვის.

განვიხილოთ ფიბრაციული ნამრავლი $M \times_p N = \{(m, n) \in M \times N; \mu(m) = \nu(n)\}$.

განმარტება 4. (არააბელური) გარე ნამრავლი $M \wedge^p N$ არის მიღებული გენის

ტენზორული ნამრავლიდან [8] $M \overset{G}{\otimes} N$ დამატებითი $m \otimes n = 1$ ყველა $(m, n) \in M \times_p N$ -თვის, პირობების მოთხოვნით.

თეორემა 5. ვთქვათ (M, μ) და (N, ν) არიან წინაჯვარედინი მოდულები ერთსა და იმავე P ჯგუფზე ისეთი, რომ $\mu M \cap \nu N$ მოქმედებს ტრივიალურად X -ზე,

სადაც X არის $M \overset{G}{\otimes} N$ ჯგუფის ქვეჯგუფი წარმოქმნილი $m \otimes n$ ელემენტებით ისეთი, რომ $\mu(m) = \nu(n)$. მაშინ ადგილი აქვს ჯგუფების შემდეგ ზუსტ მიმდევრობას

$$\Gamma((M \times_p N)^{ab}) \xrightarrow{\Psi} M \overset{G}{\otimes} N \rightarrow M \wedge^p N \rightarrow 1,$$

სადაც Γ უათჰედის გამა ფუნქტორია [9], $\Psi(\gamma(m, n)) = m \otimes n$. აგრეთვე Ψ -ს აქვს ცენტრალური ანასახი.

შედეგი 6. ვთქვათ, (M, μ) და (N, ν) არიან წინაჯვარედინი მოდულები ერთსა და იმავე P ჯგუფზე და ვთქვათ, $[\mu M, \nu N] = \mu M \cap \nu N$. მაშინ ადგილი აქვს ჯგუფების შემდეგ ზუსტ მიმდევრობას

$$\Gamma((M \times_p N)^{ab}) \xrightarrow{\Psi} M \overset{G}{\otimes} N \rightarrow M \wedge^p N \rightarrow 1,$$

სადაც $\Psi(\gamma(m, n)) = m \otimes n$. აგრეთვე Ψ -ს აქვს ცენტრალური ანასახი.

თეორემა 7. ვთქვათ $\mu : M \rightarrow P$ და $\nu : N \rightarrow P$ არის ორი წინაჯვარედინი მოდული ერთსა და იმავე P ჯგუფზე. ვთქვათ M და N მოქმედებენ ერთმანეთზე P ჯგუფის გავლით, თავიანთ თავზე შეუღლებით და სრულდება შემდეგი პირობები:

$${}^{(m)} m' = m m' m^{-1} \text{ თუ } \exists n \in N \text{ ისეთი, რომ } \mu(m) = \nu(n),$$

$${}^{(n)} n' = n n' n^{-1} \text{ თუ } \exists m \in M \text{ ისეთი, რომ } \nu(n) = \mu(m).$$

მაშინ ადგილი აქვს ჯგუფების შემდეგ ზუსტ მიმდევრობას

$$\Gamma((M \times_p N)^{ab}) \xrightarrow{\Psi} M \otimes N \rightarrow M \wedge^p N \rightarrow 1,$$

სადაც $\Psi(\gamma(m, n)) = m \otimes n$. აგრეთვე Ψ -ს აქვს ცენტრალური ანასახი.

დაეუშვათ რომ $PCM(P)$ არის P ჯგუფზე წინაწვარედინი მოდულების კატეგორია [8] და $\mathbf{F} = (F, \tau, \delta)$ თავისუფალი კოსამეული ამ კატეგორიაში.

განვიხილოთ მარცხენა არააბელური წარმოებული ფუნქტორები $L_n^{\mathbf{P}}(- \otimes N)$, $L_n^{\mathbf{P}}(- \wedge^p N)$, $n \geq 0$, შესაბამისად $- \otimes N$, $- \wedge^p N : PCM(P) \rightarrow Gr$ ფუნქტორების \mathbf{F} თავისუფალი კოსამეულით წარმოქმნილი \mathbf{P} პროექციული კლასის მიმართ [10].

თეორემა 8. ვთქვათ, $M_1 \xrightarrow{f} M \xrightarrow{g} M_2 \rightarrow 1$ არის წინაწვარედინი მოდულების ზუსტი მიმდევრობა. მაშინ გვაქვს ჯგუფების შემდეგი ზუსტი მიმდევრობა

$$M_1 \wedge^p N \xrightarrow{f'} M \wedge^p N \xrightarrow{g'} M_2 \wedge^p N \rightarrow 1,$$

სადაც $f' = f \wedge^p 1_N$, $g' = g \wedge^p 1_N$.

თეორემა 9. არსებობს იზომორფიზმი

$$L_0^{\mathbf{P}}(- \wedge^p N) \approx - \wedge^p N$$

თეორემა 10. ვთქვათ, $\mu : M \rightarrow P$, და $\nu : N \rightarrow P$ არის ორი წინაწვარედინი მოდული ერთსა და იმავე P ჯგუფზე. მაშინ გვაქვს ჯგუფების შემდეგი ზუსტი მიმდევრობა

$$\begin{aligned} \dots \rightarrow H_3(M, N) \rightarrow L_2^{\mathbf{P}}(M \wedge^p N) \rightarrow L_1^{\mathbf{P}}(M, \otimes, \wedge, N) \rightarrow \\ H_2(M, N) \rightarrow L_1^{\mathbf{P}}(M \wedge^p N) \rightarrow L_0^{\mathbf{P}}(M, \otimes, \wedge, N) \rightarrow M \otimes N \xrightarrow{f} \\ M \wedge^p N \rightarrow 1, \end{aligned}$$

სადაც

$$L_n^{\mathbf{P}}(M, \otimes, \wedge, N) = \pi_n(\text{Ker } f_*), \quad n \geq 0,$$

$$\text{Ker } f_* = \{ \text{Ker } f^n \mid f^n : F^n(M) \otimes N \rightarrow F^n(M) \wedge^p N, n \geq 1 \}.$$

თეორემა 11. ვთქვათ, $M_1 \xrightarrow{f} M \xrightarrow{g} M_2 \rightarrow 1$ არის წინაწვარედინი მოდულების ზუსტი მიმდევრობა. მაშინ გვაქვს ჯგუფების შემდეგი ზუსტი მიმდევრობა

$$M_1 \wedge^p N \xrightarrow{f'} M \wedge^p N \xrightarrow{g'} M_2 \wedge^p N \rightarrow 1,$$

$(M \wedge^p N)$ გარე ნამრავლი აღებულია გენის ტენზორული ნამრავლისათვის), სადაც $f' = f \wedge^p 1_N$, $g' = g \wedge^p 1_N$.

განვიხილოთ გენის ტენზორული ნამრავლისა $- \overset{G}{\otimes} N$ და მისი გარე ნამრავლის $- \wedge^p N$, როგორც ფუნქტორები $PCM(P)$ კატეგორიიდან ჯგუფების კატეგორიაში, წარმოებული ფუნქტორები თავისუფალი \mathbf{F} კოსამეულით წარმოქმნილი პროექციული \mathbf{P} კლასის მიმართ. მაშინ გვაქვს

თეორემა 12. არსებობს იზომორფიზმები

$$L_0^{\mathbb{P}}(-\otimes N) \approx -\otimes N,$$

$$L_0^{\mathbb{P}}(-\wedge^p N) \approx -\wedge^p N,$$

სადაც $-\wedge^p N$ გარე ნამრაველი აღებულია გენის ტენზორული ნამრავლისათვის.

ვანმარტება 13. ვთქვათ, (M, μ) ობიექტია $PCM(P)$ კატეგორიაში. მაშინ განვმარტავთ ${}^G H_*(M, N)$ გენის ჰომოლოგიებს (M, μ) წინაჯვარედინი მოდულისა კო-ფიციენტებით (N, ν) წინაჯვარედინი მოდულში P ჯგუფზე შემდეგნაირად:

$${}^G H_n(M, N) = L_{n-1}^{\mathbb{P}}(M \otimes N), \quad n \geq 2,$$

$${}^G H_1(M, N) = \text{Ker } \lambda', \quad {}^G H_0(M, N) = \text{Coker } \lambda'.$$

სადაც $\lambda': M \otimes N \rightarrow N/N'$, $\lambda'(m \otimes n) = [{}^*n]nn^{-1}$ და N' არის ნორმალური გამყოფი წარმოქმნილი $[{}^*n]n^{-1}n^{-1}$ ელემენტებით, ყველა $n, n' \in N$ -თვის.

შენიშვნა 14. ცხადია, რომ ${}^G H_*(M, N)$ ჯგუფები ყოველი $n \geq 2$ -თვის არის აბელური. როდესაც $(M, \mu)(N, \nu)$ არიან ჯვარედინი მოდულები, მაშინ ${}^G H_*(M, N) = H_*(M, N)$ იქნება აგრეთვე აბელური და ამასთან ${}^G H_0(M, N) = H_0(M, N)$.

თეორემა 15. დაევშვათ, რომ $(M, \mu), (N, \nu)$ არის ორი წინაჯვარედინი მოდული ერთსა და იმავე ჯგუფზე. მაშინ გვაქვს ჯგუფების შემდეგი ზუსტი მიმდევრობა

$$\dots \rightarrow {}^G H_3(M, N) \rightarrow L_2^{\mathbb{P}}(M \wedge^p N) \rightarrow L_1^{\mathbb{P}}(M, \otimes, \wedge, N) \rightarrow$$

$${}^G H_2(M, N) \rightarrow L_1^{\mathbb{P}}(M \wedge^p N) \rightarrow L_0^{\mathbb{P}}(M, \otimes, \wedge, N) \rightarrow M \otimes N \xrightarrow{f},$$

$$M \wedge^p N \rightarrow 1,$$

სადაც

$$L_n^{\mathbb{P}}(M, \otimes, \wedge, N) = \pi_n(\text{Ker } f_*), \quad n \geq 0$$

$$\text{Ker } f_* = \{ \text{Ker } f^n \mid f^n: F^n(M)N \rightarrow F^n(M) \wedge^p N, n \geq 1 \}.$$

ვთქვათ, $CM(P)$ არის ჯვარედინი მოდულების კატეგორია P ჯგუფზე [8]. ავადგოთ $CM(P)$ კატეგორიაში $\mathbf{F}' = (F', \tau', \delta')$ კოსამეული. დაევშვათ, $F': CM(P) \rightarrow CM(P)$ იყოს ენდოფუნქტორი განსაზღვრული შემდეგნაირად: $(M, \mu) \in \text{ob } CM(P)$ -თვის $F'(M, \mu)$ ობიექტი იყოს $(F(M)/H, \tilde{\mu})$ ჯვარედინი მოდული,

სადაც $F(M)$ არის M -ით წარმოქმნილი თავისუფალი ჯგუფი და H - კი არის ნორმალური გამყოფი წარმოქმნილი შემდეგი $(\tilde{\mu}(x)x'xx^{-1}x^{-1})$ ელემენტებით. ყოველი $x, x' \in F(M)$ -თვის. თუ $f: (M, \mu) \rightarrow (M', \mu')$ არის $CM(P)$ კატეგორიის მორფიზმი, მაშინ $F'(f): (F(M)/H, \tilde{\mu}) \rightarrow (F(M')/H', \tilde{\mu}')$ არის ინდუცირებული $F(f)$ ბუნებრივი ჰომომორფიზმით.

ვთქვათ, (M, μ) ჯვარედინი მოდულია. მაშინ $F(M) \rightarrow M$ ბუნებრივი ეპიმორფიზ-

მი ინდუცირებს $CM(P)$ კატეგორიის $(F(M)/H, \tilde{\mu}) \xrightarrow{r(M)} (M, \mu)$ მორფიზმს და $\tau': F \rightarrow 1_{CM(F)}$ აკმაყოფილებს ბუნებრივი გარდაქმნის პირობას.

ვთქვათ, $\delta': F \rightarrow F^2$ არის ბუნებრივი გარდაქმნა ინდუცირებული $(M, \mu) \in \text{ob } CM(P)$ -თვის $M \rightarrow F(M)$ ინექციისა და $F(M) \rightarrow F(M)/H$ ბუნებრივი ეპიმორფიზმის კომპოზიციით (იმიტომ რომ ნებისმიერი სიმრავლური ასახვა $f: M \rightarrow M'$ რომელიც აკმაყოფილებს $f^p m = {}^p f(m)$, $\mu' f = \mu$ პირობებს ინდუცირებს $F(M)/H \rightarrow F(M')/H'$ გვარედინი მოდულების მორფიზმს).

[8]-დან ცნობილია, რომ $-\overset{G}{\otimes} N$ და $-\otimes N$ არიან იგივე ფუნქტორები $CM(P)$ კატეგორიაზე. განვიხილოთ $L_n^{\mathbf{F}}(-\otimes N)$ და $L_n^{\mathbf{F}}(-\wedge^p N)$, $n \geq 0$ მარცხენა არააბელური წარმოებული ფუნქტორები შესაბამისად $-\otimes N$ და $-\wedge^p N$ ფუნქტორებისა \mathbf{F} კოსამეულით წარმოქმნილი \mathbf{P}' პროექციული კლასის მიმართ. მაშინ გვაქვს

თეორემა 16. არსებობს იზომორფიზმები

$$L_0^{\mathbf{F}}(-\otimes N) \approx -\otimes N,$$

$$L_0^{\mathbf{F}}(-\wedge^p N) \approx -\wedge^p N.$$

ადვილი სანახავია რომ $(-x_p N)/\langle -, N \rangle$ არის კოვარიანტული ფუნქტორი $CM(P)$ კატეგორიის Ab აბელური ჯგუფების კატეგორიაში, მაშინ $\Gamma(-x_p N/\langle -, N \rangle)$ იქნება ფუნქტორი $CM(P)$ კატეგორიიდან Ab კატეგორიაში. განვიხილოთ $\Gamma(-x_p N)/\langle -, N \rangle$ ფუნქტორის $L_n^{\mathbf{F}}\Gamma(-x_p N/\langle -, N \rangle)$, $n \geq 0$ მარცხენა არააბელური ფუნქტორები (F', τ', δ') კოსამეულით წარმოქმნილი \mathbf{P}' პროექციული კლასის მიმართ.

თეორემა 17. ვთქვათ $(M, \mu), (N, \nu) \in \text{ob } CM(P)$, მაშინ გვაქვს ჯგუფების შემდეგი ზუსტი მიმდევრობები

$$\cdots \rightarrow L_2^{\mathbf{F}}(M \wedge^p N) \rightarrow L_1^{\mathbf{F}}(M, \otimes, \wedge, N) \rightarrow L_1^{\mathbf{F}}(M \otimes N) \rightarrow$$

$$L_1^{\mathbf{F}}(M \wedge^p N) \rightarrow L_0^{\mathbf{F}}(M, \otimes, \wedge, N) \rightarrow M \otimes N \rightarrow M \wedge^p N \rightarrow 1,$$

სადაც

$$L_n^{\mathbf{F}}(M, \otimes, \wedge, N) = \pi_n(\text{Ker } f_*), \quad n \geq 0,$$

$$\text{Ker } f_* = \{ \text{Ker } f^* \mid f^*: F^*(M) \otimes N \rightarrow F^*(\bar{M}) \wedge^p N, n \geq 1 \}$$

და

$$\cdots \rightarrow L_2^{\mathbf{F}}(M, \otimes, \wedge, N) \rightarrow L_1^{\mathbf{F}}(\Gamma x, M, \otimes, \wedge, N) \rightarrow$$

$$L_1^{\mathbf{F}}\Gamma(M \times_p N / \langle M, N \rangle) \rightarrow L_1^{\mathbf{F}}(M, \otimes, \wedge, N) \rightarrow L_0^{\mathbf{F}}(\Gamma x, M, \otimes, \wedge, N) \rightarrow$$

$$\rightarrow L_0^{\mathbf{F}}\Gamma(M \times_p N / \langle M, N \rangle) \rightarrow L_0^{\mathbf{F}}(M, \otimes, \wedge, N) \rightarrow 1,$$

სადაც

$$L_n^{\mathbb{P}}(\Gamma \times, M, \otimes, \wedge, N) = \pi_n(\text{Ker } \psi_*), \quad n \geq 0,$$

$$\text{Ker } \psi_* = \{ \text{Ker } \psi^n \mid \psi^n: \Gamma(F^n(M) \times_p N / \langle F^n(M), N \rangle) \rightarrow F^n(M) \otimes N, \quad n \geq 1 \};$$

შენიშვნა 18. არსებობს ბუნებრივი ეპიმორფიზმი

$$L_0^{\mathbb{P}} \Gamma(M \times_p N / \langle M, N \rangle) \rightarrow \Gamma(M \times_p N / \langle M, N \rangle).$$

ა. რაზმაძის სახელობის
 მათემატიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *N. Inassaridze*. J. Pure Applied Algebra, **112**, 1996, 55-61.
2. *R. Brown, D. L. Johnson, E.F. Robertson*. J. of Algebra, **111**, 1987, 177-202.
3. *R. Brown, J. L. Loday*. C. R. Acad. Sci. Paris, S.I. Math. **298**, 15, 1984, 353-356.
4. *R. Brown, J. L. Loday*. Topology, **26**, 1987, 311-335.
5. *A. S. T. Lue*. London Math. Soc., **2**, 14, 1976, 309-312.
6. *R. K. Dennis*. In Search of New Homology Functors Having a Close Relationship to K- theory. Preprint, Cornell University, 1976.
7. *N. Inassaridze*. Theory and Applications of Categories, **2**, 5, 1996, 55-61.
8. *D. Guin*. Pure Applied Algebra, **50**, 1988, 109-137.
9. *J. H. C. Whitehead*. Ann. Math., vol. **52**, 1, 1950, 51-110.
10. *H. Inassaridze*. Homotopy of Pseudosimplicial Groups, Non-abelian Derived Functors and Algebraic K-theory Math. USSR Sbornic **27**, 3, 1975, 339-362.



ო. ბანსაია, რ. ბაჩიჩილაძე

ერთი თეორემა იზოპერიმეტრული ამოცანის შესახებ ღრეკა-
 დობის თეორიაში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ბურჭულაძემ 4.03.1997

ნაშრომში შესწავლილია შემდეგი იზოპერიმეტრული ამოცანა: ვიპოვოთ მოცემული მოცულობის ღრეკადი სხეულების რაიმე სიმრავლიდან ის ღრეკადი ტანი, რომლისთვისაც პირველი სასაზღვრო ამოცანის შესაბამისი პირველი საკუთრივი სიხშირე არის მინიმალური. მათემატიკურ ფიზიკაში იზოპერიმეტრულ ამოცანებს ეძღვნება მრავალი ნაშრომი, რომელთა შორის აღსანიშნავია [1].

\mathbf{R}^n ($n > 2$) არის ევკლიდეს n -განზომილებიანი სივრცე; ჩაკეტილ, ამოზნექილ და შემოსაზღვრულ T სიმრავლეს ეწოდება ამოზნექილი ტანი. თუ ამოზნექილი ტანი შეიცავს შიგა წერტილს, მაშინ T არის ჩაკეტილი არე.

ეთქვათ, T არის ამოზნექილი ტანი. განვიხილოთ $d(\cdot, T): \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}$ ასახვა, განსაზღვრული ტოლობით

$$\forall x \in \mathbf{R}^n: d(x, T) = \inf_{y \in T} d(x, y).$$

თუ T_1 და T_2 ამოზნექილი ტანებია, მაშინ

$$\rho(T_1, T_2) = \sup_{x \in \mathbf{R}^n} |d(x, T_1) - d(x, T_2)|. \quad (1)$$

$\mathcal{A}(\mathbf{R}^n; \rho)$ აღვნიშნოთ ამოზნექილ ტანთა სიმრავლეზე განსაზღვრული მეტრიკული სივრცე, რომელშიც მანძილი (ჰაუსდორფის მანძილი) მოცემულია (1) ტოლობით $\mathcal{A}(\mathbf{R}^n; \rho)$ სივრცე სრულია.

$\forall T \in \mathcal{A}(\mathbf{R}^n; \rho)$, $\mu(T) > 0$, შევესაბამოთ $H(T)$ ჰილბერტის სივრცე, რომ შესრულებული იყოს შემდეგი პირობა:

თუ $T_1 \subset T_2$ მაშინ არსებობს $I_{T_1, T_2} \in L(H(T_1); H(T_2))$ ისეთი, რომ

$$\forall u \in H(T): \|I_{T_1, T_2} u\|_{H(T_2)} = \|u\|_{H(T)},$$

სადაც μ არის ლებეგის ზომა \mathbf{R}^n -ში.

შემოვიღოთ შემდეგი უწყვეტი ორადწრფივი ფორმები:

$$\forall T \in \mathcal{A}(\mathbf{R}^n; \rho), B_j(T): H(T) \times H(T) \rightarrow \mathbf{C}, j = 1, 2,$$

რომლებიც აკმაყოფილებენ შემდეგ პირობებს:

1. $\forall T \in \mathcal{A}(\mathbf{R}^n; \rho)$, $\exists M_T > 0$, რომ $\forall u \in H(T)$:

$$\operatorname{Re} B_1(T)(u, u) \geq M_T \|u\|^2;$$

$$2. \forall u \in H(T) \setminus \{0\}: \operatorname{Re} B_2(T)(u, u) > 0;$$

3. თუ $\forall (u, v) \in H(T_2) \times H(T_2) : B_j(T_2)(u, v) = B_j(T_1)(I_{T_1 T_1} u, I_{T_1 T_1} v)$,
 თუ $T_2 \subset T_1$;

4. თუ H_0^k არის ჰომოთეტიკა ცენტრით O და კოეფიციენტით $k > 0$, მაშინ
 არსებობს J_0^k იზომორფიზმი $H(T)$ -სი $H(H_0^k(T))$ -ზე ისეთი, რომ

$$B_j(H_0^k(T))(J_0^k u, J_0^k v) = k^{\alpha_j} B_j(T)(u, v), \quad \forall (u, v) \in H(T) \times H(T), \quad \alpha_1 \leq \alpha_2.$$

განვიხილოთ შემდეგი ფუნქციონალი:

$$\forall u \in H(T): F(T)(u) = \frac{\operatorname{Re} B_1(T)(u, u)}{\operatorname{Re} B_2(T)(u, u)}.$$

განსაზღვრა.

$$\forall T \in \mathcal{A}(\mathbb{R}^n; \rho): \Lambda(T) = \inf_{u \in H(T) \setminus \{0\}} F(T)(u).$$

მტკიცდება, რომ

$$1. \text{ თუ } T_2 \subset T_1, \text{ მაშინ } \Lambda(T_1) \leq \Lambda(T_2);$$

$$2. \forall T \in \mathcal{A}(\mathbb{R}^n; \rho): \Lambda(H_0^k(T)) = k^{\alpha_1 - \alpha_2} \Lambda(T);$$

3. თუ $T_0 \in \mathcal{A}(\mathbb{R}^n; \rho)$, $\mu(T_0) > 0$, და $\lim_{p \rightarrow \infty} T_p = T_0$, $T_p \in \mathcal{A}(\mathbb{R}^n; \rho)$, მაშინ

$$\lim_{p \rightarrow \infty} \Lambda(T_p) = \Lambda(T_0).$$

$H_r(D, m)$ -ით (შესაბამისად $\dot{H}_r(D, m)$ -ით) აღვნიშნოთ ჰილბერტის სივრცე,
 რომელიც მიიღება $C^r(\bar{D}, m)$ (შესაბამისად $\dot{C}^r(D, m)$) სივრცის ჩაკეტვით [2]

$$(u, v)_r = \sum_{|\alpha| \leq r} \int_D D^\alpha u \cdot D^\alpha v \, dx,$$

სკალარული ნამრავლის შესაბამისი ნორმით, სადაც $u: D \rightarrow \mathbb{R}^m$, $v: D \rightarrow \mathbb{R}^m$.
 შემოვიღოთ

$$\forall (u, v) \in \dot{H}_1(T, n) \times \dot{H}_1(T, n): B_1(T)(u, v) = \int_T a_{ijkl} \varepsilon_{ij}(u) \varepsilon_{lk}(v) \, dx,$$

$$B_2(T)(u, v) = \int_T u \cdot v \, dx,$$

სადაც

$$\varepsilon_{ij}(u) = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right).$$

ინდექსის გამეორება ნიშნავს აჯამვას ამ ინდექსის მიმართ 1-დან n -მდე.

$\exists c > 0$ ისეთი, რომ $\forall \varepsilon_{ij} \in \mathbf{R} (\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ji})$:

$$a_{ijkl} \varepsilon_{ij} \varepsilon_{lk} \geq c \varepsilon_{ij} \varepsilon_{ij}, \quad (2)$$

ამასთან a_{ijkl} მუდმივები აკმაყოფილებენ სიმეტრიის შემდეგ პირობებს:

$$a_{ijkl} = a_{jilk} = a_{lkij}$$

განვიხილოთ შემდეგი სასაზღვრო

ამოცანა. ვიპოვოთ $u: \overset{\circ}{T} \rightarrow \mathbf{R}^n$ ისეთი, რომ

$$\forall x \in \overset{\circ}{T}: A(\partial_x)u(x) + \omega^2 u(x) = 0,$$

$$\forall x \in \partial T: \lim_{T \ni z \rightarrow x \in \partial T} u(z) = 0,$$

სადაც $A(\partial_x) = \left\| a_{ijkl} \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} \right\|_{n \times n}$.

ცნობილია, რომ [3] ამ ამოცანას აქვს საკუთარი სიზშირეების თვლადი სიმ-
 რაველე $\{\omega_1^2, \dots, \omega_p^2, \dots\}$,

$$\omega_1^2 \leq \omega_2^2 \leq \dots \leq \omega_p^2 \leq \dots$$

მარტივი საჩვენებელია, რომ

$$\omega_1^2 = \Lambda(T).$$

შევნიშნოთ, რომ $B_j(T)$, $j=1,2$, აკმაყოფილებენ ორადწრფივი ფორმების შე-
 სახებ ზემოთ მოთხოვნილ 1-4 პირობებს.

ლემა 1[4]. ვთქვათ, $T \in \mathcal{A}(\mathbf{R}^n; \rho)$, $\mu(T) > 0$ და E არის T ტანის მომცველი
 მინიმალური მოცულობის მქონე ელიფსოიდი O ცენტრით. მაშინ $\#_O^{1/n^3}(E) \subset T$.

ლემა 2. თუ E არის ელიფსოიდი და $2a$ მისი უდიდესი დერძია, მაშინ არსე-
 ბობს Π პარალელეპიპედი, რომლის ერთი წიბო ტოლია $2a$ -სი და $E \subset \Pi$ ამასთან

$$\mu(\Pi) \leq n! \mu(E),$$

ამ ორი ლემიდან გამომდინარეობს, რომ $\forall T \in \mathcal{A}(\mathbf{R}^n; \rho)$ -სთვის $\exists \Pi$ პარალე-
 ლეპიპედი, $T \subset \Pi$ ისეთი, რომ

1) $\frac{2a}{n} \leq \text{diam } T \leq 2a$, სადაც $2a$ არის Π პარალელეპიპედის უდიდესი
 წიბო;

2) $\mu(\Pi) \leq n^{3n/2} n! \mu(T)$.

შევნიშნოთ, რომ $\Lambda: \mathcal{A}(\mathbf{R}^n; \rho) \rightarrow \mathbf{R}$ ფუნქცია ინვარიანტულია პარალელური
 გადატანის მიმართ. ამიტომ შეგვიძლია ვიგულისხმოთ, რომ მოცემული T ტანის
 რომელიმე დიამეტრის შუაწერტილი ემთხვევა კოორდინატთა სათავეს. განვიხი-
 ლოთ ახალი საკოორდინატო სისტემა (v_1, \dots, v_n) ისეთი, რომ საკოორდინატო
 დერძები პარალელური იყოს Π პარალელეპიპედის წიბოებისა და v_1 დერძი იყოს
 $2R$ -ის ($2R$ არის T ტანის დიამეტრი) ტოლი წიბოს პარალელური. შესაბამისი



ორთოგონალური გარდაქმნა იყოს $Q = \|a_{ij}\|_{n \times n}$ და Π პარალელეპიპედის საკოორდინატო სისტემაში ჰქონდეს შემდეგი სახე:

$$\Pi = \{y \in \mathbb{R}^n: a_i \leq y_i \leq b_i, i = 1, \dots, n\}, b_1 - a_1 = 2R.$$

ამ ორთოგონალური გარდაქმნის შედეგად

$$a_{ijkl} \alpha_{im} \alpha_{jp} \alpha_{ls} \alpha_{kh} = a'_{mpsh}$$

ცხადია, რომ

$$\Lambda(\Pi) = \inf_{\substack{v \in H_1(\Pi, n) \\ v \neq 0}} \frac{\int_{\Pi} a'_{mpsh} \varepsilon_{mp}(v) \varepsilon_{sh}(v) dy}{\int_{\Pi} |v(y)|^2 dy}$$

(2) პირობიდან, კორნის უტოლობის და ზემოთ ჩამოყალიბებული ლემების საფუძველზე მარტივად მიიღება შეფასება:

$$\Lambda(T) \geq c^{n-1} \sqrt{\frac{4R^2}{n^{3n}(n!)^2 \mu^2(T)}}. \quad (3)$$

კომპაქტურობის შესახებ ბლიაშკეს თეორემის ძალით, Λ -ს უწყვეტობის გამოყენებით და (3) შეფასების გამო მარტივად მიიღება შემდეგი

თეორემა 1. ვთქვათ, $\mathcal{F} = \{T \in \mathcal{A}(\mathbb{R}^n; \rho), \mu(T) = V\}$, $V > 0$, მაშინ არსებობს $T_0 \in \mathcal{F}$ ისეთი, რომ

$$\Lambda(T_0) = \inf_{T \in \mathcal{F}} \Lambda(T)$$

განვიხილოთ $J: \mathcal{A}(\mathbb{R}^n; \rho) \rightarrow \mathcal{A}(\mathbb{R}^n; \rho)$ ისეთი, რომ $\forall T, J(T)$ არის ამოზნექილი ტანი, რომელიც მიიღება T -სგან პარალელური გადატანით და რომლის რაიმე დიამეტრის უზაწერტილი ემთხვევა კოორდინატთა სათავეს. შეგვიძლია ჩამოყალიბოთ შემდეგი.

თეორემა 2. ვთქვათ, $\mathcal{F} \subset \mathcal{A}(\mathbb{R}^n; \rho)$, $\forall T \in \mathcal{F}, \mu(T) = V$ და $J(\mathcal{F})$ არის ჩაკეტილი სიმრავლე. მაშინ არსებობს ისეთი $T_0 \in \mathcal{F}$, რომ

$$\Lambda(T_0) = \inf_{T \in \mathcal{F}} \Lambda(T)$$

საქ. მეცნიერებათა აკადემიის

ა. რაზმაძის სახელობის მათემატიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. G. Polya, G. Szego. Isoperimetric inequalities in mathematical physics. Princeton, 1951.
2. G. Fichera. Handb. d. Physic, Bd. VI/2, No 3, Springer-Verlag, Heidelberg, 1972.
3. В. Д. Купрадзе, Т. Г. Герелиа, М. О. Башалейшвили, Т. В. Бурчуладзе. Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. М., 1976.
4. А. В. Погорелов. Многомерная проблема Минковского. М., 1975.

20908

6. ცალწევლაზვილი

რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ ზოგიერთი ცხრაცვლადინი
 კვადრატული ფორმით

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ქოლოშვილმა 4.03.1997

კარგად არის ცნობილი, რომ დადებითი n რიცხვის f კვადრატული ფორმით
 წარმოდგენათა რაოდენობა შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით

$$r(n; f) = \rho(n; f) + \nu(n; f),$$

სადაც $\rho(n; f)$ არის სინგულარული მწკრივი და მისი გამოსათვლელი ფორმულე-
 ბი ცნობილია.

მოდულურ ფორმათა თეორიის ენაზე იგი შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ:

$$\vartheta(\tau, f) = E(\tau, f) + X(\tau),$$

სადაც

$$\vartheta(\tau, f) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} r(n, f) e^{2\pi i \tau n}$$

და

$$E(\tau; f) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \rho(n, f) e^{2\pi i \tau n},$$

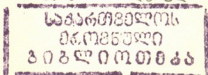
სადაც $\tau \in H = \{\tau; \text{Im } \tau > 0\}$, $E(\tau; f)$ არის f ფორმის შესაბამისი აიზენშტაინის
 მწკრივი, $X(\tau)$ არის პარაბოლური ფორმა. ამ ფუნქციის ასაგებად გამოყენებულია
 მახასიათებლიანი თეტა-ფუნქციები, რომლებიც შემოღებული იყო ვეფხვაძის მი-

ერ [1] შემდგენაირად: ვთქვათ, g და h s ცვლადიანი $f = \frac{1}{2} \sum_{j,k=1}^s a_{jk} x_j x_k$ კვადრა-

ტული ფორმის $A = (a_{jk})$ მატრიცის შესაბამისი სპეციალური ფუნქციებია. ვთქვათ,
 N არის f ფორმის საფეხური და $P_\nu = P_\nu(x) - f$ ფორმის შესაბამისი ν რიგის
 სფერული ფუნქცია. მაშინ

$$\vartheta_{gh}(\tau, P_\nu, f) = \sum_{x \equiv y \pmod{N}} (-1)^{\frac{hA(x-y)}{N^2}} P_\nu(x) e^{\frac{\pi i \tau x' A x}{N^2}} \quad (1)$$

ამ ნაშრომში (1) ფუნქციის მოდულური თვისებების გამოყენებით მიღებულია





ზუსტი ფორმულები დადებითი მთელი რიცხვების წარმოდგენათა რაოდენობის სათვის

$$f_k = 2 \sum_{j=1}^k x_j^2 + \sum_{j=k+1}^9 x_j^2 \quad (k = 1, 2, \dots, 8). \quad (2)$$

ფორმებით.

უნდა აღინიშნოს, რომ ცხრაწევლიანი ფორმების შემთხვევაში მხოლოდ კვადრატების ჯამი იყო ადრე განხილული [2].

თეორემა 1. ვთქვათ,

$$f = 2x_1^2 + 2x_2^2 + \dots + 2x_4^2 + x_5^2, \quad p_2 = x_5^2 - 2x_1^2,$$

$$h = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad g^{(1)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad g^{(2)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ 2 \\ 4 \\ 4 \end{pmatrix}.$$

მაშინ

$$\vartheta(\tau, f_k) = E(\tau, f_k) + X(\tau, f_k) \quad (k = 2, 4, 6, 8), \quad (3)$$

სადაც

$$X(\tau, f_k) = \sum_{j=1}^2 B_j^{(k)} \vartheta_{g^{(j)}, h}(\tau, P_2, f) \quad (k = 2, 4, 6, 8),$$

აქ

$$\begin{pmatrix} B_1^{(2)} & B_2^{(2)} \\ B_1^{(4)} & B_2^{(4)} \\ B_1^{(6)} & B_2^{(6)} \\ B_1^{(8)} & B_2^{(8)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{68} & \frac{19}{272} \\ \frac{3}{272} & \frac{5}{68} \\ \frac{5}{544} & \frac{3}{68} \\ \frac{-1}{136} & \frac{1}{34} \end{pmatrix}$$

თეორემა 2. ვთქვათ,

$$f = 6x_1^2 + 6x_2^2 + 6x_3^2, \quad p_3 = x_1 x_2 x_3,$$

$$h = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad g^{(1)} = \begin{pmatrix} 4 \\ 4 \\ 8 \end{pmatrix}, \quad g^{(2)} = \begin{pmatrix} 8 \\ 8 \\ 8 \end{pmatrix}.$$

მაშინ

$$\vartheta(\tau, f_k) = E(\tau, f_k) + X(\tau, f_k) \quad (k = 1, 3, 5, 7), \quad (4)$$

სადაც

$$X(\tau, f_k) = \sum_{j=1}^2 B_j^{(k)} \vartheta_{g^{(j)}, h}(\tau, P_2, f) \quad (k = 1, 3, 5, 7),$$

აქ

$$\begin{vmatrix} B_1^{(1)} & B_2^{(1)} \\ B_1^{(3)} & B_2^{(3)} \\ B_1^{(5)} & B_2^{(5)} \\ B_1^{(7)} & B_2^{(7)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{3}{68} & \frac{-1}{68} \\ \frac{29}{544} & \frac{5}{544} \\ \frac{23}{544} & \frac{3}{544} \\ \frac{23}{1088} & \frac{1}{272} \end{vmatrix}$$

(3) ტოლობაში ორივე მხარეში კოეფიციენტების განტოლებით მიიღება
თეორემა 3. ვთქვათ, $n = 2^a u = r^2 \omega'$, $\omega = d/2$, $2 \nmid u$, $u = r_1^2 \omega_1$ და ვთქვათ, ω'
 და ω_1 კვადრატისგან თავისუფალი რიცხვებია. მაშინ

$$r(n, f_k) = \rho(n, f_k) + \sum_{j=1}^2 \alpha_j^{(k)} \nu_j(n) \quad (k = 2, 4, 6, 8),$$

სადაც

$$\rho(n, f_k) = \frac{3 \cdot 2^{13-k/2} n^{7/2}}{17\pi^4} \chi_2^{(k)}(n) L(4, \omega) \prod_{p|n}^{-7} \sum_{s|p} s^7 \prod_{p|s} \left(1 - \left(\frac{\omega}{p}\right) p^{-4}\right),$$

$$\nu_1(n) = \sum_{2x_1^2 + \dots + 2x_4^2 + x_5^2 = n} (x_5^2 - 2x_1^2),$$

$$\nu_2(n) = \sum_{\substack{16x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + 4x_4^2 + 2x_5^2 = 8n \\ x_2 = x_3 = 1 \pmod{4} \\ x_4 = x_5 = 1 \pmod{2}}} (x_5^2 - 8x_1^2)$$

$$a_1^{(k)} = 64B_1^{(k)}, \quad a_2^{(k)} = 16B_2^{(k)}.$$

$\chi_2^{(k)}$ -ს და $L(4, \omega)$ -ს მნიშვნელობები მოცემულია [3] და [4]-ში.

თეორემა 4. ვთქვათ, $n = 2^a u = r^2 \omega'$, $\omega = d/2$, $2 \nmid u$, $u = r_1^2 \omega_1$ და ვთქვათ, ω'
 და ω_1 კვადრატისგან თავისუფალი რიცხვებია. მაშინ

$$r(n, f_k) = \rho(n, f_k) + \sum_{j=1}^2 \alpha_j^{(k)} \nu_j(n) \quad (k = 1, 3, 5, 7),$$

სადაც

$$\rho(n, f_k) = \frac{3 \cdot 2^{13-k/2} n^{7/2}}{17\pi^4} \chi_2^{(k)}(n) L(4, \omega) r_1^{-7} \sum_{s_1} s_1^7 \prod_{p|s_1} \left(1 - \left(\frac{\omega}{p}\right) p^{-4}\right),$$

$$v_1(n) = \sum_{\substack{x_1^2 + 2x_2^2 + 4x_3^2 = 6n \\ x_1 = x_2 = 1 \pmod{6} \\ x_3 = 1 \pmod{3}}} x_1 x_2 x_3,$$

$$v_2(n) = \sum_{\substack{x_1^2 x_2^2 x_3^2 \\ 2x_1^2 + 2x_2^2 + 2x_3^2 = 3n \\ x_1 = x_2 = x_3 = 1 \pmod{3}}} x_1 x_2 x_3,$$

$$a_1^{(k)} = 128 B_1^{(k)}, \quad a_2^{(k)} = 512 B_2^{(k)}.$$

$\chi_2^{(k)}(n)$ და $L(4, \omega)$ -ს მნიშვნელობები მოცემულია [3] და [4]-ში.

ა. რაზმაძის სახელობის მათემატიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Т. В. Велхадзе*. Обобщенные тета-функции с характеристиками и представление чисел квадратичными формами, Acta Arithm. 1990.
2. *Г. А. Ломадзе*. О числе представлений натуральных чисел суммами девяти квадратов, Acta Arithm. 1994, 245-253.
3. *გ. ლომაძე*. რაზმაძის სახ. თბილისის მათ. ინსტ. შრომები, 19, 1949, 28-314.
4. *А. В. Малышев*. О представлении целых чисел положительными квадратичными формами. Труды Мат. ин-та им. В. А. Стеклова 65, 1962, 1-319.

ზ. წიკლაური

განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ ფურიეს მწკრივების გარდაქმნა

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ქვიციანიამ 7.11.1996

ნაშრომში მოყვანილია თეორემები, რომლებიც ანალოგიურია ფურიეს ერთ-ჯერადი ტრიგონომეტრიული მწკრივებისათვის ცნობილი თეორემებისა [1].

აღნიშნოთ B, C, L -ით შესაბამისი შემოსაზღვრული უწყვეტი ინტეგრებადი ფუნქციათა კლასები S^3 -ზე, ხოლო M იყოს სასრული, ბორელის რეგულარული ზომების სიმრავლე. S -განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ ფურიეს-სტილტიესის მწკრივთა კლასი.

განსაზღვრება. ნამდვილ ან კომპლექსურ რიცხვთა $\{a_n\}$, $n=0,1,2,\dots$ მიმდევრობას ეწოდება მამრავლი Y და Z -ში რომელსაც ასე ჩაეწერთ $a_n \in (Y, Z)$, თუ, ნებისმიერი $f \in Y$ -თვის, რომელიც იშლება ფურიეს მწკრივად განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ

$$S(f; \vartheta, \varphi) \sim \sum_{l=0}^{\infty} I_l^{(m)}(f; \vartheta, \varphi), \quad m = \pm 1 \quad (1)$$

მოიძებნება $g \in Z$ ფუნქცია, რომლის ფურიეს მწკრივად გაშლას აქვს შემდეგი სახე:

$$S(g; \vartheta, \varphi) \sim \sum_{l=1}^{\infty} \frac{1}{2l+1} a_n I_l^{(m)}(f; \vartheta, \varphi) \quad (2)$$

მართებულია შემდეგი თეორემები:

თეორემა 1. იმისათვის, რომ $a_n \in (B, B)$ აუცილებელია და საკმარისი

$$\sum_{l=1}^{\infty} a_l e^{-im(\varphi_1 + \varphi_2)} P_{m,m}^l(\cos \gamma) \quad (3)$$

იყოს სტილტიესის მწკრივი.

თეორემა 2. იმისათვის, რომ $a_n \in (C, C)$ აუცილებელია და საკმარისი, რომ (3) მწკრივი იყოს სტილტიესის მწკრივი.

თეორემა 3. იმისათვის, რომ $a_n \in (M, M)$ აუცილებელია და საკმარისი, რომ (3) მწკრივი იყოს სტილტიესის მწკრივი.

თეორემა 4. იმისათვის, რომ $a_n \in (C, B)$ აუცილებელია და საკმარისი (3), მწკრივი იყოს სტილტიესის მწკრივი.

თეორემა 5. იმისათვის, რომ $a_n \in (B, C)$ აუცილებელია და საკმარისი, რომ

მწკრივი (3) იყოს L კლასის ფუნქციის ფურიეს მწკრივი.

თეორემა 6. იმისათვის, რომ $a_n \in (M, L)$ აუცილებელია და საკმარისი, რომ (3) იყოს L კლასის ფუნქციის ფურიეს მწკრივი.

თეორემა 7. იმისათვის, რომ $a_n \in (L, B)$ აუცილებელია და საკმარისი, რომ (3) მწკრივი იყოს B კლასის ფუნქციის ფურიეს მწკრივი.

თეორემა 8. იმისათვის, რომ $a_n \in (L, M)$ აუცილებელია და საკმარისი, რომ (3) მწკრივი იყოს M კლასის ფურიეს მწკრივი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *А. Зигмунд. Тригонометрические ряды. М., 1965, 282.*



ს. თოფურიას

მრავალი ცვლადის ფუნქციის განზოგადებული სრული
 დიფერენციალები და სასაზღვრო ამოცანები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ჭიფაშვილმა 25.11.1996

წინამდებარე ნაშრომში გრძელდება [1]-ში დაწყებული R_+^{k+1} ($k > 1$) სივრცისთვის პუასონის ინტეგრალის წარმოებულების სასაზღვრო თვისებების შესწავლა. კერძოდ, შემოყვანილია მრავალი ცვლადის ფუნქციის განზოგადებული დიფერენციალის და შერეული კერძო წარმოებულების ცნება, შემდეგ დამტკიცებულია თეორემები პუასონის ინტეგრალის შერეული კერძო წარმოებულების სასაზღვრო თვისებების შესახებ, როდესაც სიმკვრივის ფუნქციას გააჩნია განზოგადებული დიფერენციალი.

გამოყენებულია [1] ნაშრომის აღნიშვნები. ვთქვათ, [2, გვ. 174] $M = \{1, 2, \dots, k\}$ ($k \in \mathbb{N}$, $k \geq 2$) და B არის M -ის ნებისმიერი ქვესიმრავლე, ხოლო $B' = M \setminus B$ - წარმოადგენს B -ს დამატებას M -მდე. $m(B)$ არის B სიმრავლის ელემენტთა რაოდენობა; x_B და \bar{x}_B აღნიშვნების შესახებ იხილეთ [1]. $d \bar{x}_B = \prod_{i \in B} dx_i$; $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s)$, $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_s)$ - მულტიინდექსებია, α_i და β_i - არაუარყოფითი მთელი რიცხვებია, $|\alpha| = \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_s$; $\alpha! = \alpha_1! \alpha_2! \dots \alpha_s!$; $\bar{x}_B^\alpha = x_{i_1}^{\alpha_1} x_{i_2}^{\alpha_2} \dots x_{i_r}^{\alpha_r}$; $m(\alpha)$ არის α -ს კოორდინატთა რაოდენობა; $D^\alpha = \left(\frac{\partial}{\partial x}\right)^\alpha = \left(\frac{\partial}{\partial x_1}\right)^{\alpha_1} \left(\frac{\partial}{\partial x_2}\right)^{\alpha_2} \dots \left(\frac{\partial}{\partial x_s}\right)^{\alpha_s}$.

დავუშვათ, რომ $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ ფუნქცია განსაზღვრულია $x^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_k^0)$ წერტილის რაიმე მიდამოში. ვთქვათ, $A \subset M$, $B \subset M$. თუ არსებობს ფუნქციები $a_\beta(\bar{x}_B)$ ($m(\beta) = m(A)$, $|\beta| \leq r-1$) და რიცხვები $a_\alpha(|\alpha| = r)$, ისეთი, რომ არსებობს ზღვრები

$$\lim_{\bar{x}_B \rightarrow \bar{x}_B^0} a_\beta(\bar{x}_B) = a_\beta \text{ და}$$

$$f(x_B + x_{B'}^0 + t_A) = \sum_{i=0}^{r-1} \sum_{|\beta|=i} \frac{a_\beta(\bar{x}_B)}{\beta!} \bar{t}_A^\beta + \sum_{|\alpha|=r} \frac{a_\alpha}{\alpha!} \bar{t}_A^\alpha + \varepsilon(\bar{t}_A, \bar{x}_B) \frac{|\bar{t}_A|^r}{r!},$$

სადაც

$$\lim_{\substack{|\bar{t}_A| \rightarrow 0 \\ \bar{x}_B \rightarrow \bar{x}_B^0}} \varepsilon(\bar{t}_A, \bar{x}_B) = 0,$$

მაშინ $r! \sum_{|\alpha|=r} \frac{a_\alpha}{\alpha!} \bar{t}_A^\alpha$ -ს ვუწოდებთ f ფუნქციის r რიგის განზოგადებულ სრულ

დიფერენციალს x^0 წერტილში იმ ცვლადების მიმართ, რომელთა ინდექსები შეადგენენ A სიმრავლეს და აღვნიშნავთ მას $d_{A(B)}^{(r)} f(x^0)$ -ით

$$(d_{A(\emptyset)}^{(r)} f(x^0) = d_A^{(r)} f(x^0), \quad d_M^{(r)} f(x^0) = d^{(r)} f(x^0), \quad d_{A(M)}^{(r)} f(x^0) = \bar{d}_A^{(r)} f(x^0), \quad \bar{d}_M^{(r)} f(x^0) = \bar{d}^{(r)} f(x^0))$$

[3, გვ.313; 4, გვ. 70].

a_α -ს ვუწოდებთ f ფუნქციის $r=|\alpha|$ რიგის განზოგადებულ შერეულ კერძო წარმოებულს x^0 წერტილში იმ ცვლადების მიმართ, რომელთა ინდექსები შეადგენენ A სიმრავლეს და აღვნიშნავთ მას

$$a_\alpha = D_{A(B)}^{(\alpha)} f(x^0)\text{-ით}$$

$$D_{A(\emptyset)}^{(\alpha)} f(x^0) = D_A^{(\alpha)} f(x^0), \quad D_M^{(\alpha)} f(x^0) = D^{(\alpha)} f(x^0); \quad D_{A(M)}^{(\alpha)} f(x^0) = \bar{D}_A^{(\alpha)} f(x^0), \quad \bar{D}_M^{(\alpha)} f(x^0) = \bar{D}^{(\alpha)} f(x^0)$$

ახლა მოვიყვანოთ განზოგადებული სიმეტრიული დიფერენციალისა და სიმეტრიული შერეული კერძო წარმოებულის ცნება. ვთქვათ r ლუწია. თუ არსებობს ფუნქციები $b_\beta(\bar{x}_B)$ ($|\beta|$ ლუწია, $m(\beta) = m(A)$ და $|\beta| \leq r-2$) და რიცხვები b_α ($|\alpha| = r$), ისეთი, რომ არსებობს ზღვრები $\lim_{\bar{x}_B \rightarrow \bar{x}_B^0} b_\beta(\bar{x}_B) = b_\beta$ და

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} [f(x_B + x_B^0 + t_A) + f(x_B + x_B^0 - t_A)] &= \sum_{i=0}^{r-2} \sum_{|\beta|=2i} \frac{1}{\beta!} b_\beta(\bar{x}_B) \bar{t}_A^\beta + \\ &+ \sum_{|\alpha|=r} \frac{1}{\alpha!} b_\alpha \bar{t}_A^\alpha + \varepsilon (\bar{t}_A, \bar{x}_B) \frac{|\bar{t}_A|^r}{r!}, \end{aligned}$$

$$\text{სადაც } \lim_{\substack{|\bar{t}_A| \rightarrow 0 \\ \bar{x}_B \rightarrow \bar{x}_B^0}} \varepsilon (\bar{t}_A, \bar{x}_B) = 0,$$

მაშინ $r! \sum_{|\alpha|=r} \frac{b_\alpha}{\alpha!} \bar{t}_A^\alpha$ -ს ვუწოდებთ f ფუნქციის r რიგის განზოგადებულ სიმეტრიულ დიფერენციალს x^0 წერტილში იმ ცვლადების მიმართ, რომელთა ინდექსები შეადგენენ A სიმრავლეს და აღვნიშნავთ მას სიმბოლოთი $d_{A(B)}^{*(r)} f(x^0)$

$$d_{A(\emptyset)}^{*(r)} f(x^0) = d_A^{*(r)} f(x^0), \quad d_M^{*(r)} f(x^0) = d^{*(r)} f(x^0); \quad d_{A(M)}^{*(r)} f(x^0) = \bar{d}_A^{*(r)} f(x^0), \quad \bar{d}_M^{*(r)} f(x^0) = \bar{d}^{*(r)} f(x^0)$$

ანალოგიურად განისაზღვრება r რიგის სიმეტრიული დიფერენციალი, როცა r კენტია, მხოლოდ (1)-ის ნაცვლად უნდა განვიხილოთ ფორმულა [3, გვ. 315; 4, გვ.70]

$$\frac{1}{2} [f(x_B + x_{B'}^0 + t_A) - f(x_B + x_{B'}^0 - t_A)] = \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{|\beta|=2i-1} \frac{1}{\beta!} b_\beta(\bar{x}_B) \bar{t}_A^\beta +$$

$$+ \sum_{|\alpha|=r} \frac{1}{\alpha!} b_\alpha \bar{t}_A^\alpha + \varepsilon (\bar{t}_A, \bar{x}_B) \frac{|\bar{t}_A|^r}{r!}.$$

b_α -ს ვუწოდებთ f ფუნქციის $r=|\alpha|$ რიგის განზოგადებულ შერეულ კერძო წარმოებულს x^0 წერტილში იმ ცვლადების მიმართ, რომელთა ინდექსები შეადგენენ A სიმრავლეს და აღვნიშნავთ მას სიმბოლოთი

$$b_\alpha = D_{A(B)}^{*(\alpha)} f(x^0)$$

$$(D_{A(B)}^{*(\alpha)} f(x^0) = D_A^{*(\alpha)} f(x^0), D_M^{*(\alpha)} f(x^0) = D^{*(\alpha)} f(x^0), D_{A(M)}^{*(\alpha)} f(x^0) = \bar{D}_A^{*(\alpha)} f(x^0), \bar{D}_M^{*(\alpha)} f(x^0) = \bar{D}^{*(\alpha)} f(x^0)).$$

ვთქვათ, $U(f; x, x_{k+1})$ არის $f(x)$ ფუნქციის პუასონის ინტეგრალი R_+^{k+1} - სივრცისათვის, ე. ი.

$$U(f; x, x_{k+1}) = \frac{\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)}{\pi^{\frac{k+1}{2}}} \int_{R^k} p(t-x, x_{k+1}) f(t) dt,$$

სადაც

$$p(t-x, x_{k+1}) = \frac{x_{k+1}}{\left(\|t-x\|^2 + x_{k+1}^2\right)^{\frac{k+1}{2}}}.$$

ლემა. ნებისმიერი $r \in N$, $(x, x_{k+1}) \in R_+^{k+1}$ და $A \subset M$ -თვის მართებულია ტოლობები

$$1) \int_{R^{m(A)}} \frac{\partial^r p(t-x, x_{k+1})}{\partial \bar{x}_A^\alpha} \bar{t}_A^\beta d\bar{t} = 0,$$

სადაც $m(A) = m(\alpha)$, $|\alpha| = r$, $|\beta| \leq |\alpha|$, $\beta \neq \alpha$;

$$2) \frac{\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)}{\pi^{\frac{k+1}{2}}} \int_{R^k} \frac{\partial^r p(t-x, x_{k+1})}{\partial \bar{x}_A^\alpha} \cdot \frac{\bar{t}_A^\alpha}{\alpha!} dt = 1.$$

ამ ლემის გამოყენებით მტკიცდება შემდეგი თეორემები:

თეორემა 1. ა) ვთქვათ, $B \subset M$ და $A = B'$. თუ $f(x)$ ფუნქციას x^0 წერტილში აქვს r რიგის განზოგადებული დიფერენციალი $d_{A(B)}^{(r)} f(x^0)$, მაშინ ნებისმიერი α -თვის ($|\alpha| \leq r$, $m(\alpha) = m(A)$).

$$\lim_{\substack{\Lambda \\ (x, x_{k+1}) \rightarrow (x^0, 0) \\ \bar{x}_A}} \frac{\partial^\alpha U(f; x, x_{k+1})}{\partial \bar{x}_A^\alpha} = D_{A(B)}^{(\alpha)} f(x^0).$$



ბ) არსებობს უწყვეტი ფუნქცია $f \in L(R^k)$ ისეთი, რომ $df(x^0)$ არსებობს, მაგრამ $df(x^0)$ არსებობს, მაგრამ ზღვრები

$$\lim_{(x, x_{k+1}) \rightarrow (x^0, 0)} \frac{\partial U(f; x, x_{k+1})}{\partial x_i}, \quad i = \overline{1, k}.$$

არ არსებობენ.

გ) არსებობს უწყვეტი ფუნქცია $g \in L(R^k)$, ისეთი, რომ ის დიფერენცირებადი x^0 წერტილში, ამ წერტილში აქვს ნებისმიერი რიგის კერძო წარმოებულები, მაგრამ ზღვრები

$$\lim_{x_{k+1} \rightarrow 0+} \frac{\partial^2 U(g; x^0, x_{k+1})}{\partial x_i \partial x_j}, \quad i, j = \overline{1, k}.$$

არ არსებობენ.

შედეგი 1. ვთქვათ, $B = \emptyset$. თუ $f(x)$ ფუნქციას x^0 წერტილში აქვს r რიგის განზოგადებული დიფერენციალი $d^{(r)}f(x^0)$, მაშინ ნებისმიერი α -თვის ($|\alpha| \leq r$, $m(\alpha) = K$)

$$\lim_{(x, x_{k+1}) \xrightarrow{\Delta} (x^0, 0)} \frac{\partial^\alpha U(f; x, x_{k+1})}{\partial x^\alpha} = D^{(\alpha)} f(x^0).$$

შედეგი 2. ვთქვათ, $B = \emptyset$. თუ $f(x)$ ფუნქციას x^0 წერტილში აქვს r რიგის განზოგადებული დიფერენციალი $d^{(r)}f(x^0)$, მაშინ ნებისმიერი $v \leq r$ -თვის

$$\lim_{(x, x_{k+1}) \xrightarrow{\Delta} (x^0, 0)} d^{(v)}U(f; x, x_{k+1}) = d^{(v)}f(x^0).$$

თეორემა 2. ვთქვათ, $B=M$. თუ $f(x)$ ფუნქციას x^0 წერტილში აქვს r რიგის განზოგადებული დიფერენციალი $\bar{d}_A^{(r)}f(x^0)$, მაშინ ნებისმიერი α -თვის ($|\alpha| \leq r$, $m(\alpha) = m(A)$)

$$\lim_{(x, x_{k+1}) \rightarrow (x^0, 0)} \frac{\partial^\alpha U(f; x, x_{k+1})}{\partial \bar{x}_A^\alpha} = \bar{D}_A^{(\alpha)} f(x^0).$$

შედეგი. ვთქვათ, $A=B=M$. თუ $f(x)$ ფუნქციას x^0 წერტილში აქვს r რიგის განზოგადებული დიფერენციალი $\bar{d}^{(r)}f(x^0)$, მაშინ ნებისმიერი $v \leq r$ -თვის

$$\lim_{(x, x_{k+1}) \rightarrow (x^0, 0)} d^{(v)}U(f; x, x_{k+1}) = \bar{d}^{(v)}f(x^0).$$

თეორემა 3. ვთქვათ, $B \subset M$ და $A = B'$. თუ $f(x)$ ფუნქციას x^0 წერტილში აქვს r რიგის განზოგადებული სიმეტრიული დიფერენციალი $d_{A(B)}^{*(r)}f(x^0)$, მაშინ ნებისმიერი α -თვის ($|\alpha| = r$, $m(\alpha) = m(A)$)

$$\lim_{(x_B + x_A^0, x_{k+1}) \rightarrow (x^0, 0)} \frac{\partial^r U(f; x_B + x_A^0, x_{k+1})}{\partial \bar{x}_A^\alpha} = D_{A(B)}^{*(\alpha)} f(x^0).$$

შედეგი. ვთქვათ, $B = \emptyset$ და $A = M$. თუ $f(x)$ ფუნქციას x^0 წერტილში აქვს განზოგადებული სიმეტრიული დიფერენციალი $d^{(r)}f(x^0)$, მაშინ

$$\lim_{x_{k+1} \rightarrow 0^+} d^{(r)}U(f; x^0, x_{k+1}) = d^{*(r)}f(x^0).$$

თეორემა 4. ვთქვათ, $B=M$. თუ $f(x)$ ფუნქციას x^0 წერტილში აქვს r რიგის განზოგადებული სიმეტრიული დიფერენციალი $\bar{d}_A^{*(r)}f(x^0)$, მაშინ ნებისმიერი α -თვის ($|\alpha| = r$, $m(\alpha) = m(A)$)

$$\lim_{(x, x_{k+1}) \rightarrow (x^0, 0)} \frac{\partial^\alpha U(f; x, x_{k+1})}{\bar{\alpha}_A^\alpha} = \bar{D}_A^{*(\alpha)}f(x^0)$$

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. ს. თოფურია. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 155, 3, 1997.
2. Л. Жижиашвили. Некоторые вопросы теорем тригонометрических рядов Фурье и их сопряженных. Тбилиси. 1993.
3. И. Стейн. Сингулярные интегралы и дифференциальные свойства функций. М. 1973.
4. R. L. Wheeden. Studia Math. XXVIII. 1966, 69-80.

ლ. ზამზახიძე

საქართველოურ მეტრიკულ სივრცეთა კლასში განზომილების
 აბსოლუტური დახასიათება

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. კოლოშვილმა 29.04.1997

ეს ნაშრომი შედგება ორი განყოფილებისაგან. პირველში – ყველა განსახილველი სივრცე ჰაუსდორფისა და სავსებით რეგულარულია (\equiv ტიხონოვისეულია), ხოლო მეორეში – (თუ საწინააღმდეგო არ არის ნათქვამი) – სეპარაბელური და მეტრიზებადი.

ტიხონოვის ყველა სივრცეთა კლასი აღნიშნება T -თი, ყველა მეტრიზებად სივრცეთა კლასი – T_m -ით, ხოლო ყველა სეპარაბელურ მეტრიკულ სივრცეთა კლასი – T_{ms} -ით.

შემდგომში ჩვენ გამოვიყენებთ შემდეგ აღნიშვნებს: I^n -ით (E^n -ით), $n = -1, 0, 1, \dots$ აღენიშნავთ n -განზომილებიან კუბს (n -განზომილებიან ევკლიდურ სივრცეს) ბუნებრივი ტოპოლოგიით, ამასთან $I^{-1} = E^{-1} = \emptyset$ (\equiv ცარიელი სიმრავლე), $I^0 = E^0 = \{p\}$ (\equiv ერთწერტილიანი სივრცე), $I^1(R^1)$ არის ერთეულოვანი ინტერვალი (ნამდვილ რიცხვთა სიმრავლე); R^ω -ით აღნიშნება წრფეების თვლადი ნამრავლი (ტიხონოვის ტოპოლოგიით), Q -თი – რაციონალურ რიცხვთა სივრცე, P -თი ირაციონალურ რიცხვთა სივრცე, N' -ით სიმრავლე ყველა მთელი რიცხვისა ≥ -1 , შევსებული „არასაკუთრივი ელემენტით“ $+\infty$ [1], დაბოლოს, $\dim X$, $\text{Ind} X$ და $\text{ind} X$ სიმბოლოებით – კომბინატორული, დიდი ინდექსური და მცირე ინდექსური განზომილების ფუნქციები.

1. ვთქვათ, $T_\alpha \subseteq T$ სივრცეთა კლასია, რომელიც შეიცავს ცარიელ სივრცეს და ჩაკეტილია ჰომეომორფიზმების მიმართ (\equiv თუ X ეკუთვნის T_α კლასს და Y ჰომეომორფულია X -სა, მაშინ Y ეკუთვნის T_α კლასს). ვთქვათ, რომ $d(X, T_\alpha)$ არის ფუნქცია, რომელიც T_α კლასის ყოველ ობიექტს უთანადებს N' ელემენტს (ე. ი. $d(X, T_\alpha)$ არის N' -მნიშვნელობიანი).

განვიხილოთ $d(X, T_\alpha)$ -ს თვისებები T_α -ზე:

P_1) თუ $X, Y \in T_\alpha$ და X ჰომეომორფულია Y -ისა, მაშინ $d(X, T_\alpha) = d(Y, T_\alpha)$;

P_2) თუ $I^n \in T_\alpha$, მაშინ $d(I^n, T_\alpha) = n$ ყოველი $n = -1, 0, 1, \dots$;

P_3) თუ $A \subseteq X$, ლოკალურად ჩაკეტილია X -ში ($\equiv A = G \cap H$, სადაც G არის ღია X -ში, ხოლო H ჩაკეტილია X -ში) და ისეთია, რომ $A \in T_\alpha$, $X \in T_\alpha$, მაშინ $d(A, T_\alpha) \leq d(X, T_\alpha)$.

P_4) თუ $X \in T_\alpha$ და $X = \bigcup_{i=1}^{\infty} X_i$, სადაც X_i ჩაკეტილია X -ში და $X_i \in T_\alpha$ ყოველი

$i = 1, 2, \dots$, მაშინ სამართლიანია უტოლობა: $d(X, T) \leq \sup_{1 \leq i \leq +\infty} \{d(X_i, T_{\alpha})\}$.

P_5) თუ ყოველი $X \in T_{\alpha}$ სივრცისთვის არსებობს კომპაქტური გაფართოება $bX \in T_{\alpha}$, მაშინ არსებობს კომპაქტური გაფართოება $b'X \in T_{\alpha}$ ისეთი, რომ $d(b'X, T_{\alpha}) \leq d(X, T_{\alpha})$.

P_6) თუ $X \in T_{\alpha}$ და $X = X_1 \times X_2$, სადაც ან $X_1 \neq 0$, ან $X_2 \neq 0$ $X_1 \in T_{\alpha}$, $X_2 \in T_{\alpha}$, მაშინ $d(X_1 \times X_2, T_{\alpha}) = d(X_1, T_{\alpha}) + d(X_2, T_{\alpha})$.

P_7) ყოველი X -თვის T_{α} -დან რომლისთვისაც $X = A \cup B$, $A \in T_{\alpha}$, $B \in T_{\alpha}$ სამართლიანია უტოლობა: $d(X, T_{\alpha}) \leq d(A, T_{\alpha}) + d(B, T_{\alpha}) + 1$

P_8) ყოველი X -თვის T_{α} -დან, სადაც $d(X, T_{\alpha}) \leq n$, $0 \leq n < +\infty$, გვაქვს:

$$X = \bigcup_{i=1}^{n+1} X_i, \quad X_i \in T_{\alpha}, \quad \text{და} \quad d(X_i, T_{\alpha}) \leq 0 \quad \text{ყოველი} \quad i=1, 2, \dots, n+1;$$

P_9) ყოველი A -თვის X -დან, სადაც $A \in T_{\alpha}$, და $X \in T_{\alpha}$, არსებობს ისეთი G_{δ} -ტიპის სიმრავლე $H \subseteq X$, რომ $A \subseteq H \subseteq X$, $H \in T_{\alpha}$ და $d(H, T_{\alpha}) = d(A, T_{\alpha})$.

შენიშვნა 1. კარგად ცნობილია, რომ თუ $T_{\alpha} = T_{ms}$, მაშინ განზომილების ფუნქცია \dim (და მშასადაამე, Ind და ind) აკმაყოფილებს P_1 - P_9 პირობებს T_{ms} -ზე [2,3].

ჩვენს შრომებში [4-6] T კლასისათვის ნაჩვენებია, რომ:

1) არ არსებობს T -ზე განსაზღვრული N' -მნიშვნელობიანი ფუნქცია, რომელიც აკმაყოფილებს P_1, P_2, P_3, P_9 პირობებს ერთდროულად.

2) არ არსებობს T -ზე განსაზღვრული N' -მნიშვნელობიანი ფუნქცია, რომელიც აკმაყოფილებს P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 პირობებს (ერთდროულად);

3) $(MA + \neg CH)$ არ არსებობს T -ზე განსაზღვრული N' -მნიშვნელობიანი ფუნქცია, რომელიც აკმაყოფილებს P_1, P_2, P_3, P_5, P_7 პირობებს (ერთდროულად).

ამოცანა. არსებობს თუ არა T -ზე N' მნიშვნელობიანი ფუნქცია, რომელსაც გააჩნია P_1, P_2, P_9 თვისებები?

2. ბუნებრივად ისმის შემდეგი კითხვა: ვთქვათ $d(X, T_{ms})$ რაიმე ფუნქციაა (N' -მნიშვნელობიანი), რომელსაც აქვს ყველა თვისება $P_1 - P_9$, სამართლიანია თუ არა ტოლობა $d(X, T_{ms}) = \dim X = \text{Ind} X = \text{ind} X$ ყოველი X -თვის T_{ms} -დან?

არსებითად ეს საკითხი დაკავშირებულია (მენგერის აზრით) აქსიომატიკურ დახასიათებასთან \dim განზომილების ფუნქციისა (T_{ms} კლასში).

ეს პრობლემა განიხილებოდა აგრეთვე ცნობილ შრომებში [7], [8], [9], [10], რომელთა ზოგიერთ კონსტრუქციას ჩვენ გამოვიყენებთ.

სამართლიანია შემდეგი

თეორემა 1. ვთქვათ $d(X, T_{ms})$ არის N' -მნიშვნელობიანი ფუნქცია განსაზღვრული T_{ms} კლასზე. ტოლობა $d(X, T_{ms}) = \dim X = \text{Ind} X = \text{ind} X$ სამართლიანია ყოველი X -თვის T_{ms} -დან, მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა $d(X, T_{ms})$ აკმაყოფილებს P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 , და P_9 პირობებს (ერთდროულად). ამასთან, ეს თვისებები დამოუკიდებელია T_{ms} -ზე.

შენიშვნა 2. ვთქვათ $d(X, T_{mm})$ არის N' -მნიშვნელობიანი ფუნქცია, რომელიც



აკმაყოფილებს P_1 პირობას. $d(X, T_{ms})$ -ს აქვს P_3 და P_4 თვისებები (ერთდროულად) მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა შესრულებულია შემდეგი პირობა:

P'_4): თუ $X = \bigcup_{i=1}^{\infty} X_i$, სადაც X_i ჩაკეტილია X -ში ყოველი $i = 1, 2, \dots$, მაშინ

$$d(X, T_m) = \sup_{1 \leq i \leq +\infty} \{d(X_i, T_m)\}.$$

აქედან მიიღება შემდეგი

თეორემა 2. ვთქვათ $d(X, T_{ms})$ არის N' -მნიშვნელობიანი ფუნქცია, რომელიც განსაზღვრულია T_{ms} -კლასზე. ტოლობა $d(X, T_{ms}) = \dim X = \text{Ind} X = \text{ind} X$ სამართლიანია ყოველი X -თვის T_{ms} -დან მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა $d(X, T_{ms})$ აქვს $P_1), P_2), P'_4), P_8)$ და $P_9)$ თვისებები (ერთდროულად). ამასთან, ეს პირობები დამოუკიდებელია T_{ms} -ზე.

თეორემა 1-ის (და აგრეთვე თეორემა 2-ის) სრული დამტკიცების მოყვანა ადგილის უქონლობის გამო შეუძლებელია. ამიტომ ჩვენ მოვიყვანთ მხოლოდ ჩამოყალიბებას იმ წინადადებისა, რომლებიც ძირითად როლს ასრულებენ თეორემა 1 და 2 დამტკიცებისას.

დებულება 1. ვთქვათ $d(X, T_{ms})$ არის N' -მნიშვნელობიანი ფუნქცია განსაზღვრული T_{ms} -ზე, რომელიც აკმაყოფილებს $P_1), P_2), P'_4), P_8)$ და $P_9)$ თვისებებს (ერთდროულად). მაშინ:

$$1) d(E^n, T_{ms}) = n, (n = -1, 0, 1, \dots);$$

$$2) d(Q, T_{ms}) = 0;$$

$$3) d(P, T_{ms}) = 0.$$

დებულება 2. ვთქვათ $d(X, T_{ms})$ არის N' -მნიშვნელობიანი ფუნქცია, რომელიც განსაზღვრულია T_{ms} -ზე, და აკმაყოფილებს $P_1), P_2), P'_4), P_8)$ და $P_9)$ პირობებს (ერთდროულად), მაშინ $d(X, T_{ms}) \leq \dim X$ ყოველი $X \in T_{ms}$.

დებულება 3. ვთქვათ $X \in T_{ms}$ და არის სრული მეტრიკული სივრცე, ამასთან $\dim X \leq k$, მაშინ X არის ჰომეომორფული S_k^{2k+1} სივრცის ჩაკეტილი ქვესიმრავლის, სადაც S_k^{2k+1} უნივერსალური სივრცეა განსაზღვრული [11]-ში.

დებულება 4. ვთქვათ $d(X, T_{ms})$ არის N' -მნიშვნელობიანი ფუნქცია, რომელიც განსაზღვრულია T_{ms} და აკმაყოფილებს $P_1), P_2), P'_4), P_8)$ და $P_9)$ პირობებს (ერთდროულად), მაშინ $d(S_k^{2k+1}, T_{ms}) = k$.

დებულება 5. ვთქვათ $X \subseteq R^{\omega}$ ბმულია, $\dim X > 0$ და $d(X, T_{ms})$ არის N' -მნიშვნელობიანი ფუნქცია, რომელიც აკმაყოფილებს $P_1), P_2), P'_4), P_8)$ და $P_9)$ პირობებს (ერთდროულად), მაშინ R^{ω} -ში არსებობს ქვესივრცე $Z \supseteq X$ ისეთი, რომ:

$$1) d(Z, T_{ms}) = d(X, T_{ms}) \text{ და}$$

2) ყოველი R^{ω} -ში G_{δ} -ტიპის სიმრავლე $H \subseteq R^{\omega}$, რომელიც მოიცავს Z -ს არის ბმული და ლოკალურად ბმული.

დებულება 6. ვთქვათ $X \in T_{ms}$ და $\dim X > 0$, მაშინ არსებობს ბმული

X' ისეთი, რომ $X' = \bigcup_{i=1}^{\infty} X_i$, სადაც X_i არის ჩაკეტილი X' -ში და X_i ჰომეომორფულია X -ისა ყოველი $i=1, 2, \dots$

შენიშვნა 4. T_m კლასისათვის თეორემა 1 და 2 არ არის სამართლიანი. მართლაც, განვიხილოთ $d(X, T_m)$ ფუნქცია განსაზღვრული T_m -ზე შემდეგნაირად:

$$d(X, T_m) = \begin{cases} \dim X \text{ მაშინ და } \bar{X} \text{ მხოლოდ მაშინ, როცა } X \in T_{ms} \\ +\infty \text{ თუ } X \in T_m \text{ და } X \notin T_{ms} \end{cases}$$

ადვილი დასანახია, რომ $d(X, T_m)$ -ს აქვს $(P_1), (P_2), (P'_4), (P_8)$ და P_9 თვისებები, მაგრამ არსებობს ისეთი $X \in T_m$, რომ $d(X, T_m) \neq \dim X$.

ეს ნაშრომი, ისევე როგორც შრომა [12] დაფინანსებულია INTAS-ის მიერ, გრანტი № INTAS-94-3763

ივ. ჯავახიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. П. С. Александров, Введение в теорию множеств и общую топологию, М., 1977.
2. П. С. Александров, Б. А. Пасынков, Введение в теорию размерности, М., 1973.
3. R. Engelking, Dimension Theory. Warsaw, 1978.
4. Л. Г. Замбахидзе, Сообщ. АН. ГССР, 125, № 1, 1987, 485-488.
5. Л. Г. Замбахидзе, И. Г. Церетели, Сообщ. АН. ГССР, 126, № 2, 1987, 266-268.
6. L. G. Zambakhidze, Bull. Georg. Acad. Sci. 140, No 2, 1990, 269-271.
7. Y. Hayashi, Topology Appl. 37, 1990, 83-92.
8. M. G. Charalambos, Topolog. Appl. 60, 1994, 117-130.
9. И. Г. Церетели, Сообщ. АН. ГССР, 122, № 1, 1986, 29-32.
10. Е. Г. Щепин, ДАН. СССР, 206 № 1, 1972, 31-32.
11. J. J. Dijkstra, J. Van Mill and J. Mogilski, Trans. of the Amer. Math. Soc., 22, No 2, 1990, 277-283.
12. L. G. Zambakhidze, Scripta Scientiarum Symposium Septimum Tiraspolense Generalis Topologiae Et Suae Applicationum, Khisinau, 1996, p. 234-236.

თ. ბურჟულაძე (აკადემიკოსი) რ. რუხაძე

ფურიეს მეთოდი დრეკად ნარევეთა წრფივი თეორიის დინამიკურ სამბანზომილებიან ამოცანებში

წარმოდგენილია 30.04.1997

ვთქვათ, $D \subset \mathbb{R}^3$ არის სასრული არე, შემოსაზღვრული $L_2(\alpha)$, $0 < \alpha < 1$ კლასის [1] S ზაკეტილი ზედაპირით. $\bar{D} = D \cup S$; $L = (0, l)$, $\bar{L} = [0, l]$, $\Omega = D \times L$ არის ცილინდრი \mathbb{R}^4 -ში $\bar{\Omega} = \bar{D} \times \bar{L}$.

ვთქვათ, ორი ერთგვაროვანი იზოტროპული დრეკადი მასალის, რომელთა სიმკვრივეებია ρ_1 და ρ_2 (ρ_1 და ρ_2 - დადებითი მუდმივებია) ნარევეს უკავია D არე და ვთქვათ, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \mu_1, \mu_2, \mu_3$ - დრეკადი მუდმივებია, რომლებიც ახასიათებენ ნარევის მექანიკურ თვისებებს. მაშინ ასეთი ნარევის წრფივი თეორიის დინამიკის დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას აქვს შემდეგი სახე [2].

$$\begin{cases} a_1 \Delta u' + b_1 \operatorname{grad} \operatorname{div} u' + c \Delta u'' + d \operatorname{grad} \operatorname{div} u'' + \rho_1 F' = \rho_1 \frac{\partial^2 u'}{\partial t^2}, \\ c \Delta u' + d \operatorname{grad} \operatorname{div} u' + a_2 \Delta u'' + b_2 \operatorname{grad} \operatorname{div} u'' + \rho_2 F'' = \rho_2 \frac{\partial^2 u''}{\partial t^2}, \end{cases} \quad (1)$$

სადაც Δ ლაპლასის სამგანზომილებიანი ოპერატორია, $u'(x, t) = (u_1', u_2', u_3')$, $u''(x, t) = (u_1'', u_2'', u_3'')$ გადაადგილების ვექტორებია, $F'(x, t) = (F_1', F_2', F_3')$ და $F''(x, t) = (F_1'', F_2'', F_3'')$ - მასური ძალების ვექტორები, $a_1 = \mu_1 - \lambda_5$, $b_1 = \mu_1 + \lambda_5 + \lambda_1 - \frac{\rho_2}{\rho} \alpha_2$, $\rho = \rho_1 + \rho_2$, $\alpha_2 = \lambda_3 - \lambda_4$, $a_2 = \mu_2 - \lambda_5$, $b_2 = \mu_2 + \lambda_2 + \lambda_5 + \frac{\rho_1}{\rho} \alpha_2$, $c = \mu_3 + \lambda_5$, $d = \mu_3 + \lambda_3 - \lambda_5 - \frac{\rho_1}{\rho} \alpha_2 = \mu_3 + \lambda_4 - \lambda_5 + \frac{\rho_2}{\rho} \alpha_2$.

(1) სისტემა შეიძლება წარმოვადგინოთ ვექტორულ-მატრიცული ფორმით შემდეგნაირად

$$A(\partial x)u(x, t) - r \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} = -F(x, t), \quad (2)$$

სადაც $A(\partial x)$ არის 6×6 განზომილებიანი მატრიცული დიფერენციალური ოპერატორი, რომლის ელემენტები (1)-ის მიხედვით ადვილად ამოიწერება [2];

$$u(x, t) = (u'(x, t), u''(x, t)) = (u_1', u_2', u_3', u_1'', u_2'', u_3'') = (u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6);$$

$$F(x, t) = (\rho_1 F'(x, t), \rho_2 F''(x, t));$$

r არის $n \times n$ განზომილებიანი დიაგონალური მატრიცა: $r = \|r_{ij}\|_{6 \times 6}$, ამასთანავე $r_{ij} = 0$, როდესაც $i \neq j$, $r_i = \rho_1$, როდესაც $i = 1, 2, 3$ და $r_i = \rho_2$, როდესაც $i = 4, 5, 6$. განვიხილოთ პირველი ამოცანა. დანარჩენი ამოცანები განიხილება ანალოგიურად.

Ω ცილინდრში ვიპოვოთ ისეთი რეგულარული $u(x, t)$ ვექტორი ($x \in D, t \in L$, $u_i \in C^1(\bar{\Omega}) \cap C^2(\Omega)$, $i = \overline{1, 6}$), რომელიც დააკმაყოფილებს (2) განტოლებას, საწყის პირობებს

$$\forall x \in \bar{D}: \lim_{t \rightarrow 0} u(x, t) = \varphi(x), \quad \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = \psi(x),$$

და სასაზღვრო პირობას

$$\forall (z, t) \in S \times L: \lim_{D \ni x \rightarrow z \in S} u(x, t) = f(z, t).$$

დასმული ამოცანა მოსახერხებელია აღვნიშნოთ $(I)_{F, f, \varphi, \psi}$. ვიგულისხმობთ, რომ მოცემული ვექტორ-ფუნქციები F, f, φ, ψ , აკმაყოფილებენ შემდეგ პირობებს:

1. $F(\cdot, \cdot) \in C^2(\bar{\Omega})$, ხოლო მესამე რიგის წარმოებულები ეკუთვნიან $L_2(D)$ კლასს. გარდა ამისა,

$$\forall t \in \bar{L}: F|_S = 0;$$

$$2. \forall z \in S: f(z, \cdot) \in C^7(\bar{L}), \quad \forall t \in \bar{L}: \frac{\partial^m}{\partial t^m} f(\cdot, t) \in C^2(S), \quad m = \overline{0, 7};$$

$$\forall z \in S: \left(\frac{\partial^m f(z, t)}{\partial t^m} \right)_{t=0} = 0, \quad m = \overline{0, 5};$$

3. $\varphi \in C^3(\bar{D})$, ხოლო მეოთხე რიგის წარმოებულები ეკუთვნიან $L_2(D)$ კლასს. გარდა ამისა,

$$\varphi|_S = A\varphi|_S = 0;$$

4. $\psi \in C^2(\bar{D})$, ხოლო მესამე რიგის წარმოებულები ეკუთვნიან $L_2(D)$ კლასს. გარდა ამისა,

$$\psi|_S = A\psi|_S = 0.$$

$(I)_{F, f, \varphi, \psi}$ ამოცანის რეგულარული ამონახსნის ერთადერთობა დამტკიცებულია [2]-ში.

$(I)_{F, f, \varphi, \psi}$ ამოცანის ამონახსნი წარმოვადგინოთ როგორც $(I)_{0, f, 0, 0}$ და $(I)_{F, 0, \varphi, \psi}$ ამოცანების ამონახსნების ჯამი. მოყვანილ პირობებში $(I)_{0, f, 0, 0}$ ამოცანის რეგულარული ამონახსნის არსებობა გამოძინარეობს [2] შრომის შედეგებიდან. $(I)_{F, 0, \varphi, \psi}$ ამოცანის რეგულარული ამონახსნის არსებობა მტკიცდება ფურიეს მეთოდის გამოყენებით.

ამისათვის, (2) განტოლებას მივცეთ შემდეგი სახე

$$\bar{A}(\partial x) \tilde{u}(x, t) - \frac{\partial^2 \tilde{u}(x, t)}{\partial t^2} = -\bar{F}(x, t), \quad (3)$$

სადაც $\tilde{A} = x^{-1}Ax^{-1}$, $\tilde{u} = xu$, $\tilde{F} = x^{-1}F$, $x = \|\sqrt{r_{ij}}\|_{6 \times 6}$.

განვიხილოთ ამოცანა საკუთრივ მნიშვნელობებზე

$$\left. \begin{aligned} \forall x \in D: \tilde{A}(\partial x)\omega(x) + \gamma\omega(x) &= 0, \\ \forall z \in S: \lim_{D \ni x \rightarrow z \in S} \omega(x) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

(4) ამოცანის საკუთრივ ვექტორ-ფუნქციას $\omega(x) = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_6)$, რომელიც არ არის იგივეურად ნულის ტოლი, ეწოდება რეგულარული, თუ $\omega_i \in C^1(\bar{D}) \cap C^2(D)$.

ცნობილი გზით [1] შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ (4) ამოცანა ეკვივალენტურია შემდეგი ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემისა

$$\omega(x) = \gamma \int_D k(x, y)\omega(y)dy, \quad (5)$$

სადაც $k(x, y) = xG(x, y)x$, ხოლო $G(x, y)$ არის სტატიკის პირველი ამოცანის გრინის ტენზორი $\tilde{A}(\partial x)$ ოპერატორისათვის.

ტენზორის არსებობა დამტკიცებულია [2]-ში. აქვე ნაჩვენებია, რომ $G(x, y)$ -ს აქვს სიმეტრიის თვისება შემდეგი სახის

$$G(x, y) = G^T(y, x) \quad (6)$$

და სამართლიანია შემდეგი შეფასებები

$$\left. \begin{aligned} \forall (x, y) \in D \times D: G_{mn}(x, y) &= O(|x - y|^{-1}), \\ \frac{\partial}{\partial x_j} G_{mn}(x, y) &= O(|x - y|^{-2}), \quad j = \overline{1, 3}, \quad m, n = \overline{1, 6} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

სიმბოლო „ T^* “ აღნიშნავს მატრიცის ტრანსპონირებას.

(6)-სა და (7)-ის გამო (5) არის ინტეგრალური განტოლება $L_2(D)$ კლასის სიმეტრიული გულით. მამასადამე, არსებობს (4) ამოცანის საკუთრივი რიცხვების თვლადი სისტემა $(\gamma_n)_{n=1}^{\infty}$ და შესაბამისი D -ში ორთონორმირებული საკუთ-

რივი ვექტორების სისტემა $(\omega^{(n)}(x))_{n=1}^{\infty}$. მტკიცდება, რომ ყველა $\gamma_n > 0$ [2],

ხოლო $(\omega^{(n)}(x))_{n=1}^{\infty}$ სისტემის ვექტორები რეგულარული არიან და წარმოადგენს სრულ სისტემას $L_2(D)$ -ში [3].

აღვნიშნოთ $\tilde{\varphi}(x) = x\varphi(x)$, $\tilde{\psi}(x) = x\psi(x)$. თუ ახლა $(I)_{\tilde{F}, 0, \tilde{\varphi}, \tilde{\psi}}$ ამოცანისათვის გამოვიყენებთ ფურიეს მეთოდის ფორმალურ სქემას, მაშინ მივიღებთ

$$\tilde{u}(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \omega^{(n)}(x) \left(\tilde{\varphi}_n \cos \sqrt{\gamma_n} t + \tilde{\psi}_n (\sqrt{\gamma_n})^{-1} \sin \sqrt{\gamma_n} t \right) +$$

$$+ \sum_{n=1}^{\infty} \omega^{(n)}(x) (\sqrt{\gamma_n})^{-1} \int_0^t \tilde{F}_n(\tau) \sin \sqrt{\gamma_n} (t - \tau) d\tau, \quad (8)$$

სადაც

$$\tilde{\varphi}_n = \int_D \tilde{\varphi}(x) \omega^{(n)}(x) dx, \quad \tilde{\psi}_n = \int_D \tilde{\psi}(x) \omega^{(n)}(x) dx,$$

$$\tilde{F}_n(t) = \int_D \tilde{F}(x, t) \omega^{(n)}(x) dx.$$

ახლა, იმის დასამტკიცებლად, რომ (8) ნამდვილად არის $(I)_{\tilde{F}, 0, \tilde{\varphi}, \tilde{\psi}}$ ამოცანის რეგულარული (კლასიკური) ამონახსნი უნდა ვაჩვენოთ, რომ (8)-ში შემავალი მწკრივები და ამასთანავე მწკრივები, რომლებსაც მივიღებთ ამ მწკრივების ერთ-ერთ წევრობრივ გაწარმოებით, თანაბრად კრებადნი არიან Ω დახურულ არეში, ხოლო მწკრივები, რომლებიც მიიღებთან ორჯერ წევრობრივ გაწარმოებით, თანაბრად კრებადნი არიან Ω ცილინდრის შიგნით.

გამოვიკვლიოთ მწკრივი

$$\sum_{n=1}^{\infty} \omega^{(n)}(x) \tilde{\varphi}_n \cos \sqrt{\gamma_n} t. \quad (9)$$

დანარჩენი მწკრივების გამოკვლევა ხდება ანალოგიურად [3]. გრინის ფორმულის [2] გამოყენებით (9) შეიძლება გადავწეროთ შემდეგნაირად

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\omega^{(n)}(x)}{\gamma_n} (\tilde{A}^2 \tilde{\varphi})_n \cos \sqrt{\gamma_n} t. \quad (10)$$

ამასთან ერთად დავწეროთ მწკრივები, რომელსაც მივიღებთ (10) მწკრივის წევრობრივ გაწარმოებით t -თი ერთჯერ და ორჯერ

$$- \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\omega^{(n)}(x)}{\gamma_n^{3/2}} (\tilde{A}^2 \tilde{\varphi})_n \sin \sqrt{\gamma_n} t, \quad (11)$$

$$- \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\omega^{(n)}(x)}{\gamma_n} (\tilde{A}^2 \tilde{\varphi})_n \sin \sqrt{\gamma_n} t. \quad (12)$$

პარსევალის ტოლობა გვაძლევს

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|\omega^{(n)}(x)|^2}{\gamma_n^2} = \int_D |k(x, y)|^2 dy. \quad (13)$$

(7)-ის ძალით, (13)-დან გამომდინარეობს, რომ არსებობს და თანაბრად შემოსაზღვრულია შემდეგი მწკრივის ჯამი

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|\omega^{(n)}(x)|^2}{\gamma_n^2}. \quad (14)$$

კოში-ბუნიაკოვსკის უტოლობის გამოყენებით შევაფასოთ (10) მწკრივის ნაშთი. მივიღებთ

$$\left| \sum_{n=m}^{m+p} \frac{|\omega^{(n)}(x)|^2}{\gamma_n^2} (\tilde{A}^2 \tilde{\varphi})_n \cos \sqrt{\gamma_n} t \right| \leq \left[\sum_{n=m}^{m+p} \frac{|\omega^{(n)}(x)|^2}{\gamma_n^4} \sum_{n=m}^{m+p} (\tilde{A}^2 \tilde{\varphi})_n^2 \right]^{1/2}. \quad (15)$$

რადგან $\tilde{A}^2 \tilde{\varphi} \in L_2(D)$, პარსევალის ტოლობით გვექმნება

$$\sum_{n=m}^{m+p} (\tilde{A}^2 \tilde{\varphi})_n^2 = \int_D |\tilde{A}^2 \tilde{\varphi}|^2 dx.$$

ამიტომ ნებისმიერი $\varepsilon > 0$ -სათვის მოიძებნება ისეთი ნომერი $N(\varepsilon)$, რომ როდესაც $m \geq N(\varepsilon)$ და ნებისმიერი ნატურალური p -სათვის

$$\sum_{n=m}^{m+p} (\tilde{A}^2 \tilde{\varphi})_n^2 < \varepsilon. \quad (16)$$

(16)-ის ძალით, (15)-დან გამომდინარეობს, რომ (10) მწკრივის $\bar{\Omega}$ -ში თანაბრად კრებალობის დასამტკიცებლად საკმარისია ვაჩვენოთ

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|\omega^{(n)}(x)|^2}{\gamma_n^4}. \quad (17)$$

მწკრივის ჯამი არსებობს და თანაბრად შემოსაზღვრულია \bar{D} -ში. რადგან ეს დასკვნა სამართლიანია (14) მწკრივისათვის, მითუმეტეს იგი სამართლიანი იქნება (17) მწკრივისათვის. ანალოგიურად გამოიკვლევა (11) და (12) მწკრივები. გავაწარმოთ (10) მწკრივი x_i -ით ($i = \bar{1}, 3$)

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\partial \omega^{(n)}(x)}{\partial x_i} (\tilde{A}^2 \tilde{\varphi})_n \cos \sqrt{\gamma_n} t \quad (18)$$

განვიხილოთ $k(x, y)$ -თვის განმეორებითი გული $k^{(2)}(x, y)$

$$k^{(2)}(x, y) = \int_D k(x, z) k(z, y) dz \quad (x \neq y).$$

(7)-დან გამომდინარეობს, რომ $\frac{\partial k^{(2)}(x, y)}{\partial x_i} \in L_2(D)$. თუ ახლა დავწერთ პარ-

სევალის ტოლობას

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|\partial \omega^{(n)}(x) / \partial x_i|^2}{\gamma_n^4} = \int_D \left| \frac{\partial k^{(2)}(x, y)}{\partial x_i} \right|^2 dy$$

და გავიმეორებთ ზემომოყვანილ მსჯელობას, დავამტკიცებთ, რომ (18) მწკრივი თანაბრად კრებაღია $\bar{\Omega}$ -ში.

ახლა განვიხილოთ მწკრივი

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\partial^2 \omega^{(n)}(x)}{\partial x_i \partial x_j} (\tilde{A}^2 \varphi)_n \cos \sqrt{\gamma_n} t, \quad . i, j = \bar{1}, \bar{3}. \quad (19)$$

თუ გამოვიყენებთ შეფასებას

$$\frac{\partial^2 k^{(2)}(x, y)}{\partial x_i \partial x_j} = O(|x - y|^{-1}), \quad x \in \bar{D}', \quad y \in D,$$

სადაც $\bar{D}' \subset D$ არის ნებისმიერი, მკაცრად D -ს შიგნით მდებარე ჩაკეტილი არე და პარსევალის ტოლობას

$$\forall x \in \bar{D}': \sum_{n=1}^{\infty} \frac{|\frac{\partial^2 \omega^{(n)}(x)}{\partial x_i \partial x_j}|^2}{\gamma_n^4} = \int_D \left| \frac{\partial^2 k^{(2)}(x, y)}{\partial x_i \partial x_j} \right|^2 dy,$$

მაშინ დავასკვნით, რომ (19) მწკრივი თანაბრად კრებაღია $\bar{\Omega}' = \bar{D}' \times \bar{L}$ ცილინდრში.

ა. რამზაძის სახ. მათემატიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *В. Д. Купрадзе, Т. Г. Гегелиа, М. О. Башаленишвили, Т. В. Бурчуладзе.* Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. М., 1976, 658.
2. *Д. Г. Натрошвили, А. Я. Джагдаидзе, М. Ж. Сванадзе.* Некоторые задачи линейной теории упругих смесей. Тбилиси, 1986, 214.
3. *T. Burchuladze and R. Rukhadze.* Georgian Math. J., 2, 6, 1995, 559-576.



მ. კავილაძე, მ. ჰვირია, ს. წარეთელი

ხის წლიურ რგოლებში ^{14}C -ის კონცენტრაციის ვარიაციები
იზოტოპური ფრაქციონირების ეფექტის ბათვალისწინებით
1590–1615, 1690–1710, 1780–1820 წლებში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. სანაძემ 27.02.1997

დედამიწის ატმოსფერო განუწყვეტლივ განიცდის კოსმოსური სივრციდან მოსული მაღალი ენერგიის დამუხტული ნაწილაკების – კოსმოსური სხივების ზემოქმედებას. კვლევის სხვადასხვა მეთოდებით მზის აქტივობის ამ უკანასკნელი რამდენიმე ციკლის განმავლობაში მკაცრად იქნა დასაბუთებული კორელაცია მზის აქტივობასა და კოსმოსური სხივების ინტენსივობას შორის დედამიწის მახლობელ სივრცეში. თეორიის თანახმად ასეთი კავშირი განპირობებულია მზის მიერ გალაქტიკური კოსმოსური სხივების მოდულაციით. მოდულაციის თეორიისა და მზის ფიზიკისათვის ძალზე მნიშვნელოვანია კოსმოსური სხივების ინტენსივობის ექსპერიმენტული მონაცემების დროითი სკალის გაზრდა წარსულის მიმართულეობით. დღეისათვის აღნიშნული კვლევების, დროის დიდ სკალაზე ჩატარების მხოლოდ ერთი საშუალება არსებობს. ეს საშუალება დამყარებულია დენდროქრონოლოგიური მეთოდით წინასწარ დათარიღებულ ხის წლიურ რგოლებში რადიონახშირბადისა (^{14}C) და პოლარულ ყინულებში ^{10}Be -ის კონცენტრაციების განსაზღვრასთან [1].

კოსმოგენური რადიონახშირბადი ^{14}C წარმოიქმნება დედამიწის ატმოსფეროში შემდეგი რეაქციის საშუალებით:



^{14}C -ის წარმოქმნის მაქსიმალური სიჩქარე დაიშორება 15–18 კმ სიმაღლეზე 75–120 გ/სმ² წნევის დროს გეომავნიტურ განედზე დამოკიდებულებით.

ლინგვენტულტერის [2] მიერ გამოთვლილ იქნა ^{14}C -ის წარმოქმნის საშუალო სიჩქარე მზის რამდენიმე უკანასკნელი ციკლის განმავლობაში. იგი შემდეგი მნიშვნელობისაა $2,5 \pm 0,5$ $^{14}\text{C}/\text{სმ}^2\text{წმ}$.

დედამიწის ატმოსფეროში წარმოქმნილი რადიონახშირბადი 1 წლის განმავლობაში იჟანგება $^{14}\text{CO}_2$ -მდე და შემდეგ ერევა ჩვეულებრივ ნახშირორჟანგა გაზს $^{12}\text{CO}_2$. ამის შემდეგ დედამიწის ატმოსფეროში მიმდინარე დინამიკური პროცესების შედეგად ხდება დაახლოებით თანაბარი განაწილება $^{14}\text{CO}_2$ -ისა ტროპოსფეროში, საიდანაც $^{14}\text{CO}_2$ ერთვება ნახშირბადის გაცვლის საერთო ბუნებრივ ბიო-გეოქიმიურ ციკლში. ამის შემდეგ კოსმოგენური იზოტოპი ^{14}C ფოტოსინთეზის გზით ხვდება ხის რგოლებში, საიდანაც ქიმიური მეთოდით ხდება ^{14}C -ის

გამოყოფა და შემდგომ მისი გაზომვის შედეგად მიიღება რადიონახშირბადის კონცენტრაციის ყოველწლიური ვარიაციები წარსულში დროის დიდ სკალაზე. ეს ვარიაციები შეიძლება განპირობებული იყოს ^{14}C -ის წარმოქმნის დროს მიმდინარე სხვადასხვა პროცესებით, მისი გადანაწილებით რადიონახშირბადის შემცველ რეზერვუარებში, და ასევე იზოტოპური ფრაქციონირებითაც, რომლის მიზეზი შეიძლება იყოს როგორც ხის ზრდის დროს მის შიგნით მიმდინარე ბიოლოგიური პროცესები, ასევე ნიმუშის ქიმიური მომზადება. ამ პროცესის (ფრაქციონირების) წვლილის კონტროლის მიზნით ატარებენ მას-სპექტრომეტრულ გაზომვებს ნიმუშებში ^{13}C -ის შემადგენლობის განსაზღვრის მიზნით.

ბენზოლის სახით მოცემულ ნიმუშში $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -ის გაზომვისას ბენზოლის მცირე რაოდენობას წვავენ და გადაჰყავთ გაზში CO_2 . გამოსავალი არა უმცირეს 99%-ია [5]. ამის შემდეგ ფარდობა $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ იზომება მას-სპექტრომეტრის საშუალებით [3-5].

^{14}C -ის კონცენტრაციის მნიშვნელობა იზოტოპური ფუნქციონირების ეფექტის გათვალისწინებით გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta^{14}\text{C} = \delta^{14}\text{C} - (2\delta^{13}\text{C} + 50) \cdot (1 + \delta^{14}\text{C}/1000)\% \text{ o.} \quad (1)$$

ივ. ჭავჭავაძის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამოყენებითი ბირთვული ფიზიკის ლაბორატორიაში შექმნილ იქნა სპეციალური დანადგარი იმისათვის, რომ ნახშირბადის შემცველი ნიმუშები მომზადებული ყოფილიყო მას-სპექტრომეტრული გაზომვებისათვის [5]. იმავე ლაბორატორიაში ჩატარდა $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ფარდობის პირველი გაზომვები ნიმუშებისათვის 1590-1615 წ., 1690-1710 წ. და 1780-1820 წ.

ც ბ რ ი ლ

წლები	$\delta^{14}\text{C}\%$ o	$\delta^{13}\text{C}\%$ o	$\Delta^{14}\text{C}\%$ o
1593	29,9	-27	34,0
1594	28,6	32	43,0
1595	28,5	30	38,7
1596	37,0	28	43,2
1597	30,6	34	45,0
1598	18,1	30	28,2
1599	29,2	34	43,6
1600	18,3	30	28,4
1601	26,6	31	38,9
1602	27,5	27	31,8
1603	27,5	34	45,9
1604	18,0	32	32,2
1605	25,0	33	41,4
1606	26,7	29	34,9
1607	23,2	28	29,3
1608	25,6	29	33,8
1609	31,1	28	37,5
1610	25,5	28	31,8
1611	37,7	28	43,9
1612	24,0	29	32,4
1613	-	35	-
1614	27,4	31	39,8
1615	19,9	29	38,2

მიღებული გაზომვების საფუძველზე გაკეთდა აღნიშნულ წლებში ^{14}C -ის კონცენტრაციის მნიშვნელობების შესწორებები იზოტოპური ფრაქციონირების გათვალისწინებით (1) ფორმულის მიხედვით. მიღებული შედეგები მოცემულია



(ცხრ.1)-ზე, რომლის ანალიზი საფუძველს გვაძლევს ვთქვათ, რომ $\delta^{14}\text{C}$ -ის ცვლილებები ითი სვლის ზოგადი ხასიათი არ შეცვლილა, შეიმჩნევა მხოლოდ $\delta^{14}\text{C}$ -ის ვარიაციების ამპლიტუდის მცირეოდენი ცვლილება.

ი. ჯავახიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Астрофизические явления и радиоуглерод*. Под. ред. Г. Е. Кочарова. Ленинград, 1985, 9.
2. *R. E. Lingenfelter, R. Romaty*. In.: *Radiocarbon Variations and Absolute Chronology*. New York: Wiley and Sons, 1970.
3. *Э. И. Ильясов, З. В. Ломтатидзе, Р. Я. Мецхваришвили, С. Л. Церетели*. Определение погодичного содержания $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ в дендрохронологически датированных образцах за период 1850-1940 гг. Препринт ФТИ N 841, Л., 1983.
4. *И. В. Жоржوليани, П. Г. Кереселидзе, Г. Е. Кочаров, З. В. Ломтатидзе, С. Л. Церетели*. В сб.: Экспериментальные методы исследования астрофизических и геофизических явлений. Л., 1988, 92-114.
5. *М. Ш. Кавиладзе, Г. Е. Кочаров, Т. А. Мелашвили, Б. А. Соломко, М. В. Абашидзе, М. С. Квирия, Маха Хадр*. В сб.: Труды 5-го Всес. Сов. по проблеме "Астрофизические явления и радиоуглерод". Тбилиси, 1974, 131-138.



თ. აბესაძე, მ. ქლიზარაშვილი

სპინური ექო ვარიანტული სიმულაციის იმპულსებისათვის

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. სანაძემ 13.03.1997

როგორც ცნობილია, სპინური ექოს არსი მდგომარეობს შემდეგში. ნიშნულზე, რომელიც იმყოფება მუდმივ მაგნიტურ ველში და მიეწოდება მაგნიტური რეზონანსის სიხშირეზე ოსცილირებადი მაგნიტური ველის მოკლე ხანგრძლივობის ორი იმპულსი, რომელთა შორის დროითი შუალედია, მეორე იმპულსის მოქმედებიდან დროის შემდეგ მიიღება სპინური ექოს სიგნალი. უმარტივესი სახის სპინური ექო დაიკვირვება ჰანის სისტემაზე. იგი წარმოადგენს სპინ $I=1/2$ ან $I=1/2$ მქონე ნაწილაკების ერთობლიობას, რომელთა ენერგეტიკული დონეები ეკვიდისტანტურია და ზეემანის ენერგია არაერთგვაროვნადაა განაწილებული. ამ შემთხვევაში სპინური ექო წარმოადგინება ერთი ვიწრო სიგნალით [1]. სისტემაზე, რომლებიც შეიცავენ $I>1/2$ ნაწილაკებს, რომელთა ენერგეტიკული დონეები არაეკვიდისტანტურია, სპინური ექოს მოვლენას უფრო რთული სახე აქვს. მაგალითად, [2]-ში განხილულია ექოს სიგნალის ფორმირება სპინურ სისტემაში, სადაც კვადრუპოლური ურთიერთქმედების კონსტანტა არაერთგვაროვნადაა განაწილებული, ხოლო [3-4]-ში მოცემულ შემთხვევებში არაერთგვაროვანი განაწილება გათვალისწინებულია როგორც კვადრუპოლურ, ასევე ზეემანის ურთიერთქმედებაში.

მოვიტანოთ გამოთვლების შედეგები, როცა კვადრუპოლური ურთიერთქმედება მუდმივადაა ჩათვლილი, ზეემანის ენერგიაში კი ითვალისწინებენ არაერთგვაროვან განაწილებას [5]. პირველი იმპულსის მოქმედების დაწყებამდე სიმკვრივის მატრიცას აქვს სახე $\sigma^*(0) \sim I_z$, სიმკვრივის მატრიცის შემდგომი ევოლუცია გამოისახება ფორმულით

$$\sigma^*(t) = U_{IV} U_{III} U_{II} U_I \sigma^*(0) U_I^{-1} U_{II}^{-1} U_{III}^{-1} U_{IV}^{-1}, \quad (1)$$

სადაც

$$\begin{aligned} U_I &= \exp\{-i(\Delta\omega I_z + aI_z^2 + \omega_1 I_y)t_W\} \\ U_{II} &= \exp\{-i(\Delta\omega I_z + aI_z^2)(\tau - t_W)\} \\ U_{III} &= \exp\{-i(\Delta\omega I_z + aI_z^2 + \omega_1 I_y)t'_W\} \\ U_{IV} &= \exp\{-i(\Delta\omega I_z + aI_z^2)(t - \tau - t'_W)\}. \end{aligned} \quad (2)$$

განვიხილოთ შემთხვევა $\Delta\omega \ll a$ $I=3/2$ -თვის U_I მატრიცულ წარმოდგენას აქვს სახე:

$$U_1 = \begin{pmatrix} A & C & E & F \\ -C & B & D & E \\ E & -D & B & C \\ -F & E & -C & A \end{pmatrix}. \quad (3)$$

პირველი იმპულსის მოქმედების დასასრულს სიმკვრივის მატრიცა ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\sigma^*(t_W) = U_I I_Z U_I^{-1} = \begin{pmatrix} a & e & f & d \\ e^* & b & c & -f^* \\ f^* & c & -b & e^* \\ d & f & e & -a \end{pmatrix}, \quad (4)$$

სადაც

$$\begin{aligned} a &= \frac{3}{2}|A|^2 + \frac{1}{2}|C|^2 - \frac{1}{2}|E|^2 + \frac{3}{2}|F|^2 \\ b &= \frac{3}{2}|C|^2 + \frac{1}{2}|B|^2 - \frac{1}{2}|D|^2 - \frac{3}{2}|E|^2 \\ c &= -\frac{3}{2}(C^*E + E^*C) - \frac{1}{2}(B^*D + D^*B) \\ d &= -\frac{3}{2}(A^*F + F^*A) - \frac{1}{2}(E^*C + C^*E) \\ e &= -\frac{3}{2}AC^* + \frac{1}{2}B^*C - \frac{1}{2}D^*E - \frac{3}{2}E^*F \\ f &= \frac{3}{2}AE^* - \frac{1}{2}CD^* - \frac{1}{2}B^*E - \frac{3}{2}C^*F. \end{aligned} \quad (5)$$

სხვადასხვა მატრიცული ელემენტები განაპირობებენ სპინური ექოს სიგნალებს სხვადასხვა დროს

$$\begin{aligned} d & \quad t = 4\tau \\ f & \quad t = 3\tau \\ e, c & \quad t = 2\tau \end{aligned}$$

a და b ელემენტები კი სპინურ ექოს გამოსახულებაში იძლევიან წვერს, რომელიც განაპირობებს მეორე იმპულსის შემდგომ ინდუქციის თავისუფალ მილე-ვას.

ზემოხსენებულ შემთხვევაში U_I და U_{II} გარდა წვერისა, რომელიც შეესაბამება სპინური სისტემის H_1 მაგნიტურ ველთან ურთიერთქმედებას, შეიცავს ზეემანისა და კვადრუპოლურ ურთიერთქმედებებთან დაკავშირებულ წვერებს. ასეთი სახის იმპულსები სუსტ იმპულსებს წარმოადგენენ. იმ შემთხვევაში, თუ სრულდე-

ბა სპექტრის აგზნების პირობა [1] ($\omega_1 \gg a$), საქმე გვაქვს ძლიერ იმპულსებთან და U_I და U_{III} აქვს სახე:

$$U'_I = \exp\{-i\omega_1 I_y t'_w\}$$

$$U'_{III} = \exp\{-i\omega'_1 I'_y t'_w\}.$$

ამ შემთხვევაში შედეგს ადვილად მივიღებთ. ამისათვის საჭიროა მხოლოდ U_I და U_{III} -ის ელემენტები შევცვალოთ ვიგნერის მატრიცის შესაბამისი ელემენტებით [6]. (5) ფორმულების გამოყენებით (4)-ის მატრიცული ელემენტებისათვის შემდეგ შედეგს მივიღებთ.

$$d = f = 0$$

$$e = \sqrt{3} / 2 \sin \beta_1$$

$$c = \sin \beta_1$$

$$b = 1/2 \cos \beta_1$$

$$a = 3/2 \cos \beta_1,$$

სადაც $\beta_1 = \omega_1 t_w$

ე. ი. ძლიერი იმპულსების შემთხვევაში ვიღებთ სპინურ ექოს მხოლოდ ერთი სიგნალით. ეს კი გამოწვეულია იმით, რომ ძლიერი იმპულსი ყველა სპინური პაკეტის დამაგნიტების ვექტორს ერთნაირი კუთხით აბრუნებს და სპინური ექოს წარმოქმნა ხდება ცნობილი მარტივი სქემით. სუსტი იმპულსი კი სხვადასხვა სპინური პაკეტის დამაგნიტების ვექტორს სხვადასხვა კუთხით აბრუნებს, რის შედეგადაც მეორე იმპულსის მოქმედების შემდეგ მათი ურთიერთმდებარეობისა და შემდგომი მოძრაობის გართულებულ შემთხვევას ვღებულობთ. სწორედ ამის გამოა, რომ სრული განივი დამაგნიტების ვექტორი ფაზირებას (ე. ი. ნულისაგან განსხვავებულ მნიშვნელობას) აღწევს დროის რამდენიმე მომენტში და შესაბამისად მიიღება რამდენიმე სიგნალიანი სპინური ექო.

დღევანდელ პირობებში ექსპერიმენტის ჩატარების დროს შესაძლებელი გახდა მკვეთრად განსხვავებული სიძლიერის იმპულსების გამოყენება. განვიხილოთ ორი შემთხვევა:

1. პირველი იმპულსი ძლიერია, მეორე კი სუსტი. ეს შემთხვევა ჰგავს ძლიერი იმპულსების შემთხვევას. ექოს სიგნალის მდებარეობა არ იცვლება, რადგან $\sigma(t_w)$ -ს იგივე სახე აქვს რაც ძლიერი იმპულსების შემთხვევაში. განსხვავება, რომელიც მხოლოდ სპინური ექოს ამპლიტუდურ მნიშვნელობაში გამოსათვლელ ფორმულაშია, გამოწვეულია განივი დამაგნიტების ვექტორის მხოლოდ ნაწილობრივ აღდგენით.

2. მეორე იმპულსი ძლიერია, პირველი კი სუსტი. ამ დროს $\sigma(t_w)$ აქვს (4) სახე და ექოს სიგნალები მიიღება $t = 2\tau, 3\tau, 4\tau$ დროის მომენტებში.

ამრიგად, სპინური ექოს სიგნალების რაოდენობა დამოკიდებულია მხოლოდ პირველი იმპულსის სიძლიერეზე, მეორე იმპულსის სიძლიერეს კი არსებითი მნიშვნელობა არა აქვს.

ი. ჯავახიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *К. М. Салихов, А. Г. Семенов, Ю. Д. Цветков.* Электронное спиновое эхо и его применение. Новосибирск, 1976, 342 с.
2. *I. Solomon.* Phys. Rev., 110, 1958, 61.
3. *Г. А. Абеяшев, В. Н. Бержанский, Н. А. Сергеев, Ю. В. Федотов.* ЖЭТФ, 1988, 94, 224-237.
4. *Т. Ш. Абесадзе, А. М. Ахалкаци, И. Г. Килиптари, М. Г. Меликия, Т. М. Шавишвили.* ЖЭТФ, 96, 1(7), 1989, 187-193.
5. *Н. Abe, Н. Yasouka, А. Hirai.* J. Phys. Soc. Jap. 21, 1966, 77-89.
6. *Д. А. Варшавович, А. Н. Москалев, В. К. Херсонский.* Квантовая теория углового момента. Л., 1975, 450 с.



მ. ჯაყელი, ი. თუთხაძე

ინვერსიული განაწილების ფუნქციის ჩამოყალიბების ერთ-ერთი
 შესაძლებლობის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ცაგარეიშვილმა 07.05.1997

კარგადაა ცნობილი, რომ ნახევრადგამტარული ნიმუშების მახასიათებლების კვლევა მუხტის მატარებელთა ინვერსიული განაწილების ფუნქციის პირობებში განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს.

ინვერსიული განაწილების შექმნის სხვადასხვა საშუალებები არსებობს. [1] ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ ნახევრადგამტარში მონოქრომატულ გამოსხივებას შეუძლია შექმნას ფოტოელექტრონთა ინვერსიული განაწილების ფუნქცია (იბზ). [2] ნაშრომში გამოთქმული იყო მოსაზრება, რომ იბზ შეიძლება შეიქმნას ცხელი ელექტრონების ნეიტრალურ ცენტრებზე (ნც) ჩაჭერისას, D^+ ცენტრის წარმოქმნით. ჩაჭერის პროცესი ერთფონონიანი და ამიტომაც ფოტოელექტრონებისთვის აზრი აქვს სიცოცხლის დროს ენებას. სიცოცხლის დროის ენერგეტიკული დამოკიდებულება ($\tau_c(\epsilon)$) ენერჯის მთელ არეში ელექტრონთა ნც ჩაჭერისას მიღებულია [3] ნაშრომში. [4] ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ მაღალი ენერჯის ელექტრონებისთვის ენერჯის დისიპაციის ფონონურ მექანიზმთან ერთად, ჩნდება ნც-ზე არადრეკადი გაბნევებით გამოწვეული დისიპაციის სხვა არხებიც, კერძოდ გადაამწყვეტი ხდება ნც-ის 2S დონის აღზნება.

აღნიშნული ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს არადრეკადი მინარევული გაბნევის გავლენის გამოკვლევა ცხელი ელექტრონების იბზ ჩამოყალიბებაზე, როდესაც ნეიტრალური ცენტრები ჩამჭერ ცენტრებს წარმოადგენენ.

განვიხილოთ დაბალ ტემპერატურაზე მყოფი ნახევრადგამტარი, რომელიც შეიცავს ნეიტრალურ დონორულ ცენტრებს. მონოქრომატული გამოსხივების არსებობისას და ზემოთქმულის გათვალისწინებით კინეტიკური განტოლება ბზ სტაციონარული მნიშვნელობისათვის ($F(\epsilon)$) ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\frac{d}{d\epsilon} \left[F(\epsilon) \frac{g(\epsilon)\epsilon}{\tau_{ak}(\epsilon)} \right] - g(\epsilon)F(\epsilon)W(\epsilon) + g(\epsilon + \Delta E)F(\epsilon + \Delta E)W(\epsilon + \Delta E) - F(\epsilon) \frac{g(\epsilon)}{\tau_c(\epsilon)} + I\delta(\epsilon - \epsilon_0) = 0 \quad (1)$$

ამ განტოლების პირველი წევრი განსაზღვრავს აკუსტიკურ ფონონებზე ელექტრონთა გაბნევას, $\tau_{ak}(\epsilon)$ არის აღნიშნული მექანიზმის შესაბამისი ენერჯის რელაქსაციის დრო, $W(\epsilon)$ - ე ენერჯის მქონე ელექტრონის ნც არადრეკადი გაბნევის ალბათობა, ΔE - ნც აღზნების ენერჯია, I - მონოქრომატული გამოსხივების ინტენსივობა, ϵ_0 - გამტარობის ზონაში ფოტოელექტრონთა აგზნების ენერჯია. [1] ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ $\epsilon > \epsilon_0$



ენერგიისთვის ბზ განისაზღვრება ბოლცმანის განაწილების კუდიტ. (1) განტოლებას ანალიზი გვიჩვენებს, რომ საინტერესოა განხილულ იქნეს შემთხვევა, როდესაც ფოტოელექტრონთა აღგზნების ენერგია აკმაყოფილებს პირობას $\Delta E \leq \varepsilon_0 \leq 2\Delta E$. განვიხილოთ ენერგიის $[0 \div \varepsilon_0]$ ინტერვალში სხვადასხვა არეები: 1) $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 - \Delta E$; 2) $\varepsilon_0 - \Delta E \leq \varepsilon \leq \Delta E$; 3) $\Delta E \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0$. პირველ არეში $W(\varepsilon) = 0$ და $W(\varepsilon + \Delta E) \neq 0$, მეორე არეში $W(\varepsilon) = 0$ და $W(\varepsilon + \Delta E) = 0$, მესამე არეში კი - $W(\varepsilon) \neq 0$ და $W(\varepsilon + \Delta E) = 0$, ამის გამო (1) განტოლებას სხვადასხვა არეებში აქვს სხვადასხვა ამონახსნები. $\varepsilon = \varepsilon_0 - \Delta E$ და $\varepsilon = \Delta E$ წერტილებში შეკვრის პირობების გათვალისწინებით ამონახსნებს აქვთ შემდეგი სახე:

$$F_1(\varepsilon) = F_2(\varepsilon) \left(1 + \int_{\varepsilon}^{\varepsilon_0 - \Delta E} \theta(\varepsilon) \exp \left[\int_{\varepsilon}^{\varepsilon_0 - \Delta E} \frac{\tau_{ak}(\varepsilon)}{\tau_c(\varepsilon) \varepsilon} d\varepsilon \right] d\varepsilon \right), \quad (2)$$

$$\text{სადაც } \theta(\varepsilon) \equiv \frac{1}{CI} F_3(\varepsilon + \Delta E) W(\varepsilon + \Delta E) g(\varepsilon + \Delta E)$$

$$F_2(\varepsilon) = \frac{ZCI \tau_{ak}(\varepsilon)}{g(\varepsilon) \varepsilon} \exp \left[- \int_{\varepsilon}^{\Delta E} \frac{\tau_{ak}(\varepsilon)}{\tau_c(\varepsilon) \cdot \varepsilon} d\varepsilon \right], \quad (3)$$

$$\text{სადაც } Z \equiv \exp \left[- \int_{\Delta E}^{\varepsilon_0} \frac{\tau_{ak}(\varepsilon)}{\varepsilon} \left(\frac{1}{\tau_c(\varepsilon)} + W(\varepsilon) \right) d\varepsilon \right]$$

$$F_3(\varepsilon) = \frac{CI \tau_{ak}(\varepsilon)}{g(\varepsilon) \varepsilon} \exp \left[- \int_{\varepsilon}^{\varepsilon_0} \frac{\tau_{ak}(\varepsilon)}{\varepsilon} \left(\frac{1}{\tau_c(\varepsilon)} + W(\varepsilon) \right) d\varepsilon \right], \quad (4)$$

სადაც $F_1(\varepsilon)$, $F_2(\varepsilon)$ და $F_3(\varepsilon)$ არის ბზ შესაბამისად I, II და III არეებში. მუდმივი C მამრავლი განისაზღვრება განაწილების ფუნქციის ნორმირების პირობიდან.

(2) და (3) გამოსახულების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ენერგიის განსაზღვრული მნიშვნელობისათვის მათ აქვთ მაქსიმუმები, რომლებიც შეიძლება მოძებნილ იქნეს თანაფარდობებიდან:

$$\frac{\tau_{ak}(\varepsilon_{m1})}{\tau_c(\varepsilon_{m1})} = 2 + \frac{\varepsilon_{m1} \theta(\varepsilon_{m1}) \exp \left[\int_{\varepsilon_{m1}}^{\varepsilon_0 - \Delta E} \frac{\tau_{ak}(\varepsilon)}{\tau_c(\varepsilon) \varepsilon} d\varepsilon \right]}{1 + \int_{\varepsilon_{m1}}^{\varepsilon_0 - \Delta E} \theta(\varepsilon) \exp \left[\int_{\varepsilon}^{\varepsilon_0 - \Delta E} \frac{\tau_{ak}(\varepsilon)}{\tau_c(\varepsilon) \varepsilon} d\varepsilon \right] d\varepsilon} \quad (5)$$

$$\frac{\tau_{ak} \varepsilon_m}{\tau_c \varepsilon_m} \quad (6)$$

თუ $\varepsilon_{m1} < \varepsilon_0 - \Delta E$, მაშინ ბზ-ის მაქსიმუმი არის $\varepsilon = \varepsilon_{m1}$ წერტილში და $\varepsilon < \varepsilon_{m1}$ ენერგიაზე მისი ინვერსიული ნაწილი განისაზღვრება მხოლოდ $F_1(\varepsilon)$ ფუნქციით, თუ $\varepsilon_{m1} > \varepsilon_0 - \Delta E$ ბზ-

ის მაქსიმუმი არის $\varepsilon = \varepsilon_{m2}$ წერტილში და მისი ინვერსიული ნაწილი განისაზღვრება $F_2(\varepsilon)$ და $F_2(\varepsilon)$ ფუნქციებით.

(4) გამოსახულების ანალიზიდან ვღებულობთ, რომ ენერჯის $\Delta E \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0$ არეში ბზ-ში ინვერსია შეიძლება დაკვირვებულ იქნეს, თუკი სრულდება პირობა

$$\tau_{ak}(\varepsilon) \left(\frac{1}{\tau_c(\varepsilon)} + W(\varepsilon) \right) > 2. \quad (7)$$

ვიცით, რა $\tau_{ak}(\varepsilon)$ და $\tau_c(\varepsilon)$ ფუნქციონალური დამოკიდებულებები, ადვილად შეიძლება ჩვენება, რომ ენერჯის ამ არეში $\tau_{ak}(\varepsilon) \ll \tau_c(\varepsilon)$, მაშინ (7) გვაძლევს:

$$\varepsilon \left(1 - 4 \frac{\alpha^2}{N^2} \right) > \Delta E, \quad (8)$$

სადაც $\alpha \equiv \frac{3^{12} m^4 E_c^2 E_g}{2^{19} h^6 \rho \pi^2}$, N არის ნც კონცენტრაცია, ρ - კრისტალის სიმკვრივე, m -

ელექტრონის მასა, E_c - დეფორმაციული პოტენციალის მუდმივა, E_g - ნც ძირითადი მდგომარეობის ბორის ენერჯია.

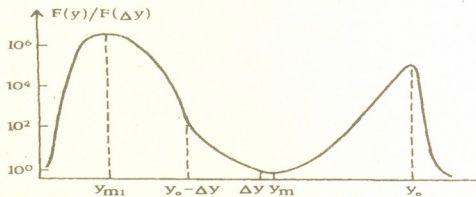
(8)-დან ჩანს, რომ $F_3(\varepsilon)$ შეიძლება იყოს ინვერსიული, თუ $N > N_{cr} = 2\alpha$. შეფასებები აჩვენებენ, რომ Si-თვის $N_{cr} \approx 2 \cdot 10^{15} \text{см}^{-3}$, Ge კი $N_{cr} \approx 8 \cdot 10^{14} \text{см}^{-3}$. $\varepsilon > \varepsilon_m$ ენერჯის არეში, სადაც

$$\varepsilon_m = \frac{\Delta E N^2}{N^2 - 4\alpha^2}. \quad (9)$$

$F_3(\varepsilon)$ - ზრდადია, ხოლო $\varepsilon < \varepsilon_m$ არეში კი კლებადი ფუნქციაა, $\varepsilon = \varepsilon_m$ წერტილში მას აქვს მინიმუმი. Si-თვის, როცა $N = 6 \cdot 10^{15} \text{см}^{-3}$ ვღებულობთ, რომ $\varepsilon \approx 1,5 \Delta E$.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა: ბზ $0 < \varepsilon < \varepsilon_{m1}$ არეში ინვერსიულია და იგი განპირობებულია ფოტოელექტრონთა ნც-ზე ჩაჭერით, ხოლო ბზ ინვერსიულობა $\varepsilon_m < \varepsilon < \varepsilon_0$ არეში ნც-ზე მათი არადრეკადი გაბნევით, ამ არიდან ელექტრონთა გასვლითაა განპირობებული, რადგანაც ამ არეში ფოტოელექტრონთა არადრეკადი გაბნევა დომინირებს აკუსტიკურ ფონონებზე მათ გაბნევებს.

(5) და (9) გამოსახულებებიდან გამომდინარეობს, რომ N-ის ზრდით ($N > N_{cr}$) ε_{m1}



სურ. ფოტოელექტრონთა განაწილების ფუნქციის ენერგეტიკული დამოკიდებულება $F(Y)/F(\Delta y)$ Si-თვის, როცა $N = 8 \cdot 10^{16} \text{см}^{-3}$, $Y_0 = 1,6 \Delta y$, სადაც $Y = \varepsilon/E_c$, $Y_0 = \varepsilon_0/E_c$, $Y_{m1} = \varepsilon_{m1}/E_c$, $Y_m = \varepsilon_m/E_c$, E_c არის D⁻ ცენტრის იონიზაციის ენერჯია



ინაცვლებს დიდი მნიშვნელობებისაკენ, ხოლო ϵ_m კი მცირე მნიშვნელობებისაკენ. ეს იწვევს იმ ენერგეტიკული არის გაფართოებას, რომელშიც ბზ ინვერსიულია. ϵ_{m1} და ϵ_m წერტილების დაახლოება ნიშნავს, რომ ϵ_0 ენერგიით დაბადებული ფოტოელექტრონები ძირითადად გროვდებიან ϵ_{m1} ენერგიის მანძილზე.

ამგვარად, იბზ-ის ჩამოყალიბებაში ნც-ს აქვთ ორმაგი დატვირთვა: ბზ ინვერსიული უბნები განპირობებული არიან ნც-ზე როგორც ელექტრონთა ჩაქერით, ასევე მათი არადრეკადი გაბნევით. სურათზე მოყვანილია მზმ-ზე შესრულებული ბზ გათვლის შედეგები, კონკრეტულ შემთხვევაში Si-თვის, როცა $N=8 \cdot 10^{16} \text{სმ}^{-3}$ და $\epsilon_0=1,6\Delta E$. განხილულ შემთხვევაში $\epsilon_{m1} < \epsilon_0 - \Delta E$, და ბზ-ს მაქსიმუმები აქვს ϵ_{m1} წერტილში. ბზ ასეთი სახე კინეტიკური კოეფიციენტების გამოთვლებისას აუცილებლად მოგვცემს საინტერესო შედეგებს.

ი. ჯაგანიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. Ю. П. Ладыжинский ФТТ. Т.2, 1969, 2282.
2. Е. Б. Гольдур, Р. И. Рабинович. ЖЭТФ, 84, 1983, 1109.
3. В. Г. Джакели, И. А. Тутберидзе. ФТП, 30, 1996, 894.
4. В. Г. Джакели, З. С. Качлишвили. Тр. Тбилисского гос. ун-та. Т.295(29). Тбилиси, 1989, 35.

ნ. კაკელიძე, რ. კოხრიძე, ბ. მუშლაძე, ს. ოდინოვი, ჯ. სანიკიძე, ბ. ცინცაძე,
 მ. ჰუბაბრი

**Bi-ის შემცველი მაღალტემპერატურული ზეგამტარი კერამიკის
 მაგნიტური თვისებების შესწავლა**

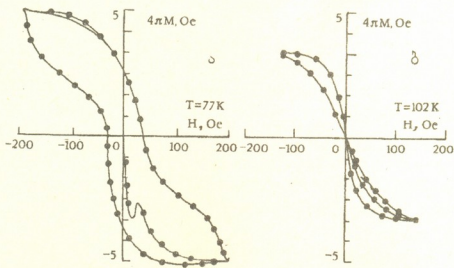
წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. სანაძემ 29.04.1997

Bi-ის შემცველ მაღალტემპერატურულ ზეგამტარ კერამიკას აქვს რიგი უკეთესი მახასიათებლებისა, იტრიუმის ბაზაზე შექმნილ კერამიკასთან შედარებით, ზეგამტარ მდგომარეობაში გადასვლის უფრო მაღალი ტემპერატურა და უფრო უკეთესი კრიტიკული პარამეტრები. ასეთი კერამიკის სინთეზი უფრო რთულია, მისი შესწავლა უფრო გვიან დაიწყო და ამდენად საინტერესოა მისი თვისებების შესწავლა, როგორც მიღების ტექნოლოგიის გაუმჯობესების მიზნით, ასევე მისი გამოყენების თვალსაზრისით.

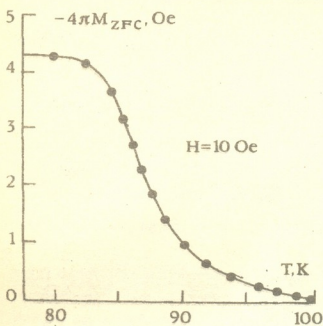
$(BiPb)_2Ca_2Sr_2Cu_3O$ შემადგენლობის კერამიკა კიბერნეტიკის ინსტიტუტში იქნა სინთეზირებული სპეციალური ტექნოლოგიის გამოყენებით, რაც მდგომარეობდა ტრადიციული ხერხით [1,2] მიღებული ნიმუშების შემდგომ გამოწოთობაში უფრო დაბალ ტემპერატურაზე. როგორც აჩვენებს წინასწარმა გამოკვლევებმა, მიღებული ნიმუშების მახასიათებლები საკმაოდ კარგია.

მაგნიტური თვისებების შესწავლა მდგომარეობდა როგორც მაგნიტური მომენტის ჰისტერეზისის მარყუევების გამოკვლევაში, ასევე მაგნიტური მომენტის M_{FC} გაზომვაში, ნიმუშის მაგნიტურ ველში გაცივების დროს და მაგნიტური ამთვისებ-

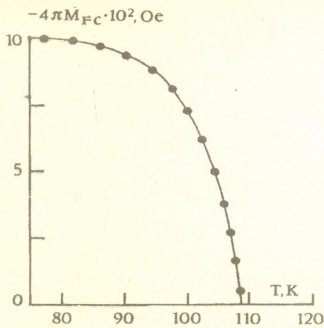
ლობის $\chi = \frac{M_{FC}}{H}$ დადგენაში. მაგნიტური მომენტის აბსოლუტური მნიშვნელობა



სურ. 1



სურ. 2

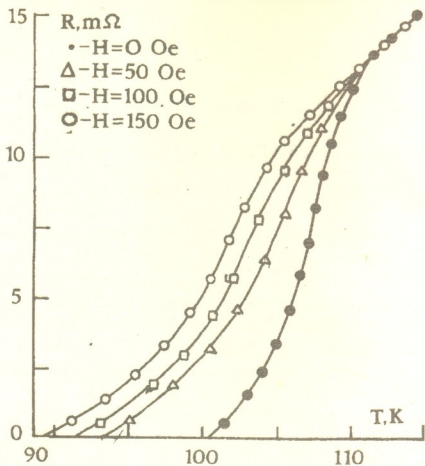


სურ. 3

განისაზღვრებოდა კოქის რხევის მეთოდით [3,4]. როგორც ცნობილია სუსტ ველეებშიც ბევრად ნაკლებია, ვიდრე M_{ZFC} , რომელიც განისაზღვრება ნიმუშის გაცივების დროს ნულოვან ველში და მაგნიტური ველის შემდგომი ჩართვით [5]. ჰისტერეზისის მრუდები აგებულ იქნა 200 ერსტედამდე მაგნიტურ ველეებში სხვადასხვა ტემპერატურებზე (სურ. 1 ა, ბ). როგორც სურათიდან ჩანს, 102K აგებული მრუდი განსხვავდება 77K აგებული მრუდისგან იმით, რომ ჰისტერეზისის მრუდი თითქოსდა შედგება ორი ცალკეული მარჯუენისაგან და $H=0$ აქვს ნულოვანი მაგნიტური მომენტი. ეს საინტერესო ფაქტი, როგორც ჩანს იმით აიხსნება, რომ მალალტემპერატურულ ზეგამტარ კერამიკაში ჰისტერეზისი შეიძლება განპირობებულ იქნეს, როგორც ჯოზეფსონის სუსტი კავშირებით, ასევე აბრიკოსოვის გრიგალეების პინინგით. მაგრამ 102K ტემპერატურაზე, რომელიც აღემატება შექცევადობის ტემპერატურას [6,7], გვაქვს მაგნიტური ნაკადის „კრიპი“, რაც იწვევს მაგნიტური მომენტის დეგრადაციას. ხოლო როგორც ჩანს 2 სურათზე მოყვანილი მრუდიდან, 102K ჯერ კიდევ არსებობენ სუსტი ბმები, მაგნიტური მომენტი ნულის ტოლია, რითაც აიხსნება ჰისტერეზისის არარსებობა ნულოვანი ველის მახლობლობაში. მრუდი მიღებულ იქნა სუსტ ველეებში ($H=10$ ერსტედი) 77K ტემპერატურაზე და ნიმუშის შემდგომი გათბობის დროს 100K-მდე (ნიმუში ცივდება ნულოვან ველში).

3 სურათზე მოცემულია $4\pi M_{FC}$ -ს დამოკიდებულება ტემპერატურაზე გაზომილი $H=10$ ერსტედის ველში. გადასვლის დასაწყისი შეესაბამება ზეგამტარი მარცვლების წარმოქმნას 108K, როდესაც მარცვლები ჯერ კიდევ არ არიან დაკავშირებული სუსტი ბმებით, რომლებიც წარმოიქმნებიან რამდენადმე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე.

4 სურათზე მოცემულია ნიმუშის ელექტრული წინააღმდეგობა გარე ველეებში 0-დან 150 ერსტედამდე. ველის ზრდასთან ერთად მრუდის ქვემო ნაწილი იწვევს დაბლა, მანინ როდესაც ზემო ნაწილი (გადასვლის დასაწყისი) რჩება უცვლელი.



სურ. 4

ეს აიხსნება მცირე მაგნიტური ველების სუსტი ზემოქმედებით მარცვლების ზეგამტარობაზე და უფრო ძლიერი გავლენით სუსტ ბმებზე (ზეგამტარი გადასვლის დასასრული).

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
კიბერნეტიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. H. Maed, J. Tanaka, M. Fukotomi et al. Jap. J. Appl. Phys., 27, 1988, 209.
2. H. Takeno et al. Jap. J. Appl. Phys., 27, 1988, 1041.
3. A. Arrot, J. E. Goldman. Rev. Sci. Instr. 28, 2, 1957, 29.
4. P. G. Кохреидзе, С. В. Оденов, Д. Т. Саникидзе, Г. А. Цинцалзе, М. Я. Чубабрия. Сообщ. АН ГССР, 129, 1, 1988, 69.
5. A. P. Malazemoff, L. Krusin-Elbaum et al. Phys. Rev. B., 38, 10, 1988, 6490.
6. Е. З. Мейлихов. СФХТ, 2, 9, 1989, 5.
7. C. P. Bean. Rev. Mod. Phys., 36, 1964, 31.



3. ხუციშვილი

ულტრაბგერის შთანთქმა ამორფულ ფერომაგნიტებში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ჯ. ლომინაძემ 24.04.1997

როგორც ცნობილია, მოუწესრიგებელი სისტემების თვისებებს შედარებით კარგად ხსნის ე. წ. „ორდონიანი სისტემების მოდელი“ [1]. ამორფულ ფერომაგნიტებში, ისევე როგორც სხვა ამორფულ მყარ სხეულებში, ორდონიანი სისტემების სტრუქტურა და დინამიკა ძირითადად შეისწავლება მათში ულტრაბგერის გავრცელებით. აღნიშნული ექსპერიმენტებით იზომება ან ბგერის შთანთქმის კოეფიციენტი, ან ბგერის სიჩქარის ფარდობითი ცვლილება. მიღებული შედეგების ინტერპრეტაციისათვის განიხილება ბგერის რეზონანსული და რელაქსაციური შთანთქმის მექანიზმი [2].

ბგერის რეზონანსული შთანთქმის მექანიზმში შემამფოთებელი ველის ენერგიის კვანტის შთანთქმის შედეგად ორდონიან სისტემებში ადგილი აქვს ნაწილაკების დონეებს შორის გადასვლებს. ამასთან, შთანთქმაში მონაწილეობენ მხოლოდ ის ორდონიანი სისტემები, რომელთა ენერგია რეზონანსშია ველის ენერგიის კვანტთან. შთანთქმის ეს მექანიზმი ეფექტურია დაბალ ტემპერატურებზე და ველის შედარებით მცირე ინტენსივობისათვის. სტაციონარულ პირობებში შთანთქმის კოეფიციენტი დამოკიდებულია ორდონიან სისტემებში მიმდინარე რელაქსაციურ პროცესებზე [3].

რელაქსაციური შთანთქმის მექანიზმში მიმდინარეობს ორდონიანი სისტემების დასახლების სხვაობის რელაქსაცია დონეების იძულებითი გაწევისას, რომელიც გამოწვეულია იძულებითი შემფოთებით. ეს მექანიზმი ეფექტურია მაღალ ტემპერატურებზე და მასში მონაწილეობს ორდონიანი სისტემის დიდი ნაწილი ნებისმიერი ენერგიით.

ჩვენს ამოცანას წარმოადგენს შევისწავლოთ ულტრაბგერის შთანთქმის მექანიზმები ამორფულ ფერომაგნიტებში.

სისტემის აღმწერ ჰამილტონიანს აქვს სახე:

$$H=H_0+V$$

$$H_0 = \sum_i \epsilon_i S_i^z + \sum_k \epsilon_k a_k^+ a_k^- + H_1 + H_2,$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3,$$

$$V_1 = -I_0 \gamma \cos \omega t \sum_j \frac{(\epsilon_j^2 - \Delta_{0j}^2)^{1/2}}{\epsilon_j} S_j^x, \quad (1)$$

$$V_2 = -I_0 \gamma \cos \omega t \sum_j \frac{\Delta_{0j} S_j^z}{\varepsilon_j},$$

სადაც $\varepsilon_i = \sqrt{\Delta_i^2 + \Delta_{0i}^2}$ ორდონიანი სისტემის ენერგიაა საკუთარ წარმოდგენაში [2], Δ_{0j} - გვირაბული გახლეჩის სიდიდე ორდონიან პოტენციურ ორმოში, S_j^z - ორდონიანი სისტემის ფსევდოსპინის ოპერატორის α - პროექცია, ε_k^- - მაგნონების ენერგეტიკული სექტორი, α_k^+ , α_k^- , k^- - ური ტალღური ვექტორის მქონე მაგნონების გაჩენისა და გაქრობის ოპერატორი, H_1 - მესრის ენერგიის ოპერატორი, H_2 - ველის ენერგიის ოპერატორი, V_1 და V_2 - ორდონიანი სისტემის მესერთან ურთიერთქმედების ოპერატორი, V_3 - ორდონიანი სისტემის მესერთან ურთიერთქმედების ოპერატორი, γ - ბმის კონსტანტა, I_0 , ω - შესაბამისად ცვლადი ველის ამპლიტუდა, სიხშირე.

ბგერის შთანთქმის რეზონანსულ მექანიზმში ამთვისებლობის წარმოსახვითი ნაწილისათვის მიიღება შემდეგი გამოსახულება [2]:

$$\alpha''(\omega) = \frac{2n_0 \hbar}{(I_0 \gamma)^2} \cdot \frac{W}{1 + 2WT_1}, \quad (2)$$

სადაც n_0 წონასწორული დასახლების სხვაობაა, $W = V_1$ -ით გამოწვეული ნაწილაკების დონეებს შორის გადასვლის ალბათობა, T_1 - რელაქსაციის დრო.

ამორფულ ფერომაგნიტებში მიმდინარე რელაქსაციური პროცესები შესწავლილია [3] და დადგენილია რელაქსაციის დროის ორი ზღვრული მნიშვნელობა:

$$\frac{1}{T_1} = \frac{\overline{\mathcal{D}}_i^2}{4\pi\alpha^{3/2}} \left(\frac{\Delta_0}{\varepsilon}\right)^2 \varepsilon^{1/2} \operatorname{cth} \frac{\varepsilon}{2T}, \quad \varepsilon \gg 4\pi\mu_0 M_0, \quad (3.1)$$

$$\frac{1}{T_1} = \frac{\overline{\mathcal{D}}_i^2}{8\sqrt{2}\alpha^{3/2}} \left(\frac{\Delta_0}{\varepsilon}\right)^2 \varepsilon \operatorname{cth} \frac{\varepsilon}{2T}, \quad \varepsilon \ll 4\pi\mu_0 M_0, \quad (3.2)$$

სადაც μ_0 ბორის მაგნეტონია, M_0 - გაჭერების დამაგნიტებულობა, α - კიურის ტემპერატურის რიგის სიდიდე, $\overline{\mathcal{D}}$ - მაგნიტური ანიზოტროპიის მუდმივა.

(2) - ჩაწერილია იმ დაშვებით, რომ გვაქვს ერთი ორდონიანი სისტემა ε გახლეჩით. თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ ობიექტში არსებობს ორდონიანი სისტემები სხვადასხვა ენერგიით და სხვადასხვა გვირაბული პარამეტრებით, „დამოუკიდებელ“ მოდელში უნდა მოხდეს (2) -ის გასაშუალოება შემდეგი განაწილების ფუნქციით:

$$dW = \overline{P}(\varepsilon) d\varepsilon \quad (4)$$

dW არის ალბათობა იმისა, რომ ორდონიანი სისტემის ენერგია მოთავსებუ-

ლია ε , $\varepsilon + d\varepsilon$ ინტერვალში. $\bar{p}(\varepsilon) \approx \text{const}$ [2].

ცვლადი ველით გამოწვეული შთანთქმისათვის განიხილება ორი ზღვრული შემთხვევა.

1. $2WT_1 \gg 1$ ძლიერი ბგერის შემთხვევა. რელაქსაციისათვის (3.1) დროით გასაშუალოების შედეგად ვღებულობთ:

$$\overline{\alpha''(\omega)} = \frac{\bar{P}\hbar}{6\pi\alpha^{3/2}} \frac{\bar{\mathcal{D}}_i^2}{(l_0\gamma)^2} u^{3/2} \quad \varepsilon \gg 4\pi\mu_0 M_0, \quad (5)$$

სადაც u მეზობელ ატომებს შორის ურთიერთქმედების ენერგიაა.

2. $2WT_1 \ll 1$ - სუსტი ბგერის შემთხვევა. გასაშუალოების შედეგად ვღებულობთ:

$$\overline{\alpha''(\omega)} = \frac{\pi}{\hbar(l_0\gamma)^2} th \frac{\varepsilon}{2T}. \quad (6)$$

ამ დროს შედეგი იგივეა რაც ამორფულ დიელექტრიკში [2], ვინაიდან შთანთქმა არ შეიცავს რელაქსაციას.

ბგერის შთანთქმის რელაქსაციურ მექანიზმში შთანთქმისათვის გვაქვს [4]:

$$\alpha''(\omega) = \frac{\omega T_1}{4T(1 + \omega^2 T_1^2)} ch^{-2} \frac{\varepsilon}{2T} \quad (7)$$

ანალიზური გამოსახულების გამარტივების მიზნით განიხილება შთანთქმის ორი ზღვრული შემთხვევა.

1. $\omega T_1 \gg 1$ მაღალი სიხშირის შემთხვევა. (3.1) რელაქსაციის დროის გამოსახულებით გასაშუალოებით შთანთქმისათვის ვღებულობთ:

$$\overline{\alpha''(\omega)} = \frac{\bar{P}\bar{\mathcal{D}}_i^2\beta}{4\sqrt{2}\pi\alpha^{3/2}} \frac{T^{1/2}}{\omega} \quad \varepsilon \gg 4\pi\mu_0 M_0. \quad (8)$$

2. $\omega T_1 \ll 1$ დაბალი სიხშირის შემთხვევა. რელაქსაციის დროის (3.1) გამოსახულების გამოყენებით, გასაშუალოებით შთანთქმისათვის მიიღება

$$\overline{\alpha''(\omega)} = \frac{2\bar{P}\gamma\alpha^{3/2}}{\bar{\mathcal{D}}_i^2} \cdot \frac{\omega}{(2T)^{1/2}} \quad \varepsilon \gg 4\pi\mu_0 M_0, \quad (9)$$

სადაც β და γ - ერთის რიგის სიდიდეებია.

მიღებული შედეგები განსხვავდებიან იმ ანალოგიური შედეგებისაგან, რომელთაც ადგილი აქვთ ამორფულ დიელექტრიკებში ანალოგიური სიტუაციის დროს. განსხვავება გამოწვეულია ორდონიანი სისტემის რელაქსაციის დროის გახლეჩის ენერგიაზე განსხვავებული დამოკიდებულებით.

ჩვეულებრივ ექსპერიმენტებში ულტრაბგერის ამპლიტუდა მცირეა, ამიტომ უფრო მარტივად მიიღწევა $2WT_1 \ll 1$ პირობა. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ნიმუშის ტიპური პარამეტრების შემთხვევაში $T \approx 1\text{K}$ -ზე რელაქსაციის დრო $10^{-4} - 10^{-5}$ წმ რიგისაა, ხოლო ულტრაბგერის სიხშირე 10^6 ჰც -ზე მეტია, ცხადია, რომ სრულდება $\omega T_1 \gg 1$ პირობა. ამიტომ რელაქსაციის სიტუაციაში რეზონანსული შთანთქმისათვის გამოიყენება (6) ფორმულა, ხოლო რელაქსაციურ შთანთქმისათვის - (7). ამ შედეგების შედარებით ადვილად მივხვდებით, რომ შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე უფრო ეფექტურია შთანთქმის რეზონანსული მექანიზმი, ხოლო მაღალ ტემპერატურებზე შთანთქმის რელაქსაციური მექანიზმი.

ი. ჯავახიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. W. A. Phillips. J. Low. Temp. Phys. 7, 3/4, 1972, 351-360.
2. A. W. Anderson, B. J. Halperin, C. M. Varma. J. Phil. Mag., 25, 1, 1972, 1-9.
3. Дж. Блек. Металлические стекла. Под ред. Г. И. Гюнтеродта. Г. И. Бека. Пер. с англ. М., 1983, 245-279.
4. С. В. Малеев, Ю. И. Скрябин. ЖЭТФ, 83, 1(7), 1982, 380-388.
5. Л. Ландау, Л. Лифшиц. Теор. физика, т.5, 1976, 418.



ბ. ჯანდიერი, შ. დიასამიძე, ზ. სურგანიძე, ვ. ჯანდიერი

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დისპერსიული თანაფარ-
 ლობები შემთხვევითი კრისტალური გარემოებისათვის

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ხარაძემ 29.05.1997

ეფექტური დიელექტრიკული შეღწევადობის ტენზორი $\epsilon_{ij}^{*ph}(\omega, \vec{k})$, რომელიც აკავშირებს სივრცით და დროით, ჰარმონიულ საშუალო ელექტრულ ინდუქციასა და ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდეებს, ხშირად გამოიყენება შემთხვევითად-არაერთგვაროვან გარემოში საშუალო ველის აღსაწერად. პრობლემის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ გარემოში სივრცის განზომილებიანი პარამეტრის წარმოჩენა ყოველთვის დაკავშირებულია ახალი ტიპის ტალღის აღძვრასთან. მოდიფიცირებული შემფოტების მეთოდით [1-3] მიღებულია ეფექტური დიელექტრიკული შეღწევადობა კრისტალური გარემოსათვის, რომელიც შედგება შემთხვევითად ცვლადი საკუთარი სიხშირისა და მუდმივი კონცენტრაციის მქონე ოსცილატორების ერთობლიობისაგან. შრომებში [4,5] ეს ამოცანა განზოგადებულია სუსტად დისპერსირებად არასტაციონარულ გარემოსათვის.

დიდ ინტერესს იწვევს ახალი განივი ექსიტონური ტიპის ტალღების აღძვრის თავისებურებების შესწავლა ქაოსურ არაერთგვაროვან კრისტალურ გარემოში, რომელიც შედგება სივრცეში შემთხვევითად ცვლადი კონცენტრაციისა და საკუთარი სიხშირის მქონე ოსცილატორების ერთობლიობისაგან.

საწყის წარმოადგენს \vec{E} ელექტრული ველის დაძაბულობის ტალღური განტოლება და შემთხვევითად ცვლადი საკუთარი $\Omega(\vec{r})$ სიხშირის მქონე ჰარმონიული ოსცილატორის რხევის განტოლება

$$\text{rot rot } \vec{E} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c^2} \vec{j}, \quad (1)$$

$$\ddot{\vec{S}} + \Omega^2(\vec{r}) \vec{S} = \frac{e}{m} \vec{E}, \quad \vec{j} = eN(\vec{r}) \vec{S}, \quad (2)$$

სადაც \vec{j} დენის სიმკრივეა, N - ოსცილატორების კონცენტრაცია, \vec{S} - ოსცილატორის წონასწორული მდგომარეობიდან გადახრა.

შემფოტების მეთოდის გამოყენებით ყველა სიდიდე წარმოვადგინოთ საშუალო და შემფოტებული შესაკრებების ჯამის სახით. თანაც დავუშვათ, რომ შემფოტებულ ნაწილს გააჩნია ნულის ტოლი საშუალო მნიშვნელობა:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \langle \vec{E}(\vec{r}, t) \rangle + \vec{E}_1(\vec{r}, t), \quad \vec{S}(\vec{r}, t) = \langle \vec{S}(\vec{r}, t) \rangle + S_1(\vec{r}, t), \quad N(\vec{r}) = N_0 + N_1(\vec{r}),$$

$$\Omega^2(\vec{r}) \approx \omega_0^2 + \gamma_1(\vec{r}), \quad \gamma_1(\vec{r}) = 2\omega_0\omega_1(\vec{r}), \quad N_0 = \text{const}, \quad \omega_0 = \text{const}. \quad (3)$$

„<, >“ აღნიშნულია ანსამბლით გასაშუალებული არაერთგვაროვანი გარემო. (3) შეეიტანათ (2)-ში და მოდიფიცირებული შემოთავაზების მეთოდის [2,3] გამოყენებით, საშუალო და შემთხვევითად გადახრილი ოსცილატორის განტოლება შეიძლება ჩავწეროთ შემდეგი სახით [1]:

$$\langle \ddot{\vec{S}} \rangle + \omega_0^2 \langle \vec{S} \rangle + \langle \gamma_1 \vec{S}_1 \rangle = \frac{e}{m} \langle \vec{E} \rangle,$$

$$\ddot{\vec{S}}_1 + \omega_0^2 \vec{S}_1 = -\gamma_1 \langle \vec{S} \rangle + \frac{e}{m} \vec{E}_1, \quad (4)$$

ხოლო საშუალო და გაბნეული დენის სიმკრივისათვის მივიღებთ:

$$\langle \vec{j} \rangle = e \left(N_0 \langle \dot{\vec{S}} \rangle + \langle N_1 \dot{\vec{S}}_1 \rangle \right), \quad \vec{j}_1 = e \left(N_0 \dot{\vec{S}}_1 + N_1 \langle \dot{\vec{S}} \rangle \right). \quad (5)$$

ვინაიდან ოსცილატორის სიხშირისა და კონცენტრაციის ფლუქტუაცია და-მოკიდებულია მხოლოდ სივრცით კოორდინატებზე, ამიტომ შეიძლება დავუშვათ, რომ ფიზიკური სიდიდეების დროით ცვლილება ჰარმონიული $\sim \exp(-i\omega t)$ კანონით ხდება. ამიტომ (4) და (5) მივიღებთ:

$$(\omega_0^2 - \omega^2) \langle \vec{S}(\vec{r}, \omega) \rangle = \frac{e}{m} \langle \vec{E}(\vec{r}, \omega) \rangle - \langle \gamma_1(\vec{r}) \vec{S}_1(\vec{r}, \omega) \rangle$$

$$(\omega_0^2 - \omega^2) \vec{S}_1(\vec{r}, \omega) = \frac{e}{m} \vec{E}_1(\vec{r}, \omega) - \gamma_1(\vec{r}) \langle \vec{S}(\vec{r}, \omega) \rangle$$

$$\langle \vec{j}(\vec{r}, \omega) \rangle = -ie\omega \left[N_0 \langle \vec{S}(\vec{r}, \omega) \rangle + \langle N_1(\vec{r}) \vec{S}_1(\vec{r}, \omega) \rangle \right] \quad (6)$$

$$\vec{j}_1(\vec{r}, \omega) = -ie\omega \left[N_0 \vec{S}_1(\vec{r}, \omega) + N_1(\vec{r}) \langle \vec{S}(\vec{r}, \omega) \rangle \right].$$

ეს განტოლება მაქსველის განტოლებასთან ერთად წარმოადგენს ჩაკეტილ სისტემას, რომელიც ეფექტური დიელექტრიკული შედწვევადობის ტენზორის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა. თუ შემოვისაზღვრებით შემდეგი მიახლოებით $\langle \gamma_1^2 \rangle (\omega_0^2 - \omega^2)^{-2} \ll 1$, $\langle N_1 \gamma_1 \rangle |\omega_0^2 - \omega^2|^{-1} \ll 1$, მაშინ საშუალო და გაბნეული ველებისათვის მივიღებთ:

$$\hat{L} \langle \vec{E}(\vec{r}, \omega) \rangle = \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\omega_p^2}{\omega_0^2 - \omega^2} \left[\frac{\langle \gamma_1(\vec{r}) \vec{E}_1(\vec{r}, \omega) \rangle}{\omega_0^2 - \omega^2} - \frac{1}{N_0} \langle N_1(\vec{r}) \vec{E}_1(\vec{r}, \omega) \rangle \right], \quad (7)$$

$$\hat{L} \vec{E}_1(\vec{r}, \omega) = \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\omega_p^2}{\omega_0^2 - \omega^2} \left[\frac{\gamma_1(\vec{r})}{\omega_0^2 - \omega^2} - \frac{1}{N_0} N_1(\vec{r}) \right] \langle \vec{E}(\vec{r}, \omega) \rangle = f(\vec{r}, \omega), \quad (8)$$

სადაც $\hat{L} \equiv \Delta - \text{graddiv} + \aleph^2$, $\aleph^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \left(1 + \frac{\omega_p^2}{\omega_0^2 - \omega^2} \right) = \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_0(\omega)$, $\omega_p = \left(\frac{4\pi N_0 e^2}{m} \right)^{1/2}$



- პლაზმური სისშირეა. ტალღის საშუალო ველი წარმოვადგინოთ ბრტყელი მო-
ნოქრომატული ტალღის $\langle E_j(\vec{r}', \omega) \rangle = E_j^0 e^{i\vec{k}_0 \vec{r}' - i\omega t}$ სახით, მაშინ (8) განტოლე-
ბის ამონახსნი იქნება

$$E_{ij}(\vec{r}, \omega) = -\frac{1}{4\pi} \frac{\omega^2}{c^2} \frac{\omega_p^2}{\omega_0^2 - \omega^2} E_j^0 e^{i\vec{k}_0 \vec{r} - i\omega t}$$

$$\left\{ -\frac{4\pi}{3} \frac{1}{\aleph^2} \delta_{ij} \left[\frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2} \gamma_i(\vec{r}) - \frac{1}{N_0} N_i(\vec{r}) \right] + \int_{-\infty}^{\infty} d\vec{\rho} \left[\frac{e^{i\aleph \rho}}{\rho} \delta_{ij} + \frac{1}{\aleph^2} \frac{\partial^2}{\partial \rho_i \partial \rho_j} \left(\frac{e^{i\aleph \rho}}{\rho} \right) \right] \right\} \left[\frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2} \gamma_i(\vec{r} - \vec{\rho}) - \frac{1}{N_0} N_i(\vec{r} - \vec{\rho}) \right] e^{-i\vec{k}_0 \vec{\rho}} \quad (9)$$

განვსაზღვროთ სისშირისა და კონცენტრაციის ფლუქტუაციების კორელაცი-
ური ფუნქცია და აგრეთვე, მათი ურთიერთკორელაციური ფუნქცია

$$\langle \gamma_i(\vec{r}) \gamma_j(\vec{r} - \vec{\rho}) \rangle = W_{\gamma}(\rho), \quad \langle N_i(\vec{r}) N_j(\vec{r} - \vec{\rho}) \rangle = W_N(\rho),$$

$$\langle \gamma_i(\vec{r}) N_j(\vec{r} - \vec{\rho}) \rangle = \langle N_i(\vec{r}) \gamma_j(\vec{r} - \vec{\rho}) \rangle = W_{\gamma N}(\rho).$$

საშუალო ველის (7) გამოსახულება შეიძლება ჩავწეროთ შემდეგი სახით:

$$L_{ij} \langle E_j(\vec{r}, \omega) \rangle = \frac{1}{4\pi} \frac{\omega^4}{c^4} \left(\frac{\omega_p^2}{\omega_0^2 - \omega^2} \right)^2 E_j^0 e^{i\vec{k}_0 \vec{r} - i\omega t} \times \left[\frac{4\pi}{3} \frac{1}{\aleph^2} \delta_{ij} \tilde{W}(0, \omega) - \int_{-\infty}^{\infty} d\vec{\rho} \Lambda_{ij}(\vec{\rho}) \tilde{W}(\rho, \omega) \right], \quad (10)$$

$$\text{სადაც: } \tilde{W}(\rho, \omega) = \frac{1}{N_0^2} W_N(\rho) + \frac{1}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2} W_{\gamma}(\rho) - \frac{2}{N_0(\omega_0^2 - \omega^2)} W_{\gamma N}(\rho) =$$

$$= \left[\frac{\langle N_1^2 \rangle}{N_0^2} + 4 \frac{\omega_0^2 \langle \omega_1^2 \rangle}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2} - 4 \frac{\omega_0 \langle \omega_1 N_1 \rangle}{N_0(\omega_0^2 - \omega^2)} \right] P(\rho) = Q(\omega) P(\rho).$$

გამოსახულება $\Lambda_{ij}(\vec{\rho})$ შეიძლება მარტივად (9) აღვადგინოთ $P(\rho)$ კორდინა-
ტის ნებისმიერი დეტერმინირებული ფუნქციისა, $Q(\omega) < 1$. გადავიდეთ სფერულ
კოორდინატთა სისტემაზე. ზოგადობის დაურღვევლად მივმართოთ საშუალო ვე-
ლის \vec{k}_0 ტალღური ვექტორი z ღერძის გასწვრივ და გავანტიგერალოთ კუთხე-
ბის მიხედვით. ეფექტური დიელექტრიკული შეღწევადობის ტენზორის განივი კომ-
პონენტისათვის მივიღებთ:

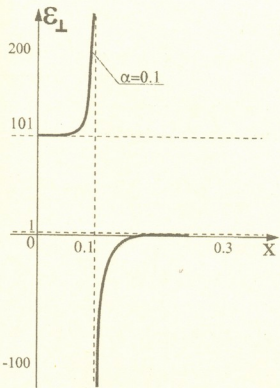
$$\varepsilon_{\perp}(k_0, \omega) = \left(\frac{ck_0}{\omega} \right)^2 = \varepsilon_o(\omega) - \frac{c^2}{\omega^2} a(k_0, \omega), \quad (11)$$

სადაც:

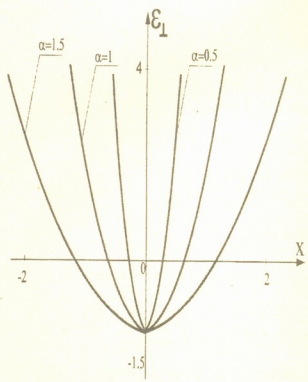
$$a(k_0, \omega) = \frac{\omega^4}{c^4} \left(\frac{\omega_p^2}{\omega_0^2 - \omega^2} \right)^2 \frac{1}{N^2} \left[\frac{1}{3} \tilde{W}(0, \omega) - \frac{N^2}{k_0} \int_0^\infty d\rho \left[\sin k_0 \rho \left[1 - \frac{1}{N^2 \rho^2} (1 - iN\rho) \right] + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{k_0 N^2} \frac{1}{\rho^3} \left(\frac{\sin k_0 \rho}{k_0 \rho} - \cos k_0 \rho \right) (3 - 3iN\rho - N^2 \rho^2) \right] \tilde{W}(\rho, \omega) e^{iN\rho} \right]. \quad (12)$$

(11) და (12) გამოსახულებები სამართლიანია ნებისმიერი კორელაციური ფუნქციისათვის. ოსცილატორების სიმკრივის შემცირებისას $\omega_p \rightarrow 0$, დისპერსიული განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს $\omega = ck_0$, ე.ი. ტალღები შეესაბამება ბრტყელ ელექტრომაგნიტურ ტალღებს ვაკუუმში.

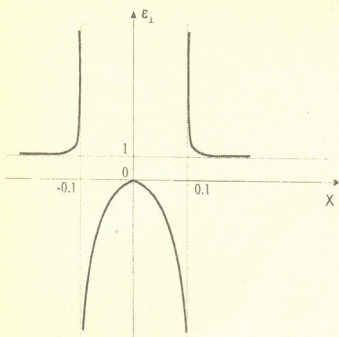
განვიხილოთ არანაკლებ საინტერესო შემთხვევა, პარამეტრების მცირემასშტაბიანი ($k_0 l \ll 1$) ფლუქტუაციები, შემთხვევითად-არაერთგვაროვან კრისტალურ გარემოში. ეს საშუალებას გვაძლევს ტრიგონომეტრიული ფუნქციები გავშალოთ მწკრივად, სწრაფად მიღევადი კორელაციური ფუნქციის თვისებების ძალით. მაშინ (11) და (12)-დან $\omega \approx \omega_0$ სისზირის მიდამოს მახლობლობაში განივი ტალღისათვის მივიღებთ



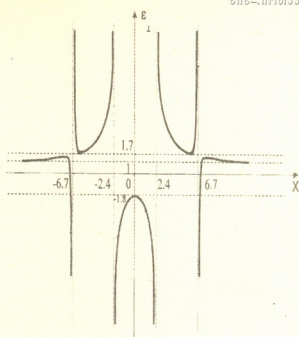
სურ. 1. განივი დიელექტრიკული შეღწევადობის $\epsilon_1(X) = 1 + (\alpha^2 - X^2)^{-1}$ დამოკიდებულება $X = \omega / \omega_p$; $\alpha = \omega_0 / \omega_p$ -ზე



სურ. 2. განივი დიელექტრიკული შეღწევადობის $\epsilon_2(X) = 1 - [(\alpha^2 - X^2) / 4\alpha^2 \epsilon_3]$ დამოკიდებულება X -ზე კონცენტრაციის ფლუქტუაციების გარეშე $\epsilon_3 = \langle \omega_1^2 \rangle / \omega_p^2 = 0.1$



სურ. 3. $\varepsilon_{\perp}(X) = 1 - \varepsilon_1^{-1} (\alpha^2 - X^2)^{-1}$ -ის
 დამოკიდებულება X -ზე სიხშირის
 ფლუქტუაციების გარეშე
 $\varepsilon_1 = \langle N_1^2 \rangle / N_0^2 = 0.1$



სურ. 4. $\varepsilon_{\perp}(X) = 1 - (\alpha^2 - X^2) \times$
 $\times [4\alpha^2\varepsilon_3 - 4\alpha\varepsilon_2(\alpha^2 - X^2) + \varepsilon_1(\alpha^2 - X^2)^2]^{-1}$ -ის
 დამოკიდებულება X ; $\varepsilon_1 = 0.06$,
 $\varepsilon_2 = \langle \omega_1 N_1 \rangle / \omega_p N_0 = 0.1$, $\varepsilon_3 = 0.04$

$$\varepsilon_{\perp}^{(1)}(\omega) = 1 + \frac{\omega_p^2}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (13)$$

ეს დისპერსიული თანაფარდობა აღწერს აგრეთვე განივ ტალღებს ოპტიკურ იზოტროპულ გარემოში [6]. კერძოდ, იდეალური აირის შემთხვევაში დიპოლური ხაზის მახლობლობაში ω_0 იცვლება $\omega_{0s} = \omega_s - \omega_0$ - გადასვლის სიხშირით s მდგომარეობიდან 0 მდგომარეობაში; პლაზმური სიხშირის როლს ω_p ასრულებს

$\Omega_0 = \left(\frac{4\pi N_0 e^2}{m} f_{0s} \right)^{1/2}$, f_{0s} ოსცილატორის ძალაა, e და m - მუხტი და მასა ელექტრონის.

1 სურათზე ნაჩვენებია $\varepsilon_{\perp}^{(1)}(X)$ დამოკიდებულება უგანზომილებო $X = \frac{\omega}{\omega_p}$ პარამეტრზე, სადაც $\alpha = \frac{\omega_0}{\omega_p} = 0,1$. რიცხვითი გამოთვლები გვიჩვენებს, რომ α პარამეტრის გაზრდით ($\alpha = 1$) რიგითი ზოლის სიგანე ორთავე შტოებს შორის კლებულობს ორი თანრიგით, ხოლო, თუ $\alpha = 5$, მშინ ეს შტოები ასიმპტოტიურად უახლოვდება $\varepsilon_{\perp}^{(1)} = 1$ -ს. (13) თანაფარდობაში ცხადია $\varepsilon_{\perp}^{(1)}(X) = \infty$, როცა $X_1 = \alpha$ და $\varepsilon_{\perp}^{(1)} = 0$, როცა $X_2 = \sqrt{1 - \alpha^2}$, თანაც $\omega_1 < \omega < \omega_2$ სიხშირის მახლობ-

ლობში $\varepsilon_{\perp}^{(1)}(X)$ ფუნქცია უარყოფითია.

დისპერსიული განტოლება

$$\varepsilon_{\perp}^{(2)}(\omega) = 1 - \omega_p^2 (\omega_0^2 - \omega^2) \left[4\omega_0^2 < \omega_1^2 > - 4 \frac{\omega_0 < \omega_1 N_1 >}{N_0} (\omega_0^2 - \omega^2) + \frac{< N_1^2 >}{N_0^2} (\omega_0^2 - \omega^2)^2 \right]^{-1} \quad (14)$$

გადადის [1] ნაშრომში წარმოდგენილ ცნობილ შედეგამდე, როცა არ გვაქვს კონცენტრაციის ფლუქტუაცია. გამოვიკვლიოთ (14) განტოლება, ჩაწერილი უგან-ზომილებო პარამეტრებით: $\varepsilon_1 = < N_1^2 > / N_0^2$, $\varepsilon_2 = < \omega_1 N_1 > / \omega_p N_0$, $\varepsilon_3 = < \omega_1^2 > / \omega_p^2$

მე-2 სურათზე ნაჩვენებია ექსიტონური ტიპის განივი ელექტრომაგნიტური ტალღების დისპერსიული თავისებურებები, ქაოსურ-არაერთგვაროვან კრისტალურ გარემოში, რომელშიც არ გვაქვს ოსცილატორების კონცენტრაციის ფლუქტუაციები ($\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0$, $\varepsilon_3 = 0,1$). კრისტალური გარემო ასრულებს ფილტრის როლს.

მე-3 სურათზე ნაჩვენებია ε_{\perp} დამოკიდებულება X -ზე, როცა არ გვაქვს სიხშირის ფლუქტუაცია ($\varepsilon_1 = 0,1$, $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$), $\alpha=0,1$. $\omega = \pm 0,1\omega_p$ სიხშირეზე ექსიტონური ტიპის ელექტრომაგნიტური ტალღა მიისწრაფვის უსასრულობისაკენ. ისინი შეესაბამებიან რეზონანსულ არეებს.

მე-4 სურათზე ნაჩვენებია მრუდების ოჯახი, რომლებიც განსაზღვრავს განივი დიელექტრიკული შეღწევადობის გეომეტრიულ ადგილს, როცა $\alpha_0 = 7\omega_p$ ($\alpha=7$), $\varepsilon_1 = 0,06$, $\varepsilon_2 = 0,1$; $\varepsilon_3 = 0,04$.

ამრიგად, ოსცილატორის რხევის საკუთარი სიხშირის ფლუქტუაციითა და ოსცილატორების სიმკრივეთი განპირობებულია ახალი ექსიტონური ტიპის ტალღის აღძვრა, რომლის პარამეტრებიც გამოსახულია ამ ფლუქტუირებადი სიდიდეების სტატისტიკური თავისებურებებით.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. Ф. Г. Басс, Г. А. Бегияшвили, Ю. С. Монин. ФТТ, 10, 1968, 3553.
2. Э.А. Канер. Изв. вузов. Радиофизика. 2, 1959, 827.
3. P. Bussemer, K. Hehl, S. Kassam, M. I. Kaganov. Waves in Random Media, v. 2, 1991, 113.
4. G. V. Jandieri, V. G. Gavrilenko, A. I. Gvelesiani. Physica Scripta. 32, 1985, 89.
5. G. V. Jandieri, G. Sh. Kevanishvili. Handbook for MAP. 25, 1987, 207.
6. В. М. Агранович, В. Л. Гинзбург. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. М., 1979.



ა. ბანასიშვილი, ბ. ჩინაძე, ნ. კუტივაძე

სისალის ანიზოტროპია, კოლარულობა და ფოტომექანიკური ეფექტი სილიციუმის კარბიდში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. სანაძემ 11.06. 1997

გამომდინარე თავისი უნიკალური თვისებებიდან, სილიციუმის კარბიდი ყურადღებას იპყრობს არა მარტო როგორც პერსპექტიული ნივთიერება ნახევარგამტარული ელექტრონიკისათვის, არამედ როგორც საინტერესო ობიექტი ნახევარგამტართა ფიზიკის კვლევის სფეროში.

მოცემულ ნაშრომში მოყვანილია ის ექსპერიმენტული შედეგები, რომლებიც მიღებულ იქნა SiC-ს მიკროსისალის (შემდგომში მს) ანიზოტროპიის, კოლარულობისა და ფოტომექანიკური ეფექტის (შემდგომში ფმე) გამოკვლევის შედეგად.

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ჰექსაგონალური, 6H-მოდულირებული SiC-ს (0001) ზედაპირი, რომელიც ლეგირებული იყო აზოტით, მინარევის კონცენტრაციით $N_D - N_A = 3 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$

მს-ის გაზომვა ტარდებოდა ფირმა „Leitz“-ის დანადგარ „Duzimet“-ზე. ინდენტორად გამოიყენებოდა ალმასის სტანდარტული ოთხწახნაგოვანი კნუპის პირამიდა. გაზომვების დაწყებამდე საკვლევი კრისტალის ზედაპირები სუფთავდებოდა ქიმიურად.

ფმე გამოკვლეულ იქნა ორი სხვადასხვა სპექტრული შემადგენლობის სინათლით ზემოქმედების შედეგად. მონოქრომატული სინათლის წყაროდ გამოიყენებოდა ИЛГИ - 503 ტიპის ლაზერი. გამოსხივების ტალღის სიგრძით $\lambda \sim 3,67$ მკმ და სიმძლავრით $P=0,05 \text{ w}$, ხოლო არამონოქრომატული (თეთრი) სინათლის წყაროდ K21-150 ტიპის ვოლფრამის ძაფიანი ვარვარების ნათურა, რომლის გამოსხივების სპექტრი მოცემულია 1, ასურათზე. ნათურის მხრიდან თერმიული ზემოქმედების გამორიცხვის მიზნით საკვლევი კრისტალი ცივდებოდა ჰაერის ნაკადით. აღნიშნულ შემთხვევაში ტემპერატურის ნამატი საკვლევი კრისტალისათვის არ აღემატებოდა 25°C -ს, რაც არ იწვევს SiC-ს მს-ის საგრძნობ ცვლილებას.

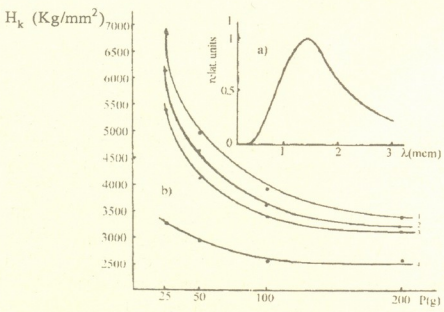
(0001) და (000 $\bar{1}$) ზედაპირებს გააჩნიათ მს-ის განსხვავებული მნიშვნელობები. ზედაპირი, რომელიც ბოლოვდება Si-ის ატომებით, გაცილებით მაღალი სისალისაა ვიდრე ზედაპირი, რომელიც ბოლოვდება C-ს ატომებით (ცხრილი 1).

* მს-ის ანიზოტროპია - ეს არის მს-ის მნიშვნელობის ცვლილება მოცემული მონოკრისტალის ზედაპირზე ინდენტორის ორიენტაციის მიხედვით [1], მს-ის კოლარულობა გულისხმობს მს-ის მნიშვნელობებს შორის განსხვავებას მონოკრისტალის ურთიერთსაპირისპირო ზედაპირებზე [2], ხოლო ფმე - არის ნივთიერების მს-ის ცვლილება განათების შედეგად [3].

გარდა ამისა, აღმოჩნდა, რომ პოლარულობის ეფექტის სიდიდე დამოკიდებულია ზედაპირების მდგომარეობაზე. პოლარულობა ყველაზე მკვეთრად დაიშვრება ე. წ. ბუნებრივი ზედაპირების შემთხვევაში, ხოლო მექანიკური პოლირება იწვევს მს-ის მნიშვნელობათა არათანაბარ გაზრდას (C-ს ზედაპირის მს-უფრო მეტად იზრდება, ვიდრე Si-ის ზედაპირისა), რის შედეგადაც მცირდება პოლარულობის ეფექტის სიდიდე.

(0001) ზედაპირზე მს-ის მნიშვნელობები ხასიათდებიან ანიზოტროპიით. კერძოდ, როდესაც კნუპის პირამიდის დიდი დიაგონალი პარალელურია (1120) ტიპის სიბრტყეების, მს-ის მნიშვნელობა მაქსიმალურია (სალი მიმართულება), ხოლო, როდესაც პარალელურია (1010) ტიპის სიბრტყეების – მინიმალური (რბილი მიმართულება), (ცხრილი 1). გამომდინარე ჰექსაგონალური SiC-ს კრისტალოგრაფიული სიმეტრიიდან [4], (0001) ზედაპირის მართობულად გადის მეექვსე რიგის სიმეტრიის ღერძი, ამიტომ მს-ის მნიშვნელობათა დამოკიდებულება იმ კუთხეზე, რომელსაც კნუპის პირამიდის დიდი დიაგონალი შეადგენს ნებისმიერ არჩეულ მიმართულებასთან, პერიოდულად იცვლება ყოველი 60°C-იანი ინტერვალის შემდეგ. მოცემულ შემთხვევაში აღნიშნული ანიზოტროპია თავისი მნიშვნელობით Si-სა და C-ს ზედაპირებისათვის, გაზომვის ცდომილების ფარგლებში ერთნაირია (ცხრილი 1). აღსანიშნავია ისიც, რომ მექანიკური პოლირების შემდეგ, მოცემულ ზედაპირზე ადგილი აქვს მს-ის მნიშვნელობათა არათანაბარ ზრდას (რბილი მიმართულებების მს უფრო მეტად იზრდება, ვიდრე სალი მიმართულებების), რაც თავის მხრივ იწვევს საწყისი ანიზოტროპიის შემცირებას.

დადგენილ იქნა ფმე-ის არსებობა საკვლევ SiC-ს ნიმუშში, სურ. 1, ბ. ამასთან, ლაზერის სხივით ზემოქმედების შემთხვევაში ფმე-ის სიდიდე გაცილებით მეტია მცირე დატვირთვების არეში, დატვირთვის ზრდასთან ერთად მცირდება და ხდება განუზომელი.



სურ. 1. ა) K21-150 ნათურის გამოსხივების სპექტრი.
 ბ) SiC-ს (0001) ზედაპირზე მს-ის დამოკიდებულება დატვირთვაზე ინდენტორის Φ (1120) მდებარეობის შემთხვევაში სიბნელეში (1-Si - ზედაპირისათვის, 2 - C - ზედაპირისათვის) და განათებისას (3 - ლაზერით, 4 - თეთრი სინათლით)



თეთრი სინათლით განათების შემთხვევაში ფმე დაიმზირება ყველა გამოყენებული დატვირთვებისათვის. აქაც, ისევე როგორც წინამდებარე შემთხვევაში ფმე-ს სიდიდე მეტია მცირე დატვირთვების არეში, ხოლო $P > 100$ გ-ის ზემოთ ხდება მუდმივი.

ორივე ზედაპირზე, ლაზერის სხივით განათებისას, სალი მიმართულებები მს უფრო მეტად მცირდება, ვიდრე რბილი მიმართულებების მს. ანალოგიურ სხვაობას ადგილი აქვს თეთრი სინათლით ზემოქმედების შემთხვევაშიც, მაგრამ შედარებით ლაზერით ზემოქმედებასთან უმნიშვნელოა. შედარების თვალსაჩინოებისათვის გამოსხივების ინტენსივობები ისეთნაირად იქნა შერჩეული, რომ რომელიმე მიმართულებებისათვის (მოცემულ შემთხვევაში კი რბილი მიმართულებისათვის) ფმე-ის სიდიდე ერთნაირი ყოფილიყო (ცხრილი 2). აღსანიშნავია ასევე, რომ მიუხედავად მოქმედი გამოსხივების სპექტრული შემადგენლობისა, განათება ყოველთვის იწვევს სიბნელეში არსებული პოლარულობის ეფექტის სიდიდის შემცირებას.

ზემოთ მოყვანილი ექსპერიმენტული მონაცემები შესაძლებელია ახსნილი იქნეს იმ მოსაზრებების საფუძველზე, რომლებიც გამოთქმულია [5-7] შრომებში. SiC მიეკუთვნება უპირატეს კოვალენტურ კავშირებიან ნახევარგამტარებს [4]. როგორც ცნობილია [8], ასეთ ნახევარგამტარებში სავალენტო დონის ჭერს შესაბამება დამაკავშირებელი ორბიტალების P მდგომარეობები, ბმში მონაწილე ელექტრონების მუხტის სიმკვრივის ჰანტელისებური განაწილებით, ხოლო გამტარებლობის ზონის ფსკერს — ანტიდამაკავშირებელი ორბიტალების სფერული S-მდგომარეობები. იმ ტემპერატურებზე, რომლებზედაც სავალენტო ზონა თითქმის მთლიანადაა შევსებული, ატომთაშორის კავშირებში ძირითადად როლს თამაშობენ P — ორბიტალები [8], რაც თავის მხრივ განაპირობებს კოვალენტური და უპირატესად კოვალენტურ კავშირებიანი კრისტალების მაღალ სისალეს, მნიშვნელოვან სიმყიფეს და დაბალ პლასტიკურობას [2].

ელექტრონის გადასვლა სავალენტოდან გამტარებლობის ზონაში, ანუ დამაკავშირებელიდან ანტიდამაკავშირებელ ორბიტალებზე წარმოქმნის ანტიდამაკავშირებელ კვაზინაწილაკებს, ანუ ხვრელს და თავისუფალ ელექტრონს, რომლებიც იწვევენ იმ ატომთა ელექტრონული ღრუბლის სივრცული მიმართულებადობის ცვლილებას და ბმის ენერჯიის შემცირებას, რომლებთანაც აღმოჩნდებიან თავიანთი ქაოსური მოძრაობის დროს [6]. ეს კი ხელს უწყობს აღნიშნულ ატომთა გადაადგილების გაიოლებას გარეშე მექანიკური ძაბვის ველში, ანუ ძვრადობის გაზრდას [6,9]. რადგან ნივთიერებათა მს დამოკიდებულია ატომთაშორისი ქიმიური კავშირების სიმტკიცეზე, ამიტომ, სინათლის ზემოქმედების შედეგად წარმოქმნილი ანტიბმადი კვაზინაწილაკების მიერ გამოწვეული ქიმიური კავშირების ძალისა და ანიზოტროპიულობის (სივრცული მიმართულებადობის) შემცირება ჯამურად აისახება ფმე-ში. ამრიგად, რაც მეტია კრისტალში ანტიბმადი კვაზინაწილაკების კონცენტრაცია, მით მეტია ფმე-ის სიდიდე [7].

ჰექსაგონალური SiC-ს აკრძალული ზონის სიგანე ტოლია 2,9 ევ-სა, ამიტომ, მოყვანილ ექსპერიმენტში გამოყენებული ლაზერით ზემოქმედებისას გამოსხივების შთანთქმას ადგილი ექნება საკუთარი შთანთქმის არეში — ე. ი. ადგილი

ცხრილი 1

ზედაპირი	ინდენტორის ორიენტაცია	სისალე (კმძ/მმ ²)	
		Si - ზედაპ.	C-ზედაპ.
(0001)	⊕ $(11\bar{2}0)$	3895 ¹⁾ 4113 ²⁾	3682 ¹⁾ 3984 ²⁾
	⊕ $(10\bar{1}0)$	3412 ¹⁾	3257 ¹⁾

- 1) ბუნებრივი ზედაპირი (P=100 გ)
- 2) პოლირებული ზედაპირი

ექნება ანტიბმადი კვაზინაწილაკების წარმოქმნას. კრისტალის ზედაპირული ფენის სისქე, რომელშიაც ხდება სინათლის ინტენსიური შთანთქმა, განისაზღვრება შთანთქმის კოეფიციენტის შემბრუნებული სიდიდით - $1/\alpha$ და, შესაბამისად, ამ არეში ანტიბმადი კვაზინაწილაკების კონცენტრაცია მაქსიმალურია. ეს განაპირობებს ლაზერით შემოქმედების შემთხვევაში ფემ-ის არსებობას მხოლოდ იმ დატვირთვებისათვის, რომელთათვისაც ინდენტორის კრისტალში ჩანერგვის სიღრმე არ აღემატება $1/\alpha$ -ს.

თეთრი სინათლით შემოქმედების შემთხვევაში დამზერილი განსხვავებული სუბსტრატით აიხსნება შემდეგნაირად. გამოყენებული თეთრი სინათლის სპექტრული დიაპაზონი ისეთია (სურ. 1, ა), რომ მისთვის საკვლევი SiC-ს ნიმუში თითქმის გამჭვირვალეა. მაგრამ, როგორც ცნობილია, ანაბექდის ფორმირების დროს ინდენტორის ქვეშ ადგილი აქვს დეფექტური სტრუქტურის წარმოქმნას, რომელიც შეიცავს სხვადასხვა სახის დეფექტებს (წერტილოვან დეფექტებს, დისლოკაციებს და სხვა) და გრძელდება კრისტალში ინდენტორის მოძრაობის შეწყვეტამდე [2]. ასეთი დარღვეული არის არსებობა იწვევს სინათლის ოპტიკური შთანთქმის ხასიათის ცვლილებას დაურღვეველ ნაწილთან შედარებით. როგორც ცნობილია, ძლიერ დარღვეულ ნახევარგამტარს აკრძალულ ზონაში უჩნდება მდგომარეობათა სიკმკვირვის კუდები [10]. ასეთ დარღვეულ არეზე თეთრი სინათლით შემოქმედება იწვევს გამოსხივების შთანთქმას აღნიშნულ კუდებზე, რაც განაპირობებს ანტიბმადი კვაზინაწილაკების კონცენტრაციის ზრდას ანაბექდის დეფექტურ არეში. ხდება ატომების ძვრადობის ზრდა ინდენტორის მიერ წარმოებული მექანიკური ძაბვის ველში, რაც აისახება ფემ-ში [11].

მექანიკური პოლირების თანაბარ პირობებში Si-სა და C-ს ზედაპირების მის არათანაბარი გაზრდა გამოწვეულია აღნიშნული პოლირების შედეგად ზედაპირზე დარღვეული ფენის გაჩენით და, შესაბამისად, ზედაპირი, რომელიც ბოლოვდება C-ს ატომებით, მეტად ირღვევა, ვიდრე ის ზედაპირი, რომელიც ბოლოვდება Si-ს ატომებით. მიღებული შედეგი გარკვეულად მნიშვნელოვანია პრაქტიკული თვალსაზრისითაც, რადგან მისი გათვალისწინება სასარგებლო იქნება SiC-ს ბაზაზე ნახევარგამტარული ხელსაწყოების შექმნის ტექნოლოგიაში.

ცხრილი 2

მოქმედი გამოსხივება	სისალე (კბმ/მმ ²)		ანტიზოტროპიის ხარისხი
	☉(11 $\bar{2}$ 0)	☉(10 $\bar{1}$ 0)	
ლაზერი	3419	3238	1,06
თეთრი სინათლე	3680	3244	1,13

ცხრილში მოყვანილი მნიშვნელობები შეესაბამებია Si-ის ბუნებრივ ზედაპირს ($P=100$ გ).

მს-ის ანიზოტროპია მოცემულ ზედაპირზე აიხსნება ქიმიური კავშირების მიმართ ინდენტორის ფარდობითი ორიენტაციით. ანაბექტდის ფორმირების პროცესში ატომები წაინაცვლებენ თავიანთი საწყისი მდგომარეობიდან, რასაც მოყვება ქიმიური კავშირების სიგრძეების და მათ შორის კუთხეების ცვლილება. მაქსიმალური მს-ის შემთხვევაში ქიმიური კავშირების სიგრძეული ორიენტაცია ისეთია ინდენტორის მიერ წარმოებული მექანიკური დაძაბულობების მიმართ, რომ დომინირებადია ქიმიური კავშირების კუმშვა, ხოლო მინიმალური მს-ის შემთხვევაში ქიმიური კავშირების გაჭიმვა და შემობრუნება [12].

მს-ის ანიზოტროპიის ცვლილება განათების შედეგად, ანალოგიურად [12]-სა აიხსნება იმით, რომ ხისტად მიმართული კოვალენტური კავშირების სიგრძეული ორიენტაციის ცვლილება მიიღწევა ანტიბმადი კვაზინაწილაკების კონცენტრაციის ცვლილებით. ხოლო ლაზერით ზემოქმედებისას მს-ის ანიზოტროპიის უფრო მეტად ცვლილება, ვიდრე თეთრი სინათლით ზემოქმედებისას გამოწვეულია ლაზერით ზემოქმედების შემთხვევაში ანტიბმადი კვაზინაწილაკების კონცენტრაციის გაზრდით ლაზერის სხივით მოცულ მთელ არეში (როგორც დეფექტურში, ასევე არადეფექტურში) და რადგან მს-ის ანიზოტროპიას ძირითადად განაპირობებს უდეფექტო არე, ამიტომ ამ არეში ანტიბმადი კვაზინაწილაკების წარმოქმნა გამოიწვევს მეტ ცვლილებას თეთრი სინათლით ზემოქმედებასთან შედარებით. რადგან თეთრი სინათლით ზემოქმედებისას ანტიბმადი კვაზინაწილაკების კონცენტრაციის გაზრდა ხდება უპირატესად, ანაბექტდის დეფექტურ არეში და ანიზოტროპიის განმსაზღვრელი უდეფექტო არე კი თითქმის უცვლელია. აღნიშნული კარგად ჩანს 2 ცხრილში მოყვანილი ანიზოტროპიის ხარისხის H_{\max}/H_{\min} (მოცემულ ზედაპირზე მს-ის მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობათა შეფარდების) მნიშვნელობებიდან.

ლიტერატურა

1. *П. Д. Уорен, С. Г. Робертс., П. Б. Хирш.* Изв. АН СССР, сер. физич., 51, 4, 1987. 812.
2. *М. И. Вальковская., Б. М. Пушкаш., Э. Е. Марончук.* Пластичность и хрупкость полупроводниковых материалов при испытаниях на микротвердость. Кишинев, 1984. 100.
3. *G. C. Kuczynski, R. H. Hochman.* Phys. Rev 108, 1957, 946.
4. *Карбид кремния. Под ред. Г. Хениши и Р. Роя.* М, 1972, 385.
5. *И. Г. Гвердцители. А. Б. Герасимов. З. В. Джибути, М. Г. Пхакадзе.* Поверхность, 11, 1985, 132.
6. *A. B. Gerasimov.* Proceeding of the Fourth International Conference, Materials Science Forum Vols 65-66, New-York. 1990, 47.
7. *А. Б. Герасимов, З. В. Джибути, Г. Д. Чирадзе.* Сообш. АН Грузии, 142, 1991. 53.
8. *У. Харрисон.* Электронная структура и свойства твердых тел. М., т. 1, 1983.
9. *A. B. Gerasimov, G. D. Chiradze, Z. Bokhochadze.* Bull. Kutaisi University, 1, 1994, 125.
10. *Э. Девис.* В кн.: Аморфные полупроводники. М., 1982, 62.
11. *А. Б. Герасимов, Г. Д. Чирадзе.* Сообш. АН Грузии. т. 142, 1, 1991 61.
12. *A. B. Gerasimov, G. D. Chiradze, N. G. Kutivadze.* Bull. Kutaisi University. 2., 1996. 196.

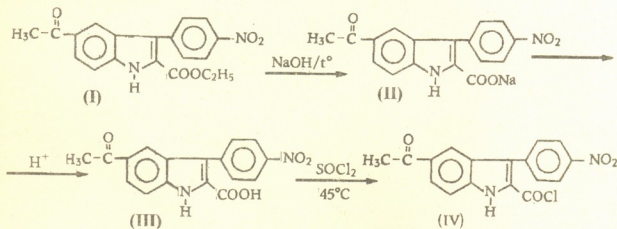
ნ. ნარიშანიძე, შ. სასუნია, ი. ჩიკვაძე

3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლ-2-კარბონმჟავას
 წარმოებულების სინთეზი

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. ხანანაშვილმა 17.03.1997

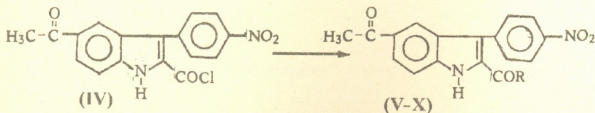
სამუშაოს მიზანია ახალი პოტენციური ბიოლოგიური აქტიურობის მქონე ინდოლის წარმოებულების სინთეზი. ჩვენ მიერ ადრე სინთეზირებული 2-ეთოქსი-კარბონილ-3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლის (I) [1] რთული ეთერული ჯგუფის გარდაქმნით მიღებულია შესაბამისი მჟავას ქლორანჰიდრიდი (IV), ხოლო მისი ამინო- და ჰიდრაზინის შემცველ ნაერთებთან ურთიერთქმედებაში ამიდეები (V-IX) და ჰიდრაზიდი (X).

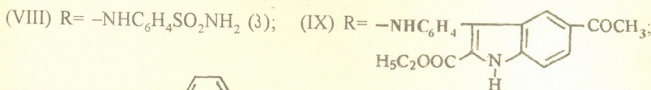
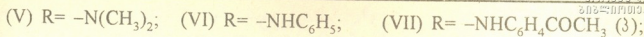
ორგანულ მჟავათა ქლორანჰიდრიდების სინთეზის მეთოდებიდან ჩვენი მიზნებისათვის საუკეთესო აღმოჩნდა 3-(პ-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლ-2-კარბონ-მჟავას (III) ურთიერთქმედება ქლორიან თიონილთან შემდეგი სქემის მიხედვით:



POCl_3 -ის ან PCl_5 -ის ურთიერთქმედებისას მარილთან (II) სარეაქციო ნარევი იფისება.

ქლორანჰიდრიდი (IV) საკმაოდ რეაქციის უნარიანია და ადვილად რეაგირებს ამინო-ჯგუფის შემცველ ნაერთებთან შემდეგი აცილირების პროდუქტების წარმოქმნით (V-X):





აცილირების რეაქციას ვატარებდით აბსოლუტურ დიოქსანში ოთახის ტემპერატურაზე.

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

რეაქციათა მსვლელობის და ნაერთთა სისუფთავის კონტროლს, აგრეთვე Rf-ის მნიშვნელობის განსაზღვრას ვაწარმოებდით თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდით „Silufol UV-254“-ის ფირფიტებზე, ულტრაიისფერი სპექტრები გადაღებულია სპექტროფოტომეტრზე – „Specord“ – ეთანოლში; ინფრაწითელი სპექტრი – „UR -20“ –ზე ვაზელინის ზეთში; მას-სპექტრი – ქრომატომას-სპექტრომეტრზე – „R 10-10 Ribermag“ მაიონიზირებელი ელექტრონების ენერგია – 70 ევ.

2-ოქსიკარბონილ-3-(3-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლი (III). 0,7 გ (2 მმოლ) ეთერის (I), 50 მლ NaOH-ის 10%-იან წყალხსნარისა და 10 მლ იზობროპანოლის სუსპენზიას მუდმივი მორევის პირობებში ადუღებენ გამჭვირვალე ხსნარის მიღებამდე (~ 1სთ). მიღებულ ხსნარს ოთახის ტემპერატურამდე გაციების შემდეგ ფილტრავენ, ფილტრატს ამჟავებენ 10%-იანი HCl-ით pH 1-მდე. გამოყოფილ ნალექს ფილტრავენ, რეცხავენ წყლით ნეიტრალურ რეაქციამდე და ამრობენ ექსიკატორში. წყლიდან გადაკრისტალების შემდეგ მიიღება 0,5 გ (80 %) მჟავა (III) ყვითელი ფერის კრისტალების სახით. Rf 0.62 (ჰექსანი-ეთერი, 1:1). ლ. ტ. 180-183°C. იწ-სპექტრი, ν , სმ⁻¹: 3160 – 3250 (NH); 1720, 1670 (C=O); 1340, 1520(NO₂). უი-სპექტრი, λ_{max} , ნმ (lgε): 205(3,8); 269(4,12). ნაპონია, %: C 62,4; H 13,2; N 8,7. M⁺ 324. C₁₇H₁₂N₂O₅. გამოთვლილია, %: C 62,9; H 3,7; N 8,6; M 324.

3-(3-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლ-2-კარბონმჟავას ქლორანჰიდრიდი (IV): 0,9 გ (3 მმოლ) მჟავას (III) ხსნარს 50 მლ აბსოლუტურ დიოქსანში მუდმივი მორევის პირობებში 0°C-ზე წვეთობით უმატებენ 10 მლ SOCl₂-ის ხსნარს 10 მლ აბსოლუტურ დიოქსანში. აყოენებენ 45°C-ზე სამი საათის განმავლობაში. გამხსნელს აორთქლებენ შემცირებული წნევის ქვეშ. მშრალ ნაშთს ხსნიან 30 მლ აბსოლუტურ ბენზოლში და ისევ აორთქლებენ მშრალ ნაშთამდე. ამ პროცესს იმეორებენ ორჯერ. ისევ ხსნიან 30 მლ აბსოლუტურ ბენზოლში და აორთქლებენ 15 მლ-მდე. გამოლეკავენ აბსოლუტური ჰექსანით, ნალექს ფილტრავენ და ამრობენ ვაკუუმ-ექსიკატორში. მიიღება 0,7 გ (78%) ყვითელი კრისტალები. Rf



0,6 (ბენზოლი). ლ. ტ. 221-223°C. იწ-სპექტრი, ν , სმ^{-1} : 3310 (NH), 1700, 1650 (CO); 1520, 1355 (NO_2). ნაპოვნია, %: C 60,0; H 3,1; N 8,0. $\text{C}_{17}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O}_4\text{Cl}$. გამოთვლილია, %: C 59,6; H 3,2; N 8,2.

3-(*პ-ნიტროფენილ*)-5-*აცეტილინდოლ*-2-*კარბონმჟავას დიეთილამიდი* (V): 0,5 გ ქლორანჰიდრიდის (IV) ხსნარს 50 მლ აბსოლუტურ დიოქსანში უმატებენ 0,5 მლ ტრიეთილამინს და მუდმივი მორევის პირობებში 0,3 მლ დიმეთილამინის 33%-იან წყალხსნარს. აყოვნებენ ოთახის ტემპერატურაზე ორი საათის განმავლობაში, ანზავებენ 100 მლ წყლით, გამოყოფილ ნალექს ფილტრავენ, ჩარეცხავენ წყლით და აშრობენ. მიიღება 0,46 გ (88%) ამიდი (V). Rf 0,35 (ქლოროფორმი). ლ. ტ. 216-219°C. იწ-სპექტრი, ν , სმ^{-1} : 3350 (NH); 3060 (NH ამიდური); 1700, 1600 (CO); 1530 1340 (NO_2). უი-სპექტრი, λ_{max} , ნმ (Ige): 204 (3,98); 255 (4,31). ნაპოვნია, %: C 65,2; H 5,2; N 12,6 M^+351 . $\text{C}_{19}\text{H}_{17}\text{N}_3\text{O}_4$. გამოთვლილია, %: C 65,0; H 4,8; N 12,0. M351.

3-(*პ-ნიტროფენილ*)-5-*აცეტილინდოლ*-2-*კარბონმჟავას ანილიდი* (VI): იღებენ (V) ნაერთის ანალოგიურად 0,5 გ (1,5 მმოლ) ქლორანჰიდრიდის (IV), 0,5 მლ ტრიეთილამინისა და 0,2 მლ (2 მმოლ) ანილინისაგან 50 მლ აბსოლუტურ დიოქსანში ოთახის ტემპერატურაზე სამი საათის განმავლობაში. მიიღება 0,48 გ (80%). Rf 0,42 (ჰექსანი-ეთერი, 1:1). ლ. ტ. 266°C. იწ-სპექტრი, ν , სმ^{-1} : 3305 (NH); 3050 (NH ამიდური); 1710, 1650 (CO); 1530, 1340 (NO_2). უი-სპექტრი, λ_{max} , ნმ (Ige): 204 (4,39); 260 (4,6); 318 (4,01). ნაპოვნია, %: C 69,4; H 4,4; N 10,7. M^+399 . $\text{C}_{23}\text{H}_{17}\text{N}_3\text{O}_4$. გამოთვლილია, %: C 69,2; H 4,3; N 10,5. M 399.

3-(*პ-ნიტროფენილ*)-5-*აცეტილინდოლ*-2-*კარბონმჟავას პ-აცეტილანილიდი* (VII): იღებენ (VI) ნაერთის ანალოგიურად 0,5 გ (1,5 მმოლ) ქლორანჰიდრიდის (IV), 0,5 მლ ტრიეთილამინისა და 0,27 გ (2 მმოლ) პ-ამინოაცეტოფენონისაგან. მიიღება 0,6 გ (91 %) ამიდი (VII). 0,65 (ჰექსანი-ეთერი, 1:1). ლ. ტ. 246-247°C. იწ-სპექტრი, ν , სმ^{-1} : 3340 (NH) 3100 (NH ამიდური); 1700, 1650 (CO); 1530, 1340 (NO_2). უი-სპექტრი, λ_{max} , ნმ (Ige): 204/5,36/266/4,74/; 322/4,46/. ნაპოვნია, %: C 68,2; H 4,6; N 9,6. M^+442 . $\text{C}_{25}\text{H}_{20}\text{N}_3\text{O}_5$. გამოთვლილია, %: C 67,9; H 4,5; N 9,5. M 442.

3-(*პ-ნიტროფენილ*)-5-*აცეტილინდოლ*-2-*კარბონმჟავას პ-სულფამიდოანილიდი* (VIII): იღებენ (VI) ნაერთის ანალოგიურად 0,5 (1,5 მმოლ) ქლორანჰიდრიდის (IV), 0,5 მლ ტრიეთილამინისა და 0,35 გ (2 მმოლ) პ-სულფამიდოანილინისაგან. მიიღება 0,6 გ (85%). Rf 0,7 (ეთერი). ლ. ტ. 254-256°C. იწ-სპექტრი, ν , სმ^{-1} : 3305, 3250, 3110 (NH); 1710, 1650 (CO); 1530, 1340 (NO_2). უი-სპექტრი, λ_{max} , ნმ (Ige): 208(3,85), 266(3,92). ნაპოვნია, %: C 58,0; H 4,2; N 11,4. $\text{C}_{23}\text{H}_{18}\text{N}_4\text{O}_6\text{S}$. გამოთვლილია, %: C 57,7; H 3,8; N 11,7.

3-(*პ-ნიტროფენილ*)-5-*აცეტილინდოლ*-2-*კარბონმჟავას 2'-ეთოქსიკარბონილ-5'-აცეტილინდოლ-3'-ილ-პ-ანილიდი* (IX): იღებენ (VI) ნაერთის ანალოგიურად 0,54 (1,7 მმოლ) 2-ეთოქსიკარბონილ-3-(*პ-ამინოფენილ*)-5-აცეტილინდოლიდან. მიიღება 0,78 გ (83 %). Rf 0,25 (ბენზოლი). ლ. ტ. 256-258°C. იწ-სპექტრი, ν , სმ^{-1} : 3380, 3310 (NH); 1660, 1650, 1630 (CO); 1520, 1345 (NO_2). უი-



სპექტრი, λ_{\max} , ნმ (lg ϵ): 204(3,61); 270(4,8). ნაპოვნია, %: C 69,2; H 4,6; N 9,8. $C_{36}H_{28}N_4O_7$. გამოთვლილია, %: C 68,8; H 4,5; N 8,9.

3-(3-ნიტროფენილ)-5-აცეტილინდოლ-2-კარბონმჟავას იზონიკოტინოილჰიდრაზიდი (X): იღებენ (VI) ნაერთის ანალოგიურად 0,3 გ (2 მმოლ) იზონიკოტინოილ ჰიდრაზიდისაგან. მიიღება 0,57 გ (86%). Rf 0,57 (ბენზოლი-აცეტონი, 1:2). ლღ. ტ. 284-287°C.

იწ-სპექტრი, ν , სმ⁻¹: 3400, 3310(NH); 1710, 1650(CO); 1550, 1340, (NO₂). უი-სპექტრი, λ_{\max} , ნმ (lg ϵ): 208(3,98); 265(3,92). ნაპოვნია, %: C 62,9; H 4,2; N 15,4. $C_{23}H_{17}N_5O_5$. გამოთვლილია, %: C 62,3, H 3,8, N 15,8.

ი. ჯავახიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

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



ა. შკლუბა, ბ. გველესიანი (საქ. მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), დ. ცაბარაიშვილი,
 ი. ბარათაშვილი, ი. ოშიაძე, ა. ნადირაძე

ორმაგი ოქსიდების სტანდარტული სითბოტექვადობის გათვ-
 ლის ახალი მეთოდი

წარმოდგენილია 3.07.1997

წარმოდგენილი სამუშაო იმ კვლევების [1,2] ლოგიკური გაგრძელებაა, რომელთა მიზანია მცირე მოცულობის, მაგრამ საიმედო ექსპერიმენტული მონაცემების ბაზაზე შეიქმნას ორმაგი ოქსიდების თერმოდინამიკური ფუნქციების გათვლის მეთოდები. წინამდებარე სტატიამი ორმაგი ოქსიდებისათვის შემოთავაზებულია ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კონსტანტის – სტანდარტული სითბოტექვადობის (C_{p298}) გაანგარიშების ახალი მეთოდი.

ლიტერატურაში ცნობილია კრისტალური არაორგანული ნივთიერებების სტანდარტული სითბოტექვადობების გათვლის მეთოდები [3,4], რომლებსაც საფუძვლად უდევთ სხვადასხვა ემპირიული ან ნახევრადემპირიული კანონზომიერებანი. თუ სხვადასხვა კლასის ორმაგი ოქსიდების გარკვეული ნაწილისთვის ცნობილია C_{p298} -ის ექსპერიმენტული მნიშვნელობები, მაშინ მათ საფუძველზე შეიძლება დამუშავდეს ამ ნაერთების სტანდარტული სითბოტექვადობის გათვლის ორიგინალური მეთოდი. ეს იდეა დაედო საფუძვლად ამ სამუშაოში შემოთავაზებულ ორმაგი ოქსიდების C_{p298} -ის გათვლის ახალ მეთოდს.

განსახილველი ორმაგი ოქსიდის ზოგადი ფორმულა შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით: $xA_nO_m \cdot yB_pO_q$, სადაც A და B ოქსიდწარმოქმნელი ელემენტებია, ხოლო x, y, n, m, p და q – სტექიომეტრული კოეფიციენტები. შევარჩიოთ შემდეგი შედგენილობის ორმაგი ოქსიდების ტრიადა $xA_nO_m \cdot ZD_kO_e$, $tE_\alpha O_\beta \cdot yB_pO_q$, $tE_\alpha O_\beta \cdot ZD_kO_e$, სადაც ზემომოყვანილი ფორმულის ანალოგიურად D და E ოქსიდწარმოქმნელი ელემენტებია, ხოლო z, t, k, e, α და β – სტექიომეტრული კოეფიციენტები. მაშინ ორმაგი ოქსიდის სტანდარტული ენტროპია შეიძლება განვსაზღვროთ [1]-ში მოყვანილი განტოლებიდან:

$$S_{298}^0(xA_nO_m \cdot yB_pO_q) = S_{298}^0(xA_nO_m \cdot ZD_kO_e) + S_{298}^0(tE_\alpha O_\beta \cdot yB_pO_q) - S_{298}^0(tE_\alpha O_\beta \cdot ZD_kO_e). \quad (1)$$

ამრიგად, განსახილველი ორმაგი ოქსიდის სტანდარტული ენტროპია შეიძლება გავითვალოთ (1) განტოლების საშუალებით, თუ მასში მოყვანილი დანარჩენი სამი ნაერთისათვის S_{298}^0 ცნობილია.

ვისარგებლოთ [5]-ში მოყვანილი მიახლოებითი თანაფარდობით

$$S_{298}^0 = Cp_{298} / (3\lambda_{298})^{1/2}, \quad (2)$$

სადაც $\lambda_{298} = (\partial \ln C_p / \partial \ln T)_{p, 298}$.

ჩავსვათ მე-(2) თანაფარდობა (1) განტოლებაში. ამავე დროს მხედველობაში მივიღოთ ის გარემოება, რომ სხვადასხვა კლასის ორმაგი ოქსიდისათვის λ_{298} ფუნქციის სიდიდეები უმნიშვნელოდ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, რაც უფლებას გვაძლევს საბოლოო გამოსახულებაში იგი შევკვეცოთ. მაშინ განსახილველი ორმაგი ოქსიდის $C_{p, 298}$ -ის გასაანგარიშებლად მივიღებთ (1)-ის ანალოგიურ განტოლებას:

$$C_{p, 298}(x A_n O_m \cdot y B_p O_q) = C_{p, 298}(x A_n O_m \cdot ZD_k O_e) + C_{p, 298}(t E_a O_b \cdot y B_p O_q) - C_{p, 298}(t E_a O_b \cdot ZD_k O_e) \quad (3)$$

ამრიგად, თუ ორმაგი ოქსიდების შერჩეული ტრიადისათვის ცნობილია $C_{p, 298}$ -ის მნიშვნელობები, მაშინ არავითარ სიძნელეს არ წარმოადგენს განსახილველი ნაერთებისათვის ამ ფუნქციის მე-(3) განტოლების მიხედვით გათვლა.

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ მიზანშეწონილია, განსახილველი ნაერთის სტანდარტული სითბოტევალობის მე-(3) განტოლების მიხედვით გათვლისას გამოვიყენოთ სხვადასხვა ვარიანტი ორმაგი ოქსიდების ტრიადების ცვლით, რომლებისთვისაც $C_{p, 298}$ -ის მნიშვნელობები ცნობილია. ამავე დროს საჭიროა, რომ $C_{p, 298}$ -ის მიღებული მნიშვნელობები გავასაშუალოთ:

$$C_{p, 298} = \sum C_{p, 298i} / r,$$

სადაც $C_{p, 298i}$ -i ვარიანტის დროს გათვლილი ორმაგი ოქსიდის სტანდარტული სითბოტევალობაა, ხოლო r - ვარიანტების რიცხვი.

1 ცხრილში მოყვანილია $SrO \cdot TiO_2$ $C_{p, 298}$ -ის გათვლის სქემა მე-(3) განტოლების მიხედვით.

მოცემულ სამუშაოში მე-(3) განტოლებიდან გამომდინარე დავამუშავეთ ორ-

ც ხ რ ი ლ ი 1

$SrTiO_2$ სტანდარტული სითბოტევალობის გათვლის სქემა მე-(3) განტოლების მიხედვით

ორმაგი ოქსიდების ტრიადები						$SrO \cdot TiO_2$
$tE_a O_b \cdot ZD_k O_e$	$C_{p, 298}$ კალ/მოლ·K	$x A_n O_m \cdot ZD_k O_e$	$C_{p, 298}$ კალ/მოლ·K	$tE_a O_b \cdot YB_p O_q$	$C_{p, 298}$ კალ/მოლ·K	$C_{p, 298}$ კალ/მოლ·K გათ. (3) განტ. მიხ.
$MgO \cdot SiO_2$	19,58	$SrO \cdot SiO_2$	21,16	$MgO \cdot TiO_2$	21,9	23,57
$CaO \cdot SiO_2$	20,36	$SrO \cdot SiO_2$	21,16	$CaO \cdot TiO_2$	23,34	24,16
$BaO \cdot SiO_2$	21,51	$SrO \cdot SiO_2$	21,16	$BaO \cdot TiO_2$	24,49	24,14
$2BaO \cdot SiO_2$	32,24	$SrO \cdot SiO_2$	21,16	$2BaO \cdot TiO_2$	36,48	25,40
$Li_2O \cdot SiO_2$	23,68	$SrO \cdot SiO_2$	21,16	$Li_2O \cdot TiO_2$	26,54	24,02
$Na_2O \cdot SiO_2$	26,74	$SrO \cdot SiO_2$	21,16	$Na_2O \cdot TiO_2$	30,02	24,44
$BaO \cdot ZrO_2$	24,31	$SrO \cdot ZrO_2$	21,71	$BaO \cdot TiO_2$	24,49	21,89
$CaO \cdot ZrO_2$	23,88	$SrO \cdot ZrO_2$	21,71	$CaO \cdot TiO_2$	23,34	21,17

$$C_{p, 298} = 23,60$$

$$C_{p, 298, გვ.ა} = 23,51$$

ორმაგი ოქსიდების Cp_{298} ექსპერიმენტული და მე-(3) განტოლებიდან გაანგარიშებული მნიშვნელობების შედარება

ნაერთი	Cp_{298} კალ/მოლK (ექსპ)	Cp_{298} კალ/მოლK (გან.)	δ% განგ- ექსპ/ექსპ	ნაერთი	Cp_{298} კალ/მოლK (ექსპ)	Cp_{298} კალ/მოლK (გან.)	δ% განგ- ექსპ/ექსპ
PbO·SiO ₂	21,52	22,74	+5,7	BeO·WO ₃	23,3	23,85	+2,3
2ZnO·SiO ₂	29,46	30,20	+2,5	MgO·SiO ₂	19,58	19,31	-1,4
2FeO·SiO ₂	31,76	31,31	-1,4	2MgO·SiO ₂	28,37	28,27	-3,4
FeO·Al ₂ O ₃	29,53	29,72	+0,6	MgO·GeO ₂	21,6	21,50	-0,5
ZnO·Fe ₂ O ₃	34,17	37,30	+9,2	MgO·Al ₂ O ₃	27,71	28,08	+1,3
2CoO·SiO ₂	32,10	33,10	+3,1	MgO·Fe ₂ O ₃	34,35	33,87	-1,4
NiO·Fe ₂ O ₃	34,80	36,00	+3,4	MgO·Cr ₂ O ₃	30,30	28,80	-4,9
MnO·Al ₂ O ₃	30,20	29,70	-1,8	MgO·WO ₃	26,07	26,86	+3,0
MnO·Fe ₂ O ₃	35,70	36,21	+1,4	MgO·V ₂ O ₅	39,47	39,08	-1,0
FeO·Cr ₂ O ₃	31,95	31,11	-2,6	2MgO·V ₂ O ₅	48,63	48,05	-1,2
MnO·Cr ₂ O ₃	30,50	32,56	+6,75	MgO·TiO ₂	21,96	22,42	+2,1
PbO·MoO ₃	28,61	29,68	+3,7	MgO·2TiO ₂	35,15	34,80	-1,0
FeO·MoO ₃	28,31	27,98	-1,1	2MgO·TiO ₂	30,76	31,18	+1,4
PbO·WO ₃	28,65	29,29	+2,2	CaO·SeO ₃	20,80	21,00	+1,0
ZnO·WO ₃	30,00	26,87	-10,4	CaO·SiO ₂	20,36	20,56	+1,0
CaO·WO ₃	30,00	27,97	-6,4	2 CaO·SiO ₂	30,31	30,75	+1,4
NiO·WO ₃	29,00	27,82	-4,0	3CaO·SiO ₂	41,08	40,74	-0,8
MnO·WO ₃	29,70	28,14	-5,3	3CaO ₂ ·SiO ₂	51,30	51,50	+0,5
PbO·TiO ₂	26,00	24,10	-7,3	CaO·GeO ₂	22,60	22,60	0
2ZnO·TiO ₂	32,82	32,07	-2,3	CaO·B ₂ O ₃	24,85	26,06	+4,8
FeO·TiO ₂	23,78	24,07	+1,2	CaO·2B ₂ O ₃	37,75	38,30	+1,4
2FeO·TiO ₂	34,01	34,46	+1,3	2CaO·B ₂ O ₃	35,16	35,14	-0,1
2CoO·TiO ₂	35,70	34,70	-2,8	3CaO·B ₂ O ₃	44,90	45,81	+2,0
MnO·TiO ₂	23,93	24,55	+2,6	CaO·Al ₂ O ₃	28,83	29,47	+2,2
BeO·Al ₂ O ₃	25,18	24,63	-2,2	3CaO·Al ₂ O ₃	50,14	49,39	-1,5
CaO·Fe ₂ O ₃	36,72	34,53	-6,5	Li ₂ O·GeO ₂	24,33	25,82	+6,1
2CaO·Fe ₂ O ₃	46,1	45,08	-2,2	Li ₂ O·B ₂ O ₃	29,58	27,58	-6,8
CaO·MoO ₃	27,33	27,68	+1,3	Li ₂ O·2B ₂ O ₃	37,65	41,29	+9,7
CaO·WO ₃	27,28	27,92	+2,3	Li ₂ O·4B ₂ O ₃	77,8	70,54	-9,3
CaO·V ₂ O ₅	39,86	40,56	+1,7	Li ₂ O·Al ₂ O ₃	32,4	32,28	-0,4
2 CaO·V ₂ O ₅	50,08	50,46	+0,8	Li ₂ O·2Fe ₂ O ₃	36,9	37,32	-5,7
3 CaO·V ₂ O ₅	60,29	61,04	+1,2	Li ₂ O·TiO ₂	26,51	26,29	-0,9
CaO·TiO ₂	23,34	23,42	+0,4	Na ₂ O·SiO ₂	26,74	26,65	-0,3
3CaO·2TiO ₂	57,2	56,11	-1,9	Na ₂ O·2SiO ₂	37,52	37,51	0
CaO·ZrO ₂	23,88	23,14	-3,1	Na ₂ O·3SiO ₂	51	47,67	-6,5
CaO·UO ₃	31,1	29,03	-6,6	2Na ₂ O·SiO ₂	43,4	44,7	+3,0
SrO·SeO ₃	22,2	22,0	-0,9	Na ₂ O·GeO ₂	29,1	27,98	-3,8
SrO·SiO ₂	21,16	21,49	+1,5	Na ₂ O·B ₂ O ₃	31,52	31,73	+0,7
2SrO·SiO ₂	32,1	31,64	-1,4	Na ₂ O·2B ₂ O ₃	44,64	42,87	-4,0

1	2	3	4	5	6	7	8
SrO-2B ₂ O ₃	39,8	38,79	-2,5	Na ₂ O-3B ₂ O ₃	58,2	55,72	-4,2
SrO-MoO ₃	29,47	28,09	-4,7	Na ₂ O-4B ₂ O ₃	72	78,99	+9,7
SrO-TiO ₂	23,51	23,60	+0,4	Na ₂ O-Al ₂ O ₃	35,04	35,62	+1,7
2SrO-TiO ₂	34,34	34,79	+1,3	Na ₂ O-Fe ₂ O ₃	40,4	41,25	+2,1
SrO-ZrO ₂	24,71	24,02	-2,8	Na ₂ O-Re ₂ O ₇	63,9	57,05	-10,7
BaO-SiO ₂	21,51	22,57	+4,9	Na ₂ O-CrO ₃	33,97	33,74	-0,7
2BaO-SiO ₂	32,24	33,62	+4,3	Na ₂ O-MoO ₃	37,87	33,52	-1,0
2BaO-3SiO ₂	53,65	56,98	-6,2	Na ₂ O-WO ₃	33,4	33,71	+0,9
BaO-GeO ₂	24	24,09	+0,4	Na ₂ O-V ₂ O ₅	46,64	46,27	-0,8
BaO-4B ₂ O ₂	74,1	72,31	-2,4	3Na ₂ O-V ₂ O ₅	78,85	77,3	-1,9
BaO-TiO ₂	24,49	25,32	+3,4	2Na ₂ O-V ₂ O ₅	64,47	63,16	-2,0
2BaO-TiO ₂	36,48	34,65	-5,0	Na ₂ O-TiO ₂	30,02	29,45	-1,9
BaO-ZrO ₂	24,31	25,83	+6,2	Na ₂ O-2TiO ₂	41,68	42,7	+2,4
BaO-UO ₃	31,9	32,03	+0,5	Na ₂ O-UO ₃	35,05	36,07	+2,9
Li ₂ O-SiO ₂	23,68	23,46	-0,9	3Na ₂ O-U ₂ O ₅	82,7	84,2	+1,8
Li ₂ O-2SiO ₂	34,59	33,96	-1,8	Na ₂ O-U ₂ O ₅	52,04	50,54	-2,9
Na ₂ O-U ₂ O ₅	52,04	50,54	-2,9	K ₂ O-Al ₂ O ₃	37,8	36,53	-3,4
K ₂ O-SiO ₂	28,3	27,89	-1,4	K ₂ O-Re ₂ O ₇	58,6	65,45	+11,7
K ₂ O-2SiO ₂	38,4	38,90	+1,3	K ₂ O-TiO ₂	32	30,35	-5,2
K ₂ O-B ₂ O ₃	32,04	33,11	+3,4	K ₂ O-CrO ₃	34,9	39,54	-1,0
K ₂ O-2B ₂ O ₃	40,75	45,83	+12,47	Cs ₂ O-CrO ₃	34,91	39,61	+13,5
K ₂ O-3B ₂ O ₃	62,6	55,06	-12,1	Cs ₂ O-MoO ₃	35,53	36,95	+4,0
K ₂ O-4B ₂ O ₃	76,8	77,32	+0,7	Cs ₂ O-UO ₃	36,51	39,76	+8,9

მაგი ოქსიდების Cp₂₉₈ გათლის ვარიანტი ეგმ-ის გამოყენებით. ამ მიზნით შევედგინეთ ორმაგი ოქსიდების სტანდარტული სითბოტევალობის ექსპერიმენტული მონაცემების ბანკი [6], რომელიც მოყვანილია მე-2 ცხრილში. Cp₂₉₈-ის მნიშვნელობები შევიტანეთ ეგმ-ში და ამასთან ერთად მე-(3) განტოლებიდან გამოვდინარე შევიმუშავეთ სათანადო საანგარიშო პროგრამა. ამ პროგრამის საშუალებით გავითვალეთ საკვლევი ნივთიერებების სტანდარტული სითბოტევალობის მნიშვნელობები, რომლებიც მოყვანილია იმავე მე-2 ცხრილში. ამავე ცხრილში შეტანილია აგრეთვე Cp₂₉₈-ის ექსპერიმენტულ და ნაანგარიშვე სიდიდეებს შორის ფარდობითი სხვაობები (ბ).

მე-2 ცხრილის მონაცემები უფლებას გვაძლევს დავადგინოთ, რომ მე-(3) განტოლების მიხედვით სავსებით დამაკმაყოფილებელი სიზუსტით შეიძლება გავითვალოთ ორმაგი ოქსიდების Cp₂₉₈-ის მნიშვნელობები. განხილული ორმაგი ოქსიდებისათვის ბ საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს ~ ±3,0%.

ლიტერატურა

1. *А. А. Надирадзе, К. Р. Джаошвили, Д. Ш. Цагареишвили, И. С. Омнадзе.* Изв. АН ГССР. Серия хим., 16, 3, 1990, 210.
2. *А. А. Надирадзе, К. Р. Джаошвили, Д. Ш. Цагареишвили.* Изв. АН ГССР. Серия хим., 16, 4, 1990, 277.
3. *И. А. Ландия.* Расчет высокотемпературной теплоемкости твердых неорганических веществ по стандартной энтропии. Тбилиси, 1962, 224 с.
4. *Д. Ш. Цагареишвили.* Методы расчета термических и упругих свойств кристаллических неорганических веществ. Тбилиси, 1977, 264 с.
5. *Т. Д. Абашидзе, Д. Ш. Цагареишвили, Д. И. Багдавадзе.* Изв. АН ГССР. Серия хим., 7, 3, 1981, 240.
6. Термические константы веществ (под ред. И. П. Глушко). Вып. 4-10. Москва ВИНТИ, 1972-1981.



პ. ჯაფარიძე (საქ. მეცნ. აკად. წმკრ-კორესპონდენტი), ვ. ჩაბელიშვილი,
დ. ლორთქიფანიძე, მ. ხოხაშვილი

ლითონ-ხსნარის ბაგეოვ ზედაპირზე ელექტრომაგნიტური სიგნალის ზუსტი გაზომვის შესახებ

წარმოდგენილია 20.02.1997

ჩვენ მიერ იყო დადგენილი [1, 2], რომ ცვლადი დენის მეორე ჰარმონიკის სიგნალის ინტენსიურობის ელექტროდის პოტენციალის სიდიდეზე დამოკიდებულების მრუდები (**მპს**, E-მრუდები) პირველი მიახლოებით წარმოადგენენ კლასიკური მეთოდით მიღებული ტევადობის მრუდების (C, E-მრუდები) დიფერენციალებს, რის გამოც **მპს**, E-მრუდების მაღალი მგრძობიარობა საშუალებას იძლევა ზუსტად განისაზღვროს ლითონ-ხსნარის საზღვარზე ნაერთთა ადსორბციული მდგომარეობის ზოგიერთი პარამეტრი, რომელთა განსაზღვრაც C, E-მრუდებით არ ხერხდება.

[1, 2]-ში აღწერილ დანადგარზე სხვადასხვა სიხშირეზე ჩატარებულმა გაზომვებმა გამოავლინა, რომ გამოსხივების ინტენსიურობის ზუსტი გაზომვებისათვის აუცილებელია ელექტროქიმიურ სისტემაზე მოდებული ν სიხშირის სიგნალის სისუფთავე და მუდმივი პოტენციალის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის ელექტროდის ზედაპირზე ცვლადი დენის სიგნალის სიდიდის ზუსტი გაზომვის რეალიზაცია.

წარმოდგენილ სამუშაოში მოცემულია, ფართო სიხშირულ დიაპაზონში ($0,5 \div 200$ კჰც), ელექტროდზე გენერირებული მეორე ჰარმონიკის სიგნალის (**მპს**) ზუსტი გაზომვის ექსპერიმენტული მეთოდის შექმნის შედეგები.

ნებისმიერი ქარხნული წარმოების სტანდარტული ცვლადი დენის გენერატორის ძირითადი ν სიხშირის სიგნალს, როგორც წესი, თან სდევს გარკვეული ინტენსიურობის $2\nu, 3\nu, \dots$ ჰარმონიკები, რომლებიც ზოგიერთ შემთხვევაში საკვლევ ობიექტზე გენერირებული ელექტრომაგნიტური სიგნალების თანაზომადია. ამის გამო აუცილებელია სპეციალური სიხშირული ფილტრების გამოყენება, რათა ჩავახშოთ გენერატორის ჰარმონიკები და ზუსტად გავზომოთ ლითონ-ხსნარის საზღვარზე მოდებული ცვლადი პოტენციალის სიდიდე, ვინაიდან ამ უკანასკნელზეა დამოკიდებული ლითონ-ხსნარის საზღვარზე გენერირებული ელექტრომაგნიტური სიგნალის ინტენსიურობა.

ელექტროქიმიურ უჯრედზე მოდებული ცვლადი ძაბვის ვარდნის სიდიდე შეიძლება გამოვსახოთ ტოლობით:

$$V = I \times Z \quad (1)$$

სადაც I უჯრედში გამავალი ცვლადი დენის სიდიდეა, Z-უჯრედის იმპედანსია, ეს უკანასკნელი პირველი მიახლოებით ტოლია:

$$Z = Z_1 + Z_2 \quad (2)$$

აქ Z_1 არის ხსნარის წინააღმდეგობა, რომელიც მცირედ არის დამოკიდებული ცვლადი დენის სიხშირეზე და შეიძლება ჩაითვალოს როგორც აქტიური წინააღმდეგობა; Z_2 არის ლითონ-ხსნარის ფაზათა გამყოფ ზედაპირზე არსებული ორმაგი ელექტრული შრის ტევადობის იმპედანსი

$$Z_2 = \frac{1}{2\pi\nu C}, \quad (3)$$

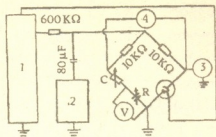
სადაც C ორმაგი შრის ტევადობაა, რომელიც თავისთავად დამოკიდებულია სისტემის შემადგენლობასა და ელექტროდის პოტენციალზე. (1), (2)-დან გამომდინარე:

$$V = IZ_1 + IZ_2 = V_1 + V_2. \quad (4)$$

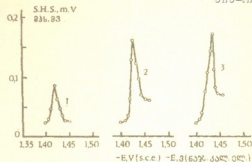
თანახმად (4)-ისა, უჭრედზე მოდებული ცვლადი V ნაწილდება როგორც ხსნარის მოცულობაზე (V_1), ასევე ორმაგ ელექტრულ შრეზე (V_2). სწორედ ორმაგი ელექტრული შრე წარმოადგენს გენერირებული ელექტრომაგნიტური სიგნალის წყაროს და ამდენად მისი შესწავლა სხვადასხვა სიხშირეებზე დაიყვანება, V_2 -ის ზუსტ ექსპერიმენტულ გაზომვაზე. V_2 -ის ექსპერიმენტულად ზუსტი გაზომვა კი შეუძლებელია ორმაგი ელექტრული შრის სისქის სიმცირისა ($\sim 10^{-6}$ სმ) და ამ სისქის ცვლილების გამო აღსორბციული მოვლენების დროს. ν -სა და ელექტროდის პოტენციალის (E) სიდიდის ცვლილებას თან სდევს V_1 -ისა და V_2 -ის თანაფარდობების ცვლილება; ამის გამოც რთულდება V_2 -ის მნიშვნელობის ზუსტი ექსპერიმენტული გაზომვა.

ელექტროქიმიური ექსპერიმენტების პრაქტიკაში მიღებული ტრადიციული მეთოდები არ მოითხოვენ V_2 -ის დიდი სიზუსტით გაზომვას. ასეთი აუცილებლობა დგება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინტენსიურობის ზუსტი გაზომვის დროს, რამაც განაპირობა პოტენციალის გაზომვის ტრადიციული მეთოდების სრულყოფის აუცილებლობა. მუშა ელექტროდსა და დამხმარე ელექტროდს შორის ძაბვის ვარდნის ტრადიციული მეთოდით გაზომვისას მოდებული ცვლადი დენის სიხშირის ზრდასთან ერთად ადგილი აქვს V_1 -სა და V_2 -ს შორის სხვაობის მნიშვნელოვან ზრდას. ეს ზრდა, (3) და (4) განტოლებების გათვალისწინებით, განპირობებული უნდა იყოს ძირითადად V_2 -ის შემცირებით. V_2 -ის შემცირება, თავის მხრივ, იწვევს ელექტრომაგნიტური სიგნალის ინტენსიურობის შემცირებას. ეს სიგნალი C , E -მრუდებზე მაქსიმუმების შესაბამისი პოტენციალების დროს ნულს უახლოვდება.

[1, 2]-ში აღწერილ დანადგარზე სხვადასხვა სიხშირეზე გადაღებული მპს, E -მრუდების შედარებისას აღმოჩნდა, რომ სიხშირის გაზრდით ზედაპირულად აქტიური ორგანული ნაერთის კათოდური აღსორბციულ-დესორბციული პიკი თანდათან ფართოვდება, დაბლდება და ~ 10 მპს-ზე ქრება. ლიტერატურული მონაცემების თანახმად [3, 4] კლასიკური იმპედანსური მეთოდით გადაღებულ ტევადობის მრუდებზე აღსორბცია-დესორბციის პიკები ფიქსირდება 500 მპს-მდე. ცხადია, მპს, E -მრუდების ასეთი ქცევა განპირობებული უნდა იყოს მპს-ის ინტენსიურობის შემცირებით ელექტროდზე მოდებული ცვლადი დენის პოტენცია-



სურ. 1. მკვ, E-მრუდების მიღების ექსპერიმენტული დანადგარის ფუნქციონალური სქემა. 1-პოტენციოსტატი (Π -5848); 2-გენერატორი (Γ6-26); 3-ანალიზატორი (CK4-56); 4-ნულ-ინდიკატორი (Φ-582); R-წინააღმდეგობის წყობილი (R-33); C-ტევადობით წყობილი (SULLIVAN-ის ტიპის).



სურ. 2. ვერცხლისწყლის ელექტროდის მკვ, E-მრუდების კათოდური აღსორბციულ-დესორბციული პიკები ნაჭერი h-შექსანოლის აღსორბციისას 0.1N NaCl-ის წყალხსნარიდან შემდეგ სიხშირეებზე: 1-0.5; 2-10; 3-20 კვც.

ლის შემცირების გამო. დაუმახინჯებელი მკვ, E-მრუდების მიღებისათვის აუცილებელია ელექტროდის ზედაპირზე მიწოდებული ცვლადი დენის პოტენციალის სიდიდის ზუსტი გაზომვა და რეგულირება. ცვლადი დენის პოტენციალის გაზომვებმა ლუგინის კაპილარის მემვეობით და ამ პოტენციალის სიდიდის რეგულირებამ კალომელის ელექტროდის წრედის საშუალებით 0,5÷10 მკვ სიხშირის დიაპაზონში გამოიწვია აღსორბციულ-დესორბციული პიკის სიმაღლის არანორმალური ზრდა (~30-ჯერ). ამის გარდა ლუგინის კაპილარის მუშა ელექტროდთან მდებარეობის ოდნავი ცვლილებაც კი იწვევს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინტენსიურობის მნიშვნელოვან ცვლილებას. ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს, რომ შესაძარებელი ელექტროდის წრედის გამოყენებით ელექტროდზე მოდებული ცვლადი პოტენციალის მნიშვნელობის ზუსტი გაზომვა და რეგულირება შეუძლებელია. ამრიგად, ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მეთოდის გამოყენება სიხშირეების ფართო დიაპაზონში აუცილებელს ხდის ელექტროდზე მოდებული ცვლადი პოტენციალის სიდიდის გაზომვისათვის სხვა სპეციალური მეთოდის გამოყენებას.

ამ მიზნით ჩვენ მიერ პირველად იქნა გამოყენებული ბოგირული მეთოდი. ეს მეთოდი ცვლადი ძაბვის გაზომვის საშუალებას იძლევა შემდეგი გარემოების გამო: როგორც ცნობილია გაზომვების ბოგირული მეთოდი ეყრდნობა წონასწორობის პირობებში ბოგირის დიაგონალზე პოტენციალების ტოლობას. ეს პირობა კი სრულდება მაშინ, როდესაც ბოგირის საკვლევი მხარის იმპედანსის (C,R) ელემენტები ზუსტად შეესაბამებიან გამოზომი მხარის იმპედანსის ელემენტებს. გამომდინარე მათი ეკვივალენტობიდან და (4)-ტოლობის გათვალისწინებით უჯრედის რეაქტიულ შემადგენელზე მოდებული ცვლადი ძაბვის ვარდნა (V₂) ტოლი უნდა იყოს საზომი მხარის რეაქტიულ ელემენტზე მოდებული ძაბვის ვარდნისა (V_x). ჩვენი შემთხვევისათვის ლითონ-ხსნარის გამყოფ ზედაპირზე:

$$V_x = V_2 \tag{5}$$

აქედან V_x ექსპერიმენტულად გაზომვადია.

ზემოთ მოყვანილის საფუძველზე შემუშავებული და აწყობილ იქნა ექსპერიმენტული დანადგარი, რომლის ფუნქციონალური სქემა მოცემულია 1 სურათზე.

მე-2 სურათზე წარმოდგენილია ვერცხლისწყალზე H-ჰექსანოლის ადსორბციის სურათი გადაღებული 1-სურათზე წარმოდგენილ დანადგარზე. როგორც სურათიდან ჩანს, სიხშირის გაზრდით 0,5-დან 10 კჰც-მდე ჰექსანოლის კათოდური ადსორბციულ-დესორბციული პიკის სიმაღლე მატულობს $\sim 2,5$ -ჯერ, ხოლო სიხშირის შემდგომი გაზრდით მცირედ იცვლება, რაც თანხმობაშია იმპედანსური მეთოდით მიღებულ მონაცემებთან [3].

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მიერ გამოყოფილი გრანტით, რისთვისაც ავტორები მადლობას იხდებიან.

რ. აგლაძის სახელობის

არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი.

ლიტერატურა

1. *В. А. Чагелишвили, М. О. Хохашвили, Д. И. Джапаридзе.* Электрoхимия, 23, 12, 1987, 1660-1663.
2. *J. I. Japaridze, M. O. Khokhashvili.* The 40th Meeting of The International Society of Electrochemistry. Kyoto, 1989.
3. *В. И. Мелик-Гайказян.* ЖФХ, 26, 1952, 560-579.
4. *Б. Б. Дамаскин.* ЖФХ, 32, 10, 1958, 2199-2204.



რ. კვარაცხელია, ე. კვარაცხელია

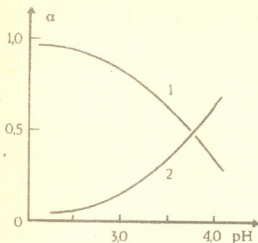
ვოლფრამის მჟავას ვოლტამპერომეტრით წყალხსნარებსა და შებენულ გარემოში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ჯ. ჯაფარიძემ 6.03.1997

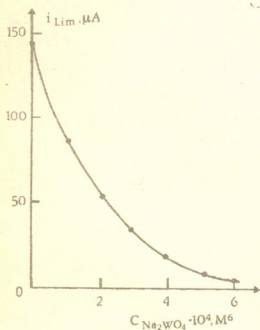
ვოლფრამის მჟავას წყალში დაბალი ხსნადობის გამო მისი თვისებების შესწავლა გარკვეულ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული. ამ მიზნისათვის უფრო გამოსადეგია ვოლტამპერომეტრული კვლევები, რომლებიც საკვლევე ნივთიერების ძალიან მცირე კონცენტრაციებს მოითხოვენ.

გაზომვები ჩვენს სამუშაოში ხორციელდებოდა მბრუნავი დისკის ელექტროდებზე ვოლტამპერომეტრიის მეთოდით მაღალი სისუფთავის მქონე Sb, Cu, Cu-Hg, Ni და Pt-ის გამოყენებით დახურულ უჯრედში სუფთა ჰელიუმის ატმოსფეროში. გაზომვებისადმი ელექტროდების მომზადების მეთოდიკა აღწერილია [1]-ში. ფონის ელექტროლიტი - NaClO_4 ორჯერ იყო გადმოკრისტალიზებული ბიდესტილატიდან და შრებოდა რამდენიმე დღის განმავლობაში 190°C -ზე. სამუშაოში გამოყენებული იყო აგრეთვე ორჯერ გამოხდილი $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{WO}_4$ -ის მისაღებად უჯრედში შეგვყავდა Na_2WO_4 -ისა და H_2SO_4 -ის ზუსტად გაზომილი შესაბამისი რაოდენობები. გამოყენებული ორგანული გამხსნელების - აცეტონის, დიმეთილფორამიდისა და პირიდინის გაწმენდისა და გაუწყლოების მეთოდიკა აღწერილია [2,3]-ში. შედარების ელექტროდად ვიყენებდით კალომელის ნაჯერ ელექტროდს. ყველა გაზომვა შესრულებულია 20°C -ზე.

ყველა გამოყენებული ელექტროდის შემთხვევაში $0,1\text{M NaClO}_4$ -ში, რომელიც H_2WO_4 -ის მცირე რაოდენობებს შეიცავდა, შეიმჩნეოდა კარგად გამოხატული ტალღები, რომელთა $E_{1/2}$ -ის სიდიდეები დამოკიდებულია ელექტროდის ბუნებაზე. ეს სიდიდეები ტოლია - $0,96$ ვ-სა (Sn), - $0,84$ ვ-სა (Cu), - $1,05$ ვ-სა (Cu-Hg), - $0,68$ ვ-სა (Ni) და - $0,54$ ვ-სა (Pt). ყურადღების ღირსია ის გარემოება, რომ აღნიშნული ტალღები განლაგებულია წყალბადის იონთა განმუხტვის უბანში, რაზედაც მეტყველებს $E_{1/2}$ მნიშვნელობათა სიახლოვე $0,1\text{M NaClO}_4$ -ის ხსნარებში, რომლებიც შეიცავენ ერთ შემთხვევაში $0,001\text{N H}_2\text{SO}_4$ -ს და მეორე შემთხვევაში - $0,001\text{M H}_2\text{WO}_4$ -ს (წყალბადის იონთა განმუხტვის პროცესის $E_{1/2}$ -ის სიდიდეები ტოლია - $1,07$ ვ-სა (Sn), - $0,86$ ვ-სა (Cu), - $1,11$ ვ-სა (Cu-Hg), - $0,71$ ვ-სა (Ni) და - $0,50$ ვ-სა (Pt)). მაგრამ წყალბადის იონთა განმუხტვის ტალღების $i_{\text{ლკ}}$ -ის სიდიდეები შესამჩნევად აღემატება ანალოგიურ მნიშვნელობებს H_2WO_4 -ის ხსნარში. ყველა შემთხვევაში ზღვრული დენების სიდიდეები ემორჩილებიან $i_{\text{ლკ}} = \sqrt{w}$ წრფივ დამოკიდებულებას. H_2WO_4 -ის ხსნარში H_2SO_4 -ის მცირე რაოდენობათა დამატება იწვევს ტალღის სიმაღლის თანდათან. "მოამბე", ტ. 156, №1, 1997



სურ. 1. - W(6+)-ის სხვადასხვა ფორმების შემცველობა $10^{-3}M$ H_2WO_4 -ის ხსნარში. 1 - $[H_2WO_4]$; 2 - $[HWO_4^-]$



სურ. 2. - ზღვრული დენის დამოკიდებულება ხსნარში შეტანილი Na_2WO_4 -ის კონცენტრაციისაგან. ელემტროდი - Cu-Hg; 0,1M $NaClO_4$; 0,001M H_2WO_4 ; 1050 ბრ/წთ

$K_a''=2 \cdot 10^{-4}$. პურბეს დიაგრამების დანართში სისტემისათვის W - H_2O [6] წარმოდგენილი მონაცემებიდან გამომდინარეობს, რომ H_2WO_4 -ის სრული დისოციაციის კონსტანტის K_a -ს მნიშვნელობა $0,89 \cdot 10^{-14}$ -ის ტოლია (თუ გავითვალისწინებთ, რომ $K_a = K_a'K_a''$, ნათელია, რომ პურბეს მონაცემები შესამჩნევად განსხვავდება [4,5]-ში წარმოდგენილი სიდიდეებისაგან). ჩვენ მიერ მიღებული K_a' -ს მნიშვნელობიდან (რომელიც ვოლტამპერომეტრული კვლევების პრეციზიულობის

ნობით (დამატებული H_2SO_4 -ის რაოდენობის პროპორციულად) ზრდას; ამ დროს ტალღის ფორმა და $E_{1/2}$ პრაქტიკულად არ იცვლება. ექსპერიმენტული მონაცემების აღწერილი ერთობლიობა მოწმობს იმაზე, რომ ტალღები, რომლებიც შეიმჩნევა H_2WO_4 -ის ხსნარებში ნეიტრალურ ფონებში, შეესაბამებიან წყალბადის იონთა განმუხტვას. როგორც უკვე აღინიშნა, $0,001M$ H_2WO_4 -ის შესაბამისი ტალღის სიმაღლე შესამჩნევად ნაკლებია იმ ტალღის სიმაღლისა, რომელიც შეიმჩნევა $0,001N$ H_2SO_4 -ის შემთხვევაში. ეს ფაქტი მოწმობს წყალბადის იონთა ნაკლებ კონცენტრაციაზე H_2WO_4 -ის ხსნარში, რაც გამოწვეულია, როგორც ჩანს, აღნიშნული მყავების დისოციაციის კონსტანტებს შორის არსებული დიდი განსხვავებით. იმ ტალღის i_{lim} -ის მნიშვნელობა, რომელიც შეიმჩნევა $0,1M$ $NaClO_4$ -ის ხსნარში $0,001M$ H_2WO_4 -ის თანაობისას, ტოლია $0,95 \cdot 10^{-3}$ ა/მ²-სა. ამ სიდიდიდან გამომდინარე, შეიძლება ლევიჩის განტოლების დახმარებით მოცემულ ხსნარში წყალბადის იონთა კონცენტრაციის გათვლა. იგი $3,43 \cdot 10^{-4}M$ -ის ტოლია, რაც მოწმობს ვოლფრამის მყავას არასრულ დისოციაციაზე და გვაძლევს H_2WO_4 -ის K_a' -ს სიდიდის გათვლის საშუალებას. თუ მივიღებთ, რომ $K_a' \gg K_a''$ (რასაც ხშირად აქვს ადგილი მრავალფუძიანი მყავების შემთხვევაში), მაშინ $[HWO_4^-] = [H^+] = 3,43 \cdot 10^{-4}M$. აქედან $[H_2WO_4] = 10^{-3}M - 3,43 \cdot 10^{-4}M = 6,57 \cdot 10^{-4}M$. ამ სიდიდეებიდან მივიღებთ K_a' -ს მნიშვნელობას:

$$K_a' = \frac{[H^+][HWO_4^-]}{[H_2WO_4]} = 1,79 \cdot 10^{-4}$$

საცნობარო ლიტერატურაში [4,5] მოყვანილია H_2WO_4 -ის დისოციაციის კონსტანტების შემდეგი მნიშვნელობები: $K_a'=6,3 \cdot 10^{-3}$;

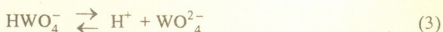
გათვალისწინებით შეიძლება ზუსტ მნიშვნელობად ჩაითვალოს) და პურბეს მიერ მოყვანილი K_a -ს სიდიდიდან გამომდინარეობს, რომ H_2WO_4 -ის K_a'' -ს მნიშვნელობა $4,98 \cdot 10^{-11}$ -ის ტოლია. გამოსახულებების:

$$\alpha_1 = \frac{[H^+]^2}{[H^+]^2 + K_a'[H^+] + K_a'K_a''} \quad (1)$$

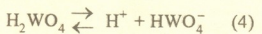
$$\alpha_2 = \frac{K_a'[H^+]}{[H^+]^2 + K_a'[H^+] + K_a'K_a''} \quad (2)$$

დახმარებით ჩვენ მიერ გათვლილია $W(6+)$ -ის სხვადასხვა ფორმების წილები საერთო კონცენტრაციისაგან: $[H_2WO_4] = \alpha_1 C$; $[HWO_4^-] = \alpha_2 C$ ($pH 2,2 - 4$); შედეგები 1 სურათზეა წარმოდგენილი.

H_2WO_4 -ის დისოციაციის კონსტანტების გათვლასთან დაკავშირებით ინტერესს წარმოადგენენ მონაცემები, რომლებიც მიღებულია Na_2WO_4 -ის მცირე რაოდენობების დამატებისას $0,1M NaClO_4$ -ის ხსნარში, რომელიც $0,001M H_2WO_4$ -ს შეიცავს. ეს დანამატები იწვევენ ტალღის სიმაღლის მკვეთრ შემცირებას (სურ. 2), რაც მოწმობს წყალბადის იონთა კონცენტრაციის შემცირებაზე რეაქციის

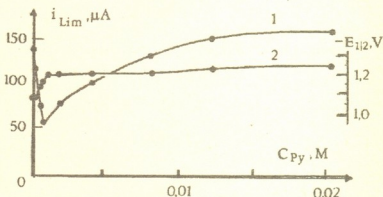


მარჯენიდან მარცხნივ ინტენსიური განხორციელების გამო. $[H^+]$ -ის მნიშვნელობათა ანალიზი (რომლებიც გათვლილია i_{lim} -ის შესაბამისი სიდიდეების დახმარებით) გვიჩვენებს, რომ ადგილი აქვს დამატებული WO_4^{2-} იონების სრულ შთანთქმას: უკვე $(5-6) \cdot 10^{-4} M Na_2WO_4$ -ის დამატებისას ტალღა პრაქტიკულად აღარ წარმოიქმნება. ეს ფაქტები მოწმობენ მასზედ, რომ H_2WO_4 -ის K_a'' -ის მნიშვნელობა ნამდვილად ძალიან დაბალია, რის გამოც რეაქციის (3) წონასწორობა რაოდენობრივად გადახრილი HWO_4^- იონთა მხარეს. ამის გარდა, ამ უკანასკნელთა გაზრდილი კონცენტრაციის გამო რეაქციის:



წონასწორობა აგრეთვე რამდენადმე გადაიხრება მარცხნივ, რაც გამოიწვევს წყალბადის იონთა დამატებით შებოქვას.

H_2WO_4 -ის წყალხსნარისადმი აცეტონისა და დიმეთილფორმამიდის დამატება იწვევს მჟავათა



სურ. 3. - ზღვრული დენისა და ნახევარტალღის პოტენციალის დამოკიდებულება პირიდინის კონცენტრაციისაგან. ელექტროლი - $Cu-Hg$; $0,1M NaClO_4$; $0,001M H_2WO_4$; 1050 ბრ/წთ. 1 - i_{lim} ; 2 - $E_{1/2}$.



ელექტროდგენის პროცესებისათვის დამახასიათებელ მოვლენებს: ტალღის სიმაღლის მკვეთრ შემცირებას და $E_{1/2}$ -ის სიდიდეთა გადახრას უარყოფით მხარეს (უნდა აღინიშნოს, რომ H_2SO_4 -ის ხსნარებში ანალოგიური მოვლენები შეიმჩნევა). აღნიშნული მოვლენები უფრო მკვეთრადაა გამოხატული წყლისა და დიმეთილფორამიდის ნარეველში, რაც მოწმობს ამ უკანასკნელთა სიბლანტის ზრდის ფაქტორის შესაძენე როლზე. გარკვეული მნიშვნელობა (განსაკუთრებით ორგანული გამხსნელების კონცენტრირებულ ხსნარებში) გააჩნია აგრეთვე პროტონის გადასოლვატაციის ფაქტორსაც.

მაღალფუძიანი პირიდინის უკვე ძალიან მცირე ($10^{-4} - 10^{-3}M$) დანამატები იწვევენ $i_{\text{ზღ}}$ -ის სიდიდეთა მკვეთრ შემცირებას, რომელიც გრძელდება $10^{-3}MPy$ -მდე (სურ. 3); ამასთან ერთად ადგილი აქვს $E_{1/2}$ -ის მნიშვნელობათა გადახრას უარყოფით მხარეს. ეს მოვლენები დაკავშირებულია პირიდინის მიერ პროტონთა რაოდენობრივ გადასოლვატაციასთან. H_3O^+ იონთა შემცველობის შემცირების გამო რეაქციის (4) წონასწორობა მარჯვნივ გადაიხრება და წარმოქმნილი პროტონები აგრეთვე რეაგირებენ პირიდინთან, რაც იწვევს $i_{\text{ზღ}}$ -ის მნიშვნელობათა თანდათანობით შემცირებას $10^{-3}MPy$ -მდე (რაც ხსნარში $10^{-3}M H_2WO_4$ -ის არსებობის ფაქტის გათვალისწინებით შეესაბამება მის სრულ დისოციაციას პირველი საფეხურის მიხედვით და მიღებული პროტონების გადასვლას პირიდინიუმის იონთა მდგომარეობაში). პირიდინის უფრო მაღალი შემცველობის პირობებში იწყება $i_{\text{ზღ}}$ -ის სიდიდეთა ზრდა $\sim 0,02MPy$ -მდე, რის შემდეგ ეს სიდიდეები უკვე მცირედ იცვლება (იგივე ითქმის $E_{1/2}$ -ის მნიშვნელობებზე). ეს მოვლენები დაკავშირებულია პირიდინიუმის იონთა კონცენტრაციის თანდათანობით ზრდასთან H_2WO_4 -ის დისოციაციის შედეგად მეორე საფეხურის მიხედვით. მაგრამ H_2WO_4 -ის K_a'' -ს ძალიან დაბალი მნიშვნელობის გამო რეაქციის (3) განხორციელება მარცხნიდან მარჯვნივ გაძნელებულია და ვოლფრამის მჟავას სრული ნეიტრალიზაცია მიიღწევა მხოლოდ პირიდინის შედარებით მაღალი ($\sim 0,02M$) შემცველობის პირობებში (რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს K_a'' -ს დაბალი სიდიდის ფაქტს).

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

რ. აგლაძის სახელობის

არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Р. К. Кварацхелия, Т. Ш. Мачавариани.* Электрохимия, 20, 3, 1984, 303.
2. *Р. К. Кварацхелия, М. Г. Жамиерашвили, Г. Р. Кварацхелия.* Электрохимия, 27, 5, 1991, 582.
3. *Р. К. Кварацхелия, М. Г. Жамиерашвили, Е. Р. Кварацхелия.* Электрохимия, 28, 12, 1992, 1869.
4. *Ю. Ю. Лурье.* Справочник по аналитической химии. М., 1979.
5. *Р. А. Лидин, Л. Л. Андреева, В. А. Молочко.* Справочник по неорганической химии. М., 1987.
6. Справочник химика. Т. III. М. - Л., 1964.



ბ. ნასიძე

დიფერენციაციის მინერალოგიური კრიტერიუმები აჭარა-თრიალეთის ეოცენური ასაკის ვულკანოგენ ქანებში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ზარიძემ 7.02.1997

აჭარა-თრიალეთის ეოცენური ვულკანოგენი ქანების ქიმიური ანალიზის მოცემებით დადგინდა, რომ რკინით ყველაზე მეტად გამდიდრებულია ადიგენის ვულკანოგენი ბრექჩიები და აჭარის ძარღვული ქანები (საშუალოდ 75,80%) ხოლო ნაკლებად რკინიანია ბორჯომის რაიონის ძარღვები და გურიის რეგიონის შუაეოცენური ბრექჩიები (საშუალოდ 58,00%). ქანგვის კოეფიციენტი

$\frac{Fe^{3+}}{Fe^{2+} + Fe^{3+}}$ საგრძობლად მერყეობს – მესხეთის შუაეოცენური ბრექჩიების ძარღვებში საშუალოდ ტოლია 41,22%-ის, ხოლო ადიგენის წყების ბრექჩიებში 90% აღწევს. ზოგადად, ქანები მეტად არიან დაჟანგული, ვიდრე მისი ამგები მუქი მომინერალები, რომელთა გამოკრისტალდება მიმდინარეობდა ძირითადად დიდ სიღრმეებზე – ინტრატელურულ სტადიაზე, ე. ი. უჟანგბადო ზონაში, მაშინ როცა ვულკანოგენი ქანების საბოლოო ჩამოყალიბება ხდებოდა დედამიწის ზედაპირზე, ან მასთან ახლოს. ელემენტებს MgO , ΣFeO და CaO (100%-ზე გადაანგარიშებით) შორის ორი უკანასკნელი დაახლოებით ტოლია და ყოველთვის მეტია MgO -ზე, რომლის შემცველობა მერყეობს 16,62-დან 28,46%-მდე, ხოლო ქანების გამ-

ყარების კოეფიციენტი $\left(\frac{MgO}{FeO + Fe_2O_3 + MgO + Na_2O + K_2O} \right)$, პიროქსენების და ამფიბოლების ანალოგიურ მონაცემებთან შედარებით, საგრძობლად ნაკლებია. რაც

შეეხება ტუტიანობას $\left(\frac{Na_2O + K_2O}{SiO_2} \right)$, იგი ფართო ფარგლებში მერყეობს – რეგიონის აღმოსავლეთი ნაწილის შუაეოცენურ ბრექჩიებში იგი ტოლია 0,018, ხოლო გურიის შუაეოცენურ ბრექჩიებში კი 0,128 აღწევს. შეიმჩნევა ტუტიანობის მერყეობა ფაციესების მიხედვით, მაგალითად, მესხეთის შუაეოცენურ ბრექჩიებში იგი ტოლია 0,075. ხოლო მათ მომყოლ აწყურის წყების ქანებში კი ტოლია 0,11.

რეგიონის ვულკანოგენი ქანების ე. წ. „ტუტიანობის მარტივი შეფარდების“

კოეფიციენტის $\left(\sigma = \frac{1+x}{1-x}, \text{ სადაც } X = \frac{Na_2O + K_2O}{Al_2O_3 + CaO} \right)$ [1] და კაჟმიწიანობის საფუძველზე ჩვენ შევეცადეთ შეგვესწავლა რეგიონში გავრცელებული ვულკანოგენი ქანების შემადგენლობის ცვალებადობა როგორც ქრილში, ასევე ლატერალურად მთელ ფართზე. მიღებული შედეგების საფუძველზე დგინდება, რომ აჭა-



ქართული
საბჭოთაო
აკადემია

რის რეგიონის ვულკანური ბრექჩიები და მათი ძარღვული ქანები, გურიის რეგიონის ანალოგიურ ქანებთან შედარებით, ხასიათდებიან ბაზალტების შედარებით დაბალი ტუტიანობით, ხოლო ამავე მახასიათებლებით აჭარის ლავურ განფენებს გარდამავალი ადგილი უკავიათ. რაც შეეხება რეგიონის ცენტრალური ნაწილის ქანებს, ისინი წარმოადგენენ დიფერენციაციის რიგს პალეოცენ-ქვედაეოცენური (ვამლოვანის) სილის, ბორჯომის რაიონის შუაეოცენური ბრექჩიების და მესხეთის შუაეოცენური ბრექჩიების და ლავური განფენების ბაზალტებიდან, მესხეთის ვულკანოგენი ბრექჩიების გამკვეთი ძარღვების და აწყურის წყების ანდეზიტბაზალტებამდე. დიფერენციაციის რიგს ამთავრებს ადიგენის წყების ვულკანოგენი ბრექჩიები, რომლებიც წარმოდგენილნი არიან ტუტე ასოციაციის ქანებით.

ქანების შემადგენლობის ცვალებადობის დეტალურად შესწავლის მიზნით დამატებით გამოვიყენეთ მარტივი თანაფარდობა ვულკანოგენი ქანების ტუტიანობასა და მჟავიანობას შორის ($(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$) მაკდონალდ-კაცურას მიხედვით [2]. დადგინდა, რომ რეგიონის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილის ქანები წარმოდგენილნი არიან ტუტე-ბაზალტებით, ხოლო რეგიონის აღმოსავლეთი ნაწილის ქანები კი დაბალტუტიანი, მაღალთიხამიწიანი და ტოლეიტური ბაზალტებით. ბორჯომის რაიონის ვულკანოგენი ქანები ძირითადად ტუტე ბაზალტებითაა წარმოდგენილი, მაგრამ გვხვდება ასევე მაღალთიხამიწიანი და ტოლეიტური ბაზალტები. რაც შეეხება მესხეთის ვულკანოგენ ქანებს, ლავური განფენების და ადიგენის წყების ცალკეული წარმონაქმნების გარდა, რომლებიც ძირითადად მაღალთიხამიწიანი ბაზალტებითაა წარმოდგენილი, გვაქვს ტუტე ქანები. გურიის რეგიონის ვულკანოგენი ქანები წარმოდგენილი არიან ძირითადად ტუტე სერიებით. ამ ჯგუფის ქანებს ნაწილობრივ მიეკუთვნებიან აჭარის რიგის წარმონაქმნები, რომელთა ძირითადი ნაწილი მაღალთიხამიწიანი და ტოლეიტური სახესხვაობებით არიან წარმოდგენილნი.

ამრიგად, რეგიონის აღმოსავლეთი და ჩრდილო-დასავლეთი ნაწილის ვულკანოგენი ქანები (ჩრდილო გურიის ჩათვლით) წარმოადგენენ ტოლეიტებიდან ტუტე ბაზალტებამდე დიფერენციაციის რიგის კიდურ წევრებს, ხოლო რეგიონის ცენტრალური ნაწილის, აჭარის და ნაწილობრივ გურიის ვულკანოგენი წარმონაქმნები კი აღნიშნული რიგის გარდამავალ წევრებს.

ვულკანოგენ ქანთა სრული დიფერენციაციის რიგის ბუნებაში დაფიქსირება გაძნელებულია [1], ამიტომ ზემოთ მოყვანილი მასალა აჭარა-თრიალეთის ეოცენური ვულკანოგენი ქანების დიფერენციაციასთან დაკავშირებული საკითხების განხილვის დროს გარკვეულ ყურადღებას იმსახურებს. ქვემოთ მოყვანილი მასალა კი აღნიშნული ქანების დიფერენციაციის შესაძლო მინერალოგიური კრიტერიუმების განხილვას შეეხება. ამ თვალსაზრისით აღნიშნული ქანების დიფერენციაცია შეიძლება ნაწილობრივ ახსნილ იქნეს როგორც პირველადი მაგმის გაყოფით ორ შეურეველ ხსნარად (ლიკვაცია), ან განსხვავებული შედგენილობის და ტემპერატურის ორი მაგმის შერევით (ჰიბრიდიზაცია), ან კიდევ გვერდითი ქანების ასიმილაციის შედეგად, და ბოლოს, კრისტალიზაციური დიფერენციაციით.

ლიკვაციის შემთხვევაში, როდესაც გვაქვს ორი შეურეველი ხსნარი, მათი გამოკრისტალების პროდუქტები მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და გან-

ლაგებული არიან ერთმანეთის ახლოს. აღნიშნული რეგიონის ამგებ ქანებში მინერალოგია პროცესი არ შეიმჩნევა. რაც შეეხება ჰიბრიდიზაციას, ის იძლევა ქანებს, რომლებიც არსებითად განსხვავდებიან საწყისი პროდუქტებისაგან. ჰიბრიდიზაცია დამოკიდებულია ორი განსხვავებული შედგენილობის და ტემპერატურის მქონე მაგმის შერევაზე დროის შედარებით მცირე მონაკვეთში გეოლოგიური გაგებით, მანამდე სანამ თითოეული მათგანი მთლიანად გამოკრისტალდებოდა. ჩვენს შემთხვევაში ჰიბრიდიზაცია შესაძლებელია მომხდარიყო შუა ეოცენურ დროში, რაზეც მიუთითებს აჭარა-თრიალეთის ვულკანოგენებში პიროქსენების ზონალური კრისტალების არსებობა. მკვლევართა აზრით [3], როდესაც იწყება მინერალების გამოკრისტალება უფრო მაღალი ტემპერატურის და განსხვავებული შედგენილობის მქონე მაგმის ახალი ულუფის შერევის შემთხვევაში, იცვლება სისტემის ტემპერატურული რეჟიმი და შემადგენლობა, ე. ი. მინერალწარმოქმნის თერმოდინამიკური პირობები, რაც იწვევს ფენოკრისტალების ნაწილობრივ გახსნას. მაგმის შემდგომი გაცივების შემთხვევაში ჩერდება კრისტალების რეზორბცია და იწყება განსხვავებული შედგენილობის პიროქსენების კრისტალიზაცია. ამრიგად, კრისტალთა ზონალობა არის მდნარის ქიმიური შედგენილობის და მინერალწარმოქმნის თერმოდინამიკური პირობების ცვალებადობის შედეგი.

ასიმილაციის მოვლენის შემთხვევაში მაგმას შეუძლია ნაწილობრივ, ან მთლიანად გააღლოს შემცველი ქანი, რომლის ღირებულების ტემპერატურული ინტერვალი ნაწილობრივ ან მთლიანად უფრო დაბალია მდნარის გამოკრისტალების ტემპერატურაზე. დედამიწის ქერქის ზედა ჰორიზონტებში, სადაც შესაძლებელია ადგილობრივი ღირებულება, ასიმილაცია მნიშვნელოვან როლს არ თამაშობს. ასიმილაციის პროცესებში მთავარი როლი ენიჭება ანატექსის და დედამიწის ქერქის შედარებით ღრმა დონეების შესაძლო ასიმილაციას. ტემპერატურის მომატებით რეგიონის აღმოსავლეთი ნაწილის ვულკანოგენებში საგრძნობლად მატულობს ალუმინის რაოდენობა, რაც, ალბათ, გვერდითი ქანებიდან მისი გამოღობით უნდა აიხსნას. ანალოგიური სურათი გვაქვს ძარღვული ქანების პიროქსენების შემთხვევაშიც.

ბაზალტური მაგმის გაცივების პროცესში პირველად წარმოქმნილი კრისტალები წარმოადგენენ შედარებით მაღალტემპერატურულ კომპონენტებს, რომელთა შემადგენლობა შეესაბამება იმ მაგმის შემადგენლობას, საიდანაც წარმოიშვნენ. ამრიგად, პირველადი კრისტალების მდნარიდან გამოცალკეება დაძირვის ან ატივტივების შედეგად საგრძნობლად ცვლის მდნარის საერთო შედგენილობას და, შესაბამისად, მიეყვართ მაგმის დიფერენციაციამდე. აჭარა-თრიალეთის მაგალითზე კრისტალიზაციური დიფერენციაცია ძირითადად იწვევს მდნარის მჟავიანობის ეტაპობრივ გაზრდას.

ამრიგად, აჭარა-თრიალეთის პალეოგენური ვულკანოგენი ქანების მომცემი საწყისი მაგმის დიფერენციაცია უნდა განვიხილოთ კომპლექსურად, ყველა შესაძლო მოვლენის გათვალისწინებით, რომლებიც შეიძლება არსებობდნენ როგორც სიღრმული, ასევე მაგმის დედამიწის ზედაპირზე ამონთხევის, ან გადაადგილების პროცესში, ქანის საბოლოოდ ჩამოყალიბებამდე.

მდნარი, რომელიც შეიცავს „ატივტივებულ“ მყარ ნაწილაკებს (კრისტალებს) და ამომყვანი ყელის კედლებს შორის მოძრავ ხსნარს, მისწრაფვის ნაწილაკების ნაკადის ცენტრალურ ნაწილში კონცენტრაციისაკენ. ეს ეფექტი დამოკიდებულია



მდნარის გადაადგილების სიჩქარესა, სიბლანტესა და შეფარდებით სიმკვრივეზე, ნაწილაკების სიდიდესა და კონცენტრაციაზე, ნაპრალის ზომებზე და სხვა [1]. საკვლევი რეგიონის შრისმაგვარ ძარღვებში (ვაშლოვანის სილი) ზემოაღნიშნულის საფუძველზე, პიროქსენების რაოდენობა მცირდება ცენტრიდან პერიფერიისაკენ. ამავე სხეულში, რომელსაც ახასიათებს ზედა და ქვედა წრთობის ენდოკონტაქტები, მიკროსკოპის დახმარებით ნათლად შეიმჩნევა შემადგენლობის თანდათან ცვალებადობა — სხეულის ქვედა და ზედა ნაწილების ძნელად ლღვადი მინერალები სხვადასხვა დონეებზე იცვლებიან შედარებით დაბალტემპერატურული პარაგენეზისებით. მიუხედავად იმისა, რომ სილის ქვედა და ზედა კონტაქტებს შორის მდნარის გაცივების და კრისტალიზაციის ხარისხი დაახლოებით ერთნაირი უნდა ყოფილიყო, მათი მინერალოგიური შემადგენლობა განსხვავებულია, რაც იმითაა გამოწვეული, რომ დაკრისტალბული მასალა მაგმა-მყარი ქანის გამყოფ ზედა ნაწილიდან შეიძლებოდა სწრაფად ჩაძირულიყო მდნარში პოლიკრისტალური აგრეგატების სახით, რომლებიც გამდიდრებულნი იყვნენ მძიმე ფრაქციით. რაც შეეხება ლავურ ნაკადებს, მათში ქანად წარმოქმნა მიმდინარეობს საკმაოდ სწრაფად, რის გამოც განფენის შიგა დიფერენციაცია ნაკლებადაა გამოხატული.

ძარღვის ზალბანდებში რქატყუარის წარმოქმნა და თიხური ფაზის გაზრდა, რომელსაც თან სდევს ალბიტოზაციის, გაკვარცების და კარბონატიზაციის პროცესები, წყლის მაღალი პარციალური წნევიანი გარემოს და დახურული ფიზიკურ-ქიმიური სისტემის მაჩვენებელია. საწინააღმდეგო სურათის შემთხვევაში, როდესაც ძარღვის ზალბანდებში გაზრდილია თიხური ფაზა და მუქი მინერალები წარმოდგენილია პიროქსენებით, ხოლო ამფიბოლი კი ძარღვის შუა ნაწილში გვხვდება, გადამწყვეტი როლი ენიჭება მდნარის გადაადგილების სისწრაფეს. ნაპრალში მდნარის სწრაფი გადაადგილების შედეგად ზალბანდებში გვაქვს წრთობის მოვლენები, რის შედეგადაც ძარღვის შიგა ნაწილები წყლით გაჭერებულ დახურულ სისტემას წარმოადგენს და გვაქვს ამფიბოლი. მდნარის შედარებით არასწრაფი გადაადგილების დროს დედამიწის ზედაპირზე ამოუსვლელად გვერდითი ქანი ასრულებს ეკრანის როლს და ზემოთ აღწერილი პროცესი ვითარდება, როდესაც ამფიბოლი გვხვდება ძარღვის ზალბანდში. რაც შეეხება პიროქსენების შემადგენლობას და სტრუქტურას, იქ სადაც მდნარი სწრაფად ცივდება, წარმოიქმნება ე. წ. წრთობის ზონა და წარმოიქმნება ორპიროქსენიანი ასოციაცია, ხოლო იქ სადაც ადგილი აქვს მდნარის შედარებით არასწრაფ გაცივებას, ვითარდება მონოპიროქსენიანი სახესხვაობები.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ა. ჯანელიძის სახ. გეოლოგიური ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Ч. Хьджес. Петрология изверженных пород. М., 1988, 320.
2. Г. С. Закариадзе, М. Б. Лордкипанидзе. ГИН АН ГССР, новая серия, 44, 1974, 99-III.
3. Г. В. Ревердато, В. Ф. Остапенко. Докл. АН СССР. 263, 2, 1982, 426-430.

პ. ბავხარია, ბ. სამარაშულიანი, ნ. მაჩიტაძე

ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა ბოლნისის რაიონის ნიადგაბში მძიმე ლითონების ბანაწილებაზე

წარმოდგინა აკადემიკოსმა თ. ანდრონიკაშვილმა 7.03.1997

მძიმე ლითონები წარმოდგენს გარემოს დაბინძურების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორს [1]. მრეწველობის ინტენსივობის ზრდასთან ერთად ეს პრობლემა სულ უფრო მეტ აქტუალობას იძენს. ამ მხრივ ბოლნისის რაიონი ერთ-ერთი თვალსაჩინო მაგალითია.

წარმოდგენს რა მცირე კავკასიონის მეტალოგენური პროვინციის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილს, ბოლნისის რაიონი მნიშვნელოვანი სამათამდნო რეგიონია [2]. აქ არსებულ სხვადასხვა ტიპის საბადოებს შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია მადნეულის ბარიტ-პოლიმეტალური საბადო, რომლის ბაზაზეც ფუნქციონირებს მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატი.

ჩვენს მიერ გამოკვლეულია ბოლნისის რაიონის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, რომლებიც განლაგებულია მდინარეების: მამავერასა და ფოლადაურის ხეობებში, მდ. ხრამის შესართავამდე.

ნიადაგის ნიმუშების აღება, სინჯების დამუშავება და საანალიზოდ მომზადება განხორციელებულია სტანდარტული წესით, მიღებული მეთოდების მიხედვით [3]. ლითონები: Cu, Zn, Ni, Pb, Cr და Mn განსაზღვრულია ატომურ-აბსორბციული მეთოდით [4], მიღებული ფაქტობრივი მონაცემები დამუშავებულია გეოქიმიკში ცნობილი მათემატიკური სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით [5].

რეგიონის ნიადაგებში მძიმე ლითონების კონცენტრაციის გაზრდას ხელს უწყობს რამდენიმე ანთროპოგენური ფაქტორი. მათგან ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის ჩამდინარე წყლები და „კულსაცავებიდან“ და საყარებიდან დაწრეტილი ნაკადები, რომლებიც მდ. კაზრეთულისთან ერთად ერთიან მამავერას კაზრეთის მახლობლად. როგორც ცხრილი 3-დან ჩანს, სპილენძისა და თუთიის შემცველობა მდინარის წყლებში მაღალია. ლითონებით გამდიდრებული წყლები მამავერას სარწყავი სისტემის მეშვეობით ხვდება ნიადაგში.

ნიადაგების დაბინძურება მძიმე ლითონებით შესაძლებელია ეოლური გზითაც, საკითხის გამოკვლევა დაგეგმილი გვაქვს მომავალში.

ანალიზური მონაცემების სტატისტიკური ანალიზი ცხადყოფს, რომ ნიადაგში მანგანუმის, ქრომის, ნიკელისა და ტყვიის განაწილება ემორჩილება განაწილების ნორმალურ კანონს: მოდა (M) და საშუალო არითმეტიკული (X) ახლოა ერთმანეთთან. (ცხრ. 1, სურ. 1).

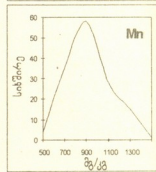
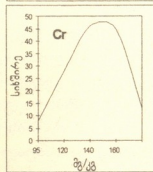
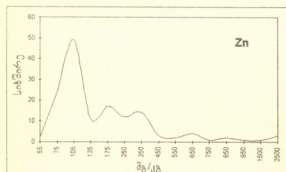
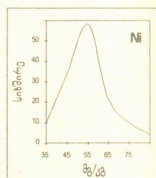
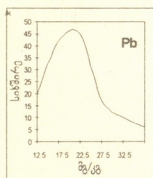
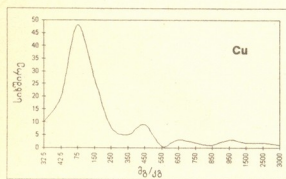
მოდალური კონცენტრაცია პრაქტიკულად წარმოდგენს ფონს.

მძიმე ლითონების შემცველობა ნიადაგებში

ელემენტი	სინჯების რაოდენობა	მგ/კგ			
		მინ. – მაქს.	X	M	კლარკი
Mn	139	625 – 1550	941	900	850
Cr	„	92 – 190	145	150	200
Zn	„	55 – 2250	219	105	50
Ni	„	30 – 90	57	55	40
Cu	„	35 – 3650	247	75	20
Pb	„	12 – 41	22,5	21,5	10

რეგიონის ნიადაგებში საკმაოდ ხშირია თუთიისა და სპილენძის ანომალური კონცენტრაციები, ამის გამო განაწილების მრუდებს აქვს ასიმეტრიული ფორმა და მოდა არ შეესაბამება ფონს.

ფონური კონცენტრაცია გამოითვლება მხოლოდ იმ მონაცემების მიხედვით, სადაც არ აღინიშნა ანომალური კონცენტრაციები. ამ მონაცემების მიხედვით სპილენძისა და თუთიის მორალური კონცენტრაციები შესაბამისად უდრის 55 და 100 მგ/კგ. ე. წ. ფონური უბნები, რომლებსაც არ განუცდიათ ანთროპოგენური ზემოქ-



სურ. 1. ლითონების სტატისტიკური განაწილების მრუდები

მედება, განლაგებულია მდ. ფოლადაურის ხეობაში (ქვემო ბოლნისი, ხატიროფელი), ასევე მდ. მამავერას ნაპირას, ჰიფსომეტრულად შედარებით მაღლა (ქვემო, მუშევანი, ბალიჭი), ისინი მდებარეობენ ქარისაგან დაცულ და მამავერას სარწყავი სისტემიდან დაცილებულ ადგილებში.

კლარკსა და ფონურ კონცენტრაციას შორის სხვაობა (ცხრ. 1) გამოწვეულია რეგიონის გეოლოგიური თავისებურებებით და ამიტომ ჩვენს მიერ გამოთვლილი ფონური კონცენტრაციები წარმოადგენს ადგილობრივ (ლოკალურ) ფონს.

მძიმე ლითონების მაქსიმალური შემცველობები დაფიქსირებულია სოფ. რატეანში, ვენახისა და ხეხილის ნარგავების ნიადაგებში, მდ. მამავერას მარჯვენა ნაპირზე. (სურ. 1, 2, 3). ამ ფართობებზე სპილენძის შემცველობა 65 – 3650 მგ/კგ-ია, საშუალოდ – 595,6 მგ/კგ, თუთიისა 70 – 2250 მგ/კგ, საშუალოდ – 443,3 მგ/კგ, ტყვიის – 17 – 34, საშუალოდ 29,9 მგ/კგ.

გამოკვლეულ ტერიტორიაზე სპილენძის, თუთიისა და ტყვიის მაღალი შემცველობები (Cu და Zn 200 – 500 და Pb 30 – 41 მგ/კგ) აღნიშნულია სოფ. ფაზრალოსთან, კიანეთთან, სავანეთთან. ტყვიის შემცველობა ნიადაგში უმნიშვნელოდ არის გაზრდილი და ძირითადად მისი დაგროვება ავტოტრანსპორტთან უნდა იყოს დაკავშირებული, ვინაიდან კომბინატის ჩამდინარე წყლებში მისი შემცველობა მცირეა.

ნიადაგის სიღრმულ პროფილში ლითონების განაწილების შესწავლა გვიჩვენებს, რომ Cu და Zn განაწილებას ზედაპირულ-აკუმულაციური ხასიათი აქვს (ცხრილი 2), რაც მიუთითებს დაგროვების ტექნოგენურ ხასიათზე. პროფილების ქვედა ჰორიზონტებში შემცველობები მკვეთრად მცირდება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნიადაგებში Cu და Zn-შორის კორელაცია მჭიდროა $r = +0,88$, ხოლო Pb/Cu და Pb/Zn კორელაციის კოეფიციენტები შესაბამისად უდრის $+0,29$ და $+0,31$. ტყვიის აკუმულაციას ზედაპირული ხასიათი არა აქვს. ცხრ. 2-ის მიხედვით კორელაციის კოეფიციენტები უდრის: Cu/Zn $r = 0,82$ Cu/Pb $r = -0,09$, Zn/Pb $r = -0,04$. ტყვია დაკავშირებულია ავტოტრანსპორტთან და

ც ხ რ ი ლ ი 2

ლითონების განაწილება ნიადაგის პროფილში

ჰორიზონტი სმ	სინჯების რაოდენობა	მგ/კგ					
		Mn	Cr	Zn	Ni	Cu	Pb
0 – 20	20	967	151	116	55	155	21,5
20 – 40	20	960	146	104	59	71	21,0
40 – 60	20	955	148	95	59	55	23,2
60 – 80	17	1050	155	90	61	47	21,7
80 – 100	9	930	160	86	62	48	20,4



სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის გამოყენებასთან, ამიტომ სპილენძსა და თუთიასთან მისი უარყოფითი კორელაცია მიუთითებს მათი დაგროვების განსხვავებულ წყაროებზე.

ეს ელემენტები, მაღალი სორბციული უნარის გამო, ძირითადად შეტივნარებულ ფორმით მიგრირებენ და ფსკერულ ნალექებში აკუმულირდებიან [6]. ამის

ცხრილი 3

ლითონების ექსტრემალური შემცველობები მდინარეების წყლებში

ნიმუშების ადგილი, თარიღი	სინჯების რაოდენობა	მკგ/ლ		
		Cu	Zn	Pb
კაზრეთულა, 10.1993	2	1212-8125	126-309	18-30
მაშავერა, 10.1993	6	22-4550	23-240	0,2-17
მაშავერა, 05.1996	5	32-7654	45-5110	0,2-11
ფოლადაური, 10.1993	3	4,8-84	8-26	0-17

გამო, მდინარის გაყოლებით, ალუვიურ ნიადაგებში მათი შემცველობა მაღალია.

მხედველობაში უნდა მივიღოთ კიდევ ერთი ფაქტორი: მდინეულის სამთოგამამდიდრებელი კომბინატიდან გამომჟღავნებული პროდუქციის ტრანსპორტირება წარმოებს რკინიგზით. ხშირად ვაგონების ტექნიკური გაუმართაობის გამო, ეს მასალა (ძირითადად პირიტი და ქალკოპირიტი) იფანტება რკინიგზის გაყოლებით. ჰაერისა და წყლის გავლენით ისინი იჟანგებიან, ლითონები ხსნად მდგომარეობაში გადადიან და გრუნტის წყლებთან ერთად ნიადაგში ეონავენ.

ყველა ეს მიზეზი განაპირობებს მდინარის გასწვრივ განლაგებულ ნიადაგებში ლითონების შემცველობის გადიდებას და, მათ შორის, კორელაციის ხასიათიც მიუთითებს ტექნოგენეზის წყაროებზე.

სტატიის მომზადებაში გაწეული დახმარებისა და კონსულტაციისათვის მაღლობას ვუხდით ბატონ გურამ სუპატაშვილს, პროფესორს, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორს.

საქ. მეცნიერებათა აკადემია

ა. ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიური ინსტიტუტი

ი. ჭავჭავაძის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Н. В. Глазовская*. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М., 1988.
2. *Ю. И. Назаров*. Особенности формирования месторождений медноколчеданной формаций Южной Грузии. М., 1966.
3. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв. М., 1983.
4. *И. Ф. Столярова, Н. П. Филатова*. Атомно-абсорбционная спектрометрия при анализе минерального сырья. Л., 1981.
5. *Н. Т. Shacklette, J. G. Boerngen*. Element Concentrations in Soils and Other Surficial Materials of the Conterminous United States. U. S. Geological Survey Professional Paper 1270, 1984.
6. *Г. Д. Супагашвили, И. А. Шарова, Н. С. Голиадзе*. Лит. и полезн. ископаемые, 6, 1977, 99-104.



6. ვაზაიძე

ბრტყელი ოვალ-წიბოვანი ოვალ კალიბრთა სისტემის კვლევა

წარმოდგინა აკადემიკოსმა ი. ფორდანიამ 24.03.1997

უწყვეტ წვრილსორტულ დგანებზე გლინვისას ოვალ-წიბოვანი ოვალ კალიბრთა სისტემის ნაცვლად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს კალიბრთა ახალი სისტემა ბრტყელი ოვალ-წიბოვანი ოვალ, რომელიც უწყვეტი დგანების შუალედურ გაღებში არანაკლებ ეფექტურ შედეგს იძლევა.

განვიხილოთ ბრტყელი ოვალური ზოლის გლინვა წიბოვან ოვალურ კალიბრში (სურათი).

ბრტყელი ოვალური ზოლისა და წიბოვანი ოვალური კალიბრის განივი კვეთის ფართი ტოლია [1-3]:

$$\omega_0 = b_0 h_0 \left(1 - 0,215 \frac{h_0}{b_0} \right), \quad (1)$$

$$\omega_1 = \frac{\pi}{4} h_1 b_1, \quad (2)$$

სადაც b_0 და h_0 შესაბამისად არის ბრტყელი ოვალური ზოლის სიმაღლე და სიგანე; h_1 და b_1 - წიბოვანი ოვალური კალიბრის სიმაღლე და სიგანე.

წიბოვანი ოვალური კალიბრის ქეშმარიტი შევსების ხარისხი ტოლია:

$$\delta = \frac{\omega_1}{\omega_0} = \frac{\omega_1}{\lambda \omega_0}, \quad (3)$$

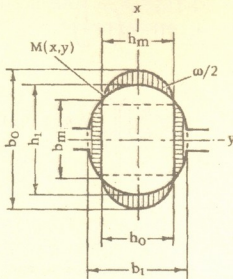
$$\delta = \frac{\pi}{\pi \lambda} \cdot \frac{h_0 b_0}{h_1 b_1} \left(1 - 0,215 \frac{h_0}{b_0} \right), \quad (4)$$

სადაც ω_1 არის გაგლინვის შემდეგ მიღებული წიბოვანი ოვალური ზოლის განივი კვეთის ფართი; λ - გამოჭიმვის კოეფიციენტი წიბოვან ოვალურ კალიბრში.

გაგლინვის შედეგად ზოლის გადანაცვლებული განივი კვეთის ფართი ტოლია:

$$\omega = 2(\omega' - \omega''), \quad (5)$$

სადაც ω' და ω'' შესაბამისად არის ბრტყელი ოვალური ზოლისა და წიბოვანი ოვალური კალიბრის სეგმენტის ფართი. მაშინ მივიღებთ (სურათი):



სურ. ბრტყელი ოვალური ზოლის გლინვის სქემა წიბოვან ოვალურ კალიბრში.

$$\omega = 2 \left\{ \frac{1}{2} \left[\frac{h_0}{2} \sqrt{h_0^2 + \frac{16}{3} \left(\frac{b_0 - b_m}{2} \right)^2} - h_0 \left(\frac{h_0}{2} - \frac{b_0 - b_m}{2} \right) \right] - \frac{h_1}{4} \arccos \frac{2x}{h_1} + xy \right\}. \quad (6)$$

ბრტყელი ოვალური ზოლის წიბოვან ოვალურ კალიბრთან გადაკვეთის $M(X, Y)$ წერტილის კოორდინატების განსასაზღვრავად საჭიროა ბრტყელი ოვალური ზოლისა და წიბოვანი ოვალური კალიბრის (ელიფსის) განტოლებათა სისტემის ამოხსნა:

$$\left. \begin{aligned} y &= \frac{h_m}{2} = \frac{h_0}{2}, \\ \frac{x^2}{\left(\frac{h_1}{2}\right)^2} + \frac{y^2}{\left(\frac{b_1}{2}\right)^2} &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

ამ განტოლებათა სისტემის ამოხსნის შემდეგ მივიღებთ:

$$x_m = \frac{b_m}{2} = \frac{h_1}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{h_0}{b_1}\right)^2}. \quad (8)$$

მაშინ გადანაცვლებული ფართი ტოლი იქნება:

$$\omega = \frac{h_0}{2} \left[\sqrt{h_0^2 + \frac{4}{3} (b_0 - b_m)^2} - h_0 + b_0 - b_m \right] - \frac{h_1}{2} \left[\frac{1}{2} \arccos \sqrt{1 - \left(\frac{h_0}{b_1}\right)^2} - \frac{h_0}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{h_0}{b_1}\right)^2} \right]. \quad (9)$$

წიბოვანი ოვალური კალიბრის მთლიანი შეესების შემთხვევაში წიბოვანი ოვალური ზოლის განივი კვეთის ფართი გაუტოლდება წიბოვანი კალიბრის ფართს,

ე. ი. ტოლი იქნება $\frac{\pi}{4} h_1 b_1$ -ის.

მაშინ დეფორმაციის ეფექტურობის კოეფიციენტი [3] განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$k_{\text{ფ}} = (1 - \lambda) \left(1 - \frac{1}{u} \right) \quad (10)$$

ან

$$k_{\text{ფ}} = \left(1 - \frac{4b_0 h_0 \left(1 - 0,215 \frac{h_0}{b_0} \right)}{\pi h_1 b_1} \right) \left(1 - \frac{b_0 h_0 \left(1 - 0,215 \frac{h_0}{b_0} \right)}{a} \right). \quad (11)$$

რეკომენდებული გლინვის სქემა – წიბოზე ბრტყელი ოვალის გლინვა წიბო-
 ვან ოვალურ კალიბრში, ოვალი-წრე კალიბრთა სისტემასთან ერთად ქმნის კა-
 ლიბრთა სისტემის ახალ ჯგუფს [4], რომლის გამოყენება შეიძლება თანამედრო-
 ვე უწყვეტ წვრილსორტულ და მავთულსაგლინავ დგანებზე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Н. В. Литовченко*. Калибровка профилей и прокатных валков. М., 1990.
2. *Б. П. Бахтинов, М. М. Штернов*. Калибровка прокатных валков. М., 1953.
3. *И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев*. Справочник по математике. М., 1962.
4. *ნ. ვაშაკიძე, ა. ვაშაკიძე*. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, **151**, 2, 1995, 267-273.



ა. ხვალაბიანი

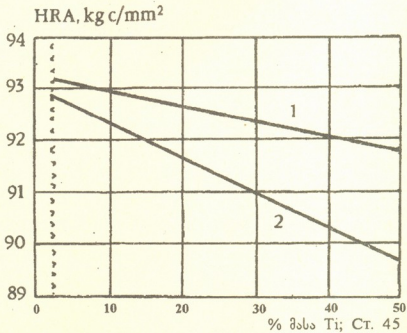
თვითბავრცელეპალი მაღალტემპერატურული სინთეზის მეთოდით მიღებული კომპოზიციური მასალების სისალე

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ცაგარეიშვილმა 3.07.1997

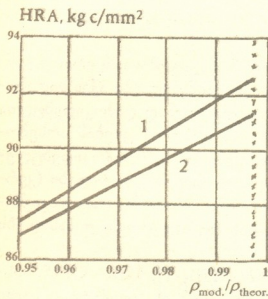
სალი შენადნობების სისალე სიმტკიცესა და თერმომდეგობასთან ერთად განსაზღვრავს მათი გამოყენების სფეროს, ამიტომ დიდი მნიშვნელობა აქვს მიღებული მასალების სისალის გამოკვლევას. სისალე მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია მასალაში სტრუქტურის დაძაბულ მდგომარეობასა და დისლოკაციების არსებობაზე. სალ შენადნობებში სისალის სიდიდე იმყოფება პირდაპირ დამოკიდებულებაში მყარი ფაზის შემადგენლობასთან. გარდამავალი ლითონების ბორიდები (კერძოდ, ტიტანის დიბორიდი TiB_2) ხასიათდებიან მაღალი სისალით, რაც დაკავშირებულია მათ სტრუქტურასთან, ამიტომ ბორიდების ფუძეზე მიღებულ მასალებს აქვთ მაღალი სისალე [1].

შემკვრელი ლითონის სხვადასხვა შემადგენლობის TiB_2-Ti , TiB_2-Ct45 სისტემის შენადნობების სისალის გაზომვამ გვიჩვენა, რომ ის აღემატება სალი შენადნობების სისალეს კარბიდის სისტემების ($WC - Co$) ფუძეზე. ეს როგორც ჩანს, განპირობებულია იმით, რომ $Me - B$ კავშირის სიმტკიცე მეტია, ვიდრე $Me - C$.

1 სურათზე მოყვანილია $TiB_2 - Ti$, $TiB_2 - Ct45$ სისტემის შენადნობების სისალის დამოკიდებულებები შემკვრელი ლითონის რაოდენობასთან. ჩანს, რომ შემაკავშირებული ლითონის შემადგენლობის გადიდებით შენადნობების სისალე (ორივე სისტემისათვის) მონოტონურად მცირდება. შენადნობების სისალის ასეთი ცვლილება კარგად ეთანხმება ლითონკერამიკული კომპოზიციების სისალის აღიარებულ თეორიებს. სურათიდან ჩანს, რომ $TiB_2 - Ti$ შენადნობების სისალის ზოგადი დონე მეტია, ვიდრე $TiB_2 - Ct45$, ეს აიხსნება ტიტანის შედარებით მაღალი მიკროსისალით ფოლადთან შედარებით (ცხრ.).



მასალა	მიკროსისალე	ბრინელის სისალე
Ti	154-160	200-220
CT-45	60-69	80-120



გამოკვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ მიღებული მასალების ფორიანობა არის მნიშვნელოვანი ფაქტორი, რომელიც ახდენს გადამწყვეტ გავლენას მასალის სისალეზე.

მე-2 სურათზე მოყვანილია $TiB_2 - Ti$, $TiB_2 - CT45$ სისტემის სალი შენადნობების დამოკიდებულება ფორიანობაზე. ჩანს, რომ რაც უფრო, მაღალია ფორიანობა, მით უფრო დაბალია მასალის სისალე. შენადნობების მაქსიმალურ სისალეს შეესაბამება ნარჩენი ფორიანობა <1%.

ამრიგად, მიღებული მასალების სისალის გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ შემაკავშირებელი ლითონის სწორი შერჩევისას ტიტანის დიბორიდისათვის თმს დაწნეხვის მეთოდით შესაძლებელია მასალების მიღება, რომლებიც ხასიათდებიან მაღალი სისალით.

ჭუთაისის ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. Т. Самсонов, Л. Марковский, А. Зидак и др. Бор и его сплавы. Киев, 1961.



ო. ლაბაძე, მ. ცხრცვაძე, ბ. კუზლავილი, პ. მანჯავიძე

ურთიერთინდუქციური გარდაცვლილების სამკოორდინატო-
 დინამიკური ნახევარსფერულ კირველად გარდაცვლილებაში

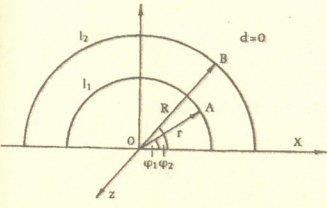
წარმოადგინა აკადემიკოსმა მ. სალუქვაძემ 27.01.1997

კუთხური გადაადგილების სამკოორდინატო ნახევარსფერული ურთიერთინდუქციური პირველადი გარდაცვლილების მოქმედების პრინციპი ემყარება ურთიერთინდუქციურობის ცვლილებას ნახევარსფერულ ინდუქციურ გრაგნილებს შორის მათი გეომეტრიული ურთიერთგანლაგების ცვლილებისას. აღნიშნული გრაგნილები განლაგებულია ურთიერთორთოგონალურად კონცენტრულ ღრუ ნახევარსფერულ ზედაპირზე. მაგნიტური გამტარის გარეშე დამზადებული, სამკოორდინატო გარდაცვლილების პროექტირებისათვის აუცილებელია განისაზღვროს ნახევარსფერულ გრაგნილებს შორის ურთიერთინდუქციურობა მათი ნებისმიერი ურთიერთგანლაგებისას.

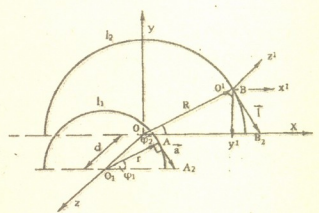
1 სურათზე ნაჩვენებია ორი კონცენტრული ნახევარსფერული გრაგნილი. განვიხილოთ მცირე r -რადიუსიანი წრეწირის A წერტილი, რომელიც მოძრაობს მიმდევრობით ორ ან სამ სამკოორდინატო სიბრტყეში ან მათ პარალელურად. თუ მხედველობაში მივიღებთ გრაგნილებს შორის თავდაპირველ წანაცვლებას (სურ. 2) და გამოვიყენებთ კოორდინატთა მეთოდსა და თეორიულ ელემენტარტექნიკაში ცნობილ ორ კონტურს შორის ურთიერთინდუქციურობის ფორმულას [1]

$$M = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \int \frac{\cos\theta dl_1 dl_2}{l_1 l_2}, \quad (1)$$

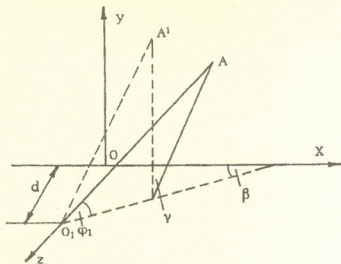
მივიღებთ საძიებელ გამოსახლებას.



სურ. 1. კონცენტრული ნახევარსფერული გრაგნილები.



სურ. 2. დერტლსიმეტრიულად წანაცვლებული ნახევარსფერული გრაგნილები.



სურ. 3. რადიუს-ვექტორის მიერ საკოორდინატო ღერძებთან შედგენილი კუთხეები.

მე-3 სურათზე OA რადიუს-ვექტორი დაშლილია ორ მდგენელად, რომლებიც OX და OY საკოორდინატო ღერძებთან ქმნიან შესაბამისად B და Y კუთხეებს.

განვსაზღვროთ $B(x_1, y_1, z_1)$ და $A(x_2, y_2, z_2)$ წერტილთა კოორდინატები დეკარტის $OXYZ$ სისტემის მიმართ და $\vec{BB}_2 = \vec{b}(x'_1, y'_1, z'_1)$ და $\vec{AA}_2 = \vec{a}(x'_2, y'_2, z'_2)$ ვექტორთა კოორდინატები $O'X'Y'Z'$ სისტემის მიმართ (სურ. 2).

$$\begin{cases} x_1 = R \cos \varphi_2 \\ y_1 = R \sin \varphi_2 \\ z_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_2 = r \sin \varphi_1 \sin \gamma \sin \beta + r \cos \varphi_1 \cos \beta + d \cos \gamma \sin \beta \\ y_2 = r \sin \varphi_1 \cos \gamma - d \sin \gamma \\ z_2 = d \cos \gamma \cos \beta - r \cos \varphi_1 \sin \beta + r \sin \varphi_1 \sin \gamma \cos \beta \end{cases}$$

$$\begin{cases} x'_1 = R \sin \varphi_2 \operatorname{tg} \varphi_2 \\ y'_1 = R \sin \varphi_2 \\ z'_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x'_2 = \frac{r \cos \beta}{\cos \varphi_1} - \frac{r \cos \varphi_1}{\cos \beta} - (r \sin \varphi_1 \sin \gamma - r \cos \varphi_1 \operatorname{tg} \beta) \sin \beta \\ y'_2 = r \sin \varphi_1 \cos \gamma \\ z'_2 = \frac{r \sin \beta}{\cos \varphi_1} + (r \sin \varphi_1 \sin \gamma - r \cos \varphi_1 \operatorname{tg} \beta) \cos \beta \end{cases}$$

კოორდინატებში ჩაწერილ ორ წერტილს შორის მანძილის ფორმულის

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

და ვექტორებს შორის კუთხის კოსინუსის ფორმულის

$$\cos\theta = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|} = \frac{x_1'x_2' + y_1'y_2' + z_1'z_2'}{\sqrt{x_1'^2 + y_1'^2 + z_1'^2} \sqrt{x_2'^2 + y_2'^2 + z_2'^2}}$$

გამოყენებით მათემატიკური გარდაქმნების შემდეგ ვღებულობთ, რომ

$$D = \sqrt{d^2 + R^2 + r^2 - 2Rrp - 2Rd \cos\varphi_2 \cos\gamma \sin\beta + 2Rd \sin\varphi_2 \sin\gamma},$$

სადა

$$p = \sin\varphi_1 \cos\varphi_2 \sin\gamma \sin\beta + \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \cos\beta + \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 \cos\gamma,$$

ხოლო

$$\cos\theta = \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 \cos\beta + \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \cos\gamma - \sin\varphi_2 \cos\varphi_1 \sin\beta \sin\gamma.$$

თუ გავითვალისწინებთ D -სა და $\cos\theta$ -ს მნიშვნელობებს, $dl_1 = rd\varphi_1$ და $dl_2 = Rd\varphi_2$ და დავუშვებთ აგრეთვე, რომ მცირე რადიუსიანი წრეწირი ბრუნავს XOY სიბრტყის პარალელურადაც, მივიღებთ ურთიერთინდუქციურობის ზოგად ფორმულას ნახევარწრეწირულ რკალთა ნებისმიერი ურთიერთგანლაგების შემთხვევისათვის

$$M = k \int_{\varphi_1=\alpha}^{\pi+\alpha} \int_{\varphi_2=0}^{\pi} \frac{(\sin\varphi_1 \sin\varphi_2 \cos\beta + \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \cos\gamma - \cos\varphi_1 \sin\varphi_2 \sin\beta \sin\gamma) d\varphi_1 d\varphi_2}{\sqrt{d^2 + R^2 + r^2 - 2Rrp - 2Rd \cos\varphi_2 \cos\gamma \sin\beta + 2Rd \sin\varphi_2 \sin\gamma}} \quad (2)$$

სადაც

$$k = \frac{\mu_0 Rr}{4\pi}.$$

ფორმულა სამართლიანია $\varphi_1 = \pi/2$, $\varphi_2 = \pi/2$ და $\beta = \pi/2$ წერტილებისთვისაც, რომლებიც დამოუკიდებლად იქნა განხილული.

მიღებული ფორმულიდან ჩანს, რომ M არის ფუნქცია r , R , d , α , β და γ სიდიდეების და საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ურთიერთინდუქციურობა ნახევარწრეწირულ რკალებს შორის მათი ნებისმიერი ურთიერთგანლაგებისას.

იმ შემთხვევაში, როცა $\beta = 0$, $\gamma = 0$, ფორმულა (2) ემთხვევა ღერბულსიმეტრიულად წანაცვლებულ ნახევარწრეწირულ რკალებს შორის ურთიერთინდუქციურობის ფორმულას [2].

იმ შემთხვევაში, როცა $\beta = 0$, ფორმულა (2) ემთხვევა ურთიერთინდუქციურობის ფორმულას სიმეტრიის ღერძის მიმართ მობრუნებულ ნახევარწრეწირულ რკალებს შორის [3].

იმ შემთხვევაში, როცა $\gamma = 0$, ფორმულა (2) ემთხვევა ურთიერთინდუქციურობის ფორმულას წანაცვლებულღერძებიან ნახევარწრეწირულ რკალებს შორის [4].

კუთხური გადაადგილების სამკოორდინატული ნახევარსფერული ურთიერთინდუქციური პირველადი გარდამქმნელი, როგორც საიმედო და არაინერციული კვანძი, წარმატებით შეიძლება იქნეს გამოყენებული ავტომატური მართვის სისტემებში, ხელსაწყოთმშენებლობასა და რობოტოტექნიკურ მოწყობილობებში.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. П. П. Калантаров, Л. А. Цейтлин. Расчет индуктивностей. Л., 1970.
2. მ. ცერცვაძე. სტუ-ის შრომები, №2 (395), 1993.
3. მ. ცერცვაძე. სტუ-ის შრომები, №5 (398), 1993.
4. მ. ცერცვაძე. სტუ-ის შრომები № 7, (400) 1993.



რ. სალუჟავაძე (აკადემიკოსი) ბ. ჰარუშიძე, ბ. მურღულია,

ქლიერლემბრიკაზულ თერმოელექტრულ $\text{Si}_{0.7}\text{-Ge}_{0.3}$
შენადნობებში რადიაციული დეფექტების წარმოქმნის
თავისებურებანი

წარმოდგენილია 27.02.1997

თერმოელექტრული შენადნობები Si-Ge წარმოადგენენ ყველაზე პერსპექტიულ და ერთადერთ მაღალტემპერატურულ მასალას, რომლის ბაზაზე შექმნილია და იქმნება თერმოელემენტები თბური ენერჯის თერმოელექტრული მეთოდით უშუალოდ ელექტროენერჯიად გარდაქმნისათვის. ცნობილია აგრეთვე, რომ სითბოს ყველაზე ოპტიმალურ წყაროს გარდამქმნელებში წარმოადგენენ ბირთვული რეაქტორები [1-3].

ამასთან დაკავშირებით დიდ ინტერესს წარმოადგენს Si-Ge შენადნობის ძირითად პარამეტრებზე (ρ -კუთრი ელექტროგამტარებლობა, α -თერმოელექტრული მამოძრავებელი ძალის კოეფიციენტი, χ -თბოგამტარობის კოეფიციენტი) რეაქტორული გამოსხივების ზეგავლენის შესწავლა.

წარმოდგენილ ნაშრომში შესწავლილია ატომური რეაქტორის გამოსხივების ზეგავლენა ელექტრონული (n) ხვრელური (p) ტიპის გამტარებლობის ძლიერ-ლევირებული $\text{Si}_{0.7}\text{-Ge}_{0.3}$ შენადნობის ძირითად პარამეტრებზე. n -ტიპი ლევირებულია ფოსფორით, p -ტიპი - ბორით. მუხტების მატარებელთა კონცენტრაციაა $1.5 \cdot 10^{20} \text{ სმ}^{-3}$ და $2 \cdot 10^{20} \text{ სმ}^{-3}$ შესაბამისად.

ექსპერიმენტი ჩატარდა BBPC-ტიპის რეაქტორზე თბური და სწრაფი ელექტრონების ნაკადებით $1.3 \cdot 10^{13} \text{ სმ}^{-2}\text{წმ}^{-1}$ და $0.68 \text{ სმ}^{-2}\text{წმ}^{-1}$ შესაბამისად [4]. დასხივების ტემპერატურა იყო 370 K, ნეიტრონების მაქსიმალური ფლუენსი შეადგენდა - $3 \cdot 10^{18} \text{ სმ}^{-2}$.

აქტივობის შესუსტების შემდეგ ჰოლის მეთოდით გამოიღო იქნა მუხტის მატარებელთა კონცენტრაცია N და მათი ძვრადობა μ , რომლებიც განსაზღვრავენ თერმოელემენტის ეფექტურობას (Z).

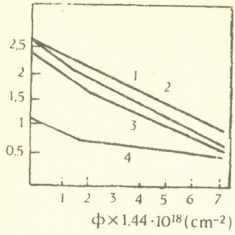
1 და 2 სურათებზე წარმოდგენილია N -ისა და μ დამოკიდებულება ნეიტრონების ფლუენსზე დასხივების პროცესში n და p ტიპის მასალებისათვის.

p -ტიპის შენადნობი ლევირებულია ბორის ნუკლიდით ^{10}B იზოტოპის სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობით. როგორც სურათებიდან ჩანს, დასხივების შედეგად მასალებში მუხტის მატარებელთა კონცენტრაცია და მათი ძვრადობა მცირდება. ამასთანავე ხვრელების კონცენტრაცია მცირდება უფრო სწრაფად ვიდრე ელექტრონებისა.

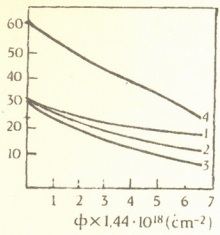
ჩვენი აზრით, კონცენტრაციისა და ძვრადობის შემცირება ნეიტრონებით დას-



$N \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$



$\mu (\text{cm}^2/\text{v}\cdot\text{c})$



სურ. 1. მუხტის მატარებელთა კონცენტრაციის დამოკიდებულება ნეიტრონების ფლუენსზე
1,2,3 - p-ტიპის შენადნობი
4 - n-ტიპის

სურ. 2. მუხტის მატარებელთა ძვრადობის დამოკიდებულება ნეიტრონების ფლუენსზე.
1,2,3 - p-ტიპის შენადნობი
4 - n-ტიპის

ხივების შედეგად გამოწვეულია მასალაში მოუწესრიგებელი არეების (მა)-ტიპის რთული რადიაციული დეფექტების წარმოქმნით.

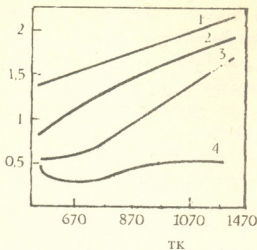
თუ წარმოვიდგენთ, რომ დასხივების შედეგად წარმოიქმნებიან მხოლოდ მარტივი სახით წერტილოვანი დეფექტები, რომლებიც ჩაიჭერენ მუხტის თითო მატარებელს მინარევული დონიდან, მაშინ მათი რაოდენობა უნდა იყოს მუხტის მატარებელთა კონცენტრაციის ცვლილების ტოლი. მაგრამ როგორც ცნობილია, იონიზებული ცენტრების ზონაში ($N > 10^{20} \text{ სმ}^{-3}$) μ სუსტად არის კონცენტრაციაზე დამოკიდებული და მცირე რაოდენობის დამუხტული ცენტრების დამატება ვერ გამოიწვევს ძვრადობის დიდ ცვლილებას. მამასადამე, დასაშვებია რთული რადიაციული დეფექტების წარმოქმნა μ -ს ცვლილების ასახსნელად.

$\text{Si}_{0.7}\text{-Ge}_{0.3}$ შენადნობში მოუწესრიგებელი არეების ტიპის რადიაციული დეფექტების წარმოქმნის პროცესის ასხნა შეიძლება ცნობილი მოვლენით [5]. ჩატარებული შედარებები მიგვიჩვენებენ, რომ ელექტრონულ გამტარებში მა წარმოქმნა დაკავშირებულია სწრაფი ნეიტრონების ატომებთან დრეკადი დაჯახების შედეგად. ხვრელურ მასალაში კი ამ ეფექტის გაძლიერება ხდება $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}(1)$ ბირთვული რეაქციის ფრაგმენტების ურთიერთქმედებით მასალასთან ($E_\alpha=1,9$ მეე, $E_{Li}=0,6$ მეე), რომელიც გამოწვეულია თბური ნეიტრონების ზემოქმედებით ($\sigma \sim 4000$ ბარნი).

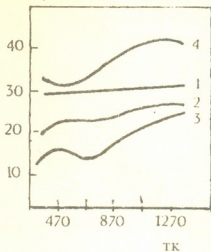
მა შეიცავენ დივაკანსიებისგან შემდგარ ბირთვებს და გარსს (მინარევულ-დეფექტური სტრუქტურა), რომელთა ზომა და შემადგენლობა დამოკიდებულია მალეგირებელ მინარევეზე (ფოსფორი და ბორი). სხვა მინარევეები (ქანგბადი და სხვა) შეადგენენ უმნიშვნელო ნაწილს ძირითად მინარევთან შედარებით ($> 10^{20} \text{ სმ}^{-3}$). გარდა ამისა, მა-ს შემადგენლობა და ზომები განისაზღვრება დასხივების ტემპერატურით, ვინაიდან ფრენკელის წყვილის კომპონენტების მინარევულ ატომებზე ჩაქერის ეფექტური კვეთა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე [6].

ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს, რომ სწრაფი ნეიტრონების ზემოქმედე-

$N \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$



$\mu (\text{cm}^2 / \text{v} \cdot \text{c})$



სურ. 3. მუხტის მატარებელთა კონცენტრაციის დამოკიდებულება გამოწვის ტემპერატურაზე.
1,2,3 - p-ტიპის შენადნობი
4, - n-ტიპის

სურ. 4. მუხტის მატარებელთა ძვრადობის დამოკიდებულება გამოწვის ტემპერატურაზე.
1,2,3 - p-ტიპის შენადნობი
4 - n-ტიპის

გრაფიკებზე 1,2,3 მრუდები ეკუთვნის p-ტიპის ნიმუშებს, რომლებიც ლეგირებულია ბორის ნუკლიდით, რომელიც შეიცავს იზოტოპ ^{10}B -1%, 18,8% და 86% შესაბამისად.

ბით n-ტიპის მასალებში **მა** წარმოიქმნება, რომლის გარსი შედგება ფოსფორ-ვაკანსიის კომპლექსისაგან (E-ცენტრი), რადგანაც ფოსფორის ატომის მიერ ვაკანსიის ჩაჭერას აქვს დიდი კვეთა. **მა**-ს დამუხტული ცენტრების გარსებზე ხდება ელექტრონების გაბნევა.

$Si_{0.7}-Ge_{0.3}$ p-ტიპის შენადნობში **მა** კიდევბი იქნება უფრო გამკრთალეული, რადგანაც დიფუზიის შედეგად ვაკანსიები დაუკავშირდებიან ელექტრულად არააქტიურ მინარევს (მაგ. ჟანგბადს) და წარმოქმნიან A - ცენტრებს. ამ პროცესის კვეთა 70-50-ჯერ უფრო მცირეა, ვიდრე E - ცენტრის წარმოქმნა. ამასთან დაკავშირებით **მა**-ს მუხტი იქნება მცირე და შესაბამისად „ხვრელების“ გაბნევაც უმნიშვნელოა.

ამრიგად, ხვრელურ შენადნობში ნეიტრონების ფლუენსის ზრდასთან ერთად მუხტის მატარებელთა კონცენტრაციის ძლიერ შემცირება დაკავშირებულია კრისტალურ მესერზე (1) რეაქციის ფრაგმენტების ზემოქმედებასთან. ამასთანავე, სწრაფი ნეიტრონების მიერ კვანძებიდან ამოგდებული კრემნიუმის ატომები (აქტივაციის ენერგია ~0,178 ევ), იწყებენ რა კრისტალური მესერის კვანძებს შორის მიგრაციას, გამოიწვევენ ელექტრულად აქტიური მდგომარეობიდან ბორის ატომების გადაადგილებას. სწორედ ამ მოვლენებთანაა დაკავშირებული N-ისა და μ -ს შემცირება p - ნიმუშებით [7].

$Si_{0.7}-Ge_{0.3}$ შენადნობის თერმოელექტრული პარამეტრების აღდგენის კინეტიკის შესასწავლად დასხივების შემდეგ ჩატარებულ იქნა ნიმუშების იზოქრონული გამოწვა ვაკუუმში 30 წთ ხანგრძლივობით ფიქსირებული ტემპერატურით.

მე-3, 4 სურათებზე N წარმოდგენილია პარამეტრების ცვლილების დამოკიდებულება გამოწვის ტემპერატურაზე. როგორც ჩანს, p-ტიპის მასალებში



მალეგირებელი ბორის ნუკლიდში იზოტოპ ^{10}B -ის სხვადასხვა კონცენტრაციები-სათვის მუხტის მატარებელთა კონცენტრაცია იზრდება გამოწვის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად (სურ. 3; 1, 2, 3), რაც დაკავშირებულია Ma -ტიპის დეფექტების დაშლასთან [8]. n -ტიპის ნიმუშებში კი დასაწყისში მუხტის მატარებელთა კონცენტრაცია მცირდება (სურ. 3,4), რაც დაკავშირებულია E -ცენტრების წარმოქმნასთან, რომელიც მიმდინარეობს 520 K -მდე. უფრო მაღალ ტემპერატურაზე კი იწყება E -ცენტრების დისოციაცია და N იზრდება.

ელექტრული ტიპის შენადნობებში რადიაციული დეფექტების გამოწვასთან ერთად მიმდინარეობს ფოსფორის ატომების პოლიტროპია. ძვრადობისა და კონცენტრაციის ცვლილება გამოწვის პროცესში დაკავშირებულია ორ მაკონკურირებელ პროცესთან. პირველ სტადიაზე ხდება ფოსფორის მცირე ინერციული გადასვლა ელექტრულად არააქტიური მდგომარეობიდან ელექტრულად აქტიურ მდგომარეობაში (p-p ტიპის კლასტერების დისოციაციის გამო). ეს პროცესი მთავრდება 620K -ზე [9]. მეორე სტადიაზე ელექტრულად აქტიური ფოსფორის კონცენტრაცია მცირდება კოაგულაციის (მარცვლების გამსხვილება) გამო, რომელიც იწყებს მუხტის მატარებელთა კონცენტრაციის შემცირებას (სურ. 3,4) და ძვრადობის გაზრდას (სურ. 4;4).

n -ტიპის შენადნობებში რადიაციული დეფექტები წარმოადგენენ ფოსფორის ატომების გადაადგილების მიზეზს [9]. რადიაციული დეფექტების გამოწვის პროცესი n -ტიპის ნიმუშებში გრძელდება $\sim 820\text{K}$ ტემპერატურაზე.

p -ტიპის ნიმუშებში, განსაკუთრებით ^{10}B (86%) შემთხვევაში, გამოწვის $570 - 670\text{K}$ ტემპერატურულ ინტერვალში მუხტის მატარებელთა კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად შეიმჩნევა ძვრადობის შემცირება — უკუგამოწვა (სურ. 3;4), რომელიც აიხსნება რადიაციული დეფექტების დამუხტულ ცენტრებზე მუხტის მატარებელთა გაბნევით.

ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად შეიძლება შემდეგი დასკვნების გამოტანა. ძლიერლეგირებულ თერმოელექტრულ $\text{Si}_{0,7} - \text{Ge}_{0,3}$ შენადნობებში (ელექტრონული და ხვრელური გამტარებლობით) ატომური რეაქტორის გამოსხივების შემოქმედებით წარმოიქმნებიან მოუწესრიგებელი არეების ტიპის (Ma) რადიაციული დეფექტები, რომლებიც იწვევენ მუხტის მატარებელთა კონცენტრაციისა და მათი ძვრადობის შემცირებას. Ma დეფექტები ელექტრონული ტიპის მასალებში წარმოიქმნებიან სწრაფი ნეიტრონების შემოქმედებით; ხვრელურ ტიპში — ნეიტრონებისა და $^{10}\text{B}(\text{n},\alpha)^7\text{Li}$ რეაქციის ფრაგმენტების ზეგავლენით.

მუხტის მატარებელთა კონცენტრაციისა და მათი ძვრადობის აღდგენა ხდება ტემპერატურული გამოწვის შედეგად p -ტიპში $\sim 1270\text{K}$, n -ტიპში $\sim 870\text{K}$ -ზე, რაც ადასტურებს რადიაციული დეფექტების ერთნაირ ბუნებას n და p -ტიპის $\text{Si}_{0,7} - \text{Ge}_{0,3}$ მასალებში.

ი. ვეჟას სახ. სოხუმის ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტი

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სოხუმის ფილიალი

ლიტერატურა

1. *P. Vetch, И. Декамн. В. Сб: Непосредственное преобразование тепловой энергии в электрическую. Вып. 2, М., 1962.*
2. *А. С. Охотин, А. А. Ефремов и др. Термоэлектрические генераторы. М., 1971.*
3. *V. Kashia, R. Kervalishvili, R. Salukvadze. Bull. Georg. Acad. Sci., 153, 2, 1996.*
4. *В. В. Гончаров и др. Ядерные реакторы и ядерная энергетика. М., 1959.*
5. *J. H. Grouford, J. W. Gleland. J. Appl. Phys., 30, 1959 1204.*
6. *Н. А. Ухин. ФТП, 6, 5, 1972, 913-953.*
7. *А. В. Васильев, Л. А. Рыбакова и др. ФТП, 7, Вып. 2, 1973, 327-331.*
8. *В. И. Фистуль и др. ДАН СССР, 149, 5, 1963, 1119-1122.*
9. *G. T. Watkins. Rad. Damage in Semiconductors Dunod. Paris, 1965, 97.*

ლ. გოგიჩაიშვილი., ნ. მისხიშვილი

თბილისის ატმოსფეროს შემოდგომის სპექტრების აეროპალინოლოგიური გამოკვლევა

წარმოდგინა აკად. წევრ-კორესპონდენტმა გ. გურგენიძემ 1.04.1997

ჩატარდა ქალაქ თბილისის რამდენიმე რაიონის ატმოსფეროს შემოდგომის აეროპალინოლოგიური სპექტრების გამოკვლევა, პოლინოზების გამომწვევი მცენარეების მტვრის მარცვლების კონცენტრაციების დასადგენად (1992-93-94 წლები). ატმოსფეროდან მტვრის მარცვლის დაჭერა ხდებოდა სპეციალური ფირფიტების საშუალებით. მტვრის მარცვალი მუშავდებოდა აცეტოლიზური მეთოდით. დამჭერი ფირფიტები განაწილდა ოთხ მჭიდროდ დასახლებულ რაიონში – ვაკე, ნაძალადევი, მთაწმინდა და ავლაბარი. სისტემატურად ვსწავლობდით აეროპალინოლოგიური სპექტრების ჩამოყალიბებაში მეტეოფაქტორების გავლენას. დადგინდა, რომ თბილისში შემოდგომისას პოლინოზებს იწვევენ ადგილობრივად მოზარდი უკვე დაყვავილებულ მცენარეთა მტვრის მარცვლები, რომლებიც დიდხანს რჩებიან ჰაერში მაღალი კონცენტრაციით.

ქალაქ თბილისის გაზაფხულ-ზაფხულის აეროპალინოლოგიური სპექტრების შესწავლისას გამოვლენილ იქნა მცენარეები, რომლებიც იწვევენ პოლინოზებს. [1-3]. მტვრის მარცვლის ანტიგენურ აქტივობას აგრეთვე ველოდით შემოდგომითაც. ამიტომ ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ქ. თბილისის ატმოსფეროს შემოდგომის აეროპალინოლოგიური სპექტრები, გამოგვევლინა მცენარეები, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიონ მტვრის აღერგია შემოდგომით. პარალელურად ვაკვირდებოდით მეტეოროლოგიური ფაქტორების გავლენას აეროპალინოლოგიური სპექტრების ფორმირებაზე.

მტვერს ვიჭერდით დამჭერი ფირფიტების საშუალებით. ნიმუშების ანალიზისათვის გამოვიყენეთ ერდტმანის აცეტოლიზური მეთოდი [4]. ფირფიტების ზედაპირი 20 სმ^2 -დან გაზარდეთ 40 სმ^2 -მდე სპეციალურად, რათა მათზე ჰაერიდან რაც შეიძლება მეტი მტვრის მარცვალი დალექილიყო. ფირფიტებს ვათავსებდით დედამიწიდან 2, 4, 6, 8, 10 და 20 მ სიმაღლეზე (36 ოჯახში). დამჭერებს ვფარავდით გლიცერინის თხელი შრით და ვიცავდით მზისა და წვიმის უშუალო ზემოქმედებისაგან. დამჭერიდან სინჯარებში თბილი წყლით ჩარეცხილ სინჯებს ვაცენტრიფუგირებდით. ამის შემდეგ სინჯებს ვუმატებდით აცეტოლიზურ ხსნარს (9 წილი ძმარმ-ყავა ანჰიდრიდი, 1 წილი კონცენტრირებული გოგირდმჟავა), სინჯარებს ვდებდით 2-3 წუთით $80-83^\circ\text{C}$ ტემპერატურის წყლის აბაზანაში, შემდეგ კი კვლავ ვაცენტრიფუგირებდით გამოხდილ წყალთან ერთად. პროცედურის დამთავრებისას სინჯებს ვუმატებდით გაუწყლოებულ გლიცერინის 1-2 წვეთს.

მასალას ვიღებდით 3 სექტემბრიდან 29 დეკემბრამდე, ერთსა და იმავე რიცხვებში სამივე წლის განმავლობაში. შეგროვდა 4752 სინჯი ქ. თბილისის ვაკის, მთაწმინდის, ნაძალადევის და ავლაბრის რაიონებში.

მიკროსკოპ – МБИ-3 საშუალებით ვახდენდით მტერის მარცვლების იდენტიფიკაციას.

აეროპალინოლოგიური გამოკვლევის შედეგებს ვადარებდით პოლინოზების შესახებ არსებულ კლინიკურ მონაცემებს. ეს მონაცემები მოგვაწოდა თბილისის ბავშვთა, ცენტრალურმა კლინიკურმა საავადმყოფომ, ჯანდაცვის სამინისტროს კანისა და ვენერიულ დაავადებათა ინსტიტუტმა.

ყოველწლიურად ვაკვირდებოდით თბილისში ქარის სიჩქარეს და მიმართულებას, ტემპერატურას და ტენს.

აეროპალინოლოგიური მასალის დამუშავების შედეგად გამოვლინდა, რომ შემოდგომის სპექტრები ჩვენს მიერ შესწავლილი ოთხივე რაიონიდან გამოირჩევა მტერის მარცვლის მაღალი შემცველობით. თუმცა ვაკისა და მთაწმინდის რაიონებში სექტემბრის თვეში არის კონცენტრაციის მაქსიმუმი. ასე მაგალითად, 1992 წლის სექტემბერში ვაკის რაიონში 1 სმ^3 ათვლილი იყო 4715 – მტერის მარცვალი/1 სმ^3 . მომდევნო 1993 – 94 წლებში სექტემბრის თვეები ასეთი მაქსიმუმით არ გამოირჩევა, თუმცა ათვლილია 2512 და 3404 მტერის მარცვალი/1 სმ^3 . შემდეგ თვეებში მტერის რაოდენობა კლებულობს, მაგრამ არ არის ისეთი თვე, როდესაც ჰაერში მტერის მარცვალი არ იყოს შეტივტივებული. ასეა თითქმის ყველა რაიონისათვის.

უნდა აღინიშნოს, რომ მტერის კონცენტრაციის უმაღლესი ხარისხი ახასიათებს მთაწმინდის და ვაკის რაიონებს, შედარებით დაბალია ნაძალადევი და უფრო დაბალი ავლაბარში. ასეთი თანაფარდობა შენარჩუნებულია მთელი გამოკვლევის მანძილზე. ასე მაგალითად, თუ ოქტომბერში მთაწმინდის რაიონში იყო 3834 მტერის მარცვალი/1 სმ^3 , ვაკეში – 2514 მტერის მარცვალი/1 სმ^3 , ნაძალადევი იგი შეადგენდა 956 მტერის მარცვალს/1 სმ^3 , ხოლო ავლაბარში 726 მტერის მარცვალს/1 სმ^3 .

ნოემბრის თვეში ყველა რაიონის ატმოსფეროში ოდნავ მცირდება მტერის შემცველობა, გამონაკლისია ვაკის რაიონი, სადაც ათვლილ იქნა 5371 – მტერის მარცვალი/1 სმ^3 .

დეკემბრის თვეში კვლავ მცირდება მტერის რაოდენობა, მაგრამ კონცენტრაციათა სხვაობა რაიონებს შორის შენარჩუნებულია. მაგალითად, 1992 წელს მთაწმინდის რაიონში დეკემბერში იყო 2676 მტერის მარცვალი/1 სმ^3 , ვაკეში 2536/1 სმ^3 , ნაძალადევი 2044 – /1 სმ^3 , ავლაბარში – 752 მტერის მარცვალი/1 სმ^3 .

1993 წელს ისევ დეკემბერში მთაწმინდის რაიონში იყო 1562 მტერის მარცვალი/1 სმ^3 , ვაკეში 1444 – /1 სმ^3 , ნაძალადევი 814/1 სმ^3 , ხოლო ავლაბარში იგი შეადგენდა 358 მტერის მარცვალს/1 სმ^3 .

1994 წელს დეკემბერში მთაწმინდის რაიონში იყო 991 მტერის მარცვალი/1 სმ^3 , ვაკეში 883 – /1 სმ^3 , ნაძალადევი 705 – /1 სმ^3 , ავლაბარში 236 – /1 სმ^3 .

ამგვარად, შემოდგომისას მტერის მაღალი კონცენტრაცია ახასიათებს მთაწ-



მინდისა და ვაკის რაიონებს. საშუალო — ნაძალადევის რაიონს, ხოლო მინიჭები — ავლაბრის რაიონს.

სამივე წლის შედეგების შედარებისას დადგინდა, რომ მტერის მარცვლის მაღალი კონცენტრაციაა სექტემბრის თვეში, დაბალი — დეკემბერში.

დადგინდა, რომ ჰაერის ტემპერატურასა და ტენიანობას არა აქვს დიდი მნიშვნელობა თბილისის ატმოსფეროს შემოდგომის აეროპალინოლოგიური სპექტრების ჩამოყალიბებისათვის.

სექტემბრიდან ნოემბრის პირველ ნახევრამდე მტერის მარცვლის მაღალი კონცენტრაცია დაემთხვა ამ თვეში სუსტ, სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულების ქარს. ნოემბრის მეორე ნახევარში მტერის მარცვლის კონცენტრაციის შემცირებას კი თან ახლდა ძლიერი ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარი. ნიმუშების ანალიზის შედეგად გამოვლენილ იქნა იმ მცენარეთა მტერის მარცვლები, რომლებიც იწვევენ ალერგიულ დაავადებებს შემოდგომისას, ესენია: სოჭი, აკაცია, კედარი, ძეძვი, კურდღლის ცოცხა, კაკალი, კუნელი, ფიჭვი, ტირიფი, ვერხვი, ცაცხვი, თელა, იასამანი, კვიპაროსი, იფანი. ბალახოვნებიდან: თეთრი ნაცარქათამა, ქალაქის ნაცარქათამა, ავშანი, მრავალძარღვა, ჭინჭარი, რთულყვავილოვნები, ნაცარქათამასებრნი, მარცვლოვნები [5-7]. ამ მცენარეთაგან ვაკეში ალერგოსამიშია: კაკლის, ტირიფის, ცხენის წაბლის, ჭადრის, ცაცხვის, იფნის, ავშნის, ნაცარქათამასებრთა, მარცვლოვანთა, ჭინჭრისებრთა მტერის მარცვალი. მთაწმინდაზე: სოჭის, აკაციის, ლელვის, კურდღლის ცოცხას, ძეძვის, ფიჭვის, ქართული მუხის. ნაძალადევი: აკაციის, ჭადრის, ბროწეულის, ვარდის, ნაცარქათამასებრთა ოჯახის წარმომადგენლები. რაც შეეხება ავლაბრის რაიონს აქაც ვხვდებით მცენარეთა მტერის მარცვალს, მაგრამ მათი პროცენტული მახასიათებლები იმდენად დაბალია, რომ არც ერთი მათგანი არ შეიძლება ჩავთვალოთ ალერგიული დაავადებების გამომწვევ მიზეზად.

ამგვარად, ჩვენს მიერ შესწავლილი რაიონების პალინოსპექტრები ერთმანეთისაგან განსხვავებულია, რასაც განაპირობებს ამ რაიონების გეოგრაფიული მდებარეობა და მცენარეული საფარი.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ნ. კეცხოველის სახ. ბოტანიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Г. В. Гургенидзе*. Аллергология. Тбилиси, 1987, 161-170.
2. *Р. М. Лабадзе*. В кн.: Аллергия в клинике и эксперименте. Тбилиси, 1979, 147-148.
3. *ლ. გოგიჩაიშვილი, მ. რამიშვილი, მ. საყვარელიძე*. ალერგიულ დაავადებათა გამომწვევი ზოგიერთი მცენარის მტერის მარცვლის მორფოლოგია. თბილისი, 1975, 5-30.
4. *G. Erdtman*. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Angiosperms (An introduction to palinology 1) Stockholm - Waltham, Mass USA 1952.
5. *ნ. კეცხოველი*. საქართველოს მცენარეული საფარი. თბილისი, 1960.
6. *ა. მაყაშვილი*. თბილისის მიდამოების ფლორა, ტ. 1, თბილისი, 1952.
7. *ა. მაყაშვილი*. თბილისის მიდამოების ფლორა, ტ. II. 1953.



ნ. ზაზიანი

ჰემიტრიბ *Asterinae* O. Hoffm.-ს სახეობათა და გვართა შორის
 კავშირების შესახებ

წარმოადგინა აკად. წევრ-კორესპონდენტმა გ. ნახუცრიშვილმა 7.03.1997

საკვლევად არჩეულია რთულყვავილოვანთა დიდი ოჯახის ერთ-ერთი ყველაზე პროგრესული ტრიბის *Astereae* Cass. ქვეტრიბი *Asterinae* O. Hoffm, რომელიც საქართველოში 9 გვართ (Aster L., Erigeron L., Galatella Cass., Conyza Less., Stenactis Nees., Tripolium Nees., Gymnaster Kitam., Kemulariella Tamamsch., Crinitaria Cass) და მრავალრიცხოვანი სახეობებით არის წარმოდგენილი. სახეობები ფართოდ არის გავრცელებული ორივე ნახევარსფეროში, ავლენენ მორფოლოგიურ სხვაობას და საერთო სტრუქტურულ მსგავსებას. ამ საინტერესო ქვეტრიბის გვარებიდან საქართველოს ფლორაში გვხვდება, არა მხოლოდ ფართო გავრცელების ევროპული და აზიური, არამედ ენდემური და ადვენტური სახეობებიც. ამ ფაქტმა და აგრეთვე ჩვენი წინამორბედი მეცნიერების [1-5] მიერ ზოგიერთი გვარის ქვეგვარებსა და სექციებს შორის ფილოგენეტიური კავშირების ძიებაში გვაფიქრებინა ჩვენს ხელთ არსებული გეოგრაფიული, მორფოლოგიური, კარიოლოგიური, პალინოლოგიური, კარპოლოგიური მონაცემების მშვეობით შეგვედგინა ქვეტრიბის გვარების სავარაუდო ფილოგენეტიური სქემა.

მრავალსახეობიანი გვარები *Aster* L. და *Erigeron* L. ჩრდილო ამერიკული წარმოშობისაა, ამავე დროს ისინი ფართოდ არიან გავრცელებული ევრაზიის კონტინენტზე. კრონკვისტი [3] და პოპოვი [4] თვლიან, რომ ამ მცენარეთა ირადიაცია მოხდა არქტიკის გავლით, აღმოსავლეთ აზიის გზით ჰიმალაის მთიანეთამდე. ხოლო ჰიმალაი იქცა ევრაზიაში *Astereae*-ს ტრიბის გვარების წარმოშობის ახალ ცენტრად. პოპოვი [4] ჰიმალაებთან ერთად ტიან-შანსაც ასახელებს და არგუმენტად მოჰყავს გარდამავალ ფორმათა სიუხვე და სახეობათა მრავალფეროვნება შუა აზიის ფლორაში. მისი აზრით პლეისტოცენში ჰიმალაის და ტიან-შანის მთიანეთში აქტიურად მიდიოდა სახეობათა წარმოშობის პროცესი, რამაც დასაბამი მისცა ევროპისა და განსაკუთრებით აზიის სახეობების მრავალფეროვნებას.

თუ გავითვალისწინებთ ერთი და იგივე, აგრეთვე მსგავსი სახეობების სიმრავლეს შუა აზიისა და კავკასიის რეგიონებში, შეიძლება დაჯუშვათ, რომ სახეობათა წარმოქმნის პროცესი პარალელურად მიმდინარეობდა შუა აზიის მთიანეთსა და კავკასიაში. ამას მიუთითებს მრავალრიცხოვანი გარდამავალი ფორმების არსებობა, ჰიბრიდული სახეობების სიმრავლე, ისიც რომ სახეობათა უმრავლესობა მონტანურია და მეოთხეულ პერიოდში ჩამოყალიბდა.

გამონაკლისს წარმოადგენს კავკასიის კირქვიანების მესამეული პერიოდის სუბ-



ენდემური რელიქტური გვარი *Kemulariella Tamamsch.* მისმა კარპოლოგიურმა შესწავლამ გამოავლინა ნიშანი, რომლითაც იგი ამერიკის მაღალგანვითარებულ *Aster*-ებს უკავშირდება, ორმაგი ქოჩორი და თესლურის თავისებური ფორმა. ქვეტრიბის ყველა სახეობის თესლურა ორწიბოიანია, დორზოვენტრალურად შებრტყელებული, გვარ *Aster*-ისა და გვარ *Kemulariella*-ს ზოგიერთი სახეობის თესლურა კი კონუსისებრია, გამტარი კონები სამ წიბოს ქმნიან.

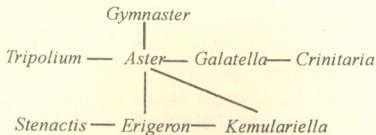
ამჟამად ჩვენს მიერ ჩატარებული სისტემატიკური გამოკვლევების შედეგად პრიორიტეტის საფუძველზე გვარ *Linosyris Cass.* ნაცვლად გვაქვს გვარი *Crinitaria Less.* ჩვენში გვარის 3 სახეობაა გავრცელებული, რომლებიც ორ სექციად იყოფა *Crinitaria (Kem.-Nath) Schaschiaschwili (Comb.) nova*-ს გამოყოფის საჭიროება მორფოლოგიურთან ერთად პალინოლოგიური კვლევის შედეგებითაც დადასტურდა (გაგუა 1990 წ.). მორფოლოგიური და პალინოლოგიური მონაცემების საფუძველზე დადასტურდა აგრეთვე გვარ *Stenactis Nees*-ის გამოყოფის აუცილებლობა. ასევე პირველად საქართველოს ფლორისათვის გვარ *Erigeron L.*-დან გამოყოფილ იქნა გვარი *Conyza Less.*

მიუხედავად მონოტიპური და ევრიტიპური გვარ *Tripolium Nees*-ის მორფოლოგიური დიდი ამპლიტუდისა, მისმა დაწვრილებითმა შესწავლამ შედეგი არ გამოიღო. კარპოლოგიური, პალინოლოგიური, კარიოლოგიური, აგრეთვე მორფოლოგიური კვლევის შედეგების მიხედვით ამ გვარის მრავალფეროვანი ინდივიდები თავის მხრივ კონსტანტურობას ამჟღავნებენ.

კარიოლოგიური კვლევის შედეგების განზოგადებისას დადგინდა, რომ ქვეტრიბის გვართა დიპლოიდური ქრომოსომთა კომპლექტი $2n=18, 36, 54$. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ამერიკულ *Aster*-თა ბაზალური რიცხვი $n=5$ მიჩნეული, ჩვენს ფლორაში გავრცელებულ სახეობათა შორის ასეთი მხოლოდ ადვენტურ სახეობას *A. novae-anglia L.* აქვს (*A. novi-belgi L. 2n=487*).

გეოგრაფიზმის მიხედვით გვარები ასე განაწილდნენ: ევროპელი *Galatella Cass.*, *Crinitaria Less.*, აზიური *Gymnaster Kitam.*, კავკასიური სუბენდემი *Kemulariella Tamamsch.*, ამერიკული *Tripolium Nees.*, *Stenactis Nees.*, ფართო გავრცელების ამერიკული წარმომობის გვარები *Aster L.*, *Erigeron L.*

გეოგრაფიული და ყველა სხვა ნიშნების შეჯერებით ასეთი სქემა მივიღეთ: უდავოა, რომ ყველა ზემოთ ჩამოთვლილ გვარებს საერთო წინაპრები გააჩ-



ნიათ, მაგრამ დანამდვილებით თქმა თუ რომელი მათგანია უფრო პროგრესული, შეუძლებელია. მდგომარეობას ართულებს ისიც, რომ ცალკეული სახეობები თვით ავლენენ გვართა შორის ნათესაობას, რის გამოც გვარებს შორის საზღვრების დადგენა ჭირს. გვარის განსაზღვრის ისეთი ნიშანი, როგორიც არის სახეობათა

და გვართაშორისი შეუჭვარებლობა, აქ გამორიცხულია, რადგან ქვეტრიბის ფარგლებში ხშირია სახეობათა და გვართაშორისი ჰიბრიდები. ამგვარად, გვართაშორის ნათესაურ კავშირებზე შეგვიძლია ვილაპარაკოთ მხოლოდ მორფოლოგიური, გეოგრაფიული, ეკოლოგიური ნიშანთვისებების გათვალისწინებით.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ბ. კეცხოველის სახ. ბოტანიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *F. Vierhapper*. Beih Bot. Centerable. Abt 19, 1906.
2. *Л. М. Кемулария-Натадзе*. Труды Тифлиского Ботанического института, 1, 1934.
3. *A. Cronquist*. Brittonia, 6, 2, 1947.
4. *М. Г. Попов*. Флора и систематика высших растений, 7, 1948.
5. Фл. СССР. XXV, 1959.

ლ. კოვახიძე, ც. მიხატაძე-ფანცულაია, ზ. ბაგვაშვილი, მ. ერისთავი

HELLEBORUS CAUCASICUS A. BR.- ის ზომიერეთი ბიოლოგიური
თავისებურებისა და თესლწარმოქმნის პროცესების შესწავლა

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ნახუციშვილმა 30.12.1996

გვარ *Helleborus* L.-ის წარმომადგენლების განვითარების ბიოლოგიისა და თესლწარმოქმნის პროცესები ლიტერატურაში ძალზე სუსტადაა გამოქვეყნებული. არსებული მონაცემები ძირითადად ერთი სახეობის – *H. foetidus* L.-ის განაყოფიერების, ენდოსპერმისა და ჩანასახის განვითარებას ეძღვნება [1-3].

შედარებით ვრცელი მონაცემები ყვავილობის ბიოლოგიის შესახებ [4-6] ძირითადად ევროპულ სახეობებს ეხება, კავკასიური სახეობები კი სრულიად შეუსწავლელია.

საკვლევად შევარჩიეთ სრულიად შეუსწავლელი კავკასიის ენდემური სახეობა – *H. caucasicus* A. Br. იგი ადრე გაზაფხულზე ერთ-ერთი პირველთაგანი ყვავილობს, დეკორატიული მცენარეა, უმოწყალოდ იკრიფება მოსახლეობის მიერ და საჭიროებს დაცვას.

ჩვენი კვლევის მიზანს შეადგენდა შეგვესწავლა ამ მცენარის გენერაციული ორგანოების ფორმირება, ყვავილობისა და დამტვერვის თავისებურებანი, გაგვეჩვენა მისი პოტენციური თესლწარმოქმნის უნარი.

H. caucasicus მრავალწლიანი ბალახოვანი მცენარეა. ფესურა დატოტვილია, ღერო 20-40 სმ სიმაღლისაა. ფოთლები ტყავისებრია, თათისებრ გაყოფილი. ყვავილები დიდი ზომისაა (5-8 სმ). ყვავილსაფრის ფოთოლი 5-ია მომწვანო-მოყვითალო-მოთეთრო. ნაყოფობის დროსაც ზედვე რჩება.

იზრდება ტყის პირებსა და ხეობების ფერდობებზე მთის წინებიდან ტყის ზედა სარტყლამდე [7].

საკვლევი მასალა აღებულია დუშეთის რაიონის სოფელ ქინვალის მიდამოებიდან (800 მ. ზ. დ.).

H. caucasicus ვეგეტაციას იწყებს ნოემბრის მეორე ნახევრიდან. ამ დროს მასზე შეინიშნება როგორც საყვავილე, ისე საფოთლე კვირტები. ამავე დროს მცენარეზე სრულად არის შემორჩენილი წინა წლის მწვანე ფოთლები.

H. caucasicus-ს ვეგეტაციის დაწყების წინა წელს ესახება განახლების კვირტები. მათში სამტვრეები უკვე დიფერენცირებულია, მტვერი კი – ერთბირთვიან ფაზაზეა.

თავდაპირველად იშლება საყვავილე კვირტები. პირველი ყვავილები თებერვალ-მარტის თვეში შეინიშნება. ინდივიდის განვითარების მიხედვით მცენარეზე 2-დან 4-მდე ყვავილი ვითარდება. მასიური ყვავილობა მარტის თვეზე მოდის.

ყვავილობის დამთავრების შემდეგ წინა წლის ფოთლები თანდათან ხმება. მათ ნაცვლად საფოთლე კვირტებიდან ახალი ფოთლები ვითარდება.

H. caucasicus-ის სამტკრე 4-ბუდიანია. ფორმირებული სამტკრის კედლები შედგება სეკრეტორული 2-ბირთვიანი ტაპეტუმის, 2 შუა შრისა, ენდოტუციუმისა და ეპიდერმისისაგან.

სამტკრეში მეიოზი ნორმალურად, დარღვევების გარეშე მიმდინარეობს. ტეტრაედების წარმოქმნა სიმულტანური ტიპის მიხედვით ხდება. მათი განწყობა იზობილატერალური, იშვიათად – ჯვარედინია. მიკროსპორების ტეტრაედების ფაზაზე ტაპეტუმი უკვე იწყებს დაშლას.

ტეტრაედის საერთო გარსის გახსნის შემდეგ ხდება მისი შემადგენელ ცალკეულ უჯრედებად დაშლა, თითოეულში ეკვინის ფორმირება და ერთბირთვიან მტკრის მარცვლებად ჩამოყალიბება. ეს პროცესი ძირითადად სინქრონულად მიმდინარეობს. იშვიათად ვხვდებით მცირე ჩამორჩენას განვითარებაში – ერთბირთვიანი მტკრის გვერდით დიადებისა და ტეტრაედების არსებობას. ერთბირთვიანი მიკროსპორას ცენტრალური ნაწილიდან ბირთვი უჯრედის პერიფერიული ნაწილისკენ გადაინაცვლებს, იყოფა და წარმოქმნის ორუჯრედიან მტკრის მარცვალს მცირე ზომის გენერაციული და დიდი ზომის ვეგეტაციური უჯრედებით. ვეგეტაციური უჯრედის ბირთვი დასაწყისში მრგვალია, შემდგომ იძენს უსწორმასწორო კონტურს, შეიცავს ერთ ბირთვს. გენერაციული უჯრედი მოგრძო ფორმისაა.

მამრობითი გამეტოფიტის ფორმირებაც ნორმალურად მიმდინარეობს. მწიფე სამტკრე 2 შრეს შეიცავს – ფიბროზულ ენდოტუციუმს და ეპიდერმისს. სამტკრეში დიდი რაოდენობით ნორმალური მტკრის მარცვლებია თავმოყრილი. ისინი ზომებით მცირედ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ძირითადად ორი ზომის მტკერი გვხვდება. შედარებით მცირე – 3,25 მკ და შედარებით დიდი ზომის – 3,75 მკ. ისინი სფეროსებრია, 3-ღარბიანი, დიდი რაოდენობით შეიცავს სახამებლის მარცვლებს.

მტკერი მაღალი ფერტილობით გამოირჩევა. ფერტილობა 89%-ს აღწევს.

H. caucasicus-ს 2-დან 8-მდე ნასკვი უვითარდება (უფრო ხშირად 4-5). თითოეულ მათგანში ერთიმეორის საპირისპიროდ განლაგებული 10-11 თითქმის თანაბარი ზომის, მოღუნული, ერთსაფრიანი თესლკვირტი ვითარდება. (გამონაკლისს შეადგენს ნასკვის წვერში განლაგებული თესლკვირტი, რომელიც ყოველთვის დანარჩენებზე პატარაა). მათი ზომა 18-21 მიკრონს შეადგენს. ყოველ მათგანში 8-ბირთვიანი, *Polygonum* – ტიპის ჩანასახის პარკი ყალიბდება. იშვიათად ზოგიერთ თესლკვირტში ჩანასახის პარკების განვითარების არათანადროულობა შეინიშნება: 8-ბირთვიანი ჩანასახის პარკების გვერდით ვხვდებით 2-ბირთვიანი ჩანასახის პარკს.

მდებრობითი გამეტოფიტის მიკროპილურ ნაწილში განლაგებულია კარგად დიფერენცირებული კვერცხუჯრედის აპარატი კვერცხუჯრედითა და ორი სინერგიდით. კვერცხუჯრედი ძირითადად მარჯვენა სინერგიდის ქვეშაა განლაგებული. ჩანასახის პარკის ცენტრალური ნაწილი ორი თანაბარი ზომისა და აგებულების პოლარულ ბირთვს უკავია, ქალაქური – 3 მოზრდილ, კარგად დიფერენცირებულ ანტიპოდას.



ამრიგად, საკვლევი სახეობის მდედრობითი გამეტოფიტი, სავსებით ნორმალურად ვითარდება და არ სცილდება ოჯახისათვის დამახასიათებელ ჩარჩოებს [8].

მამრობითი და მდედრობითი გენერაციული ორგანოების განვითარების თანაბრობის შესწავლამ დაგვანახვა, რომ საკვლევი სახეობისთვის დამახასიათებელია პროტანდრია. მაგრამ გახსნილ ყვავილში მათ განვითარებაში გარღვევა აღარ შეინიშნება; მტვერიც და ჩანასახის პარკებიც სავსებით მომწიფებულად გვევლინება.

H. caucasicus-ის ყვავილის განვითარება შემდეგნაირად ხდება: თავდაპირველად, თითქმის გახსნილ ყვავილში სხვადასხვა წრის სამტვრე ძაფები და დინგის სვეტები თანაბარი სიგრძისაა. ეს უკანასკნელები ერთიმეორესთან მჭიდროდ, ვერტიკალურადაა განლაგებული.

ახლად გაშლილ ყვავილში გარე წრის სამტვრე ძაფები და დინგის სვეტები სიგრძეში სწრაფად იზრდება; სამტვრე ძაფების სიგრძე დინგის სვეტის სიგრძის ნახევარს აღწევს. შიდა წრის მტვრიანები ჭერ ისევე პირვანდელი სიგრძისაა. შემდგომ, დინგები, რომელთა რიცხვი 2-დან 8-მდე მერყეობს, თანდათანობით განზე გადაიხრებიან და გარე წრის მტვრიანებთან კონტაქტში მოდიან. სამტვრეები ამ დროისათვის იხსნება და მათგან გამოპნეული დიდძალი მტვერი დინგებზე ხვდება. ამრიგად, დინგი საკუთარი მტვრით იმტვერება (კონტაქტური ავტოგამია). მაგრამ ამ პერიოდში შესაძლებელია აგრეთვე ჰეიტონოგამური და ჯვარედინი დამტვერვის განხორციელებაც (უკანასკნელს ხელს უწყობს ინდივიდების სიმრავლე და ერთმანეთთან ახლოს მოზარდობა).

თავდაპირველი მწვანე ფერის ნაცვლად დინგები მუქ შეფერვას იღებენ, რაც მათი დამტვერვის მიმანიშნებელია.

ყვავილის განვითარების ამ საფეხურიდან შეინიშნება გარე წრის მტვრიანების თანდათანობით ქანობა-დაცვენა და მათ ნაცვლად შიგა წრის მტვრიანების მომწიფება. უკანასკნელები სიგრძეში ზრდით გარე წრის მტვრიანების დონეს აღწევენ, რის შემდეგაც იწყებენ მტვრის უხვად გამოყოფას. ამ დროისთვის დინგების უმეტესობა უკვე დამტვერილია; მათი განზე გადახრილი სვეტები კვლავ ვერტიკალურ მდებარეობას უბრუნდებიან. იშვიათად დინგები გადახრილი რჩებიან და შიგა წრის მტვრიანებს ეხებიან. არაიშვიათია შემთხვევები, როცა ყვავილები ვერტიკალურის ნაცვლად დახრილ მდგომარეობაში იმყოფებიან. ასეთ ყვავილებში გარე წრის მომწიფებული მტვრიანებიდან მტვერი მათ დაბლა მდებარე დინგებს ზევიდან ეყრება. ამ შემთხვევაშიც თვითდამტვერვა ხორციელდება.

H. caucasicus-ის დამტვერვა-განაყოფიერების პროცესი დაბალი ტემპერატურის პირობებში მიმდინარეობს, 5-8°C-ზე, ხშირად კი გაცილებით უფრო დაბალ ტემპერატურაზე.

H. caucasicus-ის ყვავილის აგებულების, გენერაციული ორგანოების განვითარებისა და დამტვერვის პროცესის შესწავლის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ იგი კარგადაა შეგუებული მკაცრ საარსებო პირობებს. მისი მამრობითი და მდედრობითი გენერაციული ორგანოების განვითარება ნორმალურად მიმდინარეობს. მტვერი მაღალი ფერტილობით ხასიათდება, ჩანასახის პარკი — ნორმალური აგებულებით.



ყვავილი თუმცა ენტომოფილურია (დიდი ზომისაა, განვითარებული სანექტრეებით), და დასაწყისში პროტერანდრულად გვევლინება, რაც ერთი შეხედვით მის ჯვარედინ დამტვერვაზე მიუთითებს. მაგრამ დამტვერვის წინ, გახსნილ ყვავილში მტვრიანებისა და დინგების მომწიფება ერთმანეთს ემთხვევა, დინგების მტვრიანებისკენ გადახრით მათ შორის კონტაქტი მყარდება და თვითდამტვერვა ხორციელდება. ჯვარედინი დამტვერვა კი უფრო შემთხვევით ხასიათს ატარებს.

როგორც ჩანს, მკაცრ პირობებში მოზარდობასთან დაკავშირებით *H. caucasicus*-მა დამტვერვა-განაყოფიერების უფრო იოლი გზის მისაღწევად და გარდუელად განხორციელებისათვის საკუთარი მტვრით დამტვერვა შეარჩია, თუმცა ამასთან ერთად ჯვარედინი დამტვერვის შესაძლებლობაც ბოლომდე არ უკუაგდო და შემოიტოვა სარეზერვო სახით.

H. caucasicus-ის თითქმის ყველა თესლკვირტი ძირითადად ერთდროული და ნორმალური განვითარებისაა, შეიცავს კარგად დიფერენცირებულ ჩანასახის პარაკებს და პოტენციურად ერთნაირი განაყოფიერების უნარით ხასიათდება, რაც ამ მცენარის პოტენციური თესლწარმოქმნის მაღალ უნარზე მეტყველებს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ნ. კეცხოველის სახელობის ბოტანიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. M. Brouland. Rev. cytol. et. biol. végét., 32, fasc. 1/2, 3/4, 1969, 309-315.
2. M. Brouland, C. Guerven. Rev. gén. bot., 85, 1013-1015, 1978, 353-370.
3. Ly Thi Ba. Rev. gén. bot., 81, 959-961, 1974, 151-191.
4. P. Knuth. Handbook of flower pollination 2: 1-47. Oxford, 1908.
5. E. Saliabury. The Seasonal Bot. J. Linn. Soc. 65, 1972, 303-311.
6. Idem. Proc. R. Soc., Lond. 183, 1973, 205-225.
7. ლ. კემულარია - ნათაძე. გვარი *Helleborus* L. საქართველოს ფლორა. თბილისი. 2, 1973, 27-29.
8. Т. Соколовская. Семейство *Ranunculaceae*. Сравнительная эмбриология цветковых растений. Ленинград. 1981. 130-138.



ნ. კახანაძე, შ. შარია

ინაონურ ხურმაში მიმდებარის წარმოშობა მცნობის დროს

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. კანიშვილმა 4.06.1997

უხსოვარი დროიდან ტყის ფორმების გადმოტანისას კულტურაში მათ მოსა-
შენებლად ადამიანი იყენებს საძირეს, რომლის დროსაც არაერთხელ შეიმჩნევა
გარდამავალი ფორმების წარმოშობა, რომლებიც ატარებენ მემკვიდრულ ნიშნებს
როგორც საძირისას, ისე სანამყენოსას. აღნიშნული გარდამავალი ინტერმედი-
ალური ფორმების აღსანიშნავად ბიოლოგიურ ლიტერატურაში გამოყენებულია
ტერმინები: ქიმერა, ბურდონი, ვეგეტატიური ან სომატური ჰიბრიდი [1]. უკა-
ნასკნელ დროს ბიოტექნოლოგიის განვითარების ბაზაზე წარმოიშვა ახალი ტერ-
მინი პარასექსუალური ჰიბრიდი, რაც პროტოპლასტების გაერთიანებას (შერწყ-
მას) გულისხმობს. გარდამავალი ფორმების წარმოშობამ მცნობის დროს უდიდესი
ყურადღება მიიქცია, როდესაც ციტრუსოლოგიაში ცნობილი გახდა ის ფაქტი,
რომ ფორთოხალი ვაშინგტონ ნაველი (ამერიკული ჯიში) და პომპელმუსი კაბოი-
აშიმიკანი (იაპონური ჯიში) არიან ქიმერები [3-5].

უნდა აღინიშნოს, რომ იაპონური ხურმის *persimmon* ჯიშების წარმოშობა ჯერ-
ჯერობით დიდი ბურუსითაა დაფარული. არსებობს კონცეფცია, რომ მათ წარმო-
შობას საფუძვლად უდევს ვეგეტატიური ქიმერიზაცია [1-2]. აქედან გამომდინარე,
ჩვენ შევეცადეთ აღვედგინა იაპონური ხურმის რომელიმე ჯიში და მის საფუძველ-
ზე გამოგვეთქვა კონცეფცია იაპონური ხურმის წარმოშობის შესახებ. მოდელისათვის
ავიღეთ ხურმა ხაჩია (ჯიში) და მისი წარმომშობი ნავარაუდები ფორმები.

მასალები და მეთოდები. კვლევის ობიექტებად აღებული იყო ჩვენს მიერ მი-
ღებული ხურმის ჯიშების ორწლიანი თესლენერგები, სახელდობრ: ხიაკუმე 2n30,
გელი 2n60, ხაჩია 2n90 და დეირო 2n90. სამყნობი ობიექტების ქრომოსომა
სხვადასხვა რიცხვი გამოვიყენეთ ინიციალური ტეტრაიდის უჯრედების ერთმანე-
თისაგან განსასხვავებლად (იდენტიფიკაცია). მყნობა ტარდებოდა კვლასათურ-
ში სამ ვარიანტად: სანამყენეს კვირტები ემყნობოდა ფესვის ყელში, ტოტის შუა
ზონასა და ტოტის ბოლოში. სანამყენოს ტოტს ვჭირდით მყნობის ადგილიდან 5
სანტიმეტრის დამორებით. საძირეს და სანამყენოს ვაცლიდით მათ იდენტურ
ყლორტებს. ვტოვებდით მხოლოდ იმ ყლორტებს, რომლებიც ატარებდნენ საძი-
რისა და სანამყენეს ნიშნებს. ინტერმედიალური აპექსის ფიქსაციას ვახდენდით
ნავაშინის მიხედვით ხრომაცეტოფორმოლით (10:4:1). კალუსის გამოფხეკას
ვაწარმოებდით სპეციალური სკალპელით დამყნობის დროიდან 30 დღის გასე-
ლის შემდეგ. ნაფხეკის მაცერაციისათვის ვიყენებდით ვაზის ლოკოკინას ჩიჩახვის
ხსნარს (ციტაზა). ფიქსაციამდე მოჭრილ აპექსებს ვათავსებდით ღვინის 70⁰-იან



სპირტში, რომლის ტემპერატურა შეადგენდა +3, +50-ს. ფიქსირებულ მასალას ვაპარაფინებით და ვჭირდით 8-12 მიკ. სისქით. ანაჰრებს ვღებავდით რკინის გემატოქსილინის ბუფერული ხსნარით, რომლის წყალბადიონთა კონცენტრაცია შეადგენდა pH₃. დნმ-ის გამოსამქლავებლად ვიყენებდით პირსის მიხედვით მომზადებულ შიფის რეაქტივს. ინიციალური ტეტრადის უჯრედების ერთმანეთისაგან განსხვავებულად გამოყენებული იყო სიმბოლური აღნიშვნები, სახელდობრ, მისი აკროცენტრული უჯრედი აღინიშნებოდა a-თი, ლატერალური კი შესაბამისად - b, c, d-თი. ინიციალური ტეტრადის სქემის შედგენისას ვხელმძღვანელობდით ლუსკის მიერ შედგენილი მოდელით [6].

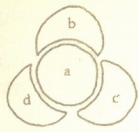
ცდები ტარდებოდა ორანჟერეაში +22, +25°C ტემპერატურის დროს. ექსპერიმენტებს ვატარებდით ოხტურის სასათბურო მეურნეობაში (ქ. ოჩამჩირე, საქართველო).

შედეგები. გარდამავალი ყლორტების სიხშირემ ფესვის ყელში მცნობის დროს შეადგინა 3%, საშუალო ზონაში 0,02%, ხოლო საძირის ბოლო ზონაში კი გარდამავალი ყლორტების წარმოშობა არ აგვიჩვენებდა. კალუსის უჯრედებში დნმ-ის გამოჩენა იწყება იმ დროს, როდესაც კალუსი ხდება მომწვანო ფერის. ამ დროს კალუსის ფენაში საძირისა და სანამყენეს კონტაქტირებულ უჯრედში წარმოიშობიან ქლორო- და ამილოპლასტები, რასაც თან სდევს ამ უჯრედების ფორმის შეცვლა. შეხების ადგილზე უჯრედთა კედლები სწორდებიან, გარეთა ზონაში კი ღებულობენ ნახევარმთვარის ფორმას. აღნიშნული უჯრედების ბირთვთა ტოპონომიკა მოგვაგონებს ზიგოტის ბირთვთა ტოპონომიკას - მათი გაერთიანების დაწყებამდე.

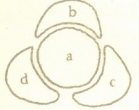
შუალედი ტოტების ზრდის კონუსის ციტოლოგიურმა გამოკვლევამ გვიჩვენა შემდეგი სურათი: კომბინაცია გეილი 2n 60+დჟირო 2n 90 დროს წარმოიშვა ორი კატეგორიის ქიმერა, ერთი აქედან მიეკუთვნება მონოხლამიდურ ქიმერას, მეორე კი, დიხლამიდურს. მონოხლამიდური ქიმერის (გეილი 2n60+დჟირო 2n 90) ზრდის კონუსის შრეები ქრომოსომთა რიცხვის მიხედვით ასეთია: კვირტის გულგული, ქსილემა და ფლოემა ტეტრაპლოიდურია და ეკუთვნის ხურმა გეილს, ხოლო ეპიდერმისი ჰექსაპლოიდურია და მიეკუთვნება დჟიროს.

დიხლამიდური ხურმის (გეილი 2n 30+ დჟირო 2n 90) ზრდის კონუსის შრეები ქრომოსომთა რიცხვის მიხედვით ასეთი მოზაიკისაა - კვირტის გულგული, ქსილემა დიპლოიდურია, ე. ი. მიეკუთვნება ხურმა გეილს, ხოლო ფლოემა და ეპიდერმისი ჰექსაპლოიდურია და მიეკუთვნება დჟიროს.

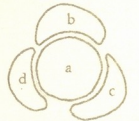
ტრიხლამიდური ხურმის ქიმერის ხიაკუმე 2n 30+(გეილი 2n 60+დჟირო 2n 90) ზრდის კონუსის შრეები ქრომოსომთა რიცხვის მიხედვით ასეთია: კვირტის



a=2n60
b=2n60
c=2n60
d=2n90



a=2n30
b=2n30
c=2n90
d=2n90



a=2n30
b=2n30
c=2n60
d=2n90

სურ. ზრდის კონუსის ინიციალური ტეტრადის აგებულება იაპონური ხურმის მცნობით შიბრიდებში



გულგული და ქსილემა დიპლოიდურია, ე. ი. მიეკუთვნება ხიაკუმეს, ფლოემა - ტეტრაპლოიდურია, მიეკუთვნება, გეილს, ხოლო ეპიდერმისი ჰექსაპლოიდურია, მიეკუთვნება დეიროს (სურ.).

მოყვანილი მასალები უფლებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ იაპონური ხურმა წარმოშობილი უნდა იყოს საძირის და სანამყენეს ინიციალური ტეტრაიდის უჯრედების გაერთიანების შედეგად. ლიბიდურ თვისებებს (სქესობრივი აგზნება) საძირის და სანამყენეს უჯრედები მაქსიმალურად ამჟღავნებენ ფესვის ყელში. ინტერმედიალურ ზონაში ის საგრძობლად მცირდება, ტოტის ბოლოს კი ეს თვისება მთლიანად იკარგება.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის სოხუმის ფილიალი

ლიტერატურა

1. *Yomoda Mosahiko*. Persimmon Breeding in Japan. TARG. Jap. Agr. Res. Quart. 27, 1, 1993, 33-37.
2. *რ. გოგუაძე, შ. შარია* საქ. მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 150, 3, 1994.
3. *P. Nati*. Florentina phytologica observatio, de malo limonia citroita-aurantia, Florentiae vulgo la bizzaria. Hippolti de Naul Florence, 1674, 18.
4. *F. Bergan*. The Relative Instability of Chimerical Clones - the Basis for Further Breeding. Erwin-Bour-Coda-Chtuisvorle Sungen. Lag-Berlin, 1966.
5. *R. Samura et al*. A Chimera of Natsudaikai and Sattsuma (prel. report). Nogyo Oyobi Engec (Japan), 3, 1928, 1043-1047.
6. *J. Luck*. Lindenmayer. Bot. Gaz. 149, 2, 1988, 127-141.



ა. ბაბაუშიძე, მ. ცაბარაული, ზ. ზურაბაშვილი

ემოციის გავლენა აღამიანის მხედველობით აღქმასზე – ფსიქო- ფიზიოლოგიური ასპექტები

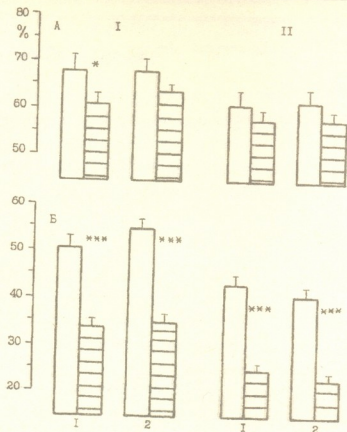
წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მოსიქემ 14.04.1997

დადგენილია, რომ ემოცია და სხვა მოტივაციური მდგომარეობები გავლენას ახდენენ აღამიანის აღქმასზე [1]. უკანასკნელი დროის გამოკვლევებმა გააფართოვეს ჩვენი წარმოდგენები ჰემისფეროთა სპეციალიზაციასა და მათ შორის ურთიერთქმედებაზე [2-4]. ამ გამოკვლევებმა უჩვენეს მარჯვენა ჰემისფეროს უპირატესობა მხედველობით-სივრცითი ამოცანების შესრულების დროს [2-6]. მიუხედავად ამისა, თავის ტვინის ფუნქციური ასიმეტრიის პათოფიზიოლოგიის მთელი რიგი საკითხები მოითხოვენ შემდგომ შესწავლას [7-9].

გარკვეული მონაცემები მიუთითებენ, რომ ქრონიკული ალკოჰოლური ინტოქსიკაცია ზემოქმედებს ახდენს ჰემისფეროთა ურთიერთქმედებაზე. კერძოდ, მარჯვენა ნახევარსფეროს ფუნქციები უფრო მეტად ითრგუნება მარცხენასთან შედარებით და ამრიგად, ჯანმრთელ პირებში გამოვლენილი მარჯვენა ჰემისფეროს დომინანტობა ქრება სივრცითი ამოცანების შესრულების დროს [7-11]. კარგად არის ცნობილი, რომ თავის ტვინის ფუნქციური ასიმეტრია წარმოდგენს დინამიკურ პროცესს და ადვილად იცვლება აღამიანის გონებრივი აქტიურობისას [4,5]. ჩვენი ადრინდელი გამოკვლევებით დადგენილ იქნა მარჯვენა ჰემისფეროს როლი მარტივი გეომეტრიული ფიგურების ამოცნობაში არავერბალური მხედველობით-სივრცითი ამოცანების შესრულების დროს. [9, 11-14].

წარმოდგენილი შრომის მიზანს შეადგენდა ემოციური დატვირთვის მქონე სიტყვების ზეგავლენის შესწავლა ჰემისფეროთა ურთიერთქმედებაზე უკუქცევითი მასკირების პირობებში, ჯანმრთელი პირებისა და ქრონიკული ალკოჰოლიზმით დაავადებულების მიერ მხედველობით-სივრცითი ამოცანების შესრულების პროცესში.

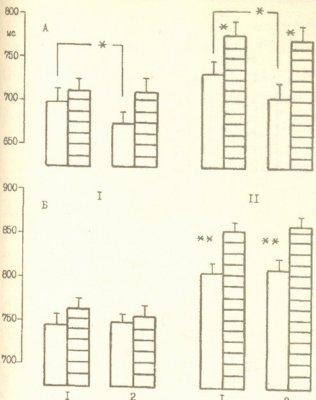
კვლევის მეთოდები. ექსპერიმენტებში მონაწილეობდა 15 ჯანმრთელი და 20 ქრონიკული ალკოჰოლიზმით დაავადებული მამაკაცი. ისინი იყვნენ მემარჯვენეები და გააჩნდათ ნორმალური მხედველობა. გამოყენებულ სტიმულთა თითოეული კომპლექსი შედგებოდა გეომეტრიული ფიგურების (სამკუთხედი, კვადრატი, რომბი, ტრაპეცია, მართკუთხედი, რვაკუთხედი) ორი ფრაგმენტისაგან, რომლებიც წარიდგინებოდნენ თანამიმდევრულად 80 მსეკ-ის ინტერვალით; სტიმულთა წარდგინების დრო შეადგენდა 20 მსეკ. წარდგენილ სტიმულთა წყვილი ისეთი კომბინაციით შეირჩეოდა, რომ ისინი ან ქმნიდნენ ზემოთ დასახელებულ ერთ-ერთ ფიგურას ან არა. პირველ შემთხვევაში იქმნებოდა „შედგენილი“, ხოლო მეორეში – „არშედგენილი“ კომპლექსები. სტიმულთა კომპლექსები წარიდგინებოდა ტა-



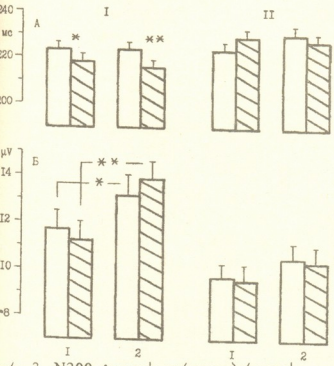
სურ. 1. სწორ ამოცნობათა რიცხვის გასაშუალებული პროცენტული სიდიდეები მხედველობით-სივრცითი ამოცანის შესრულებისას სიტყვიერი განმტკიცების "შემდეგ ჯანბრთელი პირებისა" (ა) და პაციენტებისათვის (ბ), როდესაც წარიღინება „შედგენილი“ (I) და „არშედგენილი“ კომპლექსები (II). 1 - დადებითი, 2 - უარყოფითი განმტკიცება. სტიმულები წარიღინება მარჯვენა (ნათელი სვეტები) და მარცხენა მხედველობით ველში (დაშტრიხული სვეტები). მონაცემები არის საშუალო+სტანდარტული გადახრა. ყველა სურათზე წარმოდგენილია სტატისტიკური სარწმუნოების დონეები: * - $P<0.05$; ** - $P<0.01$; *** - $P<0.001$.

ქისტოკოპურად მარჯვენა ან მარცხენა მხედველობით ველეში ეკრანის ცენტრში მოთავსებული საფიქსაციო წერტილიდან 6 სმ მანძილზე. ეკრანი მოთავსებული იყო გამოსაკვლევი პირის თვალთაგან 160 სმ დაშორებით. თითოეულ გამოკვლევაში წარიღინებოდა 160 სტიმულთა კომპლექსი, 80 მარცხენა და 80 მარჯვენა მხედველობით ველეში; მათგან 40 წარმოადგენდა ფიგურის შესადგენ სტიმულთა წყვილს და 40 - არშესადგენს, რომლებიც აღმოცენდებოდნენ მოულოდნელად 3-7 მსეკ-ის პაუზებით. მხედველობით-სივრცითი ამოცანის სწორად შესრულების შემთხვევაში მეორე სტიმულიდან 1500 მსეკ-ის შემდეგ აღმოცენდებოდა სიტყვა „კარგი“, ხოლო არასწორად შესრულების შემთხვევაში - სიტყვა „შეცდომა“. სიტყვების ნათების ხანგრძლივობა შეადგენდა 50 მსეკ. გამოყენებული განმტკიცების სიტყვიერი ფორმები საშუალებას აძლევდა გამოსაკვლევ პირს დარწმუნებულიყო მის მიერ მიღებული გადაწყვეტილების სისწორეში, რაც ხელს უწყობდა ტესტის უკეთ დასწავლას.

გამოსაკვლევ პირებს მოეთხოვებოდათ განესაზღვრათ შეადგენდნენ თუ არა წარდგენილი ფრაგმენტები ერთ-ერთ გეომეტრიულ ფიგურას და მისი შედგენის შემთხვევაში რაც შეიძლება სწრაფად დაეჭირათ ლილაკზე ერთი ხელი; არ შედგენის შემთხვევაში კი - მეორე ხელი. კომპიუტერი აწარმოებდა სტიმულის წარდ-



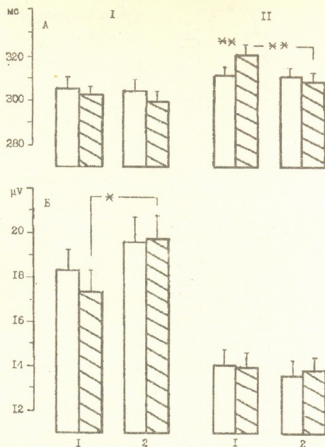
სურ. 2. რეაქციის დრო (მსექ) მხედველობით-სივრცითი ამოცანის შესრულებისას სიტყვიერი განმტკიცების შემდეგ. აღნიშვნები როგორც 1 სურ.-ზე.



სურ. 3. N200 ტალღის ფარული პერიოდის (მსექ) (ა) და ამპლიტუდის (მკვოლტი) (ბ) გასაშუალებული სიდიდეები დადებითი (1) და უარყოფითი (2) განმტკიცების შემდეგ. I - ჯანმრთელი პირები, II - პაციენტები. მარცხენა თხემის უბანი (ნათელი სვეტები) და მარჯვენა თხემის უბანი (ღამურისხელი სვეტები).

გენის ხანგრძლივობის, სტიმულთა სიხშირის ინტერვალისა და სუბიექტის პასუხების სისწორისა და სიჩქარის ჩაწერის კონტროლს. ვახდენდით სწორ ამოცანობათა რიცხვისა და რეაქციის დროის შეფასებას განცალკევებულად „შედგენილი“ და „არშედგენილი“ კომპლექსებისათვის, და მარცხენა და მარჯვენა მხედველობითი ველებისათვის. აგრეთვე წარმოებდა თავის ტვინის გამოწვეული N200-P300 პოტენციალების ფარული პერიოდისა და ამპლიტუდის ანალიზი განცალკევებულად მხედველობითი ველებისა და სწორი და არასწორი პასუხებისათვის. ამ მიზნით თავის ტვინის ელექტროენცეფალოგრამის (ეეგ) ჩაწერა ხდებოდა თხემის P3, P4 და ვერტექს Cz უბნებზე. რეფერენტული ელექტროდები მაგრდებოდა ყურის ბიბილოებზე. მარგვისტ-რიჩებელი ელექტროდების წინააღობა 5 KΩ-ზე ნაკლები იყო. თვალის მოძრაობის კონტროლისათვის რეგისტროკულოგრაფია. ეეგ ძლიერდებოდა და ინახებოდა off-line ანალიზისათვის. თავის ტვინის გამოწვეული პოტენციალების 30 ინდივიდუალური ჩანაწერის გასაშუალებული შედეგი გამოითვლებოდა განცალკევებულად, თითოეული მხედველობითი ველისათვის, და აგრეთვე, სწორი და არასწორი პასუხებისათვის, განურჩევლად იმისა წარმოდგენილი ფრაგმენტები შეადგენდნენ გეომეტრიულ ფიგურას თუ არა. მიღებული მონაცემები მუშავდებოდა სტატისტიკურად დისპერსიული და სტიულენტსი ანალიზით.

შედეგები და მათი განხილვა. წარმოდგენილმა გამოკვლევებმა უჩვენეს, რომ გონებაში გეომეტრიული ფიგურების შედგენის მხედველობით-სივრცით-



სურ. 4. P300 ფარული პერიოდის (მსეკ) (ა) და ამპლიტუდის (მკ ვოლტი) (ბ) გასაშუალებული სიდიდეები დადებითი (1) და უარყოფითი (2) განმტკიცების შემდეგ. აღნიშვნები როგორც 3 სურ.-ზე.

თი ამოცანის შესრულებისას სიტყვიერი უკუკავშირის მექანიზმი არსებით ზეგავლენას ახდენს საცდელ პირთა გადაწყვეტილებებზე. უარყოფით შეფასებას, რომელიც გამოიხატება სიტყვით „შეცდომა“ და შეიცავს მნიშვნელოვან ინფორმაციას, გამოსაკვლევ პირებში შეუძლია გამოიწვიოს ნეგატიური ემოცია [1,4,5]. ამიტომ სწორ ამოცნობათა რიცხვი გაცილებით ჭარბობს დადებითი განმტკიცების შემდეგ (სიტყვა „კარგი“) უარყოფით განმტკიცებასთან (სიტყვა „შეცდომა“) შედარებით, განსაკუთრებით პაციენტებისათვის ($P < 0.001$) (სურ. 1). დისპერსიულმა ანალიზმა გვიჩვენა აგრეთვე სტატისტიკურად სარწმუნო განსხვავება სიტყვიერი განმტკიცებისათვის [$F(1, 19) = 11, 68, P < 0.01$]. ამასთანავე, რეაქციის დრო იყო გახანგრძლივებული „არშემდგენილი“ კომპლექსებისათვის უარყოფითი სიტყვიერი განმტკიცების შემდგომ, დადებითთან შედარებით (სურ. 2). აღსანიშნავია, რომ ჯანმრთელ პირებს რეაქციის დრო ჰქონდათ ლატერალიზებული და ამდენად ის იყო უფრო მოკლე, როდესაც სტიმულები წარიდგინებოდა მარცხენა მხედველობით ველში, ე. ი. როდესაც მხედველობითი ინფორმაცია მიემართებოდა უშუალოდ მარჯვენა ჰემისფეროში ($P < 0.05$). ეს შედეგები ადასტურებენ მონაცემებს, რომლებიც მიუთითებენ მარჯვენა ნახევარსფეროს უპირატეს როლზე მხედველობით-სივრცით აღქმაში [3,6,9,10,14].

უარყოფითი და დადებითი უკუკავშირების განსხვავებული ეფექტები აღინიშნა არა მარტო ქცევითი პარამეტრების დონეზე, არამედ გამოიხატა თავის ტვინის

გამოწვეულ პოტენციალებში. საკონტროლო ჯგუფში N200 ტალღისათვის დამახასიათებელი პერიოდი იყო მოკლე და ამპლიტუდა გაზრდილი მარჯვენა თხემის არეში უარყოფითი სიტყვიერი განმტკიცების შემდგომ დადებითთან შედარებით (სურ. 3). P300 პოტენციალის ამპლიტუდა აგრეთვე გაზრდილი იყო მარჯვენა ჰემისფეროში უარყოფითი განმტკიცების შემდგომ დადებითთან შედარებით. პაციენტებს მსგავსი ცვლილებები არ აღენიშნებოდათ (სურ. 4).

ჩვენმა გამოკვლევებმა გამოავლინეს ადამიანისათვის განმტკიცების სიტყვიერი ფორმების მნიშვნელოვანი როლი თავის ტვინის ჰემისფეროების ფუნქციური ასიმეტრიის დინამიკაში. როგორც ცნობილია, ადამიანის თავის ტვინის უმაღლესი ფუნქციების ორგანიზაციაში ჩართულია ქერქქვემა ცერებრალური სტრუქტურები, რომლებიც ავზაენიან აღმავალ იმპულსებს თავის ტვინის განმამტკიცებელი და მოტივაციური სისტემებიდან [15, 16]. ემოციოგენური ლიმბური სტრუქტურების კორტიკოფუგალური ჩართვა წარმოადგენს მნიშვნელოვან მომენტს ამ მექანიზმში. ეს მოსაზრება მტკიცდება შედეგებით, რომელთა მიხედვითაც P300 ტალღის გენერაციის წყაროს წარმოადგენს ქერქქვემა სტრუქტურები, ჰიპოკამპი და ამიგდალა [17-19]. მიღებული შედეგები ადასტურებენ ჩვენს ადრინდელ მონაცემებს [20-23] და უჩვენებენ, რომ უარყოფით სიტყვიერ განმტკიცებას შეუძლია ადამიანის ისეთი უმაღლესი კოგნიტიური ფუნქციის დათრგუნვა, როგორიცაა მხედველობით-სივრცითი აღქმა.

ივ. ბერიტაშვილის სახელობის ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

შ. ასათიანის სახელობის ფსიქიატრიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *K. E. Izard. Эмоции человека. М., 1980, 440 с.*
2. *V. M. Mosidze. Известия АН Грузии, сер. биол., 18, 1, 1992, 5-15.*
3. *M. S. Gazzaniga. Discuss Neurosci., 4, 14, 1987, 1-72.*
4. *E. A. Kostandov. Neurosci. Behav. Physiol., 17, 13, 1987, 214-221.*
5. *E. A. Kostandov. Neurosci. Behav. Physiol., 19, 2, 1989, 93-102.*
6. *J. Sergent, S. Ohta, B. Macdonald. Brain. 115, 1, 1992, 15-36.*
7. *P. Flor-Henry. Cerebral Basis of Psychopathology. Boston: John Wright PSG Inc. 1983, 357 p.*
8. *B. Porjesz, H. Begleiter. In. Alcohol and the Brain, N. Y.: Raven, 1985, 139-182.*
9. *M. G. Tsagareli. NeuroReport, 6, 6, 1995, 925-928.*
10. *Э. А. Костандов. Ю. Л., Арзуманов., О. А. Генкина и др. Ж. Высш. нервн. деят. им. И. П. Павлова, 31, 3, 1981, 451-463.*
11. *М. Г. Цагарели., О. А. Генкина., Известия АН Грузии. Сер. биол., 14, 3, 1988, 154-160.*
12. *М. Г. Цагарели. Сообщ. АН СССР, 132, 1, 1988, 141-144.*
13. *М. Г. Цагарели, З. А. Зурабашвили. Сообщ. АН СССР, 135, 2, 1988, 169-172.*
14. *О. А. Генкина, М. Г. Цагарели. Ж. Высш. нервн. деят. им. И. П. Павлова, 39, 3, 1989, 431-439.*
15. *П. М. Милнер. Физиологическая Психология. М., 1973, 647 с.*



16. *П. В. Симонов*. Ж. Высш. нервн. деят. им. И. П. Павлова, **41**, 2, 1991, 214-220.
17. *E. Halgren, N. K. Squires, C. L. Wilson et al.* Science, **210**, 4471. 1980, 803-805.
18. *Y. C. Okada, L. Kaufman, S. J. Williamson.* EEG Clin Neurophysiol., **55**, 4, 1983, 417-423.
19. *C. G. Wood, T. Allison, W. B. Goff.* In; Progr. Brain Research, vol. **54**, Amsterdam: Elsevier, 1980, 51-56.
20. *М. Г. Цагарели*. Ж. Высш. нервн. деят. им. И. П. Павлова, **45**, 5, 1995, 860-865.
21. *М. Г. Цагарели*. Физиология человека, **22**, 2, 1996, 73-76.
22. *М. Г. Цагарели*. Ж. неврологии и психиатрии им. И. С. Корсакова, **96**, 4, 1996, 105-109.
23. *М. G. Tsagareli.* Neurosci. Behav. Physiol., **26**, 6, 1996, 526-531.



თ. ონიანი (აკადემიკოსი), ნ. ლაჩია, ი. ბვილია, მ. ელიავა

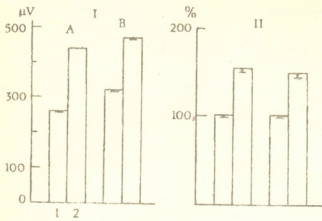
ზღვის გოჭის ძილ-ღვიძილის ციკლის თავისებურებები

წარმოდგენილია 11.12.1996

„ცუდად“ მძინარე ცხოველთა კლასიკური წარმომადგენელია ზღვის გოჭი [1,2]. ითვლებოდა, რომ ზღვის გოჭს არ სძინავს საერთოდ [3]. შემდგომი გამოკვლევებით ნაჩვენებია იქნა, რომ ზღვის გოჭს სძინავს, მაგრამ ძილ-ღვიძილის (ძ-ღ) ციკლური ორგანიზაცია იმდენად არასტაბილურია, რომ ძ-ღ ციკლის ცალკეულ ფაზათა მკაცრი დიფერენცირება დროში ვერ ხერხდება და ამდენად ლაპარაკი ზღვის გოჭებში უძილობის შესახებ დასაშვებია [4,5]. აქედან გამომდინარე, რიგი ავტორების მიერ ექვემდებარება დადგა ძილის ფუნქციური მნიშვნელობა საერთოდ და განსაკუთრებით „ცუდად“ მძინარე ცხოველებისათვის [3,6]. ამასთან, ცნობილია, რომ „ცუდად“ მძინარე ცხოველები დროის უმეტეს ნაწილს შფოთვის მდგომარეობაში ატარებენ [1,2] და გაძლიერებული აქვთ კონტროლი ძილზე [6]. ეს ფაქტორი განსაკუთრებით მნიშვნელოვან როლს უნდა თამაშობდეს ცხოველის უცხო გარემოში მოთავსებისას, მისდამი ადაპტაციის განვითარებამდე. ყოველივე ამის გათვალისწინებით, დასაშვებია ზღვის გოჭის ძ-ღ ციკლის სტრუქტურის მნიშვნელოვანი ცვლილება ექსპერიმენტის მსვლელობის პირობებისადმი ცხოველის ადაპტაციის შედეგად, რაც გულდასმით იქნა შესწავლილი ჩვენს მიერ.

კვლევის მეთოდი. ცდები ტარდებოდა ზრდასრულ მამრ ზღვის გოჭებზე წონით 600-900 გ. ოპერაცია მიმდინარეობდა ნემბუტალის ნარკოზის ქვეშ (40-60 მგ/კგ). სტერეოტაქსული ხელსაწყოთა მეშვეობით ელექტროდები ინერგებოდა თავის ტვინის ქერქის სენსომოტორულ და ჰიპოკამპის თავზე მდებარე უბანში. კორდინატები ელექტროდების ბოლოთა სტერეოტაქსული ლოკალიზაციისათვის აღებული იყო ვოიტენკოსა და მარლინსკის [7] ატლასის მიხედვით. ოკულომიოგრამის რეგისტრირება წარმოებდა თვალის მამოძრავებელ კუნთში იმპლანტირებული კონსტანტანის ელექტროდებით. ძ-ღ ფონური ციკლის რეგისტრაცია იწყებოდა რეაბილიტაციის პერიოდის გასვლის შემდეგ. ცხოველები თავსდებოდნენ 1 მ² ფართის მქონე ექსპერიმენტულ გალიაში. ძ-ღ ციკლის სტრუქტურული ორგანიზაციის შესწავლა თითოეულ ცხოველზე გრძელდებოდა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში (4 თვე).

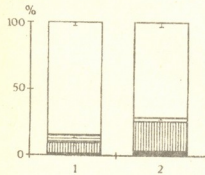
მიღებული მონაცემები მუშავდებოდა სტატისტიკურად. ხდებოდა საშუალო მნიშვნელობებისა და მათი სტანდარტული გადახრების გამოთვლა. საშუალო მნიშვნელობების განსხვავების საჩვენებლობა განისაზღვრებოდა სტიუდენტის t კრიტერიუმის მიხედვით.



სურ. 1. ქერქსა (ა) და ჰიპოკამპში (ბ) აღრიცხული დელტა ტალღების ამპლიტუდა (I) და სიხშირე (II) ზღვის ექსპერიმენტული პირობებისაღმე ადაპტაციამდე (1 სვეტები) და ადაპტაციის შემდეგ (2 სვეტები). დელტა ტალღების ამპლიტუდა ნაჩვენებია μV -ში. სტატისტიკურად სარწმუნო განსხვავება აღინიშნება I-ზე: $\Delta_1 < \Delta_2 (p < 0,01)$, $\Delta_1 < \Delta_2 (p < 0,001)$ და II-ზე: $\Delta_1 < \Delta_2 (p < 0,001)$ და $\Delta_1 < \Delta_2 (p < 0,001)$

ფაზის ან ფრაგმენტის ხშირი განვითარებით როგორც ნძ-ს, ისე პძ-ს ფონზე. ორივე შემთხვევაში ლ-ის მდგომარეობა ვითარდება მომენტალურად, თანდათანობითი გადასვლის გარეშე.

ზღვის გოჭის ძ-ღ ციკლის სტრუქტურა მნიშვნელოვან ცვლილებებს განიცდის საარსებო პირობებისაღმე ადაპტაციის პროცესში, თუმცა ეს ცვლილებები მელაენდება ძალიან ნელა. ექსპერიმენტის დასაწყისში ზღვის გოჭის ნძ წარმოდგენილი იყო არარეგულარული დელტა აქტივობით. ძილი არ იყო ღრმა და იშვიათად გადადიოდა პძ-ში. სურათი შეიცვალა ექსპერიმენტული პირობებისაღმე ცხოველის ადაპტაციის შედეგად, რაც ნძ-ის მძ მაჩვენებლის გაძლიერებაში გამოიხატა: მნიშვნელოვნად გაიზარდა ქერქსა და ჰიპოკამპში აღრიცხული დელტა ტალღების ამპლიტუდა (სურ. 1, I) და სიხშირე (სურ. 1, II) და მან რეგულარული რიტმის სახე მიიღო.



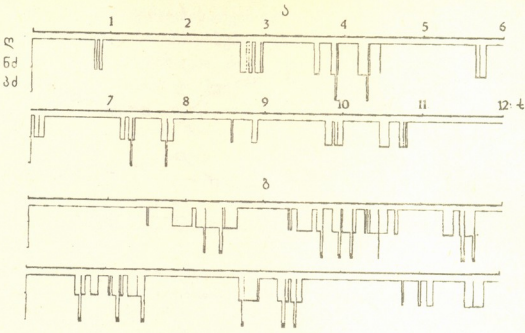
სურ. 2. ზღვის გოჭის ძ-ღ ციკლის ფაზათა თანაფარდობა ექსპერიმენტული პირობებისაღმე ადაპტაციამდე (1) და ადაპტაციის შემდეგ (2). $\Delta_1 > \Delta_2 (p < 0,001)$, $\Delta_1 > \Delta_2 (p < 0,001)$, $\Delta_1 < \Delta_2 (p < 0,001)$, $\Delta_1 < \Delta_2 (p < 0,01)$

მიღებული შედეგები. ელემტროენცეფალოგრამულ (ემეზ) და ქცევით კორელატებზე დაყრდნობით ზღვის გოჭის ძ-ღ ციკლში გამოიყოფა შემდეგი ფაზები: ლიდილი (ლ), ნელტალლოვანი ძილი (ნძ), - ზერეღე (ზნძ) და ღრმა ნელი ძილის (ლნძ) სტადიებით და პარადოქსული ძილი (პძ).

უნდა აღინიშნოს, რომ ზნძ ნელი ძილის პრევალირებად ფაზას წარმოადგენს. რაც შეეხება პძ-ს, ისიც ზოგად კანონზომიერებათა მიხედვით ვითარდება, ანუ ლნძ-ის ფონზე. მაგრამ ნძ-ის ძლიერი ფლუქტუაციის, კერძოდ ლნძ-ის იშვიათი განვითარების გამო, პძ-ც ვითარდება იშვიათად და მას ძალზე უმნიშვნელო ადგილი უჭირავს ზღვის გოჭის ძ-ღ ციკლში. ნძ-ის ფრაგმენტულობა და ძილის ორი ფაზის (ნძ და პძ) კანონზომიერ მონაცვლეობათა დარღვევა განპირობებულია ღ-ის

ათად გადადიოდა პძ-ში. სურათი შეიცვალა ექსპერიმენტული პირობებისაღმე ცხოველის ადაპტაციის შედეგად, რაც ნძ-ის მძ მაჩვენებლის გაძლიერებაში გამოიხატა: მნიშვნელოვნად გაიზარდა ქერქსა და ჰიპოკამპში აღრიცხული დელტა ტალღების ამპლიტუდა (სურ. 1, I) და სიხშირე (სურ. 1, II) და მან რეგულარული რიტმის სახე მიიღო.

აუცილებელია აგრეთვე აღინიშნოს არაადაპტირებული ცხოველის ძილის მძ და ქცევით მაჩვენებლებს შორის დისოციაცია: ლნძ მიმდინარეობდა პასიური ღ-ის, ან თვლემის მდგომარეობისათვის დამახასიათებელ პოზაში, რის გამოც, ბუნებრივია, რომ მხოლოდ ქცევით პარამეტრებზე დაყრდნობით იქმნება ცრუ შთაბეჭდილება ზღვის გოჭების უძილობის შესახებ.



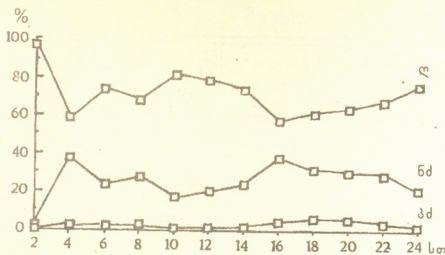
სურ. 3. ზღვის გოჭის ძ-ღ ციკლის სტრუქტურის გრაფიკული გამოხატულება ექსპერიმენტული პირობებისადმი: (ა) ადაპტაციამდე და (ბ) ადაპტაციის შემდეგ. დრო გაღაზომილია საათებში.

ხანგრძლივი ექსპერიმენტის მსვლელობის მანძილზე მიღებული მონაცემების სტატისტიკურმა დამუშავებამ გვიჩვენა, რომ ექსპერიმენტის I-დან IV თვემდე ადგილი აქვს ძილის მოცულობის თანდათანობით გაზრდას 15-დან 28,5%-მდე (სურ. 2), რაც ძირითადად ლნძ-ის მოცულობის გაზრდის ხარჯზე ხდება 8-დან 22,5%-მდე. მაშინ როცა, ზნძ პირიქით, მცირდება 6-დან 3%-მდე. ლნძ-ის მოცულობის ამგვარი გაზრდა და მისი ინტენსიფიკაცია, შესაბამისად განაპირობებს პდ-ის ფაზათა დადგომის რეგულარულობასა და მოცულობის გაზრდას 1-დან 3%-მდე.

ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას შეიცვალა ცხოველის ქცევაც. ჩამოყალიბდა ძილის რიტუალი. ძილი გახდა უფრო მშვიდი ქცევითი პარამეტრების მიხედვით. ღ-ის დროს ცხოველის შფოთვა ასევე აშკარად შემცირდა.

უნდა აღინიშნოს, რომ როგორც ექსპერიმენტის დასაწყისში, ასევე მთელი მისი მსვლელობის მანძილზე, ზღვის გოჭის ძ-ღ ციკლის ცალკეულ ფაზათა ზუსტი დიფერენცირება დროში შესაძლებელი იყო. როგორც სურ. 3, ა-დან ჩანს, ექსპერიმენტის დასაწყისში ნძ ხშირად წყდება სხვადასხვა ხანგრძლივობის ღ-ის ფრაგმენტებით და იშვიათად გადადიოდა პდ-ში. ლაბორატორიულ პირობებში ხანგრძლივი ყოფნის პერიოდი ცხოველს აძლევს მისთვის სტრესული პირობებისადმი ადაპტაციის საშუალებას, რის შედეგადაც ზღვის გოჭის ძ-ღ ციკლის სტრუქტურა იღებს მოწესრიგებულ და შედარებით სტაბილურ ხასიათს: მცირდება როგორც სიხშირის, ისე ხანგრძლივობის მიხედვით ღ-ის პერიოდები, პდ-ის ჩართვისათვის საჭირო ნძ-ის კვოტა გროვდება რეგულარულად და ნძ-ის და პდ-ის მონაცვლეობა იღებს რეგულარულ სახეს (სურ. 3, ბ).

ძილისა და ღ-ის დღე-ღამური განაწილების სრულყოფილი ანალიზის მიზნით ზღვის გოჭის ძ-ღ ციკლის 24-საათიანი ჩანაწერის ხანგრძლივობა დაყოფილ იქნა 2 სთ-იან ინტერვალებად (სურ. 4). აგრეთვე ცალკე იქნა განხილული ძ-ღ ციკლის ფაზათა განაწილება დღე-ღამის სქემის მიხედვით. როგორც სურ. 4-დან ჩანს,



სურ. 4. ზღვის გოჭის ძ-ლ ციკლის ფაზათა განაწილება 24 სთ-იანი ციკლის თანამიმდევრულ 2 სთ-იან ინტერვალებში. ორდინატთა ღერძზე გადაზომილია ძ-ლ ციკლის ცალკეულ ფაზათა მოცულობები %-ში, ხოლო აბსცისათა ღერძზე - დრო საათებში.

ჩანაწერის პირველი ორი საათი (8.00-10.00) უჭირავს აქტიურ ღ-ს. აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ამ ორსაათიან „უძილობას“ ჩვეულებრივ წინ უსწრებდა ექსპერიმენტატორის რიგი მანიპულაციები, რომლებიც ძილდებრივირებად ეფექტს ახდენდა. ამ პერიოდის შემდგომ ორ საათში აღინიშნებოდა ნდ-ის მოცულობის შთამბეჭდავი გაზრდა - სახეზეა ნდ-ის კანონზომიერი რეზაუნდი, განპირობებული წინა დებრივაციულ პერიოდში მისდამი მოთხოვნილების აკუმულაციით. ნდ-ის მოცულობის ამგვარი ზრდა დანარჩენ ორსაათიან ინტერვალებში არ შეიმჩნეოდა და ძილის განაწილება ზოგადად რჩებოდა თანაბარზომიერი.

განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ის ფაქტი, რომ ღამის პერიოდებში (20.00-8.00) აღინიშნებოდა ძილის საერთო მოცულობის გაზრდა. ნდ-ის მოცულობა იზრდება 22-დან 30%-მდე, მაშინ როცა პდ-ის მოცულობა იზრდება 2-დან 4%-მდე. უნდა აღინიშნოს, რომ ლიტერატურული მონაცემებით [4,5] ზღვის გოჭს არ ახასიათებს აქტივობისა და მოსვენების პერიოდების დომინანტურობა ღლის ან ღამის განმავლობაში.

განხილვა. ექსპერიმენტის დასაწყისში ზღვის გოჭის ძ-ლ ციკლის სტრუქტურას აქვს არარეგულარული და არასტაბილური ხასიათი. ციკლის დებორგანიზაციის მთავარ ფაქტორს წარმოადგენს ღ-ის ფაზის ან ფრაგმენტის ნაადრევი განვითარება როგორც ნდ-ს, ისე პდ-ს ფონზე. როგორც ჩანს, ღ-ის სისტემა ზღვის გოჭებში ხასიათდება ძლიერ განვითარებული სენსორული შესავლით, რის გამოც ხორციელდება ღ-ის სისტემის ძლიერი ინსტიტუტური კონტროლი ძილზე. ამავე დროს, ზღვის გოჭის ძ-ლ ციკლის ფაზათა შორის მიზღვ-შედგებობრივი ურთიერთკავშირი ემორჩილება ზოგად კანონზომიერებებს: ღ ყოველთვის იცვლება ნდ-ით, რომელიც ციკლის ოპტიმალური განვითარების პირობებში გადადის პდ-ში. პდ, როგორც წესი, ვითარდება გამოხატული ღნდ-ს ფონზე და არასოდეს ღ-ის, ან ზნდ-ის ფონზე.

ექსპერიმენტის მსვლელობის მანძილზე არსებული ფონური ჩანაწერების ანალიზმა და აგრეთვე დაკვირვებამ ცხოველთა ქცევაზე დაადასტურა ჩვენი დაშვება იმის თაობაზე, რომ ზღვის გოჭი ძ-ლ ციკლის მარეგულირებელი ნერვული მექა-

ნიშნების ოპტიმალური მუშაობისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ექსპერიმენტის მიმდინარეობის პირობებისადმი ცხოველის მიჩვევას. ძ-ღ-ის ციკლური ორგანიზაციის სტაბილიზაცია, ძილის ტოტალური მოცულობის ზრდა, მისი ინტენსიფიკაცია, ძილის მემ და ქცევით პარამეტრებს შორის დისოციაციის გაქრობა, აგრეთვე ცხოველის დაძაბულობისა და შფოთვის შემცირება წარმოადგენს გარემო პირობებისადმი ზოგადად და, კერძოდ, ექსპერიმენტის თანმხლებ მანიპულაციებთან ცხოველის ადაპტაციის შედეგს.

რაც შეეხება ძილის ტოტალური მოცულობის გაზრდას ღამის პერიოდში, იგი შეიძლება აიხსნას ზღვის გოჭის გაზრდილი აგზნებადობით. გარეგანი გამლზიანებლების დონის შემცირება ღამის საათებში ცხოველს შედარებით მშვიდი ძილის განვითარების საშუალებას აძლევს.

ამგვარად, მიღებული მონაცემების განზოგადების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ზღვის გოჭის ძილი და ძ-ღ ციკლის სტრუქტურა მთლიანად არ წარმოადგენს ანომალურს, რაც ეჭვის ქვეშ დააყენებდა ძილის აუცილებლობას საერთოდ და, კერძოდ, ზღვის გოჭისათვის და ძილის ფუნქციურ მნიშვნელობას ზოგადად.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ი. ბერიტაშვილის სახ. ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. T. Allison, H. Van Twyver. Natural History, 79,2,1970,56-65.
2. В. Ковальзон. Успехи совр. биол., 813, 1976, 379-396.
3. E. Nicholls. J.Comp. Psychol., 2, 1922, 303-330.
4. J. Pellet, G.Beraud. J.Physiol. and behav., 2, 2, 1967, 131-137.
5. J. Pellet, G.Beraud, J.Paillrad. Electroencephalogr. and Neurophysiol., 23,3,1967,288.
6. G. Moruzzi. Ergebn.Physiol., 1972, 114-145.
7. Л. Воитенко, В. Марлинский. Нейрофизиология. Киев,1,1,1993, 52-76.



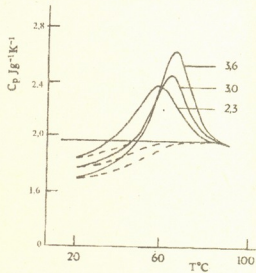
ბ.მრავლიშვილი, მ.ხვედელიძე, თ.მინარაშვილი

„გალღობილი გლობულის“ წყალხსნარში ფაზური გადასვლების ფიზიკური მახასიათებლები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა მ. ზაალიშვილმა 4.03.1997

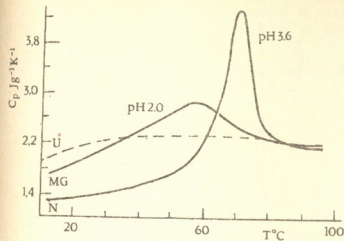
სითბოტევადობის დადებითი ცვლილება, დამზერილი ცილების სითბური დენატურაციის დროს, მიგვანიშნებს, რომ ჰიდროფობული ურთიერთქმედებანი წარმოადგენენ დომინანტურ მმართველ ძალას, რომელიც ანიჭებს სტაბილობას ცილების უნიკალურ ნატიურ სტრუქტურას [1,2]. პრეციზიული სკანირებადი მიკროკალორიმეტრის გამოყენებით ნაჩვენებია, რომ ე.წ. გაღობილი გლობულის დნობა, ე.ი. ცილის შუალედური კონფორმაციული მდგომარეობის დენატურაციის პროცესი დაკავშირებულია სითბოტევადობის მნიშვნელოვან ცვლილებასთან. ზოგი ავტორი ამ გადასვლას ახასიათებს, როგორც II-რიგის ფაზურ გადასვლას, რადგან ადგილი აქვს თერმოდინამიკური პოტენციალის მეორე წარმოებულების ცვლილებას, და არა ენტალპიისა და ენტროპიისა [3].

წინამდებარე ნაშრომში შესწავლილია „გალღობილ მდგომარეობაში“ მყოფი ცხენის ციტოქრომი C-ს წყალხსნარის ფაზური გადასვლის ფიზიკური ბუნება. გლობულარული ცილა - ცხენის ციტოქრომი-C შესყიდულ იქნა ფირმა "SIGMA"-საგან. იგი იმყოფება „მოლტენ გლობულარულ“ („გალღობილი გლობულა“) მდგომარეობაში pH 2,0 დროს (გლიცინის ბუფერი, 0,5M NaCl). იყო გამოყენებული დიფერენციალური ადიამატური სკანირებადი მიკროკალორიმეტრი DASM-4A (გამოშვებულია პუშჩინოში, რუსეთი). DASM-4A-ს პოტენციალური შესაძლებლობები გვაძლევს სამუალებას ვაწარმოთ კვლევა-პრეპარატებისა, რომელთაც არ გააჩნია მუდმივი სიბლანტე და აქვთ ცუდი სითბოგამტარებლობა. დამატებით ხელსაწყო ხასიათდება მაღალი მგრძნობიარობით, ბაზისური ხაზის ზუსტი განმეორადობით; შესაძლებელია შედეგების კონტროლი კომპიუტერით; აგრეთვე შესაძლებელია გაზომვის პროცესების ავტომატიზაცია.



1 სურათზე ნაჩვენებია ციტოქრომი C-ს ხსნარის პარციალური სითბოტევადობის ტემპერატურული დამოკიდებულება pH-ის სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის 0,5M NaCl მარილის შემ-

სურ.1 ციტოქრომი C-ს ხსნარის პარციალური სითბოტევადობის ტემპერატურული დამოკიდებულება pH-ის სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის.



სურ.2 ციტოქრომი C-ს პარციალური სითბოტევადობის ტემპერატურული დამოკიდებულება ცილის სხვადასხვა კონფორმაციული მდგომარეობებისთვის: 1. დენატურირებული მდგომარეობა; 2. ნატიური მდგომარეობა, pH 3,7; 3. „მოლტენ გლობულარული“ მდგომარეობა pH 2,0 (0,5M NaCl)

სიჩქარეების სხვადასხვა მნიშვნელობების დროს (0,125; 0,25; 0,50; 1,0; 2,0 გრადუსი 1 წუთში); შექცევადობა პროცენტისა მოლტენ გლობულა - დენატურირებული მდგომარეობა შემოწმებულია ხელმეორედი სკანირებით; ეს პროცესი აღმოჩნდა სრულიად შექცევადი და წარმოდგენილ იქნა, როგორც მხოლოდ ორ უკიდურეს მდგომარეობას შორის გადასვლის პროცესის ადეკვატური [4,5]. ჩვენ გარეთვე დავრწმუნდით, რომ ცხენის ციტოქრომი C-ს მოლტენ გლობულარული მდგომარეობის სითბური დენატურაცია არის კოოპერატიული პროცესი მცირე, მაგრამ საესებით გარკვეული ΔC_p -ით; დენატურაციის ენთალპიის ცვლილება უდრის $\Delta H=173$ კჯ M^{-1} . დენატურაციის ენთალპია „მოლტენ გლობულის“ გადასვლისთვის შეადგენს მხოლოდ 1/2 საერთო ენთალპიისა დახვეულ და გაშლილ მდგომარეობებს შორის (381 კჯ M^{-1}); ადგილი აქვს სითბოტევადობის მცირე, მაგრამ გამოკვეთილ და დადებით ცვლილებას $\Delta C_p(N-U) = 0,6 \pm 0,06$ კჯ $K^{-1}g^{-1}$; $\Delta C_p(MG-U) = 0,2 \pm 0,02$ კჯ $K^{-1}g^{-1}$; ყველა ეს შედეგები გვარწმუნებს, რომ გადასვლა „მოლტენ გლობულა - დენატურირებული მდგომარეობა“ ციტოქრომისათვის არის მსგავსი I-რიგის ფაზური გადასვლისა, ან უკიდურეს შემთხვევაში წარმოადგენს გარკვეულწილად „შერეულ“ გადასვლას. ეს უკანასკნელი შესაძლებლობა არის ნაწინასწარმეტყველები გლობულა - დახვეული გორგალი გადასვლის ზუსტი სტატისტიკური თეორიით [6]. ასე მაგალითად, გადასვლა გლობულა - დახვეული გორგალი ხისტი ჯაჭვებისათვის წარმოდგენილია, როგორც მკვეთრი I-რიგის ფაზური გადასვლა სიმკვრივის გარკვეული ცვლილებით. მაგრამ ეს გადასვლა ხასიათდება რიგი პარამეტრით, რომლებიც ახლოსაა II-რიგის ფაზური გადასვლასთან, მაგალითად, გადასვლის სითბო არის მცირე [6].

მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები მეტად მნიშვნელოვანია იმისათვის, რომ მოვახდინოთ დეტალური კომპიუტერული მოდელირება, ე.წ. ენერგეტიკული პროფილისა („ლანდშაფტისა“), რომელიც ახასიათებს ცილის გაშლილ პოლიპეპტიდური ჯაჭვის სივრცულ სტრუქტურაში გადასვლის პროცესს. „ენერგეტიკული

ცვლელობის დროს. კარგად არის ცნობილი, რომ pH 1,8-2,0 და მარილის თანაობისას ციტოქრომი-C იმყოფება „მოლტენ გლობულარულ“ მდგომარეობაში [4]. როგორც ვხედავთ გადასვლას ნატიური მდგომარეობა (pH 3,7) → მოლტენ გლობულა (pH 2,0)-თან ახლავს სითბოტევადობის ცვლილება $25^{\circ}C$ -ზე. უნდა აღინიშნოს, რომ პარციალური სითბოტევადობის მნიშვნელობა „მოლტენ გლობულისა“ არის საშუალოდ ნატიურისა (დახვეულ) და დენატურირებულ (გაშლილ) მდგომარეობებს შორის (სურ. 2,3). ჩვენ გაეზომეთ სითბოტევადობების ტემპერატურული დამოკიდებულება სკანირების

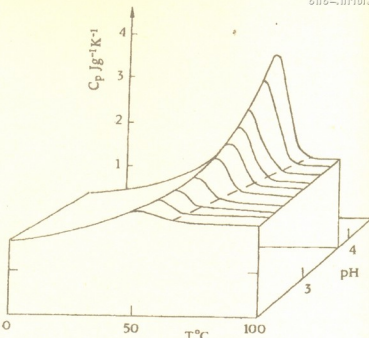
ლანდშაფტი" წარმოიდგინება, როგორც ენერგეტიკული „ძაბრი“ (Funnel), რომელიც უნდა გაიაროს ცილის მოლეკულამ მირიადი შესაძლებელი ბილიკის გავლის მემვეობით, რათა მიალწიოს იმ ბუნებრივ კონფორმაციულ ფორმას, რომელიც ცნობილია, როგორც „ნატიური სტრუქტურა“. მიუხედავად იმისა, რომ დაკეცივსა და დახვევის დროს პოლიპეტიდური ჯაჭვი მიჰყვება გზას, რომელიც აკმაყოფილებს ენერგიის მინიმუმს, ამ გზაზე ენერგეტიკულ „ძაბრს“ გააჩნია თავისებურებანი „არაგლუვი“ ზედაირების სახით. ეს თავისებურებანი შეესაბამებიან ენერგიის „ლოკალურ“ მინიმუმებს, რომელშიაც დროებით თავსდება უკვე გარკვეულწილად დახვეული ჯაჭვი. ე.ი. ჯაჭვის სეგმენტები იმყოფებიან ე.წ. „ფრუსტრაციის“ ("frustrated") მდგომარეობებში. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, არსებობს წინააღმდეგობრივი ურთიერთქმედებანი ჯაჭვების სეგმენტების დაახლოების დროს ცილის დახვევის პროცესში.

„მოლტენ გლობულა“ ენერგეტიკულ „ძაბრში“ იკავებს შუალედურ მდგომარეობას [7], როდესაც პოლიმერულ ჯაჭვს უკვე გავლილი აქვს ნახევარი გზა სივრცობრივი სტრუქტურის ფორმირებისათვის. ჩვენი თერმოდინამიკური გაზომვები გვაძლევენ ძაბრის ყელის კუთხური დაბრის მნიშვნელობას (ამ დროს ეფექტური კონფორმაციის ძიებისათვის საჭირო გამოთვლების მოცულობა მცირდება და უფრო ადვილი ხდება კომპიუტერული გამოთვლის ამოცანა) [7]. რაც შეეხება „მოლტენ გლობულის“ კონფორმაციების მოძრაობათა თავისებურებებს, ისინი შეიძლება დახასიათდნენ ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის მეთოდით მიღებული შედეგებით.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. P. L. Privalov. Adv. Prot. Chem., 38, 1979, 167.
2. J. M. Sturtevant. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 74,6, 1977, 2236.
3. P. L. Privalov. J. Mol. Biol., 258, 1996, 707.
4. D. Hamada, S. Kidokoro, H. Fukada, K. Takahashi and Y. Goto. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 91, 1994, 10325.



სურ.3 ციტოქრომი C-ს სითბოტევადობის ცვლილების ზედაირი სხვადასხვა ტემპერატურისა და pH-ის დროს.



5. *D. Hamada, Y. Kuroda, M. Kataoka et al. J.Mol. Biol., 256, 1996, 172.*
6. *И. М. Лифшиц, А. Ю. Гроссберг, А. Р. Хохлов. Успехи физических наук, 127, 1979, 353.*
7. *J. N. Onuchic, P. G. Wolynes, Z. Luthey-Schulten and N. Succi. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 92, 1995, 3626.*



ნ. ბუბულაძე, ი. წულეისკირი, მ. წულაია, მ. მელაძე

ლიპიდების ზეშანბნური ჟანბვის ინიციაციის ნეიტროფილების მემბრანაში ოქსონირებული ხსნარით

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ნუტუბიძემ 16.01.1997

ცნობილია, რომ ნორმალურ პირობებში ნეიტროფილები იმყოფებიან მოსვენებულ მდგომარეობაში და მათი ფუნქციური აქტიურობა ვლინდება მხოლოდ მასტიმულირებელი აგენტების მოქმედების შედეგად. გარეგანი სიგნალის ტრანსდუქციას უჭრედშიდა პროცესებში თან ახლავს რიგი საპასუხო რეაქციების თანმიმდევრობა. სტრუქტურულ-ფუნქციური ძვრები პირველ რიგში ეხება პლაზმურ მემბრანას [1]. მრავალრიცხოვანი ლიტერატურული მონაცემებით, გარეგან სიგნალს მივყავართ ნაღფ H ოქსიდაზური სისტემის გააქტიურებამდე, რომელიც ახდენს ნეიტროფილების მემბრანაში O-ის გენერაციას [2]. დასრულებული ფაგოციტოზის განხორციელებაში ცენტრალური ადგილი უჭირავს ნაწილაკის შთანთქმას [3]. შთანთქმას წინ უძღვის კოოპერირებული პროცესების კასკადი, რომლებიც საბოლოოდ იწვევენ მემბრანაში რეგიონალურ ფაზურ ცვლილებებს. ლიპიდური ფაზის უბანი, რომელიც შემდგომში ჩაერთვება ფაგოციტურ ეფიკულში, უფრო კონდენსირებული და ნაკლებ ძვრადი ხდება.

ზოგიერთი ვირუსით ან კაპსულირებული ბაქტერიით ინფიცირებისას, მათი ტოქსიკური და აგრესიული აგენტების გავლენით, ხდება ნეიტროფილების ბლოკირება, რაც პირველ რიგში იწვევს ნაღფ H ოქსიდაზური სისტემის ინჰიბირებას და ამის გამო O-ის გენერაციის დონის დაქვეითებას [4].

მოცემული სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა, დაგვედგინა ეგზოგენური ოქსიდანტის, კერძოდ ოზონირებული ფიზიოლოგიური ხსნარის გავლენა ნეიტროფილების ფუნქციურ აქტიურობაზე.

მასალა და კვლევის მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ადამიანის პერიფერიული სისხლიდან გამოყოფილი ნეიტროფილები. ნეიტროფილების გამოყოფა ხდებოდა სტოსელის მეთოდით [5]. ნეიტროფილების ფაგოციტურ აქტიურობაზე ვმსჯელობდით მათ მიერ შთანთქმული პოლისტიროლის რაოდენობის მიხედვით [6]. ლიპიდების ზეეანგური ჟანგვის ხარისხს ვაფასებდით მალონდიალდეჰიდის (მდა) რაოდენობის მიხედვით [7].

ნეიტროფილების ოზონირება ხდებოდა შემდეგნაირად: 2 მლ მოცულობის ნეიტროფილების სუსპენზიას (1×10^6 უჯრ/მლ) ვუმატებდით 2 მლ. ოზონირებულ ფიზიოლოგიურ ხსნარს (50 მკგ/მლ), ვინკუბირებდით 30 წთ-ის განმავლობაში 37° C-ზე. ვლექავდით (2000 ბრ/წმ, 10 წთ) და ვრეცხავდით 2-ჯერ კრებს-რინგერის ფოსფატური ბუფერით (1500 ბრ/წმ, 5 წთ).

მდა-ს ლაგროვება ფაგოციტოზის პროცესში

ფაგოციტოზის მიმდინარეობა (წთ)	მდა-ს კონცენტრაცია მკმოლი
0	0,50 ± 0,01
5	1,62 ± 0,02
10	1,72 ± 0,02
15	1,75 ± 0,01
20	1,86 ± 0,02

კვლევის შედეგები და მათი განხილვა. სამუშაოს საწყის ეტაპზე ვსაზღვრავდით ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის ხარისხს ფაგოციტოზის მსვლელობისას. კვლევის შედეგები მოცემულია 1 ცხრილში.

ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ ფაგოციტოზის მსვლელობისას ხდება ნეიტროფილების მემბრანაში ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის ზრდა.

ნეიტროფილის პლაზმურ მემბრანაში ლიპიდური ფაზის სტრუქტურულ მდგომარეობას გადამწყვეტი როლი ენიჭება მისი ფუნქციური აქტიურობისათვის. სააზარაუდოა, რომ ლიპიდების წინასწარი დაჟანგვა, შესაბამისად კონდესირებული ფაზის წილის ზრდა ნეიტროფილების მემბრანაში ხელს უწყობდეს ფაგოციტოზის განხორციელებას. ჩვენს ექსპერიმენტებში ნეიტროფილებს წინასწარ ვამუშავებდით ოზონირებული ფიზიოლოგიური ხსნარით. როგორც ვიცით, ოზონი ძლიერი ოქსიდანტია და მისი მოქმედება პირველ რიგში ხორციელდება უჯრედის მემბრანაზე [8]. ოზონირების შემდეგ ვსაზღვრავდით ნეიტროფილების ფაგოციტურ აქტიურობას. ოზონირებული ხსნარის გავლენით იზრდება ნეიტროფილების მემბრანაში ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის დონე (ცხრ. 2). პარალელურად მატულობს ნეიტროფილების ფაგოციტური აქტიურობა. სუპეროქსიდისმუტაზას

ცხრილი 2

ოზონით ინიცირებული ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის გავლენა ნეიტროფილების ფაგოციტურ აქტიურობაზე

ზეჟანგური ჟანგვის ინიციაცია	მდა-ს კონც. მკმოლი	შთანქმული პოლისტიროლის რაოდენობა მკგ
კონტროლი	0,45 ± 0,01	20
O ₃ -ის ხსნარის (50 მკგ/მლ)	1,95 ± 0,03	63
სოდ (1 აქტ. ერთ/მლ) + O ₃	0,55 ± 0,02	25

ფაგოციტური აქტიურობა პლევრის არასპეციფიკური ემპიემით დაავადებული ადამიანის სისხლიდან გამოყოფილ ნეიტროფილებში

ექსპერიმენტის პირობები	მდა-ს რაოდ. (მკგ)	პოლისტიროლის რაოდ. (მკგ)
კონტროლი	0,45 ± 0,01	20
ნეიტროფილები დაავადებულის სისხლიდან	0,20 ± 0,01	12
ნეიტროფილები დაავადებულის სისხლიდან ოზონირების შემდეგ	0,42 ± 0,01	18

დამატებისას საინკუბაციო არეში, ნეიტროფილების ოზონირებისას იწვევდა მდა-ს რაოდენობით შემცირებას, რაც მიუთითებს ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის დონის დაქვეითებაზე. ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის დაქვეითების პარალელურად მცირდება ნეიტროფილების ფაგოციტური აქტიურობა.

შემდგომ ეტაპზე ვსაზღვრავდით ფაგოციტურ აქტიურობას არასპეციფიკური პლევრის ემპიემით დაავადებული ადამიანების პერიფერიული სისხლიდან გამოყოფილ ნეიტროფილებში. ასეთ ნეიტროფილებში შეინიშნებოდა, ნორმასთან შედარებით ფაგოციტური აქტიურობის დაქვეითება, რაც განპირობებული უნდა იყოს პათოგენური ფლორის აგრესიული მოქმედებით. ამ ნეიტროფილების ინკუბაცია ოზონირებულ ხსნართან იწვევდა ფაგოციტური აქტიურობის ზრდას, რომელიც უახლოვდება ნორმალურ დონეს (ცხრილი 3).

მიღებული შედეგები საფუძველს გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ ნადფ H ოქსიდაზური სისტემის ინჰიბირების შემთხვევაში, გარკვეულწილად შესაძლოა ნეიტროფილების ფუნქციის კორექცია ოზონირებული ხსნარის გამოყენებით.

ფტიზიატრის და პულმონოლოგის

რესპუბლიკური კვლევითი სამეცნიერო ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. T. P. Stossel, T. D. Pollard, R. J. Mason, M. Vaughan. J. Clin. Invest., **50**, 1971, 1745-1757.
2. J. M. Roberts, J. H. Quastal. Biochem. J., **89**, 1963, 150-155.
3. J. A. Bellant, R. J. Krasner, P. J. Barellon. J. Immunol., **108**, 1972, 142-151.
4. R. D. Berlin, J. P. Fera. Proc. Nath. Acad. Sci. USA, **74**, 3, 1977, 1072-1076.
5. N. D. Stalnaia, T. G. Garishvili. In: Modern methods in biochemistry. M., 1977 (Russian).
6. S. V. Konev, V. K. Matis, A. M. Melnikova, A. N. Rubenok. Microbiologia, **51**, 1984, 220-224 (Russian).
7. M. B. Hallet, A. K. Campbel. Biochem. Society Transactions, **12**, 6, 1984, 1083-1084.
8. R. Seifert, W. Rosenthal, G. Schults. FEBS Lett., **205**, 1986, 161-165.

ნ. ბიუნაშვილი, რ. ბახოკიძე

მცენარეთა ზრდის რეგულატორის – ლუკრეაზინის გავლენა
ნიტრატის ასიმილაციაზე ლობიოს კულტურაში ვეგეტაციის
აღრეულ სტადიებში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. კვესიტაძემ 2.07.1997

მცენარეთა ზრდის რეგულაციის ერთ-ერთ ძირითად მეტაბოლისტურ მახასიათებელს წარმოადგენს აზოტის შეთვისების მეტაბოლისტური სტატუსი. ვეგეტაციის აღრეულ სტადიებზე პარკოსანთა აზოტოვან მეტაბოლიზმში განმსაზღვრელ როლს აზოტოვან ნაერთთა არაორგანული ფორმების ასიმილაციის პროცესები ასრულებენ [1]; წარმოდგენილ ნაშრომში შესწავლილია მცენარეთა ზრდის რეგულატორის – ლუკრეაზინის ზემოქმედება ლობიოს ღივებში ნიტრატის ასიმილაციაზე.

ნიტრატების ასიმილაციის საკვანძო ფერმენტის – ნიტრატრედუქტაზის აქტივობა წარმოადგენს მცენარეებში აზოტოვანი მეტაბოლიზმის საერთო სტატუსის განმსაზღვრელს [2]. ამიტომ ლუკრეაზინის გავლენას ვსაზღვრავდით ნიტრატრედუქტაზის აქტივობაზე ზემოქმედების ხარისხის მიხედვით.

საცდელ მასალად გამოვიყენეთ $5\mu\text{M}$ კონცენტრაციის ნატრიუმის ნიტრატის შემცველ ჰოგლენდის არეში ორანჟერეის განათების პირობებში მოყვანილი ლობიოს ღივების პირველადი ფოთლები. სათესლე მასალას ვამუშავებდით (გაჯირჯვება) ლუკრეაზინის სტანდარტული ხსნარით 22 საათის განმავლობაში. ნიტრატრედუქტაზის აქტივობას ვსაზღვრავდით *in vivo* იავორსკის მეთოდით [3]. ცილას ვსაზღვრავდით ამილოზავის საშუალებით [4]. მოყვანილი მონაცემები წარმოადგენს საშუალო სტატისტიკურ მაჩვენებლებს თავისუფლების ხარისხით – 15.

ნიტრატრედუქტაზის აქტივობა ვეგეტაციის მე-6 დღიდან დაწყებული (პირველადი ფოთლების გაშლა) 27-ე დღის ჩათვლით ლუკრეაზინით დამუშავებულ მცენარეებში სტაბილურად აღემატება საკონტროლო მცენარეთა მაჩვენებლებს. ცილის საერთო შემცველობის პროცენტული მაჩვენებლები კორელაციამაინა ნიტრატრედუქტაზული აქტივობის მონაცემებთან (ცხრ.). ნიტრატრედუქტაზის აქტივობა 28 დღეზე მეტი ასაკის საცდელ ღივებში ჩამორჩება საკონტროლო მცენარეთა მაჩვენებლებს (ცხრ.).

ვეგეტაციის პერიოდში ლუკრეაზინით დამუშავებულ მცენარეებში ნიტრატრედუქტაზის აქტივობის შემცირებას ჩვენ არ განვიხილავთ როგორც ფერმენტის ინჰიბირების შედეგს პირდაპირი მნიშვნელობით. როგორც ჩანს, ეს დაკავშირებულია ვეგეტაციის პროცესის დაჩქარებასთან ლუკრეაზინის ზემოქმედებით, რის შედეგადაც ნიტრატრედუქტაზის აქტივობის შემცირების ასაკობრივი ეფექტი და-

ნიტრატრედუქტაზის აქტივობა *in vivo* და ცილის შემცველობა ლუკრეაზინის სტანდარტული ხსნარით დამუშავებული თესლებით მიღებული ლობიოს ღივების პირველად ფოთლებში საკონტროლო მცენარეების მაჩვენებლებთან შედარებით

ღივების ასაკი	ნიტრატრედუქტაზის აქტივობა	ცილის შემცველობა
ღივები	(% კონტროლთან)	(% კონტროლთან)
6	+12	+9
9	+15	+11
12	+21	+15
15	+27	+20
18	+29	+20
21	+19	+20
24	+19	+17
27	+17	+12
28	+5	
30	-10	
33	-9	

მუშავებულ მცენარეებში ასწრებს საკონტროლო მცენარეთა ანალოგიურ ეტაპს, რადგან ხდებოდა თესლების ლუკრეაზინით პირველადი დამუშავება, ამკარაა ნივთიერების მაღალი ფიზიოლოგიური აქტივობაც.

წარმოდგენილი მონაცემების საფუძველზე ვთვლით, რომ ლობიოს ვეგეტაციის ადრეულ სტადიებში ნიტრატების ასიმილაციის პროცესი განიცდის ლუკრეაზინის მასტიმულირებელ ზეგავლენას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 მცენარეთა ბიოქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Van Beusichem. Z. Pflanzenphysiol., 109, 5, 1983, 449-458.
2. J. E. Harper, R. H. Hageman. J. Plant Physiol., 49, 2, 1972, 146-154.
3. E. G. Jaworski. Biochim. Biophys. Res. Commun., 43, 6, 1971, 1274-1279.
4. Г. А. Бузун и др. Физиол. раст., 29, 1, 1982, 198-204.



ჯ. კერესელიძე

ამერიკული მსხვილნაყოფა შტომის (OXYCOCCUS
MACROCARPUS PERS.) ღარბვის სიმპიოტიკოსის გავლენა
კალმების დაზვესიანებასა და ბიომეტრულ მაჩვენებლებზე

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. გიგაურმა 10.06.1997

ამერიკული მსხვილნაყოფა შტომის კალმების დაფესვიანების უნარზე დარგვის სიმპიოტიკოსის გავლენა და ბიომეტრულ პარამეტრებზე გამოკვლევები ტარდებოდა 4 ვარიანტად.

ვარიანტებში დარგვის სიხშირე იყო: I ვარიანტი - 2,5x2,5 სმ, II ვარიანტი - 5x5 სმ, III ვარიანტი - 7,5x7,5 სმ და IV ვარიანტი - 10x10 სმ. შესაბამისად 1 მ²-ზე დაირგა I ვარიანტში 1600, II ვარიანტში 400, III ვარიანტში 178, ხოლო IV ვარიანტში 100 კალამი.

დადგინდა, რომ კალმების დაფესვიანება საწყის პერიოდში მცირედაა დამოკიდებული ნარგავობის სიხშირეზე. დარგიდან (15.04) 2 თვის განმავლობაში სხვადასხვა ვარიანტებში გახარების შედეგმა საშუალოდ გადააქარბა 80%-ს. ცდის ყველაზე მჭიდროდ (2,5x2,5 სმ) დარგულ ვარიანტში შეინიშნებოდა დაკალმებულ მცენარეთა თანდათანობითი კვდომა, სადაც საბოლოოდ დარჩა გახარებულ კალმების მხოლოდ 53%. დანარჩენ ვარიანტებში გახარება მუდმივად მაღალი იყო და შეადგინა 85-100% (ცხრ.).

ყლორტების წარმოქმნის ინტენსივობა და მცენარეთა ზრდის სისწრაფე მჭიდროდ უკავშირდება კალმების განლაგების ხასიათს. კალმების დარგვის სიხშირის ზრდასთან ერთად, თითოეული მცენარის მიერ ფორმირებული ყლორტების რაოდენობა კანონზომიერად მცირდება (ცხრ.). ეს მაჩვენებელი უარყოფით გავლენას ახდენს მცენარეთა ზრდის ინტენსივობაზე. კალმების დარგიდან 5 თვის შემდეგ ფორმირებული მცენარეების ყლორტების ჯამური სიგრძე სიხშირის მიხედვით შეადგენდა 55, 93, 132 და 145 სმ-ს. ამავე თანმიმდევრობით და ტენდენციით იცვლებოდა ყლორტების დიამეტრი.

ცნობილია, რომ განსხვავებული სიხშირის დროს სხვა კულტურების მცენარეთა განვითარებაში არსებით სხვაობას ხშირად უკავშირებენ არა მინერალური კვების ფაქტორს, არამედ ფოტოსინთეზის მიმდინარეობის განსხვავებულ პირობებს [1-3]. ზრდისა და განვითარების შედეგად მცენარეები იწყებენ ერთმანეთის დაჩრდილვას. ჩვენი დაკვირვებებით ზრდის საწყის პერიოდში მცენარეთა ზრდის ინტენსივობა, ნაზარდის ბიომასა და სხვა მაჩვენებლები არსებითად არ განსხვავდებოდნენ. მაგრამ ასიმილაციის უნარის მქონე ფოთლის ფართობის საკმარისი განვითარების დროს კი ეს განსხვავება საკმაოდ შესამჩნევი ხდებოდა.

შტომის დარგვის ხიმშიდროვის გავლენა კალმების დაფესვიანებასა და ბიომეტრულ პარამეტრებზე

ბიომეტრული მაჩვენებლები	დარგვის სისშირე, სმ			
	2,5x2,5	5x5	7,5x7,5	10x10
დაფესვიანება, %	53,0	88,5	85,5	100,0
ყლორტების რაოდენობა, ცალი	3,0	4,5	6,0	6,5
ყლორტების ჯამური სიგრძე, სმ	55,0	93,0	132,0	145,0
ყლორტების საშუალო სიგრძე, სმ	17,0	22,0	21,5	22,5
ყლორტების დიამეტრი, სმ	0,8	0,9	0,9	0,9
ფოთლების რაოდენობა - 10 სმ სიგრძის ყლორტზე, ცალი	18,5	15,0	16,0	17,0
ფოთლების ფართი, მმ ²	58,0	64,0	65,5	63,5
1 მცენარის ნედლი მასა, გ	1,5	1,9	3,5	4,5

ცნობილია ისიც, რომ ნარგაობის ერთიანი სისტემის განათების პირობებზე დამოკიდებულია როგორც ფოთლების ოპტიკური თვისებები, ისე მათი ფართობიც. ამ ორი მაჩვენებლით კი სათანადოა განპირობებული მცენარის პროდუქტიულობა [4].

დარგვის სისშირის სხვადასხვა ვარიანტებში ვამჩნევდით სათანადო განსხვავებებს ცალკეული ფოთლის ფართობებისა და ყლორტების შეფოთვლის ხარისხშიც. იმაზე დამოკიდებულებით, თუ რამდენ ხანს იმყოფებოდა მცენარე სუსტი განათებისა და ხშირი ნარგაობის პირობებში, მისი ფოთლების ზედაპირი თავისი განვითარებით მნიშვნელოვნად ჩამორჩებოდა მეჩხერი ნარგაობის ფოთლების ზედაპირს. თუ გვეცოდინება ფოთლების ზედაპირის ფართობი და 1 მცენარის ბიომასა (მიწისზედა ნაწილი) ა. ნიჩიპოროვიჩის [2,3] მეთოდის გამოყენების საფუძველზე შეიძლება განვსაზღვროთ ასიმილაციის უნარის მქონე ზედაპირის ერთეულის „შრომის“ ნაყოფიერება. 5 თვის მანძილზე მან შეადგინა 2-2,5 გ/დმ² ფოთოლთა ზედაპირზე და ყველაზე მაღალი იყო ნაკლები სისშირის მცენარეებში.

გამრავლების ეფექტურობის დასადგენად ცდის ვარიანტების შეფასებაში დახმარებას გვიწევს ფართობის ერთეულზე ფორმირებული ყველა მცენარის ყლორტების ჯამური სიგრძის მონაცემები. ჯამური ნაზარდისა და თავდაპირველად გამოყენებული სარგავი მასალის საერთო რაოდენობის შეფარდება იძლევა გამრავლების ნაყოფიერებას, რომელიც ყველაზე დაბალი იყო უფრო ხშირი ნარგაოების

შემთხვევაში. გამრავლების ყველაზე დიდ ეფექტს უზრუნველყოფს კალმების დარგვა 10x10 სმ სიხშირით. მეორე ვეგეტაციური თაობის მცენარეები 2,5 თვეში ფორმირდებოდნენ ისეთი გამრავლების ეფექტურობით, რომელიც ერთნაირად მაღალი იყო კალმების 5x5 და 10x10 სმ რგვის შემთხვევაში.

ამგვარად, შტომის ეფექტური გამრავლებისათვის ღია გრუნტის პირობებში გარემოს ძირითადი ფაქტორების ოპტიმიზაციასთან ერთად მნიშვნელოვანია ნარგავობის რაციონალური სიხშირის შერჩევა. ამასთან, ერთ-ერთ განმსაზღვრელ პარამეტრს წარმოადგენს სარგავი კალმების ზომა. თუ დაკალმება წარმოებს მოკლე კალმებით (არაუმეტეს 3-4 სმ), მაშინ მათი მაქსიმალური დაფესვიანება ვლინდება 5x5 სმ სიხშირით რგვის შემთხვევაში, ხოლო 10 სმ სიგრძის კალმებიდან მცენარეთა განვითარება ყველაზე ინტენსიურად და მაღალი გამრავლების კოეფიციენტით მიმდინარეობს კალმების 10x10 სმ სიმჭიდროვით დაკალმების პირობებში.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ცენტრალური ბოტანიკური ბაღი

ლიტერატურა

1. *Т. Д. Губарь, О. Э. Крейберг, С. Х. Кристалле.* Фотосинтез и продуктивность растений, М., 1965, 17-44.
2. *А. А. Ничипорович.* Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. М., 1970. 320 ст.
3. *А. А. Ничипорович.* Физиология Фотосинтеза. М., 1982, 7-33.
4. *И. А. Шульгин.* Растение и солнце. Л., 1973, 253 ст.

ბ. ყვავაძე

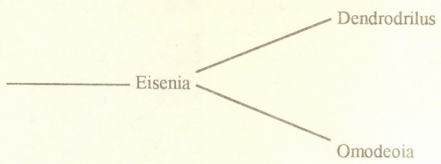
EISENIA-ს გვარის (*OLIGOCHAETA:LUMBRICIDAE*) ფილოგენიისა
და ორი კავკასიური ზინაყელას სახეობრივი
დამოუკიდებლობის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ელიავამ 30.12.1996

ჭიაყელების ოჯახის გვარების ფილოგენიის საკითხი პირველად მიხაელსენმა [1] დააყენა. მისი აზრით, ჭიაყელებმა განიცადეს დივერგენცია ორ ძირითად შტოდ. ერთმა შტომ დასაბამი მისცა გვარებს *Eisenia*-ს და *Eiseniella*-ს, ხოლო მეორემ – სამ მიმართულებას: ერთისგან წარმოიშვა გვარი *Octolasion*, მეორისაგან გვარები – *Eophila* და *Bimastus*, მესამისაგან კი – *Dendrobaena* და *Lumbricus*. შემდგომში ამ საკითხებზე მუშაობდნენ ომოდეო [2] და მრშიჩი [3]. ომოდეოს აზრით, გვარი *Eisenia* (ქვეოჯახი *Eiseninae*) თავისი პრიმიტიული ნიშნების გამო დამოუკიდებელი ფილოგენეზური შტოა და იგი მან მთლიანად გამოყო ძირითად ევოლუციური მიმართულებისაგან (ქვეოჯახი *Lumbricinae*). მრშიჩის მიხედვითაც *Eisenia* ჭიაყელების ფილოგენეზში ერთ-ერთი დამოუკიდებელი ხაზია და მან დასაბამი მისცა გვარებს: *Eiseniella*, *Fitzingeria*, *Satschelius*, *Healyella*, *Dendrobaena*, *Murchiona*, *Spermophorodrilus* და ამავე ხაზისგან შესაძლებელია წარმოშობილიყო *Allotobophoridella*, *Bimastus*, *Dendrodrilus*.

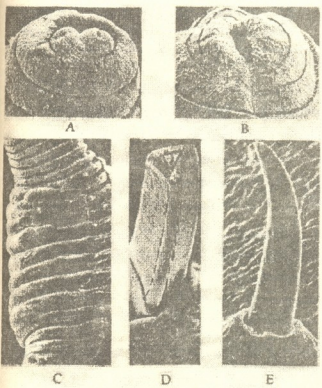
საერთოდ მრშიჩის მიერ ჭიაყელების გვარებად დაყოფასა და ფილოგენიის საფუძვლად უდევს ნეფრეიდების ბუშტების ფორმა და სხეულის მიმართ მათი ორიენტაცია. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ნეფრეიდების ბუშტების მიხედვით აგებული ჭიაყელების ოჯახის ფილოგენეზური სქემა სრულად არ ასახავს იმ რეალურ სურათს, რასაც ადგილი ჰქონდა ამ ცხოველების დივერგენტული ევოლუციის პროცესში. გამომყოფი სისტემის აგებულების მიხედვით ჭიაყელები ქმნიან ორ ძირითად ჯგუფს: პირველი მათგანის წარმომადგენლებს ნეფრეიდების ბუშტები არ გააჩნიათ (გვარები: *Helodrilus*, *Proctodrilus*, *Diprorodrilus*), მეორისთვის (ყველა დანარჩენი გვარი) დამახასიათებელია სხვადასხვა ფორმისა და სხეულის მიმართ სხვადასხვაგვარად ორიენტირებული ნეფრეიდების ბუშტები. როგორც ნაჩვენებია იყო [4], განსხვავებული ფორმის ნეფრეიდების ბუშტები დამახასიათებელია არა მარტო სხვადასხვა გვარის სახეობებისათვის, არამედ ერთი და იმავე სახეობის ერთსა და იმავე ინდივიდისათვის. ჭიაყელების ოჯახში სისტემატიკისა და ფილოგენიის საკითხის გაშუქებისათვის უფრო მნიშვნელოვანია სასქესო ჯაგრების ფორმა და სტრუქტურა. მასკანირებელი ელემენტარული მიკროსკოპით ჩატარებული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ *Eisenia*, *Omodeoia* და *Dendrodrilus* გვარების ჭიაყელებისათვის დამახასიათებელია სამწახნაგოვანი (სამლარიანი) სასქესო ჯაგ-

რები [5-7], რაც ამ ტაქსონების ფილოგენეზური ერთიანობის მაჩვენებელია. შიშველი
 ზანშეწონილია აგრეთვე ამ ნიშნით აღნიშნული ტაქსონების ქვეოჯახში *Eiseninae*
Omodeo 1956 გაერთიანება და მასში გვარების ფილოგენეზური ურთიერთობის
 შემდეგი სქემით გამოხატვა:



როგორც აღინიშნა, *Eisenia*-ს გვარის სახეობებისთვის დამახასიათებელია სამ-
 ლარიანი სასქესო ჯაგრები, ხოლო ლოკომოტორული ჯაგრების სტრუქტურა და
 სკულპტურა სპეციფიკურია ამა თუ იმ სახეობისათვის. ამის თვალსაჩინო მაგა-
 ლითია ქვემოთ მოცემული *E. breviclitelata*-სა და *E. transcaucasica*-ს ლოკო-
 მოტორული ჯაგრების თავისებურებანი.

ჭიაყელა *E. transcaucasica* აღწერილია [8] კრასნაია პოლიანადან (სოჭის რა-
 იონი). შემდგომ იგი ნაპოვნი იქნა კავკასიის ბიოსფერულ ნაკრძალში და შოვის
 (ონის რაიონი, საქართველო) მიდამოებში. გარდა ამისა, მდ. ლაურას ხეობიდან
 (კავკასიის ბიოსფერული ნაკრძალი) აღწერილია ქვესახეობა *E. transcaucasica*
breviclitelata [9]. ეს უკანასკნელი ნაპოვ-
 ნი იქნა აგრეთვე მდ. მზიმთას მარჯვენა
 ნაპირზე (წაბლის ტყე). მიუხედავად
 მსგავსებისა, რაც ალბათ წარმოშობის
 ერთიანობითაა განპირობებული, ჭიაყე-
 ლები *E. transcaucasica* და *E.*
breviclitelata მკვეთრად განსხვავდებიან
 ერთმანეთისაგან სარტყლისა და სასქე-
 სო მუთაქების მდებარეობით, აგრეთვე
 პაპილების რაოდენობითა და განლაგე-
 ბით, რაც ალბათ მათი რეპროდუქტიუ-
 ლი ოზოლაციის განმსაზღვრელია. განს-
 ხვავება შეიმჩნევა აგრეთვე თავის ლა-
 პოტისა და ანალური ხერელის აგებუ-
 ლებაში.



სურ. 1. *E. breviclitelata*; A - prostomium x 100; B - anus x 100; C - სარტყელი x 25; D - სასქესო ჯაგარი 33^bx2500; E - ლოკომოტორული ჯაგარი 60^d

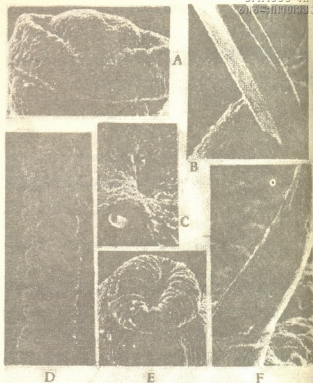
***Eisenia breviclitelata* Kvavadze, 1985.** სქესმწიფე ჭიაყელების სიგრძე 30-53 მმ, ხოლო სიგანე 4-6 მმ-ია. სეგმენტთა რიცხვია 90-175. ჭიები პიგმენტაციას მოკლებულია. თავისი ლაპოტი (1/3-1/4) ეპილობურია და პერისტომი-

უმი ორ თანაბარ ნაწილადაა გაყოფილი (სურ. 1, A). ზურგის ფორები იწყება 4/5 სეგმენტორისი ღარიდან. ჯაგრები ძლიერაა დაახლოებული, სარტყლის შემდეგ $aa:ab:bc:cd:dd=35:5:30:4:90$. სეგმენტების 9, 13, 16, 17, 20-35 ab და 11, 12 cd ჯაგრები სასქესოა და მათი დისტალური ნაწილი სამწახნაგოვანი (სამლარიანი) და წაწვეტებულია (სურ. 1, D). ისინი განლაგებულია პაპილებზე. ლოკომოტორულ ჯაგრებს გააჩნიათ განივი ჩაღრმავებანი და მათი ფსკერი შედგება ორი ან სამი ღარტაფისაგან (სურ. 1, E). მდედრობითი სასქესო ხერელები 14 სეგმენტზეა b ჯაგრების ზევით. მდედრობითი სასქესო ხერელებიდან b ჯაგრებიამდე 0,12 - 0,14 მმ-ია. მამრობითი სასქესო ხერელები 15 სეგმენტზეა და მათ გარშემო ჭირკვლოვანი მინდვრები არაა განვითარებული. მანძილი b ჯაგრებიდან მამრობით სასქესო ხერელებამდე 0,70-0,75 მმ-ია, ხოლო ამ ხერელებიდან c ჯაგრებამდე - 0,30 - 0,35 მმ-ია. უნაგირისებრი სარტყელი მოთავსებულია 25-33 ან 25-34 სეგმენტებზე. განიერი სასქესო მუთაქები მოიცავენ 29-33 ან 29-1/434 სეგმენტებს (სურ. 1, C). ოთხი წყვილი სასქესო ბუმბუტუკი მოთავსებულია 9-12 სეგმენტებში. თესლმიმღები 10-11 სეგმენტებშია და მათი სადინარები d ჯაგრების ხაზს ზევით იხსნებიან. მანძილი d ჯაგრებიდან თესლმიმღების ხერელებამდე 0,75-0,80 მმ-ია, ხოლო ამ ხერელებიდან ზურგის ფორებამდე - 1,10-1,25 მმ. კიროვანი ჭირკვლები 10-12 სეგმენტებშია. 5/6-7/8 და 13/14-14/15 სეგმენტორისი ტიხრები გასქელებულია. ჩიჩახვი მოიცავს 15-16, ხოლო კუნთოვანი კუჭი 17-18 სეგმენტებს. სიგრძივი კუნთები ბუმბუტუკისებურია. ტიფლოზოლი მთავრდება 86-155 სეგმენტებში. უკანა ნაწლავი მოიცავს 11-16 სეგმენტს.

მასალა. კავკასიის ბიოსფერული ნაკრძალი: წაბლის ტყე მდ. ლაურას მარჯვენა ნაპირზე, 9 სქესმწიფე და ერთი იუველური ეგზ., სექტემბერი, 1980; ნიადავში წაბლის ტყის ქვეშ მდ. ლაურას მარჯვენა ნაპირი, 6 სქესმწიფე და 3 იუველური ეგზ., ივლისი, 1981 (ე. ყვავაძის კოლექცია).

გავრცელება. მდ. მზიმთას აუზის (სოჭის რაიონი, კრასნოდარის მხარე, რუსეთი) წაბლის ტყეები.

Eisenia transcaucasica Perel, 1967. სქესმწიფე ჭიაცელების სიგრძე 83-105 მმ-ია, ხოლო სიგანე სარტყლის მიდამოში 6-7 მმ. სეგმენტთა რიცხვია 129-179. ქიები პიგმენტაციას მოკლებულია. თავის ლაპოტი (1/3-1/2) ეპილობური და ლიაა.



სურ. 2. *E. transcaucasica*:

A - prostomium x 100; B - სასქესო b ჯაგარი სარტყელზე x 2500; C - მდედრობითი სასქესო ხერელი x 500; D - სასქესო მუთაქები x 25; E - ანალური ხერელი x 100; F - ლოკომოტორული ჯაგარი b სარტყლის წინ 2500.

(სურ. 2, A). ჯაგრები ძალიანაა დაახლოებული, სარტყლის შემდეგ $aa:ab:bc:cd:dd=26:5:20:3:65$. სეგმენტების 10, 12, 20-23, 25-38 ab და 13 სეგმენტის cd ჯაგრები სასქესოა, სამწახნაგოვანი (სამლარიანი) და განლაგებულია პაპილებზე (სურ. 2, B). ლოკომოტორულ ჯაგრებს გააჩნია რკალისებრი ჩაღრმავებანი, რომლებიც თავის მხრივ შედგება ოთხიდან ხუთამდე პატარა ორმოსაგან და გარეგნულად ეს ჩაღრმავებანი წვრილი ტუბულოვრების ნაკვალევს მოგვაგონებენ (სურ. 2, F). მდებრობითი სასქესო ხვერელები 14 სეგმენტზეა b ჯაგრების ზევით. ამ ხვერელებიდან b ჯაგრებამდე 0,12-0,13 მმ-ია. (სურ. 2, C). ამპრობითი სასქესო ხვერელები 15 სეგმენტზეა და ისინი განლაგებულია C ჯაგრებთან ახლოს. მათ გარშემო ჭირკვლოვანი მინდვრები არაა განვითარებული. სარტყელი მოიცავს 26-37 სეგმენტს. სასქესო მუთაქები განლაგებულია 30-36 სეგმენტებზე (სურ. 2, D). ოთხი წყვილი სათესლე ბუშტუკი 9-12 სეგმენტებშია. თესლმიმღები მოთავსებულია 9,10 სეგმენტებში და მათი სადინარები d ჯაგრების ხაზს ზევით იხსნებიან. მანძილი d ჯაგრებიდან თესლმიმღების ხვერელებამდე 0,70-0,75 მმ-ია, ხოლო ამ ხვერელებიდან ზურგის ფორებამდე 1,30-1,35 მმ. კიროვანი ჭირკვლები 11-12 სეგმენტებშია. 6/7-8/9 და 13/14-15/16 სეგმენტში ორისი ტიხრები გასქელებულია. ჩიჩახვი მოიცავს 15-16, ხოლო კუნთოვანი კუჭი 17-18 სეგმენტს. სიგრძივი კუნთები ბუმბულისებურია. ტიფლოზოლი მთავრდება 105-160 სეგმენტებში. უკანა ნაწლავი მოიცავს 20-29 სეგმენტს.

მასალა. კავკასიის ბიოსფერული ნაკრძალი, მდ. აჩისეს ხეობა, ერთი სქესმწიფე და ერთი იუველური ეგზ., სექტემბერი, 1980; შოვი (საქართველო) მდ. ჭანჭახის ხეობა, შერეული ტყე, 2 სქესმწიფე და 6 იუველური ეგზ., ოქტომბერი, 1981 (ე. ყვავაძის კოლექცია).

ეკოლოგია. ნიადაგის ტიპური სახეობაა.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ზოოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. W. Michaelsen. Zoologische Jarbücher (Syst.), 51, 1918, 1-398.
2. P. Omodeo. Archivio Zoologico Italiano, 41, 1956, 129-212.
3. N. Mrsic. Monograph on Earthworms (Lumbricidae) of the Balkans I.II Ac. Sci. Atr. Slov. IV, 31, 1991, 1-757.
4. E. Sh. Kavadze, R. A. Patsiashvili, L.F. Suladze. Bull. Georg. Acad. Sci. 133, 2, 1989, 409-412.
5. E. Kavadze. The structure of genital Setae as taxonomic Feature for Genus Eisenia (Oligochaeta: Lumbricidae). Preprint, Tbilisi, 1991, 1-12.
6. E. Kavadze. Bull. Georg. Acad. Sci., 148, 3, 1993, 129-134.
7. E. Kavadze, M. Bukhsianidze. Bull. Georg. Acad. Sci., 153, 1, 1996, 124-126.
8. T.S. Perel. Pedobiologia, BD. 7, 1967, 93-120.
9. E. Kavadze. Earthworms (Lumbricidae) of the Caucasus. Tbilisi, 1985, 3-235.



მ. ბაბრიძემ, ა. ჰელიძემ, შ. ჯინჯოლია, გ. თუშანიშვილი

ბირთვბაჰის საგზანაზომილებიანი დინამიკური მოდელბაჰის კონსტრუქტბაჰი ბრავიკაჰული და ანიმაცბიური კომპიუტბარული პროგრამბაჰის ბამოქმენბით. ვიბრილარული ცენტრბაჰის, ბაკაჰოლური სისტბმისა და ბირთვბაჰთან ასოცბირბაჰული ქრომბატბინის სივრცოვბრივი სტრუქტურბა ზღვის გოჭის სოგბატურ მსოვბილბაჰი

წარმოადგბნა აკადემიკოსბა გ. თუშანიშვილბა 18.03.97

ბირთვბაჰის, როგორც ბირთვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სპეციფიკური სტრუქტურის კომპლექსური ბუნების შესწავლა მოითხოვს ახალ მეთოდურ მიდგომას. შემთხვევითი ანათლების ბამოკვლევბა ელექტრონულ მიკროსკოპულ დონეზე არ არის საკმარისად ეფექტური ბირთვბაჰისა და მისი კომპონენტბების ლბბილური სტრუქტურული ორგბანიზაციის სრულყოფილი შესწავლისბათვის. შესბბბბისად საჭირო არის ჩვეულებრივ ულტრასტრუქტურულ ბამოკვლევბასთან ერთად სტერეოლოგიური ანალიზის მეთოდის კომბინირბებული ბამოყენბბ [1-6]. ამ თვალსაზრისით ყველბზე შედეგბანი და ინფორმაციული აღმოჩნდა ულტრასტრუქტურული ტომოგრაფიის მეთოდი. ეს მეთოდი განსაკუთრბებით კარგ შედეგს იძლევბ სპეცბალური კომპიუტერული პროგრბმბების საშუბლებით სივრცოვბრივი მოდელბების კონსტრუირბბასთან კომბინაციბში [7]. ულტრასტრუქტურული ტომოგრაფბა კომპიუტერული სივრცოვბრივი რეკონსტრუქციის მეთოდბთან ერთად წარმოადგენს პრინციპულად ახალ მიდგომას, რომელიც ხელს შეუწყობს დღეს ბირთვბაჰის სტრუქტურული ორგბანიზაციის შესწავლბში არსებული მრავბლი პრობლემის გბდაჭრბს.

ამ მეთოდის ბამოყენბებით დამტკიცბებულ იქნბ, რომ ბირთვბაჰები მბთი ფუნქციონალური არასპეციფიკურობის მიუხედავად ავლენენ ქსოვილოვბნ და სახეობრივ სპეციფიკურობბს. აღმოჩენილი კანონზომიერბბბ ხსნის ახალ პერსპექტივებს ბირთვბაჰისა და მისი კომპონენტბების ულტრასტრუქტურული ანალიზის კვლევბისბათვის. ამ თვალსაზრისით განსაკუთრბებით თვალსაჩინობ ინტრანუკლეოლარული ქრომბატბინის ულტრასტრუქტურბა, რომელიც კარგად არის განვითარბებული ზღვის გოჭის ქსოვილების ბირთვებში. მიღბებული მონაცემბებიდან ბამომდინარე, შეიქმნბ ისეთი საკითხბების შესწავლის აუცილებლობბ, როგორიცბა დნმ-ს კომპბკტბზაციის ხარისხის ცვლილებბ, ბირთვბაჰთან ასოცბირბებული ქრომბატბინის ტოპოლოგბბა და მისი ურთიერთქმედბბ რ-გენბების სხვბ შემცველ სტრუქტურბბბთან (ფიბრილარული ცენტრბები ბირთვბაჰთან ასოცბირბებული ქრომბატბინი, მკვრივი ფიბრილარული კომპონენტი).

მბსაღებბი და მეთოდებბ: ამ ბამოკვლევებში ბამოყენბებულ იქნბ ზღვის გოჭის ღვიძლისბა და თირკმლის კბპილარბების ენდოთელიოციტბები. უჭრბდებბის ეს ტბბი

ძალიან მოსახერხებელია ჩვენს მიერ დასახული ამოცანის გადაჭრისათვის და ალნიშნული ობიექტის ბირთვაციები ხასიათდებიან ფიბრილარული ცენტრების მცირე რაოდენობით და შეიცავენ კარგად განვითარებულ ვაკუოლარულ სისტემას ინტრანუკლეოლარული კონდენსირებული ქრომატინის მკაფიოდ გამოხატული ზონებით. ელექტრონული მიკროსკოპისათვის ქსოვილის დამზადების ყველა პროცედურა და ბირთვაციის სტრუქტურის სამგანზომილებიანი რეკონსტრუქციის მეთოდები აღწერილია წინა შრომებში [3.7].

შედეგები და მათი განხილვა. ვარაუდობენ, რომ ინტრანუკლეოლარული ქრომატინი და ფიბრილარული ცენტრები ეკუთვნის რიბოსომული დნმ-ს შემცველ სტრუქტურებს [1, 8-11]. კონდენსირებული ინტრანუკლეოლარული ქრომატინის ზომა და სტრუქტურა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული როგორც უჯრედის ტიპზე, ასევე ბირთვაციის ფუნქციურ აქტიურობაზე. უმეტეს შემთხვევაში სპეციალური ციტოქიმიური დამუშავების გარეშე არ ხერხდება ინტრანუკლეოლარული ქრომატინის იდენტიფიცირება. თუმცა არსებობს ისეთი ობიექტები, როგორიცაა ზღვის გოჭის სომატური ქსოვილები, რომლებშიც ინტრანუკლეოლარული ქრომატინი კარგად ვლინდება ჩვეულებრივი ორმაგი კონტრასტირების მეთოდის გამოყენებით, რაიმე დამატებითი ციტოქიმიური პროცედურების ჩატარების გარეშე [1].

ზღვის გოჭის ღვიძლისა და თირკმლის კაპილარების ენდოთელიუმის ბირთვაკებში მკაფიოდ ჩანს, რომ კონდენსირებული ინტრანუკლეოლარული ქრომატინი განჭოლავს ვაკუოლარულ სისტემას [3, 7]. სწორედ კარგად განვითარებული ინტრანუკლეოლარული ქრომატინის და ვაკუოლარული სისტემის გამო ღვიძლის და თირკმლის ეპითელიოციტების რგოლისებრი ბირთვაკები წარმოადგენენ ხელსაყრელ მოდელს ბირთვაკთან ასოცირებული ქრომატინის სივრცობრივი განაწილების ზუსტი აღწერისათვის და ფიბრილარული ცენტრების, ვაკუოლარული კომპონენტისა და ინტრანუკლეოლარულ ქრომატინს შორის ურთიერთკავშირების სამგანზომილებიანი ანალიზის წარმოებისათვის. ეს განსაკუთრებით თვალსაჩინოა სტერეომოდელების დემონსტრირების დროს. ცალკეული ღრუების სახით არსებული ბირთვაციის ვაკუოლები წარმოქმნიან არხთა მარტივი განშტოების სისტემას ბირთვაციის მთელ სხეულში ფიბრილარული ცენტრების საზღვრებამდე. 20-30 ნმ სისქის წვრილი დნმ-ს ფიბრილები პერინუკლეოლარული ქრომატინიდან აღწევენ ვაკუოლებში. ვაკუოლარული სისტემის არხებმა შეიძლება შექმნან ადგილობრივი განშტოებები და ასეთ შემთხვევაში ისინი, როგორც წესი, შეიცავენ მცირედ კონდენსირებული ქრომატინის ზონებს. იგივე ზონები კარგად იდენტიფიცირდება ფიბრილარული ცენტრების ზედაპირზე.

კავშირი ზემოხსენებულ კომპონენტებს შორის განსაკუთრებით ნათლად ჩანს გარდამავალი ფორმის ბირთვაკებში, რომლებშიც რგოლისებრი ბირთვაკებისაგან განსხვავებით მომატებულია ფიბრილარული ცენტრების რაოდენობა (2-6-მდე).

ვაკუოლარული სისტემის ძლიერი განვითარება ადვილად იდენტიფიცირებადი კონდენსირებული ქრომატინის უბნებთან ერთად თავისთავად გულისხმობს პერი- და ინტრანუკლეოლარული ქრომატინის, ფიბრილარული ცენტრებისა და ვაკუოლარული სისტემის სტრუქტურულ ერთობლიობას. აღმოჩნდა, რომ ინტრანუკლეოლარული ქრომატინი ლოკალიზებულია ვაკუოლარული სისტემის არხების გასწვრივ და აკავშირებს ყველა ფიბრილარულ ცენტრს ერთმანეთთან. უფ-



რო მეტიც, ინტრანუკლეოლარული ქრომატინი ადასტურებს პერინუკლეოლარულ ქრომატინის სტრუქტურულ მთლიანობას. დღეისათვის უცნობია ინტრანუკლეოლარულ ქრომატინსა და ფიბრილარულ ცენტრებს შორის კავშირის ფუნქციური მნიშვნელობა. ისმის კითხვა: შეიცავს თუ არა ინტრა- და პერინუკლეოლარული ქრომატინი რიბოსომულ გენებს?

მიუხედავად იმისა, რომ ამ პრობლემის შესასწავლად ჩატარებულა არა ერთი გამოკვლევა, მონაცემები ბირთვაკთან ასოცირებული ქრომატინის ფუნქციის ინტერპრეტაციის შესახებ საკმაოდ არაცალსახაა.

ბირთვაკთან ასოცირებული ქრომატინი შეიძლება ეკუთვნოდეს, როგორც ბირთვაკის ორგანიზატორის კონდენსირებულ (ინაქტივირებულ) ქრომატინს, ასევე დნმ-ს უბნებს, რომლებიც აკოდირებენ რიბოსომის სტრუქტურულ ცილებს და რ-რნმ-ს ტრანსკრიპციას, მოდიფიკაციასა და პროცესინგში მონაწილე ფერმენტებს. Thiry და Thiry Blaise (1989) აღწერეს ბირთვაკის სტრუქტურაში, სახელდობრ, ფიბრილარულ ცენტრებსა და აგრეთვე ინტრანუკლეოლარული კონდენსირებული ქრომატინის უბნებში დნმ-ს განაწილების ზუსტი სურათი [12]. გარდამავალი ტიპის ბირთვაკების ზემოთ აღნიშნული კომბინირებული მეთოდებით შესწავლის შედეგად ჩვენს მიერ დადგენილი ფიბრილარული ცენტრების სტრუქტურული ერთობლიობა ინტრა- და პერინუკლეოლარულ ქრომატინთან, რ-გენების თანდემური განლაგების გათვალისწინებით, უფლებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ რ-გენები ლოკალიზებულია არა მხოლოდ ფიბრილარული ცენტრების შიგნით, არამედ ინტრანუკლეოლარული ქრომატინის ნუკლეოსომურ ფიბრილებშიც.

ივ. ჯავახიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

აკაკი წერეთლის სახ.

ქუთაისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. П. В. Челидзе. Автореф. докт. дисс. М., 1990.
2. П. В. Челидзе, Д. В. Дзидзигури, Л. Н. Кинцурашвили, Г. И. Кириянов, Г. Д. Тумანიшвили. Цитология, 37, 1995, 859-872.
3. П. В. Челидзе, Д. В. Дзидзигури, М. А. Зарандия, М. А. Гиоргобиани, Г. Д. Тумანიшвили. Цитология, 35, 1993, 3-12.
4. A. M. Dupui-Coim, P. Moens, M. Bouteille. Meth. Achiev. Exp. Pathol., 12, 1986, 1-25.
5. P. Hozak, J. T. Novak, K. Smetana. Biol. Cell., 66, 1989, 225-233.
6. O. V. Zatsepina, P. V. Chelidze, Yu. S. Chentsov. J. Cell Sci., 91, 1988, 439-448.
7. მ. გაბრიჭიძე, პ. ჭელიძე, გ. თუმანიშვილი. საქ. მეც. აკად. „მოამბე“, 155, 3, 1997.
8. G. Goessens. Int. Rev. Cytol., 87, 1984, 107-158.
9. A. Hadjiolova. Nucleolus and ribosome biogenesis. Wienn, New-York, 1985, 286.
10. D. Hernandez-Verdun. Meth. Achiev. Exp. Pathol., 12, 1986, 26-62.
11. J. Sommerville. Nature, 318, 1986, 410-411.
12. M. Thiry, L. Thiry-Blaise. Biol. Cell., 63, 1989, 27-36.



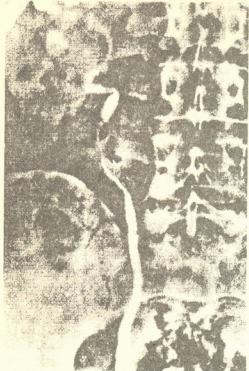
ფ. თოდუა, ლ. გოცაძე, მ. კეკელიძე, ა. ნაღარკია, ნ. ხუტაია

სათესლე ჯირკვლის კიბოს რეტროვირუსული მეტასტაზების დიაგნოსტიკის თანამედროვე ასპექტები

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. ბახტაძემ 6.05.1997

სათესლე ჯირკვლის კიბოს ახალგაზრდა მამაკაცთა სიკვდილიანობის მიზეზთა შორის ერთ-ერთი პირველი ადგილი უკავია. უკანასკნელ პერიოდში მთელ მსოფლიოში აღინიშნება დაავადების ზრდის ტენდენცია (ყოველწლიურად 3%-ით) ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ უკანასკნელი 10 წლის განმავლობაში ამ დაავადების მკურნალობის შედეგებს არ განუცდიათ არსებითი ცვლილებები [1,2]. დაავადების დაგვიანებული და არასწორი დიაგნოსტიკა წარმოადგენს იმ ძირითად მიზეზებს, რომელთა გამოც არ ხდება მკურნალობის ეფექტურობის მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება. სათესლე ჯირკვლის კიბოს დისიმინირებული ფორმების მკურნალობის სწორი ტაქტიკის შემუშავებისათვის უაღრესად აქტუალურია არა მარტო დაავადების სტადიურობის დადგენა და სიმსივნის რეგიონალური ლიმფური კოლექტორის მეტასტაზური დაზიანების ზუსტად განსაზღვრა, არამედ მისი მდგომარეობის სწორად შეფასება სხივური და ქიმიოთერაპიის ჩატარების შემდეგ. დღეისათვის ამ საკითხთან დაკავშირებული ლიტერატურული მონაცემები ძირითადად ეხება და წამყვან ადგილზე აყენებს დიაგნოსტიკის ცალკეული მეთოდის შესაძლებლობებს აღნიშნული დაავადების გამოკვლევაში, მათი დიაგნოსტიკური შეცდომების სერიოზული გაანალიზების გარეშე. ამდენად, სათესლე ჯირკვლის კიბოს რეტროვირუსული მეტასტაზების კომპლექსური სხივური დიაგნოსტიკა, თითოეული მეთოდის რეალური შესაძლებლობების და განსაკუთრებით მათი შედარებითი ანალიზის გათვალისწინებით, უაღრესად აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს.

დიაგნოსტიკის თანამედროვე მეთოდების ეფექტურობის შესაფასებლად სათესლე ჯირკვლის კიბოს რეტროვირუსული მეტასტაზების დადგენაში, ჩვენ მიერ ჩატარებულ იქნა 104 ავადმყოფის კომპლექსური გამოკვლევა დინამიკაში (მკურნალობამდე და მკურნალობის შემდეგ). ავადმყოფებს უტარდებოდათ: სპეციფიკური სიმსივნური მარკერების (ალფა-ფეტოპროტეინი, ბეტაჰორიონული გონადოტროპინი) შესწავლა, გულმკერდის რენტგენოლოგიური გამოკვლევა, მუცლის ღრუსა და რეტროვირუსული სივრცის ულტრაბგერითი და კომპიუტერული ტომოგრაფია, ექსკრეტორული უროგრაფია. ავადმყოფთა ასაკი მერყეობდა 16-დან 45 წლამდე. მარჯვენა სათესლე ჯირკვლის კიბო დაუდგინდა 58 (56%), მარცხენა - 44 (42%), ხოლო ორმხრივი - 2(2%) ავადმყოფს. 27 ავადმყოფთან მორფოლოგიურად ვერიფიცირებული იყო სათესლე ჯირკვლის სემინომა, ხოლო 57-თან არასემინომური სიმსივნე. 104 გამოკვლეული ავადმყოფიდან 76 (80%) -

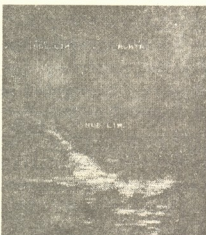
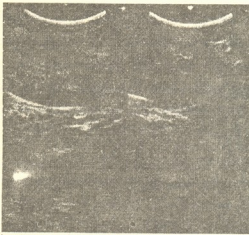


დაუდგინდა რეტროპერიტონეული ლიმფური კვანძების მეტასტაზური დაზიანება (პარაკავალური - 33%, პარააორტალური - 19%, ორმხრივი - 48%).

ექსკრეტორული უროგრაფია უტარდებოდათ ავადმყოფებს საკონტრასტო ნივთიერების (40 მლ - ვეროგრაფინი ინტრავენური შეყვანით. სერიული უროგრამები სრულდებოდა მე-10, მე-20 და 30-ე წუთზე. საჭიროების მიხედვით ტარდებოდა მოგვიანებითი რენტგენოგრაფია (120 წთ და 24 სთ). როგორც ცნობილია, ექსკრეტორული უროგრაფიით რეტროპერიტონეული მეტასტაზების გამოვლენის არაპირდაპირ დიაგნოსტიკურ ნიშნებს შარდსაწვეთების დევიაცია, თირკმლის ბლოკი და სხვადასხვა ხარისხის შარდის პასაჟის დარღვევა წარმოადგენს. [2], (სურ. 1) უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენი მასალის მიხედვით, ექსკრეტორული უროგრაფია უფრო მეტად ინფორმატიული იყო მარცხენა სათესლე ჭირკვლის კიბოს მეტასტაზების დიაგნოსტიკაში. მარცხენამხრივი სიმსივნის არსებობისას (44 პაციენტი) ავადმყოფთა 49%-ში (22 ავადმყოფი) ადგილი ჰქონდა შარდსაწვეთის დევიაციას, თუმცა მეტასტაზების რეალური არსებობა, გამოვლენილი სხვა დიაგნოსტიკური მეთოდებით (ულტრაბგერითი და კომპიუტერული ტომოგრაფია) 32 შემთხვევაში დადგინდა. მშინ როდესაც მარჯვენამხრივი სიმსივნეების შემთხვევაში (58 პაციენტი) ექსკრეტორული უროგრაფიით მხოლოდ 33%-ში (19 ავადმყოფი) იქნა ეჭვი მიტანილი მე-

სურ 1. ექსკრეტორული უროგრაფია. სათესლე ჭირკვლის კიბოს პარაკავალური მეტასტაზების ზეწოლით გამოწვეული მარჯვენა შარდსაწვეთის დევიაცია.

ავადმყოფი) ადგილი ჰქონდა შარდსაწვეთის დევიაციას, თუმცა მეტასტაზების რეალური არსებობა, გამოვლენილი სხვა დიაგნოსტიკური მეთოდებით (ულტრაბგერითი და კომპიუტერული ტომოგრაფია) 32 შემთხვევაში დადგინდა. მშინ როდესაც მარჯვენამხრივი სიმსივნეების შემთხვევაში (58 პაციენტი) ექსკრეტორული უროგრაფიით მხოლოდ 33%-ში (19 ავადმყოფი) იქნა ეჭვი მიტანილი მე-



სურ 2. ექოგრაფია. სათესლე ჭირკვლის კიბოს რეტროპერიტონეული, ექოპოზიტიური მეტასტაზი. აღინიშნება ჩაზრდა ქვემო დრუ ვენაში.

სურ 3. ექოგრაფია. პარააორტალურად (Aorta) ექონგატიური, კისტოზური სიგნალების მქონე ლიმფური კვანძები (Nod. Lim).

სურ 4. ექოგრაფია. შერეული ექოსიგნალების მქონე პარააორტალური (A) მეტასტაზების კონგლომერატი (Rp. M. T. S.) ზომით 12 x 13 სმ.

ტასტაზების არსებობაზე, ხოლო დადასტურდა 44 შემთხვევაში. ექსკრეტორული უროგრაფიის დიაგნოსტიკური შეცდომები მარცხენამხრივი სათესლე ჭირკვლის კიბოს რეტროპერიტონეული მეტასტაზების გამოვლენაში ჩვენ ახსენით იმ ფაქტით, რომ 1,5-2 სმ-ზე მცირე ზომის მეტასტაზები პრაქტიკულად არ პოვებს დიაგნოსტიკურ გამოვლინებას შარდსაწვეთის დევიაციის სახით, ხოლო მარჯვენა სათესლე ჭირკვლის დროს ამ ფაქტს კიდევ ემატება მარჯვენა სათესლე ჭირკვლის რეგიონალური მეტასტაზირების თავისებურებანი (ზშირად ზიანდება პრეკავალური ჯგუფის ლიმფური კვანძები).

ულტრაბგერითი ტომოგრაფია ტარდებოდა "Alloka - SSD - 630" ფირმის აპარატზე, 3,5 ჰც სიხშირის ხაზოვანი და სექტორული გადამწოდების გამოყენებით. ულტრაბგერითი ტომოგრაფიით გამოკვლევისას რეტროპერიტონეული ლიმფური კვანძების მეტასტაზები ელექტროსტრუქტურის განაწილების მიხედვით ჩვენ მიერ დაყოფილ იქნა 3 ჯგუფად: 1-ლი ჯგუფი - ექოპოზიტიური სიგნალების მქონე წარმონაქმნები (სურ. 2), ასეთი სურათი აღინიშნებოდა 81,7%-ში. მე-2 ჯგუფი - ექონეგატიური სიგნალების მქონე კისტოზური წარმონაქმნები (სურ. 3) აღინიშნებოდა 6,8%-ში და მე-3 ჯგუფი - შერეული ფორმა, რომლისთვისაც დამახასიათებელი იყო როგორც ექონეგატიური, ასევე ექოპოზიტიური სიგნალების არსებობა, რასაც 11,5%-ში ჰქონდა ადგილი (სურ. 4). უნდა აღინიშნოს, რომ რეტროპერიტონეული მეტასტაზების კისტოზური შენება უფრო ზშირად არასემინომური სიმსივნის მქონე, ნამკურნალე (ქიმიოთერაპიის შემდგომ) ავადმყოფებში გვხვდებოდა, რაც კოლიკვაციური ნეკროზის მაჩვენებელი იყო. სემინომური ტიპის სიმსივნეები ჩვენი მონაცემებით ასეთი სახის ნეკროზს არ განიცდიდნენ. მეტასტაზურად დაზიანებული ლიმფური კვანძების ზომების შესწავლის განაღობებით ჩვენ მიერ დადგენილ იქნა შემდეგი კანონზომიერება: მათი სიგრძივი (Longitudinal) ზომის განივთან (Transverse) შეფარდება, ავადმყოფთა უმრავლესობაში (71%) ნაკლები იყო ორზე.

სათესლე ჭირკვლის რეტროპერიტონეული მეტასტაზების კვლევაში სხივური დიაგნოსტიკის ისეთი თანამედროვე და მაღალინფორმაციული მეთოდის გამოყენება, როგორც კომპიუტერული ტომოგრაფია, საშუალებას გვაძლევდა დადგენილიყო რეტროპერიტონეული მეტასტაზების ზუსტი ზომა, ფორმა, ლოკალიზაცია და აგრეთვე მფობელ ორგანოებსა და მაგისტრალურ სისხლძარღვებთან კავ-



სურ. 5. კომპიუტერული ტომოგრაფია. მარცხენა სათესლე ჭირკვლის რეტროპერიტონეული მეტასტაზი (2), ზომით: 13x9 სმ. აღინიშნება ჩაზრდა აორტასა და მარცხენა თემო-სუტის კუნთში (1).



სურ. 6. იმავე ავადმყოფის კომპიუტერული ტომოგრაფია ჩატარებული მკურნალობის შემდეგ. რეტროპერიტონეული მეტასტაზი შემცირებულია ზომაში 1,1 სმ-მდე.



შირი, რაც ძალზედ მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლეოდა ქირურგიულ ღონისძიებების წარმოებისათვის [7].

კომპიუტერული ტომოგრაფია ტარდებოდა მესამე თაობის აპარატზე "Somatom CR". გამოკვლევამდე 10 წთ-ით ადრე ხდებოდა ავადმყოფთა წინასწარი პერორალური კონტრასტირება (200 მლ დისტ. წყალი + 15 მლ ტელერექსი, რაც ჰიპერპლასტირებელი ლიმფური კვანძების ნაწლავთა მარყუქებისაგან დიფერენციაციის საშუალებას იძლეოდა. იმ შემთხვევაში, როდესაც გაძნელებული იყო სისხლძარღვებისა და მცირე ზომის ლიმფური კვანძების ერთმანეთისაგან განსხვავება, დამატებით ტარდებოდა ინტრავენური კონტრასტირება (60-80 მლ Omnipaque).

ჩვენ მიერ გამოყენებულ იქნა სათესლე ჭირკვლის სიმსივნეების მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის TNM კლასიფიკაცია [3]. კომპიუტერული ტომოგრაფიული მონაცემების თანახმად N1 სტადიის დროს (ლიმფური კვანძის ზომა < 2 სმ) მეტასტაზურად დაზიანებული ლიმფური კვანძები ძირითადად მომრგვალო ან ოვალური ფორმის ცალკეული წარმონაქმნების სახით იყო წარმოდგენილი, რომელთა სტრუქტურა უმეტესწილად ჰომოგენური იყო. რაც შეეხება N2, N3 სტადიებს (ლიმფური კვანძის ზომა 2-დან 5 სმ-მდე და 5 სმ-ზე მეტი, შესაბამისად), ლიმფური კვანძების მეტასტაზები უფრო ხშირად (81,6%) წარმოდგენილი იყო ერთიანი კონგლომერატის სახით, რომელსაც არასწორი ფორმა, კონტურები და არაჰომოგენური სტრუქტურა გააჩნდა (სურ. 5). ძალზედ თვალსაჩინოა კომპიუტერული ტომოგრაფია ჩატარებული მკურნალობის შემდგომი ეფექტის შესაფასებლად. რეტროპერიტონეული სივრცისათვის კომპიუტერული ტომოგრაფიით მიჩნეულ ლიმფური კვანძის ზომის ზედა ზღვარს 11 მმ წარმოადგენს [10]. ჩვენ მიერ გამოკვლეულ ავადმყოფთა შორის, კომპიუტერული ტომოგრაფიით გამოვლენილი მეტასტაზურად დაზიანებული ლიმფური კვანძების მინიმალური ზომა იყო 1,2 სმ, ხოლო მაქსიმალური – 22 სმ. გარდა მეტასტაზების ზომისა, ჩვენ მიერ დიდი ყურადღება ეთმობოდა ჰაუნსფილდების საერთაშორისო შკალის მიხედვით მეტასტაზის სიმკვრივის განაწილებას. დენსიტომეტრიული მონაცემების მხრივ, სათესლე ჭირკვლის კიბოს რეტროპერიტონეული მეტასტაზების დიაგნოსტიკაში ჩვენ მიერ დადგენილ იქნა შემდეგი თავისებურებანი: 1. გამოკვლეულ ავადმყოფთა უმრავლესობაში (72%) მეტასტაზების სიმკვრივე ძირითადად 20-დან 40 Hu-მდე მერყეობდა, 2. ტერატომული სიმსივნის მეტასტაზებისა და ქიმიოთერაპიის შემდგომ დარჩენილი რეზიდუალური სიმსივნისათვის დამახასიათებელი იყო სიმკვრივის უფრო დაბალი ციფრები 8-18 Hu, რაც შეეხება რეზიდუალური მასის სიმკვრივის მომატებას, რიგი ავტორების თანახმად [4,5] იგი ცუდ პროგნოზულ ნიშანს წარმოადგენს, თუმცა ყველა მკვლევარი და მათ შორის ჩვენც [12,13] ამ აზრს მთლიანად არ ვიზიარებთ, ვინაიდან სიმკვრივის ასეთი ცვლილება შესაძლებელია ნეკროზის ან ჩატარებული სხივური თერაპიის შემდგომ განვითარებული ფიბროზის მაჩვენებელი იყოს. ამდენად, აღნიშნულ საკითხთან დაკავშირებით ჭერ კიდევ აზრთა სხვადასხვაობა არსებობს.

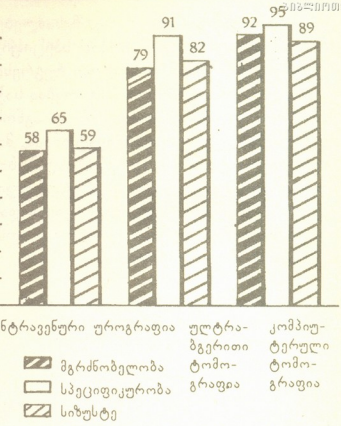
უკანასკნელ წლებში დიდ იმედებს ამყარებდნენ, რომ სხივური დიაგნოსტიკის ისეთი სრულყოფილი და მოდერნიზებული მეთოდი, როგორიც მაგნიტურ-რეზონ-

ნანსული გამოსახვაა, შეძლებდა სა-
თესლე ჭირკვლის კიბოს რეტროპე-
რიტონეული მეტასტაზების დიაგ-
ნოსტიკაში არსებული პრობლემების
გადაჭრას, მაგრამ დღეისათვის უკ-
ვე დადგინდა, რომ დაბალი სიგნა-
ლის ინტენსივობის მქონე მასში არ-
სებული მცირე ზომის პერსისტენ-
ტული სიმსიენე არ შეიძლება ზუს-
ტად იქნეს იდენტიფიცირებული ამ
უახლესი მეთოდის გამოყენებითაც
კი. ასევე ჩატარებული მეთოდით
ვერ შემუშავდა რეზიდუალური მასის
მდგომარეობის შეფასების საიმედო
კრიტერიუმები [6, 10, 11].

ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევის
ანალიზი გაკეთდა არასემინომური
სიმსიენის მქონე 45 ავადმყოფის
პოსტოპერაციული მონაცემების საფუძველზე, რომელთაც ჩაუტარდათ რეტრო-
პერიტონეული ლიმფადენექტომია. აღნიშნული ანალიზის საფუძველზე დადგენილ
ქნა ექსკრეტორული უროგრაფიის, ულტრაბგერითი და კომპიუტერული ტო-
მოგრაფიის შესაძლებლობანი ამ დაავადების დიაგნოსტიკაში (ცხრილი), საიდა-
ნაც ნათლად ჩანს, რომ ყველაზე მაღალი მაჩვენებლები აღნიშნული დაავადების
გამოკვლევაში კომპიუტერულ ტომოგრაფიას გააჩნია.

ამგვარად, სათესლე ჭირკვლის კიბოს მქონე ავადმყოფთა რეტროპერიტონე-
ული მეტასტაზების გამოკვლევაში წამყვანი ადგილი უკავია სხივურ დიაგნოსტი-
კას, რომელიც უნდა ტარდებოდეს კომპლექსურად – თითოეული მეთოდის რეა-
ლური შესაძლებლობების გათვალისწინებით. როგორც გამოკვლევამ გვიჩვენა,
აღნიშნული პათოლოგიის გამოვლენის სირთულეები ძირითადად N0, N1 სტადი-
ებთან არის დაკავშირებული და სწორედ მათ წილზე მოდის დიაგნოსტიკური შეც-
დომების მაღალი ციფრი: ულტრასონოგრაფიისათვის 27%, ხოლო კომპიუტერ-
ული ტომოგრაფიისათვის – 16%. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ამ შემთხვევებში
ექსკრეტორულ უროგრაფიას არანაირი დიაგნოსტიკური ღირებულება არ გააჩ-
ნია. რაც შეეხება 2 სმ-ზე მეტი ზომის მეტასტაზებს (N2, N3) ამ შემთხვევებში
სხივური დიაგნოსტიკის გამოკვლევების ღირებულება ოპერაბელურობის დადგე-
ნითა და ჩატარებული მკურნალობის ეფექტურობის შეფასებით განისაზღვრება.

დასასრულ უნდა ითქვას, რომ გამოკვლევის პირველ ეტაპზე სათესლე ჭირკ-
ვლის მქონე ყველა ავადმყოფს უნდა ჩაუტარდეს მუცლის ღრუსა და რეტროპე-
რიტონეული სივრცის კომპიუტერული ტომოგრაფია, რათა სწორად შეფასდეს
რეტროპერიტონეული მეტასტაზების არსებობა და შესაბამისად ზუსტად განი-
საზღვროს დაავადების სტადია. რაც შეეხება ავადმყოფთა დინამიკურ კვლევას,
ჩატარებული მკურნალობის ეფექტურობის შესაფასებლად, საკითხის მატერია-



ინტრავენური უროგრაფია ულტრაბგერითი ტომოგრაფია კომპიუტერული ტომოგრაფია
 მგრძობელობა სპეციფიკურობა სიზუსტე



ლური მზრიდან გამომდინარე, შესაძლებელია დაკვირვება მოხდეს ულტრაბგერითი ტომოგრაფიის გამოყენებით სპეციფიკური მარკერების შესწავლასთან ერთად. რეზიდუალური მასის საბოლოო რეგრესიის კონსტატაციისათვის კი ისევ კომპიუტერული ტომოგრაფიის ჩატარებაა საჭირო. ექსკრეტორულ უროგრაფიას არც ამ მიმართულებით გააჩნია რაიმე დიაგნოსტიკური დატვირთვა. რაც შეეხება რეტროპერიტონეულ ლიმფადენექტომიას, მისი წარმოების წინ უნდა ჩატარდეს კომპიუტერული ტომოგრაფია, მეტასტაზების მეზობელ სტრუქტურებთან დამოკიდებულების დასადგენად და ექსკრეტორული უროგრაფია, ამ შემთხვევაში უკვე თირკმლების ექსკრეტორული ფუნქციისა და სამარდე სისტემის ანატომიურ თავისებურებათა გამოსაგლენად. ყოველივე აღნიშნული გათვალისწინებული უნდა იქნეს ოპერაციის მსვლელობისას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
სხივური და ინტერვენციული დიაგნოსტიკის
სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Alan D. Steinfeld. Radiology, 175, 1990, 603-606.
2. D. R. Smith. General Urology, 1981, 271-179.
3. R. Musumeci, M.Mauri. La linfografia in oncologia, Ed. Ilford, 1980, 99-103.
4. John C. Scatarige, Elliot K. Fishman. J. of Computer Assisted Tomography, 714, 1983, 682-687.
5. Janet E. Husband, M. J. Peckham. Clin. Radiol., 30, 1979, 143-151.
6. W. R. Hogeboom, H. J. Hoekstra.
7. N. Read Dunnick, Nasser Javadpour. AJR, 136, 1981, 1093-1099.
8. Hans von der Maase. Scand J. Urol. & Nephrol., 18, 1984, 177-179.
9. J. E. Husband. Radiology, 144, 1982, 553-558.
10. S. Delorme, G. van Kaick. European Urology, 6, 1996, 262-274.
11. J. E. Husband. European Radiology, 6, 1996, 775-785.
12. F. I. Todua, M. N. Kekelidze. Radiology 1997, Birmingham, 1997, 608.
13. M. Kekelidze, A. Nadareishvili, D. Gotsadze. The 19th International Congress of Radiology, 1996, 135-136.



მ. ფოსური, ლ. გობიაშვილი

ფილტვის კარენჰიმის ულტრასტრუქტურა დიფუზური პერიტონიტის დროს მასპინძელში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. ჯავახიშვილმა 24.02.1997

წარმოშობის წარმოდგენილია ფილტვის რესპირაციული ნაწილის ცვლილებების დინამიკა მწვავე პერიტონიტის საწყის სტადიაზე, სახელობრ, ტოქსიკონ-ფექციურ ეტაპზე.

ექსპერიმენტი ჩატარდა 90 უჯრო მამრ ვირთავაზე, სხეულის მასით 150-180 გ. პერიტონიტის მოდელირება ხდებოდა ვირთავას მუცლის ღრუში 10% განავლოვანი მასის შეყვანით 0,8 მლ/100 გ მასაზე [1].

საკონტროლო (ინტაქტურ) და საცდელი ჯგუფის ცხოველებს ვკლავდით ერთდროულად ცდის დაწყებიდან 10, 30, 60, 90 წუთის, აგრეთვე 2, 5, 10, 24, 48, 78 საათის შემდეგ.

ფილტვის ქსოვილის ფიქსაცია ხდებოდა გლუტარალდეჰიდის 2,5%-იან ხსნარში ფოსფატის ბუფერზე, შემდეგ ოსმიუმის 1%-იან ბუფერულ ხსნარში. ჩაყალიბება ხდებოდა არალდიტის ნარევიში. ნახევრადხელ ანათლებს ჰისტოლოგიური კვლევისათვის ვღებავდით ტოლუიდინის ლურჯის 1%-იანი ხსნარით, ხოლო ფილტვის ქსოვილის ულტრათხელი ანათლების შესწავლა ხდებოდა ორმაგი კონტრასტირების შემდეგ ელექტრონული მიკროსკოპით – Tesla BS 500.

ფილტვის ქსოვილის და მისი მიკროციტულაციური კალაპოტის სისხლძარღვების ცვლილებები მქლავნდებოდა ცდის დაწყებიდან მეათე წუთზე: კაპილარების სისხლსავსეობა და სტაზი, შემდგომ მიკროთრომბოზებსა და მიკროანგიოტიტებში გადასვლით. ვენულებში აღინიშნებოდა ერთროციტების აგრეგატები, რაც თავის მხრივ ცვლიდა აეროჰემატური ბარიერის განვლადობას და ალვეოლის სანათურში იწვევდა ექსუდატის დაგროვებას. ელექტრონული მიკროსკოპით გამოკვლევისას I ტიპის ალვეოლოციტებში აღინიშნებოდა მემბრანათა უსწორო კონტური მრავალრიცხოვანი წანაზარდებით ალვეოლების სანათურში. აღსანიშნავია, რომ მსგავსი ხასიათის ცვლილებებს ადგილი ჰქონდა კაპილარების ენდოთელიოციტებშიც. კაპილარების სანათური იყო დეფორმირებული, მთლიანად ან ნაწილობრივ დახშული ენდოთელიოციტის პერიკარიონის ზონით. მათი ლამინარული ციტოლემა ქმნიდა მრავალრიცხოვან მიკროხაოებსა და ციტოპლაზმურ წანაზარდებს. ერთდროულად ვლინდებოდა პლაზმატოზის შედეგად დაშლილი ენდოთელიოციტების ციტოპლაზმის უბნები. ალვეოლების კედლის შემაერთებელ-ქსოვილოვანი მემბრანა არ იყო შეცვლილი.



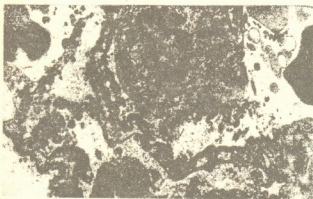
საქართველოს
აкадеმიის
სამედიცინო
სამსახური

II ტიპის ალვეოლოციტებში იცვლებოდა ოსმოფილური სხეულაკების ვირვალობა. ხდებოდა ციტოპლაზმის გაიშვიათება და მატულობდა ერთკონტურნიანი მემბრანით შემოსაზღვრული მსხვილი ვაკუოლების რიცხვი.

ცდის დაწყებიდან 30-ე წუთზე ალვეოლოციტებში მიმდინარე დისტროფიული ცვლილებები ღრმავდებოდა. ორივე ტიპის უჯრედები სცილდებოდა კედელს და ჩამოფცქვნილი იყო ალვეოლის სანათურში. პარალელურად კაპილარების ენდოთელიოციტებში აღინიშნებოდა ციტოპლაზმის გაძლიერებული ვაკუოლიზაცია. ენდოთელიოციტის ზედაპირი დანაოქებული იყო და მასზე წარმოიშობოდა ხაოები. კაპილარებში ერითროციტების აგრეგირების პარალელურად მატულობდა ლეიკოციტების, განსაკუთრებით კი მონოციტების რაოდენობა (სურ. 1).

ცდის დაწყებიდან 2 საათის შემდეგ ზემოაღნიშნული პათოლოგიური ძვრები ღრმავდებოდა. ნახევრადთხელ ანათლეზე აღინიშნებოდა ინტერსტიციული სივრცის გაფართოება; უშუალოდ ენდოთელიოციტების ლამინარული ზედაპირისა და კაპილარების ბაზალური მემბრანის ქვეშ ფიბრინის ძაფების ჩალაგება. ამ უკანასკნელთ ჰქონდათ ხაზოვანი ან გლობულარული ფორმა უსწორო კიდეებით. ენდოთელიოციტებში ციტოპლაზმის გაძლიერებული ვაკუოლიზაციის პარალელურად კაპილარების სანათურსა და ერთეულ ალვეოლებში მატულობდა ნეიტროფილებისა და ეოზინოფილების რაოდენობა. ზოგიერთი კაპილარის სანათურში იყო თრომბები. II ტიპის ალვეოლოციტებში შეინიშნებოდა ლამელების განშრევა და მათი ნაწილობრივი დაცარიელება (სურ. 2). ცდის ამ ვადაზე საყურადღებო იყო ალვეოლური მაკროფაგების ზომიერად გამოხატული ცვლილებები: ზედაპირის უსწორმასწორობა და გოლჯის აპარატის, აგრეთვე ლიზოსომების ჰიპერტროფია.

ცდის დაწყებიდან 5-10 საათის შემდეგ ფილტვების ნახევრადთხელ ანათლეზე ალვეოლების კედელი იყო მკვეთრად შეშუპებული. აღინიშნებოდა ერითროლიპედში, დისატელექტაზური და წვრილკეროვანი პნევმონიის უბნები. კაპილარებსა და ვენულეებში — სტაზი და თრომბოზი. ფიბრინის გროვები უფრო ხშირად გვხვდებოდა ვენულების კედლებში, ინტერსტიციუმსა და იშვიათად კაპილარების

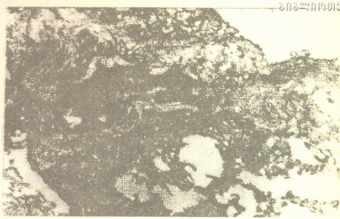


სურ. 1. ექსპერიმენტული პერიტონიტი, ცდის 30-ე წუთი. კაპილარის სანათურში მონოციტი, ალვეოლო-კაპილარული მემბრანის შეშუპება, ლეფორმაცია.
X 9.000

კედელსა და ალვეოლებს შორის ძვიდში. ადგილი ჰქონდა ერითროციტების გასვლას ალვეოლების სანათურში. კაპილარების ენდოთელიოციტებისათვის დამახასიათებელი იყო ლიპიდური ჩანართები, ალვეოლოციტების და ენდოთელიოციტების ნეკროზი და ჩამოფცქვნა.

ექსპერიმენტის დაწყებიდან 48 საათის შემდეგ ალვეოლების კედლისა და აეროჰემატური მემბრანის გამკვრივების ფონზე ალვეოლების სანათურში აღინიშნებოდა წვრილმარცვლოვანი მასის ინტენსიური დაგროვება, ერ-

თეული შეცვლილი ნეიტროფილური გრანულოციტები და მათ შორის დიდი რაოდენობით ფიბრინის ძაფების გროვები. კაპილარების უმრავლესობა, განსაკუთრებით კი ატელექტაზის ზონაში, სავსე იყო დეგრანულირებული თრომბოციტებით, შეცვლილი ლეიკოციტებითა და ლიმფოციტებით. მიკროსისხლძარღვთა სანათურში შეიმჩნეოდა მონოციტების დაგროვება, ზოგიერთი მათგანი იმყოფებოდა მიტოზის სტადიაში. II ტიპის ალვეოლოციტების ულტრასტრუქტურა ხასიათდებოდა ოსმოფილური სხეულაკების სრული დეზორგანიზაციით, ციტოპლაზმაში აღინიშნებოდა მიელინისმაგვარი სტრუქტურები. ალვეოლების სანათურში იყო ნეიტროფილური ლეიკოციტები, გააქტიურებული მაკროფაგები, აგრეთვე ერთოროციტები.



სურ. 2. ექსპერიმენტული პერიტონიტი. ცდის მე-2 საათი. II ტიპის ალვეოლოციტის ციტოპლაზმაში პლატიფური ოსმოფილური სხეულაკების დაცარიელება, ალვეოლოციტების ბაზალური მემბრანის გასქელება. X 9.000

ჩატარებული გამოკვლევა მოწმობს, რომ განავლოვანი მასის ვირთავგას მუცლის ღრუში შეყვანა პირველივე 30 წუთის შემდეგ იწვევს ფილტვის პარენქიმაში ალვეოლებსა და მიკროსისხლძარღვებში „შოკური ფილტვის“ ადრეული სტადიისათვის დამახასიათებელ ცვლილებებს [2,3]. მცირდება აეროჰემატური ბარიერის სასუნთქი და პერფუზიური ზედაპირი, ყალიბდება წვრილკეროვანი ჩირქოვან-ნეკროზული პნევმონია, ხდება მიკროცირკულატორული კალაპოტის სისხლძარღვების ენდოთელიოციტების ადრეული ჩართვა პათოლოგიურ პროცესში, მათი ცვლილებები წინ უსწრებენ ორგანოს პარენქიმაში განვითარებულ ცვლილებათა კომპლექსს. მიღებული მონაცემების საფუძველზე შეიძლება დაფუძვანთ, რომ ალვეოლური მაკროფაგების, სტრომის ელემენტებისა და ენდოთელიოციტების რეაქცია წარმოადგენს პერიტონიტის ფონზე განვითარებული ფილტვის დაზიანების წამყვან მექანიზმს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ა. ნათიშვილის სახ. ექსპერიმენტული მორფოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. В. С. Пауков, А. К. Крантев, О. Я. Кауфман. Архив патологии, N9, 1987, 25.
2. С. П. Бойкова. Автореферат канд. дисс. М., 1983.
3. Д. В. Садиков, Н. В. Кутирова., Т. Б. Луговская. Вестник хирургии, 131, 1985, 107-110.



ბ. ვაშაძემ, ზ. კალანდიაძე, ლ. ვაშაძემ

ლაზერის, როგორც ფიზიკური მოდულატორის მოქმედება
ფილტვების ტუბერკულოზის სხვადასხვა ფორმების დროს

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. ჭანიშვილმა 29.05.1997

ფილტვების ტუბერკულოზის სხვადასხვა ფორმით დაავადებული ავადმყოფების მკურნალობის ეფექტურობის ამაღლების მიზნით შესწავლილ იქნა კლინიკური მასალა, რომელიც მოიცავდა ორმოც შემთხვევას. გამოკვლეულ იქნა ავადმყოფები ფილტვების ტუბერკულოზის პროგრესირებადი ფორმებით: ფილტვების ფიბროზულ-კავერნოზული ტუბერკულოზით, ფილტვების ინფილტრაციული ტუბერკულოზით დაავადებულნი. მკურნალობის მეთოდიდან გამომდინარე, ავადმყოფები დაყოფილ იქნენ ორ კლინიკურ ჯგუფად. პირველ ჯგუფში მკურნალობა ტარდებოდა ტრადიციული მეთოდებით, ხოლო მეორე ჯგუფში ავადმყოფებს მკურნალობა უტარდებოდათ კომპლექსური მეთოდით, რომელიც მოიცავდა ტრადიციული ქიმიოთერაპიას + ლაზერს. თითოეულ კონკრეტულ შემთხვევაში სისხლის ფორმიანი ელემენტების შესწავლა მიმდინარეობდა სტრუქტურულ-ციტოქიმიური მეთოდების გამოყენებით. მასალა შესწავლილ იქნა დინამიკაში, ე. ი. მკურნალობამდე და მკურნალობის შემდეგ.

მიღებულმა შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ფილტვების ტუბერკულოზის სხვადასხვა ფორმით დაავადებულ ავადმყოფებში, რომელთაც ჩაუტარდათ კომპლექსური ლაზეროთერაპიის კურსი, ერითროციტები და ლეიკოციტები განიცდიდნენ მკვეთრ დადებით დინამიკურ ცვლილებებს სტრუქტურული თვალსაზრისით, ვიდრე ტრადიციული ქიმიოთერაპიის დროს. სისხლის წითელი ფორმიანი ელემენტების ერთ-ერთ დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს მისი დეფორმაციულობა. ეს უკანასკნელი დაკავშირებულია როგორც მემბრანის ტონუსის ცვალებადობასთან, ასევე ელექტროსტატიკური მუხტის ცვალებადობასთან უჯრედის ზედაპირზე.

ცნობილია, რომ არსებობს პირდაპირი დამოკიდებულება მუხტის სიდიდესა და უჯრედის დეფორმაციულობას შორის. ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, მუხტის სიდიდე მნიშვნელოვნად მოქმედებს სისხლის რეოლოგიურ თვისებებზე. სისხლის რეოლოგიური მაჩვენებლები უახლოვდებოდა ნორმას კომპლექსური მკურნალობის ფონზე, სადაც აქტიურად იქნა გამოყენებული ლაზერის სხივი. ერთ-ერთი მათგანი ადსორბციის უნარი და დიდი ენერგეტიკული შესაძლებლობები თამაშობენ ერთ-ერთ მთავარ როლს უჯრედის დაცვითი თვისებების გაძლიერებაში. აღნიშნული მოვლენები თამაშობენ მნიშვნელოვან როლს სპეციფიკურ და არასპეციფიკურ ანტიგენებთან ბრძოლის საქმეში. სისხლის წითელი და თეთრი ფორმიანი ელემენტების განხილული სტრუქტურული მაჩვენებლები ქმნიან გან-

საზღვრულ წარმოდგენას მათ ფუნქციურ შესაძლებლობებზე. მიღებული შედეგები გვაძლევს საფუძველს დავასკვნათ, რომ იმუნური სისტემის მაჩვენებლები განსხვავებულია ფილტვების ტუბერკულოზის სხვადასხვა ფორმის და მათი მკურნალობის სხვადასხვა მეთოდის დროს.

ჩატარებული მკურნალობისა და გამოკვლევების შედეგად სისხლის ფორმიანი ელემენტები განიცდიან არაერთგვაროვან სტრუქტურულ-ციტოქიმიურ ცვლილებებს. მიღებულმა შედეგებმა ცხადყო, რომ გამოკვლეულთა იმ ჯგუფში, რომელთაც უტარდებოდათ ლაზეროთერაპიის კურსი, სისხლის ფორმიანი ელემენტები განიცდიდნენ ნორმალისაციას მეტად, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფში. კომპლექსური მკურნალობის მეთოდი, რომელშიც აქტიურად იყო გამოყენებული გარეგანი, ინტრავენური, ენდობრონქიალური და ენდოლიმფური ლაზეროთერაპია, ხელს უწყობდა ქიმიო-პრეპარატების აქტიურ შეღწევადობას ლიმფურ სისტემაში. აღნიშნული მოვლენა ნაკლებად ვლინდებოდა ტრადიციული ქიმიოთერაპიის დროს.

კლინიკურ-ლაბორატორიული დაკვირვებების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ლაზერის გამოყენება დადებითად მოქმედებს ორგანიზმში მიმდინარე ცვლით პროცესებზე, სისხლის რეოლოგიურ თვისებებზე, მის ფორმულაზე, სისხლის ფორმიანი ელემენტების ფუნქციურ აქტიურობაზე, ფაგოციტოზზე, გომეოსტაზზე, იმუნურ სისტემაზე, კლასმატოზზე და ა. შ. ლაზერი ხასიათდება მემბრანომატაბილიზირებელი და მაღალი კონფორმაციული თვისებებით. იგი აქტიურად მონაწილეობს ქერქ-ქერქქვეშა ურთიერთობების გაწონასწორებაში, ზრდის უჯრედის ენერგეტიკულ შესაძლებლობებს. სწორედ ლაზეროთერაპია ტრადიციულ ქიმიოთერაპიასთან ერთად მაქსიმალურად უწყობს ხელს ფილტვების ტუბერკულოზის სხვადასხვა ფორმით დაავადებულ ავადმყოფებში ოპერაციის წინა და ოპერაციის შემდგომი პერიოდის კეთილსაიმედო მიმდინარეობას. ლაზერის მონოქრომატიული სხივი წარმოადგენს ძლიერ ფიზიკურ მოდულატორს, რომელიც ერთ-ერთ წამყვან როლს თამაშობს ორგანიზმის იმუნური სისტემის გააქტიურებაში. [1-4].

ამრიგად, ლაზეროთერაპიის გამოყენება ქიმიოთერაპიასთან კომპლექსში უზრუნველყოფს ადეკვატურ განთავცვლას, ქმნის ოპტიმალურ პირობებს ორგანიზმის სხვადასხვა სისტემების ფუნქციონირებისა და ქირურგებისათვის, როგორც ოპერაციამდელ, ისე ოპერაციის შემდგომ პერიოდში.

მიღებული შედეგები მტკიცდება სტატისტიკურად, სადაც $P < 0,05 - 0,001$ ფილტვების ტუბერკულოზის ორივე ფორმის დროს. ლაზერის წითელი მონოქრომატიული სხივის გამოყენება პრიორიტეტულიცაა ეკოლოგიური თვალსაზრისით, თუ გავითვალისწინებთ მისი მოქმედების ფიზიკურ-ბიოლოგიურ თავისებურებებს.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, ლაზერი ანტიმაქტერიულ თერაპიასთან კომპლექსში გამოყენებული უნდა იქნეს ფილტვების ტუბერკულოზის დროს როგორც მაღალეფექტური და მაღალეკონომიური მკურნალობის საშუალება.

ექიმთა დიპლომის შემდგომი განათლების
 თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო აკადემია

ლიტერატურა

1. Лазеры в хирургии. Под ред. *О. К. Скобелкина*, М., 1988, 124-125.
2. *М. В. Щестерина*, *Б. М. Малиев*. Проблемы туберкулеза, 5, 1991, 23-25.
3. *Б. М. Малиев*, *Р. П. Селицкая*, *Е. А. Купавцева*. Проблемы туберкулеза, 9, 1991, 64-66.
4. N. Anno. Amer. Rev. Surg, 66, 11, 1991, 763-767.



6. ბელაძე

ბაზისური ანტიეპილეფსიური საშუალებების
ფარმაცოკინეტიკური მახასიათებლები

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. მოსიძემ 3.06.1997

ბავშვთა ასაკის ეპილეფსიის მკურნალობის საფუძველს წარმოადგენს მედიკამენტური თერაპია, რომლის სრულყოფა მუდმივად ხდება ეპილეფსიის საწინააღმდეგო საშუალებების მოქმედების მექანიზმის გარკვევისა და მათი გამოყენების კლინიკური ტაქტიკის ოპტიმიზაციის ხარჯზე [1-3]. ანტიკონვულსანტებს გააჩნიათ „თერაპიული ეფექტურობის“ გარკვეული ზღვარი, რის გამოც ეპილეფსიით დაავადებულ ბავშვებში რიგ შემთხვევაში ვერ ვაღწევთ შეტევის სიხშირის გაიფიქრებას ან მათ სრულ მოხსნას. გულყრების კონტროლი ეპილეფსიის საწინააღმდეგო საშუალებების დოზის გაზრდის ხარჯზე დაკავშირებულია ბავშვის ორგანიზმში მედიკამენტოზური ინტოქსიკაციის წარმოქმნის რისკთან. დოზის გაზრდას მიყვავართ აგრეთვე თავის ტვინის განვითარების ფუნქციური შესაძლებლობების შესუსტებისკენ, ქვეითდება პათოლოგიური კერის ზემოქმედებისადმი წინააღმდეგობის უნარი. ყოველივე ზემოთქმული განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ეპილეფსიის მკურნალობის დროს პედიატრიულ პრაქტიკაში. თანამედროვე პოზიციებიდან ეპილეფსიის მკურნალობა განიხილება როგორც მაღალდიფერენცირებული, ეპილეფსიის საწინააღმდეგო საშუალებების მოქმედების სპექტრის, დაავადების კლინიკური და ელექტროფიზიოლოგიური გამოვლენების მიხედვით და აგრეთვე ცალკეული ანტიკონვულსანტის ფარმაცოკინეტიკური და ფარმაცოკინეტიკური თვისებების გათვალისწინებით [4-8].

სპეციალური ლიტერატურის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ანტიკონვულსანტების ფარმაცოკინეტიკისადმი მიძღვნილი მრავალი ნაშრომი ხშირად არ შეიცავს მათი კლინიკური გამოყენების რეკომენდაციებს. აქედან გამომდინარე, ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენს ეპილეფსიით დაავადებულ სხვადასხვა ასაკის ბავშვთა ანტიეპილეფსიური მკურნალობის ოპტიმიზაცია და ინდივიდუალიზაცია პრეპარატების მოქმედების ზოგიერთი მექანიზმისა და მათი ფარმაცოკინეტიკური მახასიათებლების დადგენის გზით როგორც კლინიკის პირობებში, ისე ექსპერიმენტში ცხოველებზე.

კლინიკური გამოკვლევები ჩატარდა ეპილეფსიით დაავადებულ 4-დან 15 წლამდე ასაკის 226 ბავშვსა და მოზარდს. კლინიკაში შემოსულ ყველა პირველად ავადმყოფს ენიშნებოდა მხოლოდ ერთი ანტიეპილეფსიური პრეპარატი, ე. ი. გამოყენებულ იქნა ეპილეფსიის მონოთერაპიის პრინციპი. გამონაკლისს წარმოადგენდნენ ის ავადმყოფები (26 პაციენტი), რომლებიც კლინიკაში შემოსვლამდე

ღებულობდნენ რომელიმე ანტიკონველსანტის.

პრეპარატი ინიშნებოდა დაავადების კლინიკის მიხედვით, (ეპილეფსიის ტიპი კლასიფიკაციით, გულყრის ფორმა), რიგ შემთხვევაში ევგ მაჩვენებლების მიხედვით, აგრეთვე ავადმყოფის ასაკის და წონის გათვალისწინებით.

ამრიგად, ჩვენი პაციენტებიდან 93 ღებულობდა ფენობარბიტალს (PB) დღეში 5 მგ/კგ, 107 ავადმყოფი – კარბამაზეპინს (CBZ) (15-20 მგ/კგ), ხოლო 26 – დიაზეპამს (DZ) (0,15 მგ/კგ). სისხლს ვიღებდით ვენიდან პრეპარატის მიღებიდან 2, 4, 6, 8 და 24 საათის შემდეგ გამოკვლევის პირველ დღეს, აგრეთვე მე-6, მე-12, მე-18, 24-ე და 30-ე დღეს. თავზურგტვინის სითხეს ვიკვლევდით კლინიკურ-დიაგნოსტიკური მაჩვენებლების მიხედვით ერთჯერადად, 18 ავადმყოფში.

ჩვენს მიერ შემუშავებულ იქნა სხვადასხვა ბიოლოგიურ მასალაში (სისხლი, თავზურგტვინის სითხე, თავის ტვინი) ანტიეპილეფსიური ნივთიერებების განსაზღვრის ექსპრეს-მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია მაღალეფექტური თხევადი ქრომატოგრაფიის გამოყენებაზე [9].

გამოკვლევულ ავადმყოფებში გენერალიზებული გულყრები აღენიშნებოდა 132-ს, მათ შორის კრუნჩხვითი – 92. მცირე ეპილეფსიური გულყრები ჰქონდა 22-ს, მათ შორის მარტივი აბსანსები – 6, რთული – 16 ავადმყოფს.

პოლიმორფული გულყრები აღენიშნებოდა 38 ავადმყოფს, ფოკალური, პარციალური გულყრები 58-ს. ცალმხრივი ჰემიკონველსიური გულყრა აღენიშნებოდა 7 ავადმყოფს, ვეგეტატიურ-ვისცერალური შეტევები 13-ს. გულყრები ფსიქო-პათოლოგიური ფენომენებით აღენიშნებოდა 14, საფეთქლის ეპილეფსია – სულ 31 ავადმყოფს. საფეთქლის ეპილეფსია, ფსევდოაბსანსებთან მიმდინარე ჰქონდა 5 ავადმყოფს, რთული აბსანსებით, ჰალუცინატორული სინდრომით მიმდინარე – 2-ს, ოპერკულარული პაროქსიზმებით – 2-ს. ეპილეფსიური სტატუსი აღენიშნებოდა 18 ავადმყოფს.

პირველად აღენიშნებული ეპილეფსია აღენიშნებოდა ავადმყოფთა 60%-ს, მეორეადად გენერალიზებული – 28%-ს.

ნევროლოგიური სტატუსის გამოკვლევის და ანტიკონველსანტის ფარმაკოკინეტიკის განსაზღვრის გარდა, ავადმყოფებს უტარდებოდათ ნეიროოფტალმოლოგიური, ექოენცეფალოსკოპიური, ევგ მკურნალობის დინამიკაში, საჭიროების შემთხვევაში თავის ქალას რენტგენოგრაფია და, მაჩვენებლების მიხედვით, თავის ტვინის კტ და ბმრ.

ექსპერიმენტი ჩატარდა 130 არახაზოვან თეთრ ვირთავგაზე. მათ შორის 35 საკვებთან ერთად ღებულობდა ფენობარბიტალს, 55 – კარბამაზეპინს, ხოლო 40 – დიაზეპამს ინექციის სახით. გამოკვლეულ იქნა ცხოველების სისხლი და თავის ტვინი.

ცხოველების მცირე ჯგუფში (სულ 10 ვირთავგა), რომლებიც ღებულობდნენ დიაზეპამს, პრეპარატის კონცენტრაციის განსაზღვრის წინ ხელოვნურად ვიწვევდით ეპილეფსიური აქტიურობის ექსპერიმენტულ კერას მარცხენა ჰემისფეროს საფეთქლის და სენსომოტორულ ქერქში. მხოლოდ ამის შემდგომ ტარდებოდა მიღებული პრეპარატის ფარმაკოკინეტიკური გამოკვლევები. მუშაობისას ვსარ-

გებლობით ვირთავას თავის ტვინის სტერეოტაქსური ატლასით [10].

ჩატარებული კლინიკური და პარაკლინიკური გამოკვლევების შედეგად გამოტანილია რიგი დასკვნა, რომელთაგან უმნიშვნელოვანესია შემდეგი:

ნაშრომის ექსპერიმენტულ ნაწილში დადგენილია გარკვეული დამოკიდებულება სისხლის პლაზმაში პრეპარატების კონცენტრაციასა და თავის ტვინის ქსოვილებში მათ დონეებს შორის.

შეწოვის საწყის პერიოდში ყველა გამოკვლეული პრეპარატის (PB, CBZ, DZ) კონცენტრაცია სისხლის პლაზმაში გაცილებით სწრაფად იზრდება, ვიდრე თავის ტვინში. პლაზმაში პრეპარატების სტაბილიზაციის დონის მიღწევა აგრეთვე უფრო ადრე ხდება, ვიდრე თავის ტვინში. ამრიგად, სადღეღამისო განაწილების სიხშირის ზრდასთან ერთად პრეპარატების სტაბილიზაციის მიღწევის დრო საგრძნობლად კლებულობს. DZ-ის ორგანიზმიდან შემდგომი გამოყოფის პროცესში თანაფარდობა პლაზმურ და თავის ტვინის შიდა კონცენტრაციებს შორის ერთნაირი ხდება (პრეპარატის მიღებიდან 120 წთ შემდეგ). DZ-ის ორგანიზმიდან გამოყოფის საწყის პერიოდში მისი კონცენტრაცია პლაზმაში გაცილებით უფრო ადრე კლებულობს, ვიდრე თავის ტვინში. 180 წთ შემდეგ DZ-ის გამოყოფა თავის ტვინის სტრუქტურებიდან უკვე ბევრად უსწრებს პლაზმიდან გამოყოფას. აღნიშნულ თავისებურებას დიდი კლინიკური მნიშვნელობა აქვს, რადგან ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში სადღეღამისო დოზის და მისი განაწილების თავისებურებათა ოპტიმიზაციის საშუალებას იძლევა.

როგორც მეთოდოლოგიაში აღვნიშნეთ, ყველა ავადმყოფი გამოკვლევის დასაწყისში ღებულობდა მხოლოდ ერთ ანტიკონვულსანტს. კლინიკური და მიღებული ფარმაკოკინეტიკური მაჩვენებლების მიხედვით პრეპარატის პირველადი დოზის გაზრდის აუცილებლობა გაუჩნდა 26 ავადმყოფს, მათ შორის ფენობარბიტალის მიღებისას – 10-ს, კარბამაზეპინის მიღებისას – 12-ს, დიაზეპამის მიღებისას – 5 ავადმყოფს.

ეპილეფსიის მონოთერაპიიდან პოლითერაპიაზე გადასვლა (ერთდროულად 2 და მეტი ანტიეპილეფსიური პრეპარატის მიღება) საჭირო გახდა 39 შემთხვევაში. პირველად დანიშნული ანტიეპილეფსიური პრეპარატის შეცვლა სხვა პრეპარატით, ე. ი. ერთი ფარმაკოლოგიური ჯგუფის შეცვლა მეორით საჭირო გახდა 16 შემთხვევაში.

ბავშვთა ასაკში ხშირად გვიხდება ეპილეფსიის დიფერენცირება სხვა ცერებრულ პაროქსიზმებთან, მაგალითად აფექტურ-რესპირატორულ პაროქსიზმებთან, ფებრილურ გულყრებთან, ძილის პაროქსიზმულ დარღვევებთან, ვინაიდან ბავშვი, რომელსაც სიცოცხლეში პირველი ეპილეფსიური გულყრა დაემართა, არ არის ეპილეფსიით დაავადებული. ამასთან, არაეპილეფსიური ცერებრული პაროქსიზმებისადმი განწყობილი ბავშვები შემდგომში ავადდებიან ეპილეფსიით გაცილებით უფრო ხშირად, ვიდრე სხვა ბავშვები პოპულაციაში. ამრიგად, აუცილებელია ავადმყოფობის „წინამანიფესტირებულ სტადიაზე“ დროულად გამოვავლინოთ ასეთი ავადმყოფები, რათა ჩატარდეს დროული პროფილაქტიკური ღონისძიებები, განსაკუთრებით სხვადასხვა სომატური დაავადების დროს, რომლებიც ტემპერატურის მომატებით მიმდინარეობს, გულყრების თავიდან ასაცილებლად.



უმცროსი ასაკის ბავშვებში ფენობარბიტალის დანიშვნისას აუცილებელია მათი ფსიქიკური და მეტყველების დონის განვითარების გათვალისწინება, რადგან ფენობარბიტალის მიღების პარალელურად კოგნიტიური ფუნქციების გაუმჯობესების მიზნით გატარებული ღონისძიებების მიუხედავად (ამინომეფაების კურსი, ვიტამინოთერაპია, ლოგოპედთან და დეფექტოლოგთან მეცადინეობა და სხვ.) ამის მიღწევა ყოველთვის არ ხერხდება. აღნიშნულს დიდი მნიშვნელობა აქვს იმის გამოც, რომ უმცროსი ასაკის ბავშვები ტოლერანტულნი არიან ფენობარბიტალის მაღალი დონისადმი, კლინიკურად გამოვლენილი ტოქსიკური ეფექტის გარეშე, მაშინ როდესაც პრეპარატის კონცენტრაცია სისხლის პლაზმაში აღემატება დასაშვებ თერაპიულ დონეს.

პოლითერაპია, ორი ან მეტი ანტიეპილეფსიური პრეპარატის ერთდროული მიღება გავლენას ახდენს ყოველი მათგანის ფარმაკოკინეტიკაზე. კერძოდ, ადგილი აქვს ფენობარბიტალის დონის მომატებას ავადმყოფთა სისხლის პლაზმაში მისი დეპაკინთან კომბინირებული გამოყენების დროს და ნაკლებად მნიშვნელოვან — კარბამაზეპინთან კომბინაციის შემთხვევაში.

უმცროსი და საშუალო ასაკის ავადმყოფების უმეტესობა, განსაკუთრებით Grand mal-ის ტიპის იშვიათი გულყრითი პაროქსიზმებით, ადეკვატურად რეაგირებენ ანტიეპილეფსიურ საშუალებათა სუბთერაპიულ კონცენტრაციებზე და ყოველთვის არ საჭიროებენ პრეპარატის დოზის მომატებას სხეულის მასის მატებასთან დაკავშირებით.

პუბერტაციის პერიოდი მხოლოდ ძირითადი დაავადების მიმდინარეობაზე კი არ ახდენს გავლენას, არამედ მნიშვნელოვნად ცვლის მიღებული ანტიკონვულსანტის ფარმაკოკინეტიკას. ჰორმონალური პრეპარატები, როგორცაა თირეოკომბი (თირეოტომი), რომელსაც ხანგრძლივად ღებულობდნენ პაციენტები კარბამაზეპინთან ერთად, გავლენას ახდენდნენ ამ უკანასკნელის ფარმაკოკინეტიკაზე, რის შედეგად ხდება მაქსიმალური კონცენტრაციის პიკის მიღწევის და პლაზმაში კარბამაზეპინის სტაბილური დონის მიღწევის დროის გადანაცვლება.

პრეპარატის მიღების სიხშირე (კარბამაზეპინისთვის არანაკლები 3-ჯერადი, რიგ შემთხვევაში კი 4-ჯერადი მიღება) სისხლის პლაზმაში მისი დონის ცვალებადობის დაქვეითების მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რადგან პრეპარატის დონის ძლიერმა მერყეობამ შეიძლება გამოიწვიოს არასასურველი, ინტოქსიკაციური ეფექტი (დიდი ერთჯერადი დოზის დროს), ხოლო მეორე მხრივ — შეტევებზე კონტროლის დაკარგვა, რაც უფრო დიდ შეცდომად ითვლება ეპილეფსიის მკურნალობაში. კარბამაზეპინის ერთი ან ორჯერადი დანიშვნა არაეფექტური აღმოჩნდა შემთხვევათა 23%-ში.

ეპილეფსიური სტატუსის კუპირება დიაზეპამის ერთჯერადი შეყვანით არაეფექტური აღმოჩნდა შემთხვევათა 65%-ში, რაც ალბათ დაკავშირებულია დიაზეპამის ნახევარდაშლის მოკლე პერიოდით, რის გამოც კლინიციუსტს ხშირად უხდება პრეპარატის განმეორებით შეყვანა (2-3 და მეტჯერ), რაც შეიძლება გვერდითი მოვლენების მიზეზი გახდეს, აგრეთვე უხდება ინტრავენური ან ინჰალაციური ნარკოზის ჩართვა.

ამით უნდა იყოს განპირობებული ის ფაქტი, რომ ბოლო წლებში საზღვარგა-

რეთ ეპილეფსიური სტატუსის კუპირებისათვის სულ უფრო ხშირად გამოიყენება ბენზოდიაზეპინის რიგის სხვა პრეპარატი – ლორაზეპამი, რომელიც ნახევრად დაშლის და გამოყოფის გაცილებით მეტი პერიოდით გამოირჩევა.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *П. М. Сараджишвили, Т. Ш. Геладзе.* Эпилепсия. М., 1977.
2. *А. И. Болдырев.* Эпилепсия у детей и подростков. М., 1990.
3. *М. Я. Вайнтруб.* Эпилепсия. Многолетнее медикаментозное лечение и его осложнения. М., 1995, 191.
4. *В. А. Карлов.* Терапия нервных болезней, гл. X, (Эпилепсия). М., 1996, 437.
5. *С. А. Громов и др.* Журн. невро. и психиатр. им. С. С. Корсакова, 90, 6. 1990, 56-59.
6. *В. М. Окуджава, Б. Г. Чанкветадзе.* Хроматографические методы количественного определения противоэпилептических средств в биологических объектах. Тбилиси, 1993.
7. *П. Вольф.* Журн. невро. и психиатр. им. С. С. Корсакова, 93, 1993, 36-39.
8. *A. Richens.* Epilepsia, 34, 2, 1993, 198.
9. *З. А. Зурабашвили, Н. П. Кавтарадзе., Н. М. Геладзе.* Стандартизация и оптимизация хроматографических методов исследования фармакокинетики антиконвульсивных препаратов. (Метод. рекоменд), Тбилиси, 1990, 23.
10. *E. Fifkova and V. Marsala.* In: I. Bures et al. Electrophysiological methods in biological research. New-York, 1969, 635-695.



შ. ციციანი

კვლევის მეთოდოლოგია და ავადმყოფთა დახასიათება
მოზრდილთა ასაკში შიზოფრენიის ფსიქოპათოლოგიის
ეზოპათოლოგიის მანიფესტაციის დროს

წარმოადგინა ვ. ოკუჩავამ 1.07.97

სადღეისოდ ფსიქიატრიის ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემად მიჩნეულია ენდოგენური ფსიქოზების კლინიკო-პათოგენეზური გამოკვლევები ავადმყოფთა მთელი ცხოვრების ციკლის ასაკობრივი პერიოდების თავისებურებათა გათვალისწინებით. მაგალითად, ვ. ბუნაკმა [1] წამოაყენა ადამიანის ონტოგენეზის პერიოდისა და რამდენიმე სტადია.

ჩვენს მიერ შესწავლილი იყო ადამიანთა ჯგუფი, რომელიც განეკუთვნებოდა მოზრდილთა, ანუ „არაკრიზისულ“ ასაკს. აღნიშნული ასაკობრივი პერიოდი ხასიათდება ორგანიზმის ცალკეულ ორგანოთა და სისტემათა შედარებითი მორფოლოგიური სტაბილურობით.

კვლევის ძირითად მეთოდად გამოყენებული იყო:

1. შესწავლილ ავადმყოფთა მთელი სიცოცხლის კატანეზური მონაცემების რეტროსპექტიული ანალიზი. კვლევისათვის ვისარგებლეთ ვ. ბუნაკის მიერ მოწოდებული ორივე სტადიის ადამიანთა ონტოგენეზის ასაკობრივი პერიოდისა და რამდენიმე სტადიის შესწავლილი სტადია.

2. შიზოფრენიული ფსიქოზების თითოეული ტიპის მიმდინარეობისათვის დამახასიათებელი სინდრომების კანონზომიერებათა შესწავლა ფსიქოპათოლოგიურ სინდრომთა და მდგომარეობათა გლოსარიის გამოყენებით.

მთლიანად შესწავლილ იქნა 674 ავადმყოფი „არაკრიზისულ“ მოზრდილთა ასაკში ეზოგენურად პროვოცირებული მწვავე ფსიქოზებით. ავადმყოფთა აღნიშნული კონტინგენტი იმყოფებოდა ჩვენი მეთვალყურეობის ქვეშ სამი ათეული წლის მანძილზე სხვადასხვა ფსიქიატრიულ დაწესებულებებში (მოსკოვის პირველი სამედიცინო ინსტიტუტის ს. კორსაკოვის სახელობის ფსიქიატრიული კლინიკა, რსფსრ-ის ჯანდაცვის სამინისტროს მოსკოვის ფსიქიატრიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი, სსრკ-ის ჯანდაცვის სამინისტროს ვ. სერბსკის სახელობის ზოგადი და სპეციალური ფსიქიატრიის ინსტიტუტი და საქართველოს ჯანდაცვის სამინისტროს მ. ასათიანის სახელობის ფსიქიატრიის ინსტიტუტი). აღნიშნულ ავადმყოფთა პირველადი დიაგნოსტიკური შეფასება იყო საკმაოდ არაერთგვაროვანი. შიზოფრენიის დიაგნოზთან (შუბისმაგვარი - 178 ავადმყოფი, ქალი-72, მამაკაცი-106; რეკურენტული-324 ავადმყოფი, ქალი-237, მამაკაცი-87) და მდპ-ს ატიპურ ფორმასთან (45 ავადმყოფი, ქალი-38, მამაკაცი-7) ერთად გამოყოფილ იქნა

ნაკრები ჯგუფი (127 ავადმყოფი), რომელთა ფსიქიკური მდგომარეობა ფსიქოზის მანიფესტაციის დროს კვალიფიცირებული იყო როგორც „სომატოგენური“ (18 ავადმყოფი, 12 ქალი, 6 მამაკაცი), „რეაქტიული“ (26 ავადმყოფი, 17 ქალი, 9 მამაკაცი), „ინტოქსიკაციური“ (18 ავადმყოფი, 8 ქალი, 11 მამაკაცი) და „შობიარობის შემდგომი“ (64 ქალი) ფსიქოზი.

მწვავე მანიფესტირებული ფსიქოზის აღმოცენება ჩვეულებრივ ხდებოდა როგორც პიროვნების „რეაქცია“ მანვე ეგზოგენური ფაქტორების უშუალო ზემოქმედებაზე.

ფსიქოზთა კლინიკურ სურათში გვხვდებოდა ყველა სახის ფსიქიკურ აშლილობათა (აფექტური, ბოლდვითი, ჰალუცინატორული, კატატონური და სხვა) დომინირება. მანიფესტირებული შეტევა უმეტესად მთავრდებოდა კრიტიკულად, სხვადასხვა ხანგრძლივობის, ხშირად მალალი ხარისხის რემისიებით.

ავადმყოფთა ფსიქოზური მდგომარეობიდან გამოსვლის შემდეგ, უმეტეს შემთხვევებში შესაძლებელი ხდებოდა ფსიქოზთა გამოვლინების ფორმების ნამდვილი დიაგნოსტიკური კრიტერიუმების (გენეტიკური ფონი, პიროვნების პრემორბიდული თავისებურებები, ავადმყოფობის ინიციალური სტადიის გამოხატულება, სინდრომალური სტრუქტურა და მანიფესტირებული შეტევის ხანგრძლივობა, ფსიქოზიდან გამოსვლის ტიპი, პირველი რემისიის ხარისხი და სხვა) დადგენა, რითაც განისაზღვრებოდა მათი ნოზოლოგიური კუთვნილება.

მიღებული შედეგების შესაბამისად, ჩვენს მიერ შესწავლილი 674 ავადმყოფი განაწილდა 3 ძირითად დიაგნოსტიკურ ჯგუფში: 218 ავადმყოფი განეკუთვნა შიზოფრენიის უზბისმაგვარ ფორმას, 389 – რეკურენტულ შიზოფრენიას, 67 – მძპს-ს ატიპურ ფორმას.

ამასთანავე, ავადმყოფთა ამგვარი დაჯგუფება არ მიუთითებდა ამა თუ იმ დიაგნოსტიკურ ჯგუფში შემავალ ავადმყოფთა ერთგვაროვნებაზე: მათი უმრავლესობა კლინიკური სურათის მიხედვით თავიდანვე განსხვავდებოდა აფექტის განსაკუთრებული დატვირთვით, პოლიმორფიზმით, ბოლდვითი განცდების არასისტემატურობით და ა. შ. მიუხედავად ამისა, პიროვნების შეცვლის გამოხატულების ხარისხი პრემორბიდში, მანიფესტირებულ შეტევათა სინდრომალური სტრუქტურა, პირველი რემისიების ხანგრძლივობა და ხარისხი, ასევე განმეორებითი შეტევების სიხშირე მიუთითებდნენ მათ არაერთგვაროვნებაზე.

ჩატარებულმა კვლევამ გვიჩვენა, რომ მოზრდილთა „არაკრიზისულ“ ასაკში ეგზოგენურად პროვოცირებული მწვავე შიზოაფექტური ფსიქოზი შესაძლებელია ყოფილიყო ერთადერთი მთელი ცხოვრების მანძილზე, გამოვლინებული ტრანზიტორული შეტევებით („კლიმეს“ ტიპი), ან რეგრედიენტული ტიპით.

საქართველოს ჯან. დაცვის სამინისტროს შ.

ასათიანის სახ. ფსიქიატრიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი.

ლიტმარატშრა



თ. შურაძე, ზ. ზურაბაშვილი, მ. ვახანაძე

მონოციტების მორფოლოგიური და ჰისტოქიმიური ცვლილებები ბრონქული ასთმით დაავადებულ ბავშვებში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. ჯავახიშვილმა 6.08.1996

ბავშვთა ასაკში ბრონქული ასთმა ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული ქრონიკულ-მორეციდივე დაავადებაა. მსოფლიო სტატისტიკური მონაცემებით გახშირდა მისი მძიმე ფორმები და საგრძნობლად მოიმატა სიკვდილიანობამ. საქართველოს რესპუბლიკაში ამ პათოლოგიით დაავადებულთა რიცხვმა მოიმატა 14-ჯერ, ხოლო მისი გავრცელება შეადგენს 3,1%-ს [1]. მიუხედავად ჩატარებული მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებისა ბრონქული ასთმის პათოგენეზი დაზუსტებას და შესწავლას მოითხოვს. ბოლო ათწლეულის მანძილზე, ბრონქული ასთმა განიხილება, როგორც ქრონიკული ანთებითი პროცესი [2], რომლის განვითარებაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება რეტიკულო-ენდოთელურ სისტემას, კერძოდ მაკროფაგსა და მის მოციკულირე ეკვივალენტს – მონოციტს.

ცნობილი ფაქტია, რომ ფილტვები სუნთქვით ფუნქციასთან ერთად წარმოადგენს მუდმივ ბარიერს შესუნთქულ ჰაერში არსებულ მავნე აგენტებისთვის. ამ რთული პროცესების განსახორციელებლად აუცილებელია ეფექტური დამცველობითი მექანიზმი, რასაც ხელს უწყობს სასუნთქი გზების უნიკალური აგებულება და ფილტვების სპეციალური დამცველობითი მექანიზმი. ამ ხაზის დარღვევისას, იმუნური სისტემა ახორციელებს მეორად დამცველობით ფუნქციას. აქ უკვე აქტიურ მონაწილეობას იღებს მონოციტო-მაკროფაგალური სისტემა [3].

მონოციტ/მაკროფაგის გარეშე იმუნური პასუხი ძლიერ დაქვეითებულია [4]. აქედან გამომდინარე, საინტერესოა ამ მნიშვნელოვანი უჯრედის ნატიფი მორფოლოგიის და ჰისტოქიმიის შესწავლა ბრონქული ასთმის ატოპიური ფორმის დროს, დაავადების მიმდინარეობის გათვალისწინებით და სამკურნალო საშუალებების ეფექტურობის დაზუსტება მონოციტების მორფო-ფუნქციური შესწავლის მიხედვით.

საქართველოს პედიატრიის ს/კ ინსტიტუტის კლინიკური ალერგოლოგიისა და ფსიქიატრიის ს/კ ინსტიტუტის პათომორფოლოგიის განყოფილებაში გამოკვლევულ იქნა ბრონქული ასთმის ატოპიური ფორმით დაავადებული 3-დან 15 წლამდე ასაკის 80 პაციენტი, რომლებიც დაყოფილ იქნა ორ ასაკობრივ ჯგუფად I (3-11 წლის) და II (12-15 წლის). საკვლევ მასალას წარმოადგენს პერიფერიული სისხლი, რომელიც აღებულია დაავადების შეტევის (მკურნალობამდე), მკურნალობის შემდგომ და რემისიის პერიოდში. 80 პაციენტიდან 40-ს ჩატარდა პრეპარატ ZADITEN-ით მკურნალობა. მიღებული მონაცემები შეედარა დანარჩენ



40 პაციენტის მონაცემებს, რომელთაც რემისიის პერიოდში ZADITEN-ით მკურნალობა არ ჩატარებიათ.

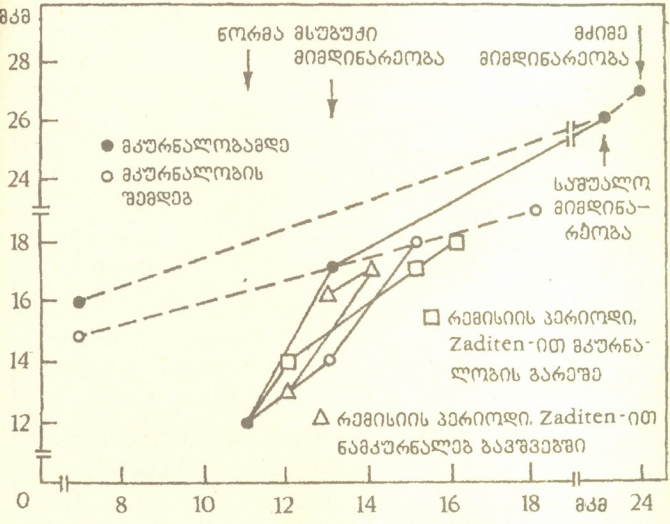
საკონტროლო ჯგუფებში წარმოდგენილია 10 პრაქტიკულად ჯანმრთელი ბავშვი.

მონოციტები გამოკვლეულ იქნა სინათლის (OPTON) და ინტერფერენციულ-პოლარიზაციული (BIOLAR) მიკროსკოპით.

სინათლის მიკროსკოპით განისაზღვრა: მონოციტების სტრუქტურა, უჯრედის ფორმა, ციტოპლაზმის და ბირთვის კიდევები, ციტოპლაზმის და ბირთვის მორფომეტრია, ბირთვის და ციტოპლაზმის ურთიერთკავშირი, პერინუკლეარული სივრცე, ქრომატინის განლაგება, ეუ- და ჰეტერო ქრომატინის ურთიერთკავშირი, ციტოპლაზმის ვაკუოლიზაცია. ჰისტოქიმიური მაჩვენებლებიდან შევისწავლეთ ღწმ-ის და რწმ-ის ცელა, ღწმ-ის პოლიმეროზაცია.

ეს მონაცემები დაზუსტდა ინტერფერენციულ-პოლარიზაციული მიკროსკოპის საშუალებით. განისაზღვრა: მონოციტების სისქე, დიამეტრი, უჯრედის ზედაპირზე მშრალი ნივთიერების კონცენტრაცია, მშრალი ნივთიერების მასა უჯრედში.

ორივე ასაკობრივ ჯგუფის მასალაზე მონოციტები წარმოდგენილია, მკურნალობამდე და მკურნალობის შემდგომ პერიოდში. მკურნალობამდე აღინიშნებოდა მონოციტების მკვეთრი სტრუქტურული ცვლილებები, განსაკუთრებით ბირთვი-

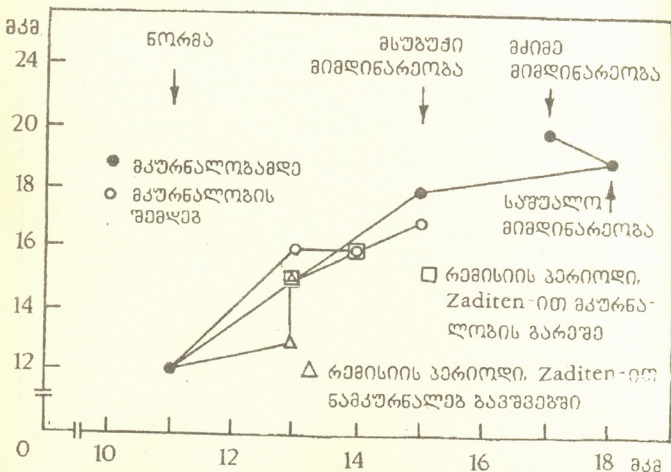


დიაგრ. 1. ციტოპლაზმა-ბირთვის ურთიერთკავშირი I ასაკობრივ ჯგუფში.

მონოციტების მორფომეტრული მაჩვენებლები I ასაკობრივ ჯგუფში

	ნორმა	მსუბუქი		საშუალო	
		I	II	I	II
იჩრდის ხისქე (μm)	9.65 ± 0.4	10.8 ± 2.7	10.9 ± 2.2	12.1 ± 3.4	13
ციტოპლაზმის დიამეტრი (μm)	12 ± 1.1	14.1 ± 1.2	16.2 ± 2.5	18 ± 2.2	16
ბირთვის დიამეტრი (μm)	11 ± 0.1	13.4 ± 1.1	13 ± 1.1	15.1 ± 2.3	14
შრალი ნივთიერების მასა ($\mu\text{m}^3/\text{g}$)	193.8 ± 2.2	200.4 ± 2.0	198.3 ± 4.0	210.0 ± 3.1	20
შრალი ნივთიერების კონცენტრაცია ($\text{g}/\mu\text{m}^3$)	3.021 ± 0.021	3.831 ± 0.022	3.943 ± 0.002	4.258 ± 0.005	4.3

სა. დაავადების სიმძიმის მომატებასთან ერთად, ცვლილებები უფრო ღრმავდება. (ცხრ. 1) მკურნალობამდე მონოციტები ძლიერ წაგრძელებულია, განსაკუთრებით დაავადების მძიმე ფორმის დროს. ციტოპლაზმის კიდეები დაკლაკნილია, გაუხეშებული. შეღებილია მკვეთრად. ციტოპლაზმა მკრთალი ვარდისფერია. ბირთვები გაჭირვლებულია, განსაკუთრებით მძიმე ფორმების დროს, საინტერესოა, რომ პირველ ასაკობრივ ჯგუფში გამოვლინდა პიკნოზური ბირთვებიც (5 შემთხვევა). ბირთვის კიდეები დაკლაკნილია, გაუხეშებული. აღინიშნება ფართო პერინუკლეარული სივრცე, განსაკუთრებით საშუალო და მძიმე ფორმების დროს. ბირთვში ჭარბობს ჰეტეროქრომატინის მსხვილი გროვები, განლაგებული ბირთვის კიდესთან. ერთეული წვრილმარცვლოვანი ჰეტეროქრომატინი აღინიშნება მსუბუქი ფორმების დროს. მომატებულია ვაკუოლიზაცია. ღწმ მსხვილ გროვებადაა წარმოდგენილი, შეღებილია მკვეთრ მწვანე ფერად, რაც მიუთითებს მის პოლი-



ღიაგრ. 2. ციტოპლაზმა-ბირთვის ურთიერთკავშირი II ასაკობრივ ჯგუფში.

მონოციტების მორფომეტრული მაჩვენებლები II ასაკობრივ ჯგუფში

	ნორმა	მსუბუქი		საშუალო		მძიმე	
		I	II	I	II	I	II
ფერდის სისქე (µm)	9.65±0.4	11.3±1.2	11.8±3.7	16.4±2.2	14.5±1.5	15.8±1.7	14.2±1.7
ციტოპლაზმის დამეტრი (µm)	12 1.1	17±3.4	18.5±4.1	26.2±9.0	19.3±4.0	27 9.8/16 3.5	20.1±6.4
ბირთვის დამეტრი (µm)	11 0.1	14±2.2	15.6±2.0	23.1±9.2	18.4±5.1	24 9.0/7±1.1	17±4.1
წვრილი ნივთიერების მასა (µm ³ /g)	193.28±2.2	208.4±1.5	214.5±3.7	227.3±2.2	205.3±3.6	220.4 4.9	219.1±3.2
წვრილი ნივთიერების კონცენტრაცია (g/µm ³)	3.021 0.021	4.034±0.032	3.943±0.002	5.684±0.037	4.955±0.003	5.893 0.007	5.203±0.005

მერიზაციასზე. რნმ შედეგებშია მკრთალ წითელ ფერად, არათანაბრად. აღნიშნული მონაცემები მიუთითებს ნუკლეინის მეთავების ცვლის დაქვეითებაზე მონოციტურ კომპლექსში.

სიმპატომიმეტიკებით, ბრონქოსპაზმოლიზური საშუალებებით და ჰორმონებით ჩატარებული თერაპიის ფონზე იცვლება მონოციტების სტრუქტურულ-ციტოქიმიური სურათი (ცხრ. 2). მონოციტები ოვალური და მრგვალი ფორმისაა. უჯრედის ზომა კლებულობს. ეს კლება ძირითადად ციტოპლაზმის ხარჯზეა. მისი კიდე ნაკლებად დაკლაკნილია ორივე ასაკობრივ ჯგუფში. მსუბუქ შემთხვევაში მონოციტი კიდე სადა და ნაზია, ბირთვის ზომამი შემცირებულია. ნაწილი ბირთვებისა (I ჯგუფი მსუბუქი ფორმა) გადიდებულია. მათი კიდეები ნაკლებადაა დაკლაკნილი, განსაკუთრებით მსუბუქი ფორმის დროს. პერინუკლეარული სივრცე მკვეთრად შემცირებულია. ვაკუოლები შედარებით წვრილია და მათი რაოდენობა შემცირებულია. ჰეტეროქრომატინის მსხვილი გროვები ერთეულ შემთხვევაში გვხვდება ბირთვის კიდესთან. შესაბამისად მომატებულია ეუქრომატინის წვრილი მარცვლები, რაც მიუთითებს ბირთვის აქტივობის შეცვლაზე. ღნმ ძირითადად წვრილმარცვლოვანია, მძიმე ფორმების შემთხვევაში გვხვდება პოლიმერიზირებული ღნმ ბირთვის კიდესთან. რნმ-ის შეფერილობა ერთგვაროვანია.

ეს მაჩვენებლები შედარებული იყო რემისიის პერიოდში მიღებულ მონაცემებთან (დიაგრამა 1-2). პრეპარატ ZADITEN-ით ნამკურნალებ ბავშვებში კვლევის შედეგად მიღებული შედეგები უფრო მეტად უახლოვდება საკონტროლო მაჩვენებლებს, ვიდრე იმ ჯგუფში, რომელსაც ZADITEN-ით მკურნალობა არ ჩატარებიათ. ZADITEN-ი ცვლის როგორც ციტოპლაზმის ისე ბირთვის ოდენობას, ბირთვისა და ციტოპლაზმის შეფარდებას, ზრდის ეუქრომატინის და შესაბამისად ამცირებს ჰეტეროქრომატინის რიცხვს. მცირდება ღნმ-ის პოლიმერიზაცია.

გამოკვლევის შედეგები მოწმობს, რომ ბრონქული ასთმის დროს მონოციტების სტრუქტურულ-ციტოქიმიური მაჩვენებლები იცვლება და ამ მონაცემების საფუძველზე შეიძლება ვიმსჯელოთ დაავადების სიმძიმეზე, ჩატარებული მკურნალობის ეფექტურობასა და მოსალოდნელ რეციდივებზე.

პედიატრიის ინსტიტუტი

საქართველოს ფსიქიატრიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *L. Zhorzholiani, T.Churadze, M. Macalatia et al.* European J. of Allergy and Clinical Immunology , XVth World congress of Asthmology, 1996, 24-27.
2. *P. Barres.* New England J. Med., 321, 1989, 1517-1527.
3. *M. Eric Gershvin.* Bronchial Asthma-Principles of Diagnosis and Treatment, Section of Rheumatology - Allergy. California, 1984.
4. *M. Ballow.* J.Allergy Clinic. Immunol., 84, 1989, 1019-1022.



მ. ხარაბაძე

კავკასიის ნამარხი გველეხის ადგილსაკოვებლები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. გაბუნია 17.02.1997

კავკასიის ნეოგენურ და მეოთხეულ ნალექებში საკმაოდ ხშირად გვხვდება გველების ნამარხი ნაშთები. დღეისათვის ამ რეგიონიდან ცნობილია მხოლოდ თერთმეტი ადგილსაკოვებელი. წინამდებარე ნაშრომში მოცემულია მათი ნუსხა იმ ნამარხი გველების მითითებით, რომლებიც ამ დროისათვის არიან ცნობილნი. რუკაზე აღნიშნულ ადგილსაკოვებელთა რიგითი ნომრები შეესაბამებიან მათ სტრატოგრაფიულ თანმიმდევრობას (სურ.).

კავკასიის ტერიტორიაში აქ იგულისხმება აზერბაიჯანი, საქართველო და სომხეთი მათი თანამედროვე საზღვრების ფარგლებში და ჩრდილო კავკასია (რუსეთის ფედერაცია) კუმა-მანიჩის ღრმულსა და კავკასიონის მთაგარ წყალგამყოფ ქედს შორის. თითოეული რეგიონისთვის ადგილსაკოვებლების ნუსხა დალაგებულია ქართული ანბანის თანმიმდევრობის შესაბამისად და მითითებულია, აგრეთვე, ძირითადი ლიტერატურული წყაროები.

ტექსტში მოყვანილი მასალების უმეტესი ნაწილი დაკუთვნილია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ლ. დავითაშვილის სახელობის პალეობიოლოგიის ინსტიტუტის ხერხემლიანთა პალეოზოოლოგიის ლაბორატორიაში.

აზერბაიჯანი.

ბინაგადი. 1. მდებარეობა: სოფელი ბინაგადი, აფშერონის ნახევარკუნძული, აღმოსავლეთ აზერბაიჯანი.

2. ასაკი: შუა პლეისტოცენი.

3. გველები: ნ. ვერემზაგინის ცნობით, აქ „ნაპოვნია კუთა, ხვლიკებისა და გველების ასამდე ნაშთი“ [1]. ეს არის ერთადერთი ცნობა, უფრო კონკრეტული მონაცემები დღემდე არ არის გამოქვეყნებული [2].

ნაფტალანი 1. მდებარეობა: სოფელი ნაფტალანი, განჯადან (ყოფილი კიროვბადი) 45 კმ სამხრეთ-აღმოსავლეთით, დასავლეთ აზერბაიჯანი.

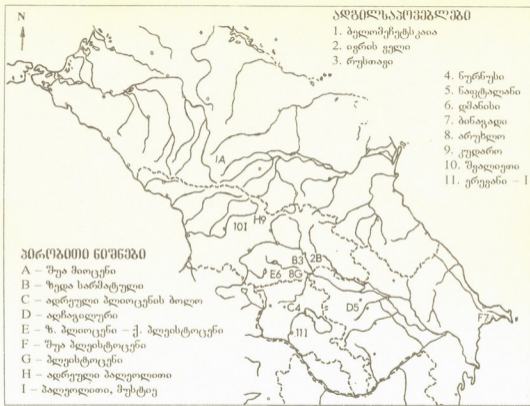
2. ასაკი: ალჩაგის წყება.

3. გველები: ი. პალიბინის მიერ ნახსენებია აქ ნამარხი გველის ნაშთების არსებობა [3].

საქართველო.

არუხლო 1. მდებარეობა: სოფელი არუხლო (ბოლნისის რაიონი), მდინარე ხრამის მარცხენა ნაპირი, თბილისიდან 30 კმ სამხრეთ-დასავლეთით, აღმოსავლეთ საქართველო.

2. ასაკი: პლეისტოცენი [4].



სურ. კავკასიის ნამარხი გველების ადგილსაპოვებლების რუკა (ადგილსაპოვებლები დალაგებულია სტრატოგრაფიული თანმიმდევრობით).

3. გველები: *Daboia lebetina*, *Natrix sp.*

ღმანისი 1. მდებარეობა: სოფელი პატარა ღმანისი, მდინარეების მამავერასა და ფინეზურის შესართავთან, თბილისიდან 65 კმ სამხრეთ-დასავლეთით, აღმოსავლეთ საქართველო.

2. ასაკი: ზედა პლიოცენი-ქვედა პლეისტოცენი [5].

3. გველები: *Boiga cf. trigonata*, *Coluber najadum*, *Coluber robertmertensi*, *Coluber Schmidtii*, *Daboia cf. raddei* 6 - 8, *Elaphe sp.*

ივრის ველი 1. მდებარეობა: მდინარე იორის ველი, აღმოსავლეთ საქართველო. ზუსტი მდებარეობა უცნობია.

2. ასაკი: ზედა სარმატული.

3. გველები: *Ophidia indet. (Natrix?)* [9].

კუდარო 1. მდებარეობა: მღვიმე კუდარო, მდინარე ჭეგორას ხეობაში, შიდა ქართლი, აღმოსავლეთ საქართველო.

2. ასაკი: ადრეული პალეოლითი.

3. გველები: *Natrix natrix* [10].

რუსთავი = იადღუჯა 1. მდებარეობა: ქალაქ რუსთავის მიდამოები, აღმოსავლეთ საქართველო.

2. ასაკი: ზედა სარმატული.

3. გველები: *Daboia sp.* [11, 12].

შვალეთი 1. მდებარეობა: მღვიმე მდინარე ყვირილას მარცხენა ნაპირზე (ქიათურის რაიონი), დასავლეთ საქართველო.

2. ასაკი: პალეოლითი, მუსტიე.

3. გველები: *Colubrinae indet*; განსაზღვრა ვ. ჩხიკვაძისა [13].

სომხეთი.

მღვიმე ერევანი-I 1. მდებარეობა: ქალაქ ერევნის ფარგლებში.

2. ასაკი: პალეოლითი, მუსტიე [4].

3. გველები: კოლექცია ჭერჭერობით შეუსწავლელია.

ნურნუსი 1. მდებარეობა: სოფელი ნურნუსი მდინარე ზანგაზე, აღმოსავლეთ სომხეთი [15].

2. ასაკი: ადრეული პლიოცენის მიწურული [14].

3. გველები: *Colubridae indet.* (2 ან 3 სახეობა), *Daboia cf. xanthina*, *Erix sp.*

ჩრდილო კავკასია (რუსეთის ფედერაცია).

ბელომეჩეტსკაია 1. მდებარეობა: სტავროპოლიდან 72 კმ სამხრეთით.

2. ასაკი: შუა მიოცენი.

3. გველები: ? *Boiga sp.*, *Coluber sp.*, *Colubridae gen. indet.*, *Daboia sp.*, *Natrixinae gen. indet.* [16].

კავკასიის ნამარხი გველების ადგილსაპოვებლების ნუსხა სტრატოგრაფიული თანმიმდევრობით

შუა მიოცენი – ბელომეჩეტსკაია

ზედა სარმატული – ივრის ველი, რუსთავი

ადრეული პლიოცენის მიწურული – ნურნუსი
 აღჩაგილის წყება – ნაფტალანი
 ზედა პლიოცენი-ქვედა პლეისტოცენი – დმანისი
 შუა პლეისტოცენი – ბინაგადი
 პლეისტოცენი – არუხლო
 ადრეული პალეოლითი – კუდარო
 პალეოლითი, მუსტიე – მღვიმე ერევანი – I, შვალიეთი
 დასასრულ, აღვნიშნავ, რომ წინამდებარე შრომა შესრულებულია ბიოლოგი-
 ურ მეცნიერებათა დოქტორ ვიჩესლავ ჩხიკვაძის მიერ შედგენილი კატალოგისა
 და კოლექციის საფუძველზე და მისი უშუალო ხელმწიფობით, რისთვისაც ვუხედი
 მას მადლობას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ლ. დავითაშვილის სახ. პალეობიოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Н. К. Верещагин*. Сообщ. АН СССР, М.-Л., 1959, 3-704.
2. *Л. И. Хозацкий*. В кн: Стратиграфия СССР, четвертичная система, 1, М., 1982, 252-262.
3. *И. В. Палибин*. Сообщ. музея, 8, 3-4, 1915, 267-272.
4. *М. А. Бахрадзе, Д. Н. Тархнишвили, В. М. Чхиквадзе*. Сообщ. АН ГССР, 127, 1, 1987, 165-168.
5. *V. Dzaparidze, G. Bosinski, T. Bugianisvili, L. Gabunia, A. Justus, N. Klopotovskaja, E. Kvavadze, D. Lordkipanidze, G. Maisuradze, N. Mgeladze, M. Nioradze, E. Pavlenisvili, H.-V. Schminke, D. Sologasvili, D. Tusabramisvili, M. Tvalcrelidze, A. Vekua*. Der altpalaolithische Fundplatz Dmanisi in Georgien (Kaukasus). Mainz, 1991, 1-80.
6. *V. Ckhikvadze, E. Kharabadze*. Amphibians and reptiles from the early Pleistocene of Georgia (Dmanisi, lower Apsheonian). Terra Nostra. XIV INQUA Congress. Abstracts. Berlin, August 3-10, 1995, 48.
7. *ე. ხარაბაძე*. ნამარხი ზოიგას (Reptilia: Serpentes: Colubridae) ნაშთი აღმოსავლეთ საქართველოდან. აკად. ლეო დავითაშვილის დაბადების 100 წლისთავისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო სესიის თეზისები, თბილისი, 1995, 15.
8. *E. Kharabadze*. Bull. Georg. Acad. Sci. Tbilisi, 153,3, 1996, 470-473.
9. *В. В. Богачев*. Сообщ. Аз ФАН СССР, N 4-5, 1938, 29-46.
10. *Н. Г. Амيرانашвили, Н. В. Гутиева, В. М. Чхиквадзе*. В: Флора и фауна мезокайнозоя Грузии. Тбилиси, 1991, 159-165.
11. *Г. А. Зерова, А. Н. Лунгу, В. М. Чхиквадзе*. Труды ЗИН, 1986, 89-99.
12. *Г. А. Зерова, В. М. Чхиквадзе*, Вестн. АН ГССР, Сер. биол., 10, 5, 1984, 319-326.
13. *ა. ვეკუა, ც. გაბელაია*. საქართველოს მღვიმეები და გამოქვაბულები. 10, თბილისი, 1985, 65-76.
14. *Г. У. Мелик-Адамян, Е. Н. Курочкин, В. М. Чхиквадзе*. Вестн. зоол., 6, 1988, 71-74.
15. *В. М. Чхиквадзе*. Ископаемые черепахи Кавказа и Северного Причерноморья. Тбилиси, 1983, 1-20.
16. *В. М. Чхиквадзе*. В кн: Проблемы региональной фауны и экологии животных. Ставрополь, 1987, 84-90.



6. ფიზია

ი. კანტის ბ. რასელისეული ინტერპრეტაციის ანალიზი

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. თევზაძემ 20.01.1997

ცნობილი ინგლისელი მოაზროვნე ბერტრან რასელი (1872-1970), მართალია, კანტის ისტორიული როლის „შემსუბუქებასა“ და საკუთარ მოძღვრებაზე მისი გავლენის უარყოფას ცდილობს, მაგრამ მისი მოძღვრების სიღრმისეული ანალიზი, სინამდვილეშიც, ამგვარი მცდელობის უნაყოფობაზე მიუთითებს. მეტიც, ეს გარემოება ობიექტურად კიდევ ერთხელ ადასტურებს კანტის უდიდეს ისტორიულ ღირებულებას. ბ. რასელის ფილოსოფიური ევოლუცია ცხადყოფს, რომ კანტისადმი ამკარად უარყოფითი დამოკიდებულების მიუხედავად, მისი პასუხი ფუნდამენტურ პრობლემათა უმეტესობაზე სხვა არაფერია, თუ არა ამავე პრობლემებზე კანტის თვალსაზრისთა ინტერპრეტაცია ჰიუმისტური-ნეოპოზიტივისტური პოზიციებიდან.

რასელის კრიტიკის საგანი გახდა პრინციპულად არასწორად გაგებული კანტის სუბიექტივიზმი და თავისთავადი ნივთი. ეს უკანასკნელი რასელს ესმოდა, როგორც ფიზიკური სამყაროს ხდომილებანი (ობიექტური), რომლებიც თითქოს კანტის აზრით, იწვევენ აღქმებს (სუბიექტური). ის, რაც თავისთავადი ნივთის მოხსნის შემდგომ, შემეცნების შექველ ინსტანციად დარჩა რასელისათვის, არის უშუალო გრძნობადი მონაცემი. იგი მხოლოდ ემპირიულ შემეცნებელ სუბიექტს ეძლევა და ინდივიდუალური ხასიათი აქვს. ასე რომ, ამ „სუბიექტისათვის მოცემულობამ“ უფრო მეტი სუბიექტივიზმი გამოავლინა, ვიდრე საერთოდ კანტისეულმა (რასელის სიტყვებით) „მიკროსკოპულმა ხედვამ“. რასელი თავად არაერთხელ აღნიშნავს, რომ გრძნობადი მონაცემი ნებისმიერ შემთხვევაში სუბიექტურია. სამყაროს აღწერაში სუბიექტივიზმი ნაკლია, თვლის რასელი, მაგრამ კითხვისას — თუ როგორ მივდივართ სამყაროს შემეცნებად, სუბიექტივიზმი სრულიად კანონზომიერია [1, გვ. 31]. მას რომ კანტი სწორად გაეგო, ვფიქრობ, ბევრი არაფერი ექნებოდა სასაყვედურო. საქმე ისაა, რომ „კოპერნიკისებური გადატრიალებების“ არსად მიიჩნია არა აზროვნების წესის შეცვლა, არამედ ადამიანის ადგილის განსაზღვრა სამყაროში. მაგრამ არც „ადამიანი სამყაროს ცენტრში“ უნდა გავიგოთ ისე, თითქოს სამყარო საერთოდ ადამიანის სამყაროა. კანტის შემეცნებელმა სუბიექტმა ის იცის სამყაროს შესახებ, რაც მას გრძნობად-ჭკერტაში, მოვლენათა სფეროში ეძლევა და არა თავისთავად. ბუნებისმეტყველებისაგან გამომდებელი მეთოდი ნიშნავს: წმინდა გონების ელემენტები ვეძებოთ იმაში, რაც ექსპერიმენტით დასტურდება ან უარიყოფა, ხოლო გამოცდილების საზღვრებს იქით მსწრაფი გონებისათვის ეს მეთოდი უსარგებლოა. ნეოპოზიტივიზმმა მოხსნა



რა ნივთი თავისთავადი, მონაცემები სუბიექტის საკუთრებად აქცია. რასელმა სწორედ იმ პუნქტში, რომელიც მას არ მოსწონდა, გადააჭარბა კიდევ კანტს. სუბიექტივიზმი გადაწყვეტი აღმოჩნდა მის ფილოსოფიაში.

რასელი ერთგან წერს, რომ მის ინტელექტუალურ ძიებაში, გარკვეული აზრით, მან ვერ დასძლია წინააღმდეგობა გონებასა და ემოციებს შორის. „ისინი, ვინც ცდილობს შექმნას რელიგია ჰუმანიზმისა, ვერ აკმაყოფილებენ ჩემს ემოციებს, და მაინც, არ შემძლია ვირწმუნო რომ სამყაროში არსებობს რაიმე, რასაც შევაფასებდი ადამიანებს მიღმა... ასე რომ, ჩემი ინტელექტი იხრება ჰუმანიზმისაკენ, მიუხედავად ჩემი ემოციების ძლიერი პროტესტისა. ამ აზრით, „ნუგეში ფილოსოფიისაგან“ ჩემთვის არ არსებობს“ [2, გვ. 19]. რასელმა, მისივე თქმით, ვერ პოვა რელიგიური დაკმაყოფილება ფილოსოფიაში. კანტიანურმა დულაიზმმა და სუბიექტივიზმმა მოსვენება დაუკარგეს მას, „კანტმა დამაავადა“ — წერს იგი.

სწორია აღან ვუდი, როცა თვლის, რომ შესაძლოა ვინმემ ფილოსოფოსი რასელის ოფიციალური კარიერა შეაფასოს როგორც „კანტიდან კანტამდე“. იგი აღნიშნავს, რომ რასელი თავის შრომაში „ადამიანური შემეცნება“ კანტის სუბიექტივიზმს უახლოვდება, რასაც სქოლიოს სახით, რასელის კონტრ-არგუმენტი ერთვის [3, გვ. 179]. ფარდობითობის თეორიამ მოხსნა სივრცისა და დროის აპრიორულობა, შესაბამისად ჰერტის აპრიორულობაც. არადედუქციური დასკვნის პრინციპები — პოსტულატები — რომელთაც რასელი იცავს, მისივე თქმით, მეცნიერული ჰიპოთეზებია. მაგრამ ავტორისავე აზრით, ესაა ცდის წინამორბედი მინიმალური დამეგებები, რომლებიც აუცილებელია, რათა გავამართლოთ მეცნიერული დასკვნები, ცოდნა. ამიტომ მათი აპრიორულობა ნათელია. რასელის თანახმად, პოსტულატები, გარკვეული აზრით, მეცნიერებამდეც გვეძლევა იმ დასკვნებისადმი მიდრეკილების ფორმით, რომლებსაც ისინი ამართლებენ და საბოლოო ჯამში ცდიდან განზოგადების შედეგია. მიიჩნევენ, რომ „ადამიანურ შემეცნებაში“ ავტორი იძლევა თავისებურ „ემპირიულ აპრიორიზმს“ (ა. ბეგიაშვილი, გ. თავაძე). თუკი გავითვალისწინებთ იმას, რომ პოსტულატები მაინც მეცნიერული ჰიპოთეზებია, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ საქმე გვაქვს „კონვენციონალურ აპრიორთან“. ნებისმიერ შემთხვევაში, სახეზეა შერბილებული კანტისეული თვალთახედვა.

„კანტიდან კანტამდე“, ვფიქრობ, მხოლოდ რასელის შემეცნების თეორიას როდი შეიძლება მივუყენოთ. მის ფილოსოფიაში გნოსეოლოგიის მიღმაც არის ადგილები, სადაც ვუდის ეს ფორმულა გარკვეული აზრით მართებული იქნება. ბუნებისმეტყველების პრობლემებზე მსჯელობისას იგი ვარსკვლავიერი ცით უფრო იხიბლება, ვიდრე მორალური კანონით; ეთიკის, მისტიკის საკითხებზე საუბრისას კატეგორიულად აცხადებს, რომ არაადამიანური სამყარო არაა თაყვანისცემის ღირსი [4, გვ. 20], რამეთუ, ყველაფერში ადამიანის ღირსება უნდა წამოვწიოთ წინ, ბუნების ფილოსოფიის საგანი ადამიანის სურვილებისადმი, მისწრაფებებისადმი სრულიად გულგრილი ბუნებაა; ღირებულების ფილოსოფიაში კი თავად ადამიანია გაბატონებული, ბუნებისადმი ღირებულების მიმნიჭებელი. ადრეულ ესეეებში რასელი წერს — ადამიანი, როგორც მოქმედი, სხეულებრივი არსება, მხეცი, მიწიერ სამყაროსაა მიჯაჭვული და ბუნების ტირანიის მსხვერპლია; მაგრამ აზროვნებასა და მისწრაფებებში იგი თავისუფალია, მარადიული ნაწილი

მისი ცხოვრებისა მალღდება გრძნობებზე და მიმართულია სიკეთეზე საერთოდ [4]. შეუძლებელია აქ კანტი არ გაგვახსენდეს.

„წმინდა გონების კრიტიკის“ სინთეზური აპრიორის მსგავსად, არც „პრაქტიკული გონების კრიტიკის“ კატეგორიული იმპერატივი მიიღო რასელმა. მორალური კანონი არ უნდა იყოს მხოლოდ ფორმალური და უნდა ითვალისწინებდეს შედეგებს, რომლებიც ამა თუ იმ ქმედებას შესაძლოა მოჰყვეს. სიკეთე, თავისუფლების, უკუდავებისა და ღმერთის იდეები ნოუმენალურ სფეროს კი არ ეკუთვნის, არამედ ადამიანის მიერ შექმნილი იდეალებია. მას აქვს საკუთარი იდეალების სამყარო, საკუთარი „რელიგია“. ეთიკური შეფასებები სუბიექტურია და არ არსებობს რაიმე კრიტერიუმი, რომელიც დაადგენდა ამ შეფასებათა ჭეშმარიტებას მეცნიერული ჭეშმარიტების აზრით. ეთიკური შეხედულება გამჟღავნებულად გამოხატავს სურვილს, რწმენას. და, თუმცა რასელი წინააღმდეგია „ბრძანების ელემენტისა“, იგი ეთანხმება კანტს იმაში, რომ ეთიკურ შეფასებებში უნდა იყოს უნივერსალობის ელემენტი. მე განვმარტავ შეხედულებას – „A არის კეთილი“, როგორც „ყველას უნდა სურდეს A“ [2, გვ. 722]. მაგრამ ეს სურვილია და არა ბრძანება. მოვალეობის გრძნობით მოქმედება ნიშნავს, რომ ჩვენგან რაღაცას ითხოვენ. მორალური კანონი კი მოწმდება იმით, თუ რამდენად უწყობს ხელს იმ მიზნების მიღწევას, რომელიც ჩვენ გვსურს. ეთიკა არის ცდა მივიანიჭოთ საყოველთაო მნიშვნელობა ზოგიერთ ჩვენს სურვილს.

ისტორიული ქრისტიანობის წინააღმდეგ დაწერილ შრომებში რასელი ჰუმანიზმის რელიგიას ქადაგებს, ზოგიერთ ესეში რელიგიურ მისტიკოსადაც გვევლინება. კანტის მსგავსად, იგი მოითხოვს განთავისუფლებას რელიგიური ცრურწმენებისაგან. რამეთუ, ადამიანური ბუნების წინააღმდეგ მიმართული დოგმები ბორკილებად იქცევიან და ეწინააღმდეგებიან რელიგიის არსს [4]. დოგმატიზმი მიიჩნევს, რომ ღვთის ქმედება ან მცნება მორალურია თავად ღვთის ნების გამო, მაშინ როცა თავად მორალურობა განსაზღვრავს მათს სიკეთეს. მორალი ავტონომიურია როგორც კანტთან, ასევე რასელთანაც, ამ აზრით.

საგულისხმოა ის ფაქტი, რომ რასელის ფილოსოფია იძლევა პასუხს კანტის ფუნდამენტურ კითხვებზე; ის, თუ რა შემიძლია ვიცოდე, რა უნდა ვაკეთო და რისი იმედი შეიძლება მქონდეს, ჰიუმის პოზიციებიდან იქნა გადაწყვეტილი (ამ აზრით, რასელს შეიძლება „კანტის შემდგომი ჰიუმი“ ვუწოდოთ). მისმა გნოსეოლოგიამ, ეთიკამ, რელიგიის ფილოსოფიამ განიცადა ჰიუმის სკეპტიციზმისა და სუბიექტივიზმის გავლენა. მეცნიერული ცოდნის ალბათურობა, ეთიკისა და რელიგიის ემოციაზე დამყარება გახლავთ ის, რაც რასელმა ინგლისელი წინამორბედისაგან მიიღო და რომელთა გათვალისწინებითაც თავად გასცა პასუხი:

1. მე არათუ არ შემიძლია ვიცოდე რაიმე მოვლენათა სფეროში, არამედ ჩემს განკარგულებაში შეიძლება იყოს მხოლოდ ცოდნა-რწმენა. მე მხოლოდ უმადლესი ალბათობისაკენ, ჭეშმარიტების მაგვარობისაკენ და არა ჭეშმარიტებისაკენ შემიძლია ვისწრაფოდე. ინდუქცია სუსტია და მეცნიერებაც, ამიტომ, ცდის მიღმაც ითხოვს არადედუქციური დასკვნის პრინციპებს, რათა უზრუნველყვით ცოდნის ჭეშმარიტების მაგვარობა. და, თუმცა მეცნიერებათა გამართლების სურვილით არავინ ჰგავს კანტს ისე, როგორც რასელი – „ადამიანური შემეცნების პასუხი



„წმინდა გონების კრიტიკის“ პრობლემებზე ასეთია: მთელი ადამიანური ცოდნა საექვო, არაზუსტი და ნაკლოვანია [1, გვ. 540].

2. სიკეთე, თავისუფლება ჩვენი იდეალებია და არა ნივთები თავისთავად. ეთიკური შეხედულება გამოთქვამს სურვილს იმისა რომ ის, რაც ჩვენ გვსურს, სურდეს ყველას. ხოლო, თუ რას მივიჩნევ სიკეთედ, დამოკიდებულია ჩემს ემოციასზე. მე მხოლოდ ის შემიძლია, რომ მოწინააღმდეგის სურვილი შევცვალო ემოციური ზემოქმედებით და არა რაიმე მეცნიერული არგუმენტაციით. ჩვენ საქმე გვაქვს გემოვნებასთან და არა ობიექტურ ჭეშმარიტებასთან. ეთიკა კი ცდილობს სურვილებს საყოველთაოობა მიანიჭოს. ამასვე უნდა ვაკეთებდეთ ჩვენც.

3. ადამიანს მხოლოდ საკუთარი თავის იმედი შეიძლება ჰქონდეს. იგი თავადვეა სულის უკვდავების, ღმერთის იდეების წყარო. მისი რელიგია შეუზღუდავ თავისუფლებას, დოგმებისაგან თავის დახსნას, საკუთარი მორალური იდეალები-სადმი თავყვანისცემას, მორჩილებასა და სიყვარულს გულისხმობს. ადამიანი უნდა განთავისუფლდეს, თავყვანი სცეს მისივე ხელებით შექმნილ ღვთაებას [4, გვ. 22].

ასეთია ძირითადად რასელის ის შეხედულებები რომლებიც მნიშვნელოვანია მისი კანტთან მიმართების თვალსაზრისით. ქართველ მკვლევართაგან რასელის ფილოსოფიის შესახებ საინტერესო გამოკვლევები აქვთ კ. ბაქრაძეს, ს. წერეთელს, ა. ბეგიშვილს, გ. თავაძეს და სხვ., მაგრამ მათი ყურადღების საგანი მხოლოდ შემეცნების თეორიაა. რასელის მოძღვრება იმდენად ვრცელი და წინააღმდეგობებით აღსავსეა, რომ კანტის როლის ნათელყოფა მასთან სირთულეებს აწყობდა. ამ ინტერპრეტაციამ და საერთოდ რასელის მეტად საინტერესო ფილოსოფიურმა ევოლუციამ კიდევ ერთხელ ცხადყო კანტის მოძღვრებაში დასმულ პრობლემათა აქტუალობა. ვფიქრობ, კანტის შემდგომი, დღემდე არსებული ევროპული ფილოსოფიის ისტორიის მსგავსად, მომავლის ფილოსოფიაც მნიშვნელოვან წილად მისი ახსნის ცდა იქნება.

საქ. მეცნიერებათა აკადემია
ფილოსოფიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Б. Рассел. Человеческое познание: ее сфера и границы.* М., 1957.
2. *The Philosophy of Bertrand Russell.* New York, 1951.
3. *В. Russell. My Philosophical Development.* New York, 1959, 179.
4. *Б. Рассел. Почему я не Христианин.* М., 1987.



შპს 87/88.09+2912+902.7(3)

ფილოლოგია

ნ.რატიანი

სისხლიანი მსხვერპლშეწირვის რიტუალი და გვიანანტიკური სამყარო

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა რ.გორდუხიანმა 2.07.1997

როგორც ცნობილია, მსხვერპლშეწირვის რიტუალი სხვადასხვა ცივილიზაციის უძველეს ნაწილს წარმოადგენს. განსაკუთრებული ადგილი ცივილიზაციებში კი სისხლიან მსხვერპლშეწირვას უჭირავს. ამ ორ ტრადიციას ღრმა ფესვები აქვს. იგი ორგანულად უკავშირდებოდა უძველესი ხალხების რელიგიურ წარმოდგენებს. პერიოდულად ზოგიერთ ფილოსოფიურ, მისტიკურ-რელიგიურ სკოლაში ეჭვი ჩნდებოდა ზემოაღნიშნული რიტუალის ყოფნა-არყოფნის ირგვლივ. მაგრამ ვერც ერთმა მათგანმა ვერ შეძლო მისი არსებობისათვის სერიოზული საფრთხე შეექმნა. თუმცა ამ რიტუალის სახე საუკუნეების მანძილზე იცვლებოდა. მისი ფუნქცია კი ანტიკურ სამყაროში უფრო და უფრო ფართოვდებოდა, რიტუალმა ნელ-ნელა სანახაობის ხასიათი მიიღო.

სისხლიანი მსხვერპლშეწირვის რიტუალის არსებობას სერიოზული ოპოზიცია შეექმნა მხოლოდ ქრისტიანობის დამკვიდრებამ.

ახალი აღთქმა კატეგორიულად კრძალავს სისხლიან მსხვერპლშეწირვას. თუ ქრისტიანი ხარ, ეს იმასაც ნიშნავს, რომ არ უნდა შეასრულო მსხვერპლშეწირვა. ამიტომაც იყო, რომ გვიან ანტიკურ ხანაში დიოკლიტიანეს მეფობის დროს ქრისტიანებს აიძულებდნენ, შეეწირათ მსხვერპლი. დიოკლიტიანეს მეორე, მესამე და მეოთხე ედიქტებში, რომლებიც 303 და 304 წლებშია დაწერილი, აღნიშნულია, რომ ქრისტიანები უნდა აიძულონ, შეასრულონ მსხვერპლშეწირვა. და თუ არა, მაშინ ისინი სიკვდილით დაისჯებიან, უკეთეს შემთხვევაში კი, მძიმე სამუსაოებით შახტებში. ამიტომაც, ჩემი აზრით, ანკირიის კრების კანონებში წერია, რომ თუკი ქრისტიანი აიძულეს შეეწირა მსხვერპლი კერპისათვის, იგი განდევნილ იქნება ეკლესიიდან, მაგრამ 7 წელიწადში შეუნდობენ და უკან მიიღებენ ეკლესიაში, თუ ეს 7 წელი სინანულში იქნება გატარებული.

ეს კანონი ღმობიერია მათ მიმართ, ვინც სხვებს აიძულებს შეწირონ მსხვერპლი. ასეთი ხალხი ათ წელიწადში შეძლებს დაუბრუნდეს ეკლესიას. ნიკეის 325 წლის შემდეგ კანონები კიდევ უფრო შემწყნარებლური გახდა. ქრისტიანი მონები, რომელთაც მსხვერპლის შეწირვას აიძულებდნენ, ეკლესიიდან იღვევებოდნენ მხოლოდ ერთი წლით, ხოლო ძალდამტანებლები - სამით. დანგრის კანონების მიხედვით ცნობილია, რომ კართაგენში მორწმუნეებს უფლება ეძლეოდათ, შეეწირათ მსხვერპლი დიდ ხუთშაბათს. ამ გამონაკლისს ადგილობრივი მიზეზი ჰქონდა, რომელიც განმარტებულად არ არის კანონში.



ბრძოლა ორ მოწინააღმდეგე პოზიციას შორის დაიწყო გვიან ანტიკურობაში. ამას გვიჩვენებს სხვადასხვა წლებში განმეორებული აკრძალვები მსხვერპლშეწირვის განსხვავებულ სახეობებთან დაკავშირებით. აგრეთვე ამ პერიოდში აღმოცენებული კამათი ლიტერატურაში.

ოპოზიციას მსხვერპლშეწირვის მიმართ ეპოქაობთ ახალ აღთქმაში (1 კორ. 8:7; ებრ. 7:96, 9:12-26; 10:1; საქმენი 15:29; მარკოზი 10:33). დაწყებული წმინდა მოციქულთა კანონებიდან (საქმენი 3, 4:8), ყველა საეკლესიო კრებაზე მეორდებოდა მსხვერპლშეწირვის ყველა სახეობის აკრძალვა. ეს აკრძალვები ჩაწერილი იყო კრების კანონების პირველივე პუნქტებში. ქრისტიანული იდეოლოგიის არგუმენტი სისხლიანი მსხვერპლშეწირვის წინააღმდეგ ასეთია: ღმერთი ვერ გახდება იმ ადამიანის მოვალე, რომელიც მსხვერპლს წირავს. ქრისტეს ჭვარცმით გამოსყიდული იყო კაცობრიობის ცოდვები. ამდენად სიკვდილი გახდა ახალი ცხოვრების დასაწყისი და მსხვერპლი (ქრისტეს სახით) იქცა სიმბოლოდ კავშირისა ღმერთსა და ადამიანს შორის. მსხვერპლშეწირვა იყო უდიდესი და უკანასკნელი მსხვერპლშეწირვა. ერთხელ შეწირულმა ქრისტემ გააერთიანა ყველა მორწმუნე სამუდამოდ.

როგორც ცნობილია, გვიან ანტიკურ ხანაში ქრისტიანობამ მრავალი ძველი ტრადიცია აღმოფხვრა. მაგრამ, როდესაც სისხლიანი მსხვერპლშეწირვის ტრადიციის პირისპირ აღმოჩნდა, ქრისტიანობა ერთგვარად უძღურიც კი იყო. ამას გვიჩვენებს ამ ტრადიციის არსებობა დღევანდლამდე ზოგიერთ ქრისტიანულ ქვეყანაში.

სისხლიანი მსხვერპლშეწირვის ტრადიციის ბოლომდე ნეიტრალიზაცია ვერ მოახერხა ანტიკურობაში ვერც ახალმა რწმენამ და ვერც მისმა იდეოლოგიამ.

ჩემი აზრით ამის ორი ძირითადი მიზეზი არსებობს. პირველი მიზეზი ეს არის ისტორიული გარემო, რომელიც წინ უძღოდა გვიან ანტიკურ ხანას.

ა) ძველი ბერძნული წყაროების მიხედვით აშკარაა, რომ სისხლიანი მსხვერპლშეწირვა მნიშვნელოვან როლს თამაშობდა ძველ ბერძნულ რელიგიაში. ის იყო ისეთი განუყრელი ნაწილი ღვთის მსახურებისა, რომ წესების მთელი სისტემა არსებობდა, თუ როგორ უნდა შეწირულიყო მსხვერპლი. მაგალითად, შემწირველს უნდა დაეხანა ხელები, ჩაეგდო მსხვერპლის ცოტა ბეწვი ცეცხლში, ხელით შეხებოდა საკურთხეველს, რომელიც მთელი პროცესის ცენტრი იყო, ედიდებინა ღმერთი (ქალღმერთი) და მადლობა გადაეხადა მისთვის. მსხვერპლი იმავე სქესისა იყო, როგორც ღმერთი ან ქალღმერთი. თუკი ღვთაება ღია ფერისა იყო, მსხვერპლის ბეწვიც ან ბუმბულიც ღია ფერისა უნდა ყოფილიყო. თუ მსხვერპლი ეწირებოდა მიცვალებულთა სამყაროს ღმერთს, შავი ფერის მსხვერპლი ირჩეოდა (მამალი ეწირებოდა ომის ღმერთს). ძირითადად მსხვერპლი იმ ცხოველებიდან ირჩეოდა, რომელიც იჭმებოდა, მაგრამ ზოგჯერ ისეთი ცხოველიც იწირებოდა, რომლებიც არ იჭმებოდა. მაგალითად, ძაღლები ჰეკატესათვის, ცხენები - პოსეიდონისათვის, ჰელიოსისათვის ან ქარებისათვის, ვირები - ქარებისათვის.

ბ) ძველ აღთქმაში გვხვდება ადგილები, რომლებიც ეწინააღმდეგება სისხლიანი მსხვერპლშეწირვის რიტუალს, თუმცა ამ წიგნებში იგრძნობა, რომ სისხლიანი მსხვერპლშეწირვა განუყრელი ნაწილია იმდროინდელი ცხოვრების. სისხლიანი

მსხვერპლშეწირვის კულტის გაჩენა, ძველი აღთქმის მიხედვით ადამიანის გაჩენის თანადროულია. აბრაჰამისა და ისააკის ისტორიიდან ვხედავთ, რომ სისხლიანი მსხვერპლშეწირვა ჩვეულებრივი მოვლენაა. მოსეს წიგნებიდან ვხედავთ, რომ მსხვერპლშეწირვა არ არის რაღაც ახალი, არამედ კარგად ცნობილია არა მარტო ებრაელებისათვის, არამედ მის გარშემო მცხოვრები ტომებისთვისაც. ამ მიზეზით მოსე ცვლის რიტუალის ფორმას და არა მის შინაარსს.

მეორე მიზეზი იმისა, რომ სისხლიანი მსხვერპლშეწირვის რიტუალის აღმოფხვრა არ არის იოლი, ჩემი აზრით, არის ადამიანი და მისი ფსიქიკა. რომ არა ადამიანის სურვილი ცოდვების მონანიებისა, შესაძლოა, მსხვერპლშეწირვის რიტუალი დავიწყებულიყო; რომ არა ადამიანის შიში სასჯელისა, რომ არა ადამიანის შიში ღვთაების მიმართ, შესაძლოა, ეს რიტუალი გამქრალიყო. ალბათ, ეს არის ის გრძნობები ადამიანში, რომლებიც ასაზრდოებს სისხლიანი მსხვერპლშეწირვის რიტუალს.

გვიან ანტიკურ სამყაროში ჩვენ ვხედავთ, რომ ქრისტიანობამ დათმო თავისი პოზიციები სისხლიანი მსხვერპლშეწირვის რიტუალის მიმართ და შეეგუა მის არსებობას.

ივ.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. ბიბლია. თბილისი, 1985.
2. დიდი სჯულის კანონი, საეკლესიო კალენდარი, 1987.
3. Encyclopedia Britannica. Chicago, 1974.
4. Girard Rene. Violence and the Sacred, Baltimore, 1977.
5. Smitt, W. Robertson. Lectures on the Religion of the Semites, New York, 1969.

ბ. ჭუთათელიაძე

ტაშირ-ძორაბეტის სამეფოს კვირიკიან მეფეთა
სახელწოდებები და ტიტულატურა

წარმოადგინა აკადემიკოსმა მ. ლორთქიფანიძემ 13.02.1997

ქვემო ქართლში დაარსებული ტაშირ-ძორაგეტის სამეფოს მმართველი დინასტიის – კვირიკიანთა გვარის შესახებ ცნობები არც ისე ბევრია, რადგან მათ მოღვაწეობა მცირე დროის განმავლობაში მოუხდათ, მაგრამ ცალკეულ სომეხ ისტორიკოსთა თხზულებებში გაბნეული ცნობების შეჭერებით შეიძლება ამ გვარის ისტორიაზე ცოტაოდენი წარმოდგენა ვიქონიოთ. კვირიკიანთა გვარი სომეხ ბაგრატიუნთა გვერდით შტოს წარმოადგენდა, რომელიც ანისის სამეფოს გაუქმების შემდეგ თავს სომხური სახელმწიფოებრიობის მემკვიდრედ თვლიდა. კვირიკიანი მეფეები თავიანთი თვითშეგნებით ყველა სომეხთა მეთაურად გამოდიოდნენ. სხვა სომხურ სამეფოებთან შედარებით მათი სამეფოს გადარჩენა ბიზანტიის აგრესიისაგან განპირობებული იყო ტერიტორიული სიშორით. ტაშირ-ძორაგეტის სამეფო ამიერკავკასიაში X-XI სს მანძილზე მიმდინარე ჰეგემონობისათვის ბრძოლაში აქტიურად მონაწილეობდა. მაგრამ, ცნობილია, სომეხი ბაგრატიუნები ამ ბრძოლაში საბოლოოდ დამარცხდნენ. ქართველ ბაგრატიონთა მისწრაფებანი კი გამარჯვებით დავით აღმაშენებელმა დააგვირგვინა, რომელმაც საქართველო ყველა ქრისტიანის მფარველად აქცია, მათ შორის სომეხებისაც, რადგან ამ უკანასკნელთათვის საქართველოს მფარველობაში ყოფნა ერთადერთი გზა იყო მაჰმადიანური სამყაროსაგან თავის დაღწევისა.

კვირიკიანთა საგვარეულოს დამაარსებლად ანისის მეფე აშოტ III უმცროსი ვაჟი გურგენი ითვლება, რომელიც კვირიკე-კორიკეს სახელითაც არის ცნობილი. იგი გურგენის სახელით მოიხსენიება მათეოს ურჯაეცისა და ვარდანის ცნობებში, სანაინის მონასტრისადმი შეწირულობის ერთ-ერთ სიგელში, ახპატის მონასტრის წინამძღვრის სიმეონ ბერის მოსახსენებელში, ახპატის 991 წლის, და მისი საფლავის ქვის წარწერაში. კორიკეს სახელით კი მხოლოდ სანაინის მაცხოვრის ეკლესიაზე შესრულებულ წარწერაში, „კორიკე მეფე, სუმბატ მეფე“, მოიხსენიება, სადაც მათი სკულპტურული გამოსახულებებიც არის. სომეხ მკვლევართა უმრავლესობას (მოვსესიანი, მათეოსიანი, ლაფაღარიანი) კორიკე-კვირიკე-კვირიკე გურგენის სახემეცვლილ ფორმად მიაჩნიათ. ლაფაღარიანის თქმით „კვირიკე ცალკე სახელი არ არის, არამედ სახელ გურგენის დიალექტიკური ფორმაა, რომელიც წარწერაში **გიორგენ** (გურგენ), **ტაყრიკენ** (გავრიკენ)

კორიკენ (კორიკე), **კიორიკენ** (კიურიკე)-ს ფორმით გვხვდება [1, გვ.22].

კვირიკიანთა გვარის სახელწოდების წარმომავლობასთან დაკავშირებით არსებობს სხვა მოსაზრება, რომელიც ლ. მელიქსეთბეგს ეკუთვნის. მისი აზრით, „კვირიკი-ანქ-კორიკიანქ“ გურგენისაგან კი არა, არამედ „ქორიკოზისაგანაა წარმოებული. იგი თვლის, რომ ტერმინი „ქორიკოზ-კურისკუს“ (ქორეპისკოპოსი) გურგენზე გაცილებით ადრე არსებობდა კახეთ-ჰერეთში და აქედან უნდა შემოსულიყო ტამირ-ძორაგეტში [2, გვ. 26]. მართალია, ტამირ-ძორაგეტის სამეფოს კახეთ-ჰერეთთან ნათესაური ურთიერთობა ჰქონდა და ალბანეთის მნიშვნელოვანი ნაწილიც მის შემადგენლობაში შევიდა, მაგრამ ფეჟქრობთ, რომ ეს სახელი კახეთ-ჰერეთიდან არ შემოსულა, არამედ დამოუკიდებლად აღმოცენდა.

აღნიშნული საკითხისათვის განსაკუთრებული ყურადღება კირაკოს განძაკეცის ცნობას ენიჭება. იგი ერთადერთი ისტორიკოსია, რომელიც გურგენს სრულიად სხვა სახელით მოიხსენიებს: „... მეფე კვირიკემ (კვირიკე II - ქ. ქ.) ბაგრატიუნთა გვარიდან, შვილმა დავითისა, შვილიშვილმა დერენიკისა, რომელმაც დააარსა განთქმული მონასტრები ახპატის და სანაინისა...“ [3, გვ.91].

„დერენიკი“ (**Դերենիկ**) სახელ დერენის (**Դերեն**) საალერსო ფორმაა, რაც ნიშნავს „ძე მონასტრისა“ (**Որիქ Կանաց**), „ნავედრები (ან აღთქმის) ჩვილი“ (**Ուրտական զսպակ**). ამ სახელის ძირია „დერი“ - **Դերի**, რაც მონასტერს ნიშნავს [4, გვ. 655-656]. იგი ასურული წარმოშობის Daira-საგან მომდინარეობს, რომელიც ზოგიერთ ენაში იმავე ძირითა და მნიშვნელობით შემორჩა. მაგ.: სპარსული „თერაპი“, იაპონური „თერა“. სომხური ენის ახალ ლექსიკონში „დერენიკი“ ასეთნაირად არის განმარტებული: „საკუთარი სახელი ან ზედწოდება წარმოებული „ტერუნიქიდან“ (**Տերունիք**) [5, გვ. 610]. აქარიანის აზრით, სიტყვა დერენიკის ეტიმოლოგიაა საღვთო, საუფლო, ან შემცირებული ფორმა „ანდრანიკისა“, რომელიც სიტყვასიტყვით პირმშოს, პირველს ნიშნავს, გადატანითი მნიშვნელობით კი პირველს თავისი შეხედულებების და საქმიანობის მიხედვით [5, გვ. 610].

ფეჟქრობთ, დერენიკი გურგენის საეკლესიო სახელი უნდა იყოს. ერთ-ერთმა მცირე სომხურმა ქრონიკამ, „მეფენი უკანასკნელ ბაგრატიუნთა“, მეტად საინტერესო ცნობა შემოგვინახა, რომლის მიხედვით გურგენს სანაინის მონასტერში 8 წელი ბერად აღკვეცილს გაუტარებია, რომლის მშენებლობაში მას უდიდესი წვლილი მიუძღვის [6, გვ.501].

ტამირ-ძორაგეტის სამეფოს მმართველ დინასტიას ქართულ-სომხური წყაროები სხვადასხვა სახელწოდებითა და ტიტულებით მოიხსენიებენ. ეპიგრაფიკულ ძეგლებში ისინი ბაგრატიუნებად იწოდებიან, რასაც ზოგიერთი სომეხი ისტორიკოსის მონაცემებიც ამტკიცებს. კირაკოს განძაკეცის თქმით, კვირიკე II, რომელიც ქ. ლორეში და მის შემოგარენში იმყოფებოდა, „იყო ბაგრატიუნთა გვარიდან“. სტეფანოზ ორბელიანი აღნიშნავს, რომ კვირიკიანები ბაგრატიუნები არიან [7, გვ. 379]. ერთ ადგილას იგი ამბობს, რომ ლორეს მეფეთა სახელია „ძორაგეტელნი, რომელთაც კვირიკიანებს უწოდებენ“ [7, გვ. 299]. ვარდანის თქმით კი მხარგრძელები მოვიდნენ „... ძორაგეტის მეფეებთან, რომლებიც ბაგრატიუნთა



ტომიდან იყვნენ“ [8, გვ. 169]. კვირიკიანების ბაგრატიუნებად მოხსენიებენ „გასაგებია, რადგან ისინი სომეხ ბაგრატიუნთა გვერდით შტოს წარმოადგენდნენ. რაც შეეხება ძორაგეტელებად მათ მოხსენიებას, ამას უფრო აკონკრეტებს ქართული წყარო — „მატიანე ქართლისა“, რომელიც ერთ-ერთ კვირიკიან მეფეს შემდეგნაირად მოიხსენიებს: „... იყო მეფე კახეთს გაგიკ, ძე დავით სომეხთა მეფისა, სამშვილდარისა და ძორაგეტელისა“ [9, გვ. 297]. დავითის ცოლს, რომელიც კვირიკე III კახთა მეფის და იყო, პირობითად „ზორაკრცელს“ უწოდებენ. კვირიკიან მეფეთა ძორაგეტელებად მოხსენიება აიხსნება იმით, რომ ძორაგეტი მათი მამული იყო. იგი არა მარტო მათ ტიტულატურაში, არამედ მათ მიერ დაარსებული სამეფოს სახელწოდებაშიც შევიდა, რადგან ტამირ-ძორაგეტი იყო ის ძირითადი რეგიონი, საიდანაც შემდეგ მათი ხელისუფლება სხვა ტერიტორიებზეც გავრცელდა. რაც შეეხება „სამშვილდარს“, ეს სახელი კვირიკიან მეფეს იმიტომ ეწოდა, რომ სამშვილდე მისი ძალაუფლების ქვეშ იყო. უფრო მეტიც, ეს ქალაქი კვირიკიანებს სამეფო რეზიდენციად ჰქონდათ გამოცხადებული. სამშვილდის ფლობის ფაქტს სომეხი ისტორიკოსი ასლიკი ამტკიცებს: „... დავითი შვილი გურგენისა, თავის ძმასთან სუმბატთან ერთად ფლობდა იმ დროს ტამირის ქვეყანას, „ქართველთა ველს“, დიდ ციხეს თავისი ადგილმდებარეობით „შამშულდე“ [10, გვ. 189]. „სამშვილდარი“ სამშვილდის მამულად მფლობელს და სამშვილდის ციხეში მყოფს ნიშნავს.

ერთადერთი სომეხი ისტორიკოსი, რომელიც კვირიკიან მეფეებს მეფის ტიტულით მოიხსენიებს, მათეოს ურჭაეცია. იგი მათ „მეფე ალვანთას“ უწოდებს. მაგ.: „გურგენ ალვანთა ქვეყნიდან“, „მეფე ალვანთა გურგენი“, მეფენი ალვანთა გაგიკი (უნდა იყოს გურგენი — ქ. ქ.), დავითი, კვირიკე ამ დროს დამკვიდრებულნი იყვნენ ლორეში“ (11, გვ. 12, 20, 174, 278). სახელწოდება „მეფე ალვანთა“ გულისხმობს, რომ ტამირ-ძორაგეტის სამეფოში ალბანეთის მნიშვნელოვანი ნაწილი შევიდა, კერძოდ, უტიქის, არცახის პროვინციები, ტაეუშისა და გარდმანის მხარე. კვირიკიანები ფლობდნენ ტაეუშის, ტერუნაკანის, ნორბერდის, ხორანამატის, მაწნაბერდის, ერგევანქის, ხალიჭქარის ციხეებს. მხითარ გომის ცნობით, ტაეუშის, ხალიჭქარისა და მაწნაბერდის ციხეებში კვირიკე II ვაჟები აბასი, სტეფანოსი და დავითი მოღვაწეობდნენ. უკანასკნელ კვირიკიანთა ძალაუფლება კი სწორედ მაწნაბერდის ციხის მფლობელობით შემოიფარგლება [12, გვ. 41]. ტამირ-ძორაგეტის სამეფოს საზღვრების აღმოსავლეთის მიმართულებით გაზრდა და ალბანეთის მნიშვნელოვანი ნაწილის შესვლა კვირიკიანთა ყველაზე ენერგიული მეფის დავითის სახელს უკავშირდება. აქედან გამომდინარე, ჩანს, რომ მათეოს ურჭაეცმა „მეფე ალვანთას“ წოდება დავითის მამა გურგენზე თვითნებურად გაავრცელა.

განსხვავებით სომეხი ისტორიკოსისა, ქართული წყარო კვირიკიან მეფეებს „მეფე სომეხთას“ ტიტულით მოიხსენიებს. განძის ამირა ფადლონის წინააღმდეგ შექმნილ კოალიციაში მონაწილეობას იღებს „დავით სომეხთა მეფე“. კახეთის მეფე გაგიკი არის ძე „დავით სომეხთა მეფისა“, „და იყვნენ თანამდგომლიპარიტისსა კახნი ძალითა მათითა და დავით სომეხთა მეფე ძალითა მისითა“ [9, გვ. 296, 297, 300, 301]. „სომეხთა მეფედ“ მოიხსენიება აგრეთვე დავითის ვაჟი კვირიკე II, რომელსაც საქართველოს მეფემ ბაგრატ IV 1065 წელს სამშვილდე წაართვა.

„სომეხთა მეფე“ სომხეთის რაიმე ტერიტორიის ფლობას არ მიუთითებს. შემთხვევაში ეროვნებით ან სარწმუნოებით სომხური ხელისუფლება იგულისხმება. ქართველი ისტორიკოსი „სომეხთა მეფეს“ უწოდებს აგრეთვე შირაკის მეფეებს: — სუმბატ ტიებერაკალსა და გაგიკ I [9, გვ. 262, 279]. მაგრამ ჩვეულებრივ, „სომეხთა მეფისაგან“ განსხვავებით ისტორიკოსი გაგიკს შაჰანშად მოიხსენიებს. სუმბატი ამ ტიტულით იმიტომ არ იწოდება, რომ შირაკის მეფეებმა შაჰანშაჰობა მისი შვილის ამოტ ერკათის დროს მიიღეს. „მეფე სომეხთა“ 1118 წელს, ლორის აღების შემდეგ, საქართველოს მეფის ტიტულატურაში შევიდა, რაც მიუთითებს, რომ იგი ტამირ-ძორაგეტის, ანუ ლორეს სამეფოს უმაღლეს ხელისუფალს წარმოადგენდა. ის მხარე, სადაც კვირიკიანები იწყებენ მოღვაწეობას ქართულ წყაროებში „სომხითის“ სახელითაა ცნობილი, სომხურ წყაროებში კი მას „ერაც დამტი“ („*ერაც დამტი*“), ან „ქართველთა ველი“ ეწოდება. ორივე სახელისათვის დამახასიათებელია ეთნიკური ნიშანი, აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ სახელწოდება „სომხითი“ ქართულ წყაროებში X საუკუნიდან გვხვდება. „ერაც დამტი“ მიუთითებს, რომ ეს მხარე ქართველებით იყო დასახლებული და იგი თვით სომხური ტრადიციით განუყოფელ კავშირშია დანარჩენ ქართლთან. ივ. ჯავახიშვილის სიტყვებით რომ ვთქვათ, „თავიანთ პოლიტიკურ ბატონობისდა მიუხედავად თვით ქვეყანას სომხებიც თავისდათავად ქართველთა კუთვნილებად თვლიდნენ“ [13, გვ. 21]. სახელწოდება „სომხითის“ გაჩენა აქ სომეხ ბაგრატიუნთა გვერდითი შტოს — კვირიკიანთა გაბატონებას უნდა დაუკავშიროთ. სწორედ ამიტომ ეწოდათ კვირიკიან მეფეებს ქართულ წყაროში „მეფე სომეხთა“.

მართალია, მეფობა კვირიკიანთა საგვარეულოში მამიდან უფროს შვილზე მემკვიდრეობით გადადიოდა, მაგრამ „მეფის“ ტიტულს, რომელსაც კვირიკიანი მეფეები ატარებდნენ, ფეოდალური იერარქიის კიბეზე მე-2 ადგილი ეკავა და შაჰანშაჰს ექვემდებარებოდა. მაგრამ ანისისა და ტამირ-ძორაგეტის სამეფოებს შორის ურთიერთობა ძალისმიერი არ იყო. იგი ერთ სამეფო გვარში ვასალიტეტს (უფროს-უმცროსობა) ემყარებოდა. ასეთი მეფეები აზგაპეტის ტიტულის მატარებელ სომეხთა შაჰანშაჰს ექვემდებარებოდნენ.

კვირიკიან მეფეთა სახელწოდებებსა და ტიტულატურაში ის რეალური დამოკიდებულება აირეკლებოდა, რომელიც ტამირ-ძორაგეტის მეფეებს შირაკის შაჰანშაჰებთან ჰქონდათ. ამ მხრივ განსაკუთრებულ ყურადღებას კვირიკიანი მეფე დავით „სამშვილდარი და ძორაკერტელი“ იმსახურებს, რომელსაც მეტსახელად „*სხიქის*“-ს („ანჰოლინი“ — „უმიწაწყლო“) უწოდებენ. ვასალურ სახელმწიფოებსა და მათ სიუხერენს შორის ხშირი იყო უთანხმოება. ეს სახელმწიფოები მორჩილებიდან გამოდიოდნენ. ერთ-ერთი ასეთი იყო დავით კვირიკიანი, რომელიც თავის ბიძას, სომეხთა შაჰანშაჰს, გაგიკ I აუჯანყდა. დავითი იმდენად გაძლიერდა, რომ მას აღარ სურდა შაჰანშაჰის დაქვემდებარებული უბრალო „მეფე“ ყოფილიყო. ახბატის 996 წლის წარწერაში იგი „თვითმპყრობელ მეფედ“ მოიხსენიება [14, გვ. 264]. ამ ტიტულიდან გამომდინარე, დავითის მი-



ზანი იყო გამხდარიყო აბსოლუტურად დამოუკიდებელი და თვითონ ყოველთვის თავისი თავის და სამეფოს ბატონ-პატრონი. მაგრამ მიუხედავად დამოუკიდებლობისაგან ასეთი სწრაფვისა, დავითი დამარცხდა. სტეფანოს ტარონეცის თქმით, გაგიკმა დავითს ყველა სამფლობელო წაართვა და მხოლოდ მორჩილების პირობით დაუბრუნა. ეს ამბავი მოხდა 1001 წელს. ამ მოტივით ხსნის მეცნიერთა ერთი ნაწილი (ლ. მელიქსეთბეგი, ჰარუცუნიანი) მის ზედმეტ სახელს, „ანჰოლინს“, რაც „უმიწაწყლოს“ ნიშნავს. მაგრამ 996 წლის წარწერაში იგი უკვე მოიხსენიება ამ სახელით. ამ ფაქტთან დაკავშირებით სომეხი მკვლევარი მათეოსიანი განსაკუთრებულ ყურადღებას ეკრძანის ცნობას ანიჭებს, რომლის მიხედვით აღსტაფის ოლქი გაგიკმა თავის უფროს შვილს იოანე-სუმბატს გადასცა. როდესაც იოანე 1020 წელს გამეფდა, მან აღსტაფი სომეხთა სპარაპეტს ვასაკ ფაშლაფუნს უბოძა. ამ უკანასკნელის შვილმა გრიგოლ მაგისტროსმა კი აღსტაფის ველი კაინ-კაიწონის ციხეებით, ბიზანტიელებს ჩააბარა [8, გვ. 92]. ამრიგად, დავითმა თავისი სამფლობელოს ნაწილი მორჩილების პირობით დაიბრუნა, ნაწილი კი დაკარგა. მათეოსიანი ფიქრობს, რომ დავითს „ანჰოლინი“ აქედან გამომდინარე ეწოდა. მკვლევარი კითხვის ნიშნის ქვეშ აყენებს ახანტის ზემოთ მოხსენიებული წარწერის თარიღს, სადაც დავითი უკვე მოიხსენიება „ანჰოლინად“. მისი აზრით, წარწერა არასწორად წაუკითხავს ერზინკიანს, რომლის შრომის საშუალებით იგი ცნობილი გახდა სომეხ მკვლევართათვის. რამდენადაც ეს წარწერა დაკარგულია, არ ხერხდება შემოწმდეს მისი თარიღის სიზუსტე. [15, გვ. 78].

ამრიგად, ჩვენ მიმოვიხილეთ ტაშირ-ძორაგეტის სამეფოს მმართველი დინასტიის, კვირიკიანთა საგვარეულოს სახელწოდებები და ტიტულები, რომლებიც მათ რეალურ მდგომარეობასა და შესაძლებლობებს ზედმიწევნით გამოხატავენ.

ივ. ჯავახიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. კ. ლავდარიანი. სანაინის მონასტერი და მისი წარწერები, ერევანი, 1957 (სომხურად).
2. ლ. მელიქსეთ-ბეგი, ჩრდილო მხარეთა სომეხთა მოძღვარნი და მათი ვინაობა, თბილისი, 1928.
3. კირაკოს განძაკეცი. სომხეთის ისტორია, თბილისი, 1909 (სომხურად).
4. პ. აქარიანი. სომხურ ძირეულ სიტყვათა ეტიმოლოგიური ლექსიკონი. ერევანი, 1971 (სომხურად).
5. ახალი სომხური ენის ლექსიკონი. ერევანი, 1979 (სომხურად).
6. ვ. შაკობიანი. მცირე ჭრონიკები, XIII-XVIII სს. II ნაწილი, ერევანი, 1956.
7. სტეფანოს ორბელიანი. „სისიკანის სახლის ისტორია“, თბილისი, 1910 (სომხ.).
8. ვარდან დიდი. მსოფლიო ისტორია, მოსკოვი, 1861 (სომხურად).
9. „მატიანე ქართლისა“. ქართლის ცხოვრება, ტ. I, თბილისი, 1955.
10. სტეფანოს ტარონეცი. მსოფლიო ისტორია, სანქტ-პეტერბურგი, 1885 (სომხურად).

11. ისტორია მათეოს ურბაქეცისა. იერუსალიმი, 1869 (სომხურად).
12. ლ. დავლიანიძე. მხითარ გომი, ალბანეთის ქრონიკა, ქართული წყარომცოდნეობა, II, თბილისი, 1967.
13. ივ. ჯავახიშვილი. საქართველოს საზღვრები ისტორიულად და თანამედროვე თვალსაზრისით განხილული, თბილისი, 1919.
14. კ. ლავდარიანი. ახპატი - არქიტექტურული კონსტრუქციები და ეპიგრაფიკული წარწერები, ერევანი, 1963 (სომხურად).
15. რ. მათეოსიანი. ტაშირ-ძორაგეტი, ერევანი 1982 (სომხურად).



ი. კაკანაძე

ქართულ და რუსულ ენებში ბერძნული სიტყვის *αλήθεια*
„მეზმარიტება“ აღქმის თავისებურებათა გამო

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა რ. გორდუნიანმა 11.06.1997

ქრისტიანობის მიღებამ და ამასთან დაკავშირებით, ბერძნული ბიბლიური ლიტერატურის თარგმნამ განაპირობა ქართულ და რუსულ ენებში მრავალი ნასესხები სიტყვის გაჩენა. მაგრამ ბერძნული სიტყვის ერთი და იგივე საგნობრივი შინაარსი ქართული და რუსული ენების მატარებელთა მიერ სხვადასხვანაირად აღქმებოდა. ყოველ ბერძნულ სიტყვას, რომელიც რელიგიურ ცნებას და წარმოდგენას აღნიშნავს, გარდა ზოგადი და საერთო ცოდნისა, ახლავს აგრეთვე გარკვეული სამყაროს აღქმის სწორედ ბერძნული ფსიქოლოგიისათვის დამახასიათებელი მომენტი. რელიგიური შინაარსის მატარებელმა სიტყვებმა, როგორც ცნობილია, შეიძლება გარკვეული გავლენა მოახდინოს რელიგიურ მსოფლმხედველობაზე, რაც განპირობებულია იმით, რომ ამ სიტყვებით მუდამ ხდება ემოციის გამომწვევი ობიექტის სიგნიფიცირება. გარდა ამისა, ეს სიტყვები ბიბლიურ წიგნებში ხშირად ხმარებულთა რიცხვს განეკუთვნება. ა. პოტებნიას აზრით, ენასა და პოეზიაში დასტურდება, რომ ყველა ევროპელი ხალხის სარწმუნოებაში სიტყვა არის აზრი, სიტყვა არის ქვეშარიტება და სიმართლე, სიბრძნე, პოეზია. სიბრძნესა და პოეზიასთან ერთად სიტყვა მიკუთვნებულია ღვთაებრივ საწყისს. არის ისეთი მითებიც, რომლებიც სიტყვის გაღმერთებას ემსახურება, რომ აღარა ვთქვათ რა ებრაელ-ელინისტთა ღვთაებრივ სიტყვაზე (*λογος*) [1, გვ. 158]. როგორც ჰერმან ლოტცე მიუთითებს, საგნის შიშველი აღქმა ჩვენ არ გვაკმაყოფილებს, ჩვენთვის აუცილებელია საგანი ჩვენი აზროვნების სისტემაში შევიყვანოთ. ამისთვის აუცილებელია მივცეთ მას სახელი. მისი თქმით, „სახელი გვიდასტურებს, რომ ამ საგანზე მრავალთა ყურადღება შეჩერებულა, იგი თავდება იმისა, რომ ზოგადი გონი, ყოველ შემთხვევაში, უკვე ცდილობდა ამ საგნისათვის მიეჩნია გარკვეული ადგილი უფრო ფართო მთელის ერთიანობაში. თუ სახელი არ იძლევა რაიმე ახალს, არ გვაცნობს საგნის კერძო ნიშნებს, იგი მაინც აკმაყოფილებს ადამიანის მისწრაფებას მიღწეის საგანთა ობიექტურ ცოდნას, იგი წარმოგვიდგენს ჩვენთვის უცნობს როგორც კაცობრიობის ზოგადი აზროვნებისათვის არცთუ უცხო, რომელსაც უკვე დიდი ხანია თავისი ადგილი აქვს მიჩენილი [2, გვ. 211].

პაველ ფლორენსკის აზრით, ტყუილად როდია, რომ ბიბლია პირველი ადამიანის აზროვნების გამოვლენის, მისი ღვთაებრივი სახის და მისი განსაკუთრებულობის დასტურად მიიჩნეეს ადამის მიერ სხვა ქმნილებათა სახელდებას [2, გვ. 211].

„გამოსახა უფალმა ღმერთმა მიწისგან ველის ყველა ცხოველი და ცის ყველა ფრინველი და მიჰგვარა ადამს, რომ ენახა, რას დაარქმევდა. რომელ სულდგმულს რას დაარქმევდა ადამი, მისი სახელიც ის იქნებოდა. დაარქვა ადამმა სახელი ყველა პირუტყვს, ცის ფრინველს და ველის ყველა ცხოველს. [დაბ. 2; 19, 20]. სიტყვა, როგორც ნიუთის არსი, ლოცვასა და შელოცვაში, ა. პოტენიის აზრით, ბუნებაზე ძალას იძენს. სიტყვის ძალა არ წარმოადგენს მოლაპარაკის ზნეობრივ ძალას (მაშინ სიტყვა დამორღვბა აზრს, რაც არ მოხდება), არც მისი რიტუალების შედეგს. სიტყვის დამოუკიდებლობა ჩანს უკვე იქიდან, რომ როგორი მძაფრიც არ უნდა იყოს მლოცველის მიწწრაფება, მან მაინც უნდა იცოდეს, თუ სახელდობრ რა სიტყვა უნდა იხმაროს რათა საწადელს მიადწიოს. სიტყვის იღუმალ კავშირში საგნის არსთან არ შემოიფარგლება მხოლოდ შელოცვათა წმინდა სიტყვებით: სიტყვა მას ინარჩუნებს ჩვეულებრივი მეტყველების დროსაც [1, გვ. 159]. ბუნებრივია, რომ პირველმთარგმნელთა დამოკიდებულება ბიბლიის ენის, „ღვთის სიტყვის“ მიმართ განსაკუთრებული იყო.

სათარგმნი ტექსტის ადეკვატური გაგება მოითხოვს არა მარტო დედნის ენისა და თარგმნის ენის ტექსტებში იდენტური ენობრივი სტრუქტურების არსებობას, არამედ გარემო სინამდვილეზე ერთნაირ წარმოდგენებს, აგრეთვე ერთნაირ ცოდნას სამყაროს შესახებ. თუ ლაპარაკია რელიგიური ხასიათის თხზულების, მით უმეტეს, ბიბლიის თარგმნაზე, არსებითია, რომ რელიგიურ აზროვნებას მსგავსი ელემენტები ახასიათებს.

ქრისტიანობამ, როგორც საქართველოში, ასევე რუსეთში მოიტანა რელიგიური აზროვნების ახალი ელემენტები, აგრეთვე პრინციპულად ახალი ცნებები და წარმოდგენები, რომელთათვისაც ქართულ და რუსულ ენებში არ იყო აღმნიშვნელი სიტყვა. ამავე დროს, აღიქვამდნენ რა ბერძნულ სიტყვებს – რელიგიურ ცნებათა და წარმოდგენათა დასახელებებს, ქართული და რუსული ცნების მატარებელი ამ სიტყვათა საგნობრივ არსში გამოყოფდნენ სხვადასხვა მომენტებს, მათი ინტერესებისა და მოთხოვნილებების შესაბამისად.

ამ თვალსაზრისით მეტად დამახასიათებელია ქართველების და რუსების მიერ ბერძნული სიტყვის *αληθεια* „ჭეშმარიტების“ აღქმა.

პროფ. ა. ლოსევის თქმით, ბერძნულ სიტყვაში *αληθεια* „ჭეშმარიტება“ გარდა ზოგადი და აბსტრაქტული მნიშვნელობისა (როგორც ლათინურ სიტყვაში იმავე მნიშვნელობით *veritas*), არის კიდევ სწორედ ბერძნულ მსოფლმეგარჩნების ფსიქოლოგიისათვის დამახასიათებელი მომენტი, რადგან სიტყვასიტყვით იგი ნიშნავს „დაუვიწყარს“, „მარადიულს“ და ა. შ. [3, გვ. 55]. ამრიგად, ამ სიტყვის საგნობრივი არსი ჭეშმარიტებაა, მაგრამ ყოველი ერი ამ საგანს თავისებურად აღიქვამს და მასში სხვადასხვა მომენტებს გამოყოფს. ბერძნულში ხაზგასმულია დაუვიწყარობა, ლათინურში კი ნდობის, რწმენის მომენტი.

ბიბლიის რუსულ თარგმანში ბერძნულ *αληθεια* შეესაბამება ძველ-სლავური სიტყვა „истина“, რაც ნიშნავს „მართალი, სწორი, ნამდვილი, ყოველივე, რაც სწორია, მართალია, ზუსტია, სამართლიანია, რაც არის“.

ამგვარად, რუსული ენის მატარებლები ამ სიტყვაში ხაზს უსვამენ სიმართლის, სინამდვილის, არამცდარობის მომენტს. შეიძლება ამით აიხსნას, რომ ამ

სიტყვის სინონიმია "правда" – სიმართლე და სამართლიანობა.

ბიბლიის ქართულ თარგმანში ბერძნული *αληθεια* ადგილას გვაქვს სიტყვა „ქეშმარიტი“. ეს სიტყვა განეკუთვნება იმ რელიგიურ ტერმინთა რიცხვს, რომლებიც ქართულ ენაში ირანული რელიგიების ჯერ ზოროასტრიზმის, ხოლო შემდეგ მითრაიზმის – გავლენით მოხვდა. შუასაპარსულში, მ. ანდრონიკაშვილის თანახმად სიტყვა *časmadita* ნიშნავს „ქეშმარიტს, თვალსაჩინოს, არსებულს, თვალთ ნახულს“ [4, გვ. 407].

ამრიგად, ქართველი ხალხი, ეყრდნობა რა თავის წინარე გამოცდილებას, დაფიქსირებულს ენაში, უკვე აღარ სესხულობს ახალ სიტყვას. ცნობილია, რომ „ყოველი დამკვიდრებული რწმენა დიდხანს და მყარად რჩება ხალხში მშინაც კი, როცა მისი წარმომქმნელი პირობები შეიცვალა. იგი უფრო ეგუება ახალ პირობებს, ვიდრე ქრება. ახალი რელიგიური წარმოდგენები, რომლებიც ცხოვრების შეცვლილმა პირობებმა წარმოშვა, უფრო ხშირად ყალიბდება ძველი, თითქოსდა დრომოკმეული წარმოდგენებისაგან, ვიდრე იქმნება თავიდან“ [5, გვ. 48]. კიდევ უფრო ძნელია ხალხის მესხიერებიდან რელიგიური შინაარსის მატარებელი სიტყვების წაშლა. ამიტომაცაა, რომ ბიბლიის წიგნად პირველი ქართველი და რუსი მთარგმნელები, ადარებენ რა მათ შეგნებაში არსებულ სამყაროს ორ სურათს, პოულობენ საერთო მომენტებს, ზოგად თუ აბსტრაქტულ მნიშვნელობებს, ერთი მხრივ, ბერძნულ და სლავურ *истина*-ს შორის და აღარ სესხულობენ ახალ სიტყვას.

ამრიგად, ქართულ და რუსულ ენებში მომხდარი ცვლილებები ბევრწილად დეტერმინებულია ამ ხალხთა ქრისტიანობამდელი მსოფლშეგნებით. ბიბლიის წიგნების მთარგმნელ ორენოვან პირთა არჩევანი, რომელიც ერთგვარად ენობრივი ინტერფერენციით იყო განპირობებული, ერთეოვან გარემოში მისაბამ მაგალითად იქცეოდა. და რადგან ბიბლიური თხზულებები მრავალგზის გადაიწერებოდა, დაისწავლებოდა ზეპირად, ოკაზიონალური ხმარება, შესაძლებელი მხოლოდ ორენოვან გარემოში, თანდათან ქართული და რუსული ენების დამახასიათებლად იქცა.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *А. А. Потебня. Слово и миф. М., 1989.*
2. *П. А. Флоренский. У водоразделов мысли. т. 2, М., 1990.*
3. *А. Ф. Лосев. Философия имени. М., 1990.*
4. *მ. ანდრონიკაშვილი. ნარკვევები ირანულ-ქართული ენობრივი ურთიერთობიდან. თბილისი, 1966.*
5. *С. А. Токарев. Ранние формы религии. М., 1990.*



ა. შორღანიძე

ეგვიპტის, ჩადისა და სუდანის არაბული დიალექტების
ბაზირითი სისტემის შემკრისპირებითი ანალიზი

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. გვახარიამ, 6. 03. 1997

ეგვიპტის დიალექტი (EA) არის აღმოსავლეთ-არაბული დიალექტი, რომელშიაც გამოიყოფა ქვემოეგვიპტური („ბაჰრიინ“) და ზემოეგვიპტური („სა'იდი“) კილოკავები. ეგვიპტის ტერიტორიაზე არ არის რამდენადმე მნიშვნელოვანი არა-არაბული მოსახლეობა (ის კონცენტრირებულია მხოლოდ რიგ ოაზისებში). ეგვიპტის დიალექტი შესწავლილი ჰქონდათ ვ. სპიტა-ბეის, თ. მიტჩელს, აჰმად თეიმურს, ნ. ტომისს [1], რ. ჰარელს და მრავალ სხვა მეცნიერს.

ჩადის დიალექტი (ChA) პერიფერიული აღმოსავლეთ-არაბული დიალექტია. ჩადის დიალექტში შემდეგი კილოკავებია: 1. სამხრეთ-დასავლური (დედაქალაქისა და შოას რაიონის); 2. აღმოსავლეთ – ჩადური (ოლქ ვადდაის მოსახლეობისა, რომლის სახელმწიფო XII საუკუნეში არსებობდა, აჰმად ჩადის ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილია); 3. აჰმად მკედარი კილოკავი „თურქუ“, რომლის გრამატიკა და ტექსტები დ. მურაზმა ჩაიწერა, ხოლო ბოლო ხანებში მას საყურადღებო შრომა უძღვნეს მ. ტოსკომ და ჯ. ოუენსმა [2]. ჩადის სამხრეთ-აღმოსავლური დიალექტი შეუსწავლიათ ს. ლეხემს და, მოგვიანებით ა. ა. სამირს. [3]. საერთოდ ჩადისა და მიმდებარე რაიონების შესწავლის ისტორიაში განსაკუთრებული ადგილი გ. ბართს უჭირავს, რომელმაც დეტალურად აღწერა აფრიკის ეს რეგიონი ჯერ კიდევ XIX საუკუნის შუა წლებში; საინტერესოა არლენტ როტის შრომაც ქალაქ აბემეს მეტყველების შესახებ [4], რადგანაც აბემე და მისი მიდამოები მთლიანად განეკუთვნებიან აფრიკის ზანგური ენების გავრცელების რეგიონს და აფრიკული ნეგროიდული ენები ერთგვარ სუბსტრატს წარმოადგენენ ადგილობრივი არაბული კილოკავისათვის. უნდა აღინიშნოს დიდი მნიშვნელობის მქონე ნაშრომიც ჩადის არაბთა ფონოლოგიის შესახებ, რომელიც შ. დეკობერის კალამს ეკუთვნის [5]. განსხვავებით ეგვიპტისაგან, ჩადში მეტად ჭრელი სურათია ენობრივი თვალსაზრისით, თუმცა არაბულ ენაზე ძირითად მოქმედ ელემენტს წარმოადგენენ ნეგროიდული ტომები სარა, ბაგირმი (ნილოს-საჰარის ენათა ოჯახის ცენტრალურ-სუდანური ქვეჯგუფიდან), ნიგერ, კონგოს ზოგიერთი სხვა ზანგური ტომები (ფულბე, მბუმი და სხვები), სხვადასხვა ტომი საჰარის ჯგუფისა (ტუბუ-ქანური, ზაგავა); თვით არაბი-ჩადელები სუდანურ-არაბულ ტომად ითვლებიან.

სუდანის ჩრდილოეთი დასახლებულია არაბებით, ხოლო სუდანის დიალექტი (SA) წარმოადგენს ერთგვარ, ნეგროიდული ელემენტებისაგან გამიჯნულ, ლინგ-



ვისტურ რეგიონს (განსაკუთრებით მის ჩრდილოეთ ნაწილში); ამიტომ მისი რიკული არასემიტური ენების გავლენა მასზე მინიმალურია. სუდანის დიალექტის შესწავლაში გარკვეული ადგილი უჭირავს ს. ჰილელსონის მიერ ჩაწერილ ტექსტებსა და მისივე გრამატიკულ ნარკვევს, ჯ. ტრიმინგემის გრამატიკას, ასევე — ა. ვორსლის სუდანურ გრამატიკას; განსაკუთრებული აღნიშვნის ღირსია ა. კაიეს მნიშვნელოვანი ნაშრომი [6].

თანხმოვანთა სისტემა. EA-ში წარმოდგენილია 28 თანხმოვანი, 5 ხმოვანი და ორი დიფთონგი [1, გვ. 10], ChA-ში 20 თანხმოვანია, 5 ხმოვანი და ორი დიფთონგი [3, გვ. 6 — 8], SA-ში 26 თანხმოვანია, 5 ხმოვანი და ორი დიფთონგი [6, გვ. 44]. 1. გლოტალური თანხმოვნები: '(ჰამზა), h. ჰამზა სუსტდება ყველა შესაძლო პოზიციაში EA-ში, მაგ.: *emtaa* (როდის), *mesa* (სალამო), *raas* (თავი). ჰამზა საერთოდ მოიკვეცება თანხმოვნის შემდგომ პოზიციაში, მაგ.: *shuft abuuk* (მამამენი დავინახე). შესუსტება ეხება ეტიმოლოგიურ ჰამზასაც და მეორეულ ჰამზასაც (რომელიც q-ის რეფლექსივია), მაგ.: *ana ba'uullak* (შენ გეუბნები). ChA-ში ჰამზა იკარგება, ასევე — SA-შიც. მაგ.: *inte* (შენ), *raas* (თავი). h — არ იძლევა ჩვენთვის საყურადღებო მონაცემებს.

2. ფარინგალური თანხმოვნები: h, 'ანი [1, გვ. 33]. ChA-ში ანი არ შეინიშნება, მისი ეკვივალენტია ჰამზა: *bekem tebi* (რა ღირს?).

3. ველარული თანხმოვნები: gh, x, g. EA-ში gh შენარჩუნებულია, ხოლო ChA-ში დაკარგულია. მაგ.: (EA) *bitashtaghil* (მუშაობ); (ChA) *agabesh* (მუქი). ჩადურში აქ იგრძნობა ნეგროიდული ენების გავლენა (სადაც gh არ არის).

მნიშვნელოვანია g-ის არსებობა EA-ში [7, გვ. 78], რომელიც საერთო არაბული j-ის ეკვივალენტია, მაგ.: *gineena* (ბალი). ემფატიკურებთან კონტაქტისას g ემფატიკური ხდება: *orbaag* (მათრახი). ChA-ში g საერთო არაბული q-ის რეფლექსივია, მაგ.: *gesiir* (მოკლე). სუდანურში g წარმოდგენილია dy-ის სახით, მაგ.: *dyebel* (მთა) [8, გვ. 4].

4. პალატალური თანხმოვნები: k, y, s, sh, j. ამ ბგერებიდან საინტერესოა აფრიკატა j, რომლის რეფლექსი EA-ში არის g, ChA-ში კი j წარმოდგენილია: *hajer* (მთა).

5. ალვეოლარული თანხმოვნები: r, l, ემფატიკური l. ChA-ში ემფატიკური l აღარ მოიძიება, მაგ.: (EA) *wallah*, (ChA) *wallah* (ფეიცავ!). SA-ში ემფატიკური l არის.

6. დენტალური თანხმოვნები: t, d, s, z (და მათი ემფატიკური ვარიანტები), n. EA-ში დენტალურთა ემფაზა შესუსტებულია, ხოლო ChA-ში საერთოდ მოშლილია, მაგ.: (ChA) *senduug* (სკივრი), *tayyeb* (კარგი), *ta'n* (ატაკა).

7. ლაბიალური თანხმოვნები: f, b, m, w, p, v. EA-ში ემფატიკური b არის [1, გვ. 14]. v, p იშვიათად აღინიშნებიან სამივე ამ დიალექტში, მაგ.: *pirutuukuul* (პროტოკოლი), *vitu* (ვეტო), *poktyor* (მტვირთავი), *paspoor* (პასპორტი). [8, გვ. 16; 3, გვ. 6].

ხმოვნები. სამივე დიალექტის ხმოვანთა სისტემა თითქმის ერთნაირია: a, i, u, e, o და მათი გრძელი ვარიანტები. ლაბიალებთან, დენტალებსა და პალატალებთან აღინიშნება ალოფონები e, ee; ქესრა აინისა და h-ის მჭობლობაში, ემ-

ფატიკურებისა და r-ის შემდეგ ხშირად გადადის e-ში [1, გვ. 49], თუმცა ემ-ფატიკურების შემდეგ ძირითადად ველარიზებულ ქესრაში გადადის. დამმა ემფატიკურებთან იცვლება v-თი, მაგ.: toob (აგური), howwa (ის). ულტრამოკლე ხმოვნებიდან ძირითადად ულტრამოკლე ქესრა გამოიყენება. დიფთონგები ძირითადად გრძელ ხმოვნებშია გადასული, თუმცა ზოგჯერ შენარჩუნებულია, მაგ.: beet (სახლი), geyb (ჭიბე), yoom (დღე), awlaad (შვილები).

ამრიგად, ჩვენთვის საინტერესო დიალექტების შეპირისპირებისას, გამოვლენილია შემდეგი მონაცემები: 1. თანხმოვანთა ძირითადი ჯგუფები მსგავსია; 2. ემფაზა შესუსტებულია (ეგვიპტურსა და სუდანურში ნაკლებად, ჩადურში მეტად; 3. ეგვიპტურში საერთო-არაბული j-ის ეკვივალენტია, რომლის ტოლფასია სუდანური არაბულის dy (პალატალიზებული ალოფონია g-ისა), ჩადურის j; 4. საერთო-არაბული q გადმოცემულია ეგვიპტურში ჰამზის სახით, სუდანურში – ემფატიკური ო-ის, ხოლო ჩადურში არაემფატიკური ო-ის სახით; 5. აინი ჩადურ არაბულში ჰამზაში გადადის (ეს მოვლენა სხვა ენების გავლენით აიხსნება).

ეს ძირითადი მონაცემები ნათლად მეტყველებს იმაზე, რომ ChA, EA და SA აღმოსავლეთ-არაბული დიალექტების ერთიანი ოჯახის აფრიკული წევრებია; მაგრამ თუ EA და SA ახლონათესაურ კავშირშია ერთმანეთთან, ChA – განსხვავებულია ორივე ამ დიალექტისაგან, თუმცა უფრო ახლოს არის SA-თან. EA განეკუთვნება ქვეჯგუფს „ჰამზა – გიმი“ (-g), SA განეკუთვნება ქვეჯგუფს „გაფი – ჯიმი“ (g - dy), ხოლო ChA განეკუთვნება ქვეჯგუფს „გაფი – ჯიმი“ (g - j).

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

გ. წერეთლის სახ. აღმოსავლეთმცოდნეობის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. N.Tomiche. Le parler arabe du Caire. Paris, 1964.
2. M.Tosco and J.Owens. Turku: A.Descriptive and Comparative Study: Sprache und Geschichte in Africa, 14, 1993, 177-267.
3. A.A.Samir. Chad Arabic. Chicago, 1968.
4. A.Roth. Esquisse grammaticale du parler arabe d' Abbèsh (Tchad). Paris,1979.
5. Ch.Décobert. Phonologies arabes du Tchad, Paris, 1985.
6. R.S.Kaye. Chadian and Sudanese Arabic in the Light of Comparative Arabic Dialectology. The Hague,1976.
7. A.Taymur. Mu'Gam taymur al-kabir. Al-Qahira, 1971.
8. R.Harrell. A Linguistic Analysis of Egyptian Radio Arabic: Contribution to Arabic Linguistics, III. Cambridge, Massachusets, 1960.



მ. ჭურღანიანი

საერთო-ქართველური ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსის
 სისტემა

წარმოადგინა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. გვახარიაძემ

ნაშრომში წარმოდგენილია საერთო-ქართველური ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსის სტრუქტურული მოდელების, კომპარატივისტულ მეთოდზე დაფუძნებული, რეკონსტრუქციები. თავის მხრივ, ეს რეკონსტრუქციები მოდელეობი, ავტორის თეორიის თანახმად, ეწერებიან ერთიან ვერსიფიკაციულ სისტემებში.

1.1. ქართველური ენების (ქართული, სვანური, ზანური) ფოლკლორული ვერსიფიკაციული მოდელების კომპარატივისტული კვლევის შედეგად საერთო-ქართველური ეპოქისათვის შეიძლება მოვახდინოთ სტრუქტურის ყველა იერარქიულ დონეზე განსხვავებული ორი ვერსიფიკაციული სისტემის რეკონსტრუქცია:

1) ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსი და 2) ეპიკური (ნარატიული) ლექსი.

1.2. ეს ვერსიფიკაციული სისტემები იმავდროულად ორ სხვადასხვა ლიტერატურულ გვარს წარმოადგენენ.

1.3. ქართველურ ენათა პოეტური ფოლკლორის შედარებითი ანალიზი საფუძველს იძლევა საერთო-ქართველური ქრონოლოგიური დონის ვერსიფიკაციული სისტემების თეორიული მოდელირებისათვის [1]. ამჯერად წარმოდგენილია საერთო-ქართველური ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსის მოდელი.

2.1. საერთო-ქართველური ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსი წარმოადგენს სტრუქტურას (L), რომელიც შედგენილია ორი, A და B ნაწილებისაგან, ისინი წარმოდგენილი არიან სალექსო სტრიქონების ან სტრიქონთა ბლოკების სახით. A -სა და B -ს მიმართება მუდმივია: $A=B$ ან $A < B$ თავისი შემადგენელი ელემენტების (მარცვლების, სტრიქონების) რაოდენობის მიხედვით ($a_1, a_2; b_1, b_2, \dots$ შესაბამისად აღნიშნავენ A და B ბლოკებში შემავალ სტრიქონთა რაოდენობას).

2.2 საერთო-ქართველური ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსის სტრუქტურული მოდელი ბინარულია, ის შეიძლება ასე ჩაიწეროს: $A, B \in L$, სადაც $A \leq B$ [2].

კონკრეტული შემთხვევებისთვის:

ა) ორსტრიქონედი (დისტიქი): $A \leq B$,

ბ) სამსტრიქონედი (ტრისტიქი): $A < B$,

$$\text{სადაც } \begin{cases} A = a \\ B = b_1 + b_2, \text{ ხოლო } b_1 \geq b_2 \end{cases}$$

გ) ოთხტრიქონედი (ტეტრასტიქი): $A \leq B$,

$$\text{სადაც } \begin{cases} A = a_1 + a_2, \text{ ხოლო } a_1 = a_2 \\ B = b_1 + b_2, \text{ ხოლო } b_1 \geq b_2 \end{cases}$$

დ) ოთხტრიქონედზე მეტი ლუწისტრიქონიანი ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსი: $A < B$,

$$\text{სადაც } \begin{cases} A = a_1 + a_2, \text{ ხოლო } a_1 = a_2 \\ B = b_1 + b_2 + b_3 + b_4 \dots, \text{ ხოლო } b_1 = b_2 = b_3 = b_4 \dots \end{cases}$$

3.1. საერთო-ქართველური ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსი უპირისპირდებოდა საერთო-ქართველურ ეპიკურ (ნარატიულ) ლექსს აგრეთვე როგორც რითმიანი ლექსი ურითმო, ე.წ. ალიტერაციულ ლექსს.

3.2. რითმა გენეტურად ბინარული სტრუქტურაა: მისი მინიმალური საკვალფიკაციო ერთეული - სარიტმო წყვილია.

3.3. საერთო-ქართველური ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსის რითმა, შეიძლება ასე ჩაიწეროს:

$$r_1 (\geq K_1), r_2 (\geq K_2) \dots r_n (\geq K_n) \in R,$$

სადაც რითმა წარმოადგენს სტრუქტურას (R), რომელიც შედგენილია სარიტმო ერთეულებისაგან (r), ეს სარიტმო ერთეულები თავის მხრივ მუდმივ მართებაში არიან სარიტმო კლაუზულებთან (K): $r = K$ ან $r > K$, ხოლო $K_1 \cong K_2 \cong K_n$.

3.4. საერთო-ქართველური ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსის რითმისთვის ასეთი მარკერი $r \geq K$ რელევანტურია და არა ჭარბი, ამითი ის უპირისპირდება უკვე ფუძე-ენის დიფერენციაციის შემდგომ ცალკეული ენების ეპიკურ (ნარატიულ) ლექსში, ალიტერაციის სტრიქონის ბოლოს კონცენტრაციის გზით წარმოქმნილ რითმას, რომელიც ასე ჩაიწერება:

$$r_1 (=K_1), r_2 (=K_2) \dots r_n (=K_n) \in R$$

3.5. ლირიკული (ლაპიდარული) და ეპიკური (ნარატიული) ლექსების რითმები არა მხოლოდ დიაქრონიულად, არამედ სინქრონიულ დონეზეც თვისობრივად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ქართველურ ენათა ფოლკლორში: ეპიკური ლექსისთვის შემთხვევითია: მდიდარი, ღრმა და შედგენილი რითმები, ესოდენ ნიშანდობლივი ლირიკული ლექსისათვის.

4.1. საერთო-ქართველური ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსი მონორიმზეა აგებული, რომლის რაოდენობაც განსაზღვრავს მის სტროფიკას:

ა) ორსტრიქონედი (დისტიქი):

$$\left. \begin{array}{l} A \text{ — } a(r_1) \\ B \text{ — } a(r_2) \end{array} \right\} R$$

ბ) სამსტრიქონედი (ტრისტიქი):

$$\left\{ \begin{array}{l} A \left\{ \begin{array}{l} a_1 \text{ --- } a(r_1) \\ b_1 \text{ --- } - \end{array} \right. \\ B \left\{ \begin{array}{l} b_2 \text{ --- } a(r_2) \end{array} \right. \end{array} \right\} R$$

გ) ოთხსტრიქონედი (ტეტრასტიკი):

$$\left\{ \begin{array}{l} A \left\{ \begin{array}{l} a_1 \text{ --- } a(r_1) \\ a_2 \text{ --- } a(r_2) \end{array} \right. \\ B \left\{ \begin{array}{l} b_1 \text{ --- } - \\ b_2 \text{ --- } a(r_3) \end{array} \right. \end{array} \right\} R$$

დ) ოთხსტრიქონედზე მეტი ლუწისტრიქონიანი ლირიკული (ლაპიდარული) ლექსი:

$$\left\{ \begin{array}{l} A \left\{ \begin{array}{l} a_1 \text{ --- } a(r_1) \\ a_2 \text{ --- } a(r_2) \\ b_1 \text{ --- } - \end{array} \right. \\ B \left\{ \begin{array}{l} b_2 \text{ --- } a(r_3) \\ b_3 \text{ --- } - \\ b_4 \text{ --- } a(r_4) \end{array} \right. \end{array} \right\} R$$

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
 არნ. ჩიქობავას სახელობის ენათმეცნიერების ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. მ. ქურდიანი. კრებულში: ჭაშნიკი. ქართული ლექსმცოდნეობის საკითხები, თბილისი, 1984, 18-43.
2. მ. ქურდიანი. ჟურნალი გელათის მეცნიერებათა აკადემიის უწყებანი. №2, 1996, 83-89.



მ. შირაბაძე

თემა „ლექსიკოლოგიის“ ძირითად ცნებათა სისტემა

წარმოადგინა წევრ-კორესპონდენტმა მ. ანდრონიკაშვილმა 3.01.1997

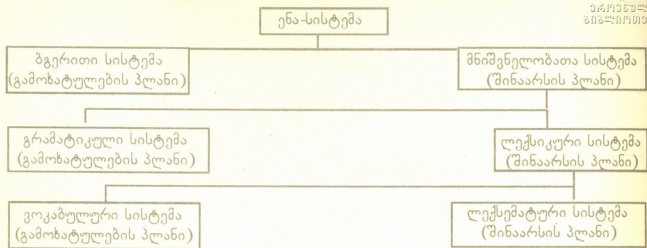
ლექსიკოლოგიის კვლევის საგანია ენის ლექსიკურ მნიშვნელობათა სისტემა: მისი სიტყვიერი შედგენილობა, სიტყვათა დერეივაციული ელემენტების, როგორც მნიშვნელობის მცვლელი ენობრივი ოდენობის ფუნქცია; მნიშვნელობათა საკლასიფიკაციო ჯგუფები, მნიშვნელობის ცვლის ენობრივი პროცესები (დინამიკასა და სტატიკაში), ლექსიკური მნიშვნელობის გამომხატველი ენობრივი ერთეულების შეხამებისა და წარმოების მოდელები [1, გვ. 94].

ენის ლექსიკური სისტემის გამოხატულების პლანს ასახავს ლექსიკური ფონდი (სიტყვიერი შედგენილობა, ვოკაბულარი), დერეივაციული ელემენტების სისტემა და სიტყვათშეხამებითობის (იდიომი, ფრაზეოლოგია) მოდელების სისტემა. შინაარსის პლანის ამსახველი კი არის მნიშვნელობათა საკლასიფიკაციო ჯგუფები (იდეოგრაფიული სისტემა), მნიშვნელობათა ცვლილებების მოდელების სისტემა.

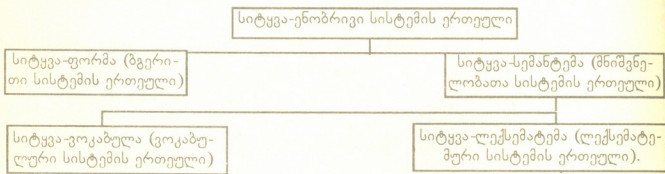
ლექსემა განისაზღვრება ის ენობრივი ოდენობა, რომელიც შინაარსის პლანში აკმაყოფილებს ერთეულისათვის წაყენებულ ყველა პირობას: გამოყოფადობას (აქვს დამოუკიდებელი სემანტიკური ფუნქცია), **შეუგავლობას** (დადგენილია მისი სემანტიკური საზღვრები, ანუ მისი მნიშვნელობის დიაპაზონი შეიცავს კონტექსტების გარკვეულ რაოდენობას), **მოღიან-გაფორმებულობას** (მნიშვნელობათა კონკრეტული კატეგორიები გადმოიცემა გარკვეული დერეივაციული მოდელებით) და **ჩასმის მაქსიმუმის** **არსებობას** (ჩასმის პროცედურით დგინდება სემანტიკური ცვლილების საზღვრები). ლექსემის, როგორც ენობრივი ერთეულის გამომხატულების პლანს ასახავს ვოკაბულა, ხოლო შინაარსის პლანს - **ლექსემატემა**¹ [2, გვ. 70].

ლექსემისა და სიტყვის ენობრივი ოდენობა იდენტური არ არის: შედგენილობის მიხედვით ლექსემას შეიძლება ჰქონდეს მარტივი (სიტყვა-ლექსემა) და შედგენილი (ლექსემა-იდიომი, ლექსემა-ფრაზეოლოგიზმი) სტრუქტურა (ცნება „ლექსემის“ ამგვარი გაგებისათვის ამოსავლად მიჩნეულია უ. ვაინრაიხის თვალსაზრისი [3, გვ. 257].

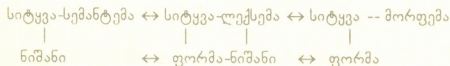
¹და არა „სემანტემა“ [4, გვ. 186], რომელიც წარმოადგენს სემანტიკის, როგორც ენობრივი სისტემის ერთეულს. ცნებებრივი სხვაობა „ლექსიკასა“ და „სემანტიკას“ შორის ეყარება „მნიშვნელობისა“ და „ენობრივი მნიშვნელობის“ ცნებებრივ სხვაობას [1]. შესაბამისად, „სემანტემისა“ და „ლექსემატემის“ ცნებებრივი მიმართება ენობრივი ნიშნის მნიშვნელობის თვალსაზრისით იქნება მიმართება მნიშვნელობის ნიშნური (სემანტემა) და ფორმოლოგი (ლექსემატემა) ფუნქციების ამსახველ ცნებებს შორის [4].



წარმოდგენილი სქემის მიხედვით სიტყვის, როგორც ენის ძირითადი სემანტიკური-სტრუქტურული ერთეულის ცნებებრივი კლასიფიკაცია მიიღებს ასეთ სახეს:



ელემენტების მიმართების თვალსაზრისით წარმოდგენილი სქემა ავლენს შემდეგ კანონზომიერებას: ყოველ იერარქიულ რეგისტრში პარადიგმის მარჯვენა წევრი (შინაარსის პლანის კუთვნილი ერთეული) ასრულებს ფორმის ფუნქციას ზემდგომი რეგისტრის (გვარული ცნების) ელემენტთან მიმართებით და ნიშნის ფუნქციას - მარცხენა წევრთან (გამოხატულების პლანის ერთეულთან სახეობრივ ვარიანტთან) მიმართებით:



ამ კანონზომიერების საფუძველზე შეიძლება შემდეგი განზოგადებული დასკვნის გამოყენება ფორმობლივობისა და ნიშნურობის ცნებებრივი მიმართების შესახებ:

ენობრივი სისტემის ნებისმიერ დონეზე ფორმობლივობა, როგორც ენობრივი ნიშნის ფუნქცია, იერარქიულ მიმართებაშია ნიშნურობის ფუნქციასთან. ენობრივ

ნიშანთა ნებისმიერ დონეზე მარკირებულია შინაგანი ფორმა - ნიშნის ლინგვისტური არსის იმპანენტური მახასიათებელი, ხოლო არამარკირებულია გარეგნული ფორმა - ნიშნის ექსტრალინგვისტური არსის, ტრანსცენდენტული მახასიათებელი, რომელიც არქიფორმის ღირებულებას იძენს მოცემულ სისტემაში [შდრ. 5, გვ. 37].

ამერიკელი მეცნიერების მიერ ფონოლოგიურ მასალაზე ჩატარებული ფსიქო-ლინგვისტური ცდების მონაცემთა მიხედვით მეტყველთა (უფრო ზუსტი იქნება, თუ ვიტყვით - ენის მომხმარებელთა) მიერ გაცნობიერების მეტი შესაძლებლობა მოეპოვება ოპოზიციის მარკირებულ წევრს [იხ. იქვე, გვ. 41-42]. მაშასადამე, ენობრივ სისტემაში მარკირება გაცნობიერების (ობიექტურ სინამდვილესთან ცნობიერი დამოკიდებულების დამყარების) ერთ-ერთი ყველაზე ქმედითი საშუალებაა. თუ ამ დებულებას განვაზოგადებთ ენობრივ ფორმათა იერარქიულ მიმართებაზე, შეიძლება გვეთქვას, რომ **შინაგან ფორმას (შინაარსის პლანს), როგორც ობოზიციის მარკირებულ წევრს, ენობრივ ფორმათა სისტემაში ენიჭება გამაცნობიერებლის ფუნქცია** [6].

ენის გარეგნულ და შინაგან ფორმათა მიმართების შესახებ მსჯელობისას აღინიშნა მათი ანტინომიურობა [7]. ამ ანტინომიურობის უკიდურეს დაძაბულობას მიიჩნევს პ. ფლორენსკი ენის სიცოცხლის აუცილებელ პირობად და ამბობს რომ „სინამდვილეში დიალექტიკური შეღწევა (resp. სინამდვილის დიალექტიკური წვდომა, მ. ქ.) ხორციელდება აზრის შემოქმედებითი აქტივობით - ესაა მწვერვალისაკენ აღმა სვლა, ხოლო ამ აქტივობის სიტყვიერი მატერიალიზაცია - მწვერვალიდან პანორამის ქვრეტაა. სიტყვით რეალიზებული აზრის სიმაღლიდან ჩანს გამოვლილი გზაცა და ახალი სიმაღლეებისაკენ სავალიც. გონებაქვრეტის ყოველი თანამიმდევრული გადანაცვლება ჯამდება სიტყვაში“ [7, გვ. 122-125].

სიტყვა, როგორც ენობრივი ნიშანი, თავად არის გამა ცნობიერებელი ფუნქციის მატარებელი - მარკირებული წევრი პარადიგმისა - „**ი ბიექტური სინამდვილე**“: „ენობრივი სინამდვილე“. ენობრივი სისტემის ნებისმიერი დონის **კუთვნილი შინაარსის პლანი** (resp. შინაგანი ფორმა) შეიძლება გაგვეაზრებინა, როგორც ობიექტურ სინამდვილესთან ენობრივი სინამდვილის ცნობიერი დამოკიდებულების მოცემული ასპექტით ამსახველი ნიშანთა სისტემა [8].

ზემოთქმულის საფუძველზე შესაძლებელი ხდება თემა „ლექსიკოლოგიის“ ძირითადი ცნებებისა და დეფინიციების სისტემის აგება:

ლექსიკოლოგია - ენათმეცნიერების დარგი, რომელიც შეისწავლის ენობრივი სისტემის მნიშვნელობათა ქვესისტემის შინაარსის პლანს, ანუ ლექსიკას: დაადგენს ენის სიტყვიერ შედგენილობას, ლექსიკურ მნიშვნელობათა საკლასიფიკაციო ჯგუფებს, ლექსიკური მნიშვნელობის ცვლის პროცესების კანონზომიერებებს, მნიშვნელობის მცვლელი მოდალური ელემენტების სემანტიკურ ფუნქციასა და სტრუქტურულ შედგენილობას, მნიშვნელობის წარმოების (დერივაციისა და სიტყვათმეხამების) სტრუქტურულ მოდელებს; მნიშვნელობათა იერარქიულ მიმართებებს. ლექსიკოლოგიის კვლევის ობიექტია: **ენის ლექსიკური ფონდი - გოკაბუღარი, მოდალური ელემენტების სისტემა; იდიომური შესიტყვება, ფრაზეოლოგიზმი. შესწავლის ძირითადი ერთეულია ლექსემა**, რომლის გარეგნულ ფორმას



(გამოხატულების პლანს) წარმოადგენს **ვოკაბულა**, შინაგან ფორმას (შინაარსის პლანს) - **ლექსემატემა**.

ლექსიკური ფონდი - ლექსიკოგრაფიის შესწავლის ობიექტი - ენის სიტყვიერი შედგენილობა (ნომენკლატურა) - მოცემული ენის მატარებელი საზოგადოების მიერ ხმარებულ სიტყვათა (ვოკაბულათა), მოდალური ელემენტებისა და იდიომურ შესიტყვებათა ერთობლიობა.

ლექსემა - ლექსიკოლოგიის შესწავლის ერთეული, ენის ლექსიკური სისტემის სტრუქტურულ-სემანტიკური ელემენტი - გარკვეული ენობრივი ოდენობა, რომელიც ენის სემანტიკურ სისტემაში ასრულებს ნიშნის ფუნქციას. სტრუქტურულად განირჩევა ლექსემის მარტივი (მონოვოკაბულური - სიტყვა) და შედგენილი (პოლივოკაბულური - შესიტყვება), აგრეთვე ვითარებითი (ძირეული) და მიმართებითი (დერივაციული) ვარიანტები.

ვოკაბულა - ლექსემის გარეგნული ფორმის (გამოხატულების პლანის) აღმნიშვნელი ტერმინი. მეტყველების რომელიმე ნაწილი, წარმოდგენილი გარკვეული ცნების სახელმძღვანის ფუნქციით.

ლექსემატემა - ლექსემის შინაგანი ფორმის (შინაარსის პლანის) აღმნიშვნელი ტერმინი. ლექსიკური მნიშვნელობის ამსახველი ენობრივი ფორმა (ფუძე, მოდალური ელემენტი, შესიტყვება).

არქეოლოგიური კვლევის ცენტრი

ლიტერატურა

1. *ბ. ფოჩხვა*. ონომასიოლოგიური თვალსაზრისი ლექსიკის შესწავლაში. იკე XIV თბილისი, 1964, 71-88.
2. *П. Н. Денисов*. Системность и связанность в лексике и система словарей. Проблематика определений терминов в словарях разных типов. М., 1976, 63-73.
3. *Т. Л. Канделаки*. Роль терминологических словарей системного типа в процессе изучения основ стандартизации. Проблемы учебной лексикографии. М., 1977.
4. *მ. დამენია*. ტიპოლოგიური ძეგანი - 89. თბილისი, 1990, 22-27.
5. *ბ. ჭობენაძე*. ქართული ზმნის ფორმობრივი და ფუნქციური ანალიზის პრინციპები. თბილისი, 1980.
6. *ი. მელიქიშვილი*. მარკირების მიმართება ფონოლოგიაში. თბილისი, 1979.
7. *П. Флоренский*. В Я, 1, 1989, 121-131; В Я, 3, 1989, 104-117.
8. *მ. კირაქაძე*. ა. ჩიქობავას 100 წლისთავისადმი მიძღვნილი საიუბილეო სესიის თეზისები. თბილისი, 1996, 44-46.