

524 /
1997/2

ISSN — 0132 — 1447



საქართველოს
მეცნიერებათა აკადემიის

ბულეტენი

BULLETIN

OF THE GEORGIAN ACADEMY
OF SCIENCES

156

№ 3

1997

თბილისი * TBILISI

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 ტ ო რ ი 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.კვეციტაძე, ი.კილუჩაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე),
თ.კობალაძე, 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 22.05.1998. ხელმოწერილია დისაბეჭდად 22.05.1998. ფორმატი 70x100^{1/16}
აწეობილია კომპიუტერზე სსგ „მეცნიერების“ კომპიუტერულ ცენტრში.
ოფსეტური ბეჭდვა. პირობითი ნაბ. თაბ. 11,75. საადრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 11,75.
ტირაჟი 150. შეკვ. № 217. ფასი სიხელშეკრულებრ.

Handwritten notes: 156, 156, 156

შ ი ნ ა ა რ ს ი *

მათემატიკა

- უ.გოგინავა. ფურიე-ჟოლშის ჯერადი მწკრივების თანაბარი კრე- 421
 ბადობისა და განშლადობის შესახებ
- ნ.შავლაყაძე. დრეკადი სოლის საკონტაქტო ურთიერთქმედება დრე- 425
 კად გამაგრებასთან
- გ.ონიანი. სხვადასხვა რეპერების გასწვრივ ინტეგრალთა დიფე- 430
 რენცირებადობის შესახებ
- გ.ლევსვერიძე. ფურიე-ჰაარის ორჯერადი მწკრივების განშლადობის 433
 შესახებ
- ე.გორდაძე. ზოგიერთი ზომადი ფუნქციის ფაქტორიზაცია უზან- 436
 უზან გლუვი წირის შემთხვევაში
- ლ.ჩიჩეიშვილი. ჰაარის ტიპის სისტემების რეგულარული მეთოდით 439
 შეჯამებადობა

მათემატიკური ფიზიკა

- თ.ბურჭულაძე, რ.რუხაძე. დრეკადობის თეორიის რხვევის ძირითადი 442
 სასაზღვრო-საკონტაქტო ამოცანების საკუთრივი
 ფუნქციებისა და საკუთრივი რიცხვების ასიმპტოტური
 განაწილება

კიბერნეტიკა

- მ.ხაჩიძე. არამკვეთრ სიმრავლეებზე აღწერილ რთულ სისტემათა 447
 კლასიფიკაცია ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდის
 საშუალებით
- გ.ქანთარია. ოპტიმალური არჩევანი ინფორმაციულ ლოგიკაში 451

ფიზიკა

- ზ.გაბრიჭიძე. ყინულის კრისტალში წყალბადური კავშირების წარმო- 455
 ქმნაში მონაწილე წყლის მოლეკულების რხევების თავი-
 სებურებათა გამოვლენა აღმგზნები რეზონანსული (2537Å)
 ხაზიდან 1700 სმ⁻¹-მდე სიხშირეთა ინტერვალში
- ა.გერასიმოვი, ბ.ჩირაძე, ნ.კუტივაძე, ა.ბიბილაშვილი, ზ.ბოხოჩაძე. 457
 ზედაპირული სისალის ანაბექტდების ფორმირების რეჟი-
 მის გავლენა ფოტომექანიკური ეფექტის სიდიდეზე
- რ.ჯობავა, რ.ზარიძე, ფ.შუბითიძე, დ.პომერენკე, დ.ქარაქაშაძე, 460
 ა.შაპოვალოვი. ელექტროსტატიკური განმუხტვისას
 გამოსხივებული ველების შედწევა აპერტურის მქონე
 ორგანზომილებიან სხეულებში
- გ.ქევეანიშვილი, ი.კიკვაძე, გ.ჩიხლაძე. H₁₀ ტალღის დიფრაქცია დი- 465
 ელექტრიკული ფენისა და ცილინდრისაგან შემდგარ
 სისტემაზე
- ზ.სიყმაშვილი, ი.სიყმაშვილი, ო.ცაგარეიშვილი. ბრტყელი ელექ- 470
 ტრომაგნიტური ტალღის დიფრაქცია სასრული სისქის
 პერფორირებულ ეკრანზე

010000

ასტრონომია

- ო.აბულაძე, ვ.ჯაფიაშვილი, რ.ინასარიძე, ლ.სიგუა, რ.ჭილაძე. იუპიტერის გალილეისეული თანამგზავრების ელექტროპოლარიმეტრული და ელექტროფოტომეტრული გამოკვლევა 475

ორბანული ქიმია

- ვ.ციციშვილი, ბ.ვარდიაშვილი, მ.გურჯიევი. უჯერი პოლიეტერების ბაზაზე დამზადებული გამქლენთავი ლაქების მაგნიტურ ველში გამყარების კინეტიკის შესწავლა ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის (ბმრ) მეთოდით 478

*A.Mikautidze, N.Lekishvili, L.Khananashvili, L.Asatiani. Polycyclotri-merization of diethynylsilanes and Properties of Co-Polymers

ფიზიკური ქიმია

- შ.გედევანიშვილი, ზ.მუნირი, გ.ცაგარეიშვილი. წვით სინთეზი Nb-Si სისტემაში ელექტრული ველის გავლენით 481

- თ.ბუთხუზი, ნ.კეკელიძე, ბ.ცეკვავა, მ.შარვაშიძე, თ.ხულორდავა. A_2B_6 ფართოზონიანი ნაერთების სინთეზი კვაზიეპიტაქსიური მეთოდით 485

- ლ.ხეთისიაშვილი, მ.კაციტაძე, ზ.ძოწენიძე, გ.ბეზარაშვილი, მ.აბულაძე, რ.ცანავა, რ.კობალაძე, კ.ლალანიძე. ამიაკისა და ტეტრაქლორმეთანის მოქმედების შესწავლა მგრგვინავი ნარევის აალებაზე 489

ელექტროქიმია

- თ.მარსაგიშვილი, მ.მაჭავარიანი, მ.ჯანჯალაშვილი, ჯ.ჯაფარიძე. ელექტროქიმიურ სისტემებში რადიოტალღების გამო-სხივების მექანიზმების გამოკვლევა 492

ქიმიური ტექნოლოგია

- გ.დარსაველიძე, დ.გაბუნია, დ.ლევაჟა, ნ.ზოიძე, ლ.ყურაშვილი. ნიკელით ლეგირებული ბორის არადრეკადი თვისებები 496

გეოლოგია

- ვ.გელეიშვილი, ზ.ოთხმეზური. სპილენძის ქცევის შესახებ მადნეულის სულფიდური საბადოს ქანგვის ზონაში 500

სამშენებლო მათემატიკა

- ს.გელხვიძე. მალღივი საკვამლე მიწების გაანგარიშების საკითხების შესახებ დინამიკურ ზემოქმედებებზე 503

მანქანათმშენებლობა

- კ.ხატიაშვილი. ზომიერად გახისტებული ვანტური ბაგირგზის ჩაკიდულობების გაანგარიშება 507

- ზ.ბოგველიშვილი. სატრანსპორტო მანქანების შერეოსორების პნევმატიკურ სისტემაში მიმდინარე დინამიკური პროცესების გამოკვლევა 512

ავტომატური მართვა და გამოთვალთი ტექნიკა

- ა.კობიაშვილი. დარწმუნების ფაქტორები განუსაზღვრელობის მართვისათვის ექსპერტულ სისტემებში 516

ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

- თ.ონიანი, ი.გვილია, ნ.დარჩია, მ.ელიავა, მ.ქოჩლაძე. ძილის ტოტალური დეპრეივაციის გავლენა ზღვის გოჭის ძილ-ღვიძილის ციკლზე 519
- გ.კერესელიძე, ხ.ხორავა, ა.სიხარულიძე, ლ.გომელაური, ლ.ბედელაძე, ნ.კოჭლავაშვილი. თალამუსის მედიოდორსალური (n.MD) და წინავენტრალური (n.AV) ბირთვების ქიმიური გალიზიანების გავლენა გულის კუნთის ფუნქციურ მდგომარეობაზე ჰიპოთალამუსის ვენტრო-მედიალური (n.VM) ბირთვის ელექტრული კოაგულაციის ფონზე არტერიული ნორმო- და ჰიპერტენზიის პირობებში 523

ბიოფიზიკა

- გ.გოგორიშვილი, მ.ზაალიშვილი. ვირთავას ღვიძლის მიტოქონდრიების აქტინის მსგავსი ცილის შესახებ 527
- დ.ხოშტარია, კ.ადეიშვილი, გ.გეტაშვილი, მ.ზაალიშვილი. α - ქიმოტრიფსინის ლღობის თერმოდინამიკური პარამეტრების დამოკიდებულება ტემპერატურის სკანირების სიჩქარეზე, შუალედური სტაბილური კონფორმაციის შესახებ როლი 531

ბიოქიმია

- ვ.ჩუბინიძე, ნ.კეკელიძე, დ.ჩუბინიძე. აბასთუმნის პირობებში მოზარდი ნაძვისა და ფიჭვის ეთერზეთებისა და მონოტერპენული ნახშირწყალბადების გამოკვლევა 534
- ნ.მოსეშვილი, მ.ჩაჩუა, გ.ალექსიძე, ნ.ალექსიძე. ხსნადი და მემბრანული ლექტინის მსგავსი ცილები *Mentha pulegium*-დან 538
- თ.არაბიძე, მ.სილაგაძე, ა.ყიფიანი, ლ.ფაჩუაშვილი. კომპლექსური გამაუმჯობესებლის გავლენა შაქრების დაგროვების დინამიკაზე ხორბლის ცომის დამწიფებისა და ცხობის პროცესში 541
- რ.გახოკიძე, ნ.სიღამონიძე, ლ.ტაბატაძე, ა.გახოკიძე, ლ.თოფურია. D - ქსილოზის ნაწარმთა მქავური ტრანსფორმაცია 544
- ლ.ბერიაშვილი, თ.ჩიღვინაძე. გლიკოლმქეფას გარდაქმნა მცენარეებში 547

მიკრობიოლოგია და ვირუსოლოგია

- ი.ჩხაიძე, ნ.ხერხეულიძე, ნ.მანჯავიძე, ნ.ლიხოდედი, მ.იაკოვლევი, ნ.ახმინა. ნაწლავური დისბაქტერიოზის განვითარება ადრეული ასაკის ბავშვებში მწვავე რესპირატორული ვირუსული ინფექციების დროს 550

ენტომოლოგია

- ე.დიდმანიძე, ნ.მანდარია. ულტრაიისფერ სხივებზე ხვატარების (*Lepidoptera, Noctuidae*) მიზიდვის თავისებურებები და მავნე სახეობების წინააღმდეგ მისი გამოყენების პერსპექტივები 554

ფიტოკათოლოგია

- მ.ჩხაიძე. აქტინიდიის დაავადებები საქართველოში **557**
ციტოლოგია
- თ.აბრამიძე, დ.ძიძიგური, მ.ზარანდია, პ.ჭელიძე, გ.თუმანიშვილი. In **560**
Vitro ტრანსკრიფციის მარეგულირებელი ჰეპატოცი-
 ტების ბირთვაკული ფაქტორების შესწავლა
ეკოლოგია
- ლ.ფურცელაძე. სახეთა გარჩევის თეორიის გამოყენება მდინარეთა **562**
 ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად
მასპერიმენტული მემიციანი
- მ.ციმერმანი, თ.ებანოიძე. ტრანსდენტური ფიქსაციის აქტუალური **567**
 მიმოხილვა
- ვ.მიქაბერიძე, ვ.გონჯილაშვილი, ა.მიქაბერიძე. ND:YAG ლაზერით **574**
 შედუღებული ღვიძლის ჭრილობების მექანიკური
 სიმპტიკის ცვლილება ოპერაციის შემდგომ პერიოდში
მასპერიმენტალური მორფოლოგია
- ნ.თხილავა, ო.ხულუხაური, ე.რაფავა. ვრითროციტების რეცეპტო- **578**
 რული აპარატის თავისებურებების გამოვლენა ლექ-
 ტინის საშუალებით ონკოლოგიური დაავადებების დროს
ეკონომიკა
- რ.შელეგია, ე.გაბისონია. სახელმწიფო ქონების პრივატიზაციის **581**
 ეფექტიანობა და ბაზრის ოთხი ძირითადი მოდელი
ენათმეცნიერება
- მ.ჭირაქაძე. თემა „ლექსიკოგრაფიის“ ძირითად ცნებათა სისტემა **584**
 დ.ქლენტი. წარსული დროის ფორმათა სემანტიკა შერწყმულ წინა- **589**
 დადებაში
- თ.ფუტყარაძე. ციური სფეროს ასახვა ნიკოლაი გუმილიოვის პოე- **592**
 ზიაში
- ხელოვნების ისტორია**
- ნ.შარიქაძე. დრამატული კონფლიქტის პრობლემისათვის XX საუ- **594**
 კუნის მუსიკალურ თეატრში (ექსპრესიონიზმისა და
 ნეოკლასიციზმის მაგალითზე)
- ნ.იამანიძე. სოფელ ურთხვის წმინდა გიორგის სახელობის ეკლესიის **599**
 კანკელის შესახებ



ზ. ზოგინავა

ფურიე-უოლზის ჯერადი მჭკრივების თანაბარი კრებადობისა და განუზღვრების შემსახე

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ჟიჟიაშვილმა 5.05.1997

ნაშრომში [1] მოყვანილი იყო ფურიე-უოლზის ჯერადი მჭკრივების თანაბრად კრებადობის საკმარისი პირობები, ნამდვილ ნაშრომში მტკიცდება ამ პირობების გაუძლიერებადობის საკითხი გარკვეული აზრით, აგრეთვე მოყვანილია კერძო δ -ცვლილების, კერძო ცვლილების, კერძო უწყვეტობის მოდულის ტერმინებში ასეთი მჭკრივების C -ნორმით კრებადობის საკმარისი პირობები. ამასთან, კრებადობა განიხილება პრინსიპების აზრით.

ქვევით ჩვენ გამოვიყენებთ ზოგიერთ განმარტებებსა და აღნიშვნებს [2].

$C([0, 1]^N)$ -ით აღვნიშნოთ $Q_N = [0, 1]^N$ პარალელეპიპედზე განსაზღვრული ყოველი ცვლადის მიმართ 1 პერიოდული უწყვეტ ფუნქციათა კლასი ნორმით

$$\|f\|_{C(Q_N)} \equiv \max_{x \in Q_N} |f(x)|$$

f ფუნქციის ფურიე-უოლზის N -ჯერადი მჭკრივის მართკუთხოვანი ჯამები აღვნიშნოთ $S_m(f, x)$.

ვთქვათ, $M = \{1, 2, \dots, N\}$, $B = \{l_1, \dots, l_r\}$, $l_k < l_{k+1}$, $k = \overline{1, r-1}$, $i_B = \{i_{l_1}, \dots, i_{l_r}\}$, სადაც $i_{l_k} \in M$, $k = \overline{1, r}$, $m = (m_1, m_2, \dots, m_N)$, სადაც m_k ნატურალური რიცხვებია, $1_B \equiv (1, 1, \dots, 1) \in R^r$, $\bar{d}(B)$ აღვნიშნოთ B -ში ელემენტების რაოდენობა.

$M(S)$ -ით აღვნიშნოთ M -ის ყველა ქვესიმრავლეთა სიმრავლე, $M'(S) = M(S) \setminus \{\emptyset\}$.

ჩანაწერის $\sum_{i_B=1_B}^{m_B}$ -ის ქვეშ გავიგოთ $\sum_{i_{l_1}=1}^{m_{l_1}} \dots \sum_{i_{l_r}=1}^{m_{l_r}}$.

ვთქვათ,

$$\Omega_{l_1} = f(x_1, \dots, x_{l_1}^{(1)}, \dots, x_N) - f(x_1, \dots, x_{l_1}^{(0)}, \dots, x_N),$$

Ω_B სიმბოლოს ქვეშ ჩვენ გავიგებთ გამოსახულებას, რომელიც მიიღება $\Omega_{l_1}, \Omega_{l_2}, \dots, \Omega_{l_r}$ ოპერაციების თანმიმდევრული გამოყენებით.

ნაშრომში [1] შემოღებული იყო შემდეგი ფუნქცია

$$\varphi_B(m_B, \delta_B, f) = \sup_{x_{M'B}} \sup_{\Pi_{m_B, \delta_B}} \sum_{i_B=1_B}^{m_B} \omega_B(f, I_{i_B}^{(B)}),$$

სადაც

$$\omega_B(f, I_{i_B}^{(B)}) = \sup_{x_B^{(1)}, x_B^{(0)} \in I_{i_B}^{(B)}} |\Omega_B|,$$

ხოლო $\Pi_{m_B, \delta_B} - [0, 1]^r$ სეგმენტის $m_B = m_{l_1} \times \dots \times m_{l_r}$ დია პარალელეპიპედთა თანაუკვთი სისტემა,

$$\{I_{i_B}^{(B)}\}_{i_B=1}^{m_B}, \{I_{i_k}^{(l_k)}\}_{i_k=1}^{m_{l_k}} \times \dots \times \{I_{i_r}^{(l_r)}\}_{i_r=1}^{m_{l_r}},$$

ამასთან

$$|I_{i_k}^{(l_k)}| = \delta_{i_k}, \quad i_k = \overline{1, m_{l_k}}, \quad k = 1, 2, \dots, r,$$

როცა $N = 1$, [3].

ვთქვათ,

$$h_i = (0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0), \quad h_B = \sum_{i \in B} h_i.$$

აღვნიშნოთ

$$\omega(\delta, f) = \sup_x \sup_{|\eta| \leq \delta} |f(x + \eta h_i) - f(x)|.$$

$$v_i(n, f) = \sup_{x_{M(n)}} \sup_{\Pi_n} \sum_{k=0}^{n-1} |f(x_1, \dots, x_{i-1}, x_i^{(2k+1)}, x_{i+1}, \dots, x_N) - f(x_1, \dots, x_{i-1}, x_i^{(2k)}, x_{i+1}, \dots, x_N)|,$$

სადაც Π_n არის $[0, 1]$ სეგმენტის $(x_i^{(2k)}, x_i^{(2k+1)}) (k = 0, \dots, n-1)$ თანაუკვეთ ინტერვალებად დანაწილება.

როცა $N = 1$, [4].

ვთქვათ,

$$V_i \equiv \{f: v_i(n, f) = O(1)\}.$$

ვთქვათ,

$$\Delta^{(j)}(f, x, s_j) = f(x + s_j h_j) - f(x),$$

სიმბოლო $\Delta_B(f, x, s_B)$ ქვეშ ჩვენ გავიგებთ გამოსახულებას, რომელიც მიიღება $\Delta^{(l_1)}(f, x, s_{l_1}), \dots, \Delta^{(l_r)}(f, x, s_r)$ ოპერაციების თანმიმდევრული გამოყენებით.

ვთქვათ, $\varphi_B(k_B; \delta_B) = \varphi_{l_1, \dots, l_r}(k_{l_1}, \dots, k_{l_r}; \delta_{l_1}, \dots, \delta_{l_r})$ ნებისმიერი მთელი k_{l_1}, \dots, k_{l_r} -ის და არაუარყოფითი $\delta_{l_1}, \dots, \delta_{l_r}$ -ის ფუნქციაა, რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ პირობებს;

1) $\varphi_B(k_B; \delta_B) = 0$ თუ $(\exists i \in \overline{1, r}), ((k_{l_i} = 0) \vee (\delta_{l_i} = 0))$;

2) $\varphi_B(k_B; \delta_B)$ უწყვეტია და არაკლებადია δ_{l_i} -ის მიმართ, $i = \overline{1, r}$;

3) $\varphi_B(k_B; \delta_B)$ ზრდადია ყოველი k_{l_i} -ის მიმართ და $\Delta_B(\varphi_B, h(B)) \geq 0$;

$$\forall B \in M'(s), h(B) = \{h_{l_1}, \dots, h_{l_r}\}, h_{l_i} \geq 0, i = \overline{1, r};$$

4) $\varphi_B(k_B; \delta_B)$ ამოზნექილია ცალ-ცალკე ცვლადების მიმართ და $\Delta(\Delta_B(\varphi_B, 1_B); h_{l_i}) \leq 0$, $l_i \in B, \forall B \in M'(s)$;

$$5) \varphi_B(k_B; \delta_B) = O\left(\varphi_B\left(k_{l_1}, \dots, k_{l_{i-1}}, \left[k_{l_i} \frac{\delta_{l_i}}{\eta_{l_i}}\right], k_{l_{i+1}}, \dots, k_{l_r}, \delta_{l_1}, \dots, \delta_{l_{i-1}}, \eta_{l_i}, \delta_{l_{i+1}}, \dots, \delta_{l_r}\right)\right);$$

$$\delta_{l_i} \geq \eta_{l_i}, \quad \forall i \in \overline{1, r}.$$

$$6) \varphi_B(k_B; \delta_B) \leq \min_{B' \subset B} \left\{ 2^{\bar{d}(B) - \bar{d}(B')} \prod_{i_i \in B \setminus B'} i_i \varphi_{B'}(k_{B'}; \delta_{B'}) \right\}, \quad \forall B \in M'(s), B' \neq 0, B' \neq B.$$

შემოვიღოთ შემდეგი ფუნქციათა კლასი

$$D(\varphi) \equiv \{ f: \varphi_B(k_B; \delta_B; f) = O(\varphi_B(k_B; \delta_B)), B \in M'(s) \}.$$

ნაშრომში [1, 5] დამტკიცებული იყო შემდეგი

თეორემა A: თუ $f \in C(Q_N)$ და

$$\lim_{m_B \rightarrow \infty} \sum_{i_B=1}^{m_B} \frac{\varphi_B(i_B, 1/m_B, f)}{i_B^2} = 0, \quad \forall B \in M'(s),$$

მაშინ

$$\lim_{m_B \rightarrow \infty} \|s_m(f) - f\|_{C(Q_N)} = 0.$$

ნამდვილ ნაშრომში მტკიცდება სამართლიანობა, შემდეგი

თეორემა 1. თუ $\exists B_0 \subset M, \bar{d}(B_0) \in [1, N]$ ისეთი, რომ

$$\lim_{m_{B_0} \rightarrow \infty} \sum_{i_{B_0}=1}^{m_{B_0}} \frac{\varphi_{B_0}(i_{B_0}, 1/m_{B_0}, f)}{i_{B_0}^2} > 0,$$

მაშინ $D(\varphi)$ კლასში არსებობს უწყვეტი f_0 ფუნქცია, რომლის ფურიე-ჟოლშის ჭერადი მწკრივი განშლადია წერტილში.

როცა $N = 1$ [1].

თეორემა A და თეორემა 1 შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგი სახით.

თეორემა 2. იმისათვის, რომ $D(\varphi) \cap C$ კლასის ყველა ფუნქციის ფურიე-ჟოლშის მწკრივი იყოს C -ნორმით კრებადი, აუცილებელია და საკმარისი (1) პირობების შესრულება.

თეორემა 3. ვთქვათ, $f \in C(Q_N)$ და არსებობს i_0 , რომლისთვისაც შესრულებულია პირობა

$$\sum_{k=1}^n \frac{\sqrt[N]{\varphi_{i_0}(k, 1/n, f)}}{k^{1+1/N}} \rightarrow 0 \quad (n \rightarrow \infty);$$

ხოლო

$$\sum_{k=1}^n \frac{\sqrt[N]{\varphi_{i_0}(k, 1/n, f)}}{k^{1+1/N}} \leq A(f, N), \quad (i = \overline{1, N}, i \neq i_0) \quad (n \rightarrow \infty),$$

მაშინ

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \|s_m(f) - f\|_{C(Q_N)} = 0.$$

თეორემა 3-დან გამომდინარეობს რიგი შედეგი:

შედეგი 1. ვთქვათ, $f \in C(Q_N)$ და არსებობს i_0 , რომლისთვისაც

$$\min_{1 \leq l \leq n-1} \left\{ \sqrt[N]{\omega_{i_0}(1/n, f)} \cdot \ln l + \sum_{k=l+1}^n \frac{\sqrt[N]{\varphi_{i_0}(k, f)}}{k^{1+1/N}} \right\} \rightarrow 0,$$

ხოლო

$$\min_{1 \leq l \leq n-1} \left\{ \sqrt[l]{\omega_i(1/n, f)} \cdot \ln l + \sum_{k=l+1}^n \frac{\sqrt[k]{v_i(k, f)}}{k^{1+1/N}} \right\} \leq A(f, N),$$

$$(\forall i \in \overline{1, N}, i \neq i_0), (n \rightarrow \infty),$$

მაშინ

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \|s_m(f) - f\|_{C(Q_N)} = 0.$$

შედეგი 2. თუ $f \in C(Q_N)$ და $\forall i \in \overline{1, N}$

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sqrt[k]{v_i(k, f)}}{k^{1+1/N}} < \infty,$$

მაშინ

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \|s_m(f) - f\|_{C(Q_N)} = 0.$$

შედეგი 3. თუ $f \in C \cap V_i, \forall i \in \overline{1, N}$, მაშინ

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \|s_m(f) - f\|_{C(Q_N)} = 0.$$

შედეგი 4. [6, 7] თუ $f \in C(Q_N)$ და არსებობს i_0 , რომლისთვისაც

$$\omega_{i_0}(1/n, f) \cdot (\ln n)^N \rightarrow 0 \quad (n \rightarrow \infty),$$

ბოლო

$$\omega_i(1/n, f) \cdot (\ln n)^N < A(f, N) \quad (n \rightarrow \infty) \quad (\forall i \in \overline{1, N}, i \neq i_0),$$

მაშინ

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \|s_m(f) - f\|_{C(Q_N)} = 0.$$

შედეგი 4-ის გაუძლიერებადობის საკითხი შესწავლილი იყო შემდეგ სტატიებში [7, 8].

ივ.ჭავჭავაძის სახელობის თბილისის
 სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. U.Goginava. Bull. Georg. Acad. Sci., vol. 154, 2, 1996, 174-176.
2. Л.В.Жижиашивили. Некоторые вопросы теории тригонометрических рядов Фурье и их сопряженных. Тбилиси, 1993.
3. Т.К.Карчава. Доклады расширенных заседаний семинара института прикладной математики им. И.Н.Веква, 3, 2, 1988, 93-95.
4. З.А.Чантурия. Д.АН СССР, 214, 1, 1974, 63-66.
5. U.Goginava. Seminar of I. Vekua's Institute of Applied mathematics, 9, 2, 1994, 28-31.
6. F.Moricz. Stud. Math. 102(3), 1992.
7. R.D.Getsadze. Anal. Math. 13, №1, 1987, 29-36.
8. Р.Д. Гецадзе. Сообщ. АН Груз. ССР 106, 3, 1982, 489-491.



ნ. შავლაშაძე

დრეკადი სოლის საკონტაქტო ურთიერთქმედება დრეკად
 გამაგრებასთან

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ბურჭულაძემ 5.05.1997

დრეკადი იზოტროპული ფირფიტა $z = x + iy$ სიბრტყეზე მოიცავს კუთხეს $-\alpha < \arg z < 0$, $0 < \alpha < 2\pi$ კუთხის ერთი გვერდი, $\arg z = -\alpha$, თავისუფალია გარეშე დატვირთვისაგან, ხოლო მეორე გვერდზე $-\arg z = 0$ მიმაგრებულია წრფივი სტრინგერი მუდმივი F_0 განივი კვეთით. სტრინგერსა და კუთხეს შორის ურთიერთქმედება ხორციელდება დისკრეტულად მოქლონების საშუალებით. მოქლონები განლაგებული არიან $x_k = a^k$, $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, წერტილებში, სადაც $a > 1$ ნამდვილი რიცხვია. სტრინგერის ბოლოში, $x = 0$ წერტილში, მოდებულია OX ღერძის გასწვრივ მიმართული P ინტენსივობის შეყურსული ძალა.

განვაცალკევოთ აზრობრივად სტრინგერი ფირფიტისაგან და მოქლონების x_k ცენტრებზე მოვდოთ შესაბამისად ფირფიტისა და სტრინგერის მხრიდან ურთიერთქმედების უცნობი ძალები X_k და $-X_k$, ვთქვათ, N_j ძალვია სტრინგერის უბანზე j და $(j + 1)$ მოქლონებს შორის.

სტრინგერის k -ური მოქლონის მიდამოში წონასწორობა გვაძლევს:

$$X_k = N_k - N_{k-1}, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

აქედან, მიიღება $N_k = \sum_{j=-\infty}^k X_j - \frac{P}{h}$.

ამოცანა მდგომარეობს უცნობი შეყურსული X_k ძალების განსაზღვრასა და ფირფიტის დრეკადი წონასწორობის დადგენაში.

კოლოსოვ-მუსხელიშვილის ფორმულების გამოყენებით ამოცანა მიიყვანება ორი $\Phi(z)$ და $\Psi(z)$ ფუნქციის მოძებნაზე, რომლებიც ჰოლომორფულია არეში $-\alpha < \arg z < 0$ და აკმაყოფილებენ შემდეგ სასაზღვრო პირობებს [1]:

$$\Phi(t) + \overline{\Phi(t)} + t\overline{\Phi'(t)} + \overline{\Psi(t)} = -i \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_k \delta(t - a^k), \quad t > 0 \quad (2)$$

$$\Phi(t) + \overline{\Phi(t)} + e^{2i\alpha} [t\overline{\Phi'(t)} + \overline{\Psi(t)}] = 0, \quad \arg t = -\alpha \quad (3)$$

განიხილება ფირფიტასა და სტრინგერში მოსაზღვრე მოქლონების ურთიერთგადაადგილების თავსებადობის პირობები:

$$\operatorname{Re}[W(x_{j+1}) - W(x_j)] = \frac{R_j N_j}{E_0 F_0}, \quad j = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (4)$$

$$2\mu h W(z) = \alpha \varphi(z) - z \overline{\varphi'(z)} - \Psi(z), \quad R_j = a^{j+1} - a^j,$$

სადაც $W(z) = u(z) + iv(z)$ გადაადგილების კომპლექსური ვექტორია, h ფირფიტის სისქეა, μ ფირფიტის მასალის ლამეს მუდმივია, E_0 სტრინგერის იუნგის მოდულია. $\varphi(z)$ და $\psi(z)$ კომპლექსური პოტენციალები: $\varphi(z) = \Phi(z)$, $\psi(z) = \Psi(z)$.

(4) პირობა ლებულს სახეს:

$$\frac{x+1}{2\mu h} \int_{x_k}^{x_{k+1}} [\Phi(t) + \overline{\Phi(t)}] dt = \frac{a^{k+1} - a^k}{E_0 F_0} N_k, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (5)$$

თუ შემოვიყვანთ აღნიშვნას $\Psi_1(z) = \Phi_1(z) + z\Phi'(z) + \Psi(z)$, მაშინ (2) და (3) ფორმულები გადაიწერება შემდეგი სახით:

$$\Phi(t) + \Psi_1(t) = -i \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_k \delta(t - a^k), t > 0 \quad (6)$$

$$\Phi(t) + (1 - e^{2i\alpha})(\overline{(t\Phi(t))}') + e^{2i\alpha}\overline{\Psi_1(t)} = 0, \arg t = -\alpha.$$

$\Phi(z)$ და $\Psi_1(z)$ ფუნქციები დიდი $|z|$ -თვის უნდა აკმაყოფილებდნენ პირობებს:

$$\Phi(z) = O\left(\frac{1}{z}\right), \Psi_1(z) = O\left(\frac{1}{z}\right)$$

ხოლო კუთხის წვეროს მიდამოში ისინი აკმაყოფილებენ პირობებს:

$$z\Phi(z) \rightarrow 0, z\Psi_1(z) \rightarrow 0, \text{roca } x \rightarrow 0.$$

$\Phi(z)$ და $\Psi_1(z)$ ანალიზურ ფუნქციებს $-\alpha < \arg z < 0$ არეში ვეძებთ შემდეგი სახით:

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi z}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{A_1(t)}{t} e^{-it\ln z} dt - \frac{c_1}{z}, \quad (7)$$

$$\Psi_1(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi z}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{A_2(t)}{t} e^{-it\ln z} dt - \frac{c_2}{z},$$

სადაც

$$c_k = \lim_{z \rightarrow 0} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{A_k(t)}{t} e^{-it\ln z} dt = i\sqrt{\frac{\pi}{2}} A_k(0), -\alpha < \arg z < 0.$$

თუ (7) წარმოდგენებს შევიტანთ (6) ფორმულებში და მოვახდენთ ფურიეს გარდაქმნას, მივიღებთ [2]:

$$\begin{aligned} A_1(t) - \overline{A_2(-t)} &= -itT(t) \\ e^{-\alpha t} A_1(t) - i(1 - e^{2i\alpha})te^{\alpha t} \overline{A_1(-t)} - e^{\alpha t} \overline{A_2(-t)} &= 0, \end{aligned} \quad (8)$$

სადაც

$$T(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_k e^{ikt\ln a}. \quad (9)$$

მივიღებთ რა მხედველობაში, რომ $T(t) = \overline{T(-t)}$, (8) სისტემის ამონახსნი დებულობს სახეს:

$$\begin{aligned} A_1(t) &= -\frac{e^{2\alpha t} - 1 - 2te^{i\alpha} \sin \alpha}{2 \operatorname{ch} 2\alpha t - 2 - 4t^2 \sin^2 t} iT(t), \\ A_2(t) &= \overline{A_1(-t)} + iT(t) \end{aligned} \quad (10)$$

ჩავსვათ რა (7) ფორმულებს (5) პირობებში, (1) და (10)-ის გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$\omega_0 \int_{-\infty}^{\infty} G(t) T(t) a^{-ikt} dt = a^k \left(\sum_{j=-\infty}^k X_j - \frac{P}{h} \right) + \varphi_0,$$

სადაც

$$G(t) = \frac{\text{sh}2\alpha t - t \sin 2\alpha}{\text{sh}^2 \alpha t - t^2 \sin^2 \alpha} \cdot \frac{a^{-it} - 1}{t}, \quad \omega_0 = \frac{(\alpha + 1)E_0 F_0}{2\mu h(\alpha - 1)},$$

$$\varphi_0 = \frac{(\alpha + 1) \ln a E_0 F_0}{2\mu h(\alpha - 1)} \text{Rec}_1, \quad \text{Rec}_1 = \frac{2\alpha - \sin 2\alpha}{2(\alpha^2 - \sin^2 \alpha)} \cdot \frac{P}{4h}.$$

შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$b_k = \sum_{j=-\infty}^k X_j - \frac{a^{\pi k} (P - \lambda a^{-k})}{h(1 + a^{\pi k})} \equiv \sum_{j=-\infty}^k X_j - b_k \quad (12)$$

აღვიღად მტკიცდება, რომ $\lim_{|k| \rightarrow \infty} b_k = 0$.

(9) და (12) თანაფარდობათა გათვალისწინებით, (11) განტოლება მიიღებს სახეს:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} G_0(t) \left(\sum_{j=-\infty}^{\infty} b_j a^{ijt} \right) a^{-itk} dt =$$

$$= -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} G_0(t) \left(\sum_{j=-\infty}^{\infty} l_j a^{ijt} \right) a^{-itk} dt + a^k \left(b_k - \frac{P + \lambda a^{(\pi-1)k}}{h(1 + a^{\pi k})} \right) + \varphi_0 \quad (13)$$

სადაც $G_0(t) = \omega_0 G(t)(1 - a^{it})$.

თუ (12) აღნიშვნაში λ მუდმივს შევარჩევთ შემდეგნაირად:

$$\lambda = \frac{P G_0(0)}{\sqrt{2\pi}} = \frac{P \omega_0 \ln a}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{2\alpha - \sin 2\alpha}{\alpha^2 - \sin^2 \alpha}$$

მაშინ (13) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\sum_{j=-\infty}^{\infty} \Gamma_{k-j} b_j = a^k b_k + \varphi_k, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \quad (14)$$

სადაც

$$\varphi_k = \frac{P}{h} \cdot \frac{a^k}{1 + a^{\pi k}} + \frac{P}{h} \sum_{j=-\infty}^{\infty} \Gamma_{k-j}^0 \frac{a^{\pi j}}{1 + a^{\pi j}} + \frac{\lambda}{h} \sum_{j=-\infty}^{\infty} \Gamma_{k-j} \frac{a^{j(\pi-1)}}{1 + a^{\pi j}},$$

$$\Gamma_k = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} G_0(t) a^{-ikt} dt, \quad \Gamma_k^0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} (G_0(t) - G_0(0)) a^{-ikt} dt$$

მაშასადამე, მივიღეთ (14) ალგებრულ განტოლებათა უსასრულო სისტემა [3], სადაც $\Gamma = \{\Gamma_k\}_{-\infty}^{\infty}$, $\varphi = \{\varphi_k\}_{-\infty}^{\infty}$ მოცემული, ხოლო $b = \{b_k\}_{-\infty}^{\infty}$ საძიებელი ვექტორია l_1 სივრცეიდან.

l_1 სივრცის ყოველ ვექტორს შეესაბამება ფუნქცია, რომელიც წარმოადგენს აბსოლუტურად კრებადი ფურიეს მწკრივის ჯამს და პირიქით, ყოველ $|t| = 1$ წრეწირზე განსაზღვრულ ფუნქციას, რომელიც შეიძლება გაშლილ იქნეს აბსოლუტურად კრებადი ფურიეს მწკრივის სახით, შეესაბამება ვექტორი l_1 რგოლიდან.



ფუნქციათა კლასს, რომელიც განსაზღვრულია $\gamma: |t|=1$ წრეწირზე და რომელიც გაიშლება აბსოლუტურად კრებად ფურიეს მწკრივად, ეწოდება ვინერის კლასი და აღინიშნება W -თი. ნორმა განმარტებულია შემდეგი სახით:

$$\|\Psi\|_W = \|\psi\|_{l_1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |\psi_n|.$$

მოვახდინოთ (14) სისტემაზე ფურიეს დისკრეტული გარდაქმნა, გამოვიყენოთ ნახევრის თვისება, მივიღებთ:

$$G_1(t)B(t) = B(at) + \varphi(t), \quad (15)$$

სადაც

$$B(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} b_k t^k, \quad \varphi(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \varphi_k t^k, \quad G_1(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \Gamma_k t^k.$$

$$\text{შესაბამისად } G_1(t) = \frac{1}{\ln a} G_0(-i \lg_a t).$$

განვიხილოთ ანალიზურ ფუნქციათა თეორიის შემდეგი სასაზღვრო ამოცანა: ვიპოვოთ $B(t)$ ფუნქცია, რომელიც ანალიზურია რგოლში $D = \{1 < |z| < a\}$, უწყვეტია ჩაკეტილ რგოლში \bar{D} და აკმაყოფილებს (15) სასაზღვრო პირობებს. $G_1(t)$ და $\varphi(t)$ ფუნქციები ეკუთვნიან W კლასს γ -ზე, ამასთან, $G_1(t) \neq 0$ ყველგან γ -ზე.

$G_1(\theta)$, ფუნქცია $-\pi \leq \theta \leq \pi$ ნამდვილია, უწყვეტია და $\text{Ind}_\gamma G_1(t) = 0$. მტკიცდება, რომ $a^n \neq \mu$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, სადაც

$$\mu = \exp \left\{ \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma} \frac{\ln G_1(t) dt}{t} \right\} = \exp \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \ln G_1(e^{i\theta}) d\theta \right\}.$$

ამოცანას აქვს ერთადერთი ამონახსნი და D რგოლში ანალიზური $B(z)$ ფუნქცია მოიძებნა ფორმულით [3]:

$$B(z) = \frac{\chi_0(z)}{2\pi i} \int_{\gamma} K_{\mu} \left(\frac{z}{t} \right) \frac{\varphi(t) dt}{t \chi_0(at)}, \quad (16)$$

სადაც

$$\chi_0(z) = \exp \left\{ \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma} K_1^* \left(\frac{z}{t} \right) \ln \frac{G_1(t)}{\mu} \frac{dt}{t} \right\},$$

$$K_{\mu}(z) = -\frac{a}{z-a} + \frac{1}{\mu(1-z)} + \mu \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{a^n - \mu} \left(\frac{z}{a} \right)^n + \frac{1}{\mu} \sum_{n=-\infty}^{-1} \frac{a^n z^n}{a^n - \mu}, \quad z \in D.$$

$K_1^*(z)$ - მიიღება უკანასკნელი ტოლობიდან იმ წევრის გამოტოვებით, რომლის მნიშვნელი ტოლია ნულის.

ვინერ-ლევის თეორემისა და შეუღლებულ ფუნქციათა შესახებ ცნობილი თეორემების გამოყენებით მტკიცდება, რომ (15) ამოცანის ამონახსნის სასაზღვრო მნიშვნელობა, რომელიც მოიძებნა (16) ფორმულით, წარმოადგენს ვინერის კლასის ფუნქციას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ა.რაზმაძის სახელობის მათემატიკის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Н.И.Мусхелишвили*. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1966.
2. *Я.С.Урлянд*. Интегральные преобразования в задачах теории упругости. М.-Л., 1963.
3. *Р.Д.Банцур*. Сообщ. АН ГССР, **71**, 3, 1973, 533-536.



ბ.ონიანი

სხვადასხვა რეპერების გასწვრივ ინტეგრალთა დიფერენცირებადობის
 შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ.ჭიჭიაშვილმა 22.05.1997

1. რეპერი \mathbf{R}^2 სივრცეში ვუწოდოთ სიმრავლეს, რომელიც შედგება კოორდინატთა სათავეზე გამავალი ორი ურთიერთმართობული წრფისაგან. რეპერები აღვნიშნოთ θ -თი ($\theta = \{\theta^1, \theta^2\}$). θ_i -ის ქვეშ ვიგულისხმობთ $\{Ox^1, Ox^2\}$ რეპერი, სადაც Ox^1 და Ox^2 \mathbf{R}^2 -ის საკოორდინატო წრფეებია. \mathbf{R}^2 -ის ყველა რეპერის სიმრავლე აღვნიშნოთ $\theta(\mathbf{R}^2)$ -ით.

$\alpha(\theta_i)$ ჩავთვალოთ 0-ის ტოლად, ხოლო $\theta = \{\theta^1, \theta^2\} \neq \theta_i$ -თვის განვიხილოთ ის θ^i ($i = 1$ ან 2) წრფე, რომელიც მდებარეობს სიბრტყის პირველ და მესამე მეოთხედებში და $\alpha(\theta)$ განვსაზღვროთ როგორც კუთხე Ox^1 და θ^i წრფეებს შორის.

$\theta \in \theta(\mathbf{R}^2)$ -თვის Γ_θ იყოს O წერტილის გარშემო, $\alpha(\theta)$ კუთხით, სიბრტყის დადებითი მიმართულებით მობრუნება. \mathbf{R}^2 -ში B დიფერენცირების ბაზისისათვის და $E \subset \theta(\mathbf{R}^2)$, $E \neq \emptyset$ სიმრავლისთვის $B(E)$ -თი აღვნიშნოთ ბაზისი, რომლისთვისაც

$$B(E)(x) = \bigcup_{\theta \in E} \Gamma_\theta(B(\Gamma_\theta^{-1}(x))) \quad (x \in \mathbf{R}^2). \quad E = \{\theta\} \text{ შემთხვევაში ვწეროთ უბრალოდ } B(\theta)$$

ხოლო $\theta = \theta_i$ შემთხვევაში - B .

$\theta(\mathbf{R}^2)$ -ში შემოვიტანოთ შემდეგი მეტრიკა: ვთქვათ, $\theta_1 = \{\theta_1^1, \theta_1^2\}$ და $\theta_2 = \{\theta_2^1, \theta_2^2\}$, მაშინ

$$\text{dist}(\theta_1, \theta_2) = \min\{\angle(\theta_1^i, \theta_2^j) : i, j = 1, 2\}, \quad (1)$$

სადაც $\angle(\cdot, \cdot)$ აღნიშნავს კუთხეს ორ წრფეს შორის.

$V(\theta)$ და $V(E)$, შესაბამისად, იყვნენ θ რეპერისა და $E \subset \theta(\mathbf{R}^2)$ სიმრავლის ყველა მიდამოების ოჯახები, ხოლო $D(\theta, \varepsilon)$ და $D[\theta, \varepsilon]$ შესაბამისად, იყვნენ ღია და ჩაკეტილი ბირთვები ცენტრით θ -ში და რადიუსით ε .

განვიხილოთ $[0, \pi/2)$ სივრცე შემდეგი მეტრიკით: $\alpha_1, \alpha_2 \in [0, \pi/2)$ -თვის

$$\text{dist}(\alpha_1, \alpha_2) = \min\{|\alpha_1 - \alpha_2|, \pi/2 - |\alpha_1 - \alpha_2|\}. \quad (2)$$

ცხადია, რომ $\alpha: \theta(\mathbf{R}^2) \rightarrow [0, \pi/2)$ ასახვა წარმოადგენს (1) მეტრიკის მქონე $\theta(\mathbf{R}^2)$ სივრცის იზომეტრიას (2) მეტრიკის მქონე $[0, \pi/2)$ სივრცეში.

ვთქვათ, $|\cdot|$ ლებეგის ზომაა $[0, \pi/2)$ -ზე. $|\cdot|_{\theta(\mathbf{R}^2)}$ ზომა განვმარტოთ შემდეგნაირად:

$E \subset \theta(\mathbf{R}^2)$ სიმრავლეს ვუწოდოთ $|\cdot|_{\theta(\mathbf{R}^2)}$ ზომადი თუ $\alpha(E)$ $|\cdot|$ ზომადია და ჩავთვალოთ, რომ $|E|_{\theta(\mathbf{R}^2)} = |\alpha(E)|$.

ვთქვათ, $I^2 = (0,1)^2$. $\Phi(L)(I^2)$ -ით აღვნიშნოთ იმ $f \in L(\mathbf{R}^2)$ ფუნქციების კლასი, რომელთათვისაც $\text{supp} f \subset I^2$ და $\int_{I^2} \Phi(|f|) < \infty$.

B_2 იყოს დიფერენცირების ბაზისი \mathbf{R}^2 -ში, რომლისთვისაც $B_2(x)$ ($x \in \mathbf{R}^2$) შედგება x^2 -ის შემცველი ყველა ორგანოზომილებიანი ინტეგრალისაგან.

ცხადია, რომ ძვრის მიმართ ინვარიანტული ბაზისების მიმართ ინტეგრალთა დიფერენცირებადობის შესწავლისას შეიძლება შემოვიფარგლოთ $f \in L(I^2)$ ფუნქციების განხილვით.

ვთქვათ, $B \subset B_2$ ძვრის მიმართ ინვარიანტული (მოკლედ: **TI**) ბაზისია. სტოკოლონის მიერ [1] შემოღებული იყო გარკვეული (S) თვისება და დადგენილი იყო, რომ B -ს აქვს (S) თვისება, მაშინ იგი ადიფერენცირებს ზუსტად $L \ln^+ L(I^2)$ კლასს, ე. ი. $L \ln^+ L(I^2)$

-ზე ფართო ყოველ კლასში მოიძებნება f ფუნქცია ისეთი, რომ $\overline{D}_B \left(\int f, x \right) = \infty$ თ. ყ. I^2 -ზე; ხოლო თუ B -ს არა აქვს (S) თვისება მაშინ იგი ადიფერენცირებს $L(I^2)$ -ს.

ვთქვათ, $B \subset B_2$ - **TI**-ბაზისია.

განმარტება. $E \subset \theta(\mathbf{R}^2)$ სიმრავლეს ვუწოდოთ R_B -სიმრავლე, თუ მოიძებნება $f \in L(I^2)$ ფუნქცია ისეთი, რომ ყოველი $\theta \in E$ -თვის $\overline{D}_{B(\theta)} \left(\int f, x \right) > f(x)$ თ. ყ. I^2 -ზე;

ხოლო ყოველი $\theta \in \theta(\mathbf{R}^2) \setminus E$ -თვის $B(\theta)$ ადიფერენცირებს $\int f$ -ს

$f \in L(I^2)$ -თვის აღვნიშნოთ

$$R_B(f) = \{ \theta \in \theta(\mathbf{R}^2) : \overline{D}_{B(\theta)} \left(\int f, x \right) > f(x) \text{ თ. ყ. } I^2\text{-ზე},$$

$$R_B^*(f) = \{ \theta \in \theta(\mathbf{R}^2) : B(\theta) \text{ არ ადიფერენცირებს } \int f \text{ -ს} \}.$$

შევნიშნოთ, რომ იესენი-მარცინკევიჩი-ზიგმუნდის ცნობილი თეორემის ძალით [3; 4, თ. II, §3] ყოველი $f \in L \ln^+ L(I^2)$ -თვის $\int f$ დიფერენცირებადია, $B(\theta)$ -ს მიმართ ყოველი $\theta \in \theta(\mathbf{R}^2)$ -თვის ე. ი. $R_B^*(f) = \emptyset$.

2. განვიხილოთ შემდეგი საკითხი: $B \subset B_2$ **TI**-ბაზისისათვის როგორი დიფერენციალური თვისებები შეიძლება ჰქონდეს განუსაზღვრელ ინტეგრალს $B(\theta)$, $\theta \in \theta(\mathbf{R}^2)$ ბაზისების ოჯახის მიმართ? კერძოდ, რომელი სიმრავლეები არიან R_B -სიმრავლეები? აქვე ისმის ამა თუ იმ განსაკუთრებულობის მქონე ფუნქციათა სიმრავლის შესწავლის, კერძოდ, მეტრიკული დახასიათების საკითხი (ფუნქციათა სიმრავლეების მეტრიკული დახასიათების ამოცანის განმარტება [5]).

პირველი შედეგები ამ მიმართულებით მიღებული იყო მარსტრანდის [6] და მელეროს [7] მიერ. შემდგომი გამოკვლევები ჩატარებული იყო [8-10] და [2] შრომებში.

შევნიშნოთ, რომ სტოკოლონის შედეგის ძალით საკითხი შინაარსიანია, როცა B ბაზისს აქვს (S) თვისება. ამიტომ ქვემოთ ყოველთვის ვიგულისხმობთ, რომ $B \subset B_2$ - (S) თვისების მქონე ნებისმიერი ფიქსირებული ბაზისია.

შემდეგი თეორემა წარმოადგენს წინამდებარე შრომის ძირითად შედეგს და განაზოგადებს [8-10]-ში და [2]-ში მიღებულ შესაბამის დებულებებს.

თეორემა 1. ყოველი $f \in L \ln^+ L(I^2)$, $f \geq 0$ ფუნქციისათვის არსებობს $\alpha_k = \alpha_k(f, B)$, $0 < \alpha_k < 1/2^k$ მიმდევრობა ისეთი, რომ $\Delta_k = D[\theta_k, \varepsilon_k]$ ბირთვთა ყოველი მიმდევრობისათვის თვისებით: $|\Delta_k|_{\theta(\mathbf{R}^2)} < 1/2^{nk}$ სადაც $n_1 < n_2 < \dots < n_k < \dots$ არსებობს f -თან ტოლადზომადი $g \in L(I^2)$ ფუნქცია ისეთი, რომ

1. ყოველი $\theta \in \overline{\lim}_{k \rightarrow \infty} \Delta_k$ -თვის, $\overline{D}_{B(\theta)}(\int g, x) = \infty$ თ.ყ. I^2 -ზე;

2. ყოველი $k \in \mathbb{N}$ -თვის, $B_2(E_k)$ ადიფერენცირებს $\int g$ -ს, სადაც $E_k = \theta(\mathbb{R}^2) \setminus \bigcup_{j \geq k} V_j$

და $V_j = D(\theta_k, 1/2^{n_j})$;

3. $R_B^*(g) = R_B(g)$

სამართლიანია

თეორემა 2^o. [2] ყოველი R_B -სიმრავლე არის G_δ ტიპის. უფრო მეტიც, ყოველი $f \in L(I^2)$ -თვის, $R_B(f)$ სიმრავლე G_δ ტიპისაა.

1 და 2^o თეორემებიდან გამომდინარეობს:

თეორემა 3^o. [2]. ვთქვათ, $E \subset \theta(\mathbb{R}^2)$ არაუმეტეს თვლადი სიმრავლეა. მაშინ E არის R_B -სიმრავლე მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა იგი G_δ ტიპისაა.

თეორემა 4. ყოველი $E \subset \theta(\mathbb{R}^2)$ თვლადი სიმრავლისათვის არსებობს მისი შემცველი R_B -სიმრავლე.

თეორემა 5. არსებობს ნული ზომის R_B -სიმრავლეები, რომელთა დამატებები პირველი კატეგორიისაა.

თეორემა 1-დან გამომდინარეობს

თეორემა 6. არსებობს ნული ზომის არაცარიელი სრულყოფილი R_B -სიმრავლეები.

ივ.ჭავჭავაძის სახ. თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. S.Stokolos. Studia Math. 88, 1988, 103-120.
2. G.Oniani. Bull. Georg. Acad. Sci., 156, 3, 1997.
3. B.Jessen, J. Marsinkiewicz, A. Zygmund. Fund. Math. 25, 1935, 217-234.
4. M. de Guzman. Differentiation of integrals in \mathbb{R}^n . Lecture in Mathematics 481, Springer, 1975.
5. O.Д.Цепелену. Mat. Заметки, 22, 5, 1977, 771-783.
6. J.M.Marstrand. Bull. London Math. Soc. 9, 1977, 209-211.
7. B.L.Melero. Studia Math. 72, 1982, 173-182.
8. G.Lepsveridze. Georgian Math. J. 2, 6, 1995, 613-631.
9. G.Oniani, G.Lepsveridze. Bull. Georg. Acad. Sci. 153, 3, 1996, 347-249.
10. G.G.Oniani. East J. of approx. 3, 1997.

ბ. ლეფსვირიძე

ფურცელ-ჰაარის ორჯერადი მფკრივების განზღალოვის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ჟიჟიაშვილმა 19.06.1997

ვთქვათ, $G_n = [0, 1]^n$ და G_n^* ორობით - ირაციონალურ წერტილთა სიმრავლეა G_n -დან.

თუ $f \in L(G_n)$, მაშინ მწკრივს

$$\sum_{k_1=1}^{\infty} \dots \sum_{k_n=1}^{\infty} c_{k_1 \dots k_n}(f) \chi_{k_1 \dots k_n}(x_1, \dots, x_n), \quad (1)$$

სადაც

$$c_{k_1 \dots k_n}(f) = \int_{G_n} f(x_1 \dots x_n) \chi_{k_1 \dots k_n}(x_1 \dots x_n) dx_1 \dots dx_n,$$

$$\chi_{k_1 \dots k_n}(x_1 \dots x_n) = \prod_{i=1}^n \chi_{k_i}(x_i)$$

და $\chi_{k_i}(t)$ - ჰაარის ო.ნ.ს.-ის ფუნქციებია [1, გვ. 57], ეწოდება ქ. ფუნქციის ფურიე-ჰაარის ჯერადი მწკრივი. [2] შრომაში ანონსირებულია შემდეგი შედეგები:

ა) თუ $f \in L(G_n)$ მაშინ (1) მწკრივი შემოსაზღვრულად კრებადია.

ბ) თუ $f \in L(1 + \ln^+ L)^{n-1}(G_n)$ მაშინ (1) მწკრივი თ. ყ. მართკუთხედებით კრებადია.

გ) ყოველი $n \geq 2$ -თვის არსებობს ისეთი $f \in L(G_n)$ ფუნქცია, რომლისთვისაც (1) მწკრივი განშლადია $+\infty$ -ში ყველგან G_n -ზე.

[3] შრომაში მიღებული შედეგებიდან კერძოდ მიიღება: თუ $f \geq 0$ ყველგან G_n -ზე და $\int f$ არაა ძლიერად დიფერენცირებადი დადებითი ზომის მქონე E სიმრავლეზე, მაშინ

(1) მწკრივი შემოსაზღვრულად განშლადია თ. ყ. E -ზე მართკუთხედებით. მაშასადამე, ფურიე-ჰაარის მწკრივებზე ვრცელდება ინტეგრალთა დიფერენცირების თეორიის ზოგიერთი უარყოფითი შედეგი. სამართლიანია მაგალითად შემდეგი.

თეორემა [3]. ყველა იმ f ფუნქციათა სიმრავლე $L(G_n)$ ($n \geq 2$)-დან, რომელთა ფურიე-ჰაარის ჯერადი მწკრივები შემოსაზღვრულად განშლადია; ∞ -ში მართკუთხედებით თ. ყ. G_n -ზე, ბერის აზრით ქმნიან მეორე კატეგორიის სიმრავლეს $L(G_n)$ -ში.

ყოველი $\lambda = 1, 2, \dots$, რიცხვისათვის განვიხილოთ $N_2 = N \times N$ ბადის შემდეგი ქვესიმრავლეები:

$$P_\lambda = \{(m, n) \in N_2 : m \geq \lambda n\},$$

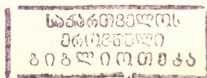
$$q_\lambda = \{(m, n) \in N_2 : n \geq \lambda m\},$$

$$P_\lambda^* = N_2 \setminus P_\lambda, \quad q_\lambda^* = N_2 \setminus q_\lambda$$

$$d_\lambda = N_2 \setminus (P_\lambda \cup q_\lambda).$$

ვთქვათ,

2. „მოამბე“, ტ. 156, № 3, 1997



$$\sum_{i,j=1}^{\infty} a_{ij}$$

შემოსაზღვრელად განზღადი ორმაგი მწკრივია და ვთქვათ, S_{mn} – მათი კერძო მართკუთხა ჯამებია. გარდა ამისა ვიგულისხმობთ, რომ ეს მწკრივი შემოსაზღვრულად კრებადია (ე. ი. არსებობს ისეთი N რიცხვი, რომ $\lim_{m,n \in d_\lambda} S_{mn} = S$, $\lambda = 1, 2, \dots$) მაშინ

სრულდება შემდეგი სამი შემთხვევიდან ერთ-ერთი:

1. ყოველი $\lambda = 1, 2, \dots$,

$$\lim_{m,n \in P_\lambda} S_{mn} = \infty \text{ და } \sup_{m,n \in P_\lambda^*} S_{mn} < \infty.$$

2. ყოველი $\lambda = 1, 2, \dots$,

$$\lim_{m,n \in q_\lambda} S_{mn} = \infty \text{ და } \sup_{m,n \in q_\lambda^*} S_{mn} < \infty.$$

3. ყოველი $\lambda = 1, 2, \dots$,

$$\lim_{m,n \in P_\lambda} S_{mn} = \sup_{m,n \in q_\lambda} S_{mn} = \infty.$$

განსაზღვრება 1. ვიტყვი, რომ (2) მწკრივი ცალმხრივად განზღადია უსასრულობაში, თუ სრულდება 1, 2 თანაფარდობებიდან ერთ-ერთი.

განსაზღვრება 2. ვიტყვი, რომ (2) მწკრივი ორმხრივად განზღადია უსასრულობაში, თუ სრულდება 3 თანაფარდობა.

ამ განსაზღვრებების საფუძველზე ვღებულობთ, რომ თუ ორმაგი რიცხვითი მწკრივი განზღადია ∞ -ში და ამავე დროს იგი შემოსაზღვრულად კრებადია, მაშინ ამ მწკრივის უსასრულობაში განზღადობა ან ცალმხრივია ან ორმხრივი.

თუ გავითვალისწინებთ ამ ფაქტს და ფურიე-ჰაარის მწკრივების შემოსაზღვრული კრებადობის შესახებ ზემოთხსენებულ თეორემას, ისმის კითხვა: როგორი სახე შეიძლება ჰქონდეს ორმაგი ფურიე-ჰაარის მწკრივის უსასრულობაში განზღადობას?

თეორემა 1. ვთქვათ, $\omega(t)$ დადებითი, ზემოთ ამოზნექილი ფუნქციაა $(0, \infty)$ -ზე და $\omega(t) = o(t \ln t)$, $t \rightarrow \infty$. იმ ფუნქციითა სიმრავლე, რომელთა ფურიე-ჰაარის ორჯერადი მწკრივები ორმხრივად განზღადია ∞ -ში თ.ყ. G_2 -ზე, ჰქმნის მეორე კატეგორიის სიმრავლეს $\alpha(L)(G_2)$ -ში.

არსებობს ისეთი ფუნქციებიც, რომელთა ფურიე-ჰაარის ორჯერადი მწკრივები მხოლოდ ცალმხრივად არიან განზღადი უსასრულობაში.

თეორემა 2. არსებობს ისეთი $f \in L(G_2)$ ფუნქცია, რომ

ა) f ფუნქციის ფურიე-ჰაარის მწკრივი ცალმხრივად განზღადია ∞ -ში თ.ყ. G_2 -ზე უფრო მეტიც, ყოველი $\lambda = 1, 2, \dots$ -თვის

$$\lim_{m,n \in P_\lambda^*} S_{mn}(x, f) = f(x), \text{ თ.ყ. } x \in G_2^*$$

ბ) $|f|$ ფუნქციის ფურიე-ჰაარის მწკრივი ორმხრივად განზღადია ∞ -ში ყველგან G_2^* -ზე.

ეს შედეგი გარკვეული აზრით გაუძლიერებადია.

^{*)} $S_{mn}(x, f)$ აღნიშნავს $f \in L(G_2)$ ფუნქციის ორმაგი ფურიე-ჰაარის მწკრივის მართკუთხა ჯამებს

თეორემა 3. არსებობის ისეთი $f \in L(G_2)$ ფუნქცია, რომ მისი ფურიე-ჰაარის მწკრივი ორმხრივად განშლადია $+\infty$ -ში თ.ყ. G_2 -ზე, მაგრამ ყოველი g , $|g| = |f|$ ფუნქციის მწკრივი ცალმხრივად განშლადია ∞ -ში მხოლოდ შესაძლოა ნული ზომის სიმრავლე-ზე.

ივ.ჩავაშიშვილის სახ. თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Г.Алексин.* Проблемы сходимости ортогональных рядов. М., 1963.
2. *О.Дзаганидзе.* Сообщ. АН ГССР, 34, 2, 1964, 277-282.
3. *Т.Зерекидзе.* Труды Тбилисск. матем. ин-та, 86, 1985, 80-99.



მ.პოლონიძე

წონიერების წონიერი ფუნქციის ფაქტორიზაცია უბან-უბან გლუვი წირის შემთხვევაში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ბურჭულაძემ 19.06. 1997

ვთქვათ, Γ წირის განტოლება რეალურ აბსცისებში არის $t = t(s)$. თუ $t'(s)$ უწყვეტია, მაშინ წირს ეწოდება გლუვი. თუ Γ წირი შედგება სასრული რაოდენობა გლუვი რკალისაგან, მაშინ მას ეწოდება უბან-უბან გლუვი. ჩვენ განვიხილავთ მარტივ შეკრულ უბან-უბან გლუვ წირს, რომელიც სიბრტყეს ყოფს ორ არედ D_+^+ და D_-^+ სადაც იგულისხმება რომ $\infty \in D_+^+$. დაგვირდება ფუნქციითა კლასები $E_p(D_+^+)$ და $E_p(D_-^+)$ რომელთაც ჰარდი-სმირონის კლასებს უწოდებენ (განმარტება [1, გვ. 203] და [2, გვ. 21]) წრფივი შეუღლების სასაზღვრო ამოცანა გულისხმობს შემდეგს: ვიპოვოთ ფუნქციები $\Phi(z) \in E_p(D_+^+)$, თუ საზღვარზე აკმაყოფილება პირობა

$$\Phi^+(t) = G(t)\Phi^-(t) + f(t), \quad t \in \Gamma, \tag{1}$$

სადაც $\Phi^\pm(t)$ არის $\Phi(z)$ ფუნქციის კუთხური ზღვრები შესაბამისად D_+^+ (D_-^+) არეგებიდან, ხოლო G და f მოცემული ფუნქციებია. ჩვენს შემთხვევაში იგულისხმება $f \in L_p(\Gamma)$, ხოლო G ზომადი ფუნქციაა, რომლისთვისაც გვაქვს

$$0 < \text{vrai inf } |G(t)| < \text{vrai sup } |G(t)| < \infty \tag{2}$$

ამოცანა (1)-ს ჩვეულებრივ კარლემანის მეთოდით ხსნიან. ამ შემთხვევაში არსებითია ვაჩვენოთ წარმოდგენა

$$X^+(t) = (t - c)^{-\alpha} G(t) X^-(t), \quad t \in \Gamma, \tag{3}$$

სადაც $X(z) - 1 \in E_p(D_+^+)$, $X^{-1}(z) - 1 \in E_q(D_-^+)$, α მთელი რიცხვია, ხოლო $c \in D_+^+$ და G მოცემული ფუნქციაა. საძიებელ $X(z)$ -ს უწოდებენ ფაქტორიზაციას, ხოლო ამოცანა (3)-ს ფაქტორიზაციის ამოცანას.

თუ $G = |G| \exp i\varphi$ შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$\Omega(\varphi(t)) \equiv \text{vrai sup } \varphi(t) - \text{vrai inf } \varphi(t), \quad t \in I,$$

სადაც I არის რეალური ინტერვალი. ძირითად შემთხვევებში, როდესაც Γ არის წრე ან წრეზე ადვილად დაყვანილი ლიაპუნოვის კონტური, სიმონენკომ [3] ამოხსნა როგორც ფაქტორიზაციის ამოცანა, ისე წრფივი შეუღლების სასაზღვრო ამოცანა შემდეგი დაშვებით: არსებობს Γ წირის დაფარვა რეალურ ინტერვალთა ისეთი სისტემით, რომ თითოეულ რეალზე არგუმენტი შეიძლება შეირჩეს ისე, რომ

$$\Omega(\varphi(t)) < \frac{2\pi}{\max(p, q)}, \quad q = p(p-1)^{-1}. \tag{4}$$

[3]-დან ცხადია, რომ (4) პირობებში φ შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ჯამად $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$, სადაც $\exp i\varphi_1$ უწყვეტია, φ_1 -ს აქვს მხოლოდ ერთი წყვეტის წერტილი 2π -ს გერადი ნახტომით, ხოლო $\varphi_2(t)$ აკმაყოფილებს პირობას

$$|\varphi_2(t)| < \frac{\pi}{\max(p, q)}, \quad t \in \Gamma. \tag{5}$$

[3]-ის შედეგები განზოგადდა მრავალი სხვა კონტურისათვის, მაგ. [4, 5] მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც წირს არ გააჩნია უკუქცევის წერტილი, ან ის არ წარმოადგენს φ_2 -ის მეორე გვარის წყვეტის წერტილს.

ჩვენი მიზანია პირობა (5) უკუქცევის წერტილის მიდამოში შევცვალოთ ისე, რომ მეორე გვარის წყვეტები არ გამოირიცხებოდეს. წინამდებარე ნაშრომში გავაკეთებთ ფაქტორიზაციის ამოცანას, რომელიც საშუალებას მოგვცემს შემდგომ ამოვხსნათ წრფივი შეუღლების სასაზღვრო ამოცანაც. შემდგომში ვიხმართ ჩვეულებრივად მიღებულ აღნიშვნებს, სინგულარული ინტეგრალისა და კომის ტიპის ინტეგრალისთვის:

$$(S_{\Gamma}\varphi)(\tau) = (\pi i)^{-1} \int_{\Gamma} \varphi(t) (t - \tau)^{-1} dt, \quad \tau \in \Gamma,$$

$$(K_{\Gamma}\varphi)(z) = (2\pi i)^{-1} \int_{\Gamma} \varphi(t) (t - z)^{-1} dt, \quad z \in \Gamma.$$

აღვნიშნოთ Γ_{ab} -თი რკალი ბოლოებით a და b წერტილებში და მიმართული a -დან b -კენ.

ლემა. თუ Γ_{ba} და Γ_{ac} გლუვი წირებია, ხოლო a წერტილი წარმოადგენს $\Gamma_{bc} = \Gamma_{ba} \cap \Gamma_{ac}$ წირის უკუქცევის წერტილს, მაშინ ყოველი φ ფუნქციისათვის, რომელიც აკმაყოფილებს პირობებს

$$\text{vrai sup}_t |\varphi(t)| < \alpha \frac{\pi}{\max(p, q)}, \quad \text{როცა } t \in \Gamma_{ab} \quad (6)$$

$$\text{vrai sup}_t |\varphi(t)| < (1 - \alpha) \frac{\pi}{\max(p, q)}, \quad \text{როცა } t \in \Gamma_{ac}, \quad (7)$$

სადაც $0 \leq \alpha \leq 1$ გვექნება

$$\exp\left(\frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}S_{\Gamma_{bc}}\varphi\right) \in L_p(\Gamma_{bc}). \quad (8)$$

დამტკიცება. ვთქვათ, $P_0 = \max(p, q)$ ცხადია, შეგვიძლია ვიგულისხმოთ $0 < \alpha < 1$. უტოლობა (6)-დან [3]-ის ძალით მივიღებთ

$$\int_{\Gamma_{ba}} \left| \exp\left(\frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}S_{\Gamma_{bc}}\varphi\right) \right|^{P_0} |d\tau| \leq \text{const} \left[\int_{\Gamma_{ba}} \left| \exp \frac{1}{2} S_{\Gamma_{ac}} \varphi \right|^{\frac{P_0}{1-\alpha}} \right]^{1-\alpha}$$

რკალი Γ_{ac} შევავსოთ შეკრულ გლუვ Γ_0 კონტურამდე ისე, რომ $\Gamma_{ab} \subset \overline{D_{\Gamma_0}}$ აღვნიშნოთ $\chi_{\Gamma_{ac}}(t)$ -თი ფუნქცია

$$\chi_{\Gamma_{ac}}(t) = \begin{cases} 1, & \text{თუ } t \in \Gamma_{ac} \\ 0, & \text{თუ } t \in \Gamma_{ac}^c \end{cases}$$

შევაფასოთ გამოსახულება

$$A_1 \equiv \int_{\Gamma_{ba}} \left| \exp \frac{1}{2} S_{\Gamma_{ac}} \varphi \right|^{\frac{P_0}{1-\alpha}} |d\tau| = \int_{\Gamma_{ba}} \left| \exp \frac{1}{2} S_{\Gamma_0} \chi_{\Gamma_{ac}} \varphi \right|^{\frac{P_0}{1-\alpha}} |d\tau|.$$

(7)-ს გამო [3]-დან ვღებულობთ, რომ

$$(\exp K_{\Gamma_0} \chi_{\Gamma_{ac}} \varphi)(z) \in E_{\frac{P_0}{1-\alpha}};$$

ამიტომ არსებობს $\psi \in L_{p_0/\Gamma_{1-\alpha}}$ ისეთი, რომ

$$(\exp K_{\Gamma_0} \chi_{\Gamma_{\alpha}} \varphi)(z) = (K_{\Gamma_0} \psi)(z)$$

[2]-ს ლემა 3-ის და გვ. 12 მოყვანილი მსჯელობის გამოყენებით ვღებულობთ

$$A_1 = \int_{\Gamma_{ab}} \left| \int_{\Gamma_0} \frac{\Psi(t) dt}{t - \tau} \right|^{1-\alpha} |d\tau| \leq \text{const} \|\Psi\|_{\frac{p_0}{1-\alpha}} < \infty. \quad (9)$$

ანალოგიურად მივიღებთ, რომ

$$A_2 \equiv \int_{\Gamma_{ac}} \left| \exp \left(\frac{1}{2} \varphi + S_{\Gamma_{\alpha}} \varphi \right) \right|^{p_0} |d\tau| < \infty \quad (10)$$

(9)-ის და (10)-ის ჯამი გვაძლევს (8).

ვთქვათ, ახლა G ზომადი ფუნქციაა, რომლისათვისაც სრულდება (2) როგორც ვთქვით, $G = |G| \exp i \varphi_1 \exp i \varphi_2$. ამიტომ

$$G = |G| |t - c|^{\alpha} \exp i \varphi_1^0 \cdot \exp i \varphi_2,$$

სადაც φ_1^0 უწყვეტია Γ -ზე $c \in D_{\Gamma}^+$, α არის G ფუნქციის ინდექსი, ანუ $\arg G$ -ს ნაზრ-დი Γ -ს შემოვლის დროს.

თეორემა. თუ Γ უზან-უზან გლუვი წირია და a_k ($k = 1, \dots, n$) მისი უკუქცევის წერტილებია, თუ Γ -ზე სრულდება (5), ხოლო ყოველი a_k -თვის მოიძებნება რკალური მიდამო $\Gamma_{b_k a_k} \cap \Gamma_{a_k c_k}$ ისეთი φ_2 -თვის, რომ სრულდებოდეს (6) და (7), მაშინ ფუნქცია

$$X(z) = \exp(K_{\Gamma} \ln(t - c)^{-\alpha} G(t))(z)$$

არის ფაქტორფუნქცია და აკმაყოფილებს (3).

დამტკიცება. დებულება გამომდინარეობს წინამდებარე ლემიდან [5]-ის თეორემა A -ის გამოყენებით

შრომა შესრულებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის დაფინანსებით (გრანტი 1.13)

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ა. რაზმაძის სახელობის მათემატიკის
 ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *И.И. Привалов.* Граничные свойства аналитических функций. М.-Л., 1950.
2. *ე. გორდაძე.* საქ. მეცნ. აკადემიის მოამბე. 145, 1, 1992.
3. *И.Б. Симоненко.* Изв. АН СССР, сер. мат., 32, 3, 1968.
4. *И.И. Данилюк.* Нерегулярные гран.-ые задачи на плоскости, 1975.
5. *В.М. Коклашвили, В.А. Пааташвили.* Диф. ур., т. XVI, 1980, 9.



ლ.ჯიჯეიშვილი

ჰაარის ტიპის სისტემების რეგულარული მეთოდით შეჯამებადობა

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ქიქიაშვილმა 26.06.1997

ნ.ვილენკინმა შემოიღო სრული ო.ნ.ს. $\mathcal{X}\{P_n\}$, რომელიც ემთხვევა ჰაარის ცნობილ სისტემას, როცა $P_n = 2$, ყოველი n -თვის და მის განზოგადებას წარმოადგენს [1,2].

გამოკვლევებით დასტურდება, რომ ბევრი თვისება, რომელიც ახასიათებს ჰაარის სისტემას, ასევე ახასიათებს ჰაარის ტიპის სისტემებსაც [1-5]. მაგალითად, პ.ულიანოვმა შეისწავლა ჰაარის მწკრივის ყოფაქცევა დადებითი ზომის სიმრავლეზე, როცა კოეფიციენტები \bar{A} კლასიდანაა [6], ხოლო გ. ჩხაიძემ განზოგადა ეს თეორემა და შეისწავლა ფურიე-ჰაარის მწკრივის, კოეფიციენტებით \bar{A} კლასიდან, რეგულარული მეთოდით თ. ყ. შეჯამებადობა [7].

ე.ვლასოვამ დაამტკიცა პ.ულიანოვის [6] თეორემის ანალოგიური თეორემა $\mathcal{X}\{P_n\}$ ჰაარის ტიპის სისტემებისათვის, კოეფიციენტებით \bar{A} კლასიდან [8].

სტატის მიზანია ჰაარის ტიპის $\mathcal{X}\{P_n\}$ სისტემების რეგულარული მეთოდით თ. ყ. შეჯამებადობის საკითხის გარკვევა, როცა კოეფიციენტები \bar{A} კლასიდანაა და P_n ერთობლივ შემოსაზღვრულია.

ქვემოთ მოყვანილი თეორემები არის გ.ჩხაიძის [7] მიერ დამტკიცებული თეორემების ანალოგიური ჰაარის ტიპის სისტემებისათვის და წარმოადგენს გ.ჩხაიძისა და ე.ვლასოვას შედეგების განზოგადებას.

წინასწარ მოვიყვანოთ რამდენიმე განსაზღვრება:

ვთქვათ, მოცემულია $\mathcal{X}\{P_n\}$ ჰაარის ტიპის სისტემა, სადაც

$$P_n \leq N \tag{1}$$

ყოველი n -თვის, ამასთან

$$m_n = P_1 \cdot P_2 \dots P_n \tag{2}$$

ვითყვით, რომ $\{b_m\} \in \bar{A}$ კლასს თუ $\exists c \geq 1$ ისეთი, რომ

$$\begin{aligned} \max |b_m| &\leq c \min |b_m| & m = 1, 2, \dots \\ m_n < m < m_{n+1} & \quad m_{n-1} < m \leq m_n \end{aligned}$$

\bar{M} -ით აღვნიშნოთ გაერთიანება $T^* \equiv \{R_{lm}\}$ ($m, l = 1, 2$) მიმდევრობებისა, თუ სრულდება:

$$1. \quad \lim_{l \rightarrow \infty} R_{lm} = 1 \quad m = 1, 2, \dots \tag{3}$$

2. არსებობს ისეთი $c' \geq 1$ (დამოკიდებული T^* -ზე), რომ

$$\begin{aligned} \max |R_{lm}| &\leq c' \min |R_{lm}| & \tag{4} \\ m_n < m < m_{n+1} & \quad m_{n-1} < m \leq m_n, \end{aligned}$$

სადაც $\{m_n\}$ მიმდევრობა (2)-ით განისაზღვრება.

სამართლიანია შემდეგი თეორემები:

თეორემა 1.

ვთქვათ, $\chi\{P_n\}$ ჰაარის ტიპის სისტემაა, $T^* \equiv \{R_{lm}\} \in \overline{M}$, $\{b_m\} \in \overline{A}$.

$$\sum_{m=1}^{\infty} |b_m|^2 = \infty$$

თუ

$$\sum_{m=1}^{\infty} b_m \chi_m(t)$$

მწკრივის T^* – საშუალოები

$$\tau_l(t) = \sum_{m=1}^{\infty} b_m R_{lm} \chi_m(t)$$

განსაზღვრულია დადებითი ზომის E სიმრავლეზე, მაშინ

$$\text{mes}\{t: |\tau_l(t)| = o\left(\sum_{m=1}^{\infty} b_m^2 R_{lm}^2\right)^{1/2}; t \in E\} = 0.$$

თეორემა 2.

ვთქვათ, $\chi\{P_n\}$ ჰაარის ტიპის სისტემაა, $T^* \equiv \{R_{lm}\} \in \overline{M}$, $\{b_m\} \in \overline{A}$.

$$\sum_{m=1}^{\infty} |b_m|^2 = \infty,$$

თუ

$$\sum_{m=1}^{\infty} b_m \chi_m(t)$$

მწკრივის T^* – საშუალოები

$$\tau_l(t) = \sum_{m=1}^{\infty} b_m R_{lm} \chi_m(t)$$

განსაზღვრულია დადებითი ზომის E სიმრავლეზე, მაშინ

$$\lim_{l \rightarrow \infty} |\tau_l(t)| = -\lim_{l \rightarrow \infty} |\tau_l(t)| = +\infty \text{ თ. ყ. } t \in E.$$

$$\overline{\lim}_{k \rightarrow \infty} \left| \sum_{m=1}^{q_k} b_m \chi_m(t) \right| = -\lim_{k \rightarrow \infty} \left| \sum_{m=1}^{q_k} b_m \chi_m(t) \right| = +\infty \text{ თ. ყ. } t \in E.$$

თეორემა 3.

ვთქვათ, $\chi\{P_n\}$ ჰაარის ტიპის სისტემაა, $T^* \equiv \{R_{lm}\} \in \overline{M}$, $\{b_m\} \in \overline{A}$.

$$\sum_{m=1}^{\infty} |b_m|^2 = \infty,$$

ასევე

$$\sum_{m=1}^{\infty} b_m \chi_m(t)$$

მწკრივის T^* – საშუალოები

$$\tau_l(t) = \sum_{m=1}^{\infty} b_m R_{lm} \chi_m(t)$$

განსაზღვრულია დადებითი ზომის E სიმრავლეზე. თუ ყოველი $t \in E$ სრულდება

$$\overline{\lim}_{l \rightarrow \infty} |\tau_l(t)| < \infty,$$

მაშინ (7) მწკრივი წარმოადგენს რომელიღაც $f \in \bigcap_{p=1}^{\infty} L_p(0,1)$ ფუნქციის ფურიე-ჰა-

არის მწკრივს.

პ.ულიანოვმა აჩვენა, რომ (თეორემა 3-თვის) არსებობს f ფუნქცია, რომელიც არ არის არსებითად შემოსაზღვრული.

შევნიშნავთ, რომ $T^* \equiv \{R_{lm}\} \overline{M}$ კლასისათვის (3) - (4) პირობა არსებითია; წინა-აღმდეგ შემთხვევაში თეორემები არ არის ძალაში.

თუ მოცემული $\mathcal{G}\{P_n\}$ ჰაარის ტიპის სისტემა ისეთია, რომ

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} P_n = \infty,$$

მაშინ არსებობს $\{b_m\} \in \overline{A}$ ისეთი, რომ

$$\sum_{m=1}^{\infty} |b_m|^2 = \infty,$$

ხოლო

$$\left| \sum_{m=1}^{\infty} b_m \chi_m(t) \right|$$

კრებალია თ. ყ. $[0,1]$ -ზე [8].

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

ლიტერატურა

1. Н.Я.Виленкин. Изв. АН СССР. Серия матем., 11, 1947, 363-400.
2. С.Качмаж, Г.Штейнгауз. Теория ортогональных рядов. М., 1958.
3. Б.И.Голубов, А.И.Рубинштейн. Матем. сб. 71, 1, 1996, 96-115.
4. Б.И.Голубов. Сиб. матем. журн. 9, 2, 1968, 297-317.
5. Г.Алексич. Проблемы сходимости ортогональных рядов. М., 1963, 359 с.
6. П.Л.Ульянов. Изв. АН СССР. Серия матем., 28, 1964, 925-950.
7. Г.А.Чаидзе. В сб: Нек. вопр. теории функции. Т. 2. Тбилиси, 1981, 128-163.
8. У.А.Власова. Изв. вузов. мат., 9, 1990, (340), 3-13.



თ. ბუჩუქაძე (აბაღმიძის), რ. რუსაძე

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

წარმოდგენილია 30.04.1997

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

$$\overline{D}_0 = D_0 \cup \left(\bigcup_{k=0}^m S_k \right), \quad \overline{D}_k = D_k \cup S_k, \quad k = \overline{1, m}.$$

დრეკადობის თეორიის რხევის ერთგვაროვან დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას იზოტროპული გარემოსათვის აქვს სახე [1]

$$\mu \Delta u + (\lambda + \mu) \text{grad div } u + \rho \omega^2 u = 0, \tag{1}$$

სადაც Δ ლაპლასის სამგანზომილებიანი ოპერატორია, $u(x) = (u_1, u_2, u_3)$ გადაადგილების ვექტორია, $p = \text{const} > 0$ - გარემოს სიკვრივე, ω - რხევის სიხშირე, λ და μ - ლამეს დრეკადი მუდმივები, რომლებიც აკმაყოფილებენ ბუნებრივ პირობებს $\mu > 0, 3\lambda + 2\mu > 0$.

(1) სისტემა შეიძლება წარმოვადგინოთ ვექტორულ-მატრიცული ფორმით შემდეგნაირად

$$A(\partial x)u(x) + \rho \omega^2 u(x) = 0, \tag{2}$$

სადაც $A(\partial x)$ არის 3×3 განზომილებიანი მატრიცული დიფერენციალური ოპერატორი [1]. $T(\partial x, n(x))$ -ით აღვნიშნოთ ძაბვის ოპერატორი, რომელიც წარმოადგენს 3×3 განზომილებიან მატრიცულ დიფერენციალურ ოპერატორს [1].

დავუშვათ, რომ D_k ($k = \overline{0, r}$) არე შევსებულია ერთგვაროვანი იზოტროპული დრეკადი გარემოთი, რომლის დრეკადი მუდმივებია λ_k, μ_k და სიმკვრივეა ρ_k , ხოლო დანარჩენი D_k ($k = \overline{r+1, m}$) არეები ცარიელი ჩართვებია. როდესაც A და T ოპერატორებში λ და μ მუდმივების ნაცვლად წერია λ_k , და μ_k მუდმივები, მაშინ გამოვიყენებთ აღნიშვნას A^k და T^k .

$$u^+(z) = \lim_{D_0 \ni x \rightarrow z \in S_k} u(x), \quad k = \overline{0, m},$$

$$u^-(z) = \lim_{D_k \ni x \rightarrow z \in S_k} u(x), \quad k = \overline{1, r}.$$

ანალოგიური აზრი აქვთ აღნიშვნებს $(T(\partial z, n(z))u(z))^{\pm}$. ჩვენ განვიხილავთ პირველ ამოცანასთან დაკავშირებულ საკითხებს. დანარჩენი ამოცანებისათვის განხილვა მოხდება ანალოგიურად.

განვიხილოთ პირველი სასაზღვრო-საკონტაქტო ამოცანა საკუთრივ მნიშვნელოვან ბეზზე: ვიპოვოთ D_k არეში ($k = \overline{0, r}$) რეგულარული ვექტორი $\omega^k(x) = (\omega_1^k, \omega_2^k, \omega_3^k)$ ($\omega_i^k \in C^1(\overline{D}_k) \cap C^2(D_k)$) არანულოვანი ამონახსნი განტოლებისა

$$\forall x \in D_k: A(\partial x)^k \omega^k(x) + \gamma \cdot \omega^k(x) = 0, \quad k = \overline{0, r}$$

რომელიც დააკმაყოფილებს საკონტაქტო პირობებს

$$\forall z \in S_k: \omega^0+(x) = \omega^k-(z), \quad (T^0 \omega^0(z))^+ = (T^k \omega^k(z))-, \quad k = \overline{1, r},$$

და სასაზღვრო პირობას

$$\forall z \in S_k: \omega^0+(x) = 0, \quad k = 0, r+1, \dots, m.$$

(აქ და ქვემოთ ვიგულისხმებთ, რომ λ_k და μ_k შეცვლილია $\rho_k^{-1} \lambda_k$ და $\rho_k^{-1} \mu_k$ შესაბამისად). ეს ამოცანა აღვნიშნოთ $(I)_\gamma$. ცნობილი გზით [1] შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ $(I)_\gamma$ ამოცანა ეკვივალენტურია შემდეგ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემის

$$\omega(x) = (\gamma + \alpha_0^2) \int_D G(x, y, -\alpha_0^2) \omega(y) dy, \quad x \in D, \quad (3)$$

სადაც $\omega(x) = \omega^k(x)$ თუ $x \in D_k, k = \overline{0, r}$; α_0 არის ფიქსირებული ნებისმიერი დადებითი

რიცხვი, $D = \bigcup_{k=0}^r D_k$; ხოლო $G(x, y, -\alpha_0^2) = G^k(x, y, -\alpha_0^2), x \in D_k, y \in D, x \neq y, k = \overline{0, r}$,

არის პირველი ამოცანის გრინის ტენზორი (3×3 განზომილებიანი მატრიცი), რომელიც აკმაყოფილებს პირობებს:

$$1. \quad \forall x \in D_k, \forall y \in D, x \neq y: A(\partial x)^k G^k(x, y, -\alpha_0^2) - \alpha_0^2 G^k(x, y, -\alpha_0^2) = 0, \quad k = \overline{0, r};$$

$$2. \quad \forall z \in S_k, \forall y \in D: (G^0(x, y, -\alpha_0^2))^+ = (G^k(z, y, -\alpha_0^2))-, \\ T^0(\partial z, n(z) G^0(z, y, -\alpha_0^2))^+ = (T^k(\partial z, n(z) G^k(z, y, -\alpha_0^2))-, \quad k = \overline{1, r};$$

$$3. \quad \forall z \in S_k, \forall y \in D: G^0+(z, y, -\alpha_0^2) = 0, \quad k = 0, r+1, \dots, m;$$

$$4. \quad G^k(x, y, -\alpha_0^2) = \Gamma^k(x-y, -\alpha_0^2) - g^k(x, y, -\alpha_0^2), \quad x \in D_k, y \in D, k = \overline{0, r},$$

სადაც $\Gamma^k(x-y, -\alpha_0^2)$ არის კუპრაძის ფუნდამენტურ ამონახსნთა მატრიცი ოპერატორის $A \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) - J \alpha_0^2$ [1], ხოლო $g^k(x, y, -\alpha_0^2)$ რეგულარული ნაწილია. $G(x, y, -\alpha_0^2)$

არსებობა დამტკიცებულია [1]-ში. ცნობილია, რომ [1] $G(x, y, -\alpha_0^2)$ აქვს სიმეტრიის შემდეგი თვისება

$$G(x, y, -\alpha_0^2) = G^T(x, y, -\alpha_0^2), \quad (4)$$

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



$$\left. \begin{aligned} \forall (x, y) \in D \times D : G_{mn}(x, y, -\alpha_0^2) &= O(|x - y|^{-1}), \\ \frac{\partial}{\partial x_j} G_{mn}(x, y, -\alpha_0^2) &= O(|x - y|^{-2}), m, n, j = 1, 2, 3. \end{aligned} \right\}$$

(4) და (5)-ის ძალით (3) არის $L_2(D)$ კლასის სიმეტრიულგულიანი ინტეგრალური განტოლება. მაშასადამე, არსებობს (3) განტოლების საკუთრივი რიცხვების თვლადი სისტემა $(\gamma_n + \alpha_0^2)_{n=1}^{\infty}$ და შესაბამისი D -ში ორთონორმირებული საკუთრივ ვექტორთა სისტემა $(\omega^{(n)}(x))_{n=1}^{\infty}$. აქედან გამომდინარეობს, რომ $(\gamma_n)_{n=1}^{\infty}$ და $(\omega^{(n)}(x))_{n=1}^{\infty}$ არიან შესაბამისად, $(I)_\gamma$ ამოცანის საკუთრივი რიცხვები და საკუთრივი ვექტორები. დადგენილია [1], რომ ყველა $\gamma_n > 0$. გარდა ამისა, [3]-ში დამტკიცებულია, რომ $(\omega^{(n)}(x))_{n=1}^{\infty}$ სისტემა სრულია $L_2(D)$ -ში. მოცულობითი პოტენციალის თვისებებიდან [1] გამომდინარეობს საკუთრივი ვექტორების რეგულარობა.

ვთქვათ, $\alpha > \alpha_0$ ნებისმიერი რიცხვია. თუ ვისარგებლებთ გულის დაშლით საკუთრივი ვექტორების მიხედვით, მივიღებთ

$$G(x, y, -\alpha^2) - G(x, y, -\alpha_0^2) = (\alpha_0^2 - \alpha^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\omega^{(n)}(x) \times \omega^{(n)}(y)}{(\gamma_n + \alpha^2)(\gamma_n + \alpha_0^2)}, \quad (6)$$

სადაც $(x, y) \in D_k \times D_k$, $k = \overline{0, r}$, ხოლო სიმბოლო "x" (6)-ში აღნიშნავს მატრიცულ ნამრავლს ვექტორ-სვეტისა ვექტორ-სტრიქონზე (დიადური ნამრავლი).

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

$$\begin{aligned} & (\alpha_0^2 - \alpha^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{[\omega^{(n)}(y)]^2}{(\gamma_n + \alpha^2)(\gamma_n + \alpha_0^2)} = \\ & = \lim_{x \rightarrow y} [\Gamma(x - y, -\alpha^2) - \Gamma(x - y, -\alpha_0^2)] - [g(y, y, -\alpha^2) - g(y, y, -\alpha_0^2)]. \end{aligned} \quad (7)$$

დადგენილია, რომ

$$\lim_{x \rightarrow y} [\Gamma_{mn}^k(x - y, -\alpha^2) - \Gamma_{mn}^k(x - y, -\alpha_0^2)] = (\alpha_0^2 - \alpha^2) B_k \delta_{mn}, \quad (8)$$

სადაც

$$B_k = \frac{\rho_k^{3/2}}{12\pi} \left[\frac{1}{(\lambda_k + 2\mu_k)^{3/2}} + \frac{2}{\mu_k^{3/2}} \right], k = \overline{0, r},$$

$\delta = \|\delta_{mn}\|_{3 \times 3}$ კრონეკერის სიმბოლოა.

ნაჩვენებია, რომ სამართლიანია შეფასება

$$\forall y \in D_k : |g_{mn}^k(y, y, -\alpha^2) - g_{mn}^k(y, y, -\alpha_0^2)| \leq \frac{\text{const}}{l y}, \quad (9)$$

სადაც $\varepsilon > 0$ ნებისმიერი რიცხვია, ხოლო $l y$ არის მანძილი y წერტილიდან D_k არის საზღვრამდე.

(8) და (9) ძალით (7)-დან მივიღებთ

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{[\omega^{(n)}(y)]^2}{(\gamma_n + \alpha^2)(\gamma_n + \alpha_0^2)} \sim \frac{B_k}{\alpha + \alpha_0}, y \in D_k, k = \overline{0, r}. \quad (10)$$

განვიხილოთ ფუნქცია

$$\Phi_j(t) = \sum_{\gamma_n \leq t} \frac{[\omega_j^{(n)}(y)]^2}{\gamma_n + \alpha_0^2}, j = \overline{1,3}, y \in D_k, k = \overline{0,r}.$$

ადვილად მივიღებთ, რომ როდესაც $\tau = \alpha^2$

$$\int_0^\infty \frac{d\Phi_j(t)}{t + \tau} = \sum_{n=1}^\infty \frac{[\omega_j^{(n)}(y)]^2}{(\gamma_n + \alpha^2)(\gamma_n + \alpha_0^2)},$$

მაშინ (10)-დან გამომდინარეობს, რომ

$$\int_0^\infty \frac{d\Phi_j(t)}{t + \tau} \sim \frac{B_k}{\tau^{1/2}}. \quad (11)$$

ტაუბერის ტიპის თეორემის გამოყენებით (11)-დან მივიღებთ

$$\Phi_j(t) = \sum_{\gamma_n \leq t} \frac{[\omega_j^{(n)}(y)]^2}{\gamma_n + \alpha_0^2} \sim \frac{2}{\pi} B_k t^{1/2}, y \in D_k, k = \overline{0,r}. \quad (12)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ

$$\sum_{\gamma_n \leq t} [\omega_j^{(n)}(y)]^2 = \int_0^t (\xi + \alpha_0^2) d\Phi_j(\xi) = (\xi + \alpha_0^2)\Phi_j(\xi)|_0^t - \int_0^t \Phi_j(\xi) d\xi,$$

მაშინ (12)-დან მივიღებთ

$$\sum_{\gamma_n \leq t} [\omega_j^{(n)}(y)]^2 \sim \frac{2}{3\pi} B_k t^{3/2}, y \in D_k, k = \overline{0,r}, j = \overline{1,3}.$$

თუ მიღებულ თანაფარდობებს შევკრებთ j -ს მიხედვით, საბოლოოდ მივიღებთ

$$\sum_{\gamma_n \leq t} [\omega^{(n)}(y)]^2 \sim \frac{\rho_k^{3/2}}{6\pi^2} \left[\frac{1}{(\lambda_k + 2\mu_k)^{3/2}} + \frac{2}{\mu_k^{3/2}} \right] \cdot t^{3/2}, y \in D_k, k = \overline{0,r}. \quad (13)$$

ანალოგიური გზით მივიღებთ

$$N(t) \sim \frac{1}{6\pi^2} \sum_{k=0}^r \rho_k^{3/2} \text{mes}D_k \left[\frac{1}{(\lambda_k + 2\mu_k)^{3/2}} + \frac{2}{\mu_k^{3/2}} \right] \cdot t^{3/2}, \quad (14)$$

სადაც $N(t)$ აღნიშნავს იმ საკუთრივი მნიშვნელობების რაოდენობას, რომლებიც არ აღემატებიან t -ს (13) და (14) წარმოადგენენ საკუთრივი ვექტორებისა და საკუთრივი მნიშვნელობების ასიმპტოტურად განაწილების ფორმულებს სამი განზომილების შემთხვევაში.

ანალოგიურად მიიღება ასიმპტოტური ფორმულები ორი განზომილების შემთხვევაში. ამ ფორმულებს აქვთ შემდეგი სახე:

$$\sum_{\gamma_n \leq t} [\omega^{(n)}(y)]^2 \sim \frac{\rho_k}{4\pi} \left[\frac{1}{\lambda_k + 2\mu_k} + \frac{2}{\mu_k} \right] \cdot t, y \in D_k, k = \overline{0,r},$$

$$N(t) \sim \frac{1}{4\pi} \sum_{k=0}^r \rho_k \text{mes}D_k \left[\frac{1}{\lambda_k + 2\mu_k} + \frac{2}{\mu_k} \right] \cdot t.$$

ლიტერატურა

1. *В.Д.Купрадзе, Т.Г.Гегелиа, М.О.Бацаленишвили, Т.В.Бурчуладзе.* Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. М., 1976, 658.
2. *Д.Г.Напрошвили, А.Я.Джагмаიძე.* Динамические задачи классической теории упругости для кусочно-однородных тел. Тбилиси, 1978, 64с.
3. *T.Burchuladze, R.Rukhadze.* Georgian Math. J, 2, 6, 1995, 559-576.



მ.ხაჩიძე

არამკვეთრ სიმრავლეებზე აღწერილ რთულ სისტემათა კლასიფიკაცია
ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდის საშუალებით

წარმოდგინა აკადემიკოსმა ვ.ჭავჭავაძემ, 22.05.1997

ექსპერტული სისტემების აგებისას [1] საკვანძო საკითხს წარმოადგენს ცოდნის წარმოდგენა, მათი კლასიფიკაცია და გამოყენება. ეს საკითხი უფრო გართულებულია სუპერრთულ სისტემებში, როგორცაა ეკონომიკა, ეკოსისტემები და ა.შ.

[2] და [3] ნაშრომებში აღწერილია მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ ცნებათა ფორმირება, ობიექტთა გამოცნობა და კლასიფიკაცია. მათ საფუძველზე შეიქმნა ექსპერტული სისტემები, რომლებიც კარგად ართმევენ თავს დასმულ ამოცანას [4]. ეს იმ შემთხვევაში, როდესაც ამა თუ იმ ობიექტის, სისტემის ან სიტუაციის აღწერა შესაძლებელია ანალიტიკურ-სიმბოლურად, ცვლადებით, რიცხობრივი მნიშვნელობებით და მათ თითოეულ აღმწერ პარამეტრს აქვს ზუსტად ფიქსირებული მნიშვნელობა.

ნებისმიერი S სტრუქტურის, მოვლენის ან სიტუაციის აღწერისას, შეფასებისას, რეალურ ცხოვრებაში, თითოეული ჩვენათგანი რიცხვითი მონაცემების მითითებისას იყენებს ცნებებს, რომლებიც ფაქტიურად წარმოადგენენ „არამკვეთრ ცვლადთა“ [5] ერთობლიობას. [2,3] შრომებში აღწერილი მეთოდი საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ იგი „არამკვეთრ სიმრავლებით“ აღწერილი სისტემების, მოვლენების კლასიფიკაციისას.

ჩავთვალოთ, რომ S სტრუქტურის, მოვლენის ან სისტემის აღწერა ხორციელდება $A = \{A_1, \dots, A_m\}$ ნიშანთვისებათა ერთობლიობით, რომელთა შორის არის როგორც ჩვეულებრივი დისკრეტული ცვლადები, ასევე ცვლადები რომელთა შეფასება ან დახასიათება ჩვეულებრივი ალგებრული ან თეორიულ-სიმრავლური მეთოდებით შეუძლებელია ან გართულებულია. ამ ცვლადებს L ზადეს მიხედვით შეიძლება ვუწოდოთ ლინგვისტური ცვლადები.

საწყის ეტაპზე მოვახდინოთ ამ A სიმრავლის დაყოფა ორ ნაწილად – პირველი – ჩვეულებრივი რიცხვითი ცვლადები (და მათზე ყოველგვარი სირთულის გარეშე შეიძლება ვიმოქმედოთ [2,3] მეთოდებით), მეორე ნაწილი იქნება ის ცვლადები რომელთა აღწერა ხდება ცნებების საშუალებით – ან უფრო ზუსტად ლინგვისტური ცვლადები. ე. ი. მივიღებთ:

$$A = \{A_1^R, \dots, A_{m_1}^R\} \cup \{A_1^L, \dots, A_{m_2}^L\}, m_1 + m_2 = m,$$

სადაც A_i^R არის მკვეთრი სიმრავლე, A_i^L არის ლინგვისტური ქვესიმრავლე.

ამ შემთხვევაში ჩვენ გვაინტერესებს მხოლოდ მეორე ნაწილი.

რადგან ყოველი $\{A_1^L, \dots, A_{m_2}^L\}$ ქვესიმრავლიდან წარმოადგენს ლინგვისტურ

ცვლადს, თანახმად განმარტებისა [5] თითოეული A_i^L ხასიათდება $\{A_i^L, T(A_i), U_i, G_i, \mu_i\}$, ერთობლიობით (იმისათვის რომ თავიდან ავიცილოთ ზედმეტი ინდექსირება გავამარტივოთ A_i^L . აღნიშვნა, ამის შემდეგ ვიგულისხმობთ, რომ $A_i^L \equiv L_i, m_2 = m$. ამ ნაკრებებში $T(A_i)$ (ან უბრალოდ T_i) არის L_i ცვლადის თერმ-ქვესიმრავლე, ანუ L_i -ს ლინგვის-



ტური მნიშვნელობების დასახელების ქვესიმრავლე და თითოეული ამათგან განსაზღვრულია გენილია არამკვეთრი ცვლადის სახით. თუ შეუსაბამებთ ამ კონსტრუქციას ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდის კონსტრუქციას, დაგინახავთ, რომ დასაშვებ მნიშვნელობათა სიმრავლე B ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდში და $T(A)$ ჩვენს შემთხვევაში ერთი და იმავე აზრობრივ დატვირთვას ატარებენ.

ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდში შემოღებულია ე.წ. ალ-სიმრავლე, რომელზედაც განმარტებულია სხვადასხვა ინტერპრეტაციები, მათ შორის მონარული, ბინარული, მრავალმნიშვნელოვანი (მაგ. ტერნალური და ა.შ.) და შიდა სინთეზირებადი ოპერაციები. ჩვენს შემთხვევაში დასაშვებ მნიშვნელობათა სიმრავლე $T(A)$ ფაქტობრივად არამკვეთრი სიმრავლეებია, ანალოგიური ოპერაციები განიმარტება ამ სიმრავლეზეც, იმ განსხვავებით, რომ ისინი განიმარტება შესაბამისად როგორც ოპერაციები არამკვეთრი სიმრავლეზე [5].

ჩვენი ამოცანაა რთულ სიტუაციათა კლასიფიკაცია, ანუ განსაზღვრა და შეფასება ყველა კონკრეტული სიტუაციისა ზერთულ სისტემებში.

S სიტუაციათა აღწერაში მონაწილე ყოველი ექსპერტი ასე თუ ისე იძულებულია გამოიყენოს ნიშანთვისებათა სიმრავლე

$$\{L_1, \dots, L_n\}$$

შესაბამისად გვექნება დასაშვებ მნიშვნელობათა სიმრავლე

$$B = \{B_1, \dots, B_n\}, \text{ სადაც } B_i \equiv T(L_i),$$

სადაც ნებისმიერი $T(L_i)$ ლინგვისტური ცვლადის თერმ-სიმრავლეა. ჩვენ შეგვიძლია შევადგინოთ L_i ყველა შესაძლო მნიშვნელობათა მატრიცა (ცხრ.).

S სისტემის k -ური მდგომარეობის აღწერისას ჩვენ გვექნება

$$(T^k(L_1), T^k(L_2), \dots, T^k(L_m)) \text{ და}$$

$$\forall T^k(L_i) = \left\{ \left\langle \mu_{L_i}^k(x_i^k) / L_i(x_i^k) \right\rangle \equiv C_i^k, \right.$$

სადაც ყოველი $T^k(L_i)$ არის L_i ლინგვისტური ცვლადის კონკრეტული მნიშვნელობა $T(L_i)$ თერმ-სიმრავლიდან და შესაძლებელია მისი მოძებნა დასაშვებ მნიშვნელობათა ცხრილში (ცხრ.)

ცხრილი

C_1^1	C_2^1	...	C_n^1
C_1^2	C_2^2	...	C_n^2
...
C_1^n	C_2^n	...	C_n^n

ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდის ანალოგიურად თითოეული სიტუაცია შეგვიძლია ჩავწეროთ კონიუნქციის სახით [2,3].

$$S(k) = \hat{L}_1 \& \hat{L}_2 \& \dots \& \hat{L}_n \equiv \varphi_k,$$

სადაც $\&$ ოპერაცია კონიუნქციაა არამკვეთრი სიმრავლეებზე. ჩვენს შემთხვევაში იგი განვმარტოთ, როგორც:

$$L_i \& L_j = \left\{ \left\langle \mu_{L_i}(x_i) / L_i(x_i) \right\rangle \& \left\langle \mu_{L_j}(x_j) / L_j(x_j) \right\rangle \right\} = \left\{ \left\langle \mu_{L_i, L_j}(x_i, x_j) / L_i(x_i) L_j(x_j) \right\rangle \right\},$$

სადაც $\mu_{L_i, L_j}(x_i, x_j) = \min\{\mu_{L_i}(x_i), \mu_{L_j}(x_j)\}$

და ანალოგიურად განვმარტოთ:

$$\hat{L}_i = \begin{cases} L_i \equiv \left\{ \left\langle \frac{\mu_{L_i}(x^k)}{L_i(x^k)} \right\rangle \right\} \equiv C_i^k & \text{se } C_i^k \in L_i \\ \bar{L}_i \equiv \left\{ \left\langle \frac{(1 - \mu_{L_i}(x^k))}{L_i(x^k)} \right\rangle \right\} \equiv \bar{C}_i^k & \text{se } C_i^k \notin L_i \end{cases}$$

და $\bar{L}_i, i \in I_0$ განიმარტება როგორც ე. წ. „დამატების ოპერაცია“ განმარტებული არამკვეთარ სიმრავლეებზე.

იმისდა მიხედვით, რამდენი ექსპერტი იღებს მონაწილეობას კონკრეტული S სიტუაციის აღწერასა და შეფასებაში, გვექნება შესაბამისი რაოდენობის კონიუნქციები. ვთქვათ, ეს რაოდენობაა M . მაშინ მიღებული კონიუნქციების ერთობლიობა დაიყოფა ექსპერტების მიერ გაკეთებული დასკვნების რაოდენობის მიხედვით. ვთქვათ, გვაქვს l რაოდენობის განსხვავებული შეფასებანი ($l \ll M$). თითოეული ამ შეფასებისათვის შევადგინოთ მათი შესაბამისი სრული დიზიუნქციური ნორმალური ფორმები:

$$\varphi_1^1 \wedge \varphi_2^1 \wedge \dots \wedge \varphi_l^1 \Rightarrow \varepsilon_1$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\varphi_1^l \wedge \varphi_2^l \wedge \dots \wedge \varphi_l^l \Rightarrow \varepsilon_l$$

დიზიუნქციის ოპერაცია განვმარტოთ როგორც

$$L_i \wedge L_j = \left\{ \left\langle \frac{\mu_{L_i}(x_i)}{L_i(x_i)} \right\rangle \right\} \wedge \left\{ \left\langle \frac{\mu_{L_j}(x_j)}{L_j(x_j)} \right\rangle \right\} = \left\{ \left\langle \frac{\mu_{L_i L_j}(x_i, x_j)}{L_i(x_i) L_j(x_j)} \right\rangle \right\},$$

სადაც $\mu_{L_i L_j}(x_i, x_j) = \max\{\mu_{L_i}(x_i), \mu_{L_j}(x_j)\}$

თუ ამას ჩავწერთ ჩვენს აღნიშვნებში, მივიღებთ

$$\varphi_1^i \wedge \varphi_2^i \wedge \dots \wedge \varphi_l^i \equiv \bigwedge_{i=1, \dots, l} \left\{ \left\langle \frac{\mu_{L_1 \dots L_m}(x)}{(L_1(x), \dots, L_m(x))} \right\rangle \right\} =$$

$$= \left\{ \left\langle \frac{\mu_{L_i}(x)}{(L_1(x), \dots, L_m(x))} \right\rangle \right\}, \text{ სადაც } \mu_{L_i}(x) = \max_{i=1, \dots, l} (\mu_{L_1 \dots L_m}(x)).$$

მიღებული ფორმები იქნება S სიტუაციის შესაბამისი მდგომარეობის აღმწერი გარსი.

იმ შემთხვევაში, როდესაც L_i პარამეტრთა რაოდენობა და შესაბამის დასაშვებ მნიშვნელობათა რაოდენობა ძალიან დიდია, S სისტემის აღმწერი დიზიუნქციური ფორმა შეიძლება იმდენად დიდი აღმოჩნდეს, რომ რეალური სურათის გამოკვეთა გაძნელდეს (კომპიუტერულ მონაცემთა ბანკის შემთხვევაშიც). მოვახდინოთ მიღებული დიზიუნქციური ფორმის მინიმიზაცია შემდეგნაირად. დავაჭვფოთოთ ცალ-ცალკე ყოველი ε_i შედეგის აღმწერ ფორმაში ერთი და იგივე მიკუთვნების ხარისხის მქონე კომბინაციები. ჩავწეროთ თითოეული კომბინაცია როგორც კონიუნქციები და გავაერთიანოთ ისინი დიზიუნქციით. ფაქტობრივად გამოვიყენოთ ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდი თითოეული ჯგუფისათვის. მოვახდენთ რა სრული დიზიუნქციური ფორმის მინიმიზაციას, მივიღებთ იმ მინიმალურ ფორმას, რომელიც შეიცავს სრულ ინფორმაციას. შევუწყვილოთ თითოეულ მინიმალურ ფორმას შესაბამისი მიკუთვნების ხარისხები. მიღებულ წყვილთა ერთობლიობა იქნება ის კონცეფტი, რომელიც უკვე შეიცავს

სრულ ინფორმაციას N სისტემის ε მდგომარეობის აღწერისას (ექსპერტთა ჯგუფის კომპეტენციის ფარგლებში).

ა.ელაიშვილის სახელობის მართვის
სისტემების ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *C.Naylor*. Build Your Own Expert System. John Wiley&Sons LTD., Chichster, 1987.
2. *V.B. Чавчишძე*. Аналитические эвристики искусственного интеллекта при формировании понятий, опознании образов и классификации объектов. 2080-70, деп. Тбилиси, 1970.
3. *V.B. Чавчишძე*. Сообщ. Акад. наук СССР, 61, 1, 1971, 37-41.
4. *ნ. შერგელაშვილი*. საკანდიდატო დისერტაციის ავტორეფერატი. თბილისი, 1995.
5. *L.A.Zadeh*. Fuzzy sets and information granularity (Advances in Fuzzy Sets Theory and Applications). Amsterdam, 1979.



ბ.ჭანთაძე

ოპტიმალური არჩევანი ინფორმაციულ ლოგიკაში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. ამაღლობელმა 21.07.1997

შრომაში შემოთავაზებულია ინფორმაციის გადამუშავებისადმი კომპლექსური მიდგომა, რომელშიც შერწყმულია ინფორმაციის გარდაქმნის ნახევრადცხრილური (ალგორითმულცხრილური) გარდაქმნის იდეა, ინფორმაციული ლოგიკის ფორმალბ-ში და ოპტიმალური ამორჩევის მეთოდები. მიდგომა გამიზნულია ინფორმაციის გადამუშავების ისეთი ამოცანებისათვის, როგორცაა კომპიუტერში ფუნქციების არასტანდარტული გამოთვლა, ინფორმაციული ძიების ოპტიმიზაცია, ლინგვისტურ სახე-თა გამოცნობა, მანქანური თარგმნა და სხვ.

მათემატიკური ფუნქციების გამოთვლის ნახევრადცხრილური მეთოდი მარტივი და ეფექტურია, რაც მის ძირითად უპირატესობას წარმოადგენს.

ჩვენ ვიხილავთ ტეილორის მწკრივად დაშლად ფუნქციათა კლასს $\{f(x)\}$, სადაც $x = x_1 + 10^{-k} \cdot x_2$, $x_1 \geq 10^{-k}$, $k \in N^+$ და 10^{-2k} არის კომპიუტერში რიცხვთა წარმოდგენის მაქსიმალური სიზუსტე. შრომებში [1-3] ნაჩვენებია, რომ ელემენტარული ფუნქციებისთვის სამართლიანია ფორმულა

$$f(x) \approx f(x_1) + 10^{-k} \cdot x_2 \cdot f'(x_1). \quad (1)$$

თუ k ძალიან დიდი რიცხვი არაა, მაშინ ჩვენ შეგვიძლია ფუნქციის მნიშვნელობა განვსაზღვროთ ცხრილური მონაცემის სახით. მაგალითები:

$$f(x) = \ln(x) = \ln(x_1 + 10^{-k} \cdot x_2) \approx \ln x_1 + 10^{-k} \cdot x_2 / x_1, \quad x_1 > x_2;$$

$$f(x) = \sin x = \sin(x_1 + 10^{-k} \cdot x_2) \approx \sin x_1 + 10^{-k} \cdot x_2 \cdot \cos x_1;$$

$$f(x) = \exp x = \exp(x_1 + 10^{-k} \cdot x_2) \approx \exp x_1 (1 + 10^{-k} \cdot x_2).$$

მცირე ტევადობის ცხრილების საჭიროება და ალგორითმების სიმარტივე რედუცირებულ x_1 და x_2 არგუმენტებზე გამოთვლების განსახორციელებლად საშუალებას იძლევა ამ ფუნქციათა მიკროპროგრამული გამოთვლისათვის მაკრობრძანებების სახით LNX, SNX, EXPX და სხვ.

ინფორმაციული ძიების ამოცანებისათვის მიზანშეწონილია ინფორმაციის გადამუშავების ნახევრადცხრილური მეთოდის შერწყმა ჯგუფურ კოდირებასთან.

განვიხილოთ G გრამატიკის და $A = \{a_1, \dots, a_m\}$ ალფაბეტის მქონე ენა $L(A, G)$ ალფაბეტის l ჯგუფად დაყოფის შემთხვევისათვის. ჩვენ შეგვიძლია ასეთ შექირხულ ალფაბეტს შევუსაბამოთ რიცხვები $\sigma = 1, 2, \dots, l$, როგორც რედუცირებული ალფაბეტის ჯგუფური კოდი. ალფაბეტის ასეთი შექირხვა, ცხადია, წარმოშობს დეკოდირების პროცესში განუზღვრელობებს. ცნობილია, რომ ნებისმიერი ბუნებრივი ან ხელოვნური ენის ლექსიკონის მოცულობა უადრესად შეზღუდულია და ამიტომ კოდირების ჭარბიანობა ძალიან დიდია. მაგალითად, კოდური ჭარბიანობა η სიტყვებისათვის, რომლებიც შეიცავთ p სიმბოლოს A ალფაბეტიდან, შეიძლება განისაზღვროს გამოსახულებით $\eta = m^p / N_p$, სადაც N_p არის ასეთ სიტყვათა რიცხვი. სავსებით მისაღები სიდიდებისათვის $m = 32$, $p = 10$, $N_p = 10^5$ მივიღებთ $\eta \geq 2^{5 \cdot 10^2} = 2^{33}$ ეს რიცხვი ძალიან დიდია გამოყენების თვალსაზრისით. ეს გარემოება ამართლებს ჯგუფური კოდირების და იტერაციული დეკოდირების იმ მეთოდების გამოყენებას, რომელიც შემოთავაზებულია ნაშრომებში [4, 5]. ამრიგად, ცხადი ხდება ალფაბეტის რედუცირება და სიტყვათა



სიგრძის შემოსაზღვრა, თუ გვინდა გამოვიყენოთ სიტყვის საკუთარი რიცხვითი კოდი როგორც მისი „ბუნებრივი“ მისამართი ოპერაციულ მესხიერებაში.

შემოვიღოთ აღნიშვნები K_{σ} და K_{ξ} შესაბამისად ალფაბეტის რიცხვითი კოდირების და S სიტყვის საწყისი S_0 ფრაგმენტის ჯგუფური კოდირების სისტემებისათვის. P_0 -ით აღვნიშნოთ S_0 ფრაგმენტის სიგრძე. შრომებში [4,5] შემოთავაზებულია განლაგების ფუნქციის პოვნის იტერაციული სქემა, რომელიც შეიცავს ეტაპებს:

1. სიტყვების კომპიუტერის მესხიერებაში განაწილების პროცედურისათვის:

– შემოსული სიტყვის სრული რიცხვითი კოდის K_{σ} (მაგალითად, სისტემაში ASII) გარდაქმნა ჯგუფურ კოდში K_{ξ} ;

– სიტყვის წინა ფრაგმენტის S_0 ჯგუფური კოდის გამოყენება როგორც „კვაზიომონიმი“ დესკრიპტორების მესხიერებაში განაწილების ირიბი მისამართი. რაც ნიშნავს მოცემული ჯგუფური კოდის მქონე ყველა სიტყვის აღწერათა განლაგების ირიბ მისამართს, სადაც შენახულია დესკრიპტორთა დამახსოვრების ფიზიკური მისამართი. ეს დესკრიპტორები უნდა შეიცავდნენ ცალკეულ კვაზიომონიმთა პირდაპირ და არაპირდაპირ მისამართებს შემოსული სიტყვისათვის და აგრეთვე სრულ გრამატიკულ აღწერილობას, რასაც დასმული ამოცანის ამოხსნა თხოულობს;

– კვაზიომონიმიტა დარჩენილი ფრაგმენტის ანალიზი.

2. სიტყვის დესკრიპტორთა ძიების პროცედურისათვის:

– სიტყვის საწყისი ფრაგმენტის სრული კოდის K_{σ} გარდაქმნა ჯგუფურ კოდში K_{ξ} ;

– ამ კოდის გამოყენება როგორც ირიბი მისამართი იმ ფიზიკურ მესხიერებაში გადამისამართებისათვის, სადაც კვაზიომონიმიტა დესკრიპტორებია დამახსოვრებული;

– კვაზიომონიმიტა სრული კოდების K_{σ} ამოკრეფა;

– სიტყვის სრული კოდის შედარება კვაზიომონიმიტა სრულ კოდებთან და შემოსული სიტყვის შენახვის პირდაპირი მისამართის განსაზღვრა.

ამ ეტაპზე ინფორმაციული ძიება შეიძლება განხორციელდეს მცირე კვაზიომონიმური ცხრილების მეშვეობით.

შეიძლება მანქანური სიტყვარების ორგანიზება ისეთი ბლოკების სახით, რომ ბლოკში ერთნაირი სიგრძის სიტყვები იყოს განლაგებული. ასეთ შემთხვევაში შემოსული სიტყვის კვაზიომონიმიტა რიცხვი შემცირდება რამდენიმე ერთეულამდე [4,5], ამავე დროს, ადრესული კოდის რესურსების დანახარჯი საცხებით მისაღები გახდება. მაგალითად, თუ $m = 8$ და $p_0 \leq 5$, მაშინ ირიბ მისამართთა კოდების რიცხვი იქნება $2^{3 \cdot 5} = 2^{15}$. ამრიგად, „კვაზიომონიმური“ განუზღვრელობის ამოხსნის პრობლემა არაა ძნელი, მაშინ როდესაც წყარო ენაში ომონიმური განუზღვრელობის და სამიზნე ენაში სინონიმური განუზღვრელობის ამოხსნა ბევრად უფრო ძნელი ამოცანაა, რომელიც, შესაძლოა, მოითხოვდეს ცოდნის წარმოდგენის ფორმალური ენების გაფართოებას.

შრომაში [6] შემოთავაზებულია ლინგვისტური განუზღვრელობის მოხსნის პრობლემისადმი განკუთვნილი ფორმალიზმი, რომელშიც შერწყმულია ლოგიკური, ოპტიმიზაციური და ინფორმაციული მიდგომები, ასეთი შერწყმის ძირითადი იდეა ეყრდნობა ლოგიკური კავშირების გაგებას როგორც ოპტიმალური არჩევანის პროცედურის შედეგი. მაგალითად, მატერიალური იმპლიკაცია სინამდვილეში არის არჩევანი – ალტერნატიული და ოპტიმალური იმ აზრით, რომ სხვა ალტერნატივები ნაკლებად მისაღებია: თუ განვიხილავთ არჩევანს $F \supset F = F$, მაშინ იმპლიკაცია უნარული ოპერაცია გახდება. ასევე, არჩევანი $F \supset T = F$ არაა უფრო მისაღები, ვიდრე არჩევანი $F \supset T = T$. მიუხედავად ამისა, იმპლიკაცია ბინარულ ლოგიკაში მრავალი არასასურველი სიტუაციების წარმოშობია. კარგად ცნობილი მრავალნიშნა ლოგიკებიც არაა სიძნელეებისაგან თავისუფალი, ძირითადად დაკავშირებული ლოგიკურ უარყოფასთან. ბინარულ

ლოგიკაში ცნებები „უარყოფა“ და „საპირისპირო“ იდენტური მნიშვნელობისაა, მარჯვალნიშნა ლოგიკაში კი ისინი უფრო მკაცრად გასარჩევია, ვიდრე ამას აქვს ადგილი.

ლოგიკისადმი ინფორმაციული მიდგომის გაფართოების მეორე იდეა დაკავშირებულია ერთი ქეშმარიტული მნიშვნელობიდან მეორე ქეშმარიტულ მნიშვნელობაზე გადასვლის როგორც პოზიტიური ან ნეგატიური ცოდნის მიღების გაგებასთან. ესე იგი, შეძენილი პოზიტიური ცოდნა განიხილება როგორც ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღება.

განვიხილოთ სეგმენტი $\Omega = [-1/2; 1/2]$ როგორც ქეშმარიტულ მნიშვნელობათა ალტერნატიული სიმრავლე. თუ ეს სიმრავლე დისკრეტულია და δ გარჩევადობის კვანთია, მაშინ $\nu = [1/\delta] + 1$ იქნება ლოგიკის მრავალნიშნიანობა.

ჩვენ შეგვიძლია არეზე Ω განვსაზღვროთ წრფივი დალაგება $R = ' > '$, $R^+(x)$ და $R^-(x)$ განკვეთების საშუალებით, სადაც $x \in [-1/2; 1/2]$, $x = \pm \lambda$ და $R^-(x) = \{y \in \Omega \mid x R y\}$, $R^+(x) = \{y \in \Omega \mid y R x\}$.

ქეშმარიტული მნიშვნელობის სიდიდედ $\pm \lambda$ -ს აღიარება შეიძლება განვიხილოთ როგორც გადარჩევის რედუქცია:

$$C_\lambda(\Omega) = (\lambda; 1/2] = [\lambda + \delta; 1/2], \quad C_{-\lambda}(\Omega) = [-1/2; -\lambda) = [-1/2; -\lambda - \delta], \quad (1)$$

სადაც $C_\lambda(\Omega)$ არის ამორჩევის ფუნქციის მნიშვნელობა, როცა $x = \lambda$.

შემოვიღოთ აღნიშვნები $x_\pm^* = R^\pm(x)$. კავშირი ცოდნის სიდიდის x და x^* არჩევანს შორის რეალიზებულია მაქსიმალურად გარანტირებული არჩევნის პრინციპით:

$$x_m = \begin{cases} \sup R^-(x), & \text{თუ } x \leq 0, \\ \inf R^+(x), & \text{თუ } x > 0. \end{cases} \quad (2)$$

მაშინ ოპერატორები $'\sim'$ - „საპირისპირო“, ანუ „არეკლა“ და $'\neg'$ „უარყოფა“ მარტივად განისაზღვრება თანაფარდობებით

$$\sim x = -x, \quad \neg x^* = \Omega \setminus x^*. \quad (3)$$

სხვა ოპერაციები განისაზღვრება ეკვივალენტობებით

$$x^* \vee y^* = (\max(x, y))^*, \quad x^* \wedge y^* = (\min(x, y))^*$$

$$x^* \supset y^* = x^{*d} \vee y^*, \quad (x^* \equiv y^*) = (x^* \supset y^*) \wedge (y^* \supset x^*),$$

სადაც $x^{*d} = \neg(-x)^*$ განსაზღვრავს დუალიზის ოპერატორს. იმპლიკაციის ასეთი განსაზღვრა არსებითია კომბინირებული ლოგიკური ფორმალიზმისათვის. შრომაში [3] ამორჩევის ფუნქცია გამოსახულია თანაფარდობით

$$\omega(x) = \text{def } C^s(s_1 \cdot \lambda) = R^s(s_1 \cdot \lambda), \quad s, s_1 \in \{+, -\}. \quad (4)$$

მაქსიმალურად გარანტირებული შეფასება $\omega(x)$ ცოდნის მნიშვნელობათა ყველა შემთხვევისათვის $x^* = R^\pm(\pm \lambda)$ შეიძლება გამოიხატოს ფორმულით, რომელიც უმნიშვნელოვანესია მთელი ფორმალიზმისთვის:

$$\omega(R^s(s_1 \cdot \lambda)^d) = \sim(s_1 \cdot \lambda + s \cdot \delta), \quad s, s_1 \in \{+, -\}. \quad (5)$$

$s \cdot \delta$ გამოსახულება გამოხატავს ცოდნის ზრდას, როგორც მიღებული გადაწყვეტილების შედეგს. ამრიგად, ყოველი ლოგიკური ოპერატორი არის არჩევანი და ამიტომ დაკავშირებულია ცოდნის გარკვეული რაოდენობის მიღებასთან.

ვიგულისხმობთ, რომ ალბათობათა განაწილების ფუნქცია $f(x)$ არის ნორმალური, მაშინ ფორმულა

$$F(x) = \int_{-1/2}^x f(x) dx, \quad x = s \cdot \lambda, \quad s = \{+, -\}$$

განსაზღვრავს ქეშმარიტობის შეფასების ზომას. x -ის კერძო შემთხვევებისათვის ვეჭვება შემდეგი ინტერპრეტაციები:

$F(-1/2) = 0$ – შეფასების აბსოლუტური უარყოფა;

$F(1/2) = 1$ – შეფასების უპირობოდ მიღება და

$F(0) = \varepsilon$ – საშუალო მნიშვნელობა $\omega(x)$ შეფასების განუზღვრელობის ზომისათვის. ნორმალური განაწილების $f(x)$ სიმეტრიულობა, როცა $\varepsilon = 1/2$, გვაძლევს გამოსახულებას:

$$\int_0^{1/2} f(x) dx = \frac{1}{2}, m_x = 0,$$

რაც იძლევა საშუალებას განისაზღვროს დისპერსიის σ მნიშვნელობა განტოლებიდან

$$p(0 \leq x < \frac{1}{2}) = \Phi(\frac{1/2}{\sigma\sqrt{2}}) = \frac{1}{2}. \quad (6)$$

საბოლოოდ მივიღებთ განაწილების ფუნქციის $f(x)$ სრულიად განსაზღვრულ სახეს

$$f(x) = 2\rho/\sqrt{\pi} \cdot \exp(-4\rho^2 x^2), \quad (7)$$

სადაც $\rho \approx 0,477$ არის (6) განტოლების ფესვი.

თუ $\omega(v)$ არის ლოგიკური წარმონათქმის ჰემმარიტობის შეფასება, მაშინ თანაფარდობები

$$\Delta(\omega(v) = T) = \int_{-1/2}^x f(x) dx, \quad \Delta(\omega(v) = F) = \int_x^{1/2} f(x) dx,$$

იძლევიან კვანტიფიკაციას მოდალური ოპერატორისა Δ – „შეიძლება“.

ზემოთ მოყვანილი ფორმალიზმის შემდეგმა გაფართოებამ უნდა მოიცვას ტიპების ცნება და ლოგიკური გამოსახულებების ინტენსიონალური ინტერპრეტაცია, იმ მიზნით, რომ გაუმჭობესდეს შესაძლო შეფასებები ტიპობრივ იერარქიაში ზევიდან ქვევით და ქვევიდან ზევით მსვლელობის დროს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ნ. მუსხელიშვილის სახ. გამოთვლითი
 მათემატიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Г.В. Кантария*. Сообщ. АН ГССР, 79, 2, 1975, 325-328.
2. *Г.В. Кантария*. Сообщ. АН ГССР, 80, 1, 1975, 65-67.
3. *Г.В. Кантария*. Сообщ. АН ГССР, 122, 2, 1986, 277-279.
4. *Г.В. Кантария*. Сообщ. АН ГССР, 122, 1, 1986, 61-64.
5. *Г.В. Кантария*. Кибернетика, 3, 1986, 123-124.
6. *Г.В. Кантария*. Сообщ. АН Грузии, 149, 1, 1994, 41-46.



ზ.გაბრიძიძე

ყინულის კრისტალში წყალბადური კავშირების წარმოქმნაში
მონაწილე წყლის მოლეკულების რხევების თავისებურებათა
გამოვლენა ალგზნები რეზონანსული (2537 Å) ხაზიდან 1700 სმ⁻¹-მდე
სიხშირეთა ინტერვალში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ხარაძემ 12.06.1997

ყინული წყალბადურკავშირებიანი კრისტალების ტიპური წარმომადგენელია. მისი უცნაური თვისებებისა და ჭერ კიდევ საკმაო საიდუმლოებებით მოცული კრისტალური სტრუქტურის შესწავლით საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა სხვადასხვა დარგის ბევრი წარმომადგენელია დაინტერესებული. რამდენადაც სპექტროსკოპიულ მეთოდს ნივთიერების სტრუქტურის წარმომქმნელ ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედების ძალების ხასიათის შესახებ მნიშვნელოვანი ცნობების მოცემა შეუძლია, თხევადი წყლისა და ყინულის რხევითი სპექტრები არაერთხელ იყო შესწავლის ობიექტი [1-5], მაგრამ სხვადასხვა ავტორების მიერ მიღებულ რხევით სპექტრებში აღმოჩენილი მაქსიმუმების წარმოშობის საკითხის გაგებაში ერთნაირი მიდგომა არ არსებობს.

წინამდებარე ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს ჩვენს მიერ ყინულის კრისტალის კომბინაციური გაბნევის სპექტრში 0-1700 სმ⁻¹ სიხშირეთა ინტერვალში დაკვირვებული მაქსიმუმების შესაძლო ინტერპრეტაცია. სპექტრები მიღებულია 260, 200 და 77 K ტემპერატურებზე. მათი მიღების მეთოდისა მოცემული იყო [5] ნაშრომში.

დაბალი სიხშირეების უბანში ყინულის სპექტრში 260 K ტემპერატურაზე აღმოჩენილ იქნა სამი ზოლი მაქსიმუმებით 60,230 და 310 სმ⁻¹-თან. მაქსიმუმი 230 სმ⁻¹ სპექტრში ინტენსიური დიფუზური ხაზითაა წარმოდგენილი, რომელიც დაახლოებით 100 სმ⁻¹ სიგანის ზოლზე ძვეს. ზოლი არ არის სიმეტრიული მაქსიმუმის მიმართ. იგი გაგრძელებულია მაღალი სიხშირეების მხარეს და მთავრდება საკმაოდ ინტენსიური 310 სმ⁻¹ სიხშირის დიფუზური ხაზით. უფრო მაღალი სიხშირეებისაკენ დაფიქსირებულია 50 სმ⁻¹-მდე სიგანის სუსტი ზოლი ცენტრით 550 სმ⁻¹-თან, ხოლო 600-800 სმ⁻¹ სიხშირეთა ინტერვალში პირველთან შედარებით უფრო ინტენსიური ზოლი ცენტრით 700 სმ⁻¹-თან. წყლის მოლეკულების დეფორმაციული რხევების უბანში ჩვენს მიერ დაკვირვებულია 120 სმ⁻¹-მდე სიგანის ზოლი, ცენტრით 1650 სმ⁻¹-თან.

კრისტალის ტემპერატურის შემცირებისას ზოლების სიგანე საგრძნობლად მცირდება, მაქსიმუმები ხდება უფრო მკვეთრი და რამდენიმე სმ⁻¹-ით წაინაცვლებენ მაღალი სიხშირეებისაკენ.

ჩვენ მიგვაჩნია, რომ დაკვირვებული მაქსიმუმების სწორი ინტერპრეტაცია შეიძლება O-H ვალენტური ჯგუფის რხევების უბანში აღმოჩენილი მაქსიმუმების წარმოშობის ასახსნელად. მე-[5] ნაშრომში ჩვენს მიერ გაკეთებული დაშვების საფუძველზე, რომლის თანახმადაც ყინულის კრისტალში, ისე როგორც წყალში, ორი ტიპის წყალბადური კავშირები უნდა არსებობდნენ. კერძოდ, წყლის მოლეკულების ერთი ჯგუფი ყინულისათვის დამახასიათებელი ნორმალური ტეტრაედრული სტრუქტურის წარმოქმნაში მონაწილეობს და წარმოშობს ნორმალურ (სწორ) წყალბადურ კავშირებს. წყლის მოლეკულების მეორე ჯგუფი კი. ე. წ. დეფექტურ (გალუნულ) წყალბადურ კავშირებს წარმოშობს. თავის დროზე ამ დაშვებას წყლის სტრუქტურის შესწავლით დაინტერესებული ერთ-ერთი მკვლევარის, ი. გურიკოვის საკმაოდ მძაფრი რეაქცია მოჰ-



ყვა, რომელმაც წარმოუდგენლად მიიჩნია ცინულის კრისტალში დეფექტური (გალუნული) წყალბადური კავშირების წარმოქმნაში მონაწილე წყლის მოლეკულების არსებობა [6]. დღეისათვის ჩვენი დაშვების სამართლიანობა დამტკიცებულია ინგლისელი მკვლევარების ლის და როსის მიერ, რომლებმაც ნეიტრონების არადრეკადი გაბნევის მეთოდით ცინულის კრისტალში დააფიქსირეს ე. წ. „ძლიერი“ და „სუსტი“ წყალბადური კავშირების არსებობა, თანაფარდობით 2:1 [7] და, ამდენად, ცინულის რხევით სპექტრში დაკვირვებული მაქსიმუმების წარმოშობის საკითხის გასაგებად საჭიროა არსებული რეალობის, ე. ი. ცინულის კრისტალში ამ ორი ტიპის წყალბადური კავშირების არსებობის გათვალისწინება.

ვღებულობთ რა მხედველობაში, რომ აღმგზნები რეზონანსული (2537 \AA) ხაზის მახლობლად 100 სმ^{-1} -მდე უბანში შეიძლება გამოვლინდეს წყალბადური კავშირის დეფორმაციული რხევები, ჩვენ მიგვაჩნია, რომ ცინულის სპექტრში 60 სმ^{-1} მაქსიმუმის მქონე ზოლი ასეთი რხევების გამოვლინებად უნდა იქნეს მიჩნეული. 230 და 310 სმ^{-1} სიხშირის მაქსიმუმები შესაბამისად მიკუთვნებული უნდა იქნეს დეფექტური (გალუნული) და ნორმალური (სწორი) წყალბადური კავშირების წარმოქმნაში მონაწილე მოლეკულების ტრანსლაციური რხევებისადმი. 550 და 700 სმ^{-1} -თან დაკვირვებული მაქსიმუმები კი – ამავე წყალბადური კავშირების წარმოქმნაში მონაწილე წყლის მოლეკულების ვიბრაციული რხევებისადმი. 1650 სმ^{-1} სიხშირის ზოლი, როგორც ზემოთ მივუთითეთ, განხილული უნდა იქნეს როგორც წყლის მოლეკულების დეფორმაციული რხევების გამოვლინება.

ავტორი მადლობას მოახსენებს ბატონ გიორგი მრევლიშვილს ცინულში სხვადასხვა წყალბადური კავშირების არსებობასთან დაკავშირებულ საკითხებზე სასარგებლო დისკუსიისათვის.

ქუთაისის ა. შერეთლის სახელობის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *В.М. Чулановский*. ДАН СССР. Т. 93, 1953, 25.
2. *В.И. Вальков, Г.А. Масленкова*. Опт. и Спектр., 1, 1956, 881.
3. *N. Ocktan*. Adv. Phys. 7, 1958, 199.
4. *M. J. Taylor, E. Walley*. J. Chem. Phys., 40, 1964, 1660.
5. *З.А. Габричидзе*. Опт. и Спектр., 19, 1965, 575.
6. *Ю.В. Гуриков*. В сб.: Структура и роль воды в живом организме. Ленинград, 1966, 103.
7. *J. Li, D. K. Ross*. Nature, 365, 1993, 327.



ა.პარასიმოვი, ბ.ჩირაძე, ნ.კუტივაძე, ა.ბიბილაშვილი, ზ.გოხოჩაძე

ჯედაპირული სისალის ანაბექტების ფორმირების რეჟიმის ბავლენა ფოტომეჰანიკური ეფექტის სიდიდემ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ჯ.ლომინაძემ 3.07.1997

ჩანერგვის მეთოდით მიკროსისალის (მს) გაზომვისას გამოსაკვლევ ნიმუშში ინდენტორის ჩანერგვის პროცესში უშუალოდ ანაბექტის მიმდებარე არე დეფორმირდება პლასტიკურად, ხოლო მიმდებარე უდფექტო არე იმყოფება დრეკადად დეფორმირებულ მდგომარეობაში [1,2]. დატვირთვის მოხსნისას ასეთი დეფორმაცია ნაწილობრივ რელაქსირდება, მაგრამ კოვალენტური ბმის მქონე კრისტალებისათვის, რომელთაც გააჩნიათ სისალის მაღალი მნიშვნელობები, მნიშვნელოვანი სიმყიფე და დაბალი პლასტიკურობა [3], ამ რელაქსაციას ჩვეულებრივ პირობებში მხედველობაში არ იღებენ, მაგრამ როგორც აღმოჩნდა, ფოტომეჰანიკური ეფექტის (ფმე) სიდიდის, კორექტული განსაზღვრისათვის მისი გათვალისწინება ხდება აუცილებელი [4].

მონოკრისტალური Si მაგალითზე დადგენილია, რომ თუ დატვირთვა იხსნება განათებული ზედაპირიდან, ანაბექტის კვალი (დიფონალის სიგრძე) მიიღება უფრო მცირე ზომის (შესაბამისად ფმე-ის სიდიდეს აქვს შემცირებული მნიშვნელობა), ვიდრე იმ შემთხვევაში, თუ დასაწყისში გამოვრთავთ სინათლეს და დროის გარკვეული შუალედის გასვლის შემდეგ მოვხსნით დატვირთვის. ექსპერიმენტის თანაბარ პირობებში ეს სხვაობა მეტია მცირე დატვირთვების და დიდი განათებულობების დროს [5].

მოცემულ ნაშრომში მოყვანილია იმ გამოკვლევების შედეგები, რომლებიც მიღებულ იქნა მს-ის ანაბექტების ზომების რელაქსაციის ანიზოტროპიის, ასევე დროითი და სპექტრული დამოკიდებულებების კვლევის შედეგად.

ექსპერიმენტები ტარდებოდა უდისლოკაციო, მონოკრისტალური Si-ის ნიმუშებზე, n-ტიპის გამტარობით და 200 ომი.სმ. კუთრი წინააღმდეგობით მს-ის გაზომვის წინ ნიმუშები მუშავდებოდა მექანიკურად და ქიმიურად, შემდეგ კი ხდებოდა მათი ვაკუუმში გამოწვა შემდგომი ნელი გაცივების პირობებში. მს-ის გაზომვები ტარდებოდა დანადგარ „Durimet“-ზე, ჩანერგვის მეთოდით, სტანდარტული ოთხწახნაგოვანი კნუპის პირამიდის გამოყენებით. დატვირთვა ინდენტორზე შეადგენდა 25 გ-ს. გამოიყენებოდა ორი სხვადასხვა სპექტრული შემადგენლობის სინათლე: ქვანთების ენერჯიებით Si-ის აკრძალული ზონის სიგანეზე მეტი ($h\nu > \Delta E_g$, რეჟიმი - 1) და ნაკლები ($h\nu < \Delta E_g$ რეჟიმი - 2). გამოსხივების ინტენსივობები შეირჩეოდა ისეთნაირად, რომ ორივე რეჟიმში ფმე-ის სიდიდეები, ანაბექტის დრეკადი აღდგენის გათვალისწინებით, ტოლი ყოფილიყო.

ექსპერიმენტების შედეგად ნაჩვენებია იქნა, რომ რეჟიმ-1-ში გამოსაკვლევ წახნაგზე ინდენტორის ადგილმდებარეობისაგან დამოუკიდებლად, მს-ის მნიშვნელობები ექსპონენციალურადაა დამოკიდებული იმ დროზე, რომლის განმავლობაშიც განათების შეწყვეტის შემდეგ ნიმუში იმყოფებოდა დატვირთვის ქვეშ, (სურ. ა). როგორც საკონტროლო გაზომვებმა გვიჩვენეს, სიბნელეში გამოსაკვლევ კრისტალის დატვირთვის ქვეშ დაყოვნების დროის გაზრდა იმ დრომდე, რომელიც გამოყენებული იყო ექსპერიმენტში განათების დროს, არ ცვლიდა ანაბექტის ზომებს. გარდა ამისა, აღმოჩნდა, რომ

* მს-ის ანიზოტროპია - არის მს-ის ცვლილება მონოკრისტალის წახნაგზე ინდენტორის ორიენტაციისაგან დამოკიდებულებით [6].



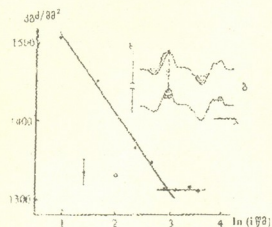
რეჟიმ-1-ში ანაბექტის ზომების რელაქსაცია ატარებს ანიზოტროპიულ ხასიათს (ცხრ.). რელაქსაციის სიდიდე $<100>$ მიმართულებისათვის მეტია, ვიდრე $<110>$ მიმართულებისათვის. აღსანიშნავია, რომ გამოსაკვლევ წახნაგზე ინდენტორის ადგილმდებარეობისაგან დამოუკიდებლად რეჟიმ-1-ში რელაქსაციის სიდიდე ყოველთვის მეტია, ვიდრე რეჟიმ-2-ში, ცხრ. შესაძლებელია, ეფექტის სიმცირის გამო, რეჟიმ-2-ში (მართალია ანაბექტის ზომების რელაქსაცია დაიკვირვება) დროითი დამოკიდებულების და ანიზოტროპიის აღმოჩენა არ ხერხდება.

ცხრილი

რელაქსაციის სიდიდე გამოხატულია, როგორც სხვაობა ფმე-ის სიდიდეებისა $\Delta[(H_{\text{სიბ}} - H_{\text{სინ}})/H_{\text{სიბ}}] \%$ - ებში $H_{\text{სიბ}}$ და $H_{\text{სინ}}$ არის მს-ის მნიშვნელობები შესაბამისად სიბნელეში და განათების პროცესში

გამოსხივების სპექტრული შემადგენლობა	$\Delta[(H_{\text{სიბ}} - H_{\text{სინ}})/H_{\text{სიბ}}] \%$ <100>	$\Delta[(F'_{\text{სიბ}} - H_{\text{სინ}})/H_{\text{სინ}}] \%$ <110>
$h\nu > \Delta E_g$ (რეჟიმი 1)	11	9
$h\nu < \Delta E_g$ (რეჟიმი 2)	6	6

მოყვანილი შედეგების ახსნა შეიძლება იმ მოსაზრებების საფუძველზე, რომლებიც მოცემულია [5, 7, 8] შრომებში. მათი გათვალისწინებით კოვალენტური ქიმიური ბმების მქონე კრისტალების დარბილებაზე პასუხისმგებელი არიან მუხტის არაწონასწორული გადამტანები, რომლებიც აღივანებიან სავალენტო ზონიდან - ე.წ. ანტიდამაკავშირებელი კვაზინაწილაკები: თავისუფალი ელექტრონი გამტარობის ზონაში და ხვრელი სავალენტო ზონაში. ნაშრომ [5]-ში ნაჩვენებია კორელაცია ფმე-ის სიდიდესა და შესაბამის ანტიდამაკავშირებელ კვაზინაწილაკთა კონცენტრაციას შორის. ანაბექტის რელაქსაციის შემცირება



სურ. ა - მს-ის მნიშვნელობების შემცირება დროში, რომლის განმავლობაში განათების შეწყვეტის შემდეგ ნიმუში იმყოფებოდა დატვირთვის ქვეშ (მოცემულ შემთხვევაში კნუპის პირამიდის დიდი დიაგონალი ემთხვევა $<100>$ მიმართულებას),
ბ - რეკომბინაციული გადასვლები კრისტალის ზედაპირულ ფენაში გამრუდებულ ზონებს შორის. E - ენერგია.
X - კოორდინატი ზედაპირის გასწვრივ.

ბა რეკომბინირდნენ აქტივაციური გზით, შესაბამისი ბარიერის გადალახვის შემდეგ (სურ. ბ). სწორედ ამიტომ განათების შეწყვეტის შემდეგ ზედაპირული ფენა ინარჩუნ-

ნებს დარბილებას გარკვეული დროის განმავლობაში [5]. ამით იხსნება ის ფაქტი, რომ დატვირთვის მომატებით რელაქსაციის ეფექტის სიდიდე მცირდება და ხდება გაუზომ-ვადი, ე. ი. კრისტალში ინდენტორის ჩანერგვის იმ სიღრმისათვის, სანამდეც ვრცელ-დება ზედაპირული ფენის ზონების არათანაბარი გამრუდება.

რელაქსაციის სიდიდე რეჟიმ-1-ში ყოველთვის მეტია, ვიდრე რეჟიმ-2-ში. იმის გამო, რომ რეჟიმ-1-ში სინათლე შთაინთქმება მეტწილად ანაბექტის უდფექტო არე-ში, ამიტომ დრეკადი დეფორმაცია განათებულ კრისტალში ვრცელდება ინდენტორი-დან მნიშვნელოვნად მეტ მანძილზე, ვიდრე სიბნელეში, ხოლო რეჟიმ-2-ში სინათლით დარბილება ხდება მხოლოდ დეფექტური არისათვის, რომელშიც დრეკადი დეფორმა-ციის წილი მცირეა. შესაბამისად დატვირთვის მოხსნის შემდეგ ანაბექტის დრეკადი აღდგენა რეჟიმ-1-ში მოხდება უფრო ეფექტურად, ვიდრე რეჟიმ-2-ში.

ახსნა იმისა, რომ ანაბექტის ზომების რელაქსაცია ხასიათდება ანიზოტროპიით, შეიძლება, თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ კოვალენტურ კავშირებიან კრისტალებში ანაბექტის წარმოქმნის პროცესში, ინდენტორის ზემოქმედების შედეგად ხდება ქიმიუ-რი ბმების კუმშვა, გაჭიმვა და შემობრუნება. მოცემულ წახანაგზე ინდენტორის იმ მდ-ბარეობისათვის, როცა მს მნიშვნელობა მაქსიმალურია, დომინირებს კუმშვის პროცე-სი, ხოლო როცა მს მინიმალურია – ქიმიური ბმების გაჭიმვისა და შემობრუნების პრო-ცესი [10]. კრისტალის განათებული ზედაპირიდან დატვირთვის მოხსნის პროცესში (რეჟიმი-1), როცა ხდება დრეკადი დაძაბულობების რელაქსაცია, დრეკად დეფორმი-რებული არის (რომელშიც ქიმიური ბმები იმყოფებიან მეტწილად შეკუმშულ მდგომა-რეობაში) გავლენა დეფექტურ არეზე არსებითად მეტი იქნება, ვიდრე იმ შემთხვევაში, როცა ქიმიური ბმები ისედაც შესუსტებული არის გაჭიმვის და შემობრუნების დე-ფორმაციებით.

ივ.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. Ю.С. Боярская, М.И. Вальковская. Микротвердость. Кишинев; Штинца, 1981, 67с.
2. В.П.Алехин, А.П.Терновский. Новое в области испытания на микротвердость. М., 1974, 29.
3. М.И.Вальковская, Б.М.Пуликаи, Э.Е.Марончук. Пластичность и хрупкость полупро вод-никовых материалов при испытаниях на микротвердость. Кишинев; Штинца, 1984. 100с.
4. G.C.Kuczynski, R.H.Hochman. Phys. Rev., 108, 1957, 946.
5. А.Б.Герасимов, З.В.Джибути, Г.Д.Чирадзе. Сообщения АН Грузии. 142, 1, 1991, 53.
6. П.Д.Уорен, С.Г.Робертс, П.Б.Хири. Изв. АН СССР. Сер. физ. 51, 4, 1987, 812.
7. И.Г.Гвердцители, А.И.Герасимов, З.В.Джибути, М.Г.Пакадзе. Поверхность. N11, 1985, 1327.
8. А.В.Gerasimov. Proceedings of the Fourth International Conference. Materials Science Forum Vols. New-York. V. 65-66, 1990, 47.
9. Вопросы радиационной технологии полупроводников. Под. ред. А.С.Смирнова. Новосибирск. 1980. 149с.
10. А.В.Gerasimov, G.D.Chiradze, N.G.Kutivadze. Bulletin of Kutaisi university. №2, 1996, 196.



რ. ჯოგაძე, რ. ზარიძე, ფ. შუბინიძე, დ. კომერენაძე, დ. მარტაშაძე, ა. შავოგალოვი

ელექტროსტატიკური განმუხტვისას გამოსხივებული ველების შედგენა აპერტურის მქონე ორბანჯომილებიან სხეულებზე

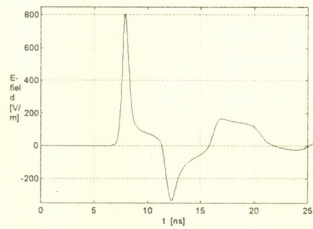
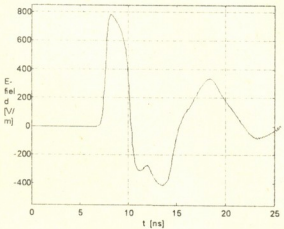
წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. სანაძემ 15.05.1997

წინამდებარე ნაშრომში შეისწავლება დამიწებული სიბრტყის მახლობლად განლაგებული ბრუნვითი სხეულების ელექტროსტატიკური განმუხტვისას გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ველის შედგენა აპერტურის მქონე იდეალურად გამტარ ცილინდრულ ეკრანებში.

განმუხტვის არასტაციონარული ელექტროდინამიკური პროცესის კომპიუტერული მოდელირებისას გამოყენებულია მომენტების მეთოდი დროით არეში. ეს ალგორითმი უზრუნველყოფს გამოთვლების საკმარისად კარგ სიზუსტეს, რასაც ადასტურებს სფეროიდისათვის გამოთვლილი დენებისა და ველების შედარება ექსპერიმენტულ მონაცემებთან [1-5].

შემდგომ ეტაპზე ხდება ცილინდრულ გარსში აპერტურიდან ველების შედგენის პროცესის მოდელირება როგორც სიხშირულ (სტაციონარული, მონოქრომატული პროცესები), ასევე დროით არეში (არასტაციონარული პროცესები). ასეთი განხილვა იძლევა გაცილებით უფრო სრულყოფილ ინფორმაციას მოცემული, არასტაციონარული პროცესების მიმდინარეობის შესახებ.

სივრცეში ელექტროსტატიკური განმუხტვისას გამოსხივებული ველების ანალიზი ძალზე მნიშვნელოვანია, რადგანაც გვაძლევს ინფორმაციას სივრცის იმ ლოკალური არის შესახებ, სადაც მგრძნობიარე აპარატურა შეიძლება გამოვიდეს მწყობრიდან. I სურათზე ნაჩვენებია განმუხტვისას სხვადასხვა მიმართულებით გამოსხივებული ელექტრული ველები.



სურ. 1. ელექტროსტატიკური განმუხტვისას გამოსხივებული ველი. განმუხტვა ხდება 5 კვ დამუხტული 0,31 მ – 0,05 მ ნახევარდერტების მქონე სფეროიდზე. არხის სიმაღლეა 0,6 მმ, გამოსხივება ხდება ა) 90° მიმართულებით; ბ) 30° მიმართულებით.

ეკრანის შიგნით ელექტრომაგნიტური ველის დროით ანალიზის სირთულის გამო, თავდაპირველად განვიხილოთ ველის ანალიზი სიხშირულ არეში.

შევისწავლოთ ცილინდრული სხეულის მიერ არამონოქრომატული ბრტყელი ტალღის გაბნევის ამოცანა. დაცემულ ველში ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექ-

ტორი ორიენტირებულია ცილინდრის მსახველის პარალელურად და დროზე ისევე დამოკიდებული, როგორც ელექტროსტატიკური განმუხტვისას გამოსხივებული ელექტრული ველის დაძაბულობა განმუხტვის არიდან რაღაც ფიქსირებულ მანძილზე.

ორგანზომილებიან ამოცანაში, როდესაც გამბნევი ზედაპირის მსახველი პარალელურია z ღერძისა, დაცემული ველი E -პოლარიზებულია ($\vec{E}^{inc} = n_z E^{inc}$) და არ არის დამოკიდებული z კოორდინატზე, მაშინ ჯამური ელექტრული ველი შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად [6]:

$$E(\vec{\rho}, t) = E^{inc}(\vec{\rho}, t) - \int_L dL \int_0^\infty \frac{F(\vec{\rho}_L, t - R_L/c)}{R_L} dz_L, \quad (1)$$

სადაც L მოცემული ცილინდრის განივკვეთია $R_L = \sqrt{|\vec{\rho} - \vec{\rho}_L|^2 + z_L^2}$, და

$$F(\vec{\rho}_L, t) = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\partial J_z(\vec{\rho}_L, t)}{\partial t},$$

J_z დენის ზედაპირული სიმკვრივეა. $\vec{\rho}$ და $\vec{\rho}_L$ წარმოადგენენ დაკვირვებისა და ინტეგრირების წერტილებს $z = 0$ სიბრტყეში.

თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ სრული ელექტრული ველის ტანგენციალური მდგენელი იდეალურად გამტარი სხეულის ზედაპირზე ნულის ტოლია, მაშინ უცნობი F ფუნქციის ("წყაროს ფუნქციის") პოვნის ამოცანა დაიყვანება შემდეგი ტიპის პირველი გვარის სინგულარული ინტეგრალური განტოლების ამოხსნაზე:

$$0 = E^{inc}(\vec{\rho}_L^*, t) - \int_L dL \int_0^\infty \frac{F(\vec{\rho}_L, t - R_{LL}^*/c)}{R_{LL}^*}, \quad (2)$$

სადაც $R_{LL}^* = |\vec{\rho}_L - \vec{\rho}_L^*|$ მანძილია L -კონტურის $M(x_L, y_L)$ წერტილიდან ამავე კონტურის $M(x_L^*, y_L^*)$ წერტილამდე.

ამ განტოლების რიცხვითი ამოხსნისათვის ნაშრომში გამოყენებულია მომენტების მეთოდი. ამისათვის, ცილინდრის განივკვეთი L დავყოთ თანაბარი სიგრძის რკალებად $\{L_m\}_{m=0}^M$ რომელთა შუა წერტილებია $\{x_m, y_m\}_{m=0}^M$. ამით ცილინდრის ზედაპირი დაიყოფა მართკუთხა $\Delta L_m \times \Delta z_L$ ფართობის მქონე უჯრედებად ისე, რომ $\Delta L_m = 2\Delta L$; $\Delta z_L = 2\Delta z$; $\Delta t = 2\Delta L/c = 2\Delta z/c$. თითოეულ უჯრედში დაცემული ველი და საძიებელი ფუნქცია ჩათვლილია მუდმივად და ისეთად, როგორიცაა ეს ფუნქცია უჯრედის ცენტრში.

გარდა ამისა, (2) ინტეგრალურ განტოლებაში ინტეგრალქვეშა ფუნქციას გააჩნია ინტეგრებადი განსაკუთრებულობა და რიცხვითი ალგორითმის ეფექტურობაზე დიდ გავლენას ახდენს ამ განტოლებაში თავის თავზე ზემოქმედების (წილი არასაკუთრივ ინტეგრალში იმ არისა სადაც ინტეგრირებისა და დაკვირვების წერტილები ერთმანეთს ემთხვევა) კორექტულად გათვალისწინება. ამიტომ სასურველია სათანადო ზედაპირული ინტეგრალი გამოითვალოს ანალიზურად. [6]-ის შესაბამისად (2)-ში ინტეგრების შემცველი შესაკრები მიახლოებით გადავწეროთ შემდეგნაირად:

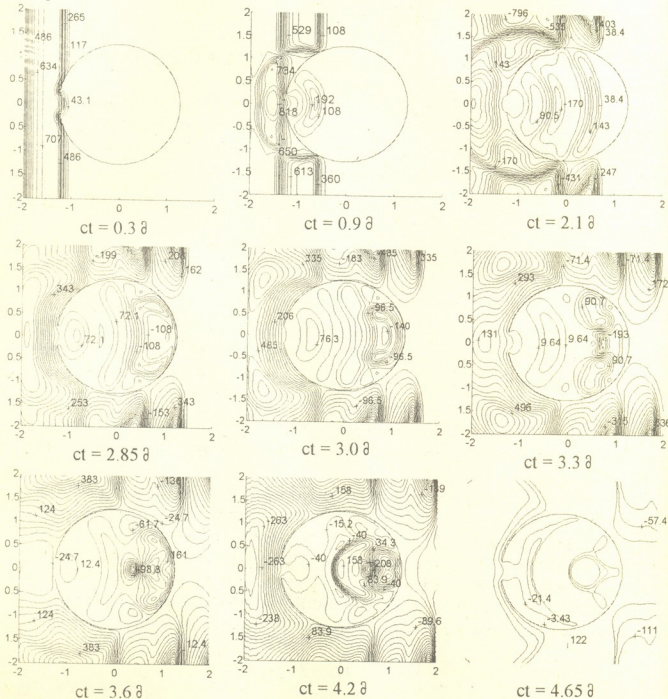
$$\iint_{L, z_L} \approx \sum_{m=0}^M \Delta L_m \sum_{n=0}^N \frac{F(\vec{\rho}_m, t)}{R_{mm}^n} \Delta z_n + F(\vec{\rho}_m^*, t_n) \iint_{L_m, 0}^{\Delta z},$$

სადაც ორმაგი ინტეგრალი $\iint_{L_m 0}^{\Delta z}$ ითვალისწინებს ინტეგრალურ განტოლებაში (2)

მცირე $2\Delta L \times 2\Delta z$ ზომის ფართის თავის თავზე ელექტრომაგნიტურ ზემოქმედებას. ინტეგრალი აღარ არის დამოკიდებული ინდექსზე m ზედაპირის თანაბარი ზომის უკრედეზად დაყოფის გამო, თუ მათი რაოდენობა საკმარისად დიდია, ამიტომ მისი გამოთვლა შესაძლებელია შემდეგი ფორმულით [6]:

$$\iint_{L_m 0}^{\Delta z} = \int_{-\Delta L}^{\Delta L} dl \int_0^{\Delta z} \frac{dz}{R} = 2\Delta L \ln \left(\frac{\Delta z}{\Delta L} + \sqrt{1 + \left(\frac{\Delta z}{\Delta L} \right)^2} \right) + 2\Delta z \ln \left(\frac{\Delta L}{\Delta z} + \sqrt{1 + \left(\frac{\Delta L}{\Delta z} \right)^2} \right), \quad (3)$$

სადაც $R = \sqrt{l^2 + z^2}$



სურ. 2. ელექტრული ველი მცირე აპერტურის მქონე ცილინდრული გარსის შიგნით. ($2\phi = 20^\circ, R = 1,26$ მ)



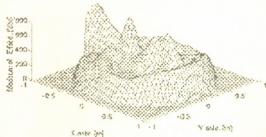
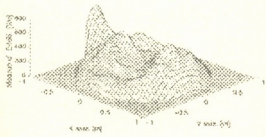
გარდა ამისა, ორი, არამეზობელი უჯრედის ურთიერთქმედების დაგვიანების ფაქტორის გამოყენებით არ გამოისახება დროითი ბიჯის Δt - ს მთელი რიცხვებით და ტოლია $\tau = t - \frac{R}{c} = (n + \gamma)\Delta t$, სადაც $0 \leq \gamma < 1$, ამიტომ აუცილებელი ხდება საძიებელი ფუნქციის დროში ინტერპოლაცია მთელ ბიჯებს შორის. ამ მიზნით გამოიყენება შემდეგი სახის საინტერპოლაციო ფორმულა:

$$F(\tau) = \frac{F_{n-1} - F_{n+1} - 2F_n}{2\Delta t^2} (\tau - t_n)(\tau - t_{n+1}) + \frac{F_{n+1} - F_n}{2\Delta t^2} (\tau - t_{n+1}) + F_{n+1},$$

სადაც $t_n = \Delta t \times (n - 1)$.

ზემოთ აღწერილი ალგორითმის ტესტირება მოხდა სხვადასხვა ტიპის გეომეტრიისათვის და სხვადასხვა დაცემული ველებისათვის. რიცხვითმა ექსპერიმენტმა გვიჩვენა საკმაოდ კარგი თანხვედრა [6,7]-ში წარმოდგენილ შედეგებთან წერიული და ხაზოვანი კვეთის მქონე ცილინდრებისათვის, რომელთა აღზნება ხდება გაუსური, ვიდრე ან რადიომპულსებით.

ალგორითმი საშუალებას იძლევა გამოვივალთ ცილინდრის მიერ გადასხივებული ველი სივრცის ნებისმიერ წერტილში და დროის ნებისმიერ მომენტში, აგრეთვე ცილინდრის ზედაპირზე ინდუცირებული ელექტრული დენი. ინფორმაციის უზარმაზარი რაოდენობა, რომლის მიღებაც შეიძლება ამ დროს, აქ წარმოდგენილია ისეთი სახით, რომ რაც შეიძლება ღრმად ჩავწვდეთ მოვლენის არსში (სურ. 2).



სურ. 3. ელექტრული ველის მაქსიმალური მნიშვნელობების განაწილება წერიული კვეთის მქონე გარსისათვის. აპერტურის კუთხური ზომაა 30° , ცილინდრის რადიუსია $R = 0,890$ მ, ა) განმუხტვისაგან 90° -ით გამოსხივებული ველი, ბ) 30° -ით გამოსხივებული ველი, (სურ. 1).

სურ. 3 წარმოდგენს ელექტრული ველების მაქსიმალური მნიშვნელობების განაწილებას ცილინდრის შიგნით.

ნაშრომიდან ჩანს, რომ ეკრანირების ხარისხზე დიდ გავლენას ახდენს თანაფარდობა ცილინდრის რადიუსსა და დაცემული ველის სივრცულ განფენილობას შორის. საკმარისად დიდი გარსებისათვის იმპულსის სპექტრის შემადგენელი სიხშირეების უმრავლესობა შესაძლებელია იყოს რეზონანსული. ნაშრომში წარმოდგენილი შედეგები ცხადყოფენ დროით არეში ჩატარებული ანალიზის აუცილებლობას. შემდგომ ნაშრომებში განხილული იქნება განსხვავებული ფორმის გარსებით სხვადასხვაგვარი ელექტროსტატიკური განმუხტვისას გამოსხივებული ველებისაგან მგრძნობიარე აპარატურის ეკრანირების პრობლემები.

ი.ჭავჭავიძის სახ. თსუ სოხუმის ფილიალი ი.ჭავჭავიძის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა



2. *R.Zaridze, D.Karkashadze, R.Jobava, D.Pommerenke, M.Aidam.* EOS/ESD Symposium Proceedings, Phoenix, USA, 1995, 95-100.
3. *R.Zaridze, D.Karkashadze, R.Jobava, D.Pommerenke.* M. Aidam. IEEE Trans. On Components, Packaging, and Manufacturing Technology, Part: C, vol. 19, No. 3, July 1996, 178-184.
4. *R.Jobava, D.Karkashadze, R.Zaridze, P.Shubitidze, D.Pommerenke, M.Aidam.* EOS/ESD Symposium Proceedings, Orlando, Florida USA, 1996, 203-210.
5. *R.Jobava, D.Karkashadze, P.Shubitidze, R.Zaridze, G.Bit-Babic, D.Pommerenke, M.Aidam.* EMC Symposium, Zurich, 1997, 109-114.
6. *N.J.Damaskos, R.T.Brown, J.Jameson, P.L.Uslenghi.* IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. AP-33, No. 1, 1985, 21-25.
7. *Р.Г.Джобавა, Р.С.Заридзе, Н.З.Адзинба, М.Н.Дорошенко, Д.Д.Каркашадзе.* Радиотехника и электроника. 36, 1, 1991, 11-17.

ზ. ჭავჭავაძის, ი. კობახიძის, ზ. ჩხეიძის

H₁₀ ტალღის დიფრაქცია დიელექტრიკული ფენისა და ცილინდრისაგან შემდგარ სისტემაზე

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ჯ. ლომინაძემ 2.10.1997

ზმს ნახევარგამტარული ხელსაწყოების განვითარებამ მეცნიერები მიიყვანა ზმს ინტეგრალური სქემების მიღებამდე, რომლებიც საჭიროებენ მანქანურ მოდელირებასა და ოპტიმიზაციას. მოდელირება წარმოადგენს სხვადასხვა აქტიური (ნახევარგამტარული ხელსაწყოები) და პასიური (ტალღამტარში მოთავსებული სხვადასხვა სახის არაერთგვაროვნებები) კომპონენტების მათემატიკურ ანალიზს [1]. მანქანური ანალიზი [2] არის მანქანური პროექტირების და ხელსაწყო მახასიათებლების შესწავლის [3] ყველაზე ცნობილი და გამოყენებული პროცესი.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ინტერესს წარმოადგენს დიელექტრიკული ფენისა და მასალისაგან შემდგარ სისტემაზე ძირითადი ტალღამტარული (H₁₀) ტალღის დიფრაქციის ამოცანის შესწავლა.

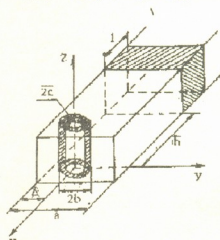
1. სისტემის მათემატიკური მოდელი. წრფივ ალგებრულ განტოლებათა უსასრულო სისტემა. დავუშვათ, რომ განსახილველ სისტემას $X > 0$ მიმართულებიდან ეცემა ელექტრომაგნიტური ტალღა, რომლის ელექტრული ველის მდგენელია

$$E_z = \sin \left[\frac{\pi}{a} (y + \Delta) \right] e^{ik_1 X}, \quad (1.1)$$

სადაც $K_1 = \sqrt{K_0^2 - \left(\frac{\pi}{a}\right)^2}$ დაცემული

ტალღის ტალღური რიცხვია (მიღებული გეომეტრიული პარამეტრები ნაჩვენებია 1 სურათზე).

ჩავწეროთ სისტემის მიერ გაბნეული ველი სხვადასხვა გარემოში:



სურ. 1. სწორკუთხა ტალღამტარში მოთავსებული დიელექტრიკული ფენისა და ცილინდრისაგან შემდგარი სისტემა

$$\begin{aligned} E_{z1} &= \sum_{j=1}^{\infty} (F_j + A_j) \sin \left[\frac{\pi j}{a} (y + \Delta) \right] e^{-ik_j X} + E_z \quad (x \leq -b) \\ E_{z2} &= \sum_{j=1}^{\infty} F_j \sin \left[\frac{\pi j}{a} (y + \Delta) \right] e^{-ik_j X} + E_z E_z^{(S)} \quad (-b \leq x \leq b) \\ E_{z3} &= \sum_{j=1}^{\infty} (E_j e^{ik_j X} + F_j e^{-ik_j X}) \sin \left[\frac{\pi j}{a} (y + \Delta) \right] + E_z \quad (b \leq x \leq h) \\ E_{z4} &= \sum_{j=1}^{\infty} \{ C_j e^{ih_j(X+h)} + D_j e^{-ih_j(X+h)} \} \sin \left[\frac{\pi j}{a} (y + \Delta) \right] \quad (h \leq x \leq h + 1) \end{aligned} \quad (1.2)$$

$$E_{z5} = \sum_{j=1}^{\infty} B_j e^{ik_j(X+h+1)} \sin \left[\frac{\pi j}{a} (y + \Delta) \right] \quad (x \geq h+1),$$

სადაც $K_j = \sqrt{K_0^2 - \left(\frac{\pi j}{a}\right)^2}$, $h_j = \sqrt{h_0^2 - \left(\frac{\pi j}{a}\right)^2}$ ტალღური რიცხვებია შესაბამისად თავისუფალ ტალღამტარსა და დიელექტრიკში. $A_j, B_j, C_j, D_j, E_j, F_j$ გაბნეული ველის დიფრაქციული სპექტრის კოეფიციენტებია შესაბამის არეებში.

გაბნეული ველი შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით [4]

$$E_z^{(9)} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} X_m \left\{ H_m^{(2)}(k_0 r_v) e^{im\varphi_v} - H_m^{(2)}(k_0 \rho_v) e^{-im\varphi_v} \right\} \quad (1.3)$$

X_m გაბნეული ველის მულტიპოლური კოეფიციენტებია. ველი ცილინდრის შიგნით წარმოდგება შემდეგნაირად:

$$E_z^{(S)} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} [P_m T_m(k'r_0) e^{im\varphi_0} + Q_m N_m(k'r_0) e^{im\varphi_0}] \quad (1.4 a)$$

- კოაქსიალური მეტალდიელექტრიკული ცილინდრის შემთხვევაში.

$$E_z^{(S)} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} R_m T_m(k'r_0) e^{im\varphi_0} \quad (1.4 b)$$

- დიელექტრიკული ცილინდრის შემთხვევაში და კოაქსიალური მეტალდიელექტრიკული ცილინდრისათვის $E_z^{(S)} = 0$, როცა $r_0 = C$

ამ პირობის გამოყენებით (1.4 a) შეგვიძლია ასე გადავწეროთ:

$$E_z^{(S)} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} R_m \Phi_m(k'r_0) e^{im\varphi_0}, \quad (1.5)$$

სადაც $R_m = -Q_m/T_m(k'C) = P_m/N_m(k'C)$

$$\Phi_m(k'r_0) = T_m(k'r_0)N_m(k'C) - T_m(k'C)N_m(k'r_0)$$

$$(1.4 b) \text{ და } (1.5) \text{ გავაერთიანოთ: } E_z^{(S)} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} R_m \Psi_m(k'r_0) e^{im\varphi_0},$$

სადაც $\Psi_m(k'r_0) = \begin{cases} T_m(k'r_0) - \text{დიელექტრიკული ცილინდრისათვის} \\ \Phi_m(k'r_0) - \text{მეტალდიელექტრიკული ცილინდრისათვის} \end{cases}$

ცილინდრული ფუნქციის შეკრების თეორემის, ცილინდრის ზედაპირზე ველის უწყვეტობის და გლუვობის პირობის მეშვეობით მივაღოთ დასმული ამოცანის ადეკვატურ ფუნქციურ განტოლებათა სისტემაზე, მისი შექცევისას ვღებულობთ:

$$X_n + a_n + \sum_{m=-\infty}^{\infty} Q_{mn} X_m + \sum_{m=-\infty}^{\infty} q_{jn} F_j + \sum_{j=[D]+1}^{\infty} P_{jn} F_j = 0 \quad (1.6)$$

თუ გამოვიყენებთ გრინის თეორემის ელექტროდინამიკურ ანალოგიას A_p და E_p კოეფიციენტებისათვის, მივიღებთ:

$$A_p = \begin{cases} 4/k_p a \sum_{m=-\infty}^{\infty} i^m \sin(p\delta + m\xi_p) X_m; P < [D] \\ 2/ik'_p a \sum_{m=-\infty}^{\infty} \{e^{ip\delta - \xi'_p} p - (-1)^m e^{-(ip\delta - \xi'_p)}\} X_m; P > [D] \end{cases} \quad (1.7)$$

$$E_p = \begin{cases} 4/k_p a \sum_{m=-\infty}^{\infty} i^{-m} \sin(p\delta - m\xi_p) X_m; P < [D] \\ 2/ik'_p a \sum_{m=-\infty}^{\infty} \{(-1)^m e^{ip\delta + \xi'_p} - e^{-(ip\delta + \xi'_p)}\} X_m; P > [D] \end{cases} \quad (1.8)$$

(1.8)-ს გათვალისწინებით (1.6)-ში გაბნეული ველის X_m მულტიპოლური კოეფიციენტებისათვის მივიღებთ წრფივ ალგებრულ განტოლებათა უსასრულო სისტემას

$$X_n + a_n + \sum_{m=-\infty}^{\infty} X_m T_{mn} = 0. \quad (1.9)$$

როგორც (1.7-1.8)-დან ჩანს, X_m -ს პოვნა განაპირობებს სისტემის მიერ გაბნეული ველის ყველა კოეფიციენტის პოვნას, ე. ი. (1.9)-ის ამოხსნისას შეგვიძლია განსახილველი სისტემის მიერ გაბნეული ველის პოვნა.

2. რიცხვითი შედეგები და მათი ფიზიკური ანალიზი. (1.9) სისტემა არის ფრედ-ჰოლმის მეორე გვარისა, ანუ ამოიხსნება რედუქციის მეთოდით. გამოთვლები გაკეთებულია IBM AT 286/87. როგორც გამოთვლებმა აჩვენეს, რედუქციის რიგი $N = 5$ უზრუნველყოფს ამოხსნის სიზუსტეს 1.01%, კრებადობა უარესდებოდა დიელექტრიკის ზომებისა და დიელექტრიკული შეღწევალობის ზრდის კვალობაზე. (სურ. 2, 3)-ზე მიღებულია არეკვლის კოეფიციენტის ($R = |r_+ + A_1|$) ტალღამეტარის ფარდობით სიგანეზე ($2a/\lambda_0$) დამოკიდებულების გრაფიკები. გრაფიკებიდან ჩანს, რომ სისტემა ზოგჯერ პრაქტიკულად მთლიანად ატარებს მასზე დაცემულ ენერგიას, ზოგჯერ კი აირეკლავს მას. წრედების თეორიის თანახმად, სისტემა შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც კომპლექსური დატვირთვა, რომლის წინააღმდეგობაცაა [5]

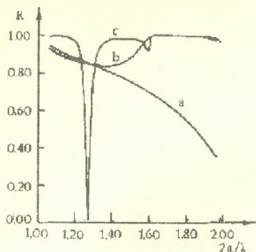
$$Z = W_0 1 + R/1 - R = R_S + i(X_L - X_C) \quad (2.1)$$

(W_0 ტალღამეტარის ტალღური წინააღმდეგობაა H_{10} ტალღაზე).

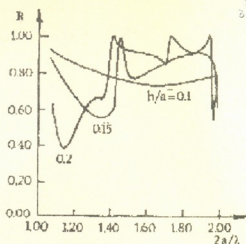
სისტემის ტალღური წინააღმდეგობის რეალური ნაწილი R_S თამაშობს გამოსხივების წინააღმდეგობის როლს, ხოლო $X = X_L - X_C$ წარმოსახვითი ნაწილი ასრულებს რეაქტიული წინააღმდეგობის როლს. როდესაც $X_L > X_C$ რეაქტიული წინააღმდეგობა ატარებს ინდუქტიურ ხასიათს, ხოლო $X_L < X_C$ შემთხვევაში - ტევადობითს. გრაფიკების დაღმავალი შტოები შეესაბამება არაერთგვაროვნების გამტარებლობის რეაქტიული ნაწილის ინდუქტიურ ხასიათს ($X_L > X_C$), ე. ი. სისტემა უპირატესად აგროვებს მაგნიტურ ენერგიას. აღმავალი შტოებისათვის გამტარებლობით რეაქტიული ნაწილი ატარებს ტევადობით ხასიათს ($X_L < X_C$). ასეთ შემთხვევაში კი სისტემა უპირატესად აგროვებს ელექტრულ ენერგიას [6]. ზოგადად ის კომპლექსური სიდიდეა, ანუ $R = R' + jR''$. თუ R -ს ამ მნიშვნელობას შევიტანთ (2.1)-ში, მივიღებთ:

$$V(d/\lambda_0, \Delta/a, b/a, c/b, h/a, l/a, E_{\Phi}, E_0) = \text{Re}(R) = \frac{1 - R'^2 + R''^2}{(1 - R')^2 - R''^2} \quad (2.2)$$

$$U(d/\lambda_0, \Delta/a, b/a, c/b, h/a, l/a, E_{\Phi}, E_0) = \text{Im}(R) = 2R'R'' / [(1 - R')^2 - R''^2]$$



სურ. 2. არეკვლის კოეფიციენტის სიხშირულ პარამეტრზე დამოკიდებულების გრაფიკი შემდეგი პარამეტრებისათვის $\Delta/a = 0,25$; $b/a = 0,2$; $h/a = 1,3$; $1/a = 0,2$; $E_0 = 5,4$, $E_0 = 5,4$



სურ. 3. არეკვლის კოეფიციენტის სიხშირულ პარამეტრზე დამოკიდებულების გრაფიკი შემდეგი პარამეტრებისათვის $\Delta/a = 0,3$; $c/b = 0,05$; $h/a = 0,3$; $1/a = 0,1$; $E_0 = 5,4$; $E_0 = 5,4$

(2.2)-ზე დაყრდნობით მივუთითოთ წინააღმდეგობის და ტალღამეტარის შეთანხმების პირობები. მართლაც, ამ შემთხვევაში დატვირთვის წინააღმდეგობის რეაქტიული ნაწილი უნდა იყოს 0-ის ტოლი ($X_C - X_L = 0$), ხოლო აქტიური ნაწილი კი - ტალღამეტარის ტალღური წინააღმდეგობისა ($R_\Sigma = W_0$).

აქედან ვღებულობთ $V(d/\lambda_0, \Delta/a, b/a, c/b, h/a, E_0, E_0) = 0$

$$U(d/\lambda_0, \Delta/a, \Delta/a, c/b, h/a, 1/a, E_0, E_0) = W_0 \quad (2.3)$$

ფიქსირებული 6 პარამეტრისათვის მაგ. ($d/\lambda_0, b/a, c/b, 1/a, E_0, E_0$) ეს სისტემა დანარჩენი 2 პარამეტრისათვის განიხილება ალგებრულ განტოლებათა სისტემის სახით. ამგვარად, ნაპოვნი მნიშვნელობები მოგვცემს სისტემისა და ტალღამეტარის შეთანხმების სრულ გარანტიას. სისტემაზე დაცემული მთელი ენერგია წინააღმდეგობის გარეშე გავა სისტემის მიღმა. სურ. 2-ზე წარმოდგენილია არეკვლის (R) კოეფიციენტის სიხშირულ პარამეტრზე ($2a/\lambda_0$) დამოკიდებულების გრაფიკები, დიელექტრიკული ფენისა და დიელექტრიკული ცილინდრის შემთხვევაში. (ა) გრაფიკი შეესაბამება ცალკე აღებულ დიელექტრიკული ფენის შემთხვევას, (ბ) - მხოლოდ დიელექტრიკული ცილინდრისა, (გ) - მთლიანად სისტემისა. როგორც სურ. 2-დან ჩანს, სისტემას აღნიშნული პარამეტრებით გააჩნია ფართოზოლიანობის თვისება.

$1 < 2a/\lambda_0 \leq 1,24$; $1,36 \leq 2a/\lambda_0 < 2$ ზოლებში არეკვლის კოეფიციენტი მინიმალურია, როდესაც $2a/\lambda_0 \approx 1,58$ და ამ შემთხვევაში არეკვლილი ენერგია $\approx 0,92$ -ია, ამიტომ ამ ზოლებში სისტემა პრაქტიკულად მთლიანად აირეკლავს მასზე დაცემულ ენერგიას. როდესაც $2a/\lambda_0 = 1,26$ სისტემა მთლიანად ატარებს დაცემულ ენერგიას. ზემოთქმულიდან გამომდინარე, სისტემა აღნიშნული პარამეტრებით განიხილება, როგორც ზმს ფილტრი.

სურ. 3-ზე მოცემულია არეკვლის კოეფიციენტის სიხშირულ პარამეტრზე დამოკიდებულების გრაფიკები დიელექტრიკული ფენისა და მეტალდიელექტრიკული ცილინდრისათვის. გრძელტალღოვან დიაპაზონში ($2a/\lambda_0 - 1 \ll 1$) სისტემა მთლიანად აირეკლავს მასზე დაცემულ ენერგიას. ეს განპირობებულია ამ დიაპაზონში მეტალდიელექტრიკული ცილინდრის ამრეკლი თვისებებით.

ლიტერატურა

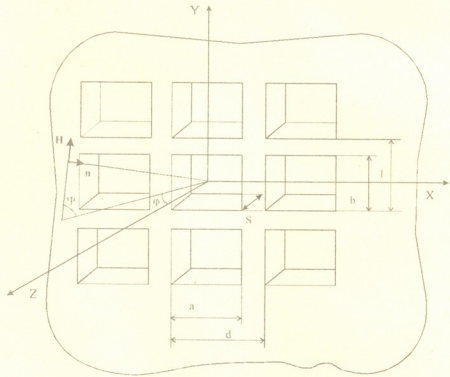
1. *P.Silvester, Z.J.Csendes.* IEEE, Trans Microwave Theory Tech., V. MTT-22, 1974.
2. *V.A.Monaco, B.Teberio.* Ibid.
3. *J.W.Bandler, R.T.Seviora.* Ibid. Vol. MTT-20, 1972.
4. *Ф.Г.Богданов, Г.Ш.Кеванишвили, Г.В.Кекелия, Н.М.Курдиани*(Т. ГПИ, № 6, (335), 1989.
5. *Г.В.Кекелия.* Автореферат канд. дисс., Тбилиси, 1989.
6. *Ф.Г.Богданов.* Автореферат докт. дисс., Тбилиси, 1993.

ზ.სიყმაზვილი, ი.სიყმაზვილი, ო.ცაბარაიშვილი

გრტყელი ელექტრომაგნიტური ტალღის დიფრაქცია სხსრული სისქის პარფორირებულ ეკრანზე

წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ.სანაძემ 1.04.997

დავუშვათ თავისუფალ გარემოში პარამეტრებით ϵ , μ , σ მოთავსებულია XOY სიბრტყეში უსასრულო ზომის, იდეალური გამტარებლობის მქონე, ბრტყელი S სისქის ეკრანი (სურ. 1), რომელშიც d და l პერიოდით გაკეთებულია, ϵ_1 დიელექტრიკული შეღწევადობის მქონე ნივთიერებით შევსებული მართკუთხა პროფილის გამჭოლი ჭრილები.



სურ. 1.

მოცემულ სისტემას $Z > 0$ მხრიდან ეცემა ბრტყელი ელექტრომაგნიტური ტალღა, მაგნიტური (H) და (E) ვექტორების კომპონენტებით:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_{x0} = -\frac{\alpha_1 \alpha_2}{\sqrt{1 - \alpha_2^2}} \exp ik(\alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 z) \\ H_{y0} = \sqrt{1 - \alpha_2^2} \exp ik(\alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 z) \\ H_{z0} = -\frac{\alpha_2 \alpha_3}{\sqrt{1 - \alpha_2^2}} \exp ik(\alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 z) \\ E_{x0} = -W \frac{\alpha_3}{\sqrt{1 - \alpha_2^2}} \exp ik(\alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 z) \\ E_{y0} = 0 \\ E_{z0} = -W \frac{\alpha_1}{\sqrt{1 - \alpha_2^2}} \exp ik(\alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 z) \end{array} \right. \quad (1)$$

სადაც $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ მიმართულებითი კოსინუსებია ($\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 = 1$) და განისაზღვრებიან დაცემის კუთხის - φ -ის და H -ის დახრის კუთხის - ψ -ის საშუალებით $\alpha_1 = \sin\varphi \sin\psi, \alpha_2 = \cos\varphi, \alpha_3 = -\cos\varphi \sin\varphi$ ($0 < \psi < 90^\circ; 0 \leq \varphi < 90^\circ$)

$$W = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}, k = \omega \sqrt{\epsilon\mu} \quad (\omega - \text{წრიული სიხშირე}).$$

გაზნეული ველი, რომელიც წარმოადგენს ჰელმჰოლცის განტოლების ამოხსნას, და ამკაყოფილებს გლუვობის, უწყვეტობის, პერიოდულობისა და ზომერფილდის პირობებს, შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით [1]:

$$\begin{cases} H_{x1} = H_{x0} + \sum_{m,n=-\infty}^{\infty} B_{mn} \exp\psi_{mn} \\ H_{y1} = H_{y0} + \sum_{m,n=-\infty}^{\infty} A_{mn} \exp\psi_{mn} \\ H_{z1} = H_{z0} + \sum_{m,n=-\infty}^{\infty} C_{mn} \exp\psi_{mn} \end{cases} \quad Z \geq 0 \quad (2)$$

$$\begin{cases} H_{x3} = \sum_{m,n=-\infty}^{\infty} \tilde{B}_{mn} \exp\varphi_{mn} \\ H_{y3} = \sum_{m,n} \tilde{A}_{mn} \exp\varphi_{mn} \\ H_{z3} = \sum_{m,n} \tilde{C}_{mn} \exp\varphi_{mn} \end{cases} \quad Z \leq -S \quad (3)$$

სადაც $\psi_{mn} = i(h_m x + h_n y + h_{mn} z); \varphi_{mn} = i(h_m x + h_n y - h_{mn}(z+s)); h_m = k\alpha_1 + 2\pi m/d; h_n = k\alpha_2 + 2\pi n/l; h_{mn} = \sqrt{k^2 - h_m^2 - h_n^2}; (\text{Re}h_{mn} > 0, \text{ხოლო თუ } \text{Re}h_{mn} = 0, \text{მაშინ } Y_m h_{mn} > 0).$

E -ის კომპონენტები შეიძლება განვსაზღვროთ მაქსველის განტოლებებიდან (2), (3)-ის გამოყენებით.

ვინაიდან ღრიტოები წარმოადგენენ S სიგრძის ტალღამტარებს, ამიტომ ველი თითოეულის შიგნით შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ:

$$\begin{cases} H_{x2} = -\xi_{mn} \sum_{p,q=0}^{\infty} \frac{1}{k_{pq}^2} \left(i\omega\epsilon_1 \frac{\pi q}{b} \tilde{T}_{pq}^+ + \gamma \frac{\pi p}{a} T_{pq}^- \right) \sin\Delta_{mp} \cos\beta_{nq} \\ H_{y2} = \xi_{mn} \sum_{p,q=0}^{\infty} \frac{1}{k_{pq}^2} \left(i\omega\epsilon_1 \frac{\pi p}{a} \tilde{T}_{pq}^+ - \gamma \frac{\pi q}{b} T_{pq}^- \right) \cos\Delta_{mp} \sin\beta_{nq} \\ H_{z2} = \xi_{mn} \sum_{pq} T_{pq}^+ \cos\Delta_{mp} \cos\beta_{nq} \end{cases} \quad 0 < Z < -S \quad (4)$$

$$\begin{cases} E_{x2} = \xi_{mn} \sum_{pq} \frac{1}{k_{pq}^2} \left(\gamma \frac{\pi p}{a} \tilde{T}_{pq}^- - i\omega\mu \frac{\pi q}{b} T_{pq}^+ \right) \cos\Delta_{mp} \sin\beta_{nq} \\ E_{y2} = \xi_{mn} \sum_{p,q} \frac{1}{k_{pq}^2} \left(\gamma \frac{\pi q}{b} \tilde{T}_{pq}^- + i\omega\mu \frac{\pi p}{a} T_{pq}^+ \right) \sin\Delta_{mp} \cos\beta_{nq} \\ E_{z2} = \xi_{mn} \sum_{pq} \tilde{T}_{pq}^+ \sin\Delta_{mp} \sin\beta_{nq} \end{cases}$$

სადაც $T_{pq}^+ = X_{pq} e^{\gamma z} + Y_{pq} e^{-\gamma z}, T_{pq}^- = X_{pq} e^{\gamma z} - Y_{pq} e^{-\gamma z}, \tilde{T}_{pq}^+ = \tilde{X}_{pq} e^{\gamma z} + \tilde{Y}_{pq} e^{-\gamma z}, \tilde{T}_{pq}^- = \tilde{X}_{pq} e^{\gamma z} - \tilde{Y}_{pq} e^{-\gamma z}; \gamma = \gamma_{pq} = \sqrt{k_{pq}^2 - k_1^2}; k_{pq}^2 = (\pi p/a)^2 + (\pi q/b)^2, k_1^2 = k_2^2 \epsilon_1;$

$$\xi_{mn} = \exp[ik(\alpha_1 md + \alpha_2 nl)]; \Delta_{mp} = \frac{\pi p}{a} \left(x - md + \frac{a}{2} \right); \beta_{nq} = \frac{\pi q}{b} \left(y - nl + \frac{b}{2} \right) \quad p = q \neq 0$$

$X_{pq}, \tilde{X}_{pq}, Y_{pq}, \tilde{Y}_{pq}$ - ტალღამტარის ბოლოებზე არეკვლის კოეფიციენტები.

სასაზღვრო პირობების გამოყენებით მივიღებთ ფუნქციონალურ განტოლებას, რომელიც პროექციული მეთოდით და სათანადო გადაწყვანი ფუნქციების შერჩევით დაიყვანება უსასრულო წრფვე ალგებრულ განტოლებათა სისტემაზე [2].

$$\begin{cases} H_\nu H_\mu Z_{\nu\mu}^\pm + (H_{\nu\mu}^2 + H_\nu^2) t_{\nu\mu}^\pm - H_\mu r_{\nu\mu} \sum_{m,n=-\infty}^{\infty} (D_{mn}^{(1)} t_{mn}^\pm + D_{mn}^{(2)} Z_{mn}^\pm) = V_{\nu\mu}^{(1)} \\ (H_{\nu\mu}^2 + H_\nu^2) Z_{\nu\mu}^\pm + H_\nu H_\mu t_{\nu\mu}^\pm - H_\nu r_{\nu\mu} \sum_{m,n} (D_{mn}^{(3)} t_{mn}^\pm + D_{mn}^{(4)} Z_{mn}^\pm) = V_{\nu\mu}^{(2)} \end{cases} \quad (5)$$

($\nu, \mu = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$),

სადაც:

$$Z_{mn}^\pm = A_{mn} \pm \tilde{A}_{mn}; \quad t_{mn}^\pm = B_{mn} \pm \tilde{B}_{mn}$$

$$D_{mn}^{(1)} = \sum_{p=1}^{\infty} \frac{p^2}{\Gamma \tilde{K}_{pq}^2} \hat{R}_{\nu\mu}^{pq} \left\{ \frac{th\pi\delta\Gamma}{cth\pi\delta\Gamma} \right\} H_n \hat{R}_{mn}^{pq} - \left\{ \left(\frac{\theta_2 \chi_2}{\theta_1 \chi_1} \right)^2 p^2 - \frac{1}{\varepsilon_r} \Gamma^2 q^2 \right\} (2 - \delta_{q0});$$

$$D_{mn}^{(2)} = \sum_{p=1}^{\infty} \frac{p^2 q^2}{\Gamma} \hat{R}_{\nu\mu}^{pq} \left\{ \frac{th\pi\delta\Gamma}{cth\pi\delta\Gamma} \right\} H_m \hat{R}_{mn}^{pq} (2 - \delta_{p0});$$

$$D_{mn}^{(3)} = \sum_{p=0}^{\infty} \frac{p^2 q^2}{\Gamma} \hat{R}_{\nu\mu}^{pq} \left\{ \frac{th\pi\delta\Gamma}{cth\pi\delta\Gamma} \right\} H_n \hat{R}_{mn}^{pq} (2 - \delta_{q0});$$

$$D_{mn}^{(4)} = \sum_{p=1}^{\infty} \frac{q^2}{\Gamma \tilde{K}_{pq}^2} \hat{R}_{\nu\mu}^{pq} \left\{ \frac{th\pi\delta\Gamma}{cth\pi\delta\Gamma} \right\} \left\{ \left(\frac{\theta_1 \chi_1}{\theta_2 \chi_2} \right)^2 q^2 - \frac{1}{\varepsilon_r} \Gamma^2 p^2 \right\} H_m \hat{R}_{mn}^{pq} (2 - \delta_{q0});$$

$$V_{\nu\mu}^{(1)} = \alpha_1 \sum_{p=0}^{\infty} \left\{ \frac{\alpha_2^2}{\sqrt{1-\alpha_2^2}} \left[\left(\frac{\theta_2 \chi_2}{\theta_1 \chi_1} \right)^2 p^2 - \frac{1}{\varepsilon_r} \Gamma^2 q^2 \right] \frac{2-\delta_{q0}}{\tilde{K}_{pq}^2} - 2\sqrt{1-\alpha_2^2} q^2 \right\} \frac{p^2}{\Gamma} \times \\ \times \hat{R}_{\nu\mu}^{pq} \hat{R}_{00}^{pq} \left\{ \frac{th\pi\delta\Gamma}{cth\pi\delta\Gamma} \right\} H_\mu r_{\nu\mu}$$

$$V_{\nu\mu}^{(2)} = \alpha_1 \sum_{p=0}^{\infty} \left\{ \frac{2\alpha_2^2}{\sqrt{1-\alpha_2^2}} p^2 - \sqrt{1-\alpha_2^2} \left[\left(\frac{\theta_2 \chi_2}{\theta_1 \chi_1} \right)^2 q^2 - \frac{1}{\varepsilon_r} \Gamma^2 q^2 \right] \frac{2-\delta_{p0}}{\tilde{K}_{pq}^2} \right\} H_\nu r_{\nu\mu} \times \\ \times \frac{q^2}{\Gamma} \hat{R}_{\nu\mu}^{pq} \hat{R}_{00}^{pq} \left\{ \frac{th\pi\delta\Gamma}{cth\pi\delta\Gamma} \right\} - \frac{\alpha_3}{\sqrt{1-\alpha_2^2}} H_\nu \delta_{\nu 0} \delta_{\mu 0};$$

$$\chi_1 = d/l, \chi_2 = l/\lambda, \theta_1 = a/d, \theta_2 = b/l, \delta = s/l.$$

$$r_{\nu\mu} = \frac{16i}{\pi^4} \frac{\theta_1 \theta_2}{\epsilon_r} H_{\nu\mu};$$

$$H_\nu = \alpha_1 + \frac{\nu}{\chi_1}; H_\mu = \alpha_2 + \frac{\mu}{\chi_2}; H_{\nu\mu} = \sqrt{1 - H_\nu^2 - H_\mu^2}; \Gamma = \Gamma_{pq} = \sqrt{\tilde{K}_{pq}^2 - \epsilon_r};$$

$$\tilde{K}_{pq}^2 = \left(\frac{p}{2\chi_1\theta_1} \right)^2 + \left(\frac{q}{2\chi_2\theta_2} \right)^2;$$

$$\hat{R}_{mn}^{pq} = \frac{\sin[p - 2(m + \alpha_1\chi_1)\theta_1] \frac{\pi}{2} \sin[q - 2(n + \alpha_2\chi_2)\theta_2] \frac{\pi}{2}}{[p^2 - 4(m + \alpha_1\chi_1)^2\theta_1^2][q^2 - 4(n + \alpha_2\chi_2)^2\theta_2^2]};$$

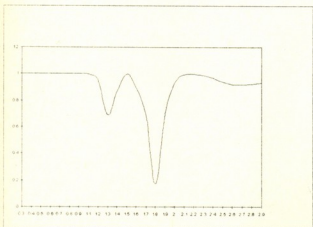
(5) განტოლებათა სისტემის მატრიცული ელემენტები და თავისუფალი წევრები აკმაყოფილებენ ცნობილ პირობებს, რაც საშუალებას იძლევა ამოხსნათ იგი რედუქციის მეთოდით.

რიცხვითი შედეგები. უსასრულო სისტემა (5) ამოხსნილ იქნა ნულოვან მიახლოებაში პირობით, რომ $\varphi = 0$ და $\psi = 90^\circ$ (პირველადი ტალღის ნორმალური დაცემა). მარტივი გარდაქმნების გზით მივიღებთ:

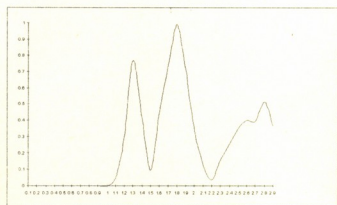
$$Z_{00}^\pm = \left\{ 1 \mp i \frac{8\theta_1\theta_2}{\pi^2\epsilon_r} \sum_{q=1,3,5}^N \frac{\left[\frac{\operatorname{tg}\left(\pi\delta\sqrt{\epsilon_r - (q/2\chi_2\theta_2)^2}\right)}{\operatorname{ctg}\left(\pi\delta\sqrt{\epsilon_r - (q/2\chi_2\theta_2)^2}\right)} \right]^{-1}}{q^2\sqrt{\epsilon_r - (q/2\chi_2\theta_2)^2}} \right\}^{-1} \quad (6)$$

აქედან კი შეიძლება განვსაზღვროთ არეკვლის $|A_{00}|$ და გატარების $|\tilde{A}_{00}|$ კოეფიციენტები ძირითადი ტალღისათვის.

მე-2,3 სურათებზე მოცემულია აღნიშნული კოეფიციენტების $\chi = \chi_1 = \chi_2$ პარამეტრებზე დამოკიდებულების გრაფიკები, ($\epsilon_r = 1$, $\theta_1 = \theta_2 = 0,5$, $\delta = 3$) რომლებიც მიღებულია (6) ფორმულის საშუალებით.



სურ. 2 არეკვლის კოეფიციენტის $|A_{00}|$ დამოკიდებულება χ -ზე



სურ. 3 გატარების კოეფიციენტის $|\tilde{A}_{00}|$ დამოკიდებულება χ -ზე

გრაფიკული მასალის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გრძელტალღოვან დიაპაზონში ($\chi < 1$) აღგილი აქვს ეკრანიდან სრულ არეკვლას, რაც განპირობებულია ღრეკოს ისეთი ზომებით, რომელიც მასში ტალღის გატარების საშუალებას არ იძლევა.

ტალღის სიგრძის შემცირებასთან ერთად ($\chi > 1$) იწყება დაცემული ველის ნაწილობრივი გაქონვა ეკრანის ჩრდილოვან მხარეს ($|\tilde{A}_{00}| \neq 0$).

მეტად მნიშვნელოვანია ის შედეგი, რომ ტალღის სიგრძის გარკვეულ მნიშვნელობათა დიაპაზონში ხდება ველის ენერგიის დაახლოებით 80-90%-ის გავლა.

ამგვარად, მოცემული ეკრანი წარმოგვიდგება როგორც ერთგვარი ფილტრი, რომელიც ატარებს ელექტრომაგნიტურ ტალღებს გარკვეული სიხშირის ზევით.

დასმული ამოცანის ამოხსნით მიღებული შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ზოგიერთი ანტენური სისტემებისა და ზმს გენერატორებისა და ამაჩქარებლების კონსტრუირებისათვის.

ივ.ჭავჭავაძის სახ. თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Г.Ш.Кеванишвили, З.И.Сикмашвили, О.П.Цагареишвили*. Краткие тексты докладов VII Всесоюзного симпозиума. Ростов-на-Дону, 1977 т.з. Москва, 1977.
2. *В.П.Шестопалов, Л.Н.Литвиенко, С.А.Масалов, В.Г.Солозуб*. Дифракция волн на решетках. Харьков, 1973.



ო.აზულაძე, ვ.ჯაფიანიშვილი, რ.ინასარიძე, ლ.სიგუა, რ.ჰილაძე

იუპიტერის გალილეისეული თანამგზავრების ელექტროკოლარიმეტრული და ელექტროფოტომეტრული გამოკვლევა

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ე.ხარაძემ 8.09.1997

გამოკვლევათა პოლარიმეტრული მეთოდი უატმოსფერო კოსმოსური სხეულების დისტანციური დიაგნოსტიკის ერთ-ერთი ძირითადი მეთოდთაგანია, რადგანაც პოლარიმეტრული დაკვირვებები შეიცავენ მეტად მნიშვნელოვან ინფორმაციას ამ ობიექტთა ზედაპირების სტრუქტურისა და შედგენილობის შესახებ (თუმცა ასეთი ინფორმაციის სრული გაშიფვრა გარკვეულწილად ჯერ კიდევ ლიმიტირებულია ფენილისებრ გარემოში სინათლის გაბნევის საკმარისად დამუშავებული ფიზიკური მეთოდების უქონლობით).

პლანეტების კაშკაშა თანამგზავრთა პოლარიზაციული გაზომვები აბასთუმნის ობსერვატორიაში ჩატარდა ჯერ კიდევ სამოცდაათიან წლებში [1], 1981-1988 წლებში განხორციელდა იუპიტერის გალილეისეული თანამგზავრების დიდი მოცულობის პოლარიმეტრული დაკვირვებები სპექტრის ცალკეულ უბნებში 3600 Å -დან 8000 Å-მდე [2]. გარდა ამისა, ეპიზოდურად ტარდებოდა კვანძინქრონული ელექტროპოლარიმეტრული და ელექტროფოტომეტრული გაზომვები. 1989 წლიდან ამ თანამგზავრთა დაკვირვებებს ვაწარმოებთ შეძლებისდაგვარად.

თანამგზავრთა პოლარიზაციული თვისებების გამოსაკვლევად გამოყენებული იყო პოლარიმეტრი „ასეპ-78“ [3], 40 სმ რეფრაქტორთან ($f = 6800$ მმ) ან 125 სმ „აზტ-11“ რეფლექტორთან ($f = 15984$ მმ) კომპლექსში, ხოლო ფოტომეტრული თვისებების გამოსაკვლევად-ელექტროფოტომეტრი „აფმ-6“ 48-სმ რეფლექტორთან ($f = 7715$ მმ) კომპლექსში [4].

რამდენადაც აქამდე არ არსებობს პოლარიზაციულ დაკვირვებათა ანალიზის საყოველთაოდ მიღებული და ფართოდ გავრცელებული მეთოდები, რომელნიც ანალოგიური იქნებოდა ასტროფოტომეტრიისა და ასტროსპექტროსკოპიის შესაბამისი მეთოდებისა [5], ტელესკოპი (40-სმ რეფრაქტორი) – პოლარიმეტრი („ასეპ-78“) სისტემით მიღებული მასალა დამუშავდა [3]-ში აღწერილი მეთოდიკით, ხოლო ტელესკოპი („აზტ-11“) – პოლარიმეტრი („ასეპ-78“) სისტემით მიღებული მასალა-ვესელინკის [6] მიერ შემოთავაზებული მეთოდიკით, რომელიც, როგორც ი. შახოვსკოი [7] მიუთითებს მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს ინსტრუმენტული დეპოლარიზაციის არსებობის შემთხვევაში.

ძირითადი პროგრამის გვერდით ხორციელდებოდა შერჩეული სტანდარტული ვარსკვლავების დაკვირვებათა პროგრამა [8-16].

ტელესკოპი (40 სმ რეფრაქტორი) – პოლარიმეტრი („ასეპ – 78“) სისტემის გამოკვლევის შედეგად გამოვლენილ იქნა, რომ (B, V) ფილტრებით მუშაობისას ინსტრუმენტული პოლარიზაციის პარამეტრები და პოზიციური კუთხის ათვლის ნულ-პუნქტი კოორდინატთა ეკვატორულ სისტემაში არცთუ დიდად განსხვავდებიან იმავე სიდიდეებისაგან შუქფილტრების გამოყენებლად; დიფერენციული მეთოდებისათვის დამახასიათებელი დაკალიბრების შეცდომა არ გამოვლენილა; ინსტრუმენტული დეპოლარიზაცია არ არსებობს.

ტელესკოპი („აზტ-II“) – პოლარიმეტრი („ასპ-78“) სისტემისათვის, შემდეგ განტოლებათა გამოყენებით:



$$P_x = a_1q + b_1u + c_1,$$

$$P_y = a_2q + b_2u + c_2,$$

(სადაც P_x და P_y სტოქსის უგანზომილებო პარამეტრების მნიშვნელობებია ვარსკვლავისათვის ინსტრუმენტულ სისტემაში, ხოლო q და u - კატალოგურ სისტემაში) განსაზღვრული იყო (B, V) ფილტრებში კოეფიციენტები (ცხრ.).

ცხრილი

	a_1	b_1	c_1	a_2	b_2	c_2
B	$0,49 \pm 0,04$	$-0,82 \pm 0,14$	$-0,14 \pm 0,11$	$0,91 \pm 0,03$	$0,32 \pm 0,13$	$0,10 \pm 0,10$
V	$0,50 \pm 0,01$	$-0,81 \pm 0,05$	$-0,14 \pm 0,04$	$0,91 \pm 0,01$	$0,32 \pm 0,05$	$0,09 \pm 0,04$

მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ:

1. ყველა გალილეისეული თანამგზავრისათვის ოპოზიციის მახლობლობაში დაიკვირვება პოლარიზაციის სიბრტყის მდებარეობის მკვეთრი ცვლილება 90° -ით 1986 წელს ბოლივიაში 60 სმ რეფლექტორით დაკვირვებისას, ა. მოროვენკოსაც შეუმჩნევია იუპიტერის გალილეისეული თანამგზავრების პოლარიზაციის სიბრტყის მითითებულ ცვლილება (პირადი შეტყობინება).

2. იუპიტერის გალილეისეული თანამგზავრების პოლარიზაციის ხარისხი ოპოზიციის მახლობლობაში მნიშვნელოვნად განსხვავდება ნულისაგან (მაგალითად: იოსათვის, როცა $L = 93^\circ$, $P = 0,35\%$; ევროპისათვის, როცა $L = 269^\circ$, $P = 0,27\%$; განიმედი-სათვის, როცა $L = 90^\circ$, $P = 0,35\%$; კალისტოსათვის, როცა $L = 333^\circ$, $P = 0,46\%$). ეს დაკვირვებული ფაქტი შეიძლება აიხსნას როგორც ზედაპირის არაერთგვაროვნობით ისე იუპიტერის შენათებით. ჩვენ გემხრობით პირველ ახსნას.

3. იუპიტერის გალილეისეული თანამგზავრების პოლარიზაციულ მრუდზე არსებობს ინვერსიის ორი წერტილი. ერთი მათგანი იმყოფება ოპოზიციის მახლობლად, როცა ფაზის კუთხე ეტოლება $0,5^\circ - 0,7^\circ$, თანაც, ამავე მომენტში იცვლება პოლარიზაციის სიბრტყის ორიენტაციაც 90° -ით.

გარდა ამისა, მიღებულია შემდეგი შედეგები:

ოპოზიციის მახლობლად იოსათვის დაკვირვება პოლარიზაციის ხარისხის ორბიტულ ვარიაციათა უდიდესი ამპლიტუდა, რაც $\lambda = 4200 \text{ \AA}$ -თვის შეადგენს $0,35\%$.

კალისტოს პოლარიზაციის ხარისხის ორბიტული ვარიაციები ოპოზიციის მახლობლობაში იცვლება უმნიშვნელოდ, სხვა გალილეისეულ თანამგზავრებთან შედარებით, მაგრამ $\alpha \sim 10^\circ$ -თვის ამ ვარიაციებმა შეიძლება მიაღწიოს $0,9\%$. ეს დაკვირვებული ფაქტი იმით აიხსნება, რომ კალისტოს შედარებით ბნელ მხარეს (შუბლის მხარეს) გააჩნია მნიშვნელოვნად მეტი ოპოზიციური ეფექტი, ვიდრე ნათელ მხარეს.

უმცირესი ოპოზიციური ეფექტი აქვს ევროპას, ხოლო იოსა და განიმედს ეს ეფექტი უფრო მეტად ემჩნევა, ვიდრე ევროპას, მაგრამ უფრო ნაკლებად, ვიდრე კალისტოს.

სპექტრის მოკლელტალოვან უბანში, როცა $\alpha \sim 1^\circ$ პოლარიზაციის ხარისხი თანამგზავრებისათვის იო, ევროპა და განიმედი აბსოლუტური სიდიდით უმნიშვნელოდ მეტია, ვიდრე სპექტრის დანარჩენ უბნებში. რაც შეეხება თანამგზავრ კალისტოს პოლარიზაციულ მრუდს, იგი ერთგვარად განსხვავდება სხვა მრუდებისაგან.

მოცემული ორბიტული და ფაზური კუთხეებისათვის (როცა თანამგზავრი ერთი და იმავე გვერდითა მიქცეული დედამიწისაგან) იოს, ევროპისა და განიმედის ზედაპირებიდან არეკლილი სინათლის პოლარიზაციის ხარისხი (აბსოლუტური სიდიდით) V ფილტრში უფრო მცირეა, ვიდრე B ფილტრში. თანამგზავრ იოს პოლარიზაციის ხარისხისა და ბრწყინვალეების ორბიტულ გრძედთან დამოკიდებულებათა შედარება



გვიჩვენებს, რომ B, V ზოლებში პოლარიზაციული ფაქტორი უფრო ადრე აღწევს თავის ექსტრემუმებს, ვიდრე ფოტომეტრული.

აღნიშნება იოს პოლარიზაციის მკვეთრი ცვლილებები. მაგალითად, 1981 წლის 25 და 26 მარტის გაზომვათა შედეგების შედარებისას, ერთი და იმავე ორბიტული გრძედისათვის $L = 215^\circ$, ჩანს, რომ პოლარიზაციის ხარისხი აბსოლუტური მნიშვნელობით შემცირდა 0,36-დან 0,16%-მდე ($\lambda = 4200 \text{ \AA}$). დაახლოებით იმავე გრძედზე 1984 წლის 26 მაისს პოლარიზაცია მკვეთრად შემცირდა 0,48-დან 0,23%-მდე. ეს ცვლილებები შეიძლება დაკავშირებული იყოს ამ თანამგზავრზე ვულკანურ აქტივობასთან.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
 აბასთუმნის ასტროფიზიკური
 ობსერვატორია.

ლიტერატურა

1. *O.R.Bolkvadze*. Polarimetric Observation of Io and Europe. Observatory and Astrophysics Laboratory, University of Helsinki, 1981, 73-80.
2. *Р.А. Читаладзе*. Автореф. канд. дисс. Абастумани, гора канобили, 1989, 132.
3. *О.Р.Болквадзе, О.И.Кварацхелия, А.Н.Король и др.* Бюль. Абастум. Астрофиз. Обс. 616, 1986, 269-287.
4. *О.П.Абуладзе*. Автореф. канд. дисс., Абастумани. гора Канобили, 1985. 100.
5. *Н.М.Шаховский*. В сб: материалы XVсес. совещ. Поляризациянные методы в астрофизике. Абастумани, 1987.
6. *A.I.Wesselink*. M. N. 118, 1958, 271.
7. *Н.М.Шаховский*. В кн: Методы исследования переменных звезд. М.; 1971, 199-224.
8. *K.Serkovskii*. Lowell Obs. Bull., 4, 1960, 318-319.
9. *N.R.Walborn*. Publ. Astron. Soc. Pac., 80, 1968, 162-164.
10. *Н.М.Шаховский, Ю.С.Ефимов*. Изв. Крао, 45, 1972, 90-100.
11. *I.Appenzeller*. Z. für. Aph., 64, 1966, 269-295.
12. *Idem* Astrophys. J. 1951, 1968, 907-918.
13. *G.V.Coyn, T.Gehrels*. Astron. J., 71, 1966, 355-362.
14. *Idem*. Ibidem, 72, 1967, 887-898.
15. *Tin-Chung Shu and M.Breger*. Astrophys. J., 262, 1982, 732-738.
16. *О.Р.Болквадзе, Л.А.Сузуха*. Бюлл. АБАО, 61, 1986, 147-150.



მ.ციციშვილი, ზ.პარღიაშვილი, მ.გუგუნიძე

უჯერი კოლიმეტრების ბაზაზე დამზადებული გამჟღავნებადი ლაქების მაგნიტურ ველში გამყარების კინეტიკის შესწავლა ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის (ბმრ) მეთოდით

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ.ანდრონიკაშვილმა 8.09.1997

ჩვენს მიერ გამოვლენილია უჯერი პოლიეთერების ბაზაზე დამზადებული გამჟღავნებადი ლაქების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესება მათი მაგნიტურ ველში გამყარებისას [1,2].

ამასთან ერთად დადგენილია, რომ მაგნიტურ ველში გამყარებული ნიმუშების სტრუქტურა განსხვავდება ჩვეულებრივ პირობებში გამყარებული ლაქებისაგან [3].

წინამდებარე გამოკვლევის მიზანს წარმოადგენს ზემოაღნიშნული მასალების გამყარების კინეტიკის შესწავლა ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის (ბმრ) მეთოდით.

ძირითად თეორიულ წინაპირობად ბმრ სპექტროსკოპიის გამოსაყენებლად პოლიმერული მასალებისათვის წარმოადგენს ურთიერთდამოკიდებულება შთანთქმის სპექტრის სიგანის ($\Delta\nu$), სეგმენტური რეორიენტაციების კორელაციის დროის (τ_c) და სტრუქტურული გაკვრების კონცენტრაციას შორის (n_c) [4]

$$\Delta\nu = K \cdot \tau_c \cdot n_c$$

K არის პროპორციულობის კოეფიციენტი.

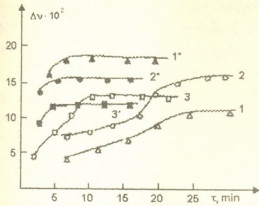
სპექტრული ხაზების სიგანის გაზომვა გამყარების პროცესში გვაწვდის ინფორმაციას სეგმენტების რეორიენტაციის სიჩქარესა და მათი დამუხრუჭების ხარისხზე, ე, ი. განსაზღვრავს გამყარების პროცესის სიჩქარეს და ხარისხს.

გამოკვლევა ჩატარდა მაღალი მკაფიოობის ბმრ სპექტრომეტრ Perkin Elmer R-32-ზე. ლაქები КП -34, КП-50, КП-103 წარმოადგენენ ორკომპონენტურ სისტემას და მზადდებოდნენ უშუალოდ ექსპერიმენტის წინ (ინიციატორად გამოყენებული იყო ბენზოილის პეროქსიდი). ლაქის წონაკი (1,0-1,5 გ) თავსდებოდა ბმრ სტანდარტულ ამპულაში, ის კი -სპეციალურად დამზადებულ უჯრედში. უჯრედი - თითბერის მილია, რომლის გახურება ნიქრომის გამხურებლის მეშვეობით ხდებოდა. მასში გამოვალი დენის რეგულირება ავტოტრანსფორმატორით, მართვა კი - თერმოწყვილით ხორციელდებოდა. რელე უზრუნველყოფდა ტემპერატურის მუდმივობას 0,5 გრადუსის სიზუსტით.

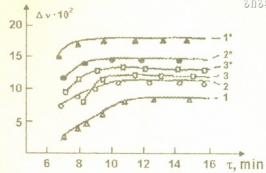
ლაქების გამყარება მიმდინარეობდა 70, 80, 90°C -ზე. მაგნიტური ველის დაძაბულობა $H = 500$ ე, ანუ 39800 ა/მ და 1100 ე, ანუ 87560 ა/მ უდრიდა. პარალელურად მზადდებოდა საკონტროლო ნიმუშები, რომლებიც მყარდებოდა იმავე ტემპერატურულ რეჟიმებზე მაგნიტური დამუშავების გარეშე.

1-3 სურათებზე წარმოდგენილია აღნიშნული ლაქების სხვადასხვა ტემპერატურაზე გამყარებისას მიღებული ბმრ შთანთქმის სპექტრის სიგანის დროისაგან დამოკიდებულების გრაფიკები.

მიღებული მრუდების შედარებისას ჩანს, რომ იმ ნიმუშებში, რომლებმაც არ განიცადეს მაგნიტური ველის გავლენა, სეგმენტების დამუხრუჭება მაღალ ტემპერატურაზე ხდება უფრო სწრაფად, მაგრამ გამყარების მაღალ ხარისხს ვლდებულობით შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე გამყარებისას. სეგმენტური რეორიენტაცია მგრძნობიარეა გამყარების დროს შეკვრებს შორის მიღებულ საშუალო მანძილის



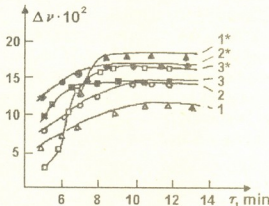
სურ. 1. KPI-34 ლაქისათვის სხვადასხვა ტემპერატურებზე მიღებული ბმრ შთანთქმის სპექტრის სიგანის დროისაგან დამოკიდებულების გრაფიკი 1,1* - 70°C; 2,2* - 80°C; 3,3* - 90°C
1*, 2*, 3* - მაგნიტურ ველში დამუშავებული ნიმუშები (მაგნიტური ველის დაძაბულობა 39800 ა/მ)
1, 2, 3 - გამყარება ჩვეულებრივ პირობებში



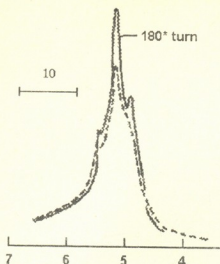
სურ. 2. KPI-50 ლაქისათვის სხვადასხვა ტემპერატურებზე მიღებული ბმრ შთანთქმის სპექტრის სიგანის დროისაგან დამოკიდებულების გრაფიკი 1,1* - 70°C; 2,2* - 80°C; 3,3* - 90°C
1*, 2*, 3* - მაგნიტურ ველში დამუშავებული ნიმუშები (მაგნიტური ველის დაძაბულობა 39800 ა/მ)
1, 2, 3 - გამყარება ჩვეულებრივ პირობებში

მიმართ. შედარებით მაღალ ტემპერატურაზე გამყარებისას, შეკერვების ბაღე მეჩხერია, რადგანაც შეკერვებს შორის მანძილი დიდია და სეგმენტების რეორიენტაცია ადვილად ხდება.

მაგნიტურ ველში დამუშავებული ნიმუშებისათვის სეგმენტური რეორიენტაციის დამუხრუჭება მიიღწევა გაცილებით სწრაფად ჩვეულებრივ პირობებში გამყარებულ ნიმუშებთან შედარებით, რაც იმას ნიშნავს, რომ მაგნიტურ ველში დამუშავებულ ნიმუშებში გამყარების პროცესი უფრო სწრაფად მიმდინარეობს.



სურ. 3. KPI-103 ლაქისათვის სხვადასხვა ტემპერატურაზე მიღებული ბმრ შთანთქმის სპექტრის სიგანის დროისაგან დამოკიდებულების გრაფიკი 1,1* - 70°C; 2,2* - 80°C; 3,3* - 90°C
1*, 2*, 3* - მაგნიტურ ველში დამუშავებული ნიმუშები (მაგნიტური ველის დაძაბულობა 87560 ა/მ)
1, 2, 3 - გამყარება ჩვეულებრივ პირობებში



სურ. 4. მაგნიტური ანიზოტროპიის ეფექტი მაგნიტურ ველში დამუშავებულ KII-50 ლაქისათვის (მაგნიტური ველის დაძაბულობა $H = 39800$ ა/მ)

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ მაგნიტური ველი აჩქარებს უჯერი პოლიეტერების ბაზაზე დამზადებული გამოქვინიანი ლაქების გამყარების პროცესს. გამყარების ტემპერატურის ვარიირებით კი მიიღწევა სტრუქტურული ბადის მიმართული რეგულირება.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ფიზიკური და ორგანული ქიმიის
 ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *О.Кацитадзе, Б.Вардиашвили, В.Кривецкий*. Тезисы докладов V Всесоюзной н/т конференции "Новые технологические процессы и оборудование для производства электрических машин малой мощности", Тбилиси, 1973, 59.
2. *М.Гурджиев, Б.Вардиашвили, Д.Баркая*. Тезисы докладов н/т конференции ГПИ "Электромеханика и электроника", Тбилиси, 1975, 8.
3. *М.Гурджиев, Б.Вардиашвили, Э.Герсамия*. Тезисы докладов Республиканской н/т конференции "Применение полимерных композиций в машиностроении и других отраслях народного хозяйства Грузии", Кутаиси, 1985.
4. *С.Кубаре, А.Шустов*. Теоретические проблемы химической физики, М, 1982, 198-219.



ზ.გაბეშვიანიშვილი, ზ.მუხინი, ბ.ცაბარაშიშვილი (აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

წვით სინთეზი Nb-Si სისტემაში ელექტრული ველის გავლენით

წარმოდგენილია 2.05.1997

ნიობიუმის სილიციდებს გააჩნიათ მთელი რიგი საინტერესო თვისებებისა პოტენციური მაღალტემპერატურული გამოყენებებისათვის. Nb₅Si₃ -ის შემთხვევაში მათში შედის ლღობის მაღალი წერტილისა და დაბალი სიმკვრივის ერთობლიობა [1].

ნიობიუმის სილიციდები სინთეზირებული იყო სხვადასხვა მეთოდით, მათ შორის თვითგაგრძელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის (თმს) საშუალებით. მოხსენებული იყო, რომ თვითშენარჩუნებადი წვის ტალღის მისაღებად საჭიროა Nb+2Si და 5Nb + 3Si ფხვნილების ნარევის წინასწარი გახურება. თუმცა, პროდუქტი არ წარმოადგენდა მოსალოდნელ ერთფაზიან სილიციდს, არამედ იგი იყო მრავალფაზიანი მასალა, რომელიც შეიცავდა NbSi₂, α-Nb₅Si₃, β-Nb₅Si₃ და Nb [2].

ახლახან ნაჩვენებია იყო, რომ ელექტრული ველი ახდენს წვის რეაქციების აქტივაციას ისეთ სისტემებში, რომლებიც ან კინეტიკურად დაბრკოლებულია, როგორცაა Nb₅Si₃ და TaC შემთხვევაში, ანდა თერმოდინამიკურად შეზღუდულია, როგორცაა SiC, W₅Si₃, და სხვათა შემთხვევაში [3-7]. ახალი მეთოდის მთავარი დამახასიათებელი თავისებურებაა წვის ტალღის მიმართულების პერპენდიკულარული ელექტრული ველის გამოყენება. ექსპერიმენტული შედეგები ამტკიცებს, რომ ელექტრული ველის როლი მდგომარეობს რეაქციის ზონის ჯოჯოხეთის სითბოთი გახურებაში σE^2 სიჩქარით, სადაც σ გამტარებლობაა, ხოლო E კი - ველი [3].

ამ სტატიაში მოხსენებულია Nb და Si შორის ველით აქტივირებული წვის რეაქციის გამოკვლევის შედეგები Si-ის 5-დან 38,7 ატ. %-მდე შემადგენლობის ფარგლებში.

ფხვნილის ნარევები მზადდებოდა Nb (99,8%, < 44 მკმ >) და Si (99,5% < 44 მკმ >) ელემენტების ფხვნილებიდან მექანიკურ ვიბრატორში. ფხვნილების ნარევისაგან ცივი დაწნების საშუალებით მიიღებოდა მომრგვალებულბოლოებიანი რომბოედრული ნიმუშები (2,15 × 0,75 × 1,35 სმ). ნიმუშები თავსდებოდა გრაფიტის ელექტროდების წყვილს შორის, რომლებზეც განივად ძაბვა იყო მოდებული. წვის დაწყების გამოწვევის მიზნით გამოყენებული იყო ვოლფრამის გამახურებელი კოქა. ველით აქტივირებულ წვით სინთეზთან (პაწს) დაკავშირებული დეტალები მოცემულია პუბლიკაციებში [3-7].

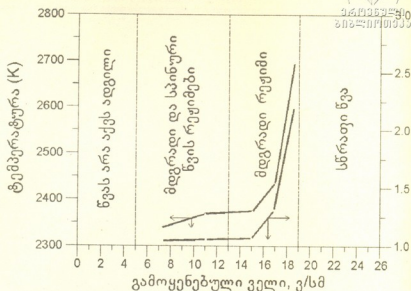
რეაქციის პროდუქტების დადგენა ხდებოდა რენტგენის სხივების დიფრაქციის ანალიზით, ხოლო გამოკვლევა კი სკანირებული ელექტრონული მიკროსკოპის (სემ) საშუალებით მიმდინარეობდა.

ველით აქტივაციის საშუალებით წვის ტალღის შექმნის მცდელობა Si-ის 66,7 ატ% ნარევებში (NbSi₂ შემადგენლობის შესაბამისად) წარუმატებელი იყო ნარევის მაღალი წინააღმდეგობის გამო. ამრიგად, ეს სამუშაო უკრადლებას ამხვილებს Nb₅Si₃ -ის სინთეზზე.

ექსპერიმენტებმა აჩვენეს, რომ შეუძლებელია თვითშენარჩუნებადი წვის ტალღის შექმნა 5:3 სტოქიომეტრული ფარდობისას თუ ველის დაძაბულობა არ გადააჭარბებს 7,4 ვ/სმ-ის ტოლ მინიმალურ (ზღურბლურ) სიდიდეს. ზღურბლის ტოლ და ზღურბლზე მეტი ველისას წვა ხდება სხვადასხვა რეჟიმში. ველის დაძაბულობების 7,4 და

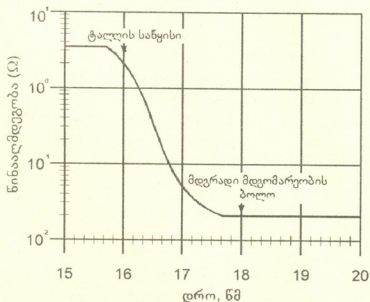


11,1 ვ/სმ მნიშვნელობებისას (ნიმუშის ფარდობითი სიმკვრივე 67,5%) წვა იწყება მდგრადი მდგომარეობის რეჟიმში და ტალღა გაჩერებამდე ვრცელდება ნიმუშის 1/3 ან 1/2-ზე, შესაბამისად. წვის ახალი რეჟიმი უზრუნველყოფს სპინურის მსგავს პროცესს ცხელი ადგილების მოძრაობით ურთიერთსაწინააღმდეგო სპირალური მიმართულებებით. სინთეზის პროდუქტს გააჩნია ორი ვიზუალურად განსხვავებული ნაწილი, რომელიც



სურ. 1. გამოყენებული ელექტრული ველის გავლენა წვის რეჟიმზე წვის მაქსიმალურ ტემპერატურასა და ტალღის გავრცელების სიჩქარეზე

ასახავს წვის ორ რეჟიმს. მაღალი ველისას (14,8 ვ/სმ) ტალღა ვრცელდება მდგრად რეჟიმში ნიმუშის ერთი ბოლოდან მეორემდე. ხოლო უფრო მაღალი ველისას, 18,5 ვ/სმ, რეაქციის ზონაში მაღალ ტემპერატურას მივყავართ პროდუქტის ნაწილობრივ გაღობამდე. გამოყენებული ელექტრული ველის გავლენა ტემპერატურის მაქსიმუმსა და ტალღის გავრცელების სიჩქარეზე ნაჩვენებია სურ. 1-ზე. ორი რეჟიმის დაკვირვების დროს, I სურათზე ნაჩვენებია ტემპერატურის და სიჩქარის მონაცემები არის ნიმუშის იმ ნაწილიდან, სადაც წვის მდგრადი რეჟიმი. მდგრადი და სპინური სახის რეჟიმებში ფორმირებული პროდუქტი აქ შესაბამისად აღნიშნულია A და B პროდუქტებად. სურათზე E ≥ 19 ვ/სმ არე წარმოადგენს იმ შემთხვევას, როცა წვის სიჩქარე მეტისმეტად დიდია მის ზუსტად გასაზომად.



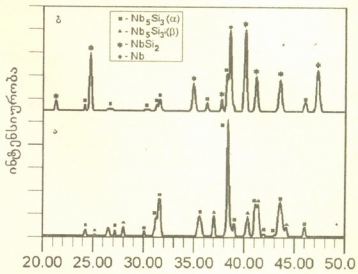
სურ. 2. ნაანგარიშები ელექტრული წინააღმდეგობის პროფილი გამოყენებული ველი - 11,1 ვ/სმ.

რეაქციით წარმოქმნილ სითბოსთან ერთად უკვე საკმარისი აღარაა წვის მდგრადი რეჟიმის შესანარჩუნებლად, რის გამოც ხდება მისი გარდაქმნა სპინური ტიპის წვად. ტემ-

მე-2 სურათზე ნაჩვენებია ველის გავრცელებისას წინააღმდეგობის შესაბამისი ცვლილება. ვინაიდან წვის პროდუქტი Nb_5Si_3 კარგი გამტარია [8] ($\sigma \sim 5500 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$), შეიძლება დაეუშვათ, რომ წვის ფრონტის გადაადგილებისას ნიმუშის სულ უფრო დიდი ნაწილი ხდება მაღალგამტარი, რის შედეგადაც ვიღებთ მთლიანად ნიმუშის უფრო დაბალ წინააღმდეგობას, როდესაც წვის ტალღა წინ ვრცელდება, წვის ზონაზე მოლის პროგრესულად ნაკლები ელექტრული სიმძლავრე. ააღებოდნა ორი წამის შემდეგ ელექტრული ველისგან წვის ზონაში წარმოქმნილი სითბო ქიმიური

პერატურის გაზომვებმა გვიჩვენეს, რომ სპინური ტიპის რეჟიმში ტემპერატურა ტოლია 1850-1950 K, რაც დაახლოებით 400-500 K -ით დაბალია მდგრადი უბნის შესაბამის სიდიდეზე (სურ. 1). ასევე, წვის ტალღის საშუალო სიჩქარე სპინური ტიპის უბანში (~ 0,25 სმ/წმ) მნიშვნელოვნად უფრო დაბალია და წარმოადგენს დაახლოებით მდგრადი რეჟიმის სიდიდის ერთ მეოთხედს (სურ. 1).

რენტგენის სხივებით ანალიზი აჩვენებს, რომ პროდუქტები A და B საკვებით განსხვავებულია (სურ. 3). პროდუქტი A შეიცავს Nb₅Si₃ -ს როგორც α (მაღალტემპერატურული), ისე β (მაღალტემპერატურული) ფორმებში. საპირისპიროდ, პროდუქტი B შეიცავს NbSi₂, რეაქციაში არშესულ Nb-სა და α-Nb₅Si₃. ელემენტარული საწყისი ფხვნილიდან საბოლოო მასალამდე გარდაქმნის მექანიზმის გაგების მიზნით ჩატარდა ექსპერიმენტი, რომელშიც მიყენებული ძაბვა (20 ვოლტი, E = 14,8 ვ/სმ) მკვეთრად მცირდებოდა ნულამდე. ეს იწვევდა ტალღის შეჩერებას და წვის პროცესის ჩაქრობას.



სურ. 3. მდგრადი (ა) და სპინური (ბ) რეჟიმში მიღებული ნიმუშების რენტგენული დიფრაქტოგრამები

ვიზუალური დაკვირვებით შესამჩნევი იყო ვიწრო (~1 მმ სისქის) ფენა, რომელიც გამოჰყოფდა პროდუქტს (α და β Nb₅Si₃) და რეაქციაში შემავალ ელემენტებს (Nb და Si). ამ უბნის რენტგენის სხივებით ანალიზმა აჩვენა Nb, NbSi₂, და α-Nb₅Si₃ არსებობა. ეს იგივე ფაზებია, რომლებიც აღმოჩნდა სპინური სახის უბნის პროდუქტში (პროდუქტი B).

Si და Nb შორის ფაზური წონასწორობის ბუნების გათვალისწინებით პროდუქტებს შორის მსგავსება ამტკიცებს, რომ გარდამავალი ზონა წარმოადგენს წვის ტალღის ტემპერატურული პროფილის მოწინავე კიდეს. ზონაში NbSi₂ არსებობა ამტკიცებს, რომ პროცესი იწყება გამდნარ სილიციუმსა და Nb შორის ურთიერთმოქმედებით და წარმოიქმნება NbSi₂, ხოლო შემდეგ კი - α-Nb₅Si₃, β-Nb₅Si₃-ის არარსებობის ფაქტი ტალღის მოწინავე კიდის არეში, შედარებით დაბალი ტემპერატურის შედეგია. იმავე მიზეზით აიხსნება β-Nb₅Si₃ არარსებობა სპინური სახის წვის პროდუქტშიც. წვის ტემპერატურა ამ არეში (1850-1950 K) ტოლია ან უფრო დაბალია ვიდრე β-Nb₅Si₃ -ის α-Nb₅Si₃ -ად და NbSi₂ -ად ევტექტოიდური დაშლის ტემპერატურა (1923 K). მდგრადი მდგომარეობის უბნის ტემპერატურა სჭარბობს ამ სიდიდეს და ამრიგად β-ფაზა წარმოადგენს ამ სილიციდის მდგრად მოდიფიკაციას.

პროდუქტში მაღალტემპერატურული (β) ფაზის არსებობა, როგორც ჩანს, ტალღის გავლის შემდეგ β-α ნელი გარდაქმნის და სწრაფი გაციების (~100°C) შედეგი უნდა იყოს. ვინაიდან სილიციდი შედარებით კარგი გამტარია, უფრო მაღალი ვოლტები იწვევს უფრო მაღალ ტემპერატურებს და α ფაზის β-ში უფრო სწრაფ ფაზურ გარდაქმნას.

ექსპერიმენტულმა შედეგებმა აჩვენა, რომ წვის რეაქციის მექანიზმი და პროდუქტის ბუნება დამოკიდებულია ველის სიდიდეზე. დაბალი ველის პირობებში (7,4-11,1 ვ/სმ), Nb₅Si₃ -ის შესაბამისი ნარეგების შემადგენლობებში არსებობს წვის ორი რეჟი-



მი: მდგრადი და სპინური. ამის შედეგად მიიღება ორი სხვადასხვა საბოლოო პროდუქტი: $\alpha\text{-Nb}_5\text{Si}_3/\beta\text{-Nb}_5\text{Si}_3$ და $\text{Nb}_5\text{Si}_3/\text{Nb}/\alpha\text{-Nb}_5\text{Si}_3$, შესაბამისად. ველის უფრო მაღალი მნიშვნელობების დროს (14,8-18,5 ვ/სმ) ტალღა ვრცელდება მდგრადი მდგომარეობის რეჟიმში და პროდუქტი შეიცავს მხოლოდ $\alpha\text{-Nb}_5\text{Si}_3/\beta\text{-Nb}_5\text{Si}_3$ -ს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ფ.თავაძის სახელობის მეტალურგიის ინსტი-

კალიფორნიის უნივერსიტეტი, დევისი, აშშ

ტუტი

ლიტერატურა

1. *J.D.Rigney, P.M.Singh, J.Lewandowski*. JOM 36, 1992.
2. *A.R.Sarkisyan et al*. Comb. Explos. Shock Waves, 15-1, 112, 1979.
3. *A.Feng, Z.A.Munir*. Metall. Mater. Trans., **26B**, 581, 1995.
4. *S.Gedevanishvili, Z.A.Munir*. Scripta Met. et Mate, **31**, 741, 1994.
5. *S.Gedevanishvili, Z.A.Munir*. J. Mater. Res., **10**, 10, 1995.
6. *I.J.Shon, Z.A.Munir*. Mater. Sci. Eng., A 202, 256, 1995.
7. *H.Xue, Z.A.Munir*. Metall. Mater. Trans. 27B, 475, 1996.
8. *S.Okada et al*. High Temp. Mater. Process., 13, 311, 1994.

თ. გუთუაშვილი, ნ. კაკელიძე, ბ. ციციკაძე, მ. შარვაშიძე, თ. ხულოდვაძე

A₂B₆ ფართოზონიანი ნახრებების სინთეზი კვანძიპიტაქსიური მეთოდით

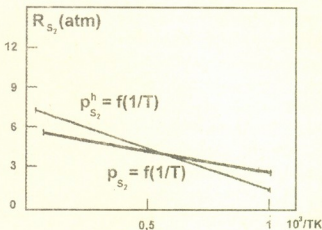
წარმოადგინა აკადემიკოსმა რ. სალუქვაძემ 15.09.1997

წონასწორული პირობებისათვის ჩატარებულმა თერმოდინამიკურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ A₂B₆ ბინარული შენაერთებისათვის B კომპონენტის ჩანერგვა კრისტალში, კრისტალის სტექიომეტრიის დარღვევის მიზნით, საკმაოდ დიდ პრობლემას წარმოადგენს. უფრო ზუსტად, ფართოზონიანი შენაერთებისათვის მეტალოიდის ორთქლის ის წნევა, რომელიც აუცილებელია ხერცელური გამტარობის მისაღებად, იზრდება ტემპერატურის ზრდასთან ერთად და ტექნოლოგიური პროცესებისათვის ტიპიურ ტემპერატურებზე ისეთ დიდ მნიშვნელობას აღწევს, რომ გამოდის რეალური გაზის არსებობის არიდან.

I სურათზე მოცემულია ZnS-ში ხერცელური გამტარობის მისაღებად აუცილებელი გოგირდის ორთქლის წნევის დამოკიდებულება თერმოდამუშავების ტემპერატურაზე, სისტემისათვის ZnS-S₂ (ორთქლი). ამავე სურათზე მოცემულია გოგირდის ნაჩერი ორთქლის წნევის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე. როგორც ჩანს, T (500 K ტემპერატურის ზემოთ ხერცელური გამტარობის მისაღებად საჭირო წნევა მეტი ხდება მეტალოიდის ნაჩერი ორთქლის წნევაზე. ამგვარად, ეს ტემპერატურა წარმოადგენს კრიტიკულ ტემპერატურას, რომლის ზემოთ ZnS კრისტალში ხერცელური გამტარობის მიღება შეუძლებელია. ამ ტემპერატურის ქვემოთ კი დიფუზური პროცესები დამუხრუჭებულია, რის გამოც ვერ ხერცდება წონასწორობის დამყარება კრისტალსა და გაზურ ფაზას შორის, ანუ, შესაბამისად, B კომპონენტის საკმარისი რაოდენობით ჩანერგვა კრისტალში [1].

აღნიშნული პრობლემის გადასაწყვეტად შემუშავებულ იქნა უნივერსალური მეთოდი, რომელსაც ვუწოდებთ რადიკალურ-სხივური ჰეტერირებადი ეპიტაქსია (რსჰე), ანუ კვაზიეპიტაქსია [2].

რსჰე-ის მეთოდში ბაზური კრისტალი მოთავსებულია მეტალოიდის მაღალი რეაქციისუნარიანი რადიკალების ატმოსფეროში, რომელიც შექმნილია გარეშე მაღალენერგეტიკული გამოსხივების ხარჯზე. მაღალენერგეტიკული გამოსხივება ქმნის პლაზმას, რომელიც მეტალოიდის რადიკალებთან ერთად შეიცავს მეტალოიდის იონებს, ელექტრონებს და ა. შ. პლაზმასა და ბაზურ კრისტალს შორის მოთავსებული ე. წ. სეპარატორი (ფილტრი) კრისტალის მიმართულებით ატარებს მხოლოდ მეტალოიდის



სურ. 1. ა) გოგირდის ნაჩერი ორთქლის წნევის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე.
 ბ) ZnS-ში ხერცელური გამტარობის მისაღებად საჭირო გოგირდის წნევის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე.



სინგლეტურ რადიკალებს. რადიკალების კონცენტრაცია ბაზური კრისტალის არის:

$$n_0 \approx 10^{14} \div 5 \cdot 10^{14} \text{ სმ}^{-3}$$

სინგლეტური რადიკალების ასეთი კონცენტრაცია წონასწორულ პირობებში, მაგალითად ქანგბადის შემთხვევაში $P_{B2} = 10^6$ ატმ. წნევის შესაბამისია.

რსპე მეთოდით ბაზურ კრისტალზე ხდება ახალი კრისტალური ფენების წარმოქმნა. ჩვენ აზრით, კვაზიეპიტაქსიური ფენების ზრდის მექანიზმი შესაძლოა განხილულ იქნეს შემდეგნაირად: მეტალური კომპონენტი ამოდის ბაზური კრისტალიდან, მეტალო-იდი კი გაზური ფაზიდან აღსორბირდება.

ბაზური კრისტალი მოთავსებულია რეაქტორის მაღალტემპერატურულ ვიწრო ზონაში, ხოლო დანარჩენ უბნებში ტემპერატურა მკვეთრად დაბალია. რეაქტორში ტემპერატურის ასეთი განაწილება საშუალებას გვაძლევს გადაიჭრას მნიშვნელოვანი პრობლემა, რომელიც ახალ კრისტალურ ფენებში არაკონტროლირებადი მინარევების არსებობას ეხება.

თერმოდინამიკური მოსაზრებიდან გამომდინარე, მინარევული ელემენტებისათვის ხელსაყრელია მაღალტემპერატურული არიდან დაბალტემპერატურულ არეში გადასვლა. ამგვარად, ბაზური კრისტალის ზედაპირზე არაკონტროლირებადი მინარევების მოხვედრის ალბათობა მნიშვნელოვნად მცირდება.

ქანგბადის ატმოსფეროში თერმოდამუშავების შემთხვევაში რეაქციისუნარიანი რადიკალების მისაღებად საჭიროა $E \approx 6$ ევ ენერგია. 5,2 ევ-ქანგბადის მოლეკულის დისოციაციისათვის და 0,98 ევ-ქანგბადის ატომის ტრიპლეტურიდან სინგლეტურ მდგომარეობაში გადასაყვანად.

წონასწორული ზრდის პირობებში ქანგბადის სინგლეტური რადიკალის წარმოქმნა ხდება ბაზური კრისტალის ზედაპირის მაღალენერგეტიკული კვანძების ხარჯზე. სწორედ ამ წერტილებში იწყება პირველადი ჩანასახების განვითარება. ზრდის ასეთი მექანიზმი იწვევს ორ- და სამგანზომილებიანი დეფექტების წარმოქმნას.

ჩვენს შემთხვევაში ბაზური კრისტალის როლი უმნიშვნელოა, რადგან ის უკვე იმყოფება ქანგბადის სინგლეტური რადიკალების ატმოსფეროში და ახალი ფენების ზრდა შეიძლება დაიწყოს ბაზური კრისტალის ზედაპირის ნებისმიერ წერტილში.

ჩვენს მიერ განსაზღვრულია ეფექტური წნევის მნიშვნელობა ქანგბადის სინგლეტური რადიკალების $n_0 \approx 10^{14} \div 5 \cdot 10^{14} \text{ სმ}^{-3}$ კონცენტრაციისა და $T = 200 \div 350^\circ\text{C}$ ტემპერატურისათვის.

ატომური ქანგბადის რეალური წნევა შეადგენდა $P_0 = 5 \cdot 10^{-2}$ მმ.ვწყ.სვ.

ჩვენს შემთხვევაში ატომური ქანგბადის წნევის გაზრდა გამოიწვია ულტრამაღალი სიხშირის დასხივების გამოყენებამ, რამაც გაზარდა ქანგბადის სინგლეტური რადიკალების გამოსავლიანობა.

თერმული დისოციაციისას სინგლეტური ქანგბადის რადიკალების ანალოგიური გამოსავლიანობის მისაღებად $T = 1000 \text{ K}$ ტემპერატურაზე საჭიროა:

$$P_{02} = P_0^2 / K_D = 10^6 \text{ ატმ.}$$

ამგვარად, რსპე-ის გამოყენებისას ქანგბადის ეფექტური წნევა 10^6 ატმ-ს ტოლია. რაც კრისტალის ზრდის უჩანასახო მექანიზმის განვითარების ერთ-ერთ მთავარ მიზეზს წარმოადგენს.

ZnSe -ზე გაზრდილ ZnO -ს შედარებით სქელ ეპიტაქსიურ ფენებში მინარევების შემცველობის დასადგენად გამოყენებულ იქნა ლაზერული მიკროსასინჯი მას-ანალიზატორი "LAMMA-1000", რომელიც იძლევა ინფორმაციას ნიმუშში ნებისმიერი ელემენტის არსებობის შესახებ, თუ მისი კონცენტრაცია არ არის 10^{16} სმ^{-3} -ზე ნაკლები.

დანადგარის მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია მყარტანიანი ლაზერით ნიმუშის ზედაპირის აორთქლების ეფექტის გამოყენებაზე. აორთქლებისას წარმოქმნილი პლაზმა შეიცავს დადებით და უარყოფით იონებს, რომლებიც განცალკევდება მას-სპექტრომეტრის საშუალებით.

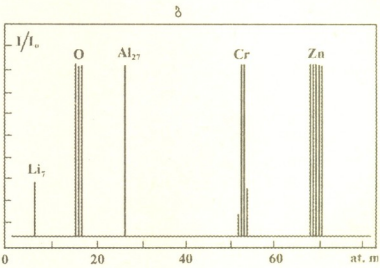
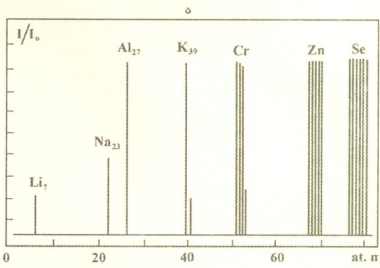
დღეისათვის შესაძლებელია აორთქლებისა და პლაზმის ფორმირების კინეტიკის მხოლოდ ხარისხობრივი აღწერა.

დანადგარში გამოიყენება იმპულსური YAG:Nd ლაზერის მეოთხე პარამონიკა ($\lambda_{გამ} = 265$ ნმ). იმპულსის ხანგრძლივობა $\tau \sim 15$ ნწმ, რომლის გამოსხივების ენერგია ვარირებს 0-დან 10-მკჯ-მდე.

დანადგარის მაქსიმალური მგრძნობიარობის არეში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენეს ბაზურ ZnSe-ში შემდეგი მინარევული ელემენტების არსებობა: Li, Na, Al, K (სურ. 2). გარდა ამისა, დაიზიარებოდა H და Cr-თან დაკავშირებული სუსტი პიკები, რაც, ჩვენი აზრით, CrO₃ ÷ HCl 40 ხსნარში ჭიმოური მოწამვლის კვალს უნდა წარმოადგენდეს. ეს მტკიცდება იმითაც, რომ ნიმუშების ჩამოტვრეული წახნაგების გამოკვლევისას აღნიშნული პიკები არ ჩანდა. გარდა ამისა, მოცემულ წერტილში ლაზერული იმპულსების გაზრდასთან ერთად, ე. ი. ნიმუშის ღრმა ფენებში შესვლასთან ერთად, H და Cr-ის პიკები მნიშვნელოვნად სუსტდებოდა.

მე-2 სურათზე წარმოდგენილია რსპე-ის მეთოდით გაზრდილი ZnO-ს ეპიტაქსიური ფენების LAMMA-სპექტრი. სპექტრში ძირითადი კომპონენტების — Zn და O-პიკებთან ერთად დაიზიარება: Li, Al, Cr-თან დაკავშირებული პიკები. ZnO-ს ეპიტაქსიურ ფენებში Na, K-ის პიკების გაქრობა შეიძლება აიხსნას შემდეგნაირად: ბაზურ კრისტალზე დასხივებული ენერგია შეადგენდა $E = 2,5$ ევ თუ განვიხილავთ მინარევული კომპონენტების ბმის ენერგიებს ბაზური კრისტალის ძირითად კომპონენტებთან:

ZnO — 3,38 ევ	CrO — 2,86 ევ
AlO — 3,90 ევ	NaO — 2,10 ევ
LiO — 3,12 ევ	KO — 1,80 ევ



სურ. 2. LAMMA-სპექტრები:
 ა) ZnSe საწყისი ბაზური კრისტალის
 ბ) ZnO ეპიტაქსიური ფენების.



ცხადია, რომ Na, K -ის შესაბამისი პიკების გაქრობა ლამა-სპექტრებში გამოწვეულია ამ შენაერთების ენერგიების სიმცირით დასხივებულ ენერგიასთან $E = 2,5$ ევ შედარებით.

როგორც ჩანს, რსპე-ის ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნეს ბაზურ კრისტალთან შედარებით სუფთა A_2B_6 შენაერთების მონოკრისტალური ფენები.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *М.А.Канеев, О.Р.Ниазова, С.В.Стародубцев.* В кн: Радиационно-стимулированные процессы в твердых телах. Ташкент, 1969.
2. *Т.В.Бутхузи, А.Н.Георгобиани, М.В.Котляревски.* Способ получения монокристаллических слоев окиси цинка. Авторское свидетельство №1175182, М., 1985.



ლ. ხმთინიაშვილი, მ. კაციტაძე, ჯ. მოწინძე, ზ. ბაჟარაშვილი, მ. აბულაძე, რ. ცანავა, რ. კოზალაძე, კ. ლალანძე

ამიაკისა და ტეტრაქლორმეთანის მოქმედების შესწავლა მგრგვინავი ნარევის საღებავში

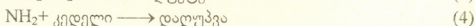
წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ჯაფარიძემ 27.03.1997

აალების |ზღვრის მეთოდით შესწავლილია ამიაკისა და ტეტრაქლორმეთანის ცალკეული და ერთობლივი დანამატების მოქმედება მგრგვინავი ნარევის საღებავზე. ნაჩვენებია, რომ მოცემულ ტემპერატურულ ინტერვალში (843 - 903 K) ამიაკისა და ტეტრაქლორმეთანის ერთობლივი მოქმედება მგრგვინავ ნარევეზე ხასიათდება ანტაგონისტური ეფექტით.

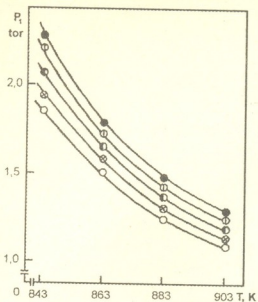
ორი ინჰიბიტორის ერთობლივი მოქმედების გამოკვლევა წვის პროცესებზე მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა ინჰიბიტორების კანონზომიერებათა შესახებ და პროცესის მართვის საშუალებას გვაძლევს. ვინაიდან შესაძლებელია ამ დანამატების როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი ურთიერთქმედება, ამიტომ სხვადასხვა ინჰიბიტორების ერთობლივი მოქმედების მნიშვნელოვანი თავისებურებაა მათი მოქმედების არაადიტიურობა - სინერჯიზმი [1] და ანტაგონიზმი [2].

[3] ნაშრომში ჩვენს მიერ შესწავლილი იყო ქლორწყალბადის და ტეტრაქლორმეთანის ერთობლივი გავლენის მექანიზმი მგრგვინავი ნარევის აალების პროცესზე. დადგინდა, რომ ტეტრაქლორმეთანით ინჰიბიტორების პირველად აქტში წარმოიქმნება ქლორწყალბადი. ჩვენს მიერ მიღებული ეფექტი (რომლის თანახმადაც HCl არათუ ამცირებს ტეტრაქლორმეთანის მაინჰიბიტორულ უნარს, არამედ საგრძნობლად აძლიერებს მას) გვაფიქრებინებს, რომ ამიაკის და ტეტრაქლორმეთანის ერთობლივი მოქმედების შედეგად უნდა მივიღოთ ინჰიბიტორების ანტაგონიზმი, რადგან ამიაკმა უნდა შებოჭოს ინჰიბიტორის მოქმედების პირველად აქტში წარმოქმნილი ქლორწყალბადის მოლეკულები. ამ მოსაზრების შესამოწმებლად ჩვენ შევისწავლეთ ამიაკისა და ტეტრაქლორმეთანის ცალკეული და ერთობლივი მოქმედება მგრგვინავი ნარევის აალებაზე.

ამიაკის თანაობისას წყალბადის წვის ცნობილ კინეტიკურ სქემას აალების |ზღვრის მახლობლობაში [4] დაემატება შემდეგი რეაქციები:



ამიაკის ინჰიბიტორული უნარი ვლინდება (1) რეაქციაში, რომელშიც წვის აქტიური ცენტრი - წყალბადის ატომი იცვლება მცირედაქტიური NH₂ რადიკალით. სქემაში (2) რეაქციის შეყვანა ცხადყოფს, რომ ხანგამოშვებით შეიძლება მოხდეს წვის ერთერთი აქტიური ცენტრის "OH"-ის რეგენერაცია, მაგრამ [5] ნაშრომში დადგენილია, რომ ძირითადად NH₂ რადიკალები იღუპებიან რეაქტორის კედელზე ახალი აქტიური ცენტრების რეგენერაციის გარეშე. ექსპერიმენტი ჩავატარეთ „აალების |ზღვრის“ ცნობილი მეთოდით (1) სტატიკური ტიპის ვაკუუმ-დანადგარზე, 843-903 K ტემპერატურულ ინტერვალში. კვარცის სარეაქციო ჭურჭელს შიგნიდან ვფარავდით CaF₂ თხელი ფენით. დავამზადეთ შემდეგი შედგენილობის სამუშაო ნარევები:



სურ. 1. დამოკიდებულება სარეაქციო ნარევის აალების პირველ ზღვარსა და ცდის ტემპერატურას შორის შემდეგი შემადგენლობის ნარეგებისათვის:

- - $2H_2 + O_2$,
- ⊗ - $2H_2 + O_2 + 2\% NH_3$,
- ⊖ - $2H_2 + O_2 + 4\% NH_3$,
- - $2H_2 + O_2 + 3\% NH_3$,
- - $2H_2 + O_2 + 5\% NH_3$

რის მუდმივას დამოკიდებულება ტემპერატურაზე ადეკვატურად აღიწერება არენიუსის განტოლებით. მიღებული შედეგები და არსებული ლიტერატურული მონაცემები წარმოდგენილია 1 ცხრილში.

ცხრილი 1

რეაქცია	E, კკალ/მოლ	K_{In}^0 , სმ ³ /მოლ.წმ	K_{In} 850 K	მეთოდი	ლიტერატურა
$H + NH_3 \rightarrow H_2 + NH_2$	11,4	$(0,21 \pm 0,06) \cdot 10^{-10}$	$2,7 \cdot 10^{-14}$	აალება	ჩვ. ექსპ.
	$13,7 \pm 0,6$	$(0,68 \pm 0,18) \cdot 10^{-10}$	$2,15 \cdot 10^{-14}$	აალება	(5)
	12,5	$2,61 \cdot 10^{-10}$	$1,67 \cdot 10^{-13}$	განმუხტ.	(6)

წყალბადის წვის პროცესზე ამიაკისა და ტეტრაქლორმეთანის ერთობლივი ზემოქმედების შესასწავლად დავამზადეთ შემდეგი შედგენილობის სამუშაო ნარეგები: $2H_2 + O_2 + 2\% NH_3 + 0,2\% CCl_4$; $2H_2 + O_2 + 3\% NH_3 + 0,3\% CCl_4$; $2H_2 + O_2 + 5\% NH_3 + 0,5\% CCl_4$.

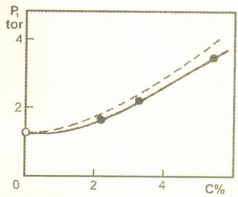
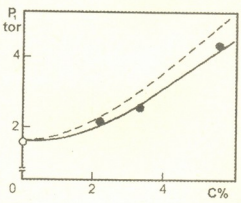
ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია 2 ცხრილში.

ცხრილი 2

T, K	P_1^0 , ტორი	$2H_2 + O_2 + 2\% NH_3 + 0,2\% CCl_4$			$2H_2 + O_2 + 3\% NH_3 + 0,3\% CCl_4$			$2H_2 + O_2 + 5\% NH_3 + 0,5\% CCl_4$		
		ΔP_1	ΔP_2	ΔP	ΔP_1	ΔP_2	ΔP	ΔP_1	ΔP_2	ΔP
843	1,85	0,6	1,07	0,8	0,22	1,35	1,16	0,34	3,92	3,75
863	1,55	0,06	0,77	0,73	0,12	1,46	1,05	0,24	3,07	2,85
883	1,25	0,03	0,53	0,41	0,1	1,1	0,94	0,2	2,45	2,25
903	1,09	0,03	0,38	0,27	0,09	0,88	0,69	0,17	2,06	1,77



ცხრილში P_1^0 არის უინჰიბიტორო ნარევის აალების | ზღვარი, ΔP_1 - ამიაკის დანამატის მგრგვინავი ნარევის აალების | ზღვრის წანაცვლება, ხოლო ΔP_2 - ტეტრაქლორმეთანის დანამატებით გამოწვეული ზღვრის ცვლილება, მგრგვინავი ნარევის აალების | ზღვართან შედარებით, ΔP - არის იგივე, როდესაც აღებულია ორივე დანამატი ერთად. 2 და 3 სურათებზე წარმოდგენილია დამოკიდებულება დანამატების ჯამურ C კონცენტრაციასა და აალების | ზღვარს შორის. უწყვეტი წილით გამოსახული გრაფიკი შეესაბამება ექსპერიმენტულ მონაცემებს, ხოლო პუნქტირით გამოსახული - დანამატების შესაძლო ადიტიური მოქმედებით გამოწვეული ზღვრების თეორიულ წანაცვლებას.



სურ. 2. დამოკიდებულება სარეაქციო ნარევის აალების | ზღვარსა და მაინჰიბირებელი დანამატების ჯამურ კონცენტრაციას შორის 863 K ტემპერატურაზე.

სურ. 3. დამოკიდებულება სარეაქციო ნარევის აალების | ზღვარსა და მაინჰიბირებელი დანამატების ჯამურ კონცენტრაციას შორის 883 K ტემპერატურაზე.

ექსპერიმენტის შედეგები გვიჩვენებს, რომ მოცემულ ტემპერატურებზე ამიაკის და ტეტრაქლორმეთანის ერთობლივი მოქმედება მგრგვინავ ნარევეზე ხასიათდება აშკარად გამოხატული ანტაგონისტური ეფექტით, რაც სავსებით შეესაბამება ჩვენს მიერ წინამდებარე ნაშრომის დასაწყისში გამოთქმულ მოსაზრებას.

ი. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *А.Н.Баратов, С.Г.Габриелян, Л.Г.Петрова, У.У.Конценко.* Горючесть веществ и химические средства пожаротушения. М., 1979.
2. *З.Г.Дзоценидзе, М.Д.Мусеридзе, М.М.Кацитадзе, Р.Г.Кобаладзе.* Сообщения АН ГССР, 116, 1, 1984, 109-112.
3. *ლ.ჯვითისიაშვილი, მ.კაციაძე, ზ.ძოწენიძე, მ.მუსერიძე.* საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოაზებ, 140, 3, 1990, 537-540.
4. *И.И.Семенов.* Ценные реакции. М., 1934.
5. *А.Б.Налбандян, К.Г.Оганесян.* Докл. АН СССР, 160, 1, 1965, 162-165.
6. *В.Н.Кондратьев.* Константы скорости газофазных реакции. М., 1970.



თ. მარსაბიშვილი, მ. მახაშვარიანი, მ. ჯანაშვილი, ჯ. ჯაფარიძე (წებრ-კორესპონდენტი)
**ელემენტარული სისტემების რადიოტალღების გამოსხივების მქანის
 მემის გამოკვლევა**

წარმოდგენილია 1.05.1997

ელემენტარული სისტემების კვლევის ერთ-ერთ ყველაზე უფრო ინფორმატიულ მეთოდს წარმოადგენს მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია რადიოტალღურ დიაპაზონში სისტემის ელემენტარული გამოსხივების რეგისტრაციასა და ანალიზზე [1].

ელემენტარული გამოსხივებას რადიოტალღურ დიაპაზონში ადგილი აქვს მთელ რიგ პროცესებში, რომლებიც დაკავშირებულია მიწის ძვრასთან, ქანების დაშლასთან, მეტალებისა და კრისტალების დასველებასთან პოლარული სითხით და სხვ., ე.ი. ჰეტეროგენულ სისტემებში მიმდინარე ისეთ არასტაციონარულ პროცესებში, რომლებშიც ადგილი აქვს ორმაგი ელემენტარული შრის ფორმირებას ან სტრუქტურულ ცვლილებას. ამ გარემოებამ ხელი შეუწყო ორმაგი ელემენტარული შრის აგებულების და ელემენტარული პროცესების შესწავლის ახალი მეთოდის შემუშავებას.

სისტემაში ელემენტარული სიმკვრივის განაწილების ცვლილების შედეგად ადგილი აქვს ელემენტარული გამოსხივებას, მათ შორის რადიოტალღების დიაპაზონშიც. ელემენტარული სისტემებში რადიოტალღების გამოსხივების თეორიული კვლევა შეიძლება განვითარდეს ორი მიმართულებით: პირველი მოიცავს თეორიული ელემენტარული ნაწილის ზოგად მიდგომას; მეორე კი დაფუძნებულია არათანაბრად მოძრავი დამუხტული ან დიპოლური ნაწილაკის ელემენტარული გამოსხივების ანალიზზე.

პირველი მიდგომის თანახმად სისტემაში ელემენტარული ველის ვექტორ-პოტენციალის კვანთურ-სტატისტიკური საშუალო ოპერატორული სახით შეიძლება ჩაწეროს ასე [2-4]:

$$\langle A \rangle = D j^{ex} + \langle A \rangle_0, \quad (1)$$

სადა $\langle A \rangle_0$ არის ვექტორ-პოტენციალის განაწილება სისტემაში, რომელზეც არ მოქმედებს გარეშე წყაროები; D სისტემის ვექტორ-პოტენციალის ოპერატორების გრინის ფუნქციაა; j^{ex} - დენის სიმკვრივე გარეშე წყაროებისა, რომლებიც იწვევენ სისტემის ელემენტარული ველის განაწილების ცვლილებას.

ფორმალურად (1) განტოლება იძლევა ნებისმიერი ელემენტარული სისტემის კვლევის შესაძლებლობას. ვექტორ-პოტენციალის ოპერატორების გრინის ფუნქცია D შეიძლება გამოსახულ იქნეს სისტემის კომპლექსური დიფერენციალური შედფეადობის საშუალებით [5]. კერძოდ, იმ სისტემებისათვის, რომლებიც შეიცავენ მინარევულ ნაწილაკებს, D გრინის ფუნქციების ანალიტიკური გამოსახულებები მოცემული იყო საშუალებებში [4,6,7]. ის მიდგომა, რომელიც დაფუძნებულია D ფუნქციის გამოყენებაზე, არის უნივერსალური, მაგრამ ელემენტარული სისტემებისთვის ამ მიდგომას მივყავართ რთული კვანთურ-ქიმიური გათვლების ჩატარების აუცილებლობისაკენ.

მეორე მიდგომა დაფუძნებულია ელემენტარული სისტემის ელემენტარული ველში მოძრავი დამუხტული დიპოლური ნაწილაკის მოძრაობის განტოლების ანალიზზე. ამ მიმართულების ფარგლებში შემუშავებულია მთელი რიგი მოდელებისა, რომლებიც წარმოადგენენ ინტერესს ელემენტარული სისტემების შესწავლის თვალსაზრისით. პირველ რიგში განიხილება ისეთი მოდელები, რომელთა ფარგლებში მეტალურ ელემენტარულ მიწოდება პოტენციალის როგორც მუდმივი მდგენელი, ასევე დისპერსიის ცვლადი მდგენელი.

ელექტროდიდან ნაწილაკზე ელექტრონის გადატანის პროცესის ელემენტარული აქტის ალბათობა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ასეთი სახით:

$$W_c(\varepsilon) = \frac{\beta}{i} e^{\beta F_{if}} \int_{C_{\theta}} d\theta e^{\beta \theta (\varepsilon - \varepsilon_F)} \text{Sp}[e^{-\beta(1-\theta)H_{if}} L e^{-\beta \theta H_F} L], \quad (2)$$

სადაც ε_F არის ელექტროდის ფერმის ენერგია, F_{if} არის $H_{if} = H_i - \varepsilon + \varepsilon_F$ - ჰამილტონიანის მქონე სისტემის თავისუფალი ენერგია (H_i - სისტემის ჰამილტონიანი საწყის მდგომარეობაში).

(2) ფორმულაში H_f არის საბოლოო მდგომარეობის ჰამილტონიანი, L არის ელექტრონულ-რეზონანსული ინტეგრალი, C - ინტეგრირების კონტური.

აღდგენის პროცესში სისტემის მიერ გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ველის ვექტორ-პოტენციალი შედგება სხვადასხვა კომპონენტებისაგან:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots, \quad (3)$$

სადაც A_i არის სისტემის რომელიმე ნაწილაკის არასტაციონარულ მოძრაობასთან დაკავშირებული გამოსხივების ვექტორ-პოტენციალი. ასე, ელექტრონის გადატანის შემდეგ (ელექტრონის გადატანის პროცესი მიმდინარეობს საკმაოდ სწრაფად $10^{-14} - 10^{-15}$ წმ.), შეიძლება აღიძრას შემდეგი პროცესები:

- 1) შიდამოლეკულური ატომთაშორისი რელაქსაციური პროცესები - გამოსხივებას ადგილი აქვს სიხშირის ინფრაწითელ დიაპაზონში მახასიათებელი დროებით $10^{-12} - 10^{-13}$ წმ.;
- 2) რელაქსაციური პროცესები, რომლებიც დაკავშირებულია A_1 ვექტორ-პოტენციალის მქონე ნაწილაკის სიმძიმის ცენტრის გადატანასთან სხვა წონასწორულ მდგომარეობაში;
- 3) რელაქსაციური პროცესები, რომლებიც დაკავშირებულია A_2 ვექტორ-პოტენციალის მქონე აღდგენილი ნაწილაკის დიპოლური მომენტის ცვლილებასთან;
- 4) რელაქსაციური პროცესები, რომლებიც დაკავშირებულია A_3 ვექტორ-პოტენციალის მქონე აღდგენილი ნაწილაკის სოლვატირებული მდგომარეობის ცვლილებასთან.

რადიოტალღური დიაპაზონის მქონე ველების $A_2 - A_3$ ვექტორ-პოტენციალებს თავის მხრივ შეუძლიათ აღწერონ აღნიშნული განსხვავებული ელემენტარული პროცესები. მაგალითად, A_1 ვექტორ-პოტენციალში შეაქვს წვლილი შემდეგ პროცესებს: თუ აღდგენის შემდეგ (ნაწილაკზე ერთი ელექტრონის გადასვლა) ნაწილაკზე დარჩა მუხტი - ის აღმოჩნდება შეცვლილი ლორენცის ძალის ზემოქმედების ქვეშ, რასაც მიუყვართ გამოსხივებამდე. მოძრაობის დროს ნაწილაკი უახლოვდება ელექტროდს მისთვის შესაძლებელ მინიმალურ მანძილზე, სადაც მკვეთრად იზრდება განზიდვის ძალები, რაც აგრეთვე იწვევს გამოსხივებას. თუ ელექტროდიდან ერთი ელექტრონის გადატანის დროს ნაწილაკი ხდება ნეიტრალური, მისი მოძრაობა ასევე იცვლება, რადგან ელექტრონის გადატანამდე მასზე მოქმედებდა ლორენცის ძალა, რომელიც ელექტრონის გადასვლის მომენტიდან მასზე უკვე აღარ მოქმედებს. შესაბამისად, მოძრაობის პირობების შეცვლის შემდეგ ნაწილაკი ასხივებს და ა.შ.

ნაწილაკების სოლვატირებული მდგომარეობის გათვალისწინების დროს, როგორც გვიჩვენებენ ექსპერიმენტული კვლევები, აუცილებელია ელექტროლიტის სივრცითი და სიხშირული დისპერსიის გათვალისწინება. როგორც მინიმუმში, საჭიროა ნაწილაკის ენერგეტიკული დონეების წანაცვლების გათვლა, რაც აუცილებელია ელექტრონულ-რეზონანსული ინტეგრალის გამოთვლისას.

კონკრეტული ელექტროქიმიური პროცესის შესწავლის დროს შეიძლება გამოყოფილ იქნეს ელემენტარული მოძრაობა, რომელიც იწვევს გამოსხივებას. შემდეგში ჩვენ განვიხილავთ სწორედ იმ ელემენტარულ პროცესებს, რომელთაგან შეიძლება კომბინირებულ იქნეს კონკრეტული ელექტროქიმიური პროცესები.



განვიხილოთ ze მუხტის მქონე ნაწილაკის მოძრაობა დროზე დამოკიდებული $F(t)$ ძალის ველში და $\mathfrak{A}(t)$ ცვლადი წინაღობის მქონე გარემოში. ასეთი ნაწილაკის მიერ გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ველის ვექტორ-პოტენციალს აქვს სახე:

$$\vec{A}(\vec{r}, t) = \frac{1}{C} \int d\vec{r}' \frac{ze\vec{v}(\vec{r}', t\epsilon)}{\epsilon|\vec{r}-\vec{r}'|}, \quad (4)$$

სადაც $\vec{r}(t)$ და $\vec{v}(r)$ არის ნაწილაკის სიჩქარე და კოორდინატა, როგორც დროის ფუნქცია.

ნაწილაკის სიჩქარისა და კოორდინატის განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი გამოსახულება:

$$m\dot{\vec{v}}(\vec{r}, t) = F(\vec{r}, t) - \mathfrak{A}(\vec{r}, t)\vec{v}(\vec{r}, t) \quad (5)$$

სიმარტივისათვის ქვემოთ გამოვიყენებთ ერთგანზომილებიან განტოლებას, რომელიც ფორმალურად შეიძლება მიღებულ იქნეს უსასრულო ზომის ბრტყელპარალელური ელექტროდებისათვის (სასაზღვრო ეფექტების გათვალისწინების გარეშე). ელექტროდების მხრიდან მოქმედი ძალა შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს შემდეგი სახით:

$$F(t) = E_0(t)ez + E_1(t)ez, \quad (6)$$

სადაც $E_0(t)$ არის დროში ნელა ცვალებადი ფუნქცია, $E_1(t)$ კი არის შემდეგი ტიპის ცვლადი ფუნქცია:

$$E_1(t) = E_1^0 \cos(\omega_0 t) \quad (7)$$

მოდელისათვის, რომელშიც $\mathfrak{A}(v, t) = k$, გამოსხივების ვექტორ-პოტენციალი შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ასე:

$$A_z(x', y', z'; \omega) = \frac{q}{C} \int dx' dy' dz' [(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2]^{-1/2} \times \\ \times \Phi(x', y', z') \left\{ \frac{k}{m} E_1(z') \left[\frac{1}{\gamma - i\omega} - \frac{1}{k/m - i\omega} \right] + \frac{E_0(z')}{k^2/m^2 + \omega_0^2} \times \right. \\ \left. \times \left[\frac{k}{m} \frac{\gamma - i\omega}{\omega_0^2 + (\gamma - i\omega)^2} + \frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 + (\gamma - i\omega)^2} - \frac{k}{m} \frac{1}{k/m - i\omega} \right] \right\}, \quad (8)$$

სადაც Φ არის განაწილების ფუნქცია იმ ნაწილაკების, რომლებიც ასხივებენ. თუ ეს განაწილება თანაბარია, მაშინ $\Phi = C_0 \chi(z)$, სადაც C არის ნაწილაკების მოცულობითი კონცენტრაცია, ხოლო $\chi(z)$ არის მიღევადი ფუნქცია. ამ შემთხვევაში გამოსხივების ვექტორ-პოტენციალი შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ასე:

$$A_z(\omega) = \frac{C_0 q}{C} \int dz' S(z') \chi(z') \left\{ \frac{k}{m} E_1(z') \left[\frac{1}{\gamma - i\omega} - \frac{1}{k/m - i\omega} \right] + \right. \\ \left. + \frac{E_0(z')}{k^2/m^2 + \omega_0^2} \left[\frac{k}{m} \frac{\gamma - i\omega}{\omega_0^2 + (\gamma - i\omega)^2} + \frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 + (\gamma - i\omega)^2} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{k}{m} \frac{1}{k/m - i\omega} \right] \right\}; \quad \gamma \rightarrow 0, \quad (9)$$

$$S(z') = \int_0^l dy' \int_0^a dx' [(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2]^{-1/2}$$

მიღებულია რადიოტალღების ვექტორ-პოტენციალის დამოკიდებულება სიხშირეზე კონკრეტული მოდელური სისტემისათვის. ანალოგიურად შეიძლება განხილულ იქნეს სხვა მექანიზმებიც, რომლებსაც მივყავართ რადიოტალღების გამოსხივებამდე ელექტროქიმიურ სისტემებში.

ავტორები მადლობას უხდებიან საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიას იმ გრანტისთვის, რომელმაც სამუშაოს შესრულების შესაძლებლობა მისცა.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
არაორგანული ქიმიისა და
ელექტროქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Дж.И.Джеспаридзе, Б.Б.Дамаскин, М.Хохашвили*. Электрохимия, **33**, 4, 1997.
2. *А.А.Абрикосов, Л.П.Горьков, И.Е.Дзялошинский*. Методы квантовой теории поля в статистической физике. М, 1962, 444 с.
3. *R.R.Dogonadze, T.A.Marsagishvili*. In: The chemical physics of solvation. Part A. Amsterdam: Elsevier, 1985; 39-77.
4. *R.R.Dogonadze, T.A.Marsagishvili*. In: Extended abstracts. 31 st Meeting of the international society of electrochemistry. Venice: Inst. of polarography and preparative electrochem. of the national res. council V. 2. Padua, 1980. 551-553.
5. *R.R.Dogonadze, T.A.Marsagishvili*. Surf. Sci., V. 101, 1980, 439-461.
6. *T.A.Marsagishvili, D.E.Khoshitariya, M.G.Zaqaraya*. J. Electroanal. Chem., V. 204, 1986, 141-152.
7. *T.A.Марсагшвили, Г.Д. Татишвили*. Электрохимия, **29**, 1993, 1278 -1280.



ბ.დასასველიძე, დ.ბაბუნიძე, დ.ლუპაძე, ნ.ჯორჯიანი, ლ.ჭაბუკაძე

ნიკელით ლეგირებული გოგის არადრეკადი თვისებები

წარმოდგინა აკადემიკოსმა გ. გველესიანმა 1.05.1997

კოვალენტურ კრისტალებში სტრუქტურული დეფექტების ძვრადობა მნიშვნელოვანწილად განისაზღვრება შინაგანი დაძაბულობებით და ელექტრულად აქტიური მინარევებით [1]. ასეთ კრისტალებს შორის, დისლოკაციური სტრუქტურის დინამიკის თვალსაზრისით, ყველაზე ნაკლებად გამოკვლეულია β -რომბოედრული ბორი (შემდგომში β -ბორი), რომლის სტრუქტურისათვის დამახასიათებელია დიდი რაოდენობის დეფორმაციული ორეულბებისა და წყობის დეფექტების არსებობა [2]. β -ბორის რთულ კრისტალურ გისოსში რეალიზებულია ატომთაშორისი კავშირების სიგრძის, საკოორდინაციო რიცხვების, სივრცეული ზომისა და ფორმის სხვადასხვაობა, რომლებშიც შეიძლება განლაგდნენ მალეგირებელი ელემენტების ატომები. ამის გამო ბორში გახსნილი ატომების ელექტრული აქტივობა, მათი გავლენის ხასიათი სხვადასხვა სტრუქტურული დეფექტების ჩასახვასა და გადაადგილებაზე შეიძლება შეიცვალოს ელემენტარულ უჯრედში მათი ვალენტობისა და სივრცულ განლაგებაზე დამოკიდებულების გამო. ვინაიდან ზოგიერთი მინარევი ახდენს ძლიერ გავლენას β -ბორის კრისტალური გისოსის პარამეტრებზე, ლეგირებულ ბორში ბუნებრივია ველოდოთ დამახინჯებათა კრისტალოგრაფიული და აქტივაციური მახასიათებლების ცვლილებას.

ნაშრომებში [3-5] დადგენილია, რომ ბორის ლეგირება ნიკელით ახდენს გავლენას β -ბორის არა მარტო ელექტროფიზიკურ მახასიათებლებზე, არამედ იწვევს გამტარებლობის ტიპის ცვლილებას [4,5]. ამიტომ ნიკელით ლეგირების გავლენა β -ბორის ელექტროფიზიკურ თვისებებსა და სტრუქტურულად მგრძობიარე თვისებებზე აუცილებლად იმსახურებს ინტერესს.

β -ბორის სტრუქტურულად მგრძობიარე თვისებათა ცვლილებების ბუნებაზე მინარევების ატომების კონცენტრაციისა და ელექტრული აქტივობის გავლენის გამოკვლევის მიზნით წინამდებარე ნაშრომში გამოკვლეულია ნიკელით ლეგირებული β -ბორის ელექტროფიზიკური თვისებები და შესწავლილია შინაგანი ხახუნის ტემპერატურული სპექტრი. შენადნობების ნიმუშებს ვღებულობდით წინააღმდეგობის ლუმენში სათანადო შემადგენლობის კაზმის გადნობით ბორის ნიტრიდის ტიგლებში. მიღებულ ნიმუშებს ჰქონდათ პოლიკრისტალური სტრუქტურა და (100) სიბრტყეში დეფორმაციული ორეულბებისა და წყობის დამახინჯებათა არარეგულარული განაწილება. ვიკვლევდით 0,8...5,0 ატომური % შემცველობის ნიკელის ბორის შენადნობებს. ნიმუშების ელექტროფიზიკური თვისებების გაზომვა სრულდებოდა ოთახის ტემპერატურაზე ოთხზონდოვანი მეთოდით, მუდმივი დენით მუდმივ მაგნიტურ ველში. შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის ტემპერატურული დამოკიდებულება შესწავლებოდა 1 ჰერცი სიხშირის გრეხვითი რხევებისას.

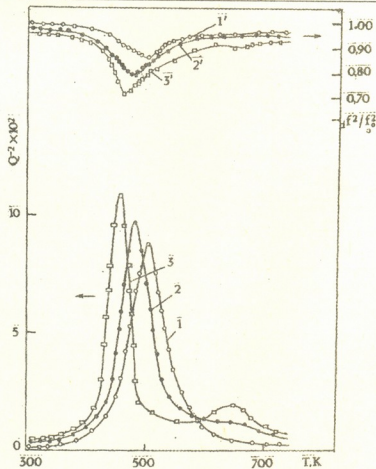
გამოკვლევებმა აჩვენეს (ცხრილი 1), რომ 3,5 ატომური % ნიკელის შემცველი შენადნობები ხასიათდებიან ხვრელური გამტარებლობით. მათ ჰქონდათ ხვრელების კონცენტრაცია $10^{16} \dots 10^{14} \text{ სმ}^{-3}$, და მათი ძვრადობა იცვლებოდა $10 \dots 25$ ვოლტი $\text{სმ}^2 \text{ წმ}^{-1}$ ფარგლებში. 3,5 ატომური % ნიკელის შემცველობის შენადნობებში ხდება გამტარებლობის ტიპის შეცვლა. ასეთ შენადნობებში დენის მატარებლების - ელექტრონების კონცენტრაცია იცვლება 10^{18} -დან 10^{20} სმ^{-3} -მდე, მაშინ როდესაც ძვრადობა შესამჩნევ-

ვად მცირდება 5,0-დან 2,5 ვოლტი სმ² წმ⁻¹-მდე. დადგენილ იქნა, რომ 800-1000 K ტემპერატურისას 5-საათიანი მოწვა ვაკუუმში 5,0 ატომური % ნიკელის შემცველი ბორ-ნიკელის შენადნობების ელექტროფიზიკურ მახასიათებლებზე ახდენს უმნიშვნელო გავლენას.

ცხრილი 1

ნიკელით გამდიდრებული ბორის ელექტროფიზიკური თვისებები

მასალა	გამტარებლობის ტიპი	ელექტრული გამტარებლობა $\text{Om}^{-1}\text{cm}^{-1}$	მუხტის მატარებელთა კონცენტრაცია cm^{-3}	მუხტის მატარებელთა ძვრადობა $\text{cm}^2\text{v}^{-1}\text{s}^{-1}$
B	ხვრელური	0,096	$5 \cdot 10^{16}$	12
B+0,8 at % Ni	ხვრელური	0,32	$1 \cdot 10^{17}$	20
B+3,5 at % Ni	ხვრელური	1,2	$3 \cdot 10^{18}$	25
B+4 at % Ni	ელექტრონული	3,52	$1 \cdot 10^{19}$	2,2
B+5 at % Ni	ელექტრონული	480	$6 \cdot 10^{20}$	



სურ. 1. შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის ტემპერატურული სპექტრი

არალეგირებულ ბორში ≈ 1 ჰერცი სიხშირით გრეხვით რხევებზე 530K მახლობლად აღმოჩენილია ინტენსიური რელაქსაციური მაქსიმუმი, თანხლებადი ძვრის მოდულის დიდი დეფექტით (სურ.). 570K არეში დაიმზირებოდა შინაგანი ხახუნის არარელაქსაციური მაქსიმუმი. 600K ზემოთ ძვრის დინამიკური მოდული სრულად აღდგება, რაც ეწინააღმდეგება რელაქსაციური ძვრის მოდულის ქცევას „სტანდარტულ ხაზოვან სხეულში“ [6].



ტემპერატურულ სკალაზე მაქსიმუმის სიხშირით გადაადგილების მეთოდით დადგინილია, რომ 530K მახლობლობაში რელაქსაციური შინაგანი ხახუნი ხასიათდება 1,25 ელექტრონ-ვოლტი აქტივაციის ენერგიით და სიხშირის ფაქტორით $5 \times 10^{-13} \text{ წმ}^{-1}$.

B-Ni სისტემის გამოკვლეულ შენადნობებში 570K არეში არარელაქსაციური შინაგანი ხახუნი არ დაიმზირება. ნიკელის კონცენტრაციის ზრდის შესაბამისად 530K არეში დამზერილი არარელაქსაციური პროცესის ტემპერატურა და აქტივაციური მახასიათებლები მცირდება (ცხრ. 2). *n*-ტიპის გამტარებლობის მქონე შენადნობებში 650K მახლობლობაში აღმოჩენილია გაფართოებული რელაქსაციური მაქსიმუმი $\approx 0,05$ ინტენსივობით და $\approx 0,15$ ძვრის მოდულის დეფექტის მნიშვნელობით. რელაქსაციური პროცესი ხასიათდება 1,8 ელექტრონ-ვოლტი აქტივაციის ენერგიით და სიხშირული ფაქტორით $1 \times 10^{14} \text{ წმ}^{-1}$. მისი აქტივაციური მახასიათებლები არაა დამოკიდებული შენადნობში ნიკელის შემცველობაზე შენადნობის გამოკვლეულ კონცენტრაციათა საზღვრებში.

ცხრილი 2

B-Ni შენადნობებში რელაქსაციური პროცესის მახასიათებლები.

მასალა	მაქსიმუმის ტემპერატურა K	აქტივაციის ენერგია ელექტრონ-ვოლტი	სიხშირული ფაქტორი წმ^{-1}	რხევითა ამპლიტუდური დამოკიდებულება
B	530	1,25	$5 \cdot 10^{13}$	დამოკიდებულია
B+0,8 at % Ni	510	1,10	$1 \cdot 10^{13}$	დამოკიდებულია
B+3,5 at % Ni	490	1,05	$4 \cdot 10^{12}$	დამოკიდებულია
B+4 at % Ni	475	0,92	$1 \cdot 10^{12}$	არაა დამოკიდებული
B+5 at % Ni	450	0,80	$3 \cdot 10^{11}$	არაა დამოკიდებული
	650	1,80	$1 \cdot 10^{14}$	დამოკიდებული

რელაქსაციური მაქსიმუმების ინტენსივობა იზრდება ნიმუშების რხევითი დეფორმაციის ზრდასთან ერთად. მაგრამ ამ დროს დაიმზირება მათი 10...30K დაბალი ტემპერატურებისკენ გადაადგილება. შენადნობებში აღნიშნული რელაქსაციური მაქსიმუმების მახასიათებლები წააგავს დისლოკაციური წარმოშობის დეფორმაციულ მაქსიმუმებს მოცულობადაცენტრებულ კრისტალებსა და გერმანიუმში [1].

შინაგანი ხახუნის რელაქსაციური მაქსიმუმების თავისებურებებისა და ბრტყელი სტრუქტურული დეფექტების არსებობის გათვალისწინებით დაშვებულია, რომ 530K არეში არსებული ინტენსიური მაქსიმუმი განპირობებულია ორეულების გაყოფის კოჰერენტული საზღვრების მიგრაციით (100) სიბრტყეზე გაორებადი დისლოკაციების რგოლების ჩასახვისა და გაფართოების მექანიზმით. მაქსიმუმი 650K-ზე აღმოჩენილი *n*-ტიპის გამტარებლობის მქონე შენადნობებში, შესაძლოა დაკავშირებულია გარე პერიოდული ძაბვის მოქმედებით წყობის დეფექტების ზომების შექცევადობასთან.

ჩვენი გამოკვლევების შედეგების ანალიზის საფუძველზე [7] და ლეგირებულ ნახევარგამტარებში დისლოკაციების მოძრაობის სპეციფიკურ თავისებურებათა გათვალისწინებით გრეხვითი რხევების ჩაქრობის რელაქსაციური პროცესის აქტივაციური მახასიათებლების განაწილების ინტერვალის არსებობას შეიძლება მიეცეს შემდეგნაირი ახსნა: მცირე ძაბვებისას ($\approx 10^{-5} \text{ G}$) ორეულების კოჰერენტული საზღვრების მოძრა-

ობის აქტივაციის ეფექტური ენერგია შეიცავს თავის თავში გაორებადი დისლოკაციების რგოლების, გაორების სიბრტყის გასწვრივ არსებული ბრტყელი გადაღუნვის მიგრაციის ენერგიას და დამაგრების ცენტრებთან გადაღუნვების ურთიერთმოქმედების ენერგიას. გამდნარ მდგომარეობაში ნიკელი წარმოქმნის ჟანგეულებს, ნიტრიდებს და კარბიდებს, რაც გამყარებისას ამცირებს ნარჩენი მინარევი ატომების კონცენტრაციას სხვადასხვა დისლოკაციების გარშემო. ამის შედეგად შემცირდება გაორებადი დისლოკაციებზე წერტილოვანი დამახინჯებით გადაღუნვების დამაგრების ხარისხი.

მეორე მხრივ, გახსნილი ნიკელის ელექტრულად აქტიურ ატომებს შესწევთ უნარი გადაადგილონ ფერმის დონე აკრძალული ზონის შუა ნაწილიდან. ამის შედეგად დისლოკაციურ ზონებში შეიძლება შეიცვალოს დეფორმაციული ველის გავლენით მოცულობითი (სავალენტო და გამტარებლობის) ზონის კიდებიდან მოხლეჩილი ელექტრონებისა და ხვრელების კონცენტრაცია. დენის მატარებლების განაწილება დისლოკაციურ ენერგეტიკულ სექტორში განაპირობებს გაორებადი დისლოკაციებზე ბრტყელი გადაღუნვის წარმოშობის ენერგიის შემცირებას ელექტრონული მდგენელის ხარჯზე.

ამგვარად, შეიძლება დაშვებულ იქნეს, რომ შინაგანი ხახუნის ძირითადი მაქსიმუმი განპირობებულია ორეულების კოჰერენტული საზღვრების მიგრაციით (100) სიბრტყეზე გაორებადი დისლოკაციების რგოლების ჩასახვისა და გაფართოების მექანიზმით. დამატებითი მაქსიმუმის წარმოშობის მექანიზმის ახსნისათვის შემოთავაზებულია გაორების სიბრტყეზე ცვალებად მექანიკური დატვირთვის ველში წყობის დამახინჯებათა ზომების შექცევადი შემცირება.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
ფ.თავაძის სახ. მეტალურგიის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *U.Iendrich, P.Haasen. Physica Status Solidi (a), 108, 1988, 553-575.*
2. *M.J.McKelly, A.R.RoeSmith, L.Fyring. Solid State Chemistry, 44, 1982, 374-381.*
3. *T.Lundstrom. In: AIP Conference Proceedings. New York, 1986, 19-30.*
4. *Д.Л.Габуния, К.П.Цолая, Ф.Н.Тавадзе. В: Бор. Получение, структура и свойства, М. 1974, 97-99.*
5. *У.А.Арифов, Г.В.Пантелеева, Р.Х.Карытов. В: Бор. Получение, структура и свойства, М., 1974, 100-106.*
6. *A.S.Nowick, B.S.Berry. Unelastic Relaxation in Crystalline Solids, New-York and London, 1972, 470.*
7. *G.Sh.Darsavelidze, O.A.Tsagareushvili, T.V.Eterashviki, V.Sh.Metreveli, G.F.Tavadze, D.L.Khomeriki. Less-Common Metals, 117, 1986, 189-193.*
8. *В.Ю.Белявский, Б.М.Даринский, В.В.Шалимов. Физика твёрдого тела, 29, 1 серия, 1982, 326-328.*



ბ.გაღაიშვილი, ზ.ოთხმეზური

სპილენძის ქცვის შესახებ მაღნეულის სულფიდური საბადოს ქანგვის ზონაში

წარმოდგინა აკადემიკოსმა ნ. სხირტლაძემ 30.10.1997

მაღნეულის კომპლექსური სპილენძ-სულფიდური და ბარიტ-პოლიმეტალური საბადო საქართველოს ფერადი მეტალურგიის ძირითად ბაზას წარმოადგენს. იგი მდებარეობს სამხრეთ-აღმოსავლეთ საქართველოს მაღნიან რაიონში, სივრცობრივად დაკავშირებულია ზედაცარცულ ვულკანოგენურ წყებასთან და წარმოდგენილია ორი ერთმანეთისაგან განმხილოებული სპილენძ-კოლჩედანური და ბარიტ-ტყვია-თუთიის ბულობებით.

გზოგენური პროცესების გავლენით საბადოზე საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული მაღანამგები მინერალების ჰიპერგენული შეცვლები, რომელიც განსაკუთრებით ინტენსიური გახდა საბადოს წინმსწრები გადახსნის შემდეგ.

როგორც ცნობილია, სულფიდური საბადოების ქანგვის ზონა რთულ ფიზიკურ-ქიმიურ პირობებში ვითარდება, როდესაც ატმოსფერული აგენტების გავლენით პირველადი მადნების ამგები მეტალები და გოგირდის შემცველი ნაერთები გრუნტის წყლებში გადადის, რის გამოც ეს უკანასკნელნი ინტენსიურ დამქანგველ თვისებებს იძენენ. თავისი შემადგენლობით და კონცენტრაციით ქანგვის ზონის წყლები გოგირდის შემცველ განზავებულ ხსნარებს უახლოვდება და მათი დამქანგველი თვისებები მნიშვნელოვნადაა გაპირობებული მადნების ნივთიერ შემდგენილობით, ხსნარში გოგირდის არსებობის ფორმით და დაქანგვის პროდუქტების ქიმიური თვისებებით.

დადგენილია, რომ ქანგვის მაღალი უნარიანობის მქონე ხსნარები წარმოიშობა პირიტის, ხოლო ქანგვის შედარებით დაბალი უნარიანობის – გალენიტის დაშლის შედეგად. სფალერიტსა და ქალკობირიტს ამ თვალსაზრისით შუალედი პოზიცია უკავიათ.

იმ შემთხვევაში, როდესაც მაღანი აგებულია რამდენიმე მინერალით, ქანგვის პროცესში ხდება მათი შერჩევითი დაშლა, რაც გაპირობებულია სულფიდების სხვადასხვა ხსნადობით, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია ხსნარში ქანგვის სხვადასხვა პროდუქტების არსებობაზე. ასე მაგალითად, რკინის ქანგის სულფატი ზრდის გალენიტისა და სფალერიტის ხსნადობას, მაშინ როდესაც იგი ქალკობირიტის ხსნადობაზე თითქმის არ მოქმედებს. ქალკობირიტი გაცილებით ადვილად იხსნება იმ შემთხვევაში, თუ გამხსნელში მონაწილეობენ სპილენძის მარილები.

სულფიდების არათანაბარი მდგრადობა ჰიპერგენეზის ზონაში გაპირობებულია აგრეთვე შემცველი ქანგების სხვადასხვა ქიმიური აქტივობით, მადნების ტექსტურულ-სტრუქტურული თავისებურებებით და ზოგიერთი სხვა ფაქტორით, რაც ქანგვის ზონას რთულ გეოლოგიურ აგებულებას ანიჭებს და აკონტროლებს მასში ქიმიური ელემენტების გადანაწილებას.

შერჩევითი გამოტუტვა დამახასიათებელია არა მარტო მაღნეული, არამედ არამაღნეული მინერალებისათვისაც. ამ უკანასკნელთა მდგრადობა პირდაპირ დამოკიდებულია მათი კრისტალური მესრის ენერგიასა და გარემოს სიმქავიანობაზე, ხოლო მაღნეული მინერალებისა – მათი ელექტროდული პოტენციალის სიდიდესა და შემცველი ქანგების შემადგენლობაზე.



ლებებზე ქანგვის ზონის ზედაპირულ ნაწილში, სადაც სპილენძის ძირითადი მინერალებს წარმოადგენს მალაქიტი და აზურიტი, ხოლო მეორეხარისხოვან ქრიზოკოლა და ფირუზი.

სპილენძი მინარევების სახით დადგენილია გოეთიტში, კაოლინტში, ჰიდროქარსებში, ოპალსა და კალციტში, ე. ი. მინერალებში, რომლებიც წარმოიქმნა ქანგვის ზონის როგორც საწყის (მეავე გარემო), ისე უპირატესად საბოლოო (ტუტე გარემო) სტადიებზე.

მეავე გარემოში სპილენძი, როგორც ჩანს, მიგრირებდა ქეშმარიტი ხსნარების, ხოლო ტუტეში კომპლექსური ნაერთების სახით [4]. გარემოს pH-ის ფართო დიაპაზონში სპილენძის მიგრაციის უნარს და მისი სულფიდების დაქანგვისას ადვილად ხსნადი ნაერთების (CuSO_4 და FeSO_4) წარმოქმნას ამ ელემენტის ინტენსიური გამოტუტვისაკენ მივყავართ შესწავლილი ქანგვის ზონის ზედაპირული ნაწილიდან. სპილენძის გაზრდილი შემცველობები აქაც რკინის ჰიდროქანგვებით გამდიდრებული ქანებით კონტროლდება. სპილენძის გადასვლა გრუნტის წყლებში შესაძლებელია ქანგვის ზონის მხოლოდ ღრმა ქვეზონებში, რომლებიც შეიცავს სპილენძის სულფატებს და სულფიდების რელიქტებს.

ზემოთ მოყვანილი მონაცემების საფუძველზე შემდეგი დასკვნები შეიძლება გაკეთდეს: მადნეულის საბადოს ქანგვის ზონა რთულ გეოქიმიურ სისტემას წარმოადგენს, რომლის ფორმირება ნაწილობრივ ძველი მეორადი სულფიდური გამდიდრების ქვეზონის ხარჯზე ხდებოდა. მადნეულის საბადოს ქანგვის ზონის ჩამოყალიბების პროცესში გრუნტის წყლების დონე, როგორც ჩანს, არაერთგზის იცვლებოდა, რაც თავის მხრივ იწვევდა ცალკეულ ქვეზონებში ფიზიკურ-ქიმიური პირობების ცვალებადობას და განაპირობებდა წამყვანი მადანმაშენი მეტალების, განსაკუთრებით სპილენძის არათანაბარ განაწილებას დაქანგვულ მადნებში. ქანგვის ზონის განვითარება მადნეულის საბადოზე დღესაც გრძელდება გადახსნილი კარიერის პირობებში.

სპილენძის მეორადი მინერალების უმეტესი ნაწილი ქალკოპირიტის სხვადასხვა ხარისხით დაქანგვის შედეგადაა წარმოშობილი. გამონაკლისს წარმოადგენს კუპრიტი, ტენორიტი და ხალასი სპილენძი, რომლებიც წარმოშობილია მეორადი სულფიდური გამდიდრების ქვეზონის მინერალის — ქალკოზინის ჩანაცვლების ხარჯზე ქანგბადის დეფიციტის პირობებში.

სპილენძით გამდიდრებული მეორეული შარავანდედები თითქმის თანხვედრა პირველადი პირიტული მადნეული სხეულების გამოსავლების კონტურებს; ასევე თანხვედრა ისინი პოლიმეტალური მადნების გამოსავლებს, მაგრამ სიგრძით მნიშვნელოვნად ჩამორჩება მათ. სპილენძ-სულფიდური ბუდობის მეორეული შარავანდედები უფრო დიდი ზომისაა, არ შეესაბამება სპილენძის მადნების მდებარეობას, რაც მიუთითებს სპილენძის მნიშვნელოვან გადაადგილებებზე ქანგვის ზონის ზედაპირულ ნაწილში.

საქართველოს სახელმწიფო გეოლოგიური დეპარტამენტი

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ალ. ჯანელიძის სახ. გეოლოგიური ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. С. С. Смирнов. Зона окисления сульфидных месторождений. М., 1955.
2. В. В. Щербина. Сов. геология, т. 43, 1955.
3. В. В. Щербина, Л. И. Игнатова. Записки Всес. Минералогического Общества, вып. 3, ч. 84, 1955.
4. В. В. Щербина. Геохимия, т. 11, 1962.



ს.პაპუაშვილი

მალივი საკვამლე მიღების განგარიშების საკითხების შესახებ
დინამიკურ შემოქმედებებზე

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა.ბიბიგურმა 11.08.1997

საკვამლე მიღების ნაგებობების განგარიშების თანამედროვე მეთოდები სხვადასხვა სახის დინამიკურ დატვირთვებზე ეყრდნობა მთელ რიგ მიდგომებს, რომლებიც ითხოვენ პირველ რიგში საწყისი ინფორმაციის სისრულეს და ყველა ფიზიკური ფაქტორის გათვალისწინებას, საიმედოობის უზრუნველყოფილობის გათვალისწინებით.

სხვადასხვა კონსტრუქციული ფორმის საკვამლე მიღების ნაგებობათა დინამიკური მუშაობის ანალიზისას, როგორც ქარის, აგრეთვე გადაადგილებითი ჰორიზონტალურ სეისმურ შემოქმედებებზე, რომლებზეც უფრო ხშირად ეფუძნება განგარიშების არსებული პრაქტიკული ხერხები, საანგარიშო სეისმური პირობები მიიღება დღეისათვის არსებული ნორმატიული საბუთების თანახმად.

მართალია, ზემოთ აღნიშნული ნაგებობების მრავალი დაზიანებისა და ნგრევების შედეგების ანალიზი დინამიკური (ქარის და სეისმური) შემოქმედებებისაგან გვიჩვენებს, რომ დღეისათვის არსებული მიდგომები საშუალებას იძლევა მთლიანობაში უზრუნველყონ საკვამლე მიღების კონსტრუქციების ექსპლუატაციის საიმედოობა. ბოლო წლებში დაგროვილი გამოცდილება, სეისმური და ქარის შემოქმედებების პარამეტრებისა და ნაირსახეობების შესახებ მოითხოვს ახალი არქიტექტურულ-გეგმარებითი და კონსტრუქციული სქემების დამუშავების გარდა, აგრეთვე ამ ნაგებობების საანგარიშო დინამიკური მოდელების და მათზე მოსული გარე დინამიკური დატვირთვების მოდელების დაზუსტებას და სრულყოფას, მათ უფრო ფართო გამოყენებას, რაც საშუალებას მოგვცემს უფრო სრულად განვსაზღვროთ აღნიშნულ ნაგებობათა მზიდუნარიანობის რეზერვები.

დღეისათვის არსებული ამ ნაგებობების განგარიშების მრავალი მეთოდი, საპროგრამო საშუალებები თუ გამოთვლითი კომპლექსები ვერ ითვალისწინებენ მთლიანობაში და სრული მოცულობით ყველა იმ ზემოთ აღნიშნული ახალი ფაქტორების გავლენას და მათი დამახასიათებელი პარამეტრების მნიშვნელობას. მეორე მხრივ, ხშირად, ზემოთ აღნიშნული ნაგებობების განგარიშებისას ჩნდება ამა თუ იმ სახის სიძნელები, რომლებიც რიგ შემთხვევაში აიძულებენ გამოანგარიშებლებს მიმართონ უმნიშვნელო ცვლილებებს, რაც უზიარებელი პროგრამისტებს შეიქმნას მოქნილი, შედარებით მარტივი სქემა, მოდულურ პრინციპზე აგებული ახალი ალგორითმები და საწყის მოდულში შესრულებული საპროგრამო კომპლექსები, საკვამლე მიღების ნაგებობების განგარიშებისათვის.

განსაკუთრებულ ინტერესს ითვალისწინებს საკვამლე მიღების ნაგებობების მუშაობის განხილვა დინამიკურ შემოქმედებებზე, ზემოთ მოყვანილი ფაქტორების გათვალისწინებით და აგრეთვე მათი განგარიშების ისეთი ალგორითმების შექმნა, რომელშიც იქნება გათვალისწინებული შეძლებისდაგვარად ყველა ეს ზემოთ აღნიშნული ფაქტორი. მაგალითისათვის შეიძლება აღინიშნოს საკვამლე მიღების ნაგებობების ისეთი საანგარიშო-დინამიკური მოდელები, რომლებშიც ხდება სიმალეში, კვანძებში მოთავსებული განაწილებული მასების ინერციულობის გათვალისწინება, დინამიკური შემოქმედების მრავალკომპონენტური ფაქტორის გათვალისწინება და სხვა.



აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ ყველა პირობის და ფაქტორის აბსოლუტურად სწორი და მასშტაბური გათვალისწინება, საკვამლე მიღების ნაგებობების დინამიკურ ზემოქმედებებზე გაანგარიშებისას, მიგვიყვანდა ამოცანის უაზრო გადატირთვამდე და ამ შემთხვევაში მივიდოდით ყოველად მიუღებელ არარაციონალურ შედეგებამდე. ამიტომ ამა თუ იმ პირობების გათვალისწინების საკითხი საკვამლე მიღების ნაგებობების პროექტირებისას, ვფიქრობთ, უმჯობესი იქნება ყველა კონკრეტულ შემთხვევაში განისაზღვროს ინდივიდუალურად, სხვადასხვა და მრავალფეროვანი პირობების შეხამებისას, მათ შორის რაციონალურის შერჩევით და წინა ხაზზე ყველაზე მნიშვნელოვანის წარმოჩენით.

საკვამლე მიღების ნაგებობების მუშაობისას, სეისმურ ზემოქმედებებზე, ძალზე მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია ამ დინამიკური ზემოქმედების მრავალკომპონენტური სივრცული მოდელის მიყენება და გათვალისწინება აღნიშნული ნაგებობების მიმართ, ვინაიდან მათი სიმაღლის გაზრდით მნიშვნელოვნად მატულობს ჰორიზონტალურ გადაადგილებით სეისმურ ზემოქმედებებთან ერთად ვერტიკალური, ბრუნვითი და გრეხვითი სეისმური ზემოქმედების გავლენა და მათი სივრცული კომბინაციების ზემოქმედება.

ამიტომ, ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, მცირეოდენი გამართვების და დამკვეთების საფუძველზე საკვამლე მიღების ნაგებობის საანგარიშო-დინამიკური მოდელი აღნიშნულ, კონკრეტულ შემთხვევაში მიიღება, როგორც ძვრა-ღუნვის ერთობლივი, ღერძული და გრეხვითი სიხისტეების მქონე კონსოლური ღერო, მთელს სიმაღლეში, კვანძებში განაწილებული, ექვსი თავისუფლების ხარისხის მქონე მასებით და რომელიც განიცდის გარე, სივრცულ სეისმურ მრავალკომპონენტურ ზემოქმედებას. ცალკეულ კვანძებში შეყურსულად განაწილებულ მასებს მიეცემა სხვადასხვა ღრეკადი ბმები, როგორცაა მაგალითად, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური, ბრუნვითი და გრეხვითი გადაადგილებების მიმართ. მაღლივი ნაგებობებისათვის ამგვარი კონსტრუქციული სქემა და სივრცული, მრავალკომპონენტური სეისმური ზემოქმედების შესაძლო ვარიანტები განხილულ იქნა მიღებული საანგარიშო-დინამიკური მოდელის მუშაობის ამსახველი სტატისტიკური და დინამიკური წონასწორობის განტოლებებთან ერთად [1].

განსახილველი საანგარიშო დინამიკური მოდელის საერთო სიხისტის მატრიცის ფორმირება ხდება მთლიანობაში ანალიზური სახით. მასში ცალკეულ ღეროთა ბოლოების სიხისტეების მაჩვენებლებთან ერთად მოთავსებულია აგრეთვე კვანძების სიხისტეების მაჩვენებლები, რომელთა რიცხვული მნიშვნელობების ცვალებადობით მიიღწევა ფართო წრის დასმული ამოცანების ამოხსნა, მაგალითად იმ საანგარიშო დინამიკური მოდელებისათვის, რომლებიც ითვალისწინებენ განსახილველი სისტემის ცალმხრივი ან მრავალმხრივი, როგორც სიმეტრიულად, აგრეთვე არასიმეტრიულად დამაგრებული მჭიმების სისტემით, ბაგირებისაგან.

განსახილველი კონსტრუქციული სისტემისათვის საერთო სიხისტის და მასების მატრიცების ფორმირების შემდეგ საანგარიშო-დინამიკური მოდელის კვანძებში მოღებულ დინამიკური დატვირთვების განსაზღვრისათვის, რომლებიც სისტემის მთლიანობაში ქცევას აღწერენ რხევების დროს, ამოიხსნება საკუთარი რიცხვების ამოცანის განტოლების მიხედვით [2], სადაც არანულოვანი ამონახსნი მიიღება განტოლებიდან:

$$\det | [D] - \lambda [E] | = 0,$$

სადაც განტოლებაში $[D] = [K]^{-1}[M]$ – განსახილველი სისტემის დინამიკური მატრიცაა, მისი ენერგეტიკული მახასიათებელი:

$[K]$ – სისტემის საერთო სიხისტის მატრიცა;

$[K]^{-1}$ – სისტემის დეფორმაციების, ანუ დამყოლობის მატრიცა;

$[M]$, $[E]$ – სისტემის მასების და ერთეული, დიაგონალური მატრიცები;

λ – სისტემის საკუთარი რიცხვების ერთგანზომილებიანი მატრიცა.

ჩვენს კერძო შემთხვევაში λ - მატრიცის მნიშვნელობები წარმოადგენენ განსახილველი სისტემის თავისუფალი რხევის სიხშირეებს, შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\omega_i = \sqrt{\frac{1}{\lambda_i}}$$

ამ ეტაპზე განსაზღვრება სისტემის თავისუფალი რხევების ფორმები.
 ნაგებობის საკუთარი რხევების პერიოდებს T_i განსაზღვრავს შემდეგი დამოკიდებულება:

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$$

განსახილველ სისტემაზე მოსული სეისმური ძალები განსაზღვრება არსებული ნორმატიული საბუთით [3], რომელიც ითვალისწინებს მათი განსაზღვრისას, გარდა ნორმატიული კოეფიციენტებისა (K_1, K_2, K_w), აგრეთვე ნაგებობის დინამიკურობის კოეფიციენტის (β_i) რხევების ფორმების განმსაზღვრელი კოეფიციენტის (η_{ij}) სისტემის მასების (M_j) და მიღებული სივრცული მრავალკომპონენტანი სეისმური მოდელის ზემოქმედების აჩქარებების მნიშვნელობებს. საბოლოოდ სისტემაზე მოსული სეისმური დატვირთვები განსაზღვრება შემდეგი ზოგადი გამოსახულებით:

$$S_{ij}^* = K_1 k_2 K_w \beta_i M_j A_i^*$$

სადაც A_i^* მნიშვნელობები ცვალებადია კონკრეტული სეისმური ზემოქმედების მიღებით.

მაგალითად, თუ გავაერთიანებთ განსახილველ სისტემაზე ერთდროულად მოსულ ჰორიზონტალურ გადაადგილებით და ვერტიკალურ-გადაადგილებით სეისმურ ზემოქმედებებს, მივიღებთ სისტემაში აღძრული ძალების მნიშვნელოვან გაზრდას 1,5 - 2, 0 -ჯერ, ნაგებობის სიმაღლისდა მიხედვით.

საკვამლე მიღების ნაგებობების სიმაღლის ზრდასთან ერთად მატულობს ქარის დატვირთვების გათვალისწინების მნიშვნელობა და აუცილებლობა, ვინაიდან მთელ რიგ შემთხვევებში ნაგებობაში აღძრული შიდა ძალები მნიშვნელოვნად აღემატება უკვე, სეისმური ზემოქმედებით გამოწვეულ შიდა ძალებს.

ქარის დატვირთვების ფორმირებისას და განსაზღვრისას გამოიყენება ისეთი თანაფარდობები [4], რომლებშიც ქარის დატვირთვის საშუალო შემადგენელის ნორმატიული მნიშვნელობის განმსაზღვრელი ტოლია:

$$q_s^k = k \cdot q \cdot c, \text{ სადაც: } q = \rho V^2 / 2,$$

სადაც q არის ქარის ნორმატიული სიჩქარის დაწოლა მიწის ზედაპირიდან 10.0 მ. სიმაღლეზე; ρ - ჰაერის სიმკვრივე; V - ქარის სიჩქარე, მიწის ზედაპირიდან 10.0 მ სიმაღლეზე; K - სიმაღლეში ქარის სიჩქარის დაწოლის ცვალებადობის გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი; C - აეროდინამიკურობის კოეფიციენტი, რომლის მიხედვითაც გაითვალისწინება ქარის დაწოლის განაწილება მილის წრიულ მიმართულებაში.

ცალკეულ შემთხვევებში, საკვამლე მიღების ნაგებობების განხორციელებისას დასაშვებია შემოწმებითი განხორციელების ჩატარება ქარის და სეისმურ შეჯამებულ დინამიკურ დატვირთვებზე.

საბოლოოდ ჩამოყალიბებული და მიღებული გარე დინამიკური დატვირთვების ზემოქმედებით განსაზღვრება განსახილველი სისტემის შიდა ძალები, ძალები დრეკად კავშირებში და საბოლოოდ კი სისტემის ყველა ძალების საშუალოკვადრატული მნიშვნელობები, რხევების ყველა განსახილველი ფორმის მიხედვით.



ამრიგად, ყველა ზემოთ აღნიშნული პირობების გათვალისწინებით ნათელი ხდება, თუ რაოდენ ფრთხილი და მოზომილი მიდგომა ესაჭიროება ამ მეტად მნიშვნელოვანი და საპასუხისმგებლო ნაგებობების გაანგარიშების საკითხებს, რომლებიც მოიცავენ მთელი რიგი კვანძური პირობების განსაზღვრას და მიღებას. რაც უფრო ეფექტიანად და ზუსტად დავსახავთ ჩვენს წინაშე მდგომი საკვამლე მიღების ნაგებობების გაანგარიშების ამოცანებს საწყის ეტაპზე, მით უფრო ზუსტად ამსახველ სურათს მივიღებთ საბოლოოდ, ყოველი კონკრეტული შემთხვევის მრავალი პირობის გათვალისწინებით. საბოლოოდ კი სწორედ ზემოთ აღნიშნული პირობების გათვალისწინებით შესაძლებელი გახდება გავზარდოთ აღნიშნული ნაგებობების მზიდუნარიანობა, საიმედოობა და მრავალხანაიერობა, მინიმალური დანახარჯების განხორციელებით.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
კ.ზავრიევის სახ. სამშენებლო მექანიკისა
და სეისმომდეგობის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *С. П. Гелхвидзе*. Сообщ. АН ГССР, **135**, 3, 1989, 581-584.
2. *ვაფციური, ს.გელხვიძე*. ე. მეცნიერება და ტექნიკა, 1995, 128-131.
3. СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах. М., 1982.
4. СНиП 2. 01. 07-85, Нагрузки и воздействия М., 1988.

ა.ხატიაშვილი

წომიერად გახისტებული ვანტური ბაგირგზის ჩაკიდულობების განსაზღვრა

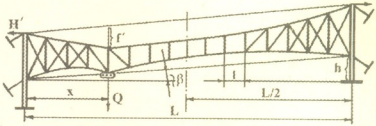
წარმოდგინა აკადემიის წევრ - კორესპონდენტმა ლ.ჯაფარიძემ 10.07.1997

გ.მიულერის ავტორობით დაპატენტებულ ვანტურ ბაგირგზას [1] ახასიათებს ნაკლოვანებები, რომელთა შორის ძირითადია: 1. ვაგონის მოძრაობისას (აგრეთვე, ქარის დროს) ბაგირთა სისტემაში ჩნდება რხევები; 2. ამ მოძრაობის ტრაექტორია მრუდბაზოვანია, კერძოდ, საყრდენების სიახლოვეს - ჩალუნული.

ბაგირგზის მუშაობის გაუმჯობესების მიზნით ჩვენს მიერ შემუშავებულ იქნა იდეა, რომლის არსი მდგომარეობს ბაგირთა სისტემის სხვადასხვა ხარისხით გახისტებაში დახრილი ბაგირების საშუალებით [2], რაც უკვე რეალიზებულია ახალ კონსტრუქციებში პატენტებში [3-5]. საგულისხმოა, რომ ასეთი გახისტება, სისტემაში რხევების შემცირებისა და ტრაექტორიის გაწრფივების გარდა, გულისხმობს მზიდი და სავალი ბაგირების ძაღვების გათანაბრებასაც, რაც ამცირებს საყრდენების ზომებს, ლითონტევადობასა და აღმჯობესებს ბაგირგზის პარამეტრებს.

ბაგირებით გახისტება სისტემაში ძირითადად შეიძლება შესრულდეს შემდეგნაირად: 1. შვეული საკიდებით (მცირე გახისტება - 25%-მდე, I დონე; როგორც გ.მიულერის ბაგირგზებში); 2. შვეულ საკიდებს შორის დახრილი ბაგირების ჩამატებით (ნაწილობრივი გახისტება - 25%-დან 50%-მდე, II დონე); 3. შვეულ საკიდებს შორის ჯვარედინი ბაგირების ჩამატებით (ზომიერი გახისტება - 50%-დან 75%-მდე, III დონე).

ჩამოთვლილი კონსტრუქციების ბაგირთა სისტემების ჩაკიდულობების მრავალჯერადი გაანგარიშება (დაუტვირთავი სავალი გზის პარაბოლური ფორმისა და დატვირთვის დროს ტრაექტორიის გაწრფივების მოთხოვნით) საინჟინრო-პრაქტიკული და ოპერატიული თვალსაზრისით მნიშვნელოვან სირთულეს წარმოადგენს;



სურ. ჯვარედინი და დახრილი ბაგირებით გახისტებული ვანტური გზის ბაგირთა სისტემის საანგარიშო სქემა

განსაკუთრებით კი მაშინ, როდესაც ისინი ერთდროულადაა გამოყენებული და მათში ცვლადი დაქიმულობებია მზიდ ბაგირზე დატვირთვების გადანაწილების მისაღწევად, ანუ კომბინირებული გახისტებისას, რომელიც თავისი შინაარსით მე-3 ჯგუფს - ზომიერად გახისტებულ სისტემებს შეიძლება მივაკუთვნოთ. ასეთი სისტემა ყველაზე რაციონალურია ტრაექტორიის გაწრფივების თვალსაზრისით, ეკონომიურია და ეფექტური საბოლოო შედეგის მიხედვით, სურათზე სწორედ ასეთი კონსტრუქციაა ნაჩვენები, სადაც მალის შუა მონაკვეთი შეესაბამება გახისტების I დონეს, საყრდენების სიახლოვეს მდებარე ნაწილი - III დონეს და მათ შორის ადგილი - II დონეს.

ასეთი კონსტრუქციების ბაგირთა სისტემების ჩაკიდულობების გაანგარიშება შეიძლება შესრულდეს მოცემული სიზუსტით სხვადასხვა ცნობილი მეთოდით. მაგრამ ამის გაკეთება გაცილებით ამ მეთოდებზე სწრაფად, თანაც საკმარისი სიზუსტით, შეიძლება მოვახდინოთ ჩვენს მიერ დამუშავებული ორი გზით: ფორმულების ჩანაცვლების მე-



თოდითა [2,6] და ფორმულების მოდულებით აწყობის მეთოდით, რომელსაც, თავის მხრივ, გარკვეული უპირატესობები გააჩნია.

ვანტური გზის გახისტებული ბაგირთა სისტემის ჩაკიდულობების გაანგარიშება ფორმულების მოდულებით აწყობის (მოდულური) მეთოდით ეყრდნობა მათემატიკური გამოსახულებების ცალკეული მოდულების საშუალებით საანგარიშო ფორმულების სინთეზის პრინციპს.

დასახელებული ტერმინისა და მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში: ბაგირთა სისტემის საკიდების კონსტრუქციების შესაბამის საანგარიშო ფორმულათა ნაწილის ანალოზის საფუძველზე წინასწარ შედგენილია ამ ფორმულების განზოგადებული სახით ჩაწერილი წევრები - კოეფიციენტებისა (a) და უნიფიცირებული ფუნქციური გამოსახულებების სახით, რომლებსაც ვუწოდებთ მოდულებს (m).

სისტემის ჩაკიდულობების საანგარიშო ფორმულის ზოგადი სახეა:

$$y = y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_5 = a_1 m_1 + a_2 m_2 + a_3 m_3 - a_4 m_4 - a_5 m_5, \quad (1)$$

სადაც y ბაგირთა სისტემის ჯამური ჩაკიდულობაა მოცემულ წერტილში;

y_1, \dots, y_5 - ბაგირთა სისტემაზე მოქმედი ცალკეული ძალებით გამოწვეული ჩაკიდულობები მოცემულსა და მის მეზობელ წერტილებში.

ამრიგად, მოდულები წარმოადგენს თითოეული წევრის უკოეფიციენტო, პირობით მულში ნაწილს. ანალოგიურად, ამ წევრების კოეფიციენტები, დაქიმულობის კოეფიციენტების (განმარტება - ქვემოთ) მნიშვნელობების მიხედვით, სხვადასხვა, მაგრამ სრულიად განსაზღვრულ მნიშვნელობებს ღებულობენ, რომლებსაც კოეფიციენტების მოდულები, ანუ შემოკლებით, ქვემოდულები ვუწოდებთ (მათი გააქტიურების პირობები იხ. ცხრილში).

მოდულების მნიშვნელობების ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$f_i = a_1 \frac{x_i(L-x_i)}{2H_i'} \left(\frac{g_i}{\cos \beta} + 2 \frac{Q}{L} \right) + a_2 \frac{\psi Q l x_i}{H_i' L} + a_3 \frac{(1-\psi) Q l x_i}{2H_i' L} - a_4 \frac{\psi Q l}{H_i'} - a_5 \frac{(1-\psi) Q l}{2H_i'} \quad (2)$$

ტრასაზე ვაგონის მდებარეობისა და შესაბამისი საკიდების დაქიმულობის კოეფიციენტების მიხედვით, მოდულების მნიშვნელობების დადგენით, ხორციელდება საანგარიშო ფორმულის აწყობა სავალ ბაგირზე ნებისმიერ საკიდთან მდებარე წერტილისათვის, სადაც შეიძლება ეკიდოს ვაგონი. გაანგარიშების შედეგად მოდულები და, შესაბამისად, ბაგირთა სისტემის ჩაკიდულობა ღებულობს სხვადასხვა მნიშვნელობას.

აღსანიშნავია, რომ ჩაკიდულობის საანგარიშო სრული ფორმულა მოიცავს 5 მოდულს 13 ქვემოდულით, მათ შორის გარდასახულ - სამ ნულოვანსა და ერთ მულშივს, რომელიც ინარჩუნებს მნიშვნელობას 1.

გვაქვს, აგრეთვე, ორმაგი ფილტრი, რომელიც გამორიცხავს შერჩეული დაქიმულობის კოეფიციენტების დაუშვებელ ვარიანტებს და დასაწყისში გვაბრუნებს, კომპიუტერის გამოყენებისას კი - ეკრანზე შეტყობინებით: „არ ვარგა!“: ყველაფერი ეს საკმარის მოქნილობას ანიჭებს ამ მეთოდს.

საკიდების დაქიმულობის კოეფიციენტს ვუწოდებთ მოცემული შვეული საკიდის დაქიმულობისა და მისი მომიჯნავე, უახლოესი საყრდენიდან უფრო მოშორებული დახრილი ბაგირის დაქიმულობის შვეული მდგენელის ჯამის ფარდობას მეორე მომიჯნავე, დახრილი ბაგირის დაქიმულობის შვეულ მდგენელთან, ამავე მხარეს მეზობელი საკიდების დაქიმულობის კოეფიციენტებისა და მათი დახრილი ბაგირების დაქიმულობების შვეული მდგენელების შემცირების ჭერადობის გათვალისწინებით:

$$k_i = \frac{T_i + V_{i+1}}{V_{i-1}} = qk_{i-1} + 1, \quad (3)$$

სადაც T_i არის მოცემული შვეული საკიდის დაჭიმულობა; i - ამ საკიდის (წერტილის) ნომერი;

ცხრილი
კოეფიციენტების მოდულები (ქვემოდულები) და მათი გააქტიურების პირობები

კოეფიციენტის მოდულები		მოდულის გააქტიურების პირობები - იგი გადაიქცევა კოეფიციენტად, როცა:
აღნიშვნა	მნიშვნელობა	
a_1	$= 1,$	ყოველთვის
$a_{2,1}$	$= 0,$	$k_i \leq 2;$
$a_{2,2}$	$= \frac{1}{k_i + 1},$	$k_i > 2.$
—	$< \text{-----}$	1. $k_{i-1} > k_i; \& k_{i+1} < > 0, v$ 2. $k_i > k_{i+1}; \& k_{i+1} < > 0.$
$a_{3,1}$	$= 0,$	$k_{i+1} \leq 2;$
$a_{3,2}$	$= \frac{1}{k_{i+1} + 1},$	$k_{i-1} \leq 2;$
$a_{3,3}$	$= \frac{b_3}{k_{i+1} + 1},$	
$b_{3,1}$	$= 5,$	$k_{i-1} \leq k_i \& k_i < k_{i+1};$
$b_{3,2}$	$= 2,$	$k_{i-1} = k_i \& k_i = k_{i+1};$
$b_{3,3}$	$= 3,$	1. $k_{i-1} < k_i \& k_i = k_{i+1};$ 2. $k_{i-1} = k_i \& k_i < k_{i+1};$
$a_{3,4}$	$= \frac{1}{k_{i-1} + 1},$	1. $k_{i-1} > k_i \& k_{i+1} = 0, v$ 2. $k_i > k_{i+1} \& k_{i+1} = 0.$
$a_{4,1}$	$= 0,$	$k_i = 0;$
$a_{4,2}$	$= \frac{1}{k_i + 1},$	$k_i > 0.$
$a_{5,1}$	$= 1,$	$k_{i-1} \leq 2;$
$a_{5,2}$	$= \frac{1}{k_{i-1} + 1},$	$k_{i-1} > 2.$

V_{i+1} და V_{i-1} - მისი მომიჯნავე დახრილი ბაგირების დაჭიმულობის შვეული მდგენელები. ჯვარედინი ბაგირებით გახისტებისას, რაც გულისხმობს სამსაკიდიან სისტემებს, ეს სამივე სიდიდე უნდა ავიდოთ ერთმანეთის ტოლი. ამ დროს $k_1^{(3)} = 2.$

თუ ნებისმიერი საკიდის ამ კოეფიციენტს დავაკავშირებთ საწყის დაჭიმულობის კოეფიციენტთან, მაშინ იქნება:

$$k_i = q^p k_1 + 2q^{p-1} - 1 = q^p \left(k_1 + \frac{2}{q} \right) - 1, \quad (4)$$



q – საკიდებში დაჭიმულობების შეცვლის თითოეულ საფეხურზე მოცემული და მისი მომიჯნავე დახრილი ბაგირების დაჭიმულობების შევული მდგენელების შემცირების ჭერადობის ფუნქცია:

$$q = V_j/V_{j-1}, \quad (5)$$

რომელიც ტრაექტორიის გაწრფივების მიზნით ჩაკიდულობის სიდიდის მდორედ შემცირებისათვის უნდა შევირჩიოთ ორის ტოლი. მაშინ

$$k_i = 2^P(k_1+1) - 1; \quad (6)$$

P – ამ ჭერადობის ხარისხის მაჩვენებელი, რომელიც განსაზღვრავს შეცვლის საფეხურს, იგი შეიძლება იყოს $p = 0, 1, 2, 3, \dots$; თუ ჩავსვათ ამ სიდიდეებს ფორმულაში, გვექნება: ჭვარდინი ბაგირებით გახისტების შემთხვევაში $k_i^{(3)} = 2, 5, 11, 23, \dots$; დახრილი ბაგირებით გახისტებისას, k_1 -ის შესაბამისად: $k_i^{(2)} = 1, 3, 7, 15, \dots$ ან $2, 5, 11, 23, \dots$ ან $3, 7, 15, 31, \dots$ ან $4, 9, 19, 39, \dots$ და ა. შ.

დახრილი ბაგირებით გახისტებული სისტემებისათვის (ორსაკიდიანი) უმჯობესია ავირჩიოთ $k_1^{(2)} \geq 3$, რაც განაპირობებს დაჭიმულობის კოეფიციენტების მნიშვნელობებს შემდგომი საკიდებისათვის. საყრდენთან ამ კოეფიციენტის სამზე ნაკლები მნიშვნელობის აღება არ არის მიზანშეწონილი, რადგან ამან შეიძლება გამოიწვიოს საკიდთან მოქმედი ძალების სიმეტრიულობის ძლიერი დარღვევა, რის გამოც შეიძლება დამახინჯდეს სავალი ბაგირის გეომეტრიული ფორმა და, შესაბამისად, ვაგონის მოძრაობის ტრაექტორია ამოზურცვების გაჩენის შედეგად (დამოკიდებულია, მზიდი და სავალი ბაგირების მახასიათებლებსა და, როგორც მათ, ასევე საკიდების დაჭიმულობებზე).

როცა გვაქვს მხოლოდ შევული საკიდი, დაჭიმულობის კოეფიციენტის განხილვას აზრი ეკარგება და ჩავთვალოთ, რომ ფარდობას აღარ აქვს ადგილი, ე. ი. მივიჩნიოთ, რომ $K = 0$.

მოვიყვანოთ მაგალითი მოდულური მეთოდით ფორმულის შედგენის თვალსაჩინოებისათვის; განხილული კომბინირებული ბაგირთა სისტემის მე-4 საკიდისათვის, დაჭიმულობის კოეფიციენტებით $k_3 = 2, k_4 = 5, k_5 = 11$, საანგარიშო ფორმულის წევრებად გახდება შემდეგი გააქტივებული ქვემოდულები: $y_1 = a_{1,m_1}; y_2 = a_{2,2}m_2; y_3 = a_{3,2}m_3; y_4 = a_{4,2}m_4; y_5 = a_{5,1}m_5$.

შედეგად მივიღებთ მე-4 საკიდის, ანუ დახრილი ბაგირებით არათანაბრად გახისტებული ბაგირთა სისტემის ჩაკიდულობის განმსაზღვრელ საანგარიშო ფორმულას:

$$f_4' = \frac{x_4(L-x_4)}{2H_4'} \left(\frac{g_4}{\cos \beta} + 2 \frac{Q}{L} \right) + \frac{\psi Q L x_4}{6H_4' L} + \frac{(1-\psi) Q L x_4}{24H_4' L} - \frac{\psi Q L}{6H_4'} - \frac{(1-\psi) Q L}{2H_4'}, \quad (7)$$

რომლის პირველი სამი წევრით იანგარიშება დადებითი ჩაკიდულობა, ხოლო დანარჩენებით – ამ ჩაკიდულობის შემცირება.

აღსანიშნავია, რომ ბაგირთა სისტემის ჩაკიდულობების საანგარიშოდ ფორმულების მოდულებით აწყობის აღწერილი მეთოდით სარგებლობის მთავარი უპირატესობა ფორმულების ჩანაცვლების მეთოდთან შედარებით მდგომარეობს იმაში, რომ შესაძლებელი ხდება საკიდების დაჭიმულობის ნებისმიერი კოეფიციენტის ცოდნის დროს მისი რეალობა მოცემული საკიდის შესაბამისი საანგარიშო ფორმულის (მათი საკმარისად ფართო სიმრავლიდან) ცოდნის ან გამოყვანის გარეშე, ანუ – ამ მეთოდის გამოყენების უნივერსალობაში. ეს კი მნიშვნელოვნად ზრდის მისი სარგებლობის სფეროს, ამარტივებს საპროექტო გამოთვლებსა და მისი გაანგარიშების დროს, მითუმეტეს, თუკი ამას ასრულებს კომპიუტერი, რაც, შედეგად, ზრდის ამ მეთოდის გამოყენების ეფექტურობას.

რაც შეეხება გაანგარიშების ცდომილებას გარკვეული დაშვებების გამო, იგი ნაკლებია 2%-ზე, მსგავსად პარაბოლური მეთოდისა [7], რაც სავსებით მისაღებია სინჩინრო გათვლების შემთხვევებში.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
გ.წულუკიძის სახ. სამთო მექანიკის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. გმიულერი. აშშ-ის პატენტი N4069765, გსკი³ B 61 B 12/02, 1978.
2. კბატიაშვილი. საშენი მასალები და ნაკეთობები, 1-2, 1997, 4-9.
- 3-5. კბატიაშვილი. საქართველოს პატენტები NN561, 563, 564, გსკი³ B 61 B 7/00, 12/00. „საქპატენტის“ ბიულეტენი 1(10), თბილისი, 1997.
6. კბატიაშვილი. საქ. მეცნ. აკადემიის „მოამბე“, 156, 2, 1997.
7. А.И.Дукельский. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. М.,Л., 1966, 484 с.



ჯ. ბოგველიშვილი

სატრანსპორტო მანქანების შერეობების კნევმატიკურ სისტემაში
მიმდინარე დინამიკური პროცესების გამოკვლევა

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ჯებაშვილმა 3.07.1997

სატრანსპორტო მანქანების პნევმორესორების სადატვირთვო მახასიათებლებზე გავლენას ახდენს კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური ფაქტორები, აგრეთვე პნევმოსაკიდარის მუშაობის პირობები. პნევმორესორში მუშა აირის კუმშვის ხარისხის და სტატიკური წნევის ზრდასთან ერთად მის მახასიათებლებზე სულ უფრო მეტ გავლენას ახდენს თბოგადაცემა გარემოსთან. ასეთი ღრეკადი ელემენტებით საკიდარის მუშაობის საექსპლუატაციო რეჟიმებს მივყავართ მუშა აირის ტემპერატურის მნიშვნელოვან ცვლილებებამდე. დინამიკური სადატვირთვო მახასიათებლებისათვის ანალიტიკური გამოსახულებები, მიღებული თერმოდინამიკის პირველი და მეორე კანონების და თბოგადაცემის განტოლების საფუძველზე, საშუალებას იძლევა გათვალისწინებულ იქნეს ამ ფაქტორების გავლენა [1].

პნევმოსაკიდარში ბმული პნევმორესორებით (შერესორების კნევმატიკური მათანაბრებელი სისტემა) მიმდინარე თერმოდინამიკური პროცესების თავისებურებები, განსხვავებით ინდივიდუალურ პნევმორესორებში მიმდინარე პროცესებისაგან, იწვევენ აუცილებლობას გათვალისწინებულ იქნეს, ჯერ ერთი, აირის ცვლადი მასა და მეორეც, ენერგია, რომელიც მიიყვანება პნევმორესორებთან შესული აირით ან აირინება გამოდენილით. გარდა ამისა, სატრანსპორტო მანქანების კნევმატიკური შერესორების სრულყოფა დაკავშირებულია პნევმორესორებში კუმშვის ხარისხის და სტატიკური წნევის ზრდასთან. ამიტომ, წნეების და ტემპერატურების ცვლილების ფართო დიაპაზონის დროს, თბოგადაცემა გარემოსთან მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სისტემის დინამიკაზე. სატრანსპორტო მანქანების შერესორების მათანაბრებელ პნევმოსისტემაში მიმდინარე თერმოდინამიკური პროცესების აღწერისათვის ცვლადი მასის თერმოდინამიკის და ტექნიკური თერმოდინამიკის განტოლებებზე დაფუძნებული გაანგარიშების ენერგეტიკული მეთოდის გამოყენება საშუალებას იძლევა გათვალისწინებულ იქნეს ამ ფაქტორების გავლენა [2,3].

გამოსაკვლევ პნევმოსაკიდარში მიმდინარე დინამიკური პროცესების მათემატიკური აღწერის დროს მიღებულია შემდეგი ძირითადი დაშვებები: მუშა სხეული – იდეალური აირია; შემაერთებელ მილსადენში ტალღურ პროცესებს არა აქვს ადგილი; შემაერთებელ მილსადენში მყოფი აირის მასა, მეტად მცირეა პნევმორესორების მოცულობებში მყოფი აირის მასაზე, ამიტომ შესაძლოა მისი უგულვებელყოფა; თბოგადაცემა შემაერთებელ მილსადენში უგულვებელყოფილია.

პნევმატიკური მათანაბრებელი საკიდრის დინამიკის გამოსაკვლევად დამუშავებულ იქნა მათემატიკური მოდელი, რომელიც წარმოადგენს დიფერენციალური განტოლებების სისტემას და აღწერს გამოსაკვლევ პნევმოსისტემაში მიმდინარე თერმოდინამიკურ, თბო – და მასის გადაცემის პროცესებს. მიღებულია ამ განტოლებების ანალიტიკური ამოხსნები კვადრატურებში. რადგან კუმშვის და გაფართოების პროცესები პნევმორესორებში მიმდინარეობს სხვადასხვაგვარად, პნევმორესორების დატვირთვის პირობებზე დამოკიდებულებით და მათ შორის საპაერო ნაკადის მიმართულების მიხედვით, განიხილება ორი შესაძლო საერთო შემთხვევა:

ში 1) $p_1 > p_2$ - შემთხვევა შეესაბამება საპერო ნაკადის მიმართულებას პრ₁-დან პრ₂-ს

$$p_1 = p_{01} \varepsilon_1^k \left(\frac{G_1}{G_{01}} \right)^k \exp(-S_1) \left[1 + A \int_0^t \frac{\alpha_1 H_1 V_1^{k-1}}{G_1^k} \exp(S_1) dt \right]$$

$$p_2 = p_{02} \varepsilon_2^k \exp(-S_2) \left\{ 1 + B \int_0^t \alpha_2 H_2 V_2^{k-1} \exp(S_2) dt + \int_0^t \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{k-1} G_1^{k-1} \times \right. \\ \left. \times \exp(S_2 - S_1) dG_2 \left[D + kB \int_0^t \frac{\alpha_1 H_1 V_1^{k-1}}{G_1^k} \exp(S_1) dt \right] \right\}$$

ში 2) $p_1 < p_2$ - შემთხვევა შეესაბამება საპერო ნაკადის მიმართულებას პრ₂-დან პრ₁-ს

$$p_1 = p_{01} \varepsilon_1^k \exp(-S_1) \left\{ 1 + E \int_0^t \alpha_1 H_1 V_1^{k-1} \exp(S_1) dt + \int_0^t \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} G_2^{k-1} \times \right. \\ \left. \times \exp(S_1 - S_2) dG_1 \left[F + kE \int_0^t \frac{\alpha_2 H_2 V_2^{k-1}}{G_2^k} \exp(S_2) dt \right] \right\}$$

$$p_2 = p_{02} \varepsilon_2^k \left(\frac{G_2}{G_{02}} \right)^k \exp(-S_2) \left[1 + L \int_0^t \frac{\alpha_2 H_2 V_2^{k-1}}{G_2^k} \exp(S_2) dt \right]$$

ცვლადი სიდიდეები ინდექსით „1“ მიეკუთვნება პირველ პნევმორესორს (პრ₁), ინდექსით „2“ - მეორე პნევმორესორს (პრ₂). ინდექსით „0“ აღნიშნავს, რომ პარამეტრი მიეკუთვნება კუმშვის ან გაფართოების სვლის დასაწყისს. p, V, T, G და ε შესაბამისად აირის წნევა, მოცულობა, ტემპერატურა, მასა და კუმშვის ხარისხი; α - თბოგადაცემის კოეფიციენტი; R - აირის მუდმივა; H - პნევმორესორის თბოგადაცემის ზედაპირის ფართობი; $T_{გარ}$ - გარემოს ტემპერატურა; K - ადიაბატის მაჩვენებელი; t - დრო.

$$S_1 = \frac{k-1}{R} \int_0^t \frac{\alpha_1 H_1}{G_1} dt; \quad S_2 = \frac{k-1}{R} \int_0^t \frac{\alpha_2 H_2}{G_2} dt;$$

$$A = \frac{(k-1)T_{გარ}}{p_{01}} \left(\frac{G_{01}}{V_{01}} \right)^k; \quad B = \frac{(k-1)T_{გარ}}{p_{02}V_{02}^k}; \quad D = \frac{kp_{01}}{p_{02}G_{01}^k} \left(\frac{V_{01}}{V_{02}} \right)^k;$$

$$E = \frac{(k-1)T_{გარ}}{p_{01}V_{01}^k}; \quad F = \frac{kp_{02}}{p_{01}G_{02}^k} \left(\frac{V_{02}}{V_{01}} \right)^k; \quad L = \frac{(k-1)T_{გარ}}{p_{02}} \left(\frac{G_{02}}{V_{02}} \right)^k.$$

სანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყენებით p_1 და p_2 -თვის შეიძლება განისაზღვროს დინამიკური სადატვირთვო მახასიათებლები. ამასთან, ეფექტური ფართობის $F_{შ.1.2}$ ცვლილების დამოკიდებულება გადაადგილებაზე ითვლება რომ ცნობილია. ანალოგიური დამოკიდებულებები მიღებულია შეკუმშული აირის ტემპერატურისათვის T_1 და T_2 პრ₁-ში და პრ₂-ში:

1) როდესაც $p_1 > p_2$



$$T_1 = T_{01} \varepsilon_1^{k-1} \left(\frac{G_1}{G_{01}} \right)^{k-1} \exp(-S_1) \left[1 + A_1 \int_0^t \frac{\alpha_1 H_1 V_1^{k-1}}{G_1^k} \exp(S_1) dt \right].$$

$$T_2 = T_{02} \varepsilon_2^{k-1} \left(\frac{G_{02}}{G_2} \right)^{k-1} \exp(-S_2) \left\{ 1 + B_1 \int_0^t \alpha_2 H_2 V_2^{k-1} \exp(S_2) dt + \int_0^t \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{k-1} G_1^{k-1} \times \right. \\ \left. \times \exp(S_2 - S_1) dG_2 \left[D_1 + kB_1 \int_0^t \frac{\alpha_1 H_1 V_1^{k-1}}{G_1^k} \exp(S_1) dt \right] \right\},$$

სადაც

$$A_1 = \frac{(k-1)T_{\text{გარ}}}{RT_{01}} \left(\frac{G_{01}}{V_{01}} \right)^{k-1}, \quad B_1 = \frac{(k-1)T_{\text{გარ}}}{RT_{02} V_{02}^{k-1} G_{02}}, \quad D_1 = \frac{kT_{01}}{T_{02} G_{02} G_{01}^{k-1}} \left(\frac{V_{01}}{V_{02}} \right)^{k-1}$$

2) როდესაც $p_1 < p_2$

$$T_1 = T_{01} \varepsilon_1^{k-1} \frac{G_{01}}{G_1} \exp(-S_1) \left\{ 1 + E_1 \int_0^t \alpha_1 H_1 V_1^{k-1} \exp(S_1) dt + \int_0^t \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} G_2^{k-1} \times \right. \\ \left. \times \exp(S_1 - S_2) dG_1 \left[F_1 + kE_1 \int_0^t \frac{\alpha_2 H_2 V_2^{k-1}}{G_2^k} \exp(S_2) dt \right] \right\}.$$

$$T_2 = T_{02} \varepsilon_2^{k-1} \left(\frac{G_2}{G_{02}} \right)^{k-1} \exp(-S_2) \left[1 + L_1 \int_0^t \frac{\alpha_2 H_2 V_2^{k-1}}{G_2^k} \exp(S_2) dt \right],$$

სადაც

$$E_1 = \frac{(k-1)T_{\text{გარ}}}{RT_{01} V_{01}^{k-1} G_{01}}, \quad F_1 = \frac{kT_{02}}{T_{01} G_{01} G_{02}^{k-1}} \left(\frac{V_{02}}{V_{01}} \right)^{k-1}, \quad L_1 = \frac{(k-1)T_{\text{გარ}}}{RT_{02}} \left(\frac{G_{02}}{V_{02}} \right)^{k-1}$$

მათემატიკური მოდელი, რომელიც აღწერს შერეოსორების მათანაბრებელ პნევმო-სისტემაში მიმდინარე თერმოდინამიკურ პროცესებს, სამართლიანია შერეოსორების ნებისმიერი პნევმატიკური სისტემისათვის ბმული პნევმორესორებით, მიუხედავად მისი კონსტრუქციისა და გამოყენებული დრეკადი ელემენტებისა. ამ მოდელიდან, როგორც კერძო შემთხვევები, მიიღება საანგარიშო დამოკიდებულებები პნევმოსაკიდრისათვის დამატებითი ტევადობით და ინდივიდუალური პნევმორესორისათვის.

მათანაბრებელ პნევმოსაკიდარში შეკუმშული აირის ცვლილების გამოსახულებების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ პნევმორესორებში წნევების სხვაობა დამოკიდებულია უმთავრესად შემდეგ პარამეტრებზე: აირის სტატიკური წნევა და კუმშვის ხარისხი, დგუშების გადაადგილების სიჩქარე და შემავრთებელი მილსადენის დიამეტრი. ანალიტიკური დამოკიდებულებები საშუალებას იძლევა დადგინდეს, რომ პნევმორესორში წნევის ცვლილება კუმშვის პროცესის დროს ნაკლებადაა დამოკიდებული იმ პნევმორესორში წნევის ცვლილებაზე, რომელშიც წარმოებს გაფართოების პროცესი. ეს იძლევა შესაძლებლობას მათანაბრებელ პნევმოსაკიდარში კუმშვის პროცესების გაანგარიშების დროს არ იქნეს გათვალისწინებული ε სიდიდის ცვლილება იმ პნევმორესორში, რომელშიც წარმოებს გაფართოების პროცესი.

მიღებული ანალიტიკური გამოსახულებების საშუალებით განსაზღვრულ იქნა წნევების სხვაობები ერთმანეთთან დაკავშირებულ პნევმორესორებში, რამაც აჩვენა, რომ აირის ნაკადის კრიტიკული რეჟიმი პნევმოსაკიდარში არ მიიღწევა. წნევების მაქ-

სიმაღლური სხვაობა მათანაბრებელ პნევმოსაკიდარში მცირედ განსხვავდება პნევმოსაკიდარისაგან დამატებითი ტევადობით. ეს იძლევა საშუალებას მნიშვნელოვნად გამართვიდეს შერესორების პნევმატიკური სისტემის ბმული პნევმორესორებით ექსპერიმენტული გამოკვლევა. როგორც გაანგარიშებებმა აჩვენა, ცდომილება წნევების სხვაობაში ასეთი გამართვიების შედეგად მუშაობის რეჟიმის შესაბამისად არ აღემატება 5-8%. აღსანიშნავია, რომ პნევმოსისტემაში აირის სტატიკური წნევის შემცირებით 0,8 მპა-ზე დაბლა ეს ცდომილება იზრდება.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Е.В.Герц*. Динамика пневматических систем машин. М., 1985, 255 с.
2. *М.А.Мамонтов*. Вопросы термодинамики тела переменной массы. М., 1961, 56 с.
3. *Б.М.Подчуфаров*. Известия ВУЗов. Машиностроение, 6, 1964, 134-146.



აკოზიავილი

დარწმუნების ფაქტორები განუსაზღვრელობის მართვისათვის
ქსპერტულ სისტემებში

წარმოდგინა აკადემიკოსმა ვ.კვაკანიძემ 22.04.1997

განუსაზღვრელობა ექსპერტულ სისტემებში (მს) გამოიწვევა ინფორმაციის წყაროთა დიდი სიმრავლით და სისტემის დამპროექტებლებს აქცევს ჩიხში. ამიტომ სისტემის მიერ ინფორმაციის განუსაზღვრელობის დაძლევა მართვის პროცესში წარმოადგენს სისტემის დამპროექტების უმნიშვნელოვანეს ამოცანას.

ექსპერტული ცოდნის ბაზის შექმნისას აუცილებელია იმის გათვალისწინება, რომ ექსპერტიზა იშვიათადაა სრული და ზუსტი. განუსაზღვრელობის შემქმნელ წყაროებს შორის განასხვავებენ ოთხს: ინფორმაციის არასწორობა, არაზუსტი აღმწერი ენა, დასკვნების მიღება არასრული ინფორმაციის საფუძველზე და სხვადასხვა ექსპერტებისაგან მიღებული ცოდნის დაუსაბუთებელი კომბინირება.

ყოველ კარგ ექსპერტულ სისტემას უნდა შეეძლოს მართვა განუსაზღვრელობის პირობებში, რადგანაც თითქმის ყველა საინტერესო სამართავი სისტემა შეიცავს არსებითად არაზუსტ, არასრულ ან ისეთ მონაცემებს, რომელთა გაზომვა ტრადიციული გაგებით შეუძლებელია.

ექსპერტული სისტემების განუსაზღვრელობის პირობებში მართვისათვის დამუშავებულია მრავალრიცხოვანი მეთოდები. პოპულარული რიცხვითი და ხარისხობრივი მეთოდები ეყრდნობიან: ალბათობის თეორიას, დემფსტერ-შაფერის თეორიას, ლ. ზადეს შესაძლებლობათა თეორიას, დარწმუნების ფაქტორების გამოთვლას, ბაიესის მეთოდსა და კოპენის დადასტურებათა თეორიას.

ალბათობის თეორია არ არის ეფექტური მს-ებისათვის შემდეგი მიზეზებით:

- ხშირად არ არსებობს საკმარისი მონაცემები კონკრეტული ექსპერტული პრობლემისათვის სამეცნიერო ცოდნის ბაზის შესაქმნელად;
- ექსპერტი, ცოდნა და ექსპერტული პრობლემის გადაწყვეტის ევრისტიკები წარმოდგენილი უნდა იყოს ზუსტად; ალბათობა ამას ვერ განახორციელებს.
- ამ თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანია აზროვნების პროცესის ახსნა, რომელიც მოცემულია [1]-ში.

ამ პრობლემის გადაწყვეტისათვის ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ე.წ. დარწმუნების ფაქტორების მეთოდი.

დარწმუნების ფაქტორები გამოყენებულია MYCIN-ში და მს-ის გარსებში EMYCIM და S₁.

დარწმუნების ფაქტორების გამოყენებისას მს-ებში ცოდნის ბაზა შედგება შემდეგი სახის წესების სიმრავლისაგან: „*თუ* <მოწმობა> *მაშინ* (*CF*) <ჰიპოთეზა>“, სადაც *CF* აღნიშნავს ჰიპოთეზის სარწმუნოობას მოცემული შესასწავლი მოწმობისადმი.

მოწმობის ნებისმიერი კომბინაციის განხორციელებამდე გამოთვლილ უნდა იქნეს ორი შუალედური ფუნქცია. ეს ფუნქციები *MB*[*h, e*] და *MD*[*h, e*] ზომავენ *h* ჰიპოთეზის სარწმუნოობის გაზრდის ხარისხს, თუ *e* იქნა აღმოჩენილი და *h* -ის ურწმუნოობის გაზრდის ხარისხს იგივე *e* მოწმობის აღმოჩენის შემთხვევაში შესაბამისად. ისინი ასე განისაზღვრება:

$$MB[h,e] = \begin{cases} 1, & \text{თუ } P(h) = 1 \\ \frac{\max[P\langle h|e \rangle, P(h)] - P(h)}{\max[1,0] - P(h)}, & \text{წინააღმდეგ შემთხვევაში.} \end{cases}$$

$$MD[h,e] = \begin{cases} 1, & \text{თუ } P(h) = 0 \\ \frac{\min[P\langle h|e \rangle, P(h)] - P(h)}{\min[1,0] - P(h)}, & \text{წინააღმდეგ შემთხვევაში.} \end{cases}$$

$MB[h,e]$ და $MD[h,e]$ -ის სიდიდე იცვლება 0 -დან 1-მდე. თუ ერთზე მეტი მოწმობა ეთანხმება ჰიპოთეზას, CF -ის გამოთვლაში გამოიყენება კომბინაციური ფუნქცია MB და MD -სათვის (რომელიც გვიჩვენებს ჰიპოთეზის სარწმუნოებისა და უარწმუნოების ზოგად ძალას). მაშინ მოწმობა ვრცელდება CF -ის გამოთვლისას MB -დან და MD -დან, სადაც

$$CF = \frac{MB - MD}{1 - \min[MB, MD]}$$

შეფასება CF შეიძლება იცვლებოდეს -1-დან +1-მდე; -1 მიუთითებს h -ის უარყოფის დადასტურებაზე, ხოლო +1 მიუთითებს h -ის დადასტურებაზე.

როცა ორი ან მეტი წესი ზემოქმედებს ერთსა და იმავე ჰიპოთეზაზე, ამ წესებიდან მიღებული ინდივიდუალური CF -ები კომბინირდება ჰიპოთეზისათვის შედგენილ CF -ებად:

$$CF_{\text{შეგ.}}(X, Y) = \begin{cases} X + Y * (1 - X), & \text{თუ ორივე } X, Y > 0 \\ \frac{X + Y}{1 - \min[|X|, |Y|]}, & \text{თუ ორივე } X, Y = 0 \\ -CF_{\text{შეგ.}}(-X, -Y), & \text{თუ ორივე } X, Y < 0 \end{cases}$$

ეს ფუნქცია საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ ჰიპოთეზის მომხრე რამდენიმე პირობის მიერ მოხდენილი ეფექტის შემცირება ერთეული პირობის მიერ, და პირიქით.

მოვახდინოთ ზემოთქმულის პარაფრაზირება კორელაციის ტერმინებში. წესების

$$A_1 \& A_2 \& \dots \& A_n \Rightarrow B \tag{1}$$

პირობასა და დასკვნას შორის მაქსიმალური კორელაციისას ვიყენებთ ფორმულას

$$P(A_1 \& \dots \& A_n) = \min(P(A_1), \dots, P(A_n)),$$

ხოლო დიზიუნქტიური ტიპის წესებისათვის

$$A_1 \vee A_2 \vee \dots \vee A_n \Rightarrow B \tag{2}$$

ვიყენებთ ფორმულას

$$P(A_1 \vee \dots \vee A_n) = \max(P(A_1), \dots, P(A_n)),$$

(1) და (2) წესის პირობასა და დასკვნას შორის მინიმალური კორელაციისას გამოიყენება ფორმულები

$$P(A_1 \& \dots \& A_n) = \max(0, P(A_1) + P(A_2 \& \dots \& A_n) - 1)$$

$$P(A_1 \vee \dots \vee A_n) = \min(1, P(A_1) + P(A_2 \& \dots \& A_n))$$

საშუალო კორელაციისას ვიყენებთ ფორმულებს

$$P(A_1 \& \dots \& A_n) = P(A_1) * P(A_2 \& \dots \& A_n)$$

$$P(A_1 \vee \dots \vee A_n) = P(A_1) + P(A_2 \& \dots \& A_n) - P(A_1) * P(A_2 \& \dots \& A_n)$$



წესებისათვის $A \Rightarrow B$ დასკვნების ალბათობები შესაბამისად მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო კორელაციებისათვის გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით:

$$P(B) = P(B|A) * P(A)$$

$$P(B) = P(B|A) * P(A) + 1 - P(A)$$

$$P(B) = P(B|A) * P(A) + [1 - P(A)] / 2,$$

სადაც $P(B|A)$ პირობითი ალბათობაა, რომელიც გამოსახავს წესის სიმძლავრეს, ანუ პროდუქციის დარწმუნების ხარისხს. ყოველ ამ ფორმულაში ალბათობის დაშვებაა $P(B|\neg A)$. A -სა და B -ს შორის მაქსიმალური კორელაციისას დაიშვება, რომ $P(B|\neg A) = 0$; მინიმალური კორელაციისას - $P(B|\neg A) = 1$, ხოლო საშუალო კორელაციისას - $P(B|\neg A) = 0,5$. ზემოგანხილული ალგორითმის შესაბამისად დარწმუნების ფაქტორების გამოსათვლელად მაქსიმალური კორელაციისას მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$CF(B(K+1)) =$$

$$= \begin{cases} \min(CF(A_i(K)) * P(B|A_1 \& \dots \& A_n)), & \text{თუ } B \in S_k \\ \max(\min(CF(A_i(K)) * P(B|A_i \& \dots \& A_n), CF(B(K))), & \text{წინააღმდეგ შემთხვევაში,} \end{cases}$$

სადაც S_k პროდუქციული წესების სიმრავლეა [2].

ფორმულები შესაბამისად შეიცვლება მინიმალური და მაქსიმალური კორელაციის დროს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. Keung-Chi Ng, Bruce Abramson. "Uncertainty Management in Expert Systems", IEEE Expert, April, 1990, pp. 29.
2. В.Г.Кукнадзе, А.А.Кобიაшвили. Тез. доклада на Хмеждународном школе-семинаре "Иверси-93". "Вопросы управления и информатики". Телави, 15-22 марта, 1993, 28 с.

შპს 612.821.7.

აღმავანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

თ.ონინანი (აკადემიკოსი), ი.გვილია, ნ.ღარჯია, მ.ელიაშვილი, მ.ქოჩიაშვილი

ძილის ტოტალური დეპრივაციის გავლენა ზღვის გოჭის ძილ-ღვიძილის ციკლზე

წარმოდგენილია 29.09.1997

ცნობილია, რომ ძუძუმწოვრებში გამოყოფენ „კარგად“ და „ცუდად“ მძინარეთა ჯგუფს [1,2]. ძილის ტოტალური დეპრივაციის (ძ.ტ.დ.) ეფექტები, ძირითადად, შეისწავლებოდა „კარგად“ მძინარე ცხოველებზე [3]. აქედან გამომდინარე, ჩვენ შევისწავლეთ ძ.ტ.დ. ეფექტები „ცუდად“ მძინარეთა კლასიკური წარმომადგენლის – ზღვის გოჭის მაგალითზე.

კვლევის მეთოდები. გამოკვლევა ჩატარებულია ზღვის გოჭების (წონა 600-900 გ) ქრონიკულ პრეპარატებზე. ელექტროდების ჩანერგვა თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურებში ტარდებოდა ნემსშუტალის ნარკოზის ქვეშ (ინტრაპერიტონიალური ინექციით 40-60 მგ/კგ). კოორდინატები ელექტროდების ბოლოთა სტერეოტაქსული ლოკალიზაციისათვის აღებული იყო ვოიტენკო, მარლინსკის [4] ატლასის მიხედვით. ჩანერგვისათვის გამოყენებული იყო ვერცხლისა და კონსტანტანის ელექტროდები.

ძ/ღ ციკლის პოლიგრაფიული რეგისტრირებისათვის მონოპოლარული ვერცხლის ელექტროდები ქრონიკულად ინერგებოდა თავის ტვინის ქერქის სენსომოტორულ უბანსა და დორსალური ჰიპოკამპის ზემოთ მდებარე წერტილში, რომლიდანაც გამოყვანილი აქტივობა განიხილებოდა როგორც ელექტროჰიპოკამპოგრამა. ოკულომოიოგრამის რეგისტრირებისათვის თვალის მამოძრავებელ კუნთებში ინერგებოდა კონსტანტანის ბიპოლარული ელექტროდები.

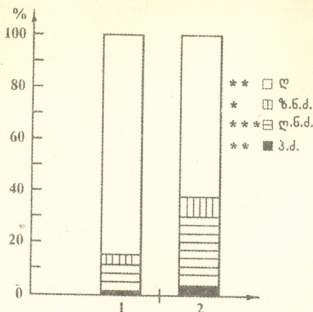
ოპერაციული ტრავმიდან ცხოველთა სრული გამოჯანმრთელების შემდეგ (5-7 დღე) იწყებოდა ძ/ღ ციკლის ელექტროენცეფალოგრაფიული (ეეგ) რეგისტრირება. ძ/ღ ციკლის ფაზათა იდენტიფიკაცია ხდებოდა ელექტროენოკორტიკოგრამის, ელექტრო-ჰიპოკამპოგრამის და ელექტროოკულოგრამის საფუძველზე, რომელთა რეგისტრაცია წარმოებდა 8-არხიანი უნგრული ელექტროენცეფალოგრაფის საშუალებით.

ციკლის სტაბილური ფონის ჩამოყალიბების შემდეგ იწყებოდა ძ.ტ.დ.-ს ცდები. ღვიძილის შესანარჩუნებლად ძ.ტ.დ.-თვის გამოიყენებოდა სენსორული სიგნალები (ბგერითი, ტაქტილური გაღიზიანება). ნელი ძილის ეეგ სურათის დადგომისთანავე ხდებოდა ცხოველის მომენტალური გამოღვიძება.

სხვადასხვა ხანგრძლივობის (8, 10 სთ) ძ.ტ.დ. პროცედურების დამთავრების შემდეგ ზღვის გოჭებს ეძლეოდა ძილის საშუალება. პოსტდეპრივაციული ძ/ღ ციკლის პოლიგრაფიული რეგისტრაცია გრძელდებოდა ციკლის ნორმალური სურათის აღდგენამდე.

მიღებული მონაცემები მუშავდებოდა სტატისტიკურად, ხდებოდა საშუალო მნიშვნელობებისა და მათი სტანდარტული გადახრების გამოთვლა. საშუალო მნიშვნელობების განსხვავებების სარწმუნოობა განისაზღვრებოდა სტიუდენტის t-კრიტერიუმის მიხედვით.

მიღებული შედეგები და მათი ანალიზი. ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად აღმოჩნდა, რომ ძ.ტ.დ. ზღვის გოჭებში იწვევს მათი ძ/ღ ციკლის სტრუქტურის მნიშვნელოვან შეცვლას, რაც კარგად გამოიხატება როგორც დეპრივაციის



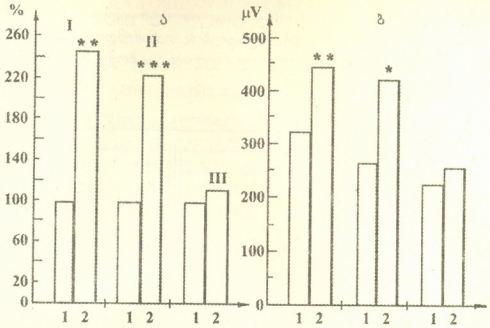
სურ. 1. 10 სთ დ.ტ.დ. შედეგად ზღვის გოჭის პოსტდეპრიაციულ დ/ლ ციკლში სხვადასხვა ფაზათა საერთო ხანგრძლივობების ცვლილება (2).
 1 - ფონი. აღნიშვნები: ლ - ღვიძილი, ზ.ნ.ძ. - ზერელე ნელი ძილი, ლ.ნ.ძ. - ღრმა ნელი ძილი, პ.ძ. - პარადოქსული ძილი.

მსვლელობაში, ისე მისი შემდგომ პერიოდებში. დ.ტ.დ. პროცედურების მსვლელობაზე ვიზუალური დაკვირვებებით გამოვლინდა შემდეგი კანონზომიერება: თუ ცდის დასაწყისში ძილის შეწყვეტა, როგორც წესი, ადვილად ხორციელდება ცხოველთა სუსტი სენსორული გაღიზიანებით (კანის გაღიზიანება და სხვადასხვა ბგერები), 2-3 საათის შემდეგ დეპრიაციის პროცედურაში აღმოცენდება გარკვეული სიმნელები. კერძოდ, ცხოველთა გამოღვიძებისათვის საჭირო სენსორული გაღიზიანების სიხშირე და ინტენსივობა თანდათანობით იზრდება. განსაზღვრული დროის შემდეგ კი (8-10 სთ) ძილის სრული გამოთიშვა შეუძლებელი ხდება - თავს იჩენს ციკლის ქცევითი და ევგ-კორელატების დისოციაციის მოვლენა, რაც პირველ რიგში იმაში გა-

მოიხატება, რომ სენსორული გაღიზიანებით გამოწვეული ქცევითი ღვიძილის ფონზე ფრაგმენტების სახით განვითარებას იწყებს ძილის ევგ-სურათი. მსგავსი დისოციაციის ფრაგმენტები თანდათანობით ხშირდება და ბოლოს ღვიძილის უწყვეტი შენარჩუნება შეუძლებელი ხდება ძილის ძლიერი „მოწოლის“ გამო.

დ.ტ.დ. შედეგად ცხოველთა ორგანიზმში მომხდარი დარღვევების აღდგენა ხორციელდება პოსტდეპრიაციულ პერიოდში. მიღებული მონაცემების თანახმად, პოსტდეპრიაციულ დ/ლ ციკლში საგრძნობლად იმატებს ძილი, რაც თავისთავად ამცირებს ღვიძილს. ამასთან, ძილის საერთო მოცულობის გაზრდა ხდება როგორც ნელტალღოვანი, ისე პარადოქსული ფაზების მოცულობათა მნიშვნელოვანი გაზრდის ხარჯზე (სურ. 1). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ნელტალღოვანი ძილის საერთო ხანგრძლივობის მომატებას თან სდევს მისი გაღრმავებაც, რაც დელტა და სუბდელტა რანგის ნელი ტალღების ამპლიტუდის და სიხშირის მკვეთრი მომატებით გამოიხატება, ხოლო პარადოქსული ძილის ინტენსივობა ამ დროს მნიშვნელოვნად არ იცვლება (სურ. 2). გარდა ამისა, ზღვის გოჭების მთლიან ძილში ნელტალღოვანი და პარადოქსული სტადიების მოცულობათა თანაფარდობის კოეფიციენტი შეესაბამება ფონურ მონაცემებს.

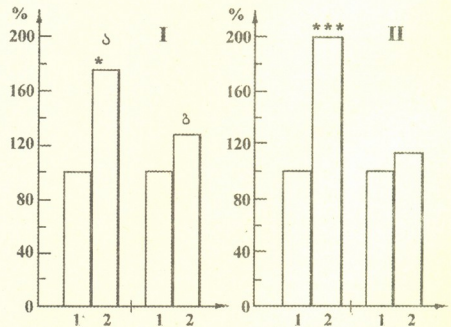
მაშასადამე, მიუხედავად იმისა, რომ დ.ტ.დ. დროს ხდება არა მარტო ნელტალღოვანი, არამედ პარადოქსული ძილის გამოთიშვაც, აღდგენით პერიოდში აღვილი აქვს მხოლოდ ნელი ძილის რებაუნდს. პარადოქსული ძილის საერთო ხანგრძლივობის გაზრდა კი, როგორც ჩანს, განპირობებულია ნელი ძილის გახანგრძლივებით და გაღრმავებით.



სურ. 2. 10 სთ ძ.ტ.დ. გავლენა ზღვის გოჭებში ჰიპოკამპურ (I) და ქერქულ (II) დელტა და ჰიპოკამპურ თეტა (III) ტალღების დადგომის სიხშირესა (ა) და ამპლიტუდაზე (ბ). სვეტი 1 ყველა შემთხვევაში შეესაბამება ფონური მონაცემს, სვეტი 2 – დეპრევიაციის შედეგად აღრიცხულ მონაცემს. ამპლიტუდა გადაზომილია μV -ში.

პოსტდეპრევიაციულ ძ/ღ ციკლში ნელტალღოვანი და პარადოქსული ძილის მოცულობათა გაზრდა ხდება, ძირითადად, მათი დადგომის გახშირების ხარჯზე. აღნიშნული სტადიების ცალკეულ ფაზათა საშუალო ხანგრძლივობა კი მნიშვნელოვნად არ იცვლება (სურ. 3.), თუმცა მისი ხანგრძლივობის გაზრდის ტენდენცია მაინც შეიმჩნევა.

ძ.ტ.დ. ზღვის გოჭებში იწვევს ასევე ძილის ფაზათა ლატენტობის შემცირებას. გარდა ამისა, ხდება ძ/ღ ციკლის ფაზათა გარდამავალი სტადიების ხანგრძლივობის შეცვლაც. კერძოდ, ნელი ძილიდან პარადოქსულ ძილში გარდამავალი სტადიების საშუალო ხანგრძლივობა პოსტდეპრევიაციულ ძ/ღ ციკლში მნიშვნელოვნად არის შემცირებული ფონთან შედარებით (100%-დან 57%-მდე).

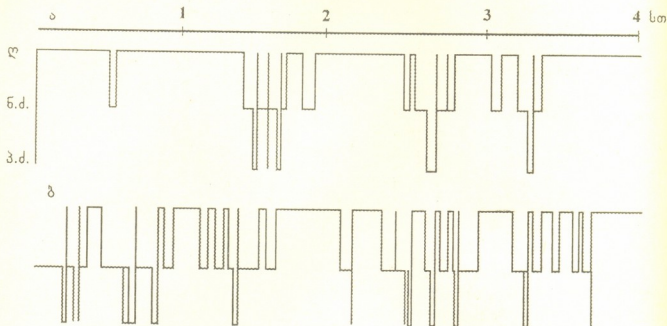


სურ. 3. 10 სთ ძ.ტ.დ. შედეგად ნელტალღოვანი (I) და პარადოქსული (II) ძილის ფაზათა დადგომის სიხშირის (ა) და მათი საშუალო ხანგრძლივობის (ბ) ცვლილება ზღვის გოჭის პოსტდეპრევიაციულ ძ/ღ ციკლში. 100%-ად ყველაგან აღებულია შესაბამისი ფონური მონაცემი (სვეტი 1).

პოსტდეპრევიაციულ პერიოდში მიმდინარე ზემოთ აღწერილი აღდგენითი პროცესების



შედგად იცვლება ზღვის გოქების ძ/ლ ციკლის სტრუქტურული ორგანიზაციის საერთო სურათი - ციკლის სხვადასხვა სტადიების თანამიმდევრული, კანონზომიერი მონაცვლეობა მიმდინარეობს უფრო რეგულარულად და მოწესრიგებულად, ვიდრე ეს ხდებოდა ფონში (სურ. 4.).



სურ. 4. ზღვის გოქის ძ/ლ ციკლის სტრუქტურული ორგანიზაციის გრაფიკული გამოსახულება. ა - ფონი, ბ - 10 სთ ძ.ტ.დ. შემდგომი აღდგენითი პერიოდი. აღნიშვნები: ლ - ღვიძილი, ნ.დ. - ნელტალღოვანი ძილი, პ.დ. - პარამოქსული ძილი. დრო გადაზომილია საათებში.

ზემოთ აღწერილი ძ.ტ.დ. ეფექტების ნეიროფიზიოლოგიური ანალიზის საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ძილის გამოთიშვა ღვიძილის უწყვეტი შენარჩუნებით იწვევს საექსპერიმენტო ცხოველთა ორგანიზმში ძილის შინაგანი მოთხოვნების წარმოქმნას და თანდათანობით აკუმულირებას, რაც თავის მხრივ ააქტიურებს ძილის ცენტრალურ მექანიზმებს და მათი მუშაობა პროგრესულად ძლიერდება. როგორც კი ძილის მოთხოვნება აღწევს კრიტიკულ დონეს (რაც გამოიხატება ძილის ძლიერ „მოწოლაში“), ძილის მექანიზმები იმდენად აქტიურდებიან, რომ „ცდილობენ“ თავი დააღწიონ ღვიძილის შემაკავებელ გავლენას, რაც ძილის ეგგ- და ქცევითი პარამეტრების დისოციაციაში აისახება. ხოლო დეპრივაციის შეწყვეტისთანავე ძილის მექანიზმები იწყებენ ოპტიმალურ მუშაობას, რასაც თან სდევს ძ/ლ ციკლის აღდგენა ნორმალური სახით.

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. биологии. 81, 3, 1976, 379-396.
3. Т.Ониანი, Э.Чиджавадзе, Л.Мацсурадзе Физiol. журнал. 70, 8, 1984, 1142-1148.
4. Л.Войтенко, В.Марлинский. Нейрофизиология. Киев, 1, 1993, 52-76.



ბ.პარხალიძე, ხ.ხორავა, ა.სინარულიძე, ლ.გომელაური, ლ.გელაშვილი, ნ.კოჭლავაძე

თალამუსის მედიოლორსალური (n.MD) და ფინავენტრალური (n.AV) ბირთვების ქიმიური ბალიზანების ვაგლენა გულის კუნთის ფუნქციურ მდგომარეობაზე ჰიპოთალამუსის ვენტრომედიალური (n.VM) ბირთვის ელექტრული კონტრაქციის ფონზე არტიკული ნორმო- და ჰიპერტენზიის პირობებში

წარმოდგინა აკადემიკოსმა თ.ონიანმა 21.07.1997

თალამუსის ბირთვების მონაწილეობის შესწავლა გულის მოქმედების რეგულაციაში ხელს უწყობს ორგანიზმის ადაპტაციური რეაქციების ერთ-ერთი მექანიზმის გამოვლენას. გულის ფუნქციური მდგომარეობის ზოგადსარეგულაციო ინტეგრაციული სისტემის ფუნქციური ჰეტეროგენობა, ერთი მხრივ, შეიძლება განპირობებული იყოს თალამური ბირთვების ჰეტეროქიმოზით (უპირატესად მონოამინერგული) [1-3] და, მეორე მხრივ, თალამური ბირთვული წარმონაქმნების ურთიერთქმედებით სხვა ცენტრალურ ქერქვეშა სტრუქტურებთან. ამ მიმართულებით მეტად საინტერესოა ჰიპოთალამო-თალამური ურთიერთობის გამოკვლევა. ჰიპოთალამუსი წარმოადგენს ისეთ ნერვულ წარმონაქმნს, რომელიც შეიცავს ნეიროპეპტიდების თითქმის მთელ შემადგენლობას. ჰიპოთალამუსის ვენტრომედიალური ბირთვის როლი თალამო-კარდიალური ეფექტების რეგულაციაში საინტერესოა იმ მიმართებითაც, რომ აღნიშნული ბირთვი აქტიურად მონაწილეობს ვისცერული სისტემის ფუნქციების რეგულაციაში, კერძოდ გულ-სისხლძარღვთა სისტემის [4-7].

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა თალამუსის წინა ვენტრალური და მედიოლორსალური ბირთვების ქიმიური ჰეტეროგენობის დადგენა გულის ფუნქციური მდგომარეობის ცვლილებაზე ჰიპოთალამუსის ვენტრომედიალური ბირთვის ელექტრული კონტრაქციისას არტერიული ნორმო- და ჰიპერტენზიის პირობებში. ექსპერიმენტი ჩატარებულ იქნა ორივე სქესის ბოცვრებზე მასით 2-4 კგ, რომელთაც სფიგმოგრამის ჩასაწერად გაკეთებული ჰქონდათ ოპერაცია ვანლევრესუმის მეთოდით, ხოლო კონსტანტანის ბიოლოგიური ელექტროდების ჩანერგვა, რომელთა დიამეტრი 0,15-0,2 მმ-ია, პოლუსთაშორის მანძილი 0,3-0,4 მმ, ხდებოდა სტერეოტაქსური მეთოდით [8]. ქიმიური გალიზინების მიზნით მედიოლორსალურ ბირთვში ვენერგავდით საინექციო ქემიტროდებს, რომელთა დიამეტრი 700 მკმ-ია. ჩანერგვა ხდებოდა ე.ფიფკოვასა და დ.მარშალის კოორდინატების მიხედვით [9]. ელექტროდებსა და ქემიტროდებს ვაფიქსირებდით თავის ქალაზე „ნორაკრილ - 65“ მეშვეობით. ჰიპოთალამუსის სტრუქტურების ბილატერალური კოაგულაციისათვის ვიყენებდით ბი-ან ქვადრიპოლარულ ელექტროდებს, კოაგულაციას ვაწარმოებდით მულტივი დენით, (5 მა, 30-40 წმ) განმავლობაში. ასეთი სახის კოაგულაციის თან სდევდა გამოხატული შემოფარგლული ნეკროზის განვითარება, რომლის დიამეტრი 0,8-1,2 მმ-ს არ აღემატებოდა.

ქემიტროდებში მიკროინექტორის საშუალებით შეგვყავდა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ზღვრული დოზები: ნორადრენალინი - 0,08 მგ, ადრენალინი 0,01 მგ, (1%-იან ხსნარზე გაანგარიშებით) სეროტონინი 20 მკგ/კგ, და აცეტილქოლინი - 20 მკგ/კგ. ჰიპერტენზიული ფონი იქმნებოდა ინტრავენურად მეზეტონის 0,5 მგ/კგ-ზე შეყვანით.

გულის ციკლის ფაზური სტრუქტურის განსაზღვრისათვის გამოყენებული იყო პოლიკარდიოგრაფიული გამოკვლევის კომბინირებული მეთოდი. პოლიკარდიოგრაფიუ-

ლი მრუდების (კარდიოგრამა, სფიგმოგრამა, ფონოგრამა) რეგისტრაციას ვაჩვენებთ ექვსარხიან პოლიგრაფზე П 64-01. გულის ციკლის ფაზური სტრუქტურის ანალიზი ხორციელდებოდა კ. ბლუნბერგერის მეთოდით ვ. კარპმანის მოდიფიკაციით (1965). პოლიკარდიოგრამას ვიწერდით ქიმიურ გალიზიანებამდე, გალიზიანების დროს ნივთიერების შეყვანის შემდეგ გარკვეული დროის ინტერვალებით, როგორც ნორმო-ასევე ჰიპერტენზიის დროს. მონაცემები დამუშავებული იყო ვარიაციული სტატისტიკის მეთოდის გამოყენებით პერსონალურ კომპიუტერზე.

(n.MD) და (n.AV) ბირთვების ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებით გალიზიანება ჰიპოთალამუსის (n.VM) ბირთვის კოაგულაციის ფონზე ნორმოტენზიის პირობებში იძლეოდა ცვლილებებს ერთი მიმართულებით: გულის ციკლის გაგრძელებას სხვადასხვა პროცენტული თანაფარდობით.

(n.MD)-ს აცეტილქოლინით ზღვრული რაოდენობით ქიმიური გალიზიანებისას ჰიპოთალამუსის ვენტრომედიალური ბირთვის დესტრუქციის ფონზე გამოვლინდა შემდეგი სურათი: აღინიშნებოდა უარყოფითი ქრონოტროპული ეფექტი, გულის ციკლი გაგრძელდა 6%-ით, (n.AV)-ს გალიზიანებისას კი 7%-ით. ეკგ-ზე შეიმჩნეოდა შემდეგი ცვლილებები: P კბილის ხანგრძლივობა შესამჩნევად არ იცვლებოდა, P-Q და Q-T ინტერვალები გრძელდებოდა საშუალოდ 4,3%-ით და 3,6%-ით (n.AV) - თვის კი 5,4%-ით და 4,3%-ით, რაც მიგვანიშნებს შიდა კარდიალური გზების გამტარობის უმნიშვნელო ცვლილებებზე. სფიგმოგრამაზე ვაკვირდებოდით ანაკროტული ტალღის მრუდის შემცირებას, ფონოკარდიოგრამაზე I და II ტონების ხანგრძლივობის გაზრდას. პოლიკარდიოგრამის ფაზურმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ასინქრონული და იზომეტრული შეკუმშვის ფაზები უმნიშვნელოდ იზრდებოდა, დაძაბვის პერიოდი გრძელდებოდა - 6,5%-ით n.MD ბირთვისათვის და 7,5%-ით n.AV ბირთვისათვის. განდევნის პერიოდი 4%-ით და 5%-ით შესაბამისად, მექანიკური და საერთო სისტოლა 5,3%-ით და 5,5%-ით, დაახლოებით ერთნაირად ორივე ბირთვისათვის. დიასტოლა 7%-ით და 8%-ით შესაბამისად.

n.MD ბირთვში სეროტონინის შეყვანა ჰიპოთალამუსის n.VM ბირთვის დესტრუქციის ფონზე ნორმოტენზიისას იწვევდა გულის ციკლის გაგრძელებას 7%-ით, n.AV ბირთვის გალიზიანება - 8%-ით. P კბილის, P-Q და Q-T ინტერვალების სტატისტიკურად სარწმუნო ცვლილებები არ აღინიშნებოდა. სფიგმოგრამაზე აღინიშნებოდა ანაკროტული ტალღის მრუდის შემცირება, ფონოკარდიოგრამაზე I ტონის ინტენსივობის შემცირება. ფაზურმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ასინქრონული შეკუმშვის და იზომეტრული შეკუმშვის ფაზები, დაძაბვის და განდევნის პერიოდი, მექანიკური და საერთო სისტოლა, დიასტოლა სარწმუნოდ არ იცვლებოდა, თითქმის ერთნაირი სურათი იყო ორივე ბირთვის გალიზიანებისას.

n.MD ბირთვში ადრენალინის ზღვრული დოზის მიკროქემიტროდულმა ინექციამ ჰიპოთალამუსის n.VM ბირთვის დესტრუქციის ფონზე ნორმოტენზიისას გამოიწვია გულის ციკლის გაზრდა 7%-ით, n.AV-ს გალიზიანებისას 8%-ით. სფიგმოგრამაზე აღინიშნებოდა ანაკროტული ტალღის მრუდის შემცირება. P კბილის, P-Q და Q-T ინტერვალების სტატისტიკურად სარწმუნო ცვლილებები არ აღინიშნებოდა ორივე ბირთვის გალიზიანების შემთხვევაში. ფონოკარდიოგრამაზე I ტონის ინტენსივობის შემცირება. ფაზურმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ასინქრონული და იზომეტრული შეკუმშვის ფაზები, დაძაბვის და განდევნის პერიოდი, მექანიკური და საერთო სისტოლა, დიასტოლა სარწმუნოდ არ იცვლებოდა.

თალამუსის n.MD ბირთვში ნორადრენალინის შეყვანამ ჰიპოთალამუსის ვენტრომედიალური ბირთვის დესტრუქციის ფონზე ნორმოტენზიისას გამოიწვია გულის ციკლის გაზრდა 5%-ით, ხოლო n.AV-ს გალიზიანებისას 6-7%-ით. სფიგმოგრამაზე ანაკ-

როტული ტალღის მრუდის შემცირება აღინიშნებოდა. ფონოკარდიოგრამაზე ინტენსივობა შემცირდა და ორივე ტონის ხანგრძლივობა გაიზარდა. ასევე მოხდა ასინქრონული და ინომეტრული შეკუმშვის ფაზების გაზრდა ორივე ბირთვის გალიზიანებისას თითქმის ერთნაირად 5,2%-ით და 5,3%-ით. დაძაბვის და განდევნის პერიოდების ცვლილება 5,2%-ით და 6,1%-ით, მექანიკური და საერთო სისტოლები 6-7%-ით, დიასტოლა 8,4%-ით.

ჩვენი მონაცემების მიხედვით გამოვლენილ იქნა ვენტრომედიალური ჰიპოთალამუსის დესტრუქციის პირობებში ფაზური მაჩვენებლების მკაფიოდ გამოხატული ცვლილებები. გამოიკვეთა თალამუსის ბირთვების მონომინერგული ნეირონების მოქმედების პრევალირება ქოლინერგულ სისტემებთან შედარებით. n.MD და n.AV ბირთვების კატექოლამინერგული და სეროტონინერგული ნეირონების აგზნებამ გამოავლინა გულის მოქმედების პარასიმპატიკური ცვლილებანი.

აცეტილქოლინის, სეროტონინის, ადრენალინის, ნორადრენალინის ინტრაქემიტროდული ინექციები n.MD ბირთვში ჰიპოთალამუსის n.VM კოაგულაციისას ჰიპერტენზიის ფონზე იწვევდა გულის მხრივ ცვლილებებს ერთი მიმართულებით, კერძოდ დადებით ქრონო- და ინოტროპულ ეფექტებს. აცეტილქოლინი იწვევდა ტაქიკარდიას - 8%-ით, სეროტონინი - 9%-ით, ადრენალინი - 9%-ით და ნორადრენალინი - 7-8%-ით. სფიგმოგრამაზე ხდებოდა ანაკროტული ტალღის ამპლიტუდის მომატება, შესაბამისად მცირდებოდა ყველა ფაზური და პერიოდული მაჩვენებლები.

ასევე დადებითი ქრონო- და ინოტროპული ეფექტები ვლინდებოდა ერთი მიმართულებით n.AV-ს ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებით ინტრაქემიტროდული გალიზიანებისას ჰიპერტენზიის პირობებში: აცეტილქოლინით გალიზიანებისას ვითარდებოდა 5-6%-ით ტაქიკარდია. ნორადრენალინით - 5,6%-ით, ადრენალინით 7,3%-ით, სეროტონინით გალიზიანებისას 6-7%-ით ტაქიკარდია.

ჰიპოთალამუსის ვენტრომედიალური ბირთვის ელექტროკოაგულაციის შედეგად თალამუსის ბირთვების (n.MD), (n.AV) ნეიროქიმიური პლასტიკურობა ჰიპერტენზიის პირობებში ვლინდება გულის კუნთის ფაზური მონაცემების დიამეტრალურად საწინააღმდეგო მაჩვენებლებით ნორმოტენზიასთან შედარებით. აღსანიშნავია მონომინერგული თალამური სისტემების პრევალირება ქოლინერგულთან შედარებით. შეიძლება დავასკვნათ, რომ გულის კუნთის ფუნქციური მდგომარეობის უზრუნველყოფაში თალამური პოპულაციების ქემორეაქტიული თვისებების გარდაქმნა დამოკიდებულია სისხლძარღვთა მამოძრავებელი ცენტრის ტონურ აქტივობაზე, რაც შეიძლება განპირობებული იყოს ჰიპოთალამუსის ვენტრომედიალური ბირთვის ფუნქციური მდგომარეობით. აღნიშნული მონაცემები ერთი მხრივ მიუთითებს თალამო-გიპოთალამური ბირთვული წარმონაქმნების ფუნქციურ კორელაციაზე, ხოლო მეორე მხრივ სავარაუდოა, რომ ჰიპერტენზია იწვევს თალამო-კარდიალური სარეალიზაციო გზების რეორგანიზაციას.

თბილისის ექიმთა დიპლომის შემდგომი
სწავლების სახელმწიფო
სამედიცინო აკადემია

ლიტერატურა

1. Н.Г.Кочлавашвили, П.К.Туркадзе, А.М.Сихарулидзе. В сб.: Материалы XI научной конференции физиологов высших учебных заведений Грузии. Тбилиси, 1989, 56.
2. მ.ლომინაძე, ნ.კოკლავაშვილი. საქართველოს ფიზიოლოგთა ყრილობის მასალები. თბილისი, 1995, 96.
3. К.А.Кванталиани, И.А.Саниян, М.В.Мумлаური, М.Г.Джинчарадзе, Н.Г.Кочлавашвили. В. сб.: Матер. VIII научн. конференции ЦНИЛ Тбил. ИУВ. Тбилиси, 1989, 11.

4. *Л.И.Гомелаури, А.И.Сихарулидзе, Т.К.Абесадзе, Н.Г.Кочлавашивили.* В кн.: Груды Тбилисского ИУВЕ МЗ СССР. Тбилиси, 1988, 230-232.
5. *Л.И.Гомелаури, А.И.Сихарулидзе, К.П.Беридзе, Н.Г.Кочлавашивили, Т.К.Абесадзе.* Проблемы физиологии гипоталамуса. Киев, Вып. 23, 1989, 28-32.
6. *К.П.Беридзе, А.И.Сихарулидзе.* О роли некоторых структур головного мозга в регуляции высцеральных функций. Тбилиси, 1985, 100 с.
7. *Я.Буреши, М.Петрань, И.Захар.* Электрофизиологические методы исследования. М., 1962, 456 с.
8. *Е.Фифкова, Дж.Маршалл.* Электрофизиологические методы исследования. М., 1962, 384-386.

ჟ.ზოგორიშვილი, მ.ზაალიშვილი (აკადემიკოსი)

მიერთაგვას ღვიძლის მიტოქონდრიების აქტივის მსგავსი ცილის შესახებ

წარმოდგენილია 5.05.1997

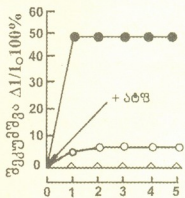
კონოვერისა და ბარანის [1] მონაცემებით ღვიძლის მიტოქონდრიები არ შეიცავს მიოზინის მსგავს ცილას. ჯ.გოგორიშვილისა და მ.ზაალიშვილის [2,3], აგრეთვე ბემისისა და თანამშრომლების [4] მონაცემებით 0,6 M KCl-ის ხსნარის გამოყენებით მიტოქონდრიებიდან არ გამოიყოფა შეკუმშვადი კომპლექსი – აქტომიოზინი, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ამ ორგანოიდებში არ არის აქტინისა და მიოზინის მსგავსი ცილები. ამასთანავე, ვისკოზიმეტრული მეთოდით დამტკიცებულია, რომ მიტოქონდრიების 0,6 M KCl – ექსტრაქტში არ არის აქტინის მსგავსი ცილა [2]. გამოთქმულია მოსაზრება, რომ იზოლირებული მიტოქონდრიების მოცულობის ცვლილება ოსმოსური ბუნებისაა [5].

მაგრამ უკანასკნელი 15 წლის მანძილზე არაკუნთოვანი მოძრაობის პრობლემასთან დაკავშირებით კვლავ აღინიშნება მცდელობა მიტოქონდრიის მოცულობის ცვლილებების ძველი თეორიების რეანიმაციისა [6-9]. კერძოდ, ასტოქაროვის თანახმად [7] ვირთაგვას ღვიძლის მიტოქონდრიები შეიცავს 2% ცილას, რომელსაც აქვს მოლეკულური მასა 42 000 დალტონი და რომლის პირველადი სტრუქტურის გარკვეული მსგავსება აქტინის პირველადი სტრუქტურასთან საფუძველს იძლევა დაფუძვით, რომ ის აქტინის მსგავსია. ამის გამო, ჩვენ საჭიროდ ჩავთვალეთ გადაგვემოწმებინა ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით, არის თუ არა ვირთაგვას ღვიძლის მიტოქონდრიებში აქტინის მსგავსი ცილა.

ვირთაგვებს ვკლავდით დეკაპიტაციით, ღვიძლის მიტოქონდრიებს გამოვყოფდით დიფერენციული ცენტრიფუგირებით და მრავალჯერადი ჩარეცხვით ასეთ არეში: 0,25 M საქაროზა, 10^{-2} M ტრის – HCl (pH 7,4), 10^{-3} M ედტა.

მიტოქონდრიების „აქტინის მსგავს ცილას“ ვიღებდით აცეტონით დამუშავებული მიტოქონდრიებიდან. ამისათვის მიტოქონდრიების ნალექს ვამუშავებდით სამჯერ – 10°C -მდე გაცივებული აცეტონით და ვაშრობდით ჰაერზე.

მიოზინს ვიღებდით სენტ-გორჯისა [10] და ადრე აღწერილი მეთოდით [11]. კურდღლის ჩონჩხის კუნთების აქტინს ვიღებდით შტრაუბის მეთოდით [10].



სურ. 1. „აქტინის მსგავსი ცილის“ შესწავლა შრიული ძაფების მეთოდით.

0,05 M KCl, 0,01 M ტრის – HCl, pH 7,0;

ატფ – $5 \cdot 10^{-3}$ M, MgCl_2 – $2 \cdot 10^{-3}$ M, $t = 30^{\circ}\text{C}$.

●● – ჩონჩხის კუნთების რეკონსტრუირებული აქტომიოზინი

○○ – ჩონჩხის კუნთების A მიოზინი

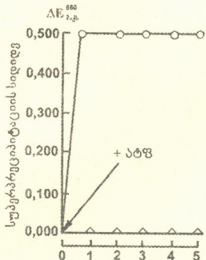
△△ – „აქტინის მსგავსი ცილა“ + A მიოზინი, გამოყოფილი ჩონჩხის კუნთებიდან.



ატფ-დან მოხლეჩილ ფოსფატს ვსაზღვრავდით ტურაკულოვისა და თანაბრების მეთოდით [12]. ცილათა სუპერპრეციპიტაციის უნარს ვსაზღვრავდით სპექტროფოტომეტრულად 550 ნმ სიგრძის ტალღაზე, ხოლო შრიული ძაფების შეკუმშვის უნარიანობას – მ.ზაალიშვილისა და გ.მიქაძის მიხედვით [13]. ცილის კონცენტრაციას ვსაზღვრავდით ბიურეტის რეაგენტით [14] და ლოურის მეთოდით.

1 სურათზე ჩანს, რომ ჩონჩხის კუნთის რეკონსტრუირებული აქტომიოზინისაგან მომზადებული შრიული ძაფები (იგივე გელი) იკუმშება 50%-ით, ხოლო მიტოქონდრიის აქტინის მსგავსი ცილისა და კუნთის მიოზინის ნარევი არავითარ ცვლილებას არ განიცდის ატფ-ის გავლენით.

კუნთის რეკონსტრუირებული აქტომიოზინის სუსპენზიის ოპტიკური სიმკვრივე ატფ-ს დამატების შემდეგ მკვეთრად იზრდება, მაშინ როცა „აქტინის მსგავსი ცილისა“ და კუნთის A მიოზინის ნარევისაგან მიღებული სუსპენზიის ოპტიკური სიმკვრივე უცვლელი რჩება (სურ. 2).



სურ. 2. „აქტინის მსგავსი ცილის“ შესწავლა სუპერპრეციპიტაციის მეთოდით. სარეაქციო არე: 0,05 M KCl, 0,01 M ტრის – HCl, pH 7,0.

ატფ – 10^{-3} M, $t = 30^{\circ}\text{C}$ (1 mM Mg^{2+} ; -ის თანაყოფნისას ან უმაგნიუმოდ).

○ — რეკონსტრუირებული აქტომიოზინი (ჩონჩხის კუნთების F – აქტინი + ჩონჩხის კუნთების A მიოზინი)

△ — „აქტინის მსგავსი ცილა“ + A მიოზინი

ჩვენ ვერც ვისკოზიმეტრული მეთოდით შევძელით იმის დამტკიცება, რომ „აქტინის მსგავსი ცილა“ კუნთის მიოზინთან დისოციაციის უნარის მქონე კომპლექსს წარმოქმნის და ისიც გასარკვევია, რამდენად აღსორბირდება ეს ცილა A მიოზინის ზედაპირზე.

ეს მონაცემები მოწმობენ, რომ ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდით არ მტკიცდება „აქტინის მსგავსი ცილის“ არსებობა მიტოქონდრიაში, რაც კიდევ ერთხელ დასტურდება

ცხრილში მოყვანილი ექსპერიმენტული მონაცემებით. „ა.მ.ც.“-ს უნარი არ შესწევს გაზარდოს მიოზინის ფერმენტული აქტივობა. ამასთანავე, „ა.მ.ც.“-ს არ გააჩნია არც გლობულარულიდან ფიბრილურ ფორმაში გადასვლის უნარი.

ცხრილი

„აქტინის მსგავსი ცილის“ შესწავლა ატფ-აზური აქტივობის მიხედვით.

სარეაქციო არე: 0,05 M KCl, 0,05 M ტრის – HCl, pH 7,0; ატფ – $5 \cdot 10^{-3}$ M, $t = 30^{\circ}\text{C}$.

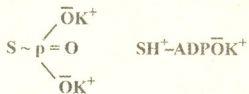
ცილა	ატფ-აზური აქტივობა მკმ Pi / მგ.წთ 1
კუნთის A მიოზინი	1. 0,050 2. 0,030 (+ 1 mM MgCl_2)
კუნთის A მიოზინი + კუნთის F აქტინი	1. 0,070 2. 0,090 (+ 1 mM MgCl_2)
კუნთის A მიოზინი + „აქტინის მსგავსი ცილა“	1. 0,045 2. 0,025 (+ 1 mM MgCl_2)



გამოთქმულია ჰიპოთეზა, რომ მიტოქონდრიის მორფოლოგიური ტრანსფორმაციების საფუძველს შეიძლება შეადგენდეს ცილა აქტინი, რომელსაც, როგორც ცნობილია, აქვს უნიკალური უნარი განახორციელოს შექცევადი გადასვლები ორ აგრეგატულ მდგომარეობას შორის, მონომერი - პოლიმერი [7], მაგრამ ვერც თვით ა. სტოჯაროვმა მოახერხა ვისკოზიმეტრული მეთოდით აქტინის მსგავსი ცილის პოლიმერიზაციის ფაქტის დადგენა [8]. მისი აზრით, ამის შესაძლო ახსნა უნდა ვეძებოთ ცილის ნატიურობის ნაწილობრივ შეცვლაში. ასეა თუ ისე, ჯერჯერობით არ მტკიცდება ვარაუდი, რომ „ა.მ.ც.“-ს პოლიმერიზაცია-დეპოლიმერიზაცია შეიძლება იყოს მიტოქონდრიების მორფოლოგიური ტრანსფორმაციების საფუძველი.

„ა.მ.ც.“ აქტინის მსგავსია ამინომჟავური შედგენილობით, მაგრამ არა იდენტური. ამ შემთხვევაში იქნებ უპრიანია იმის გახსენება, რომ ე.წ. ნამგლისებურუჯრედული ანემია განპირობებულია ცილის მხოლოდ ერთი ამინომჟავას სხვა ამინომჟავით შეცვლით, რაც იწვევს ცილის სტრუქტურის მთლიანად შეცვლას. ა.სტოჯაროვი „ა.მ.ც.“-ს ტრიპტოფანური ფლუორესცენციის შესწავლამ მიიყვანა იმ დასკვნამდე, რომ ამ ცილას შესაძლოა აქვს თავისებური აღნაგობა. მაგრამ ისმის კითხვა: რას ნიშნავს ტერმინი „აქტინის მსგავსი ცილა“, თუ ის სულ ცოტა 8 ამინომჟავათი მაინც განსხვავდება ჩონჩხის კუნთის აქტინისაგან? რა არის მთავარი, შედგენილობის მსგავსება, თუ ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მსგავსება? მოლეკულურ მასათა დამთხვევა, ისევე როგორც ამინომჟავური შედგენილობის მსგავსება, შესაძლოა არც იძლევა იმის საფუძველს, რომ მივიჩნიოთ ეს ცილა აქტინის მსგავსად, თუ მხედველობაში მივიღებთ ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების განსხვავებას. ჩვენ ვთვლით, რომ ზედმეტი არ იქნება „ა.მ.ც.“-ში ამინომჟავათა თანმიმდევრობის განსაზღვრა, რომ საკითხი საბოლოოდ გადაიჭრას.

ამ სიტუაციაში ჩვენ კვლავ ვუბრუნდებით ადრე გამოთქმულ მოსაზრებას [5] იმის შესახებ, რომ იზოლირებული მიტოქონდრიის მოცულობის შემცირების საფუძველს ატფ-ის დამატების შემდეგ შეადგენს შექცევადი ატფ-აზისა და ატფ-ს შუალედური კომპლექსის ურთიერთქმედება კალიუმის იონებთან შემდეგი სქემის მიხედვით



ამ ურთიერთქმედებას შედეგად მოსდევს ის, რომ ჰიდროლიზის შემდეგ K^+ გადადის ფოსფატის სახით გარეშე არეში.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
 მოლეკულური ბიოლოგიისა და
 ბიოლოგიური ფიზიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. T.E.Conover, M.Barany. Biochim. Biophys. Acta, 127, 1966, 235-238.
2. Д.А.Гогоришвили, М.М.Заалишвили. Сообщ. АН ГССР, 45, 1, 1967, 105-112.
3. Д.А.Гогоришвили, М.М.Заалишвили. Сообщ. АН ГССР, 50, 3, 1968, 203-207.
4. A.Bemis, M.Bryant, C.Arcos, M.F.Argus. J. Molecular Biology, 33, 1, 1968, 299-307.
5. Д.А.Гогоришвили. Автореф. канд. дисс. Тбилиси, 1968.
6. Б.Ф.Поглазов. Известия АН СССР, Серия биол. 5, 1983, 667-677.
7. А.Н.Стожаров. Биохимия, 48, 12, 1983, 2016-2022.
8. А.Н.Стожаров. Биохимия, 49, 11, 1984, 1774-1784.
9. А.Н.Стожаров. Биофизика, 31, 2, 1986, 216-219.
10. А.Сент-Дьердьи. О мышечной деятельности. М., 1947.



11. *Дж. Гогоршвили, Т. Т. Сургуладзе, Ф. О. Шрайбман.* Сообщ. АН ГССР, 67, 3, 1972, 701-704.
12. *Я. Х. Туракулов, Л. И. Кургульцева, А. И. Ггельганц.* Биохимия, 32, 1967, 106-110.
13. *М. М. Заалишвили, Г. В. Микадзе.* Биохимия, 24, 3, 1959, 612.
14. *A. G. Gornall, C. J. Bardawill, M. M. David.* J. Biol. Chem., 177, 1949, 751-766.



დ. ხოზარია, კ. ადამიფილი, გ. ბატაფილი, მ. ზაალიფილი (აკადემიკოსი)

α - ქიმოტრიფსინის ლღობის თერმოდინამიკური პარამეტრების დამოკიდებულება ტემპერატურის სკანირების სიჩქარეზე, შუალედური სტაბილური კონფორმაციის შესაძლო როლი

წარმოდგენილია 11.08.1997

ბიოლოგიური მაკრომოლეკულების სხვადასხვა ტიპის კონფორმაციული გადასვლების შესწავლას მთავარი ადგილი უჭირავს მათ ბიოსინთეზისა და ფუნქციონირების ფუნდამენტურ კვლევაში [1-3]. კერძოდ, გლობულარული ცილების სითბური დენატურაცია გახდა ბოლო წლების ინტენსიური კვლევის საგანი [4-6].

ცხრილი 1

pH 4,4-ზე α-ქიმოტრიფსინის სითბური დენატურაციის თერმოდინამიკური მახასიათებლები ტემპერატურული სკანირების სხვადასხვა სიჩქარეზე

V k/წთ	ΔH კალ მგ/მოლი	ΔH კკ მგ/მოლი	T_m °C	r ΔH კალ/ ΔH კკ	$\Delta T_{1/2}$ °C
0,125	228,2	400,8	52,5	0,56	4,9
0,25	265,1	429,7	54,3	0,62	4,7
0,5	291,6	447,2	55,6	0,65	4,2
1	317,5	491,2	56,1	0,66	4,0
2	330,1	538,6	57,5	0,61	3,9
4	427,7	627,3	58,0	0,68	3,8

თანამედროვე სამეცნიერო ლიტერატურაში ხშირად გვხვდება მინიშნება იმის შესახებ, რომ სხვადასხვა ბიომაკრომოლეკულების ლღობის თერმოდინამიკური პარამეტრები ამჟღავნებენ დამოკიდებულებას ტემპერატურის სკანირების სიჩქარეზე [7,8] ადრე ამ გარემოებას ჯეროვანი ყურადღება არ ექცეოდა. ჩვენ ვივარაუდეთ, რომ ეს მოვლენა შესაძლოა დაკავშირებულია ცილის „გამდნარი გლობულის“ შუალედურ კონფორმაციული მდგომარეობის მონაწილეობასთან.

ცხრილი 2

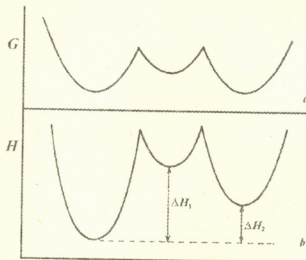
ბიდისტილატში α-ქიმოტრიფსინის სითბური დენატურაციის თერმოდინამიკური მახასიათებლები ტემპერატურული სკანირების სხვადასხვა სიჩქარეზე

V k/წთ	ΔH კალ მგ/მოლი	ΔH კკ მგ/მოლი	T_m °C	r ΔH კალ/ ΔH კკ	$\Delta T_{1/2}$ °C
0,25	285,6	449,1	55,6	0,64	5,1
0,5	316,4	471,7	57,6	0,67	4,1
2	332,7	509,4	57,8	0,65	4,6
4	371,2	509,2	57,6	0,73	4,4

ამ მოსაზრების მართებულობის შემოწმების მიზნით ჩვენ შევისწავლეთ α-ქიმოტრიფსინის, გლობულარული ცილა-ფერმენტების ტიპური წარმომადგენლის, ლღობის



თერმოდინამიკური პარამეტრების დამოკიდებულება ტემპერატურის სკანირების სიჩქარეზე ბუფერულ (pH 4:4) და უბუფერო (ბიდისტილატი) ხსნარებში. კალორიმეტრიული გაზომვები ტარდებოდა ცილის შესაძლებლობის დაგვარად დაბალი კონცენტრაციის პირობებში (აგრეგაციის თავიდან აცილების მიზნით), DACM-4A ტიპის ადიაბატურ მიკროკალორიმეტრზე. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია 1 და 2 ცხრილებში შესაბამისად.



სურ. კონფორმაციული გადასვლის სქემატური გამოსახულება, საშუალოდო თერმოდინამიკურად სტაბილური მდგომარეობის გათვალისწინებით

ტალპია, რომელიც გამოითვლება მხოლოდ ორ მდგომარეობას შორის გადასვლის არსებობის დაშვების გზით, 1,3-1,4-ჯერ აღემატება ექსპერიმენტულ კალორიმეტრიულ სიდიდეს. ორივე ეს გარემოება მიუთითებს შუალედური თერმოდინამიკურად მდგრადი კონფორმაციული მდგომარეობის არსებობის შესახებ α -ქიმოტრიფსინის თერმული ლობის პროცესში. გადასვლის ტემპერატურის, T_m ეფექტური მნიშვნელობის ცვალებადობა 52-58°C ფარგლებში იმაზე მიუთითებს, რომ სამივე მდგომარეობის თავისუფალი ენერგიები აღნიშნულ ტემპერატურულ უბანში ერთმანეთისაგან მნიშვნელოვნად არ განსხვავდება. ამასთან, ერთ-ერთი გადასვლის ქეშმარიტი ტემპერატურა ახლოს უნდა იყოს ეფექტური სიდიდის ქვედა ზღვართან, ხოლო მეორე გადასვლის ქეშმარიტი ტემპერატურა - ზედა ზღვართან. ეს სამი მდგომარეობა სქემატურად გამოსახულია ა სურათზე. ამავე დროს, როგორც უკვე აღინიშნა ზემოთ, შუალედური, ანუ გამდნარი გლობულის კონფორმაცია (II) უნდა ხასიათდებოდეს მნიშვნელოვნად უფრო მაღალი ენტალპიური მდგომარეობით ვიდრე ნატიური (I) ან თუნდაც უწყსრი-გო გორგალის (III) კონფორმაციები (სურათი ბ). აღნიშნულ პირობებში, ტემპერატურის სკანირების მაღალი სიჩქარის დროს ცილა სწრაფად გადავა I მდგომარეობიდან II-ში, ისე რომ, კალორიმეტრიული გაზომვის განმავლობაში ვერ მოასწრებს III (თერმოდინამიკურად უფრო ხელსაყრელ) მდგომარეობაში გადასვლას და ექსპერიმენტული გაზომვა დააფიქსირებს უმთავრესად I მდგომარეობიდან III მდგომარეობაში გადასვლის ენტალპიათა სხვაობას.

აღწერილი სამმდგომარეობიანი მოდელი ბუნებრივად ხსნის 1 და 2 ცხრილებში წარმოდგენილ ექსპერიმენტულ შედეგებს გლობულარული ცილების შესახებ არსებულ თანამედროვე წარმოდგენების საფუძველზე.

როგორც ეს ზემოაღნიშნული ცხრილებიდან ჩანს, ორივე შემთხვევაში α -ქიმოტრიფსინის ლობის კალორიმეტრიულად განსაზღვრული ენტალპია მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული სკანირების სიჩქარეზე (იგი მცირდება სკანირების სიჩქარის შემცირებასთან ერთად) და ამ დამოკიდებულებას რთული (ბიმოდალური) ხასიათი აქვს გადახრის ორი უბნით. ლობის ენტალპიის დამოკიდებულებას სკანირების სიჩქარეზე მარტივი კინეტიკური მიზეზი რომ ჰქონდეს სიჩქარის შემცირებისას მისი მნიშვნელობა მონოტონურად (ასიმპტოტურად) მიუახლოვდებოდა ზღვრულ თერმოდინამიკურ მნიშვნელობას და არ ექნებოდა გადახრის ორი უბანი. ამავე დროს ე.წ. ვანტ-ჰოფის ენ-

ლიტერატურა

1. *R. Lumry et al.* In: Structure and Stability of Biological Macromolecule. N.Y. 1969, 65-212.
2. *J.F.Brandts.* Ibid, pp. 213-290.
3. *В.И.Александров.* Реактивность клеток и белок. Л., 1985.
4. *О.В.Птунцын и др.* Молек. Биолог., 17, 1983, 569.
5. *P.Privalov et al.* J. Mol. Biol. 190, 1986, 487.
6. *В.Е.Быкова, О.В.Птунцын.* Биофизика, 38, 1993, 58.
7. *N. Metreveli, et al.* Bull. Geor. Acad. Sci. 1997, 155, pp. 279.
8. *E.Andronikashvili et al.* (Eds.) In: Symp. on Bio-cal. (Abs) 15, 1981, 21.



ვ.ჩუბინიძე, ნ.კაკელიძე, დ.ჩუბინიძე

აბასთუმნის პირობებში მოზარდი ნაძვისა და ფიჭვის ეთერზეთებისა და მონოტერპენული ნახშირწყალბადების გამოკვლევა

წარმოადგინა აკად. წევრ-კორესპონდენტმა დ.ჯოხაძემ 20.03.1997

სმოგის წარმოქმნის ქეშმარიტი მიზეზების ძიებისას აუცილებელია მცენარეთა ეთერზეთებისა და მათში შემავალი ტერპენების გამოკვლევა [1].

ჩვენი სამუშაოს მიზანს შეადგენდა შეგვესწავლა აბასთუმნის ტყეებში (ყანობილის მთა, 1700 მეტრი ზღვის დონიდან) გავრცელებული ნაძვისა (*Pinus sylvestris* L.) და ფიჭვის (*Picea orientalis* L.) წიწვებში ეთერზეთების რაოდენობრივი შემცველობა და დაგვედგინა მისი ცვალებადობის რიტმი სავეგეტაციო სეზონის განმავლობაში; გამოგვეყო ზეთიდან ტერპენების ცალკეული კომპონენტები და მოგვეზღოთ თითოეული მათგანის იდენტიფიცირება; შეგვესწავლა მათი პროცენტული შემცველობა წიწვის ეთეროვან ზეთში და დაგვედგინა ცალკეული მათგანის რაოდენობრივი შემცველობის ცვალებადობის რიტმი სავეგეტაციო სეზონის განმავლობაში.

ცდები მიმდინარეობდა ხუთი თვის განმავლობაში (ივნის-ოქტომბერი). წიწვებიდან ეთერზეთს გამოყოფდით წყლის ორთქლით გადადენით ატმოსფერული წნევის პირობებში [2,3].

პრაქტიკულად ანალიზები შემდეგნაირად ტარდებოდა: 500 გ საანალიზო მასალას ვათავსებდით მრგვალიძირა კოლბაში, ვამატებდით წყალს 3-6-ჯერ მეტი მოცულობით, ვიდრე საანალიზო მასალა იყო. ვუყენებდით მაცივარს, წყლით აგსილ სპეციალურ დამჭერს და კოლბას ვაცხელებდით ზეთის აბაზანაზე 130°C ტემპერატურამდე. გამოხდის სიჩქარე შეადგენდა დაახლოებით 1 წვით კონდენსატს წამში. გამოხდა წარმოებდა 5 საათის განმავლობაში-ზეთის გამოსვლის სრულ შეწყვეტამდე. დისტილატს ვაყოვნებდით და ვაცილიდით ზეთის ფენას. დარჩენილ დისტილატიდან ზეთის ექსტრაქციას ვახდენდით n-პენტანით. ცდები ტარდებოდა ხუთჯერადი განმეორებით. შედეგები წარმოდგენილია 1 ცხრილში, საიდანაც ჩანს, რომ ნაძვისა და ფიჭვის წიწვები ეთერზეთის რაოდენობრივი შემცველობის მხრივ თითქმის არ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ასევე ერთნაირად იცვლება ზეთების შემცველობა სავეგეტაციო სეზონის განმავლობაში, რომლის მაქსიმუმი სექტემბრის თვეზე მოდის.

ამის შემდეგ ჩავატარეთ ნაძვისა და ფიჭვის წიწვებიდან გამოყოფილი ეთერზეთების ქრომატოგრაფიული ანალიზი. ქრომატოგრაფიული ანალიზის პირობები იყო შემდეგი:

1. აირთხევადი ქრომატოგრაფი, მარკა „ვარიან აეროგრაფი“ (აშშ).
2. ქრომატოგრაფიული სვეტი-ფოლადის, I-3 მ, d-2 მმ.
3. თხევადი ფაზა - სილიკონი XE60 5% ქრომატონზე NAW 0,20-0,25 მმ.
4. აირმტარებელი - ჰელიუმი 28 მლ/წუთში.
5. პროგრამირებული ტემპერატურა - ა) 100°C იზოთერმული-ტერპინოლენის გამოსვლამდე. ბ) 25°C წუთში - 2 წუთის განმავლობაში. გ) შემდგომში 4° წუთში 230°C-მდე.
6. ნივთიერებების იდენტიფიცირება - ცნობილი, სუფთა ნივთიერებების დამატების მეთოდით.
7. დეტექტორი - იონიზაციურ-ალეზაღი.

8. ნივთიერებათა რაოდენობრივი განსაზღვრა – ნორმირების მეთოდით. შედეგები მოცემულია 2 და 3 ცხრილებში.

2 და 3 ცხრილებში წარმოდგენილი მასალებიდან ჩანს, რომ ნაძვისა და ფიჭვის წიწვების ეთერზეთები შეიცავს 11-11 მონოტერპენულ ნახშირწყალბადს. თვისებრივი შედგენილობის მიხედვით ეს ნახშირწყალბადები თითქმის ერთნაირია. განსხვავება მხოლოდ ისაა, რომ ნაძვის წიწვების ეთერზეთში განსხვავებით ფიჭვისა შედის α - ტუ-ინი, ხოლო ფიჭვის ზეთი შეიცავს 1,8 - ცინეოლს, რომლის შემცველობა ნაძვის წიწვის ზეთში არ აღინიშნება.

ცხრილი 1

ნაძვისა და ფიჭვის წიწვებში ეთერზეთების შემცველობის სეზონური დინამიკა

ნიმუშის ადების თარიღი	საანალიზო მასალა	საანალიზო მასალის რაოდენობა გ-ით	ეთერზეთის საერთო შემცველობა მლ-ით	ეთერზეთის შემცველობა %-ით
10.06	ნაძვი	500	0,20	0,040
	ფიჭვი	„	0,21	0,042
25.06	ნაძვი	„	0,32	0,064
	ფიჭვი	„	0,21	0,042
10.07	ნაძვი	„	0,24	0,048
	ფიჭვი	„	0,25	0,050
25.07	ნაძვი	„	0,25	0,050
	ფიჭვი	„	0,23	0,046
10.08	ნაძვი	„	0,25	0,050
	ფიჭვი	„	0,22	0,044
25.08	ნაძვი	„	0,27	0,054
	ფიჭვი	„	0,34	0,068
10.09	ნაძვი	„	0,67	0,130
	ფიჭვი	„	0,45	0,080
25.09	ნაძვი	„	0,48	0,096
	ფიჭვი	„	0,46	0,092
10.10	ნაძვი	„	0,40	0,080
	ფიჭვი	„	0,38	0,076
25.10	ნაძვი	„	0,40	0,080
	ფიჭვი	„	0,38	0,076

რაც შეეხება ცალკეულ კომპონენტთა რაოდენობრივ შემცველობას, ამ მხრივ ისინი განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. მაგალითად: ნაძვის წიწვის ეთერზეთში ქარბობს d - ლიმონენი, მეორე ადგილზეა კამფენი, შემდეგ α - პინენი და ა. შ. ხოლო ფიჭვის წიწვის ეთეროვანი ზეთი ყველაზე დიდი რაოდენობით შეიცავს α - პინენს, შემდეგ β - პინენს, კამფენს და ა. შ.

ცალკეულ კომპონენტთა მაქსიმალური შემცველობა სავეგეტაციო პერიოდის სხვადასხვა ვადებზე მოდის. მაგალითად: d - ლიმონენი ნაძვის წიწვის ეთერზეთში ყველაზე მეტია ივლისში, კამფენი ოქტომბერში, β - პინენი აგრეთვე ოქტომბერში, ტუინი აგვისტოში და ა. შ. ფიჭვის წიწვის ეთერზეთში კი α - პინენის მაქსიმალური რაოდენობა სექტემბერშია, β - პინენის - აგვისტოში, კამფენისა - სექტემბერში და ა. შ. რაც შეეხება მონოტერპენების საერთო რაოდენობას, ორივე მცენარის შემთხვევაში მათი მაქსიმალური რაოდენობა ოქტომბრის თვეზე მოდის.

ნაშვის წიწვის ეთერზეთში მონოტერპენული ნახშირწყალბადების ცალკეულ კომპონენტთა შემცველობა ვეგეტაციის სხვადასხვა პერიოდში

ნიმუშის ალების თარიღი	ეთერზეთში კომპონენტების შემცველობა % -ით											
	α - ტუენი	α - პინენი	კამფენი	β - პინენი	β - შირცენი	Δ ¹ - კარენი	d - ლიმონენი	β - ფლანდრენი	γ - ტერპინენი	π - ციმოლი	ტერპინოლენი	მონოტერპ. საერთო რაოდ.
10.07	0,2	4,3	12,1	3,9	0,4	4,1	25,2	3,0	კვ.	კვ.	კვ.	53,2
25.07	0,1	5,3	10,1	3,7	0,5	4,7	30,2	1,0	კვ.	კვ.	კვ.	55,6
10.08	0,4	4,8	12,2	5,4	0,5	3,4	24,0	1,5	კვ.	კვ.	კვ.	52,2
25.08	0,2	5,2	8,0	3,6	0,9	3,5	19,1	0,7	კვ.	კვ.	კვ.	41,2
10.09	0,1	2,8	4,3	4,4	1,1	2,2	17,6	0,8	კვ.	კვ.	კვ.	33,3
26.09	0,3	6,4	8,4	4,8	1,4	2,0	23,0	0,9	კვ.	კვ.	კვ.	47,1
11.10	0,1	8,1	13,0	6,0	0,9	7,0	23,9	2,0	კვ.	კვ.	კვ.	62,0
27.10	0,2	8,1	8,5	7,9	1,0	8,1	20,0	2,7	კვ.	კვ.	კვ.	58,3

სტრილი 3

ფიჭვის წიწვის ეთერზეთში მონოტერპენული ნახშირწყალბადების ცალკეულ კომპონენტთა შემცველობა ვეგეტაციის სხვადასხვა პერიოდში

ნიმუშის ალების თარიღი	ეთერზეთში კომპონენტების შემცველობა % -ით											
	α - პინენი	კამფენი	β - პინენი	β - შირცენი	Δ ¹ - კარენი	d - ლიმონენი	β - ფლანდრენი	l,8 - ცინეოლი	γ - ტერპინენი	π - ციმოლი	ტერპინოლენი	მონოტერპ. საერთო რაოდ.
10.07	35,7	9,2	19,2	0,9	3,6	2,4	0,5	0,3	კვ.	კვ.	კვ.	71,7
25.07	36,2	11,9	23,3	1,2	1,5	8,4	0,7	კვ.	კვ.	კვ.	კვ.	83,1
10.08	32,5	14,2	21,3	2,5	15,7	2,6	0,7	კვ.	კვ.	კვ.	კვ.	89,5
25.08	28,9	15,8	26,0	1,4	7,0	8,5	1,4	კვ.	კვ.	კვ.	კვ.	89,0
10.09	31,3	11,7	25,4	4,1	2,7	8,7	3,6	კვ.	0,3	კვ.	0,3	88,1
26.09	36,8	18,6	17,9	2,2	11,5	2,7	2,8	კვ.	კვ.	კვ.	კვ.	92,5
11.10	33,7	7,2	25,6	2,4	18,6	3,9	1,5	კვ.	კვ.	კვ.	კვ.	92,9
27.10	13,9	4,1	14,6	1,9	31,3	6,9	2,0	კვ.	კვ.	0,5	0,2	75,4

მეცნიერებან მასაპროექტზე - მასაპროექტზე

ჩატარებული კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ ნაძვისა და ფიჭვის წიწვის ეთერზეთები შეიცავს საკმარის რაოდენობით ტერპენულ ნახშირწყალბადებს. ისინი თავისუფლად შეიძლება გამოიყონ მცენარის ორგანიზმიდან, ჩაერთონ ატმოსფეროში მიმდინარე ფოტოქიმიურ და სხვა რეაქციებში [1,4] და ამით, სხვა პროცესებთან ერთად, გარკვეულწილად, ხელი შეუწყონ თავისებური ტიპის მავნე აეროზოლების წარმოქმნას. ამის გამო მიზანშეწონილი იქნება, თუ დიდი სამრეწველო ცენტრებისა და მათი შემოგარენის გამწვანებისას, როდესაც ატმოსფეროში დიდი რაოდენობით გამონაბოლქვებისა და სხვა ქიმიური გამაჟუჟყიანებლების არსებობაა შემჩნეული, სიფრთხილით მოვეკიდლოთ ეთერზეთოვანი მცენარეების გადაადგილებას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ს.დურშიშიძის სახ. მცენარეთა

ბიოქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *М.Мак-Ивен, Л.Филлипс.* Химия атмосферы. М., Мир, 1978.
2. *А.С.Гинзберг.* Упрощенный метод определения эфирного масла в эфирносах. Химико-фармац. промышл., 8-9, 1939.
3. *К.Г.Персидская, А.П.Читца.* Справочник для работников лабораторий эфирномасличных предприятий. Легкая и пищевая промышленность. М., 1981.
4. *Э.Раис.* Аллелопатия. М., 1978.



ნ.მოსაშვილი, მ.ჩაჩუა, ბ.ალექსიძე, ნ.ალექსიძე (აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

ხსნადი და მემბრანული ლექტინის მსგავსი ცილები

MENTHA PULEGIUM-დან

წარმოდგენილია 30.04.1997

ლექტინები აღმოჩენილია მცენარეთა მრავალ სახეობაში, რომლებიც მიეკუთვნება განსხვავებულ ტაქსონომიურ ჯგუფებს. მათ შეიძლება ძალიან დიდი მნიშვნელობა ენიჭებოდეთ მცენარეულ ორგანიზმში მიმდინარე სასიცოცხლო პროცესებისათვის. ნახშირწყლებთან სპეციფიკურად დაკავშირების უნარის გამო ნაგარაუდევ იქნა ლექტინების მონაწილეობა ისეთ პროცესებში, როგორცაა უჯრედთა შეცნობა, ნახშირწყლების ტრანსპორტი, იმობილიზაცია, დაგროვება, ზრდის რეგულაცია და სხვ. [1,2].

ექსპერიმენტული ცხოველების საკვებში ზოგიერთი ლექტინის ჩართვის შემდეგ ნაჩვენებ იქნა, რომ მათ ახასიათებთ ტოქსიკურობა, რამაც საფუძველი მისცა იდეას, რომ შესაძლოა მცენარეები ფიტოტოქსიკოლოგიაში ასინთეზირებდნენ ისეთი მავნებლებისაგან თავდაცვის მიზნით, როგორებიც შეიძლება იყვნენ მწერები და თვით ძუძუმწოვრებიც კი. ასე რომ, ლექტინები ნათლად არიან ჩართული მცენარეთა თავდაცვის მექანიზმებში, რის გამოც შეიძლება ისინი გამოყენებულ იქნეს მოსავლის მავნებლებისაგან დაცვის მიზნით [2,3].

ჩვენი დაკვირვებებიდან გამომდინარე, მწერები თავს არიდებენ *Mentha pulegium*-ს, რომელიც საქართველოს მრავალ რეგიონში ფართოდ გავრცელებულ სახეობას წარმოადგენს. აქედან გამომდინარე, წინამდებარე შრომის მიზანია *Mentha pulegium*-ის ლექტინის მსგავსი ცილების შესწავლა, მათი ექსტრაქციის პირობების დამუშავება და დახასიათება.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტად ვიყენებდით სავსელ პირობებში გაზრდილი მცენარის – *Mentha pulegium* – მიწისზედა ნაწილებს (საქართველო).

Mentha pulegium-დან ლექტინური აქტივობის მქონე ცილების ექსტრაქციის მიზნით ვიყენებდით შემდეგ საპროტეინოზაციო ხსნარებს: I. 40 mM K^+ -ის ფოსფატი, 0,9% NaCl; 0,5 mM ფენილმეთილსულფონილფტორიდი (PMSF); 0,5 mM β – მერკაპტოეთანოლი, pH 5,0; II. იგივე ბუფერული ხსნარი β – მერკაპტოეთანოლის გარეშე. ჰომოგენატებს ცალ-ცალკე ვფილტრავდით ბამბის ქსოვილში და შემდეგ ვაცენტრიფუგირებდით 16000g-ზე 15 წუთის განმავლობაში. მიღებული სუპერნატანტები წარმოადგენენ MP1 და MP2 ფრაქციებს. MP1 და MP2 ფრაქციებიდან ცილებს ვლექავდით ამონიუმის სულფატით 80%-იანი გაჭერების პირობებში და დიალიზს ვატარებდით მთელი ღამის განმავლობაში საგლუტინაციო ბუფერში (40 mM K^+ -ის ფოსფატი, 0,9% NaCl, pH 7,4) +4°C -ზე. მიღებული ცილოვანი ფრაქციები წარმოადგენენ MP3 და MP4 ფრაქციებს, შესაბამისად. სპეციალურ ექსპერიმენტებში პირველ ნალექს ვყოფდით ორ ნაწილად და ცალ-ცალკე ვამუშავებდით 0,1%-იანი ტრიტონ X-100-ით (40 mM K^+ -ის ფოსფატი, 0,9% NaCl, 0,5 mM PMSF; 0,5 mM β – მერკაპტოეთანოლი, pH 5,0) და 0,5%-იანი ტრიტონ X-100 -ით (40 mM K^+ -ის ფოსფატი, 0,9% NaCl; 0,5 mM PMSF; 0,5 mM β – მერკაპტოეთანოლი, pH 5,0). მიღებული ცილოვანი ფრაქციები წარმოადგენენ MP5 და MP6 ფრაქციებს, შესაბამისად. ყველა ცილოვანი ფრაქციის ვინახავდით მაცივარში $\pm 4^{\circ}C$ გამოყენებამდე.

ჰემაგლუტინაციის ვატარებდით საგლუტინაციო ბუფერში U-ს მსგავსი ფრსოვების მქონე სპეციალურ პლანშეტებზე ბოცერის ტრიპსინიზირებული ერთროციტების გამოყენებით. ლექტინის 100 მკლ-ს ვუმატებდით 50 მკლ ერთროციტების 2%-იან სუსპენზიას [4]. ჰემაგლუტინაციის ტიტრს ვაფასებდით ორი საათის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე ინკუბაციის შემდეგ ვიზუალურად. ჰაპტენებით ინჰიბირების ექსპერიმენტებს ვატარებდით სხვადასხვა შაქრებზე: 50 მკლ ლექტინის ხსნარს ვურევდით 0,6 M შაქრის ან შაქრის თანამიმდევრულ განზავებათა სერიას ვუმატებდით 50 მკლ ლექტინის ხსნარს, ვაყოვნებდით ოთახის ტემპერატურაზე 40 წუთის განმავლობაში და შემდეგ ვამატებდით ტრიპსინიზირებული ერთროციტების 2%-იან სუსპენზიას. ექსპერიმენტებში ვიყენებდით შემდეგ შაქრებს: L-ფუკოზას, D-გალაქტოზას, მეთილ-β, D-გალაქტოზას, D-გლუკოზას, მეთილ-D-გლუკოზას, N-აცეტილ-D-გლუკოზამინს, D-მანოზას, L-რამნოზას, i-ინოზიტს, D-ფრუქტოზას, D-ქსილოზას, L-არაბინოზას, L-რიბოზას, D-გალაქტურონის მჟავას, ლაქტოზას, მალტოზას, საქაროზას, D-ტრეპალოზა-დიჰიდრატს, ცელობიოზას, α-მელიბიოზას და რაფინოზას. ინჰიბირების თვისებებს ვაფასებდით შაქრის მინიმალური კონცენტრაციით, რომელიც აუცილებელია ვიზუალურად შესამჩნევი ჰემაგლუტინაციის მთლიანი ინჰიბირებისათვის. ცილის კონცენტრაციას ვსაზღვრავდით ლოურის და სხვ. მიხედვით [5].

ლექტინები შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: ხსნად და მემბრანულ ლექტინებად [6]. ხსნადი ლექტინების ქსოვილებიდან ექსტრაქცია შესაძლებელია მარტივი ბუფერების გამოყენებით (დეტერჯენტის გარეშე), რომელიც შეიძლება გამდიდრებული იყოს შესაბამისი შაქრით, რაც ხელს უწყობს მათ მემბრანებიდან დისოციაციას. მემბრანული ლექტინები კი სოლუბილიზაციისათვის საჭიროებენ დეტერჯენტის თანხლებას, თუმცა შემდგომში მათი ხსნადობისათვის დეტერჯენტის არსებობა აუცილებელი არ არის. ექსპერიმენტული მონაცემებიდან გამომდინარე, მხოლოდ MP2, MP4, MP5 და MP6 ცილოვანი ფრაქციები ახდენენ ბოცერის ტრიპსინიზირებული ერთროციტების აგლუტინაციას (ცხრ.). ასე რომ, *Mentha pulegium* შეიცავს როგორც ხსნად (MP2 და MP4 ფრაქციები), ასევე მემბრანულ (MP5 და MP6 ფრაქციები) ლექტინის მსგავსი ცილებს. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ მემბრანული ლექტინის მსგავსი ცილების სრული ექსტრაქციისათვის არ არის საკმარისი 0,1%-იანი ტრიტონ X-100 და ეს პროცესი საჭიროებს სულ მცირე 0,5%-იან არაიონურ დეტერჯენტს მაინც. დამატებით შევნიშნავთ, რომ ამონიუმის სულფატით (80%-იანი გაჯერების პირობები) ცილოვანი ფრაქციების გამოლექვის შემდეგ აღინიშნება სპეციფიკური აქტივობის ოთხჯერ მატება, რაც მიუთითებს MP2 ფრაქციის ნაწილობრივ გასუფთავებაზე (ცხრ.).

ჰაპტენებით ინჰიბირების ექსპერიმენტების თანახმად აღმოჩნდა, რომ შემდეგი შაქრები: D-გალაქტურონის მჟავა, D-ტრეპალოზა-დიჰიდრატი და რაფინოზა ახდენენ MP4 ფრაქციის ლექტინური აქტივობის ინჰიბირებას და მხოლოდ ერთი შაქარი (D-გალაქტურონის მჟავა) აკავებს MP5 ფრაქციის აქტივობას. ლიტერატურული მონაცემებიდან ცნობილია, რომ გალაქტურონის მჟავა წარმოადგენს მემბრანული ლექტინების ჰემაგლუტინაციური აქტივობის ინჰიბიტორს [7], რისი გათვალისწინებითაც შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ MP4 ფრაქციაში გალაქტურონის მჟავას დამაკავშირებელი ლექტინის მსგავსი მოლეკულები უნდა წარმოადგენდნენ იმ ცილას, რომლებიც შემდგომში ჩაერთვებიან მემბრანებში.

MP4 ფრაქციის ჰემაგლუტინაციური აქტივობის მთლიანი ინჰიბირებისათვის საჭიროა 25 mM D-ტრეპალოზა-დიჰიდრატი და 100 mM რაფინოზა. D-გალაქტურონის მჟავა 25 mM კონცენტრაციით იწვევს როგორც MP4, ასევე MP5 ფრაქციის ლექტინური აქტივობის ინჰიბირებას.

Mentha pulegium-დან ექსტრაჰირებული ცილოვანი ფრაქციების
ჰემაგლუტინაციური აქტივობა

ცილოვანი ფრაქცია	ცილის კონცენტრაცია (მგ/მლ)	ტიტრი ^ა	ლექტინური აქტივობა ^ბ (მკგ/მლ)	სპეციფიკური აქტივობა ^გ
MP1	4,12	—	—	—
MP2	1,40	128	7,33	91
MP3	2,49	—	—	—
MP4	2,82	1024	1,85	363
MP5	0,51	2048	0,17	4016
MP6	1,36	16384	0,06	12047

ა - ტიტრი - მაქსიმალური განზაფება, რომელიც იძლევა ჰემაგლუტინაციას;

ბ - ლექტინური აქტივობა - ცილის მინიმალური კონცენტრაცია, რომელიც იძლევა აგლუტინაციას;

გ - სპეციფიკური აქტივობა - ტიტრის შეფარდება ცილის კონცენტრაციასთან.

ზემოხსენებული მონაცემებიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ *Mentha pulegium*-ის ფოთლები და ღეროები შეიცავენ როგორც ხსნად (MP2 და MP4), ასევე მემბრანულ (MP5 და MP6) ლექტინის მსგავს ცილებს. ჰაპტენინჰიბიტორული ტექნიკის გამოყენებით დადგინდა, რომ ხსნად MP4 ფრაქციაში წარმოდგენილი უნდა იყოს სულ მცირე ორი: რთული შაქრის დამაკავშირებელი და D-გალაქტურონის მჟავასადმი სპეციფიკური ლექტინური აქტივობის მქონე ცილა.

წინამდებარე ნაშრომი წარმოადგენს საწყის ინფორმაციას, რომელიც იძლევა შემდგომი კვლევისა და ლექტინური აქტივობის მქონე ცილების ბიოლოგიური თვისებების დადგენის შესაძლებლობებს.

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *M.E.Etzler*. Molecular Biology. An international series of monographs and textbooks. The Lectins. INC, 1986, 371-437.
2. *A.Pusztai*. Acta Biochim. Biophys. Hung., 22(4), 1987, 355-375.
3. *W.J.Peumans, E.J.M.Van Damme*. Lectins: Biology, Biochemistry, Clinical Biochemistry, 10, 1994, 128-141.
4. *W.J.Peumans, M.Nsiba-Lubeki, A.R.Carlier, V.E.Driessche*. Planta, v. 160, 1984, 220-228.
5. *O.H.Lowry, N.L.Rosebrought, A.L.Farr et al.* J. Biol. Chem., 193, 1, 1951, 265-275.
6. *S.H.Barondes*. Mol. Biol. An international series of monographs and textbooks. The Lectins. INC, 1986, 438-467.
7. *Г.Я.Алексидзе, Г.А.Санадзе*. Сообщения АН ГССР, 137, 2, 1990, 381-384.



თ.არაბიძე, მ.ინიზაძე, ა.ყიფიანი, ლ.ფაჩუაშვილი

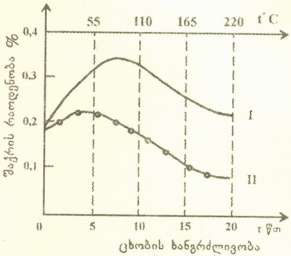
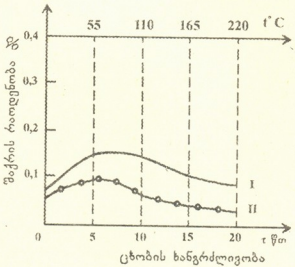
ომპლექსური გამაუმჯობესებლის გავლენა შაქრების დაბროვების დინამიკაზე ხორბლის ცომის დამზადებისა და ცხობის პროცესში

წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ.ნუცუბიძემ 20.01.1997

უკანასკნელ პერიოდში პურის ცხობის მრეწველობაში დიდი ყურადღება დაეთმო შაქრებით პროდუქციის გამდიდრებას ახალი დანამატების გამოყენების ხარჯზე, რაც უზრუნველყოფს პურის გემოსა და არომატის გაუმჯობესებას, კვებითი ღირებულების ამაღლებას.

თბილისის მცენარეთა ბიოქიმიის ინსტიტუტისა და ს/გ „ქუთაისპურის“ ცენტრალური ლაბორატორიის თანამშრომელთა ერთობლივი კვლევის საფუძველზე შემუშავებულ იქნა კომპლექსური გამაუმჯობესებელი პურის ცხობის წარმოებისათვის. მასში შედის სხვადასხვა ტიპის დამყენველები, ფერმენტული პრეპარატი, სოიას ფქვილი და სხვა.

ჩვენი ინტერესი გამოიწვია ამ გამაუმჯობესებლის გავლენის შესწავლამ აღმდგენელი შაქრების დაბროვების დინამიკაზე ხორბლის ცომის დამზადებისა და ცხობის პროცესში.



სურ. 1. საკონტროლო (გამაუმჯობესებლის გარეშე)
 I. - ნამზადის შუაგულში
 II. - ნამზადის ქერქში

სურ. 2. საცდელი (0,6 გამაუმჯობესებლით)
 I. - ნამზადის შუაგულში
 II. - ნამზადის ქერქში

ცომში გამაუმჯობესებელი შეგვყავდა წინასწარი კვლევების საფუძველზე დადგენილი ოპტიმალური დოზით - 0,6% [1]. ცდას ვატარებდით ნახევარფაბრიკატებზე მოზელისთანავე, მოზელიდან 1 სთ-ის შემდეგ, 2 სთ-ის შემდეგ, შეცხობის წინ, შეცხობიდან 5, 10, 15 და 20 წთ-ის შემდეგ და მზა ნაწარმში (ცხრ.). საკონტროლო (გამაუმჯობესებლის გარეშე) ნახევარფაბრიკატის ანალიზმა გვიჩვენა (ცხრ.), რომ აღმდგენელი შაქრების რაოდენობა დამზადების პერიოდში მიახლოებით 17-ჯერ მცირდება, დანამატთან ცომში კი მხოლოდ 6-ჯერ. ამასთან, მზა ნაწარმში საკონტროლოსთან შედარებით მიახლოებით 2,8-ჯერ მეტი შაქრები რჩება [2].

აღმდგენელი შაქრების რაოდენობა განსაზღვრულ იქნა, ასევე ქერქში საანალიზო წერტილების შესაბამისად [3]. 1 და 2 სურათებზე ნაჩვენებია შაქრების რაოდენობის



ცვლილება ცომისა და მზა ნაწარმში, საკონტროლო (I) და გამაუმჯობესებლად (II) მუშებში. ცხობის დასაწყისში აღმდგენელი შაქრების შედარებით მეტი რაოდენობა შეიმჩნევა ცომის გულში (I), უფრო ნაკლები – ქერქში (II). ამასთანავე, პურის გულში შაქრების მაქსიმალური რაოდენობა ცხობის იმ პერიოდში, სანამ ცენტრალური ნაწილის ტემპერატურა 50-55°C -ს გადააქარბებს. აღნიშნულს განაპირობებს ფქვილის ამილოლიტური ფერმენტების აქტივაცია. ეს პროცესი დანამატიან ცომში უფრო კარგადაა გამოხატული. შაქრების რაოდენობა მასში პიკს 60°C ტემპერატურაზე აღწევს (სურ. I, II), შემდეგ კი იკლებს და 220°C ტემპერატურაზე 0,081% -ის ტოლია.

ცხრილი

აღმდგენი შაქრების რაოდენობა ნახევარფაბრიკატსა და მზა ნაწარმში
(გლუკოზა, ფრუქტოზა, საქაროზა)

კვლევის ობიექტის დასახელება	აღმდგენელი შაქრების რაოდენობა (%) მშრალ ნივთიერებებზე გაანგარიშებით			
	კონტროლი		10,6% გამაუმჯობესებლის დამატებით	
	ნამზადის შუაგული	ნამზადის ქერქი	ნამზადის შუაგული	ნამზადის ქერქი
ცომი				
ნ/ფ მოზელისთანავე	1,100	—	1,107	—
ნ/ფ მოზელიდან 1 სთ -ის შემდეგ	0,810	—	0,797	—
ნ/ფ მოზელიდან 2 სთ -ის შემდეგ	0,344	—	0,481	—
ნ/ფ შეცხობის წინ	0,065	—	0,194	—
ნ/ფ შეცხობიდან 5 წთ -ის შემდეგ	0,150	0,087	0,311	0,226
ნ/ფ შეცხობიდან 10 წთ -ის შემდეგ	0,141	0,055	0,337	0,178
ნ/ფ შეცხობიდან 15 წთ -ის შემდეგ	0,115	0,042	0,265	0,113
ნ/ფ შეცხობიდან 20 წთ -ის შემდეგ	0,088	0,038	0,228	0,081
მზა ნაწარმი	0,072	0,035	0,226	0,076

ქერქში უფრო მეტი შაქრები წარმოიქმნება ცხობის პირველ პერიოდში, სანამ ტემპერატურა გადააქარბებს 55°C-ს. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად შაქრების წარმოქმნა თანდათან წყდება და ისინი ურთიერთქმედებენ თავისუფალ ამინომჟავებთან, რაც განაპირობებს არომატული და შეფერილი ნივთიერებების წარმოქმნას. ცხადია, ამის გამოა, რომ მზა ნაწარმის ქერქს, რომელშიც შეყვანილია გამაუმჯობესებელი, ახასიათებს უფრო სასიამოვნო ოქროსფერი.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ცხობის პირველ პერიოდში საჭიროა ისეთი თბური რეჟიმის შექმნა, რომლის დროსაც წარმოიქმნება აღმდგენელი შაქრების მაქსიმალური რაოდენობა, ე. ი. საჭიროა ფქვილის ამილოლიტურ ფერმენტებს შეექმნას ხელსაყრელი თბური პირობები, რაც აამაღლებს მელანოიდური რეაქციის ინტენსიფიკაციას და გააუმჯობესებს მზა ნაწარმის ხარისხს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
მცენარეთა ბიოქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли сахара. ГОСТ - 5672 - 68.

2. *К.Н. Чижова, Т.И. Шваркина.* Технологический контроль хлебопекарного производства. М., 1975.
3. *Л.И. Пучкова.* Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. М., 1982.



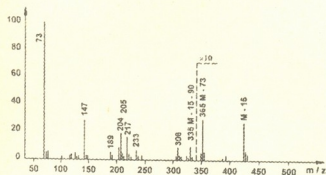
რ.გახოძიძე, ნ.სიღაშინიძე, ლ.ტაბატაძე, ა.გახოძიძე, ლ.თოფურია

D – ქსილოზის ნაწარმთა მჟავური ტრანსფორმაცია

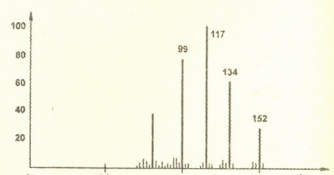
წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ.ხანანაშვილმა 16.10.1997

სამუშაოს მიზანს შეადგენს D-ქსილოზის ნაწარმთა მჟავური ტრანსფორმაცია. 3,5-O-ბენზილიდენ-D-ქსილოზა (I), 2-O-მეთანსულფონილ-D-ქსილოზა (II) და 2-O-p-ტოლუოლსულფონილ D-ქსილოზა (III) ტყვიის ჰიდროქსანგის ზემოქმედებით წარმოქმნის 2-დეზოქსი-D-ტრეო-პენტონის მჟავას ტყვიის მარილს (IV). IV-გან მიღებულ იქნა 2-დეზოქსი-D-ტრეო-პენტონის მჟავა (V). ამ უკანასკნელიდან კი – 2-დეზოქსი-D-ტრეო-პენტონის მჟავას კალციუმის მარილი, ანილიდი და 1,4-ლაქტონი (VI-VIII). ლაქტონის (VIII) აღდგენით ნატრიუმის ბორჰიდრიდით მივიღეთ 2-დეზოქსი-D-ტრეოპენტოზა (2-დეზოქსი-D-ქსილოზა, IX).

წარმოქმნილ ნივთიერებათა სტრუქტურა დადგენილ იქნა სპექტრული ანალიზითა და მიკროანალიზით. 2-დეზოქსი-D-ტრეო-პენტონის მჟავას ტრი-მეთილსილილირებული ეთერის (X) და 2-დეზოქსი-D-ტრეო-პენტოზის მას-სპექტრები მოცემულია 1 და 2 სურათებზე.



სურ. 1. 2-დეზოქსი-D-ტრეო-პენტონის მჟავას ტრიმეთილსილილირებული ნაწარმის (X) მას-სპექტრი



სურ. 2. 2-დეზოქსი-D-ტრეო-პენტოზის (IX) FAB მას-სპექტრები

ობტიკური ბრუნვები გაზომილია AI-EPO ფოტოელექტრონულ პოლარიმეტრზე. ი.წ. სპექტრები მიღებულია UR-20 სპექტრომეტრზე (KBr-ის აბეზში). მას-სპექტრი გადაღებულია Varian MAT CH-6 მას-სპექტრომეტრზე, FAB მას-სპექტრი – CEC 21-110C ორმაგად მაფოკუსირებელ მას-სპექტრომეტრზე. ქაღალდის ქრომატოგრაფიისთვის გამოყენებული იყო „Whatman N1“ ქაღალდი. ქრომატოგრაფების გამჟღავნება ხდებოდა 22-24 სთ-ის შემდეგ ვერცხლის ნიტრატის ტუტე ხსნარის გამოყენებით. ლაქტონის აღმოჩენას ვაწარმოებდით ჰიდროქსილამინ-რკინის ქლორიდის შესხურებით. ყველა გამხსნელს ვხდიდით ხმარების წინ.

2-დეზოქსი-D-ტრეო-პენტონის მჟავა (V). 0,011 მოლ 3,5-O-ბენზოლიდენ-D-ქსილოზის (I) ან D-ქსილოზის სულფონილეთერების (II ან III) ხსნარს 40 მლ წყალში ვუმატებდით 0,013 მოლ ახლად დალექილ ტყვიის ჰიდროქსიდს. სარეაქციო ნარევის ვათავსებდით აზოტის არეში მულმივი მორევის პირობებში 3 სთ ოთახის ტემპერატურაზე, 4 სთ 70°C-ზე და 4 სთ 95°C-ზე (I ნივთიერების შემთხვევაში), და 2 სთ ოთახის ტემპერატურაზე, 3 სთ 70°C-ზე და ბოლოს 3 სთ მდულარე წყლის აბაზანაში (II და III ნივთიერებების შემთხვევაში). ხსნარიდან ვაცილებდით ნალექს, რომელსაც ვრეცხავ-



2-დეზოქსი-D-ტრეო-პენტონის მჟავას 1,4-ლაქტონი (VIII). 0,3 გ მჟავასგან (V) ვაკუუმში 90°C ტემპერატურაზე გაცხელებით მივიღეთ ლაქტონი (VIII). გამოსავლიანობაა 0,2 გ (79%). ლლ.ტ. 134-135 C. $R_f = 0,74$ (ბუთანოლი - ეთანოლი-ძმარმჟავა - წყალი, 45:5:1:49). $[\alpha]_D^{20} +16,8$ ($c = 0,42$; H_2O). ი. წ. ($\nu_{cm^{-1}}$): 3300-3500 (OH), 1715 ($c = O$), 1120, 1090 (c-O-c). ნაპოვნია %: C, 45, 06; H, 6, 40. გამოთვლილია, $C_5H_8O_4$: C, 45, 45; H, 6, 06.

2-დეზოქსი-D-ტრეო-პენტონა (IX). 1,32 ლაქტონის (VIII) ხსნარს 30 მლ 50%-იან ძმარმჟავაში ვაცივებდით 0°C-მდე და ვუმატებდით 0,038 გ ნატრიუმის ბორჰიდრიდს (ხსნარის pH-ს ვინარჩუნებდით 4-ის ინტერვალში). ხსნარს ვატარებდით KY-2(H) კათიონიტში. გამხსნელს ვაორთქლებდით ვაკუუმში (50°C), დარჩენილ მასას ვუმატებდით მეთანოლს და შემდეგ ვაორთქლებდით ბორის მჟავას სრულად მოსაცილებლად. სიროფისმაგვარ ნაშთს ვხსნიდით წყალში და ხსნარს ვაცივებდით 60°C-მდე, ნატრიუმის კარბონატთან ერთად (pH 8-მდე). სარეაქციო ნარევეს ვფილტრავდით, ხსნარს ვამუშავებდით კათიონიტით, ანიონიტით და წყალს ვაორთქლებდით. დარჩენილი მასის ვაკუუმში გამრობის შემდეგ ვღებულობდით 0,84 გ (63,8%) სუფთა პროდუქტს. მაცივარში სიროფის ხანგრძლივი შენახვის შემდეგ გამოიყოფოდა კრისტალები. ლლ.ტ. 77-78,5°C. $[\alpha]_D^{18} - 3,9$ ($c = 1,2$; H_2O). $R_f = 0,62$ (ბუთანოლი - პირიდინი - წყალი, 3:1:1,5). ლიტერატურის მონაცემებით [1] ლლ.ტ. 80-82 C. $[\alpha]_D - 5,4$ ($c = 0,12$, H_2O). FAB მას-სპექტრი, m/z (% შედარებითი ინტენსივობა): $[MNH_4]^+ 152(28)$, $[MNH_4-H_2O]^+ 134(65)$, $[MNH_4 - (H_2O+NH_3)]^+ 117(100)$, $[MNH_4 - (2H_2O + NH_3)]^+ 99(78)$. ნაპოვნია %: C, 44,45; H 7,7. გამოთვლილია, $C_5H_{10}O_4$: C, 44,77; H, 7,46.

2-დეზოქსი-D-ტრეო-პენტონის მჟავას ტრიმეთილსილილნაწარმი (X). 5 მგ კალციუმის მარილის (VI) სუსპენზიას უწყლო პირიდინში ვამატებდით ქარბ ბის (ტრიმეთილსილილ) აცეტამიდს და ნახევარი მოცულობის ტრიმეთილსილილქლოროსილანს და ნარევეს ვანჭვრევდით რამდენიმე საათს. ვაკუუმში სითხის აორთქლების შემდეგ ნაშთს ვხსნიდით დიეთილეთერში. X ნივთიერების მას-სპექტრი შეესაბამება მის სტრუქტურას (სურ. 1).

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. W.G.Overend, F.Shafizadeh, M.Stacey. J. Chem. Soc., 1027, 1950.



ლ. ბერიანაშვილი, თ. ჩიღვინაძე
გლიკოლმეტაბოლიზმის გარდაქმნის მდინარეებში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ნუცუბიძემ 19.05.1997

ორგანული მტკვები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ უჯრედში მიმდინარე ნივთიერებათა ცვლაში. კრებვის ციკლის მტკვებთან შედარებით ნაკლებად არის შესწავლილი გლიკოლმეტაბოლიზმის გარდაქმნის პროცესში მისი ნახშირბადატომების მონაწილეობა სხვა ნაერთების ბიოსინთეზში.

წინამდებარე სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ^{14}C -გლიკოლმეტაბოლიზმის გარდაქმნის პროცესში მისი რადიოაქტიური ნახშირბადის მონაწილეობის შესწავლა შაქრების, ორგანული მტკვების და ამინომტკვების წარმოქმნაში. ექსპერიმენტებისათვის გამოყენებული იყო ლობიოს (*Phaseolus vulgaris*) - C_3 -მცენარე და სიმინდის (*Zea mays*) - C_4 -მცენარე-ნახარდები. საკვლევ მცენარეებს ^{14}C -გლიკოლმეტაბოლიზმით ფესვებიდან. ექსპერიმენტები ჩატარდა სინათლესა და სიბნელეში $25-28^\circ\text{C}$ ტემპერატურის პირობებში. ^{14}C -გლიკოლმეტაბოლიზმის გარდაქმნის პროცესში გამოყოფილი ნახშირორთქანი იზოტოპობდა 20%-იანი KOH-ით, რომლის რადიოაქტივობის განსაზღვრა ხდებოდა $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ -ის სახით.

ცდების დამთავრების შემდეგ საანალიზოდ ცალ-ცალკე იქნა აღებული ფოთლები და ფესვები. მასალის ფიქსაცია ხდებოდა მადულარი 90%-იანი ეთანოლით, შემდგომ ტარდებოდა ოთხჯერადი ექსტრაქცია 80%-იანი ეთანოლით. ექსტრაქტებიდან ქალოიდის ქრომატოგრაფიის მეთოდის [1] გამოყენებით გამოყოფილ იქნა ორგანული მტკვების, თავისუფალი ამინომტკვების და შაქრების ფრაქციები. აღნიშნული ფრაქციების ინდივიდუალური კომპონენტების იდენტიფიცირება ხდებოდა ქრომატოგრაფიული და რადიოაქტივობის მეთოდების [2-4] დახმარებით. ექსტრაქციის შემდეგ დარჩენილი მცენარეული მასალა შრებოდა და ისაზღვრებოდა მისი რადიოაქტივობა. რადიოაქტივობა იზომებოდა SL-30 ტიპის სცინტილაციურ მთვლელებზე.

ცხრილი I

^{14}C -გლიკოლმეტაბოლიზმის რადიოაქტიური ნახშირბადის განაწილება ლობიოსა და სიმინდის ნახარდების ნივთიერებათა ფრაქციებში, %-ით ფრაქციების ჯამური რადიოაქტივობიდან, ექსპოზიცია 10 საათი

ცდის ვარიანტი	საკვლევითი ობიექტი	ფრაქციების ჯამური რადიოაქტივობა ათასი იმპ/წთ/გ	ორგანული მტკვები	ამინომტკვები	შაქრები	CO ₂
ლობიო						
სინათლე	ფესვი	16210	77,3	14,2	8,5	—
	ფოთოლი	14320	64,8	10,3	10,7	14,2
სიბნელე	ფესვი	17150	74,3	15,1	10,6	—
	ფოთოლი	16430	62,6	8,7	5,4	23,3
სიმინდი						
სინათლე	ფესვი	17420	69,9	14,1	16,0	—
	ფოთოლი	15250	62,2	11,7	16,7	9,4
სიბნელე	ფესვი	18310	68,5	16,9	14,6	—
	ფოთოლი	17270	64,3	12,6	10,4	12,7

ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ ლობიოსა და სიმინდის ნაზარდების ფესვებში მყოფი მეთვისებული ^{14}C -გლიკოლმჟავას რადიოაქტიური ნახშირბადი აქტიურად მონაწილეობს როგორც ორგანული მჟავების, ისე ამინომჟავებისა და შაქრების წარმოქმნაში. ფესვებიდან ფოთლებში გადასული რადიოაქტივობის გარკვეული ნაწილი გამოიყო CO_2 -ის სახით. სიბნელეზე ლობიოს ფოთლებიდან გამოყოფილი ნახშირორჟანგის რადიოაქტივობა შეადგენდა ფრაქციების ჯამური რადიოაქტივობის 23,3%-ს (ცხრილი 1). საერთოდ, როგორც სიბნელეში, ისე სინათლეზე ლობიოს ფოთლებიდან გამოყოფილი CO_2 -ის რადიოაქტივობა უფრო მაღალი აღმოჩნდა, ვიდრე სიმინდის ფოთლებიდან გამოყოფილი CO_2 -ის რადიოაქტივობა. როგორც ჩანს, გლიკოლმჟავას დეკარბოქსილირება სიმინდის ფოთლებთან შედარებით, ლობიოს ფოთლებში უფრო აქტიურად ხორციელდება. სხვადასხვა მცენარის ფოთლებზე ჩატარებული ექსპერიმენტებით ნაჩვენებია, რომ გლიკოლმჟავას დეკარბოქსილირების ინტენსივობაზე გავლენას ახდენს აგრეთვე ფოთლის ხნოვანება [5-7].

ცხრილი 2

^{14}C -გლიკოლმჟავას რადიოაქტიური ნახშირბადის განაწილება ლობიოსა და სიმინდის ნაზარდების ინდივიდუალურ ნივთიერებებში, %-ით ცალკეული ფრაქციის რადიოაქტივობიდან, ექსპოზიცია 10 საათი, სიბრნელე

ნივთიერება	ლობიო		სიმინდი	
	ფესვი	ფოთოლი	ფესვი	ფოთოლი
ორგანული მჟავების საერთო რადიოაქტივობა ათასი იმპ/წთ/გ	12742	1284	12541	11103
ვაშლმჟავა	19,6	24,3	17,3	21,3
ლიმონმჟავა	23,2	18,2	9,1	8,6
ქარვამჟავა	16,4	12,7	11,6	13,4
მალონმჟავა	7,3	5,1	7,2	6,3
გლიკოლმჟავა	31,4	34,3	38,6	41,4
სხვა ორგანული მჟავები	2,1	5,4	16,2	9,0
ამინომჟავების საერთო რადიოაქტივობა ათასი იმპ/წთ/გ	2,589	1429	2994	2176
გლიცინი	27,4	29,6	31,3	26,5
ალანინი	8,5	11,3	9,6	12,7
ასპარაგინმჟავა	18,6	19,6	16,3	15,3
გლუტამინმჟავა	26,3	21,5	19,6	24,6
სხვა ამინომჟავები	19,2	18,0	23,2	20,9
შაქრების საერთო რადიოაქტივობა ათასი იმპ/წთ/გ	1817	887	2673	1796
გლუკოზა	61,4	57,2	64,2	62,4
ფრუქტოზა	18,7	16,6	17,5	16,3
საქაროზა	19,9	26,2	18,3	21,3

ორივე მცენარის ფესვებსა და ფოთლებში ^{14}C -გლიკოლმჟავას რადიოაქტიური ნახშირბადი აქტიურად აღმოჩნდა ჩართული ორგანული მჟავების ფრაქციაში, რაც ნაწილობრივ გლიკოლმჟავას მაღალი რადიოაქტივობით არის გამოწვეული, თუმცა

სხვა ორგანული მჟავების რადიოაქტივობაც საკმაოდ მაღალია. მაგალითად, ლობიოს ფესვებში გლიკოლმჟავას რადიოაქტივობა შეადგენდა აღნიშნული ფრაქციის საერთო რადიოაქტივობის 31,4%-ს, ლიმონმჟავას კი - 23,2%-ს, საკმარდ მაღალი რადიოაქტივობა აღმოაჩნდათ აგრეთვე ვაშლმჟავასა და ქარვამჟავას (ცხრ. 2). სიმინდის ფოთლებსა და ფესვებშიც, გლიკოლმჟავასთან ერთად, შედარებით მაღალი რადიოაქტივობით ხასიათდება ვაშლმჟავა და ქარვამჟავა. საკვლევი მცენარეების ფესვებსა და ფოთლებში ნიშანდებული აღმოჩნდა აგრეთვე მალონმჟავა. ფუმარმჟავაში ^{14}C -გლიკოლმჟავას რადიოაქტიური ნახშირბადის ჩართვა არ ყოფილა შენიშნული. მიღებული შედეგები შესაძლებლობას იძლევა ვივარაუდოთ, რომ ქარვამჟავას შედარებით მაღალი რადიოაქტივობა ნაწილობრივ შესაძლებელია გამოწვეული იყოს სუქცინატდეჰიდროგენაზაზე მალონმჟავას მანიპიბირებელი მოქმედებით. გლიცინის მაღალი რადიოაქტივობა მიუთითებს გლიკოლმჟავადან გლიოქსილმჟავას აქტიურ წარმოქმნაზე, რაც მცენარეებში შედარებით ადვილად ხორციელდება [8-10]. ^{14}C -გლიკოლმჟავადან კრების ციკლის ნიშანდებული მჟავები შესაძლებელია მიღებულ იქნეს, ერთი მხრივ, მისგან წარმოქმნილი გლიოქსილმჟავას გლიოქსილატის ციკლში ჩართვის შედეგად მიღებული ვაშლმჟავას საშუალებით და, მეორე მხრივ, გლიკოლმჟავადან წარმოქმნილი გლიოქსილმჟავას ქარვამჟავასთან კონდენსაციით მიღებული იზოლიმონმჟავას საშუალებით. ამ უკანასკნელი გარდაქმნის სასარგებლოდ მიუთითებს ^{14}C -ქარვამჟავათი ჩატარებული ექსპერიმენტებიც [11].

ორივე მცენარის ფესვებსა და ფოთლებში ^{14}C -გლიკოლმჟავას გარდაქმნის პროცესში, გლიცინის გარდა, შედარებით მაღალი რადიოაქტივობით გამოირჩევა გლუტამინმჟავა და ასპარაგინმჟავა, მათ გარდა ნიშანდებული აღმოჩნდა აგრეთვე ალანინი, სერინი, ვალინი და სხვა ამინომჟავები. შაქრებიდან ნიშანდებული იყო გლუკოზა, ფრუქტოზა და საქაროზა.

მიღებული შედეგები შესაძლებლობას იძლევა დავასკვნათ, რომ გლიკოლმჟავა აქტიურად გარდაიქმნება როგორც C_3 -, ისე C_4 -მცენარეებში და მისი გარდაქმნის გზათვისებურებებით ხასიათდება აღნიშნული ტიპის მცენარეებში.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ს. დურშიშიძის სახელობის მცენარეთა ბოქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Р.Я.Школьник, Н.Г.Доман, В.Н.Костылев.* Биохимия, 26, 4, 1961.
2. *Ж.В.Успенская, В.Л.Кретович.* Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. М., 1962.
3. *Хроматография на бумаге.* Под редакцией *И.Хайса* и *К.Мацека*, М., 1962.
4. *С.Аронов.* Изотопные методы в биохимии. М., 1959.
5. *З.Н.Абдурахманова, К.А.Алиев, А.Абдулаев.* Физиол. раст., 37, 4, 1990.
6. *А.У.Игамбердиев, В.Н.Хожайнова, И.В.Клевцова.* Физиол. раст., 35, 5, 1988.
7. *А.У.Игамбердиев.* Biol. Rundsch., 27, 3, 1989.
8. *П.А.Колесников.* Изв. АН СССР, серия биол., 4, 1962.
9. *П.А.Колесников.* Усп. соврем. биол., 65, 1, 1968.
10. *П.А.Колесников.* Прикладная биохим. и микробиол., 13, 6, 1977.
11. *А.А.Землянухин, А.У.Игамбердиев, А.Т.Епринцев, А.А.Лось.* Физиол. раст., 34, 5, 1987.



ი.ჩხანიძე, ნ.ხმრხუშლიძე, ნ.მანჯავიძე, ნ.ლიხთვლი, ა.იაკოვლიანი, ნ.ახინია

ნაწლავური დისბაქტერიოზის განვითარება ადრეული ასაკის ბავშვებში მფვავე რესპირატორული ვირუსული ინფექციების დროს

წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ.ბახტაშვილმა 26.03.1997

მწვავე რესპირატორული ვირუსული ინფექციები (მრვი) ბავშვთა ასაკის ყველაზე ხშირ პათოლოგიას წარმოადგენს [1-3]. მიუხედავად თავისი პოლიეტოლოგიური სტრუქტურისა, მრვი ძირითადად იდენტური სიმპტომატიკით მიმდინარეობს: ჰიპერთერმია, ინტოქსიკაცია, ჰემოდინამიკური მოშლილობანი, რესპირატორული სინდრომი. გარდა ამისა, ამ ინფექციების მძიმე ფორმების განვითარება დაკავშირებულია ისეთი სისტემური რეაქციების განვითარებასთან, როგორიცაა ჰემოდინამიკური და ჰემოკოაგულაციური მოშლილობანი, სასუნთქი გზების ობსტრუქცია. ყველაფერი ეს გვაფიქრებინებს, რომ ამ პოლიეტოლოგიური დაავადებების უნივერსალური სიმპტომოკომპლექსის განვითარებაში ერთიანი ფაქტორი მონაწილეობს. პოტენციურად ასეთ კომპონენტს წარმოადგენს ენდოტოქსინი, რომლის მაღალი ბიოლოგიური აქტიურობა შეიძლება დაავადების მრავალი გამოვლინების განმაპირობებელი იყოს [4].

ფიზიოლოგიურ პირობებში ენდოტოქსინის ძირითად რეზერვუარს ნაწლავები წარმოადგენს [5]. ნორმაში ადამიანის ორგანიზმი მთელი რიგი ბარიერული სისტემებით საიმედოდ არის დაცული მისი პათოლოგიური ზემოქმედებისაგან [6], მაგრამ ზოგიერთი პათოლოგიური მდგომარეობა იწვევს როგორც თვით ენდოტოქსინის პროდუქციის ზრდას, ისე ანტი-ენდოტოქსინური მექანიზმების აქტიურობის დაქვეითებას, რის გამოც ვითარდება ენდოტოქსინემია დამახასიათებელი სიმპტომოკომპლექსით.

ჩვენი შრომის მიზანს შეადგენდა დაგვედგინა ნაწლავური დისბაქტერიოზის განვითარების კავშირი მწვავე რესპირატორულ ვირუსულ ინფექციასა და მისი მიმდინარეობის თავისებურებას ან, გამოგვეკვლია ანტიენდოტოქსინური იმუნიტეტის მდგომარეობა მრვი-ს სხვატ სხვა გართულებების დროს.

ამ მიზნით შესწავლილ იქნა ადრეული ასაკის 94 ბავშვი. დაავადების მიმდინარეობის თავისებურების და გართულებების მიხედვით ავადმყოფები დაყოფილი იყვნენ შემდეგ ჯგუფებად:

პირველი ჯგუფი (33 ბავშვი) – ავადმყოფები დაავადების მსუბუქი და საშუალო სიმძიმის მიმდინარეობით, სასუნთქი გზებში ანთებითი პროცესებით, მაგრამ ობსტრუქციის მოვლენების გარეშე;

მეორე ჯგუფი (31 ბავშვი) – ავადმყოფები სასუნთქი გზებში ობსტრუქციული მოვლენებით;

მესამე ჯგუფი (30 ბავშვი) – ავადმყოფები პნევმონიით.

საკონტროლო ჯგუფს შეადგენდა ადრეული ასაკის 25 პრაქტიკულად ჯანმრთელი ბავშვი.

განავალში ეშერიხიოზული მიკროფლორის რაოდენობრივი შემადგენლობა განსაზღვრულ იქნა დაავადების პირველ და მეორე დღეს.

ნაწლავური დისბაქტერიოზის დიაგნოზს ვსვამდით განავალში ეშერიხიოზული მიკროფლორის რაოდენობის მიხედვით. ამ მიზნით 1 გ განავალს ვანზავებდით ფიზიოლოგიურ ხსნარში, ვამზადებდით ათჯერად განზავებას, ვთესავდით ენდოს აგარსა და 37°C ტემპერატურაზე, 18 -საათიანი ინკუბაციის შემდეგ ვითვლიდით გაზრდილი კოლონიების რაოდენობას. გრამის წესით შეღებვამ და ბაქტერიების სხვადასხვა კოლო-

ნიებიდან შერჩევითმა იდენტიფიკაციამ გვიჩვენა, რომ ენდოს აგარზე ამ პირობებში ძირითადად ნაწლავის ჩხირი იზრდება. ნაწლავური დისბაქტერიოზის რეგისტრაციას ვახდენდით იმ შეთხვევებში, როდესაც ენტერობაქტერიების შემადგენლობა 1 გ განავალში აღემატებოდა 10^{10} კოლონიაწარმოქმნელ ერთეულს.

გარდა ამისა, ბავშვებში განსაზღვრულ იქნა მოციკულირე ანტიენდოტოქსინური ანტისხეულების, კერძოდ ენტერობაქტერიების გარეგანი მემბრანის ლიპოპოლისაქარიდის შემადგენლობაში შემავალი Re - ქემოტაქსის გლიკოლიპიდის ანტისხეულების, ტიტრი. სისხლის შრატში ანტისხეულების ტიტრს ვსაზღვრავდით პასიური ჰემაგლუტინაციის რეაქციით ერთთროციტარულ დიაგნოსტიკუმთან [7].

ბაქტერიების რაოდენობრივი შემადგენლობის ანტისხეულების ტიტრისაგან დამოკიდებულების შეფასების მიზნით მიღებული შედეგები დამუშავებულ იქნა რეგრესიული ანალიზის მეთოდით.

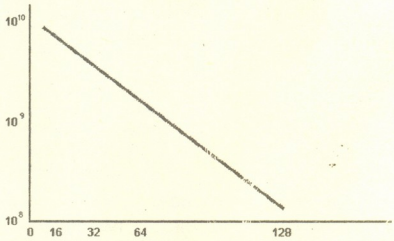
ცხრილში მოყვანილია დისბაქტერიოზის განსაზღვრის შედეგები (10^{10} -ზე მეტი ეშერიხია 1 გ განავალში).

ცხრილი

ნაწლავური დისბაქტერიოზის სიხშირე ჯანმრთელ და ავადმყოფ ბავშვებში

გამოკვლეული ბავშვების ჯგუფები	გამოკვლეულთა რაოდენობა	დისბაქტერიოზის შემთხვევათა რიცხვი	დისბაქტერიოზის გამოვლენის სიხშირე (წილი)
1 ჯგუფი (მრძი გართულების გარეშე)	33	5	0,15
2 ჯგუფი (მრძი ობსტრუქციით)	31	10	0,32
3 ჯგუფი (მრძი ჰნევმონიით)	30	16	0,53
ჯანმრთელი ბავშვები	25	1	0,04

შენიშვნა: დისბაქტერიოზის სიხშირის განსხვავება ყველა ჯგუფს შორის სარწმუნოა ($p < 0,05$).



სურ. განავალში ენტერობაქტერიების შემცველობის დამოკიდებულება Re - გლიკოლიპიდის მიმართ ანტისხეულების ტიტრისაგან

ორდინატთა ღერძი - ბაქტერიების რაოდენობა
 აბსცისთა ღერძი - ანტისხეულების შებრუნებითი ტიტრები



როგორც ცხრილიდან ჩანს, მრძი ხასიათდება ნაწლავის დისბაქტერიოზის ხშირი განვითარებით, ამასთან დისბაქტერიოზის განვითარების სიხშირე დამოკიდებულია დაავადების მიმდინარეობის სიმძიმესა და გართულებების არსებობაზე. ყველაზე ხშირად დისბაქტერიოზი პნევმონიით გართულების დროს აღინიშნება.

მეორე და მესამე გჯუფის ავადმყოფებს შორის განსაზღვრულ იქნა განავალში ეშერიხიოზული მიკროფლორის რაოდენობის დამოკიდებულება Re - ქემოტიპის გლიკოლიპიდის მიმართ ანტისხეულების ტიტრისაგან. ანტისხეულების ერთნაირი ტიტრების მქონე ავადმყოფების განავალში ბაქტერიების საშუალო შემცველობის განსაზღვრის შედეგები მოყვანილია სურათზე.

როგორც სურათიდან ჩანს, გართულებებით მიმდინარე დაავადების დროს ანტიენდოტოქსინური ანტისხეულების ტიტრსა და განავალში ენტერობაქტერიების რაოდენობას შორის აღინიშნება საკმაოდ მკაფიოდ გამოხატული შებრუნებითი დამოკიდებულება (რეგრესიის კოეფიციენტი $R = -1,2 \times 10^3$). ამასთან, დისბაქტერიოზის დროს ბავშვთა უმრავლესობაში ანტიენდოტოქსინური ანტისხეულების შებრუნებითი ტიტრები არ სჭარბობდნენ მაჩვენებელს - 8. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მრძი-თ ავადმყოფ ბავშვებში, განსაკუთრებით დისბაქტერიოზის დროს, ადგილი აქვს ანტიენდოტოქსინური ჰუმორალური იმუნიტეტის დეფიციტს. გარკვეულწილად ეს შედეგები ეთანხმება მონაცემებს იმის შესახებ, რომ მრძი-თ ავადმყოფ ბავშვებში დაქვეითებულია ენდოტოქსინის შეკავშირების უნარის მქონე მაღალი სიმკვრივის ლიპოპროტეიდების აქტიურობა [8].

ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ ადრეული ასაკის ბავშვებში მრძი მიმდინარეობს დისბაქტერიოზის განვითარებით, ამავე დროს დისბაქტერიოზის განვითარების სიხშირე კორელაციაშია გართულებების არსებობასთან. ნაწლავთა დისბაქტერიოზის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელია პნევმონიით გართულებისას. აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ დისბაქტერიოზის განვითარების სიხშირე შებრუნებით დამოკიდებულებაშია ანტიენდოტოქსინური ანტისხეულების ტიტრისაგან. საფიქრებელია, რომ დისბაქტერიოზი არ არის ენდოტოქსინემიის მთავარი მიზეზი, თუმცა მან შეიძლება ხელი შეუწყოს ენდოტოქსინის შეღწევას ნაწლავებიდან სისხლის მიმოქცევის სისტემაში. გარდა ამისა, მრძი-თ ავადმყოფ ბავშვთა უმრავლესობას აღინიშნება ანტიენდოტოქსინური ჰუმორალური იმუნიტეტის დაქვეითება.

ყოველივე ზემოაღნიშნული გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ანტიბიოტიკების და სხვა ისეთი საშუალებების დანიშვნისას, რომლებიც იწვევენ ბავშვის ნაწლავის ნორმალური მიკროფლორის შეცვლას, ხოლო ანტიენდოტოქსინური ანტისხეულების ტიტრის მაჩვენებელი შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც ბავშვთა მრძი-ს მიმდინარეობის პროგნოზის განსაზღვრის ერთ-ერთი კრიტერიუმი.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო
უნივერსიტეტი

რუსეთის სამედიცინო აკადემიის ადამიანის
მორფოლოგიის ინსტიტუტი, რუსეთის
დიპლომის შემდგომი განათლების
სამედიცინო აკადემია

ლიტერატურა

1. G.Ray, C.Holberg, L.Minnich. *Pediatr. Infect. Dis. J.* 12, 1993, 10-14.
2. J.Tulloch, L.Richards. *Med. J. Australia.* 159, 1993, 46-51.
3. G.Mlinaric-Galinovich, D.Bozikov. *Acta Med. Iug.* 45, 1991, 203-211.
4. G.Westphal. *Handbook of Endotoxin.* Ed. E. Th. Rietschel, Amsterdam; 1984.
5. D.Van der Waay, H.G.De Vries-Hospers. *Zbl. Bact. I. Abt. Orig. A. Bd. A* 259, 1985, 520-530.
6. Н.Л.Пермяков, И.А.Аниховская, А. Н. Крутчик. *и др.Архив патологии.* 2, 1995, 3-10.



7. *Т.А.Котова, В.Г.Лиходед, А.М.Поверенный и др.* Авторское свидетельство 1017339, 1983.
8. *В.А.Анохин, А.В.Аполлонов, А.Г.Лиходед, Г.Р.Хасанова, С.Н.Чебышева...* Актуальные проблемы общей и частной патологии. Сборник научных трудов Института морфологии человека РАМН. М., 1993, 24-27.



მ. დიღმანიძე, ნ. მანღარია

ულტრაიისფერ სხივებზე ხვატარების (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE) მიზიდვის თავისებურებები და მათზე სახეობების წინააღმდეგ მისი გამოყენების პერსპექტივები

წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ბ. ყურაშვილმა 3.07.1997

ულტრაიისფერ (შემდგომში – ში) სხივებზე ღამის მწერთა მიზიდვის მეთოდის გამოყენებით მრავალი საკითხი გადაიჭრა მწერთა ფაუნისტიკაში, ბიოლოგიაში, ეკოლოგიაში, ფიზიოლოგიაში, ეტიოლოგიაში და სხვა დარგებში. [1-6].

კვარცის დანადგარი გამოცდილ იქნა, აგრეთვე, როგორც ბრძოლის საშუალება მავნე მწერების წინააღმდეგ [7-9].

ფაუნისტური მასალის სრული გამოვლენის, ბიოეკოლოგიური საკითხების შესწავლისა და სამეურნეო მნიშვნელობის დადგენის მიზნით ში სხივები საქართველოში პირველად გამოიყენა 1956-1959 წლებში ლეპიდოპტეროლოგ ე. დიღმანიძის მიერ [10]. ავტორის შემდგომი ძიებანიც ამ დარგში საქართველოს თუ კავკასიის მასშტაბით, ძირითადად, ში სხივების მეთოდს ემყარება.

1991-1993 წლებში კვლევის ობიექტად შერჩეულ იქნა თრიალეთის ქედი. მან ჩვენი ყურადღება მიიპყრო, როგორც დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს ფლორის ტულ-ეკოლოგიურმა გზაჯვარედინმა. ამასთან, ქედის მთისწინეთი და მთის სტეპის დიდი ნაწილი აგრობიოცენოზს უკავია. სხვა საკითხებთან ერთად, რომლებსაც ავტორებმა უკვე რამდენიმე ნაშრომი მიუძღვნეს, ამჟამად კვლევის მიზანს შეადგენდა დაგვედგინა სხვადასხვა ლანდშაფტში ში სხივებზე ხვატარების მიზიდვის ზოგიერთი თავისებურება და მავნე სახეობების წინააღმდეგ მისი გამოყენების პერსპექტივები.

დაკვირვების პუნქტებად შერჩეულ იქნა: 1. თბილისი – წმ. დავითის მთა (პლატო), ქსეროფიტული ფერდი (600-800 მ. ზ. დ.), (ცხრ. 1); 2. ალგეთის ნაკრძალი – მთის შერეული ტყე (1700-1800 მ. ზ. დ.), (ცხრ. 2); 3. ბაკურიანი – მაღალი მთის მდელო (2000-2400 მ. ზ. დ.), (ცხრ. 3). ცხრილში მოყვანილი მავნე სახეობები – პოლიფაგები, პოლივოლტურები და ვერიზონალებია, რომლებსაც ახასიათებთ მასობრივი გამრავლება.

ცხრილი 1

PRK-4-სა და ვოლფრამის ძაფიანი ვარვარების 300 W-იან ნათურებზე მოპოვებულ მავნე ხვატარების რიცხობრივი თანაფარდობა სხვადასხვა ლანდშაფტში

N	სახეობა	მოპ. ეგზ. რაოდენობა	PRK-4		300 W	
			რაოდ.	%	რაოდ.	%
1	2	3	4	5	6	7
1.	<i>Euxoa agrikola</i>	396	308	77,8	88	22,3
2.	<i>Ochropleura plecta</i>	174	134	77,0	40	23,0
3.	<i>Mamestra persicariae</i>	280	230	82,1	50	17,8
4.	<i>Discestra trifolii</i>	210	168	80,0	42	20,0
5.	<i>Autographa gamma</i>	232	185	79,7	47	20,2

1	2	3	4	5	6	7
1.	<i>Colocasia coryli</i>	342	236	69,0	106	31,0
2.	<i>Apatele rumicis</i>	189	129	68,3	60	31,7
3.	<i>A. aceris</i>	182	117	64,3	65	35,7
4.	<i>A. leporina</i>	160	103	64,4	57	35,6
5.	<i>A. psi</i>	232	146	62,9	86	37,1

ცხრილი 3

1	2	3	4	5	6	7
1.	<i>Euxoa tritici</i>	170	117	68,8	53	31,2
2.	<i>Scotia clavis</i>	168	112	66,7	56	33,4
3.	<i>Peridroma saucia</i>	161	114	70,8	47	29,2
4.	<i>Mamestra brassicae</i>	160	109	68,1	51	31,9
5.	<i>Axyليا putris</i>	154	107	69,5	47	30,5

როგორც მოცემული ცხრილებიდან ირკვევა: 1. სამივე სახის ლანდშაფტში უკვე სხივებზე მოზიდულ ეგზემპლართა (შემდგომში-ეგზ.) რაოდენობა ქარბობს ელექტრონათურაზე (შემდგომში-ენ) მოპოვებულ ეგზ. რაოდენობას; 2. უკვე სხივებზე და ენ-ზე მოპოვებულ ეგზ. თანაფარდობა განსხვავებულია სხვადასხვა ლანდშაფტში. მაგალითად, ნათელ, ღია ქსეროფიტულ ფერდობებზე PRK-4-ზე შეგროვილი ხვატარების რაოდენობა 3,5-4,5-ჯერ ქარბობს 300 W-იან ნათურებზე შეგროვილთა რიცხვს; მთის მდელოებზე განსხვავება 2-2,5-ია, ხოლო ტყეში 1,5-2,5. მიღებული შედეგები შემდეგ კანონზომიერებებიდან გამომდინარეობს: 1. ცნობილია, რომ ღამის მწერები აქტიურ ცხოვრებას უკვე სხივების ლუმინისციერების ხარჯზე ახდენენ, რომლის კოეფიციენტი მაღალია გაშლილ ადგილებში; 2. მწერების ფრენის აქტივობას დიდად განსაზღვრავს ბიოეკოლოგიური ფაქტორები (ტემპერატურა, ტენი, ქარი, მთვარის ფაზები და სხვ.); 3. ზ. დ.-დან სიმაღლის მატებასთან ერთად გენერაციების რაოდენობა და პოპულაციების რიცხვი კლებულობს; 4. დახურულ ლანდშაფტში განათების დიაპაზონი და მწერთა მხედველობის არე შეზღუდულია.

ცხრილი 4

PRK-4-სა და 300 W-იანი ნათურებით 1991-1993 წლებში განადგურებული მავნე ხვატარების რიცხოზომიერი თანაფარდობა

№	სახეობა	სერთო რაოდ.	1α-ის კვ. რაოდ.	გენერაციის რაოდ.	PRK-4		300 W		განად. ეგზ. რაოდ.
					რაოდ.	განად.	რაოდ.	განად.	
1	<i>Scotia ypsilom</i>	234	160	3	187	45160	47	11350	56510
2	<i>S. segetum</i>	261	200	3	208	62712	53	15979	78691
3	<i>S. exelamationis</i>	470	355	2	376	133856	94	33464	167320
4	<i>Amathes c-nigzum</i>	342	285	2	236	67496	106	30316	97812
5	<i>Noctua pzonuba</i>	175	120	2	119	14399	56	6776	21175
6	<i>Spodoptera exigua</i>	232	150	3	146	33069	86	19479	52548



გამომდინარე ყველა ზემოაღნიშნულიდან ჩვენ მიგვაჩნია, რომ სინათლის მწვერულის რის გამოყენება უკიდურესად ეფექტურია ყველა სახის და მათ შორის დახურულ ლან-დშაფტშიც (ტყე, ტყე-პარკი, ხეხილის ბაღი). ამის დასაბუთებლად ცხრ. 4-ში სამა-გალითოდ გამოანგარიშებულია 3 წლის განმავლობაში განადგურებული ზოგიერთი მავნე სახეობა.

ცნობილია, რომ მრავალრიცხოვან პოპულაციებში ♂-ის და ♀ შეფარდება ტო-ლია, მაგრამ სინათლეზე, როგორც წესი, უმთავრესად ♂ ჭარბობს. ეს იმით აიხსნება, რომ ♀-ები საკვები მცენარეიდან შორს არ მიდიან და აქტიური ფრენისთვისაც დამძი-მებულინი არიან. მაგრამ, თუ მწერსაქერს დავაყენებთ აგრობიოცენოზში, მაშინ ♀-თა რიცხვი გაცილებით მატულობს. განადგურებულ ეგზ. გამოსაანგარიშებლად სახეობის საერთო რიცხვის ნახევარი გავამრავლეთ 1 ♀-ის მიერ დადებული კვერცხების რაო-დენობაზე, მას დაეუმატეთ საერთო რიცხვის ♂-თა მეორე ნახევარი და ყველა ეს გა-დავამრავლეთ გენერაციათა რიცხვზე. მიღებული ციფრები იმდენად შთამბეჭდავია, რომ მავნე ხეატარების წინააღმდეგ ამ მეთოდის ეფექტურობაში ეჭვი არ უნდა შეგვე-პაროს. 1. არ უნდა დაგვავიწყდეს ისიც, რომ სინათლის მეთოდის ეფექტურობა უშუა-ლოდ დამოკიდებულია გარემო ფაქტორებზე, რომლებიც მუშაობის პროცესში გათვა-ლისწინებულ უნდა იქნეს; 2. სინათლის მეთოდს მრავალი უპირატესობა აქვს; ქიმიურ მეთოდთან შედარებით იგი უვნებელია (მცენარეებისათვის სასარგებლოც კი); 3. ღამის მწერების გარდა სხვა ცოცხალ ორგანიზმებს არ ანადგურებს; 4. მეთოდი არ მოითხოვს დიდ ხარჯებს და შრომატევად სამუშაოს; 5. შეგროვილი მასალა შეიძლება გამოყენე-ბულ იქნეს შინაური ცხოველების და განსაკუთრებით ფრინველების გამოსაკვებად.

თბილისის ივ.ჯავახიშვილის სახელობის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ქუთაისის აკ.წერეთლის სახელობის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. H.S.Robinson, P.I.Robinson. Entom. Gaz., v. 1, 1950, 3.
2. I.G.Taylor, H.O.Deay. Amer. Soc. Agric. Engin., v 31, 1950, 503.
3. Г.А.Мазохин-Поршняков. Энтом. обзор., 35, 4, 1956, 752.
4. З.Ф.Ключко. Дан СССР, Т. 117, 1957, 134.
5. В.Б.Чернышев. Энтом. Обзор., т. 40, 1961, 568.
6. Г.Н.Горностаев. Автореф. Канд. дисс. М., 1980.
7. P.A.Glick, I.P.Hollingsworth, W.I.Eitel. Econ. Entom., v, 49, 1956, p. 2.
8. Г.А.Мазохин-Поршняков. Зоол. Журн., т. 35, 1956, 238.
9. В.И.Бенкевич. Науч. докл. высшей школы, биол. Науки, 3, 1959, 39.
10. Э.А.Дидманидзе. Сообщ. АН ГССР, 26, 1, 1961, 59.

მ.ჩხაიძე

აქტინიდიის დაავადებები საქართველოში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ბ.ყურაშვილმა 29.05.1997

Actinidia (რიგი – *Evicales*, ოჯახი – *Actinidiaceae* გვარი – *Actinidia*) მორიგეობით განლაგებული დაკბილულფოთლებიანი ხე – ლიანაა. ითვლიან მის 40 სახეობას, რომლებიც გავრცელებულია ჰიმალაებში, აღმოსავლეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში, ზოგიერთი სახეობა ჩრდილო-სახალინსა, ზღვისპირეთის მხარესა და კურილიის სამხრეთ კუნძულებამდე აღწევს [1].



სურ.1.



სურ.2.

ბათუმის ბოტანიკურ ბაღში იგი 1991 წლიდანაა ცნობილი [2], მაგრამ საწარმოო მნიშვნელობა მან მხოლოდ 80-იანი წლებიდან მოიპოვა. მისი დაავადებები დღემდე ჩვენში შეუსწავლელია. პირველად აქტინიდიის დაავადება ჩვენს მიერ შემჩნეულ იქნა 1992 წლის მაისში აჭარაში, მახუნცეთში, სუბტროპიკული ნაყოფების შენახვა-გადამუშავების სამეცნიერო-კვლევითი და სასწავლო ტექნოლოგიური ინსტიტუტის ბაღში. ნაკვეთში აქტინიდიის 3 სახეობა (*A. chinensis*, *A. avguta*, *a colosa*) იყო გაშენებული 1988 წელს ბათუმის ბოტანიკური ბაღიდან შექმნილი ორწლიანი მცენარის ნერგებით (ამ შემთხვევის შემდეგ მე მოვიარე კოლხეთის დაბლობზე გაშენებული თითქმის ყველა ბაღი. ვიზუალური დათვალიერების შედეგად აღინიშნება მეტ-ნაკლებად დაავადების იგივე სიმპტომები).

მცენარეების დათვალიერებისას მახუნცეთში აღინიშნებოდა გამოვლენილი დაავადების სამი ტიპი:

1. დაავადება ვლინდება ფოთლების, ყვავილების, ყლორტების ჭკნობით და ნეკროტიზაციით. ფოთლებზე შეინიშნება ყავისფერი ლაქები (რომლებიც ზოგჯერ მთელ ფოთოლს ფარავს).

2. ფოთლები დამკვანარია მთელ მცენარეზე.

3. მცენარეზე ფოთლები გამხმარია და ჩამოცვენილი.

დაავადების სიმპტომები: შტამისა და ტოტებზე გაჩენილია ბზარები, რომლის ირგვლივ წარმოქმნილია კალუსი (კიბოს გამოწარმების მსგავსად) (სურ. 1). რაიმე ექსულატის გამოყოფა არ შეგვიჩვენავს. შტამისა და ტოტების ძლიერი დაავადების შემთხვევაში მცენარე იღუპება (ხმება) კვირტების გაშლისა და ახალი ყლორტების წარმოქმნის გარეშე (სურ. 2). დაავადების პირველი სიმპტომები ინფიცირებულ ფოთლებზე შეინიშნება მაისის თვიდან. მუქი ყავისფერი ლაქები იზრდება და ხშირად მთელ ფოთოლს ფარავს. ლაქები ფოთლებზე სხვადასხვა ფორმისა და ზომისაა. მაღალი ტენიანობა, მაღალი ტემპერატურა და ქარი ხელს უწყობს დაავადების განვითარებას.

ყვავილები: დაავადებული ყვავილები ღია ყავისფერია და ან ნაწილობრივ იშლება ან ქცნება გაუშლელად (სურ. 3).



სურ. 3.

ვაწარმოებდით პათოგენის იდენტიფიკაციას. მიკოლოგიური ანალიზის შედეგად პირველად აქტინიდიასა და სპორთველოში გამოვლენილ იქნა:

ბაქტერიები: *Pseudomonas Syringae* Vab Hall
Erwinia herbicola (Lohnus) Dye

სოკოები:

1. *Actinidia chinensis* Planch
Fusarium sanbicum Fuck
Fusarium avenaceum (F₂) Sacc
Fusarium semitectum Berk et Rav
Alternaria spp.
Phomopsis pernicioso Grove
2. *Actinidia colozia*
Phomopsis pernicioso Grove
Alternaria sp.
Cladosporium sp.
Verticillium Feoxii v Beyte

მცენარის დაავადებული ნაწილებიდან პათოგენის გამოსაყოფად მათ ვასტერილებდით 0,1%-იან $AgNO_3$ ხსნარში 0,5-1 წთ-ის განმავლობაში, ვრეცხავდით სტერილური წყლით და ვათავსებდით აგარიზებულ საკვებ არეზე 21-23°C ტემპერატურაზე. ბაქტერიების გამოსაყოფად ვიყენებდით კარტოფილ-პეპტონგლუკოზის აგარს (კარტოფილი 200 გ, გლუკოზა 5 გ, პეპტონი 5 გ, $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ - 3 გ, წყალი 1000 მლ). სოკოების გამოსაყოფად - მოდიფიცირებულ ჩაპეკის აგარს (ლაქტოზა 20 გ, შარდოვანა 1,2 გ, KH_2PO_4 - 1 გ, $MgSO_4$ - 0,5 გ, KCl - 0,5 გ, $FeSO_4$ - კვალი, 0,1%-იანი სტრეპტომიცინი 1000 მგ, 0,015%-იანი დეზოქსინიფლავინი - 15 მგ 1000 მლ წყალზე. კოლონიების ერთმანეთში შეზრდისაგან დასაცავად საკვებ არეში ვამატებდით 0,03%-იან Triton-x-100. ცალკეული კოლონიები გადაგვქონდა ($d = 4-5$ მმ) საკვებ არეზე სინჯარებში. დათესვიდან მე-15 დღეს

აღნიშნული მიკროორგანიზმები კომპლექსში იწვევენ მცენარის დაავადებას და დიდ ზიანს აყენებენ მას.

ჩვენს მიერ აქტინიდიაზე აღწერილი პათოგენები ძირითადად ემთხვევა სხვა ქვეყნებში აღწერილს [2-7].

ავტორი მადლობას უხდის სანქ-პეტერბურგის მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტის იმუნოლოგიის ლაბორატორიის ხელმძღვანელს პროფესორს, დოქტორ ნადია გუსეევას მიკოლოგიურ ანალიზში დახმარებისათვის.

მცენარეთა იმუნიტეტის
 სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Большая Советская Энциклопедия, т. 1, с. 185.
2. А.А.Гроссгейм. Флора Кавказа, т. IV, 1962, 162.
3. А.А.Аблактова. Бюллетень главного ботанического сада, вып. 42, 1961, 90-95.
4. А.А.Аблактова. В кн.: Материалы к изучению женьшеня и лимонника, вып. 4. Л., 1960, 184-190.
5. Н.М.Пидопличко. Грибы -Паразиты культуральных растений, Определитель, т. 1, 2, Киев, 1979.
6. J.P.Mansilla, R.A.Vazquer et al. Bol. Sanid. Veget. Plages. 14, 2, 1988, 279-293.
7. Sevizawa Setsuo, Ichikawa Takesh et al. Phytopathol., Soc. Jap., 55, 4, 1989, 427-436.

თ. აბრამიძე, დ. ძიძიუში, მ. ზარანდი, კ. ჰელიძე,
ბ. თუმანიშვილი (აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

IN VITRO ტრანსკრიფციის მარეგულირებელი ჰეპატოციტების ბირთვაკული ფაქტორების შესწავლა

წარმოდენილია 17.07.1997

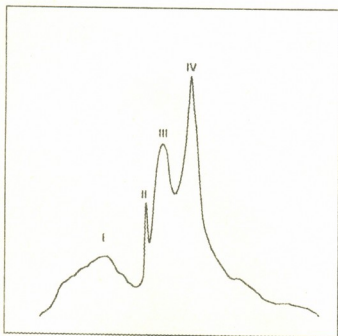
დღეისათვის იდენტიფიცირებული არის მრავალი ცილოვანი ფაქტორი, რომელიც მონაწილეობს ტრანსკრიფციის პროცესის რეგულაციაში. აღნიშნული ფაქტორები განსხვავდებიან იმისდა მიხედვით თუ რომელი კლასის გენების რეგულაციაში მონაწილეობენ [1-3], ან ტრანსკრიფციის რომელ საფეხურზე მოქმედებენ [2,3] და აგრეთვე რეგულაციის რომელ ტიპს განსაზღვრავენ, ნეგატიურს თუ პოზიტიურს [4,1].

ჩვენს მიერ აღწერილი იყო რიბოსომული გენების ტრანსკრიფციის მარეგულირებელი ცილოვანი ფრაქცია თეთრი ზრდასრული ვირთაგვას ჰეპატოციტების ბირთვაკებიდან. ნაწილობრივ გასუფთავებული ბირთვაკული ფრაქციის რეგულატორული ფუნქცია გამოიხატება მის ურთიერთსაპირისპირო ზემოქმედებაში რ-რნმ-ის სინთეზზე [5,6]. ხსენებული ფრაქციიდან ცალკეული კომპონენტების იდენტიფიცირების მიზნით გამოვიყენეთ მაღალეფექტური ქრომატოგრაფიის მეთოდი.

ექსპერიმენტები ჩატარებული იყო ზრდასრული თეთრ (100-120 გ) ვირთაგვებზე. ბირთვაკების იზოლირებას ვახდენდით ბუშის და სმეტანას მიხედვით. რ-რნმ-ის სინთეზზე ცალკეული ფრაქციების ზემოქმედების შესასწავლად გამოვიყენეთ ჰეპატოციტებიდან იზოლირებული ბირთვაკების ტესტ-სისტემა [7].

მოცემულ სამუშაოში წარმოდგენილია კვლევის შედეგები, რომლებიც ეხება ჰეპატოციტების ბირთვაკული ცილის ქრომატოგრაფიულ შესწავლას. კერძოდ, აღნიშნული ფრაქციის გელ-ფილტრაციულ სვეტზე (300 SW WatersTM Protein Pak) ანალიზის გზით გამოვლინდა ოთხი მკვეთრად გამოხატული პიკი (სურ. 1).

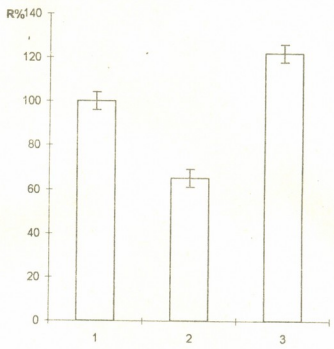
ბირთვაკული ფრაქციის ტრანსკრიფციულად აქტიური კომპონენტების გამოვლენის მიზნით შევისწავლეთ მათი ზემოქმედება რნმ-ის სინთეზზე იზოლირებული ბირთვაკების ტესტ-სისტემაში. ჩატარებული ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ გელ-ფილტრაციის ქრომატოგრაფიაზე ნაჩვენები ოთხი ფრაქციიდან მხოლოდ ორი (I და IV) ახდენს ზეგავლენას რნმ-ის სინ-



სურ. 1. ჰეპატოციტების ბირთვაკული ფრაქციის ქრომატოგრაფია მაღალეფექტური ქრომატოგრაფიის გელ-ფილტრაციულ სვეტზე (300 SW WatersTM Protein Pak).

თეზზე *in vitro*. ამასთან, გამოვლინდა, რომ ტოტალური ფრაქციის ზემოქმედება ტრანსკრიფციის პროცესზე ხორციელდება ცილოვანი კომპონენტით, რომელიც ქრომატოგრაფიაზე პირველ პიკს შეესატყვისება. კერძოდ, აღნიშნული პირველი ფრაქციის ზემოქმედებით რნმ-ის სინთეზის ინტენსიურობა *in vitro* სისტემაში საკონტროლო

მაჩვენებელთან შედარებით 35%-ით მცირდება (სურ. 2.2). იზოლირებულ ბირთვაკულში ^{14}C -უტფ-ის ჩართვის ინტენსიურობა იზრდება ქრომატოგრაფიულ მრუდზე რიგით მეოთხე ფრაქციის ზემოქმედების შედეგად და 22%-ით აღემატება საკონტროლო მაჩვენებლებს (სურ. 2.3).



სურ. 2. ჰეპატოციტების იზოლირებული ბირთვაკულების ტრანსკრიფციული აქტიურობა (საკონტროლო მაჩვენებლად მიჩნეულია 100%): 1 - ინტაქტური ბირთვაკულების რნმ-პოლიმერაზული აქტიურობა; 2 - I ფრაქციით დამუშავებული ბირთვაკულების რნმ-პოლიმერაზული აქტიურობა; 3 - IV ფრაქციით დამუშავებული ბირთვაკულების რნმ-პოლიმერაზული აქტიურობა. R%- ^{14}C -უტფ-ის ჩართვის ინტენსიურობა.

მიღებული მონაცემები უფლებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ჰეპატოციტების საწყისი ბირთვაკული ფრაქციის ურთიერთსაწინააღმდეგო მოქმედება რნმ-ის სინთეზზე განპირობებულია აღნიშნულ ფრაქციაში შემცველი სხვადასხვა კომპონენტების არსებობით, რომელთა ურთიერთგანცალკევება მიიღწევა მისი მაღალეფექტური ქრომატოგრაფიის გელ-ფილტრაციულ სვეტზე დაყოფის შედეგად.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. T.Jacob. Biochem. J., 306, 1995, 617-626.
2. D.Nikolov, S.Burley. PNAS, 94, 1997, 15-22.
3. J. Palmer, W.Folk. TIBS, 1990, 300-304.
4. J.Kalenik, D.Chen, M.Bradley, S.Chen, T.Lee. Nuc. Acid Res., 25,04,1997, 843-850.
5. T.Abramidze, D.Dzidziguri, P.Chelidze, G.Tumanishvili. Proceedings of Academy of Sciences of Georgia, 9, 5-6, 1993, 357-360.
6. თ.აბრამიძე, დ.ძიდიგური, პ.ჭელიძე. თეზისები საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციისათვის ბიოლოგიაში, მიძღვნილი ივ. ჯავახიშვილის დაბადების 120 წლისადმი. თბილისი, 1996, 3-4.
7. H.Busch, K.Smetana. The nucleolus. N.Y., London, 1970.

ლ. ფურცელაძე

სახეთა გარჩევის თეორიის გამოყენება მდინარეთა ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ც. მირცხულავამ 14.08.1997

ბუნებრივი წყლის, კერძოდ მდინარეთა ჩამონადენის, გამოყენების შესაძლებლობა-ნი სახალხო მეურნეობის მრეწველობის სხვადასხვა მიზნისათვის მჭიდროდა და მოკიდებული მდინარეთა დაბინძურების ხარისხზე (მდინარეთა ეკოლოგიაზე).

წყლის ხარისხის განსაზღვრისათვის შექმნილია მონიტორინგის სისტემები, მაგრამ მათ არ ძალუძთ მოიცვან გაქუჩყიანების არც ყველა ობიექტი, განსაკუთრებით საშუალო და მცირე მდინარეები და არც ყველა გამქუჩყიანებელი ნივთიერება, ამიტომ სახეთა გარჩევის სტატისტიკური თეორიის გამოყენება მდინარეთა ეკოლოგიური მდგომარეობის, მდინარეთა კლასიფიკაციის შესასწავლად გამართლებულია.

ავტორის მიერ საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წყალთა მეურნეობისა და საინჟინრო ეკოლოგიის ინსტიტუტში სახეთა გარჩევის სტატისტიკური თეორია პირველად გამოყენებულ იქნა გარეცხვის მიმართ გრუნტის მდგრადობის შესაფასებლად [1-3]. ამ ნაშრომში არის სახეთა გარჩევის თეორიის გამოყენების მცდელობა მდინარეთა ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად.

სახეთა გარჩევა ზოგადად განისაზღვრება როგორც მოვლენის ან ობიექტის მიკუთვნება მათი მახასიათებლების ანალიზის მიხედვით წინასწარ განსაზღვრული კლასებიდან ერთ-ერთისადმი. სახეთა გარჩევის თეორიაში ძირითადი პრობლემა არის ობიექტის კლასიფიკაცია.

თუ კლასთა რიცხვი ტოლია m -ისა, სადაც $m > 2$, გამოსაცნობი ობიექტი - ω ხასიათდება $j, j = 1, 2, \dots, N$ მახასიათებლებით, ღებულობს მნიშვნელობებს $x_1 = x_1^0, x_2 = x_2^0, \dots, x_N = x_N^0$ და ეს ხდომილობა აღინიშნება a_N -ით, მაშინ პირობითი რისკის სიდიდე $\omega = \Omega_g$ დადგენასთან (ტოლობის მიღებასთან) დაკავშირებული იმ პირობით, რომ ადგილი აქვს a_N ხდომილობას, ტოლია:

$$R(\omega \in \Omega_g / a_N) = R(\Omega_g / a_N) = \sum_{i=1}^m C(i/j)P(\Omega_i / a_N), \quad (1)$$

სადაც $\Omega_g = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_s\}$ არსებულ კლასთა S , სასრული სიმრავლეა:

$C(i/j)$ კლასიფიკაციის ცდომილების ფასია, რომელიც გვაძლევს დანაკარგის სიდიდეს თუ ობიექტს შეცდომით მივაკუთვნებთ j კლასიდან i კლასს.

პირობითი აპოსტერიული ალბათობა $P(\Omega_i / a_N)$ იმისა, რომ $\omega \in \Omega_i$ ჰიპოთეზათა თეორიის, ანუ ბაიესის ფორმულის თანახმად ტოლია გამოსახულების [2-5].

$$P(\Omega_i / a_N) = \frac{P(\Omega_i)f(x_1 = x_1^0, x_2 = x_2^0, \dots, x_N = x_N^0)}{\sum_{i=1}^m P(\Omega_i)f_i(x_1 = x_1^0, x_2 = x_2^0, \dots, x_N = x_N^0)} \quad (2)$$

$\omega = \Omega_g$ გადაწყვეტილება მიიღება თუ

$$P(\Omega_g / a_N) = \min R(\Omega_i / a_N) \quad (3)$$

ობიექტები, პროცესები და სიტუაციები ხასიათდებიან სხვადასხვა მახასიათებლების კომპლექტით. ამასთან, სამუშაოს ძირითად ნაწილს წარმოადგენს განსახილველი ობიექტის, პროცესის ან სიტუაციის სახის შექმნა [5].

სახეში იგულისხმება მრავალი განსახილველი წარმოდგენებიდან განზოგადებული, რომელიც შეიცავს ყველაზე მდგრად მახასიათებლებს. კლასიფიკაცია განსაკუთრებულად ეფექტურია იმ შემთხვევაში თუ ის ჩატარებულია საკვლევე ობიექტების პროცესის ძირითადი მახასიათებლების მიხედვით.

წყლის მდინარეთა ჩამონადენის გაქუქყიანების გზები მრავალფეროვანია [6-9].

ჩვეულებრივად, მდინარეებში ნახშიარი წყლების გადადგება იწვევს მათი რეჟიმის ხარისხობრივ და რაოდენობრივ ცვლილებებს. ანთროპოგენური ზემოქმედება ბუნებრივ წყლებზე განსაკუთრებით მკვეთრად მუდავნდება ურბანიზებული ტერიტორიის ფარგლებში, ვინაიდან სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო წყლის ჩანადენსა და მასში შემცველ გამაქუქყიანებელ ნივთიერებებს სხვა კატეგორიის ჩანადენი წყლისაგან განსხვავებით აქვს უშუალო კავშირი მოსახლეობის რაოდენობასთან, წყლის მოხმარების მოცულობასა და სოციალურ-ეკონომიურ წყობასთან.

მიმდინარე საუკუნის შუა პერიოდში მკვეთრად გაიზარდა წყლის გაქუქყიანება სოფლის მეურნეობის წარმოებისა და სამრეწველო ნარჩენებისაგან. განსაკუთრებით გამოირჩევა მესაქონლეობის კომპლექსები, რომელიც იძლევა ბევრ ბიოგენურ ნივთიერებას. ერთი კომპლექსი გათვალისწინებული 10 ათასი სული საქონლის გამოსაკვებად, იძლევა იმდენივე გაქუქყიანებულ ჩამდინარე წყალს, რამდენსაც ქალაქი 100 ათასი მაცხოვრებლით. ასევე რძის, კარაქის, ყველის, შაქრის ქარხნებიდან ჩამდინარე (ნახშიარი) წყლები, გვაძლევენ ორგანული ნარჩენების დიდ რაოდენობას [8,9].

ძლიერ აქუქყიანებს მცირე მდინარეებს სამრეწველო ჩამდინარე წყლებით – ნავთობგადამამუშავებელი, მეტალურგიული, ქიმიური, ცელულოზური ქაღალდის და სხვა სამრეწველო დარგები [7,9]. სამრეწველო წარმოებიდან ჩამდინარე წყლების შემადგენლობაში გარდა შეტივინარებული ნივთიერებებისა იმყოფება ქიმიური შემადგენლობით სრულიად განსხვავებული ნივთიერებები: ორგანული, მწვავე შხამიანი, მკვეთრი სუნისანი, მინერალური შენაერთები და სხვა [9]. ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ ნებისმიერი მრეწველობის დარგის გადაამამუშავებელი წყლები იწვევენ წყლის გაქუქყიანებას ქიმიურად ან ბიოლოგიურად.

მდინარეების გაქუქყიანება მკვეთრად და დამოკიდებული მდინარის აუზში არსებული სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების გამოყენების სახეზე, ვინაიდან ამ ფართობებზე დიდი რაოდენობით იყენებენ ქიმიურ სასუქებსა და პესტიციდებს; სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ნიადაგიდან სასუქები და პესტიციდები ზედაპირულ წყლებში და კერძოდ მდინარეებში ხვდებიან ქარის მიერ გადატანილი მტერის სახით, წვიმისა და თოვლის დნობის დროს წარმოქმნილი ზედაპირული წყლის ნაკადების საშუალებით, მორწყვის დროს ქარბი წყლის გადადგებით.

მდინარეების გაქუქყიანება დამოკიდებულია თვით მდინარის 95% უზრუნველყოფით წლიურ ჩამონადენზე. ცნობილია, რომ 1 მ³ გაუსუფთავებელი ჩამდინარე წყლით ფუჭდება 40-60 მ³ ბუნებრივი სუფთა წყალი, ხოლო ის ჩამდინარე წყლებიც კი, რომლებიც სრული გაწმენდის შემდეგ უზრუნველნიან წყლის ობიექტებს, მოითხოვენ სუფთა წყლის არანაკლებ 15-ჯერად განზავებას, რათა არ დაირღვეს პირველი წყაროს ბუნებრივი ხარისხი და ის გამოსადეგი დარჩეს გამოსაყენებლად [11].

ზემოთ აღნიშნულის გამო მდინარის ეკოლოგიური მდგომარეობა შეიძლება გამოვსახოთ ვექტორის საშუალებით $x = \{x_1, x_2, \dots, x_6\}$, რომლის კომპონენტებიც არის სრულიად განსხვავებული მახასიათებლები იმ ძირითადი ფაქტორების ამსახველი რიცხვები, რომელთა საშუალებით შეიძლება მდინარეთა ეკოლოგიური მდგომარეობის



შეფასება: x_1 - მოსახლეობის სიმჭიდროვე მდინარის აუზში, x_2 - მდინარის ჩაონადენი 95% უზრუნველყოფით, x_3 - მესაქონლეობის კომპლექსის ხვედრითი რაოდენობა მდინარის აუზში, x_4 - სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ხვედრითი ფართობი მდინარის აუზში, x_5 და x_6 - შესაბამისად სასურსათო და სამრეწველო წარმოების ობიექტთა ხვედრითი რაოდენობა მდინარის აუზში.

მდინარის ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად მდინარეთა კლასიფიკაციისათვის ვუშვებთ, რომ ყველა არსებული მცირე მდინარე წყლის გაქუჩყიანების ინდექსის მიხედვით იყოფა შვიდ კლასად (ცხრ.).

ცხრილი

მდინარეთა კლასიფიკაცია წყლის გაქუჩყიანების ინდექსის მიხედვით (წ.გ.ი.) (II).

მდინარეთა კლასი	სიტყვიერი აღწერა	წყლის გაქუჩყიანების ინდექსი (წ.გ.ი.)
პირველი	ძალიან სუფთა	$\leq 0,3$
მეორე	სუფთა	[0,3; 1]
მესამე	ზომიერად გაქუჩყიანებული	[1; 2,5]
მეოთხე	გაქუჩყიანებული	[2,5; 4]
მეხუთე	ქუჩყიანი	[4; 6]
მეექვსე	ძალიან ქუჩყიანი	[6; 10]
შეშვდი	ზედმიწვევით ქუჩყიანი	< 10

კომპონენტების რიცხვითი მნიშვნელობა განისაზღვრება ექსპერიმენტული მონაცემების შეგროვებით. ისინი განსხვავებულნი არიან მდინარეთა ეკოლოგიური მდგომარეობის არაერთგვაროვნებისა და აგრეთვე შეუსწავლელი ფაქტორების ზემოქმედების გამო. რიცხვითი მონაცემები დამუშავებულია ალბათობის თეორიის და მათემატიკური სტატისტიკის საფუძველზე ელექტროგამომთვლელ მანქანაზე. დადგენილია ექვსივე კომპონენტისათვის საშუალო მნიშვნელობები $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_6$ და საშუალო კვადრატული გადახრები $\sigma^2(x_1), \sigma^2(x_2), \dots, \sigma^2(x_6)$ თითოეული კლასისათვის თითოეულ ფაქტორზე ცალ-ცალკე.

ამის შემდეგ, თუ მოცემული იქნება განსახილველი მდინარის ექვსივე კომპონენტი x_1, x_2, \dots, x_6 მდინარის ეკოლოგიური მდგომარეობის ძირითადი ფაქტორების ამსახველი რიცხვები, შეიძლება ბიეისის მეთოდით განვსაზღვროთ თუ რომელ კლასს მიეკუთვნება მოცემული მდინარე.

გვულისხმობთ, რომ $x = \{x_1, x_2, \dots, x_6\}$ ვექტორის კომპონენტები ურთიერთდამოუკიდებელი ცვლადებია, თითოეული კომპონენტისათვის ალბათობის განაწილების კანონი ნორმალური განაწილების კანონს ემორჩილება, მაშინ x_i ვექტორის x_{ij} მნიშვნელობა შეიძლება მოხდეს ალბათობით [2,3,5].

$$P(x_{ij}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(x_i)} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{x_{ij} - M(x_{ij})}{\sigma(x_i)} \right]^2 \right\}, \quad (4)$$

სადაც $\sigma(x_i)$ საშუალო კვადრატული გადახრაა, ხოლო $M(x_{ij})$ - მათემატიკური ლოდინი და ეს პარამეტრები სრულიად განსაზღვრავს ნორმალური განაწილების სახეს.

კომპონენტების ურთიერთდამოუკიდებლობის გამო რთული ხდომილობის ალბათობა ტოლია ცალკეული ხდომილობების ალბათობათა ნამრავლისა.

$$P_i(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = P_{i1}P_{i2}P_{i3}P_{i4}P_{i5}P_{i6}, \quad (5)$$

სადაც i შეესაბამება მდინარის კლასს.

ვითვლით აპრიორულ ალბათობებს. აპრიორული ალბათობები ამორჩევის პროცესში ლობის თანახმად ტოლია

$$P(\Omega_i) = \frac{N_i}{N}, \quad (6)$$

სადაც $N = \sum_{i=1}^m N_i$ შესწავლილ მდინარეთა საერთო რაოდენობაა ყველა კლასში.

N_i - ობიექტთა (მდინარეთა) რაოდენობა i კლასში, ჩვენი შემთხვევისათვის $i = 1, 2, \dots, 7$.
ვაპოულობთ

$$P(\Omega_i/a_N) = P_i(x_1, x_2, \dots, x_6)P(\Omega_i) \quad (7)$$

პირობითი ალბათობის მნიშვნელობებს, რომლებიც წარმოადგენენ გარჩევით ფუნქციას, რომელი i - ც აღმოჩნდება უდიდესი, იმ კლასს მიეკუთვნება განსაზღვრული მდინარე.

ამრიგად, სახეთა გარჩევის თეორიის საფუძველზე შედგენილია მდინარეთა კლასიფიკაციის პრინციპული სქემა, რომლის საშუალებითაც, თუ მოცემული იქნება მდინარის ძირითადი ეკოლოგიური მაჩვენებლები: მდინარის აუზში არსებული მოსახლეობის რაოდენობა, მდინარის წლიური ჩამონადენი 95% უზრუნველყოფით, მდინარის აუზში: მესაქონლეობის მსხვილი კომპლექსის ხვედრითი რაოდენობა, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ხვედრითი ფართობი, სასურსათო და სამრეწველო წარმოების ობიექტთა ხვედრითი რაოდენობები ცალ-ცალკე, შეიძლება განვსაზღვროთ, თუ რომელ კლასს მიეკუთვნება მოცემული მდინარე. ეს მიდგომა შეიძლება გავრცელდეს ანალოგიური ამოცანების შემთხვევაში.

მოცემული სქემის უპირატესობაა ის, რომ ნებისმიერი მდინარის კლასის განსაზღვრისათვის არაა საჭირო მასზე მონიტორინგის სისტემების შექმნა, არამედ საკმარისია ვიცოდეთ მხოლოდ ამ მდინარის ზემოთ ჩამოთვლილი ძირითადი ეკოლოგიური მაჩვენებლები.

მდინარის კლასის განსაზღვრა - გაჭუჭყიანების დონისა და გაძლიერებული საშიში ზემოქმედების ადგილის გამოძღვლენება შეიძლება გამოვიყენოთ: სხვადასხვა რეგიონებში სამეურნეო დარგების განვითარების დასაგეგმად მისი ეკოლოგიური რეზერვის გათვალისწინებით, ტექნიკური ზომების მისაღებად გაჭუჭყიანების აღსაკვეთად, გადაგდებული (ნახმარი) წყლის გაწმენდისა და გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების გადაგდების სქემის შესაღვენად.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
წყალთა მეურნეობისა და საინჟინრო
ეკოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Ц.Е.Мирицхулава. О надежности крупных каналов. М., 1981, 107.
2. Ц.Е.Мирицхулава. Основы физики и механики эрозии русел. Л., 1988, 141-147.
3. Л.Д.Пурцеладзе. Материали конференции и совещаний по гидромеханике. Оценки и обеспечение надежности гидромеханических сооружений. Л., 1981, 130-133.
4. К. В. Фукунала. Введение в статистическую теорию распознавания образов. М., 1979.
5. Дж.Ту, Р.Гонсалес. Принципы распознавания образов. М., 1978.
6. С.Л.Вендров. Жизнь наших рек. Л., 1986.
7. Р.Фюрон. Проблема воды на земном шаре. Л., 1986.
8. К.С.Лосев. Вода. Л., 1989.
9. Справочник по гидрохимии, под редакцией д. г.- м. н. А.М.Никанорова, Л., 1989.

10. ვერისთავი, ა. დანელია, რ. აღასანიძე, ლ. არბიჯიანი. გარემოს გაჭუჭყიანების წყაროები და მათი ლიკვიდაციის ტექნიკური ღონისძიებები. თბილისი, 1985.
11. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. М., 1988.



მ.ციხეშვილი, თ.შაველიძე

ტრანსდენტური ფიქსაციის აქტუალური მიმოხილვა

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. დეკანოზიძემ 14.07.1997

ტრანსდენტური ფიქსაციის მეთოდი მცირე ოპერაციული ჩარევისას, ფესვის ხელოვნური დაგრძელების გზით, წვირის იმავდროულად ძვალში ჩამაგრებით, ხშირად ძლიერ დაზიანებული კბილის შენარჩუნების შესაძლებლობას იძლევა. ტრანსფიქსაციის ჩვენებას წარმოადგენს: კბილის ტრავმული დაზიანებანი-აპექსური და მარგინული ოსტეოლიზი, აგრეთვე ფესვის რეზორბცია. თანამედროვე წვირების სისტემებს უნდა გააჩნდეთ შემდეგი თვისებები: ბიოლოგიური შეთავსებისა და მექანიკური სიმტკიცის მაღალი დონის გარდა გამოყენებულმა ტრანსდენტურმა წვირებმა, უპირველეს ყოვლისა, უნდა უზრუნველყონ ბაქტერიებისადმი შეუღწევადი დახურვა ნეოაპექსთან. შემდგომი კრიტერიუმია შეძლებისამებრ უნივერსალური გამოყენების სპექტრი, კარგი საპროთეზო ინტეგრაციის უნარი და ინსტრუმენტთა სტანდარტიზაცია. ამჟამად ბაზარზე არსებული წვირების სისტემებიდან მხოლოდ სამი – ZWK – სისტემა, ბიცილინ-დრულ-კონუსური სისტემა და Biolox- სისტემა აკმაყოფილებს ყველა წამოყენებულ მოთხოვნას.

ტრანსდენტური ფიქსაციის იდეა, რომელიც შესაძლებელს ხდის ფესვის მექანიკურ დაგრძელებასთან ერთად ბრუნვის წერტილის აპიკალურად გადანაცვლებას კბილის ექსტრააქსიალური დატვირთვისას, უკვე შედარებით მოძველებულია. ჯერ კიდევ 50-იანი წლების შუა პერიოდში ბრუნომ [1] აღწერა პირველი ტრანსფიქსაციური მეთოდი. თითქმის ამავე პერიოდში შტეგმანმა [2] დრუნდენში წარმოადგინა თავისი წვირისანი ქანჭიკი, რომლის დახმარებითაც შესაძლებელია აპიკალურად ძლიერ დამოკლებული ან პაროდონტალურად მორყეული ფრონტალური კბილების შემდგომი სტაბილიზება. ახლად განვითარებულმა წვირების სისტემამ ბიოლოგიურად შეთავსებადი მასალისაგან, აგრეთვე შედარებით მცირე ოპერაციულმა დანახარჯებმა, ინტერესის საგნად აქცია ტრანსდენტური ფიქსაცია, რომელიც როგორც ენდოდენტურ-ენდოსალური მეთოდი, რომლის დროსაც ადგილი არა აქვს ექტოდენტური ინტეგრაციის დაზიანებას, მიეკუთვნება ჩაკეტილი იმპლანტაციის მეთოდთა რიცხვს [3].

ჩვენი სამუშაოს მიზანი იყო ტრანსდენტური ფიქსაციის აქტუალურ ჩვენებათა სპექტრის წარმოდგენა; თანამედროვე წვირების სისტემებისათვის საჭირო თვისებების განსაზღვრა და ამ კრიტერიუმების საფუძველზე ხმარებაში მყოფი ტრანსფიქსაციური სისტემების კრიტიკული განხილვა და შეფასება.

ტრანსდენტური ფიქსაციის ჩვენება. კბილების დაზიანება. კბილების ტრავმული დაზიანება შემოიფარგლება არსებითად ზედა და ქვედა ყბის ფრონტალური კბილებით. ამასთან, კბილების მორყევა გვირგვინის მოტეხვასთან ერთად წარმოადგენს დაზიანების უხშირეს ნიშნულს [4]. მაშინ, როდესაც ტოტალური ლუქსაციისა და ძლიერად დისლოცირებული ფესვის მოტეხილობის დროს გამოიყენებოდა კერამიკული წვირის რეპლანტაცია [5], ტრანსდენტური ფიქსაციის გზით აპიკალური ფრაგმენტის ერთდროული მოცილებით, შესაძლებელია, არადისლოცირებული ან მხოლოდ ზომიერად დისლოცირებული ფესვის აპიკალურ მესამედში მოტეხილობის დროს, არხის საიმედოდ დაბეჭენის და მოკმედი სტაბილიზაციის მიღწევა [6].

აპექსური ოსტეოლიზი. პირველ რიგში საქმე ეხება გავრცელებულ აპიკალურ გრანულომას და რადიკულურ ცისტებს, გამოწვეულს ნეკროზულ-ინფექციური პულ-



სურ. 1.

პის ქსოვილით, რომლებიც განლაგდება ფესვის მწვერვალისა და მთავარ-
ლურად ან ლატერალურად და, რომელსაც პერირადიკულური ძვლოვანი
ქსოვილის რეზორბციის გზით შეუძლია გამოიწვიოს შესაბამისი კბილის
სტაბილიზაციის მნიშვნელოვანი დაკარგვა ტრადიციული აპექტომიის
შედეგად [7] (სურ. 1)

მარგინული ოსტეოლიზი. პროგრესირებადი მარგინული პაროდონ-
ტოპათიის დროს ხშირად ადგილი აქვს პროთეზირებისათვის მნიშვნელო-
ვანი კბილების მორყევას. რამდენადაც ჭერ კიდევ სახეზეა ალვეოლური
ნაწილის საკმარისი ვერტიკალური განზომილება და არ ვლინდება ძვლოვანი ქსოვი-
ლის ზიზის კავშირი Regio apicalis-თან, იმდენად შესაძლებელია პაროდონტურ-ქი-
რურგიულ სანაციასთან ერთად კბილის დროებითი შენარჩუნება ტრანსდენტური
ფიქსაციის მეთოდით. შიდა არტაშანის გზით ფესვის ინტრაალვეოლური ნაწილი
მნიშვნელოვნად გრძელდება და პაროდონტურად დასუსტებული კბილი ფიზიოლოგი-
ური საკუთარი ძვრადობის შენარჩუნებით სტაბილიზდება [7].

ფესვის რეზორბცია. სხვადასხვა გენეზის ფესვის რეზორბციის შედეგად, მაგ. ყბის
ფორსირებული ორთოპედიული მკურნალობის შედეგად განვითარებული კბილების
გაღიანაცვლების გამო ან პოსტტრავმულად, თუ ადგილი აქვს კბილის მორყევას, დრო-
ული ტრანსდენტური ფიქსირების გზით შესაძლებელია საშუალო ან ხანგრძლივი ვა-
ლით ასეთი კბილების შენარჩუნების მიღწევა [4].

საკვირო თვისებები. ბიოლოგიური შეთავსება. მხოლოდ მაღალი ბიოლოგიური
ამტანობისა და კოროზიისადმი მდგრადი მასალების გამოყენებითაა შესაძლებელი გა-
ურთულებელი შეხორცება ოპერაციის შემდგომ. ამასთანავე, კონტაქტური ოსტეოგე-
ნეზი მოსალოდნელია არა ტრანსფიქსაციური წვირის ოსტეოინტეგრაციით, არამედ -
კბილის ფიზიოლოგიური ძვრადობის საფუძველზე ფსევდოპაროდონტური შემეგრთე-
ბელი ქსოვილის წარმოქმნით [4]. დღეისათვის გამოსადეგ მასალებად მიჩნეულია ისეთი
მეტალები, როგორცაა კობალტ-ფუძე შენადნობი, ტიტანი და ტანტალი ან ძლიერ
ნაწრთობი Al_2O_3 - კერამიკა [8,9].

მექანიკური სიმტკიცე. რადგან ინკორპორირებული ტრანსფიქსაციური წვირის
არცთუ უმნიშვნელო ნაწილმა ოკლუზიისა და არტიკულაციისას განვითარებული ძა-
ლები უნდა მიიღოს, მას მოეთხოვება ზეწოლისა და გაღუნვისადმი მდგრადობის მაღა-
ლი ზღურბლი, რათა მცირეკალიბრიანი განზომილების მიუხედავად თავიდან იქნეს
აცილებული გადატვირთვის შედეგად განვითარებული წვირის გადატეხის ადრეული
არასასურველი შედეგი. ამ სექტორში ლითონის გამოყენება კერამიკულ მასალაზე გა-
ცილებით უმჯობესია, თავისი დაბალი ელასტიკურობის მოდულისა და ამასთანავე გა-
ღუნვისადმი მაღალი მდგრადობის საფუძველზე.

შეუღწევადი დახურვა ნეოაპექსთან. ხანგრძლივი შედეგისათვის, გარდა ფესვის
არხის საბუნებრივ მასალის ქსოვილებთან კარგად შეთვისებისა, უპირველეს ყოვლისა, გა-
დამწყვეტია ფესვის არხის ბუნების ბაქტერიებისათვის შეუღწევადი დახურვა ნეოაპექ-
სის არეში. ეს უკეთ მიიღწევა სტანდარტული წვირის კონუსისებური კონფიგურაციით,
რომელიც უზრუნველყოფს განსაზღვრული მოჭიდების შესაბამისობის მიღწევას
წვირისა და სტანდარტული ზორით დამუშავებულ არხს შორის [10,11].

უნივერსალობა. მხოლოდ ტრანსფიქსაციური სისტემა, რომელიც საკმარისი სიგ-
რძივი ვარიაბილობასა და განსხვავებული კალიბრის სისქის წვირების ვარიანტებს მო-
იცავს, ხშირად ძლიერ დიფერენცირებული ენდოდონტიურ-ანატომიური მონაცემების
გათვალისწინების უფლებას იძლევა. ამასთან გასახსენებელია, ერთი მხრივ, ახალგაზრ-
დის ზედა ფრონტალური კბილის ხშირად უკიდურესად განიერი პულპური ღრუ და,
მეორე მხრივ, მინიმალური პულპური ღრუს მქონე ქვედა ფრონტალური კბილების
ქვიშის საათის ფორმის ფესვის განივკვეთი [12].

ცხრილი

გავრცელებული წყირების სისტემის მიმოხილვა და მათი თვისებები

სისტემები	მასალა	წყირის ღიზაინი	ბიოლოგიური შეთავსება	მექანიკურ ი სიმტკიცე	მკვრივი დაზურვა	უნივერ- სალობა	საპროტეზო ინტეგრირების უნარი	ინსტრუმენტთა ნორმირება
ენდოდონტური სტაბილიზატორი	ტიტანი	ცილინდრული ზრახნი	ძალიან კარგი	კარგი	არადამაკმაფ.	არა	კარგი	კარგი
Tisa – წყირის სისტემა	ტიტანი	კონუსური ფირფიტები	ძალიან კარგი	ზომიერი (კარგი)	არადამაკმაფ.	ღიახ	კარგი	კარგი
UTS – სისტემა	ტიტანი	ცილინდრული ზრახნი	ძალიან კარგი	კარგი	არასაიმედო	ღიახ	კარგი	კარგი
ტრანსფიქსაციური სისტემა Wirz-ის მიხედვით	CoCr-ფუძე შენადნობი	ცილინდრული გლუვი/ზრახნი	ძალიან კარგი	კარგი	არასაიმედო	ღიახ	ზომიერი (კარგი)	ძალიან კარგი
ZWK – სისტემა	ტიტანი	კონუსური გლუვი	ძალიან კარგი	კარგი	საიმედო	ღიახ	ძალიან კარგი	ძალიან კარგი
ბიცილინდრულ-კონუსური მასტაბილიზებული წყირი	ტიტანი	ბიცილინდრულ- კონუსური გლუვი	ძალიან კარგი	კარგი	საიმედო	ღიახ	კარგი	ძალიან კარგი
Biolox – წყირის სისტემა	Al ₂ O ₃	კონუსური გლუვი	ძალიან კარგი	კარგი	საიმედო	ღიახ	კარგი	ძალიან კარგი



საპროთეზო ინტეგრაციის უნარი. ტრანსფიქსაციური წკირი ამავე დროს გამოიყენება, როგორც წკირი აღსადგენი კბილისათვის. იგი მაღალი ბრუნვის სტაბილურობისა და შეტანილი აღსადგენი საბუნებრივ მასალისათვის შექმნილი ოპტიმალური რეტენციის გზით უნდა აადვილებდეს საპროთეზო სუპრაკონსტრუქციის მიერთებას.

ინსტრუმენტთა სტანდარტიზაცია. გამოყენებულ ინსტრუმენტებს, გარდა ადვილი მოხმარების უნარიანობისა, უნდა გააჩნდეს განსაზღვრული შესაბამისობა (კონგრუენტულობა) სტანდარტულ ბორებთან, საზომ ზონდებსა და წკირებთან, რათა მიღწეულ იქნეს პირველადი მორგება და რეტენცია, და ამით ცემენტებისა და საფიქსაციო მასალებისათვის რაც შეიძლება მცირე ადგილი დარჩეს.



სურ. 2.

შემოთავაზებული სისტემები. ენდოდონტური სტაბილიზატორი. ტიტანისაგან დამზადებულ ცილინდრულ ხრახნისებურ ღეროებს (ე.წ. Osteolox™ - Profil) ISO-ზომით 115 ან 170, აქვთ ერთგვაროვანი სიგრძე. ისინი გაყიდვაშია, როგორც ენდოდონტური სტაბილიზატორის გარეშე, ასევე სტაბილიზატორ-ღერძის კომბინაციით კორონარულ აღდგენასთან. ინსტრუმენტებად მოწოდებულია 2 ხელის და 2 მანქანური არხის დასამუშავებელი ბორი, ISO-ზომით 90 ან 120, აგრეთვე 2 ძვლოვანი ქსოვილის დასამუშავებელი ბორი ISO-ზომით 115 ან 170. სათაღარიგო რენტგენოკონტრასტულმა შაბლონმა უნდა გაადვილოს წკირის დამაგრება იმავდროული აპექტომიის გარეშე (სურ. 2).

Tisa-წკირის-სისტემა. ტიტანისაგან დამზადებული და ფერით მონიშნული კონუსური ფესვის წკირებს გააჩნიათ წკირის სამ მეოთხედზე (საქრელი ზონა) სიგრძივი ღერძისადმი განივად განლაგებული ფირფიტოვანი სტრუქტურები, რომლებიც წკირის წვრილ ბოლოზე სულ უფრო მეტადაა გამოხატული. კორონარულ ნაწილში მას უერთდება გლუვი ან მოლუნული ზონა, რომელიც ბრტყელი თავით ბოლოვდება. შემოთავაზებულია Tisa-წკირი (თავის გარეშე) შენარჩუნებისუნარიანი კბილის გვირგვინისთვის ISO-ზომით 100-დან 160-მდე და ტიზადენტი (თავით) კბილის დაშლილი გვირგვინის შემთხვევაში გამოყენებისათვის, ISO-ზომით 130-დან 180-მდე შესაბამისი სიგრძივი ვარიანტებით.

ინსტრუმენტთა სისტემა შედგება ფესვის მწვერვალის სტანდარტული კონუსური გამაგანირებლებისაგან ISO-ზომით 100-დან 140-მდე, აგრეთვე Tisa-სპეციალური მაშებისაგან. განსაკუთრებულია Tisa-ქლიბვის ტექნიკა [13]: საქრელი ზონის ფირფიტოვანი სტრუქტურის საშუალებით ინსტრუმენტის წინ და უკან მოძრაობის გზით მარჯვნივ და მარცხნივ მცირე ბრუნვით მოძრაობით, მიღწეულ უნდა იქნეს დენტინის გამოფხეკა და არხოვანი ღრუს გაქლიბვა. საქრელი ზონის ნაწილს, რომელიც სცილდება ნეოაპექსს, ეწოდება ტრანსდენტური ფიქსაციის ზონა და ამ მეთოდის დროს იგი წინასწარი დაბურღვის შემდეგ ძვალში უნდა ჩაიქლიბოს.

UTS-სისტემა. ტიტანისაგან წარმოებული ტრანსფიქსაციური იმპლანტატი გამოირჩევა თავისი ცილინდრული და გამავალი თვითმჭრელი ხრახნილი ნაჭდევით აღჭურვილი წკირის ზედაპირით. ისინი არსებობენ 1,2; 1,6 ან 2,0 მმ დიამეტრის, ერთიანი სიგრძის დეკაპიტირებული კბილის გვირგვინის აღსადგენად მოწოდებულია განსხვავებული დიამეტრისა და 4,5 და 7 მმ სიგრძის ე. წ. ზემოდან მოსაქერი ტრანსფიქსაციური თავი გამავალი შიდა ხრახნილი ამონაჭდევით.

ინსტრუმენტებიდან გამოიყენება ცილინდრული მანქანის ბორი 1,2; 1,6 ან 2,0 მმ დიამეტრის მოკლე და გრძელტარიანი ვარიანტები. სისტემის დამატებით კომპონენტებად მოწოდებულია იმპლანტატის დიამეტრის შესაბამისი მოსაბრუნებელი ქანჩის გასაღები, მოსაქერ თავს მორგებადი ფრეზი, აგრეთვე თავის უნივერსალური ქანჩის გასაღები.



ტრანსფიქსაციური სისტემა Wirz-ის მიხედვით. ცილინდრული ტრანსფიქსაციური ხრახნი, რომელიც ინტერდენტალურ ნაწილში გლუვკედლიანია და კორონარულ ლად რეტენცია არ გააჩნია, აპიკალურ-ტრანსდენტური წკირის ბოლოში თვითმპრე-ლი ხრახნილი ნაქდევითაა წარმოდგენილი. ისინი მზადდება Syntacoben-გან, კობალტ-ქრომის შენადნობისაგან, დიამეტრით 1,2; 1,4 ან 1,7 მმ, სიგრძით – 15, 20, 25 და 36 მმ. იმ დროს, როცა მოკლე ტრანსფიქსაციური ხრახნი წკირზე შემდგომი ინდივიდუალური აღდგენისთვისაა გათვალისწინებული, შესაძლებელია, რომ გრძელი ვარიანტი პლასტიკური მასალისაგან აღსადგენი ბეჭენის მისაღებად იქნეს გამოყენებული.

Wirz-ის ინსტრუმენტთა რიცხვს, სპირალურ ბორებთან ერთად, რომლებიც არსებობენ 1,2; 1,4 ან 1,7 მმ დიამეტრის მოკლე და გრძელტარიანი ვარიანტებით, მიეკუთვნება თითოეული დიამეტრის ვარიანტისათვის კიდურა ქანჩის გასაღები, სახრახნისი, ცენტრირებადი მასრები, აგრეთვე სამმაგი ჩაქედვის ქანჩის გასაღები და საზომი, ხრახნის დიამეტრის განსაზღვრისათვის.

ZWK-სისტემა. ტიტანისაგან დამზადებული, კონუსურ-გლუვი ფესვის წკირი 1,8 და 2,3 მმ დიამეტრით კორონარულ ნაწილში წარმოდგენილია ხრახნილი ნაქდევით გვირგვინის აღსადგენი მოსაქერი მასრისათვის. ის გაყიდვაშია მოკლე ან გამავალი შიდა ხრახნილი ნაქდევით და ავლენს წკირების საერთო სიგრძის ვარიანტილობას 14-დან 28 მმ-მდე.

ინსტრუმენტთა სისტემა შედგება 2 ფესვის არხის კონუსური შიდა გაგრილებადი ფრეზისაგან, დიამეტრით 1,8 და 2,3 მმ. დამატებით განკარგულდება შიდა ერთი საპროექტო ფრეზი, 2 ქანჩის გასაღები და 1 მასრის მოსაბრუნებელი ქანჩის გასაღები.



სურ. 3.



სურ. 4.

ბიცილინდრულ-კონუსური მასტაბილიზებელი წკირი. ორივე, ცილინდრულ ნაწილში 1,1 ან 1,3 მმ სისქისა და ტიტანისაგან დამზადებული ბიცილინდრულ-კონუსური ტრანსფიქსაციური წკირი შედგება სამი ნაწილისაგან: 1. ინტერდენტალური ნაწილი, რომელიც წკირზე აღსადგენი პლასტიკური საბეჭენი მასალის რეტენციითაა წარმოდგენილი, 2. კონუსური ნაწილი, რომელიც ნეოაპექსის არეში პირველადი მოჭიდების გზით გარანტირებულ მკვრივ დახურვას უზრუნველყოფს, და 3. აპიკალური ინტრაოსალური ნაწილი, რომელიც შესაძლებელს ხდის ძვლოვან ქსოვილში ტრანსდენტურ ფიქსაციას კონუსის დაგრძელებით (სურ. 3).

ინსტრუმენტთა სისტემა შედგება 4 ნორმალური ან გრძელტარიანი ცილინდრული ბორისაგან, დიამეტრით 0,8; 1,0; 1,2 და 1,4 მმ. აგრეთვე არხის კონუსურ ფინირებისაგან დაპროექტებული ბოლოთი და თავით, დიამეტრით 0,7; 0,9; 1,1 და 1,3 მმ. იოლი და უსაფრთხო აპლოკაციისათვის დამატებით განკარგულდება შიდა ბორები და ფინირები მანუალური გამოყენებისათვის, აგრეთვე ზუსტი შესაბამისობის კონუსური საზომი ზონდები (სურ. 4).

BioloX-სისტემა. ცილინდრულ-კონუსური ტრანსფიქსაციური წკირი მზადდება პოლიკრისტალური Al_2O_3 – კერამიკისაგან დიამეტრით 2,2; 2,5; 3,0 ან 3,25 მმ, ერთია-

ნი სიგრძით – 30 მმ. შემდგომ განვითარებას წარმოადგენს მონოკრისტალური კისაგან დამზადებული და სტრუქტურულზედაპირიანი Saphilox-წკირი (სურ. 5), რომელიც პოლიკრისტალურ ვარიანტთან შედარებით, მასალის ორმაგად მაღალი სიმტკიცის საფუძველზე, წკირის დიამეტრის 1,62 მმ-მდე შემცირების საშუალებას იძლევა. რადგან 30 მმ სიგრძის წკირი ფესვის არხის ინსტრუმენტებთან ISO-ზომით 130, ფორმით იდენტურია, მისთვის საჭირო არ არის დამატებითი ინსტრუმენტები.



სურ. 5.



სურ. 6.

ინსტრუმენტთა სისტემა პოლიკრისტალური წკირისათვის შედგება 4 შიდა გაგრილებადი კონუსური ბორისაგან, დიამეტრით 2,2; 2,5; 3,0 ან 3,25 მმ (სურ. 6).

პრინციპული ოპერაციული მოქმედებისათვის აღსანიშნავია, რომ ტრანსლენტური ფიქსაცია ყოველთვის აპექტომიასთან უნდა იყოს შერწყმული, რათა ძვალში წკირის საკმარისი ტრანსპიკალური გამაგრება პირდაპირი ხედვით ქვეშ იქნეს მიღწეული და გასამაგრებელი ცემენტის ნარჩენი საფუძვლიანად იქნეს მოცილებული [14]. შემოთავაზებული სისტემებიდან მხოლოდ ZWK-სისტემა, ბიცილინდრულ-კონუსური წკირების სისტემა და BioloX-სისტემა ასრულებს ყველა განსაზღვრულ მოთხოვნას, რომელიც მოწოდებულია თანამედროვე ტრანსფიქსაციურ ინსტრუმენტთა ნაკრებში.

იმ შემთხვევაში, თუ ღირს გვირგვინის შენარჩუნება, მცირეკალიბრიანი ტიტანის წკირი, რომელიც შეიძლება ჩაიდგას, უმთავრეს შემთხვევაში, საჭრელი კიდის შენარჩუნებით, წარმოადგენს არჩევანის საშუალებას. გარდა ამისა, ვიწრო აპიკალური ბაზისის შემთხვევაში, თუ გვაქვს ტრანსფიქსაციური წკირის დახრილობის კუთხე, ხშირად შესაძლებელია აგრეთვე საკმარისი ძვლოვანი ჩაძირვა [7]. ამისაგან განსხვავებით, Al₂O₃ წკირის შემთხვევაში, მასალით განპირობებული კალიბრის დიდი ზომის საფუძველზე, როგორც წესი, საჭიროა კლინიკური გვირგვინის სრული მოცილება. მეორე მხრივ, ამ წკირების შემთხვევაში შესაძლებელია სტაბილური განზომილების გვირგვინის დაშენება [15].

ბოლოს მოხსენიებული ორივე სისტემა – ბიცილინდრულ-კონუსური წკირებისა და BioloX – სისტემა – 1987 წლიდან გამოიყენება რუტინულად მიუნხენის ყბის ქირურგიული პოლიკლინიკის კლინიკურ პრაქტიკაში და დღემდე მათ გარანტირებული წარმატება აქვთ.

მიუნხენის უნივერსიტეტი
პირის ღრუსა და ყბა-სახის ქირურგიის
კლინიკა და პოლიკლინიკა

ლიტერატურა

1. J.A.Bruno. Rev. Cient Odontol, Urug 8, 1954, 251.
2. G.Staegemann. Dtsch Zahnartzl, Z. 12, 1959, 12.
3. J.Wirz. Schweiz. Monatsschr. Zahnmed 95, 1985, 853.
4. J.O.Andreasen. Schlutersche Verlagsanstalt, Hannover 1988. 1977, 311.
5. G.H.Nentwig. Dtsch. Zahnartzl. Z. 43, 1988, 357.
6. B.Schramm-Scherer, P.Tetsch, S.Trippler, U.Bruderle. Dtsch Zahnartzl. Z. 42, 1987, 302.

7. *J.Lentrod, J.Schmid, G.H.Bull.* Dtsch Zahnarztl. Z. 32, 1977, 311.
8. *V.Strunz.* Medizinische Habilitationsschrift, Freie Universitat Berlin, Berlin, 1983.
9. *W.Wagner, H.Rixecker.* Fortschr. Zahnarztl. Implantol, 1, 1985, 143.
10. *H.Niederdelmann, G.Krekeler, E.Kaupp.* ZWR 85, 1976, 776.
11. *W.Schilli, H.Niederdelmann, G.Krekeler.* Dtsch. Zahnarztl. Z., 33, 1978, 290.
12. *W.Meyer.* Dtsch. Zahnarztl. Z., 35, 1970, 1064.
13. *R.Hahn.* Quintessenz 38, 1987, 1463.
14. *P.Tetsch.* Wurzelspitzenresktionen. Hanser, Munchen, 1986.
15. *P.A.Ehrl, E.Dorre.* Fortschr. Zahnarztl. Implantol 1, 1985, 192.
16. *H.Rixecker, W.Schilli.* Dtsch. Zahnarztl. Z., 42, 1987, 299.



ბ.მიტაბერიძე, ბ.გონჯილაშვილი, ა.მიტაბერიძე

Nd:YAG ლაზერით შედუღებული ღვიძლის ჭრილობების მქანის სიმბიოზის ცვლილება ოპერაციის შემდგომ პერიოდში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ.ტატიშვილმა 17.07.1997

დაზიანებული პარენქიმული ორგანოების ოპერაციული მკურნალობა თანამედროვე აბდომინალური ქირურგიის ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს. ამ ორგანოებზე ოპერირებისას საიმედო ჰემოსტაზის პრობლემა ხშირ შემთხვევაში დღესაც გადაუჭრელია და ამგვარად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ოპერირების ახალი, უფრო საიმედო მეთოდების ძიებას.

უკანასკნელი წლების განმავლობაში სულ უფრო მეტი ყურადღება ეთმობა ლაზერით ბიოლოგიური ქსოვილების შეერთების შესაძლებლობის შესწავლას. თუმცა ცოტა შრომები, სადაც განხილული იქნებოდა ამ მეთოდის ხარისხობრივი მახასიათებლები და პოტენციური შესაძლებლობები ოპერაციის შემდგომი გართულებების შემცირების თვალსაზრისით. ლაზერული შედუღების მექანიზმის შესახებ საკითხი დღესაც ღია რჩება.

ჩვენი ექსპერიმენტული კვლევის ძირითად მიზანს წარმოადგენდა ღვიძლის ჭრილობების ჰერმეტიზაციისთვის ლაზერული შედუღების გამოყენების შესაძლებლობების ექსპერიმენტული შესწავლა. შინშილას ჯიშის ორივე სქესის 46 ბოცვერზე გაკეთდა მწვავე და ქრონიკული ექსპერიმენტები. მწვავე ექსპერიმენტებში ვსწავლობდით ლაზერული შედუღების ოპტიმალურ პარამეტრებს, რომლებიც უზრუნველყოფდნენ შედუღებითი ნაკერის ყველაზე მაღალ სიმტკიცეს [1].

ლაზერული შედუღება წარმოებდა ორი გზით. ერთ შემთხვევაში ვახდენდით ჭრილობის ზედაპირების სისქეში შედუღებას ჭრილობის სიბრტყის გასწვრივ. ხოლო მეორე შემთხვევაში ღვიძლის დიაფრაგმულ და ვისცერულ ზედაპირზე, ჭრილობის პროექციაზე ლაზერის სხივის გადატარებით ვაწარმოებდით ზედაპირულ შედუღებას. ამრობირებული იყო 1-დან 10 ვატამდე სიმძლავრეებზე ლაზერული შედუღება. ოპერირებას ვახდენდით Nd:YAG ლაზერის საშუალებით (ტალლის სიგრძე 1,064 მკმ.). კონტაქტური ტექნიკის გამოყენებით, როდესაც სხივგამტარის დისტალური ბოლო უშუალო შეხებაშია შესადუღებელ ქსოვილთან. შედუღებითი ნაკერის მექანიკურ სიმტკიცეს ვაფასებდით დინამომეტრული მეთოდით. ვსაზღვრავდით ზღვრულ ძაბვას $\sigma = F/S$ (სადაც F შედუღებული ჭრილობის პერპენდიკულარულად მოდებული მექანიკური ძალის ის მნიშვნელობაა, რომელზედაც ადგილი აქვს ნაკერის რღვევას, ხოლო S - ჭრილობის შედუღებული ზედაპირის ფართობია).

ექსპერიმენტებმა დაგვანახა, რომ ლაზერით ოპერირება აუცილებელია დროებითი ჰემოსტაზის პირობებში, რომელიც მიიღწევა ჭრილობის კიდეების გასწვრივ მანუალური კომპრესიით. იმავდროულად ხერხდება ჭრილობის კიდეების თანხვედნაც. თუ დროებითი ჰემოსტაზის გარეშე ვაწარმოებდით სისხლმდენი ჭრილობების შედუღებას, სისხლის ნაკადით ლაზერული გამოსხივების არეკვლის გამო გაცილებით ძნელდებოდა ლაზერით ოპერირება. შედუღებისთვის აუცილებელი ხდებოდა მაღალი სიმძლავრეების გამოყენება, რაც ღვიძლის ქსოვილის ფართო დაზიანებას იწვევდა. თუმცა ყოველთვის მაინც ვერ ხერხდებოდა სისხლდენის კონტროლი.

ამასთან, აუცილებელი იყო, რომ შესადუღებელი ზედაპირები „სისხლიანი“ ყოფილიყო. ამოკვეთილ ორგანოზე ოპერირება ან თითების კომპრესიის ფონზე ჭრილობის

მაქსიმალურად დაშრობის შემთხვევაში ქრილობის „მშრალი“ ზედაპირების სისქეში შედუღება ნაკლებად ეფექტური იყო როგორც ნაკერის მექანიკური სიმტკიცის, ასევე ჰემოსტაზისა და ბილიოსტაზის თვალსაზრისით.

აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ ლაზერული შედუღება უფრო ეფექტურია ნაკვეთი ქრილობების ოპერირებისას, როდესაც შესაძლებელი ზედაპირები მჭიდროდ ეხება ერთმანეთს. დაჟეჟილი ან გაგლეჯილი ქრილობების შედუღება ნაკლებად საიმედო იყო, თუმცა ლაზერით ოპერირება უზრუნველყოფდა ქრილობაში, სრულ ჰემოსტაზს.

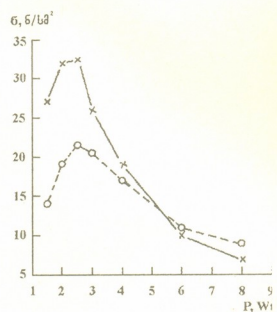
სისქეში შედუღების გარეშე ღვიძლის ქრილობების მხოლოდ ზედაპირული შედუღება არ არის გამართლებული, ვინაიდან ამ დროს ძალიან სუსტი ნაკერი მიიღება და ამასთან ჰემოსტაზი და ბილიოსტაზიც ნაკლებად საიმედოა. ამიტომ შედუღებითი ნაკერის წარმოებისთვის ზედაპირული შედუღება გამოიყენებოდა მხოლოდ ქრილობის სისქეში შედუღებასთან კომბინირებით.

ქრონიკულ ექსპერიმენტებში დინამომეტრული მეთოდის გამოყენებით ოპერირებიდან პირველ, მე-3, მე-7, მე-14 და 21-ე დღეებზე ვსწავლობდით სხვადასხვა გზით და სხვადასხვა სიმძლავრეებზე შედუღებული ღვიძლის ნაკვეთი ქრილობების მექანიკური სიმტკიცის დინამიკაში ცვლილებას. ამასთან ერთად ვაფასებდით ნაკერის საიმედოობას ჰემოსტაზისა და ბილიოსტაზის თვალსაზრისით და ვაკვირდებოდით მუცლის ღრუში შეხორცებითი პროცესის გამოხატულებას. გარდა ამისა, მორფოლოგიური კვლევის საფუძველზე ვსწავლობდით ლაზერით შედუღებული ქრილობების რეგენერაციული პროცესების მიმდინარეობას [2].

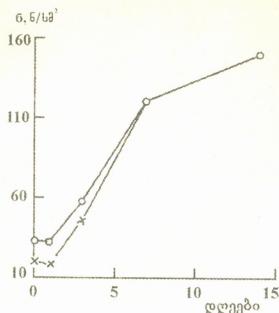
როგორც მწვავე ექსპერიმენტებში, აქაც სხვადასხვა სერიებში ღვიძლის ქრილობების ოპერირებისთვის გამოიყენებოდა კომბინირებული, ან მხოლოდ სისქეში შედუღება. თითოეულ სერიაში ცხოველები დავყავით ორ ჯგუფად და ოპერირებას ვახდენდით 1,5 - 2,5 ვატ და 4,0 - 6,0 ვატ სიმძლავრეებზე.

სისქეში შედუღებასთან ერთად ქრილობის წიბოების ზედაპირული შედუღებისას ე. წ. კომბინირებული შედუღების წარმოებისას ნაკერის ზღვრული ძაბვა ძმეტი იყო მე-2 სერიაში იმავე სიმძლავრეებზე მიღებულ მონაცემებთან შედარებით, როდესაც ვაწარმოებდით ქრილობების მხოლოდ სისქეში შედუღებას (სურ. 1).

აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ იქ სადაც ლაზერით ოპერირებას ვაწარმოებდით კომბინირებული შედუღებით, პირველი დღეების განმავლობაში ადგილი ჰქონდა ნაკერის სიმტკიცის კლებას, რაც მაღალ სიმძლავრეებზე შედუღებისას უფრო მეტად იყო გამოხატული (სურ. 2). პირველ ჯგუფში ოპტიმალურ სიმძლავრეებზე შედუღებისას ნაკერის ზღვრული ძაბვა ოპერირებისთანავე $0,32 \pm 0,020$ ნ/სმ² იყო, პირველ დღეს - $0,30 \pm 0,036$ ნ/სმ², ხოლო მე-3 დღეს - $0,58 \pm 0,029$ ნ/სმ²; მე-2 ჯგუფში ნაკერის ზღვრული ძაბვის მნიშვნელობები ნაკლები იყო და იმავე დღეებზე შესაბამისად $0,21 \pm 0,020$ ნ/სმ² -ს, $0,18 \pm 0,020$ ნ/სმ² -ს და $0,47 \pm 0,028$ ნ/სმ² -ს შეადგენდა. თუმცა



სურ. 1. მწვავე ექსპერიმენტების I (x) და II (o) სერიებში შედუღებითი ნაკერის ზღვრული ძაბვის (σ, ნ/სმ²) დამოკიდებულება ლაზერის სხივის სიმძლავრეზე (P, ვტ).
 x - ღვიძლის ქრილობის კომბინირებული (სისქეში და ზედაპირული) შედუღება.
 o - ღვიძლის ქრილობის მხოლოდ სისქეში შედუღება

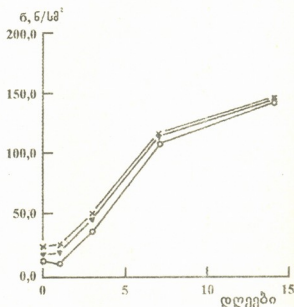


სურ. 2. ქრონიკული ექსპერიმენტების I სერიაში 2 და 4 ვატ სიმძლავრეზე წარმოებული შედუღებითი ნაყერის ზღვრული დაბვის (σ , ნ/სმ²) მნიშვნელობები ოპერირებიდან პირველ, მე-3, მე-7 და მე-14 დღეს;
 o - შედუღება პირველ ჭაფუფში 2 ვატ სიმძლავრეზე;
 x - შედუღება მეორე ჭაფუფში 4 ვატ სიმძლავრეზე;

სისქესა და ზედაპირული შედუღების კომბინირებული წარმოების შემთხვევაში და პირველ დღეს ნაყერის ზღვრული დაბვა $0,23 \pm 0,021$ ნ/სმ² იყო, ხოლო მე-3 დღეს - $0,53 \pm 0,26$ ნ/სმ². მე-2 ჭაფუფში 6,0 ვატზე სისქეში შედუღებისას პირველ დღეებში ასევე აღინიშნებოდა ნაყერის სიმტკიცის კლებისკენ ტენდენცია (სურ. 3), თუმცა ექსპერიმენტების პირველ სერიასთან შედარებით ეს ნაკლებად იყო გამოხატული. 4,0 და 6,0 ვატზე ოპერირებისას ნაყერის ზღვრული დაბვის მნიშვნელობები იმავე დღეებზე შესაბამისად $0,17 \pm 0,020$ ნ/სმ² და $0,11 \pm 0,015$ ნ/სმ²-ს, $0,18 \pm 0,020$ ნ/სმ² და $0,09 \pm 0,017$ ნ/სმ²-ს და $0,48 \pm 0,020$ ნ/სმ² და $0,36 \pm 0,024$ ნ/სმ²-ს შეადგენდა. მე-3 დღიდან ნაყერის სიმტკიცის ორივე ჭაფუფში ერთნაირად იცვლებოდა და უკვე მე-7 დღეს ნაყერის ზღვრული დაბვის მნიშვნელობებს შორის სხვაობაც მნიშვნელოვნად მცირდებოდა (პირველ ჭაფუფში

უკვე მე-7 დღეს სხვაობა მნიშვნელოვნად მცირდებოდა და ცალკეულ შემთხვევებში შედუღებითი ნაყერის სიმტკიცე ერთნაირი კი იყო $1,22 \pm 0,041$ ნ/სმ². როგორც შედუღებისთანავე, ასევე შემდგომ დღეებში ნაყერის ზღვრული დაბვის მნიშვნელობები მაქსიმალური იყო, როდესაც ვახდენდით ღვიძლის ქრილობების 2 - 2,5 ვატ სიმძლავრეებზე კომბინირებულ შედუღებას. ამასთან, 1,5 - 2,5 ვატ სიმძლავრეებზე შედუღებისას უკვე პირველი დღიდან, ხოლო მე-2 ჭაფუფში მე-3 დღიდან აღინიშნებოდა შედუღებული ქრილობების ზღვრული დაბვის დინამიკაში მატება.

ღვიძლის ქრილობების მხოლოდ სისქეში შედუღების შემთხვევაში ყველაზე მტკიცე ნაყერი მიიღებოდა 2,5-დან 3 ვატამდე სიმძლავრეებზე ოპერირებისას ($0,22 \pm 0,019$ ნ/სმ²). ამასთან, ამ დროს არ აღინიშნებოდა ნაყერის სიმტკიცის კლებისკენ ტენდენცია, რასაც ადგილი ჰქონდა



სურ. 3. ქრონიკული ექსპერიმენტების II სერიაში 2, 4 და 6 ვატ. სიმძლავრეებზე წარმოებული შედუღებითი ნაყერის ზღვრული დაბვის (σ , ნ/სმ²) მნიშვნელობები ოპერირებიდან პირველ, მე-3, მე-7 და მე-14 დღეს;
 x - შედუღება 2 ვატ სიმძლავრეზე;
 o - შედუღება 4 ვატ სიმძლავრეზე;
 Δ - შედუღება 6 ვატ სიმძლავრეზე;



$1,21 \pm 0,039 \text{ ნ/მ}^2$, ხოლო მე-2 ჯგუფში – $1,14 \pm 0,068 \text{ ნ/მ}^2$).

მე-14 დღეს შედუღების მეთოდის მიუხედავად ორივე სერიაში 1,5-4,0 ვატი სიმძლავრის ლაზერული გამოსხივებით ოპერირებული ქრილობების სიმტკიცე დაახლოებით ერთნაირია ($1,48 \pm 0,066 \text{ ნ/მ}^2$). ამასთან, ამ დროისთვის ნაკერი უკვე იმდენად მტკიცე იყო, რომ დინამომეტრიის წარმოებისას ღვიძლის ქსოვილი ირღვეოდა არა შედუღებული ქრილობის არეში, არამედ მექანიკური ძალის მოდების ადგილას.

ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ ლაზერული შედუღება ჰემოსტაზის თვალსაზრისით იდეალურია ღვიძლზე ოპერირებისთვის. 2 ვატი და უფრო მაღალ სიმძლავრეებზე ოპერირებისას ყველა სერიაში შედუღების დასრულებისთანავე მიიღწეოდა სრული ჰემოსტაზი და სისხლის დენა არც შემდგომ დღეებში აღინიშნებოდა. გამონაკლისი იყო მეორე სერიაში დაბალ სიმძლავრეებზე (2,0 ვატამდე) სისქეში შედუღება, როდესაც ზოგიერთ შემთხვევაში მუცლის ღრუში ოპერირებიდან პირველ და მე-3 დღეზე ვნახულობდით მცირე რაოდენობით ნაღვლოვან-ჰემორაგიულ გამონადენს.

მაღალ სიმძლავრეებზე ოპერირების შემთხვევაში პირველივე დღიდან შედუღების არეში ადგილი ჰქონდა ზომიერი შეხორცებითი პროცესის განვითარებას. დიდი ბადე ქონი ფაზრად მიეხორცებოდა ღვიძლის ნაკერს, რაც პირველ დღეებში ადვილად ითიშებოდა. მომდევნო დღეებში ბადე ქონი უკვე ინტიმურად იყო მიხორცებული ღვიძლის ქსოვილთან და სინექიოლიზი ბასრი ინსტრუმენტების გამოყენებით თუ იყო შესაძლებელი. ამასთან, შეხორცებითი პროცესი უფრო მეტად გამოხატული იყო იმ ექსპერიმენტებში, სადაც გამოიყენებოდა კომბინირებული შედუღება.

შეიძლება ითქვას, რომ ლაზერის შედუღებითი ნაკერის გამოყენება პარენქიმულ ორგანოებსა და, კერძოდ, ღვიძლზე ოპერირებისას პერსპექტიულია, რადგანაც აქ ასე პრობლემატურია საიმედო ჰემოსტაზისა და ბილიოსტაზის მიღწევა. ლაზერული შედუღების გამოყენების შემთხვევაში აღარ არის აუცილებელი ან ნაკლებად საჭიროა საკერავი მასალის გამოყენება, გამოირიცხება ქსოვილების ნემსით ტრავმირება, ნაკერის არეში ადგილი არ აქვს სისხლის მიმოქცევის მოშლას, ოპერირების არეში მინიმალურია ანთებადი რეაქცია, უმჯობესდება ქრილობების შეხორცება. ნაკლებია მუცლის ღრუში შეხორცებითი პროცესის განვითარება, მცირდება ოპერაციის ხანგრძლივობა და სისხლის დანაკარგი, აგრეთვე ოპერაციის შემდგომი გართულებების რიცხვი. ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ლაზერული შედუღება წარმატებით შეიძლება დაინერგოს კლინიკურ პრაქტიკაში, რაც უფრო მასშტაბური ოპერაციების წარმოების საშუალებას მოგვცემს და ამასთან, მნიშვნელოვნად შეამცირებს ოპერაციის შემდგომი გართულებების რაოდენობას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ალ.ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიური
 ინსტიტუტი

თბილისის სამედიცინო უნივერსიტეტის პირ-
 ველი საბაზო კლინიკა

ლიტერატურა

1. V.Mikaberidze, V.Gondzhilashvili, A.Mikaberidze. Bull. Georg. Acad. Sci. 153, 2, 1996, 301-303.
2. V.Mikaberidze, V.Gondzhilashvili, Z.Topuria, A.Mikaberidze. Bull. Georg. Acad. Sci. 153, 3, 1996, 467-469.



ნ.თხილავა, ო.ხულუშაური, ე.რაფავა

მერთროციტების რეცეპტორული აპარატის თავისებურებების გამოვლენა ლექტინის საშუალებით ონკოლოგიური დაავადებების დროს

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ.თუმანიშვილმა 1.05.1997

სხვადასხვა პათოლოგიის დროს ადამიანის ორგანიზმში მიმდინარე ძვრები ხშირად იწვევენ ერთროციტის მემბრანის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ცვლილებებს. ონკოლოგიური ავადმყოფის ერთროციტის მემბრანაში შესაძლო ძვრების გამოსავლენად გამოვიყენეთ ლექტინი.

ლექტინები განსაკუთრებული თვისებების ოლიგომერული მულტივალენტური ცილებია, რომლებიც გამოირჩევიან უნარით დაიკავშირონ სპეციფიკური სტრუქტურის და კონფორმაციის მქონე ნახშირწყლები, მათი ქიმიური გარდაქმნის გარეშე [1]. ვინაიდან ნებისმიერი უჯრედი დაფარულია ნახშირწყლების რთული კომპლექსებით, ლექტინები შერჩევითად უკავშირდებიან მათ და მემბრანის არსებით რეორგანიზაციას იწვევენ. [1]. მემბრანასთან დაკავშირების შემდეგ ლექტინები ზოგჯერ უჯრედშიდა პროცესების რეგულაციაში იღებენ მონაწილეობას [2].

სადღეისოდ ლექტინები აღმოჩენილია როგორც ცხოველურ, ასევე მცენარეულ ორგანიზმებში. ამ უკანასკნელს დიდი გამოყენება აქვს მედიცინასა და ბიოლოგიაში [1].

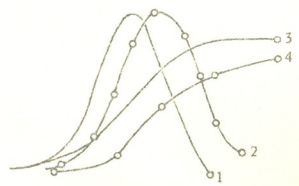
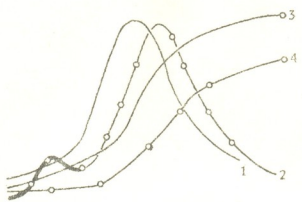
ცნობილია, რომ ადამიანის ერთროციტის მემბრანაში ქარბადაა ინტეგრალური ცილა გლიკოფორინ A, რომელიც ლობიოს თესლიდან გამოყოფილი ლექტინის - PHA/Phytohemagglutinin-ის რეცეპტორია. ვინაიდან ამ ლექტინის შექმნა შესაძლებელია მხოლოდ ვალუტით, ჩვენ ლობიოს ქართული გიმიდან გამოვყავით და გავასუფავეთ ცილა-ლექტინი (*Phaseolus vulgaris* L. var. *Oblongo ovatas subvar ochroleucus*), რომელსაც დავარქვეთ LPM [3].

ამგვარად, ჩვენს სამუშაოს მიზანი იყო შეგვეწყავლა ერთროციტების ლიზისის კინეტიკის თავისებურებანი ავთვისებიანი სიმსივნის დროს, რაშიც დაგვეხმარა LPM.

ერთროციტების ლიზისის კინეტიკას ვსწავლობდით ჩვენს მიერ დამუშავებული სპექტროფოტომეტრული დიფერენციალური მეთოდით, რომელიც უზრუნველყოფდა ჰემოლიზის კინეტიკის რეგისტრაციას, მიღებული შედეგების პროგრამულად დამუშავებას და დიფერენციალური ფორმით წარმოდგენას კომპიუტერული დანადგარის საშუალებით [4]. სისხლს ვიღებდით მამაკაცის თითიდან. ანტიკოაგულანტად ვიყენებდით ჰეპარინს (Richter), 20 ერთეული სისხლის ერთ მლ-ზე. ცენტრიფუგირების პლაზმის მოცილების შემდეგ ერთროციტების მასა 4-ჯერ ირეცხებოდა 0,02 M კალიუმის ფოსფატის ბუფერით (pH 7,4), რომელიც NaCl-ის 0,9 %-ს შეიცავდა.

ცნობილია, რომ ლექტინის მოლეკულას გააჩნია ორი ან მეტი ნახშირწყალთან და მკავშირებელი უბანი და თუ უჯრედის ზედაპირზე არის მოცემული ლექტინისათვის შესაბამისი რეცეპტორი, ლექტინი უჯრედებს შორის ქმნის მოლეკულურ ხიდაკებს და იწვევს მათ აგლუტინაციას [1]. ჩვენს პირობებში ერთროციტების აგლუტინაცია გამოირჩევა, ვინაიდან სპექტროფოტომეტრის კიუვეტაში არის სარეველა, რომელიც მუდმივად ტრიალებს, რის გამოც საშუალება მოგვეცა დინამიკაში თვალყურით გვედევინა ერთროციტების ლიზისის კინეტიკისათვის.

ავთვისებიანი და ნორმალური უჯრედების პლაზმური მემბრანების გლიკოპროტეინების სტრუქტურა მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან [5]. ჩვენ დაგვინტერესა თუ როგორ რეაგირებს ერიტროციტის ზედაპირული აპარატი იმ ძვრებზე, რომელიც მოყვება ავთვისებიანი სიმსივნის განვითარებას.



სურ. 1. ადენოკარცინომა, ტიპიური მაგალითი. LPM-ის გავლენა ერიტროციტების ოსმორეზისტენტობაზე (ინტეგრალური და დიფერენციალური მრუდები)
მრუდი 1. ერიტროციტები LPM-ის გარეშე (დიფერ. ფორმა)
მრუდი 2. ერიტროციტები და LPM (დიფერენც. ფორმა)
მრუდი 3. ერიტროციტების LPM-ის გარეშე (ინტეგრალ. ფორმა)
მრუდი 4. ერიტროციტები და LPM (ინტეგრალ. ფორმა).

სურ. 2. იგივე, რაც სურ. 1, მაგრამ სისხლი აღებული იყო ადენომის მქონე ბაციენტებიდან (ტიპიური მაგალითი).

შესწავლილი გვყავს 40 ავადმყოფი, აქედან 20-ს ჰქონდა პროსტატის, თირკმლის და შარდის ბუშტის ავთვისებიანი სიმსივნე (როგორც შემდგომ დამტკიცდა ოპერაციის დროს), ხოლო დანარჩენ 20 ავადმყოფს ჰქონდა შესაბამისი ორგანოს ადენომა (სურ. 1,2), მოყვანილია როგორც ინტეგრალური, ასევე დიფერენციალური მრუდები, როგორც ლექტინის გარეშე, ასევე ლექტინის თანდასწრებით.

სურ. 1-ზე (მხოლოდ დიფერენციალურ მრუდზე) კარგად ჩანს, რომ ლექტინმა გამოავლინა მცირე დამატებითი პიკი. ასეთი პიკი საკონტროლო ჯგუფში (ადენომის მქონე ავადმყოფებში) არ შეიმჩნევა (სურ. 2).

ეს პიკი, ჩვენი აზრით, იმ ერიტროციტების ჰემოლიზს შეესაბამება, რომლებიც განსაკუთრებით დაბალი ოსმორეზისტენტობით ხასიათდებიან და მოცემულ პირობებში ყველაზე ადრე განიცდიან ჰემოლიზს.

ლექტინი ყველაზე სწრაფად უკავშირდება ან ავლის ერიტროციტების იმ ჯგუფს, რომელთა ზედაპირულ აპარატში მოხდა ცვლილება, რამაც გაზარდა მათი სწრაფვა ლექტინის მიმართ.

ჩვენი აზრით, ეს მობერებული ერიტროციტებია, რომელნიც განწირულნი იყვნენ და ამიტომ ყველაზე მგრძობიარენი აღმოჩნდნენ იმ ბიოქიმიური ძვრების მიმართ, რომლებსაც აქვთ ადგილი ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე ორგანიზმში.

ბოლო წლებში აღწერილი ფაქტები სიმსივნის ბიოქიმიის თაობაზე გვაძლევს საშუალებას ვეცადოთ, ავსნათ თუ რა ბიოქიმიურ ძვრებს შეეძლოთ გამოეწვიათ ერიტროციტის ზედაპირული აპარატის მოდიფიცირება.



ცნობილი გახდა, რომ ავთვისებიანი უჯრედები აქტიურად გამოყოფენ ფერმენტურ ოკინაზას, რომელსაც გადაყავს არააქტიური პლაზმინოგენი აქტიურ პლაზმინში. ხოლო პლაზმინი, ერთი მხრივ, ფიბრინის დეგრადაციას იწვევს, ხოლო მეორე მხრივ, ააქტიურებს პროკოლაგენაზას გადაყვანას კოლაგენაზად [6]. კოლაგენაზა შლის კოლაგენს, რაც იწვევს სისხლძარღვების და ლიმფური სისტემის ბაზალური მემბრანის დეგრადაციას. ვინაიდან პროკოლაგენაზა ლოკალიზებულია უჯრედგარეშე მატრიქსში, მისი გაძლიერებული გარდაქმნა პლაზმინად იწვევს ექსტრაუჯრედული მატრიქსის ცილების კატალიზურ დეგრადაციას. ორივე ფაქტორი: ბაზალური მემბრანის და უჯრედგარეშე სითხის დეგრადაცია ხელს უწყობს სიმსივნური უჯრედის შეღწევას, ანუ მეტასტაზირებას ინტაქტურ ორგანიზმსა და ქსოვილებში [6]. ვფიქრობთ, ამ მოვლენებმა შესაძლოა ერთროციტის მემბრანაზეც იმოქმედოს. ერთროციტის მემბრანაში არსებული ცილები და ლიპიდები დაკავშირებული არიან სპექტრინთან.

ჩვენს მიერ მიღებული მონაცემების დაკავშირება შეიძლება აგრეთვე ფიბრინის დეგრადაციასა და, აქედან გამომდინარე, იონების კონცენტრაციის ცვლილებებთან.

სხვანაირად რომ ვთქვათ, ლექტინ LPM-ის დაკავშირება ერთროციტის მემბრანაში არსებულ შესაბამის რეცეპტორ-გლიკოფორინთან ზრდის მემბრანის რიგიდობას, რის გამოც ჩნდება დამატებითი პიკი ავთვისებიანი სიმსივნის მქონე ორგანიზმში.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო
 უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. N.Sharon, H.Lis. Science, 246, 1989, 227-234.
2. E.Rapava, K.Kuettner, C.Knudson. Ortho. Trans. 17, 1993, 648.
3. Э.А.Папавა, А.В.Бахутаишвили, Н.Алексидзе. Сообщения АН ГССР, 141, 2, 1991.
4. О.В.Хулушайри и др. Сообщения АН ГССР, 132, 1988, 409-412.
5. N.Sharon, H.Lis. Ann. Rev. Biochem, 42, 1973, 541-574.
6. K.Dano, P.Andersen, J.Gron Dahl-Hansen, P.Kristensen, L.Nielsen, L.Skiver. Cancer Res. 44, 1985, 139.



რ. ზელზიბა, ე. ბაბისონია

სახელმწიფო ქონების პრივატიზაციის ეფექტიანობა და ბაზრის ოთხი ძირითადი მოდელი

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. გუნიაშვილმა 7.05.1997

პოსტსაბჭოთა სივრცის ქვეყნებში სახელმწიფო ქონების პრივატიზაციის პროცესი ჩქარი ტემპებით მიმდინარეობს, რაც საბაზრო ეკონომიკაზე გადასვლის უცილობელ პირობას წარმოადგენს. მაგრამ რადგან ამ ქვეყნებში პრივატიზაცია უმეტეს შემთხვევაში არამიზანმიმართული, ანუ უმისამართო, ამდენად სტიქიურია და არაეფექტიანი.

აღნიშნულ ქვეყნებში პრივატიზაცია რომ მაღალეფექტიანი იყოს, საჭიროა პირველ რიგში მაქსიმალური ყურადღება დაეთმოს იმ საკითხებსა და პრობლემებს, რომლებიც დაკავშირებულია ამ პროცესის ზემოქმედებით ბაზრის ოთხი ძირითადი მოდელის ფორმირებასთან (წმინდა კონკურენციის, მონოპოლისტური კონკურენციის, ოლიგოპოლისა და წმინდა მონოპოლისის).

როგორც ცნობილია [1], ყველა საბაზრო სტრუქტურას გააჩნია დამახასიათებელი ნიშნები, ისეთი, როგორიცაა ბაზრის სტრუქტურაში ფირმების რაოდენობა, გამოშვებული პროდუქციის ტიპი, ფასებზე კონტროლის ხარისხი, არასაფასო კონკურენციის როლი და სხვა. მაგალითად, წმინდა კონკურენციის ბაზრის მოდელს ახასიათებს ფირმების დიდი რაოდენობა, რომლებიც აწარმოებენ სტანდარტიზირებულ პროდუქციას. ამგვარ სტრუქტურას მიეკუთვნება სასოფლო-სამეურნეო საქონლის ბაზრები, საფონდო ბირჟები, უცხოური ვალუტის ბაზრები და ა. შ. მონოპოლისტური კონკურენციის ბაზრის სტრუქტურაში იწარმოება ისეთი დიფერენციული პროდუქცია, როგორიცაა ტანსაცმელი, ფეხსაცმელი, წიგნები, ავეჯი და სხვა. ოლიგოპოლიურ ბაზარს ახასიათებს როგორც სტანდარტიზირებული (ფოლადის, ალუმინის), ასევე დიფერენცირებული (ავტომობილების, სასოფლო-სამეურნეო ინვენტარის, კომპიუტერების და სხვა) პროდუქციის გამოშვება. წმინდა მონოპოლისის დროს ხდება უნიკალური პროდუქციის წარმოება, რომელსაც შემცველი არ გააჩნია. ასეთ დარგებს მიეკუთვნება საყოველთაო-საზოგადოებრივი მოხმარების საქონლის ან მომსახურების შემქმნელი საწარმოები, ელექტროკომპანიები, კომუნალური სამსახურები – რკინიგზა, მეტრო, სატელეფონო ქსელი, ბუნებრივი გაზის მომწოდებლები და ა. შ.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ ბაზრის ყველა მოდელს შეესაბამება საქონლის ან მომსახურების გარკვეული ჯგუფი. ეს კი თავის მხრივ, ცალსახად განსაზღვრავს ამ მოდელის ინტელექტუალურ მოცულობასა და დონეს, რომელთა მიხედვით შესაძლებელია ზემოაღნიშნული მოდელების შესაბამისი რაწეირება.

ამგვარად, შემოტანილი მეტრიკით უმეტესი ინტელექტუალური მოცულობა და დონე დამახასიათებელია ოლიგოპოლისის საბაზრო მოდელისათვის, რამეთუ პირველ რიგში ამ ბაზრისათვის დამახასიათებელი პროდუქციის საწარმოებლად არის აუცილებელი თანამედროვე ტექნოლოგიის მაღალი დონე, რომლის შექმნისა და მოქმედებაში მოყვანისთვის საჭიროა მაღალინტელექტუალური შრომა. ჩვენი აზრით, ბუნებრივი მონოპოლიური და ოლიგოპოლიური ბაზრები ხასიათდებიან დაახლოებით ერთი და იგივე ინტელექტუალური მოცულობითა და დონით და ამ თვალსაზრისით აღნიშნული სტრუქტურები ერთმანეთის ეკვივალენტურია. შემოტანილი მეტრიკის მიხედვით შემდეგი, უფრო დაბალი საფეხური თავისი ინტელექტუალური მოცულობითა და



დონით უჭირავს მონოპოლისტური კონკურენციის, ხოლო ყველაზე დაბალი კონკურენციის მოდელს.

ზემოაჩამოთვლილი სტრუქტურების ინტელექტუალური მოცულობები და დონეები, ცხადია, ურთიერთდაკავშირებულია. ასე მაგალითად, ოლიგოპოლიის ინტელექტუალური მოცულობისა და დონის გაზრდით, შესაბამისი ტემპით იზრდება სხვა საბაზრო სტრუქტურების ინტელექტუალური მოცულობა და დონე, და პირიქით. მაგრამ ურთიერთდამოკიდებულების ასეთი ხარისხის გამოწვევა შეუძლია მხოლოდ მაღალი ინტელექტუალური მოცულობისა და დონის მქონე მოდელებს (ოლიგოპოლიას, ბუნებრივ მონოპოლიას), ხოლო უფრო დაბალ საფეხურზე მყოფი მოდელების (მონოპოლისტური კონკურენციის, წმინდა კონკურენციის) ინტელექტუალური მოცულობისა და დონის ცვლილება არ წარმოადგენს დანარჩენი მოდელების შესაბამისი პარამეტრების იმავე ტემპებით ცვლილების საბაზს.

შემოტანილი მეტრიკით მოდელების ინტელექტუალური მოცულობისა და დონის მიხედვით რანჟირებისას, ცხადია ნაგულისხმევაა ამ ბაზრებში შესაბამისი კაპიტალის არსებობაც.

ჩვენი აზრით, ბაზრის მოდელების ასეთი რანჟირება ობიექტურად, ადეკვატურად განსაზღვრავს ქვეყნის ეკონომიკური და მეცნიერულ-ტექნიკური განვითარების დონეს. აქედან გამომდინარე, შესაძლებელია შემოვიტანოთ ახალი მეტრიკა, რომლის შესაბამისად შეიძლება ქვეყნების დაყოფა მათი განვითარების დონის მიხედვით შემდეგ კატეგორიებად: ჩამორჩენილი, განვითარებადი, ნახევრადგანვითარებული და განვითარებული. ასეთი მეტრიკის ასაგებად აუცილებელია განსახილველ ქვეყანას შევუსაბამოთ ამ ქვეყანაში ფუნქციონირებადი ყველა საბაზრო სტრუქტურის ინტელექტუალური მოცულობისა და დონის სიდიდეები. მაგალითად, ქვეყანა, რომელშიც ფუნქციონირებს მხოლოდ წმინდა კონკურენციის ბაზრის მოდელი და სხვა მოდელები არ არსებობენ ან სუსტად არიან განვითარებულნი (ანუ მათი ინტელექტუალური მოცულობისა და დონის შესაბამისი სიდიდეები ნულია ან მცირეა), შემოტანილი მეტრიკით ჩამორჩენილი ქვეყნების კატეგორიას განეკუთვნება.

თუ ქვეყანაში წმინდა კონკურენციასთან ერთად ფუნქციონირებს და საკმარისად მაღალ დონეზეა მონოპოლისტური კონკურენციის სტრუქტურა, მაშინ ქვეყანა განვითარებადი; ხოლო თუ ქვეყანაში, სადაც სრულყოფილად ფუნქციონირებს ბაზრის ყველა სტრუქტურა, იმისა და მიხედვით, თუ როგორაა განვითარებული ოლიგოპოლიის ინტელექტუალური მოცულობა და დონე, იგი შეიძლება იყოს ნახევრადგანვითარებული ან ინდუსტრიაგანვითარებული ქვეყანა.

ასეთი მეტრიკით ხელმძღვანელობა განსაკუთრებით საჭირო, აუცილებელი და ეფექტიანია პოსტსაბჭოთა სივრცის ქვეყნებში სტრატეგიული გადაწყვეტილებების მისაღებად. ცხადია იგივე ეხება საქართველოსაც.

სადღეისოდ საქართველოში ბაზრის ზემოაჩამოთვლილი სტრუქტურების სრულყოფილი შექმნისათვის არსებობს საკმარისი ინტელექტუალური მოცულობა და დონე (საკმარისი პასიური კაპიტალიც – შენობა-ნაგებობანი და ა.შ.), მაგრამ არასაკმარისია თანამედროვე ტექნოლოგიები. თუმცა, აუცილებელია აღინიშნოს ის, რომ ასეთი ტექნოლოგიების შექმნის შემთხვევაში საქართველოში არსებობს მათი ადგილზე ევოლუციურად განვითარების საკმარისი პოტენციალი, უფრო მეტიც, არის უმოკლეს დროში მათი მსოფლიო სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის განვითარების ტემპებთან მიზმის შესაძლებლობაც.

ჩვენი აზრით, საქართველოს პრივატიზაციის პოლიტიკაში სათანადო ყურადღება არ ექცევა ამ პროცესის ისეთ მიმართულებას, რომელიც უზურნველყოფდა ზემოაღნიშნული საბაზრო სტრუქტურების ფორმირებასა და განმტკიცებას. ამ გარემოებას ამძიმებს ის ფაქტორიც, რომ იგი აფერხებს ქვეყნის ეკონომიკური კრიზისიდან გამო-

საყვანად ყველაზე უფრო ეფექტიანი საინვესტიციო პოლიტიკის შემუშავებას. სწორედ ზემოაღნიშნული მიზნობრივი პრივატიზაცია და მისი შესაბამისი საინვესტიციო პოლიტიკა წარმოადგენენ ხანმოკლე დროში ქვეყნის ღრმა ეკონომიკური კრიზისიდან გამოყვანის აბსოლუტურ გარანტს.

ნათელია, რომ ასეთი მიზნობრივი პრივატიზაციისა და მისი შესაბამისი საინვესტიციო პოლიტიკის გატარება მიგვიყვანს მაქსიმალურ ეკონომიკურ ეფექტამდე მხოლოდ პოსტსაბჭოური სივრცის ქვეყნებში. უფრო მეტიც, ასეთი პრივატიზაციის გატარების შესაძლებლობა წარმოადგენს ამ სივრცის ქვეყნებისათვის დამახასიათებელ სპეციფიკურ ნიშანს კლასიკური განვითარებადი ქვეყნებისაგან განსხვავებით, რომლებშიც ასეთი ეკონომიკური პოლიტიკის რეალიზაცია ფაქტობრივად შეუძლებელია არსებულ მომენტში შესაბამისი ინტელექტუალური მოცულობის, დონის და კაპიტალის უქონლობის გამო.

სამწუხაროდ, მოცემული პრობლემა და მისი გადაჭრის მეთოდოლოგია არ არის სრულად და მთელი სიღრმით აღქმული არა მარტო თვით პოსტსაბჭოთა ქვეყნებში, არამედ საერთაშორისო ორგანიზაციების მიერაც, რომელთაც უეჭველია გულწრფელად სურთ ამ ქვეყნების დახმარება. ყოველივე ეს მთლიანობაში მკვეთრად ამცირებს საერთაშორისო დახმარებების ეფექტიანობას.

თუ ზემოაღნიშნული სტრატეგიული მომენტები არ იქნება გათვალისწინებული და მიზნობრივი პრივატიზაცია და მისი შესაბამისი საინვესტიციო პოლიტიკის გატარების საკითხი არ გადაწყდება უმოკლეს დროში, მაშინ ამ პრობლემის გადაჭრისათვის დღესდღეობით არსებული საკმარისი ინტელექტუალური მოცულობა და დონე (კაპიტალიც) ახლო მომავალში აღუდგენლად დაიკარგება. ეს კი უკვე იმას ნიშნავს, რომ საქართველო გადავა კლასიკური განვითარებადი ქვეყნის სტადიაში უკვე არა მარტო დე-იურე, არამედ დე-ფაქტოდაც.

ივ.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის სოხუმის
ფილიალი

ლიტერატურა

1. *Кембел Р. Макконел, Стенли Л. Брю. Экономика: принципы, проблемы и политика.* 1993, 450-451.



მ.ხირაქაძე

თემა „ლექსიკოგრაფიის“ ძირითად ცნებათა სისტემა

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა მანდრონიკა შვილმა 13.01.1997

ლექსიკოგრაფიის შესწავლის საგანი ლექსიკონი – გარკვეული პრინციპით შერჩეულ ენობრივ ნიშანთა სისტემებრივი ერთობლიობა.

ქ.ვანდრიისი ლექსიკონის შემსწავლელ ენათმეცნიერების დარგს უწოდებს „ეტიმოლოგიას“, ხოლო ლექსიკონს განმარტავს, როგორც „მოცემული ენის სიტყვათა ერთობლიობას, განხილულს მათი მნიშვნელობის თვალსაზრისით“ [1, გვ. 167].

„ლინგვისტური ენციკლოპედიის“ მიხედვით „ლექსიკონის“ დეფინიცია წარმოდგენილია შემდეგი სახით: „ლექსიკონი - 1. ლექსიკა, ენის ლექსიკური შედგენილობა (დი-ლექტის, რომელიმე სოციალური ჯგუფის, ცალკეული მწერლის და ა. შ.); 2. საცნობარო წიგნი, რომელიც შეიცავს სიტყვებს (ან მორფემებს, სიტყვათშეხამებას, იდიომებს და მისთ.), დალაგებულს გარკვეული თანამიმდევრობით, ხსნის მათ მნიშვნელობას, იძლევა ცნობებს მათ მიერ აღნიშნული საგნების შესახებ. შინაარსის პლანით ლექსიკონის ამოცანაა ენის ლექსიკის აღწერა. ფუნქციონალურ ასპექტში იგი წარმოადგენს დიდაქტიკური ხასიათის ნაწარმოებს, რომლითაც მკითხველი სარგებლობს თავისი ინფორმაციის შემოწმების ან შევსებისათვის“ [2, გვ. 462].

წარმოდგენილი დეფინიციის პირველი განმარტება შინაარსობლივად უახლოვდება ვანდრიისისეულ დეფინიციას და თავისი მნიშვნელობით ემთხვევა ზემოთ განსაზღვრული „ლექსიკური ფონდის“ (სიტყვიერი შედგენილობის ნომენკლატურული ერთობლიობის) მნიშვნელობას. ამ მნიშვნელობით ცნება „ლექსიკონი“ განეკუთვნება ლექსიკოლოგიის სფეროს და მისი შესწავლის ობიექტის ცნებებრივი მოცულობის ფარგლებში ექცევა (შესაბამისად, ვანდრიისისეული „ეტიმოლოგია“ გაიაზრება „ლექსიკოლოგიის“ სინონიმად). მეორე განმარტება „ლექსიკონს“ ხსნის, როგორც გარკვეული ტიპის თხზულებას (საცნობარო წიგნს), რომელიც სპეციფიკური წესით განლაგებულ ინფორმაციას შეიცავს ცოდნის რომელიმე სფეროს შესახებ.

თუ ლექსიკოგრაფიას ენათმეცნიერების დარგად ვაღიარებთ, მისი შესწავლის საგანი ვერ იქნება „გარკვეული ტიპის თხზულება“ – ეს ფილოლოგიის საქმეა. ენათმეცნიერების ყოველი დარგი შეისწავლის ენობრივი სისტემის რომელსამე ასპექტს და მისი მიზანია ამ ასპექტით განხილული ენობრივი სისტემის, როგორც მთლიანობის ღირებულება და კანონზომიერებების გამოვლენა. თხზულება (წიგნი), როგორც ენობრივ მონაცემთა შემცველი ენობრივი სინამდვილის გარკვეული ფრაგმენტი – შეიძლება იყოს მისი კვლევის ობიექტი, მაგრამ არა ამის უმეტესი. მაშასადამე, გამოდის, რომ „ლინგვისტური ენციკლოპედიის“ მიერ დეფინირებული ცნება – „ლექსიკონის“ პირველი მნიშვნელობა საგნობრივად ექცევა ლექსიკოლოგიის შესწავლის სფეროში, ხოლო მეორე მნიშვნელობა – ფილოლოგიის სფეროში.

ლექსიკონის ცნებებრივი განსაზღვრისათვის ფილოლოგიურობა და ლექსიკოლოგიურობა იქნება კატეგორიალური ინტეგრაციული ნიშანი. ახლა ვცადოთ მისი, როგორც ლექსიკოგრაფიის საგნის დიფერენციალური ნიშნების გამოვლენა, რამაც უნდა განსაზღვროს მისი შემსწავლელი დარგის დისციპლინარული სტატუსი. ლექსიკონი, როგორც ლექსიკოგრაფიის შესწავლის საგანი, არის ცოდნის რომელიმე სფეროს შესახებ ინფორმაციის კორპუსი (სისტემებრივი ერთობლიობა), წარმოდგენილი სპეციფიკური ფორმით.

1. შენიშვნა: მეცნიერების შესწავლის საგნისა და ობიექტის ცნებებრივი მიმართების განსაზღვრისას ითქვა, რომ „შესასწავლი ობიექტის საკუთარი მეთოდებით შედგენის შედეგად ყალიბდება შესწავლის საგანი – ცნებებრივი ხატი, განზოგადებული წარმოდგენა ამ ობიექტის შესახებ. ამასთანავე, მეცნიერების ყოველმა ცალკეულმა დარგმა უნდა შეძლოს ამ ობიექტის სიტყვიერი აღწერითი მოდელის შექმნა“ [3, გვ. 61]. ლექსიკონი, როგორც ლექსიკოგრაფიის საგანი, იქნება ცოდნის მოცემული სფეროს მიერ შესწავლილი ობიექტის სიტყვიერი აღწერითი მოდელი, წარმოდგენილი სპეციფიკური ფორმით. წარმოდგენის სპეციფიკური ფორმა არის კიდევაც ლექსიკოგრაფიის, როგორც დამოუკიდებელი ფილოლოგიური დისციპლინის საკუთარი მეთოდი.

ლექსიკონის სახეობების განსაზღვრავეს ცოდნის სფეროს რაგვარობა და ინფორმაციის როგორობა.

როგორ უნდა გვესმოდეს ცნებები „ცოდნის სფეროს რაგვარობა“ და „ინფორმაციის როგორობა“? „ცოდნის სფეროს რაგვარობა“ გულისხმობს ლექსიკონთა დაჯგუფებას ადამიანის პრაქტიკული საქმიანობისა და ინტელექტუალური მოღვაწეობის ცალკეული დარგების მიხედვით, ხოლო „ინფორმაციის როგორობა“ გულისხმობს იმის განსაზღვრას, თუ რა ფუნქციას ასრულებს მოცემული ლექსიკონი, ანუ რა სახის ინფორმაციას შეიცავს იგი – კონკრეტული თემატიკის ცნებათა (სიტყვათა) ნუსხას (ჩამონათვალს), თუ ცნებათა (სიტყვათა) ახსნას.

ლექსიკონის, როგორც ლექსიკოგრაფიის საგნის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია **აღწერითობა** (რამაც განაპირობა ამ დარგის ტერმინული მოტივაცია). მეორე მახასიათებელია **აღწერის ობიექტის სპეციფიკურობა**. რაში მდგომარეობს ეს სპეციფიკურობა? ლექსიკონი აღწერს ეროვნული ენის ლექსიკური ფონდის გარკვეულ მოცულობას, როგორც სისტემას. ამ მოცულობის განმსაზღვრელია ზ. ხს. „ცოდნის სფეროს რაგვარობა“ და „ინფორმაციის როგორობა“, ანუ ლექსიკონის შინაარსეული და სტრუქტურული შედგენილობა.

2. შენიშვნა: ერთი შეხედვით, ეს პარამეტრი ლექსიკონს მოაქცევს ენის ლექსიკური ფონდის ფარგლებში, შესაბამისად, ლექსიკოგრაფია უნდა გაიაზრებოდეს ლექსიკოლოგიის ქვედარგად. ეს შეხედულება გაბათილდება, თუ გავითვალისწინებთ, რომ ლექსიკონი აღწერს ლექსიკასაც და იმ ენობრივ შრეებსაც, რომლებიც მის ფარგლებს გარეთაა (ორთოგრაფია, აქცენტუაცია, მორფოლოგია-მორფონოლოგია და ა. შ.).

მესამე მახასიათებელია აღწერის მეთოდის სპეციფიკურობა. ლექსიკონი აღწერს კონკრეტული ეროვნული ენის ლექსიკის გამონახულებების პლანის – ვოკაბულარის ექსტრალინგვისტურ მხარეს, ანუ წარმოდგენს **ლექსიკის ნიშნურ ღირებულებათა სისტემას** [წმდრ. 4, გვ. 245]. ლექსიკოგრაფიული აღწერა, როგორც სპეციფიკური მეთოდი, განპირობებულია კლავის ობიექტის – ენის სიტყვიერი შედგენილობის, როგორც ნიშნურ ღირებულებათა სისტემის სპეციფიკურობით და მიზნად ისახავს ამ სისტემის ცნებათა სამყაროსთან მიმართების გამოვლენას ცოდნის ამ ქმედების რომელსამე კონკრეტულ სფეროში.

ენა, როგორც ცოდნის სპეციფიკური სფეროს შესწავლის საგანი, შეიძლება გახდეს ლექსიკოგრაფიული აღწერის ობიექტი: ლექსიკონით აღიწერება ენობრივი სისტემის სხვადასხვა ქვესისტემა – ლექსიკა, მორფოლოგია, აქცენტუაცია და სხვ. სინქრონული და დიაქრონული პლანით, მაგრამ ეს არ იქნება „აღწერა თავის თავში“, რადგანაც, რომელიმე კონკრეტული ენობრივი ქვესისტემის ლექსიკოგრაფიული აღწერისას წარმოჩენილი **აღწერის ენა** (ლექსიკოგრაფიული მეტაენა) და **აღწერის ობიექტი** (ენობრივი ქვესისტემა) – სხვადასხვა ენობრივი ოდენობებია, სემანტიკური ღირებულებითა და სტრუქტურული შედგენილობით. თვით იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც ლექსიკონი მიზნად ისახავს ენის ლექსიკური ფონდის სრულ აღწერას (მაგ. აკადემიური განმარტებითი ლექსიკონი), **აღმწერი-ენა-სუბიექტი** ფუნქციობს სრული, სისტემის სახით,



ხოლო აღსაწერი-ენა-ობიექტი ოდენ-ქვესისტემაა. (შდრ. „ლექსიკონის ენობრივი სისტემის სპეციფიკური იარუსის სირთულე არ იძლევა იმის საშუალებას, ერთ სიბრტყეში, ერთ პლანში მოხდეს ეროვნული ენის მთელი ლექსიკური შედგენილობის წარმოდგენა“ [5, გვ. 48] მითუმეტეს ეს ითქმის ენის მთლიანი სისტემის შესახებ, რომელიც აღწერს ობიექტს).

შესაბამისად, ლექსიკონი, როგორც ლექსიკოგრაფიის საგანი, შეიძლება განიშარტოს ასე: ცოდნის რომელიმე სფეროს, როგორც სისტემური მთლიანობის აღწერის სპეციფიკური სიტყვიერი ფორმით (resp. ლექსიკოგრაფიული მეტაენით).

ლექსიკოგრაფიის მეცნიერულ დარგად მიჩნევას განაპირობებს აღწერის ენობრივი მეთოდი. განვმარტოთ ეს გამონათქვამი: ლექსიკონის სახეობრიობის განმსაზღვრელი, როგორც უკვე ითქვა, არის ინფორმაციის როგორობა და ცოდნის სფეროს რაგვარობა. გვარულ დონეზე ლექსიკონის დიფერენციალური ნიშანია აღწერის როგორობა, ანუ დარგობლივი მეთოდოლოგიური პრინციპი (resp. სიტყვიერი აღწერის, მეტაენის სპეციფიკური ფორმა): ლექსიკოგრაფიული აღწერა მეცნიერული აღწერის სხვა მეთოდებისაგან პრინციპულად განსხვავდება ნუსხურობით: აღწერის ობიექტი – ცოდნის გარკვეული სფეროს კუთვნილი ლექსიკა (ან ენობრივი ქვესისტემა) ლექსიკონში წარმოდგენილია სხვადასხვა პრინციპით აგებული ჩამონათვალის, ნუსხის სახით. შესაბამისად, ლექსიკოგრაფიის ძირითად მეთოდოლოგიურ პრინციპად შეიძლება განისაზღვროს ობიექტის აღწერის ნუსხურობა, დიდაქტიკურობა, ნორმატიულობა და ახსნითობა [შდრ. 3, გვ. 12]. რა სახისაც არ უნდა იყოს ლექსიკონი ინფორმაციის როგორობის თვალსაზრისით, მის მიერ აღწერილი ობიექტი – „ცოდნის გარკვეული სფეროს“ ამსახველი ნიშანთა სისტემა – მასში მუდამ განხილულია მნიშვნელობის პლანის გარეგნული ფორმით, ანუ ცნებათა სისტემასთან ტრანსცენდენტული მიმართებით. ამ აზრის განმარტებისათვის ვიტყვი, რომ ის ლექსიკონებზე კი, რომლებიც „წმინდად ენობრივი ქვესისტემებს“ აღწერენ, (მორფემებს, მოდალურ ელემენტებს, სინონიმებს და მისთ.), აღწერის ობიექტს წარმოადგენენ ნიშნის ფუნქციით და ხსნიან, განმარტავენ მის სემანტიკურ ღირებულებას ენობრივ მაკროსისტემაში, ე. ი. ავლენენ ამ ენობრივი ნიშნის ტრანსცენდენტულ არსს.

რომ შევაჯამოთ ზემოთქმული ლექსიკოგრაფიის დარგობლივი ფუნქციის შესახებ, ვიტყვი, რომ ლექსიკოგრაფია აღწერს ენის ლექსიკური სისტემის გამოხატულებას პლანს, ენობრივ ერთეულს, როგორც ლექსიკური ნიშანს. შესაბამისად, ლექსიკოგრაფიული აღწერის ობიექტად შეიძლება იქცეს ენობრივი სისტემის შინაარსის ნებისმიერი ქვესისტემა – გრამატიკულიცა და ლექსიკურიც. ცნება ლექსიკონი განმარტება შემდეგი სახით – ლექსიკოგრაფიის საგანი, მოცემული სისტემის ნუსხური, ახსნითი, ნორმატიული, აღწერითი მოდელი.

ლექსიკოგრაფიის ერთეულია „სალექსიკონო ერთეული“ – ლექსიკემა. ლექსიკემის, როგორც ერთეულის სტრუქტურული ელემენტებია თეზემა – ლექსიკემის (სალექსიკონო ერთეულის) „მარცხენა მხარის“ ერთეული და სტატია – „მარჯვენა მხარის“ ერთეული. ოდენ-თეზემათა სისტემის სახით წარმოდგენილი ლექსიკონის სახელწოდებაა თეზაურუსი. ლექსიკონის „მარცხენა მხარის“ ერთობლიობას ეწოდება სიტყვანი. თეზემა პარადიგმის არამარკირებული წევრია, არქიფორმაა, სტატიასთან მიმართებით.

3. შენიშვნა: „სიტყვანი“ და „თეზაურუსი“ ცნებებრივად განსხვავებული ოდენობანია: სიტყვანი – ლექსიკონური დამუშავებისათვის შედგენის სალექსიკონო ერთეულების კორპუსია, ხოლო თეზაურუსი – ლექსიკონური დამუშავების შედეგად აგებული ლოგიკურ-სემანტიკური სისტემა – ლექსიკონი [შდრ. 3, გვ. 422].

ლექსიკოგრაფიული აღწერის ობიექტი შეიძლება გახდეს ლექსიკოლოგიური კვლევის ყველა ასპექტი – ლექსიკური შედგენილობის დადგენა, მნიშვნელობათა კლა-



ბული“. მისი ფონეტიკური ვარიანტი „ტიბიკონი“ პირობითად შევარჩიეთ ლექსიკონის რაფიულ ტერმინად). ტიბიკონი გაიაზრება ერთ მთლიან ტექსტად, რომელიც აიგება ერთიანი სისტემის საფუძველზე და მისი უმთავრესი მახასიათებელი იქნება სტატიათა ტექსტებს შორის მკაფიო ლოგიკურ-სემანტიკური კავშირი, ინდექსაციის, ციტაციის, ილუსტრაციის ერთიანი სისტემა.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
არქეოლოგიური კვლევის ცენტრი

ლიტერატურა

1. *Ж.Вандриес*. Язык. М., 1937.
2. Толковый словарь русского языка под редакцией *А.С. Ушакова* т.т. I-IV. М., 1935.
3. *მ. ჭირაქაძე*. ტერმინის ზოგადლინგვისტური თეორია და არქეოლოგიური სისტემატიკა. თბილისი, 1995.
4. Толковый словарь русского языка под редакцией *Ожегова*. М., 1974.
5. *Т.В. Гамкрелидзе, В.Иванов*. Индоевропейские языки индоевропейцы, т. I. Тбилиси, 1984.



დ.ქაღინაძე

წარსული დროის ფორმატა სემანტიკა შერწყმულ წინადადებაში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა მ.ანდრონიკაშვილმა 9.07.1997

წარსული დრო ძლიერი გრამატიკული კატეგორიაა, რომელიც უფრო მკვეთრად გამოხატული, ვიდრე არაწარსული. წარსულის სფეროში უფრო ნათლად გამოიხატება ენის სისტემის მიდრეკილება ობიექტური სინამდვილის პროცესების დროთა უფრო მკაფიოდ, ნათლად გამოსახვისაკენ. წარსული დრო ქართულში რამდენიმე მწკრივით გადმოიკვება.

ნაშრომში შევხებით წარსული დროის გამომხატველ მწკრივთა – უწყვეტლისა და წყვეტილის სრული ფორმის (პრევერბიანი წყვეტილის) სემანტიკას შერწყმულ წინადადებაში. ყურადღებას გავამახვილებთ ზოგიერთ შემთხვევაზე.

ქართულში წარსული დროის გამომხატველი ერთ-ერთი მწკრივის – უწყვეტლის ფორმები ფართოდ გამოიყენება არა მარტო მარტივ, არამედ შერწყმულსა და რთულ წინადადებებშიც. უწყვეტლის ფორმით გადმოცემული ერთგვაროვანი შემასმენლები გამოხატავენ წარსულში მიმდინარე განგრძობით, უწყვეტ, ზოგჯერ მრავალგზის მოქმედებას, რაზედაც მიუთითებენ არაგრამატიკული ლექსიკური საშუალებანი.

უწყვეტლის მწკრივის მიხედვით შერწყმული წინადადებები საკმაოდ ხშირად დასტურდება ქართულში. ამ ტიპის წინადადებებში თავს იჩენს შემასმენელთა დროული მიმართებების საკითხი, რომელზედაც მიუთითებენ სპეციალურ ლიტერატურაში [1 გვ. 240]. ერთგვარ შემასმენლებს შეიძლება ახლდეს დამატებითი ლექსიკური საშუალებანი, შეიძლება – არა. გასარჩევია რამდენიმე შემთხვევა, კერძოდ, ერთგვაროვანი შემასმენლები, გამოხატული უწყვეტლის ფორმებით, შერწყმულ წინადადებაში აღნიშნავენ:

1) წარსულში მიმდინარე განგრძობით მოვლენათა ერთდროულობას, რომელიც სათანადო ლექსიკური საშუალებით არის ხაზგასმული: „ნიკაპი უკანკალებდა, თან ცრემლები ჩამოსდიოდა დაპალუპით“ (ნ.დუმბაძე) „ქალი იატაკს რეცხავდა და თან დიდინებდა“ (ო.ჭილაძე)

2) წარსულში მიმდინარე მოვლენათა თანამიმდევრობას: „ამხანაგებს პურს ვპარავდი და ჩუმად ვჭამდი“ (ო.ჭილაძე)

ა) ზოგჯერ მოვლენათა თანამიმდევრობა ლექსიკური საშუალებით არის გადმოცემული:

„ამ კლდეებზე აქაფებული წყალი ადიოდა და მერმე ძირს ჩაჰქუხდა“ (ი.გოგებაშვილი)

ბ) ზოგჯერ თანამიმდევრულ მოქმედებათა მრავალგზისობაც ლექსიკური საშუალებით არის ხაზგასმული:

„დედა მალიმალ იხედებოდა საათზე და მაჩქარებდა“ (ნ.დუმბაძე)

გ) გვხვდება შემთხვევები, როდესაც მოქმედებათა თანამიმდევრობის გამომხატველ ერთგვაროვან შემასმენლებს ერთდროულად დაერთვის სხვადასხვა დამატებითი ლექსიკური საშუალებანი, რომლებიც მიუთითებენ აგრეთვე მოქმედების სხვადასხვა ნიუანსზე. მაგალითად: მოქმედების ტემპზე, განმეორებადობაზე და სხვ.

„თანდათან ახლოვდებოდა და ყვეელ წუთს იზრდებოდა“ (ო.ჭილაძე)

2) ზოგჯერ დასახელებულ მოქმედებათა განუწყვეტლობა ლექსიკური საშუალებით არის გამოხატული:

„განუწყვეტლივ თვლიდნენ და აღრიცხავდნენ რაღაცას“ (თ.ჭილაძე)

ა) ზოგჯერ მოვლენათა დასახელებას თან ახლავს დროის ამა თუ იმ მომენტის აღმნიშვნელი ზმნიზედა:

„ბოლო დროს ეხვეოდა, ეალერსებოდა“ (შ.არაგვისპირელი)

3) წარსულში მიმდინარე მოქმედებანი შეიძლება დაპირისპირებულიც იყოს ერთ-მანეთთან. ეს მაპირისპირებელი კავშირით არის გამოხატული, რომელსაც ზოგჯერ ახლავს გამაძლიერებელი ლექსიკური ერთეული:

„ის თანდათან... თოშდებოდა, მაგრამ ხმას მინც არ იღებდა“ (ა.ყაზბეგი)

სიტყვა „თანდათან“ მიუთითებს, რომ მოქმედება ერთბაშად არ ხდებოდა.

4) უწყვეტლის ფორმებს შორის შეიძლება იყოს დროში მონაცვლეობაც, რაც შესაბამისი კავშირებით გამოიხატება:

„ხან კარზე ჰქონდა ყური მიღებული, ხან კი ფანჯრიდან უთვალთვალვდა“ (ო.ჭილაძე)

„ხან ხმალს იქნევდა, ხან დაპირებებსა და ხაფანგებს ქსელავდა“ (ლ.გოთუა)

წარსული დროის გამომხატველი მეორე მწკრივის, პრევერბიანი წყვეტილის მიხედვით შერწყმული წინადადებების გამოყენების არცეც საკმაოდ ფართოა ქართულში. აქაც ერთგვაროვან შემასმენლებს შორის სხვადასხვა დროული თანაფარდობები აღინიშნება. შემასმენლებმა შეიძლება გამოხატოს:

1) მოვლენათა თანამიმდევრობა:

„ქალი გაზუმდა და პეტრეს მიაჩერდა“ (ო.ჭილაძე)

ზოგჯერ დროული თანამიმდევრობის გამომხატველ შემასმენლებს ახლავს დამატებითი ლექსიკური საშუალებანი, რომლებიც აზუსტებენ: ა) მოქმედების დროს:

„ცოტა ხნის შემდეგ ჩემმა მეორე ბიჭმა... არაყი მოარბენინა და პირში ჩამასხა“ (დ.შენგელია)

ბ) გამოხატავენ მომენტურობა-უცაბედობას:

„უცრად შეწყვიტა ლაპარაკი და მამას მოეხვია“ (შ.არაგვისპირელი)

გ) განმეორებადობას:

“მარი ისევ გამოვიდა სახლიდან... და ფარდაგი შინ შეიტანა“ (თ.ჭილაძე)

დ) დროის ხანგრძლივობას:

„ბატონმა პოლიკარპემ ორ დღეში აიწყო და მოიგვარა საქმეები“ (ა.სულაკაური)

ზოგჯერ დროის აღმნიშვნელი ლექსიკური ერთეული დროული თანამიმდევრობის გამომხატველ ერთგვარ შემასმენელთან ახლავს უკანასკნელ მათგანს:

„მეჩინებემ... გადაიკვა და სამუდამოდ გადმოაბიჯა გალავნის ზღურბლს“ (დ.შენგელია)

დასახელებულ შემთხვევებში წყვეტილის ფორმებით გამოხატულ ერთგვარ შემასმენელთა შეერთება კავშირიანია. დასტურდება უკავშირო შეერთების მაგალითებიც.

1) მთავარსა და დამოკიდებულ წინადადებებს შორის მოცემულია მოვლენათა მიზეზ-შედეგობრიობა.

ამ შემთხვევაში დამატებითი ლექსიკური საშუალებანი წყვეტილის ფორმას კი არ უსწრებს, არამედ მოსდევს, რაც ძირითადად ისტორიული ხასიათის ნაწარმოებებში უფრო იჩენს თავს გარკვეული სტილისტური მიზნით:

„შეკრთა, ადელდა, ვარდისახარი შეიცნო მყისვე“ (კ.გამსახურდია)

ამრიგად, უწყვეტლისა და პრევერბიანი წყვეტილის მიხედვით შერწყმულ წინადადებაში საყურადღებოა ერთგვარ შემასმენელთა დროული თანაფარდობის საკითხი. უწყვეტლის ფორმებით გამოხატულია: მოქმედებათა ერთდროულობა, თანამიმდევრობა, ჩამოთვლა-დასახელება, დაპირისპირება. წყვეტილის ფორმებს შორის შეიძლება არსებობდეს: მოვლენათა თანამიმდევრობა, მიზეზ-შედეგობრიობა. ორივე მწკრი-

ვის ფორმას შეიძლება დაეთმოს დამატებითი ლექსიკური საშუალებანი, რომლებიც აზუსტებენ მოქმედების სახეს, კერძოდ, მიუთითებენ: მოქმედების დროზე, განმეორებადობაზე, ტემპზე, განუწყვეტლობაზე, მომენტურობა-უცაბედობაზე და სხვ.

ივ.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. ლ.კვაჭიძე. თანამედროვე ქართული ენის სინტაქსი, თბილისი, 1977.



თ. ფუტბარაძე

ციური სფეროს ასახვა ნიკოლაი გუმილიოვის პოეზიაში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა რ. გორდუზიანმა 30.12.1996

ნიკოლაი გუმილიოვი თავის პოეტურ კრელოს გამოსახავდა კოლრიჯის ფორმულით: „პოეზია არის საუკეთესო სიტყვათა საუკეთესო წყობა“ [1].

ასეთ საუკეთესო სიტყვებს გუმილიოვის პოეზიაში წარმოადგენენ ციური სფეროს ნომინაციები: ცა, ვარსკვლავები, მთვარე, მზე.

იმისათვის, რომ მოხდეს ამ სიტყვათა ინტერპრეტაცია პოეტური ჩანაფიქრის შესაბამისად, საჭიროა ინფორმაცია, რომელიც პრაქტიკულად მოიცავს კონტექსტის ყველა კომპონენტს. ჩვენ ვცდილობთ გამოვავლინოთ ზუსტად ეს ინფორმაცია ციურ სფეროსთან დაკავშირებული სიტყვების განხილვის მეშვეობით როგორც მინიმალურ, ასევე უკიდურესად ფართო კონტექსტში, რომელიც მოიცავს პოეტის მთელ შემოქმედებას და მის ბედსაც.

იმისთვის, რომ გავიგოთ, თუ რისი თქმა სურდა პოეტს, უნდა აღვიკვათ მისი ფასეულობათა სისტემა. აღვნიშნავთ, რომ შეფასება მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მოსაუბრე სუბიექტზე. მკვლევარებმა – როგორც ფილოსოფოსებმა, ასევე ლინგვისტებმა – დაადგინეს, რომ შეფასების გადმომცემი მნიშვნელობის კავშირი მოსაუბრესთან მრავალმხრივია [2]. შეფასება გამოხატავს მოსაუბრის პირად აზრებს და გემოვნებას, ყოველი ადამიანი კი განსხვავებულად აზროვნებს. ადამიანის მიერ შეფასებისას მოქმედებს მისი აზრები და გრძნობები, მოვალეობა და მიზანდასახული ნება-სურვილი. პოეტის შინაგანი სამყარო განსაკუთრებით ნათლად პოულობს გამოხატულებას არატრივიალური გადმომცემის საშუალებით [3]. გუმილიოვთან – ციური სფეროს აღმნიშვნელი სიტყვების მეშვეობით.

პოეტურ ტექსტში გამოყენებული ხატოვანი ინფორმაციის აღქმას ადამიანის ტვინი „ცნობიერების პოლუსებს“ საშუალებით ახერხებს. ეს პოლუსები იქმნება ფსიქოლოგიური ველის განსხვავებული დაძაბულობით, ამასთანავე, სასიამოვნო შეგრძნებები ქმნის განსაზღვრულ ჯგუფს, რომელიც პირობითად შეიძლება აღვნიშნოთ ნიშნით (+) და არასასიამოვნო კი (-) ნიშნით. მაგალითად: "Чтобы встретить песнею царя Золотисто-огненное солнце" [4] (ოქროსფერ-ცეცხლოვანი მზე) და "Солнце свирепое, солнце грозящее, Бога, в пространствах идущего. лицо сумасшедшее"

[4] (მძივნვარე, მრისხანე მზე). სხვა, ნეიტრალური ინფორმაცია (თუ ცისა და ციური სხეულების ნომინაციები აღვნიშნავენ მხოლოდ ცას და ციურ სხეულს) თავისუფლად აცდება ფსიქოლოგიური მაგნიტის პოლუსებს. ასეთ შემთხვევებში ცისა და ციური სხეულების ნომინაციები გამოყენებულია ძირითადად პირდაპირი მნიშვნელობით კონტაქტურ ნიშან-თვისებათა გარეშე.

ალბათ, გუმილიოვის ძირითადი აღმოჩენა, რომელიც მის პოეზიას ყველასაგან განსხვავებულად და თავისებურად წარმოაჩენს, არის მისი შემოქმედებისათვის მთავარი სიტყვების სემანტიკური მნიშვნელობის გაფართოება. ასეთი სიტყვების რიგში აგრეთვე შედის ციურ სფეროსთან დაკავშირებული სიტყვები, რომლებიც სემანტიკური მნიშვნელობის გაფართოებისას ერთდროულად ატარებს როგორც დადებით, ასევე უარყოფით მუხტს, ანუ „სხვადასხვა პოლუსიანი“ ხდება.

ჩვეულებრივი კონტექსტის პირობებში პირდაპირი მნიშვნელობით გამოყენებული სიტყვის აღქმისას მისი სემანტიკური შემცველობა არსებითად მცირდება. ცნობიერ-

ბაში ჩნდება ყველაზე უფრო ზოგადი წარმოდგენა დენოტატის (საგნის სახეობის) ტიპსა და ეს ხდება ნიშან-თვისებათა საკმაოდ შეზღუდული რაოდენობის მეშვეობით, ამიტომ სიტყვის შინაარსი ამ შემთხვევაში გადმოცემულია, როგორც წესი, სემების მიწვევით, ხშირად კი მხოლოდ ერთი სემით – მნიშვნელობის ძირითადი კომპონენტით.

თანამედროვე ნეიროფიზიოლოგიური და ფსიქოლოგიური გამოკვლევების შედეგად (იხ. ბენტერევის ნამუშევრები) დადგენილია, რომ ნებისმიერი სიტყვის აღქმისას იმავდროულად ხორციელდება მისი გარკვეულ კატეგორიაში მოთავსება (მაგალითად, სიტყვა ვარსკვლავი ფიქსირდება როგორც ციური სფეროს კატეგორიის კომპონენტი). ენაში სიტყვის აზრობრივი შინაარსის შემქმნელი დანარჩენი სემები აღქმის პერიფერიაზე რჩება, ან სრულიად „შეუმჩნეველია“. ენობრივი გადატანით მნიშვნელობით აღქმისას, ჩვენი წარმოდგენა საგნის შესახებ შეიცავს მოცემული სიტყვის შემადგენელ არა ყველა ელემენტარულ მნიშვნელობებს, არამედ მხოლოდ მათ მინიმალურ რაოდენობას. მაგალითად, გამოთქმაში "золотая звезда" (ოქროს ვარსკვლავი) ჩვენ აღვიქვამთ ფერის და კაშკაშის სემებს, ხოლო გამოთქმაში "дворец, похожий на звезду" (სასახლის მსგავსი ვარსკვლავი) – ფორმისა და კაშკაშის სემებს.

სიტყვის შინაარსობრივი შემცველობა შეფასების მნიშვნელობით გამოყენებისას არსებითად იცვლება: ჩნდება ახალი ინფორმაცია, წარმოიქმნება ახალი კონტექსტუალური სემები ან აქტუალური ხდება პოტენციალური სემები. ასეთი სიტყვის აღქმისას იცვლება გონებაში წამოტივტივებული სემების შემადგენლობაც, რაოდენობაც, მათი კომბინატორიკის თავისებურებაც და მათი იერარქიაც. მაგალითად: "звезда моих побед" (ჩემ გამარჯვებათა ვარსკვლავი), "небо черное, где блещут недоступные, чужие звезды" (შავი ცა, სადაც კაშკაშებენ მიუღწეველი, უცხო ვარსკვლავები). აგრეთვე ჩნდება დამატებითი, სილამაზის ნიშან-თვისებაც, თანაც დადებითად დამუხტვის დროს ყურადღება მახვილდება ვარსკვლავების „სანდობაზე“, უარყოფითად დამუხტვისას ვხედავთ ვარსკვლავების „მტრულ დამოკიდებულებას“ და ახალ თანამნიშვნელობად შემოდის ემოციური შეფასება.

ამრიგად, გუმილიოვის პოეზიაში დადებითის თუ უარყოფითის ცნება, რომელიც ჩანს ციურ სფეროსთან მიმართებაში, გამოირჩევა თავისი კავშირებისა და ფუნქციების განსაკუთრებული მრავალფეროვნებით.

ი. ჭავჭავაძის სახ. თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. Н.С.Гумилев. Письма о русской поэзии. М., 1990, 60.
2. Е.И.Вольф. Функциональная семантика оценки. М., 1985, 38.
3. Н.Д.Арутюнова. Типы языковых значений. Оценка. Событие. Факт. М., 1988, 313.
4. Н.С.Гумилев. Стихи, поэмы. Тбилиси, 1988.



6. შარიტაძე

დრამატული კონფლიქტის პროგნოზისათვის XX საუკუნის მუსიკალურ თეატრში (ექსპრესიონიზმისა და ნეოკლასიციზმის მაგალითზე)

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა რ. გორდუხიანიმა 14.07.1997

კულტურის განვითარების დინამიკა კონკრეტული ეპოქის წინააღმდეგობებიდან იღებს სათავეს. როგორც წესი, ეპოქის გარეგნული მოვლენები ერთგვარ იმპულსს იძლევიან მისი შინაგანი გააზრებისათვის. მისი გარეგნული ნიშნები სოციალურ-პოლიტიკურ ძვრებში, ცივილიზაციის განვითარების და ტექნიკის დონეში, ურთიერთობათა ნორმებსა და ცხოვრებისეულ სტანდარტებში ავლენს თავს; შინაგანი კი მეცნიერებასა და კულტურაში კონცენტრირებული სულიერი ფასეულობებით ვლინდება. ეპოქის გარეგან და შინაგან მხარეებს შორის პარამონიული დამოკიდებულება თითქმის არ არის; მაგრამ ამ დიალექტიკური ერთიანობის გარეშე შეუძლებელია კულტურის საერთო ევოლუციის წარმოდგენა.

XX საუკუნე კიდევ უფრო ამძაფრებს მათ წინააღმდეგობას. მეტიც, მძაფრი ეპოქალური მოვლენების შინაგან გააზრებას კულტურა ზოგჯერ ურთიერთგამომრიცხავი მსოფლმხედველობის მქონე სტილებით იძლევა. სწორედ ასეთია მე-20 საუკუნის დასაწყისში ჩამოყალიბებული მუსიკალური ექსპრესიონიზმი და ნეოკლასიციზმი – ეპოქის შინაგანი გააზრების ორი სრულიად საპირისპირო ხედვა. ერთი მხრივ, ნერვული, უკიდურესად ჰიპერტროფირებული ემოციური გამოხატულება, რაც ექსპრესიონისტული მიმართულების შინაგან თვისებებს პასუხობს და ასახავს დამოკიდებულებას სამყაროსთან; მეორე მხრივ, გაუცხოებისა და დისტანციის შექმნის მცდელობა, რომლის ფესვებიც ნეოკლასიციზტური მიმართულების მსოფლმხედველობაში ძევს. ისინი დაპირისპირებით, ბრძოლით, ერთმანეთს უარყოფით მიიკვლევდნენ გზას მუსიკის ისტორიაში. ასეთი პარალელიზმი მრავალმხრივ საინტერესოა მკვლევართათვის: ბიარუსტოვსკი, მ. ჩერკაშინა, მ. ტარაკანოვი, მ. დრუსკინი, ვ. სმირნოვი, გალფევესკაია და სხვანი. მაგრამ, როგორც წესი, თითოეულ მათგანს რომელიმე ერთ მიმდინარეობაზე აქვს აქცენტი გადატანილი და სხვადასხვა ეტაპზე წამოჭრილი პრობლემატიკის განხილვა ხდება კონკრეტულ ნაწარმოებთან თუ სტილის ზოგად კანონზომიერებებთან მიმართებით, ან ისტორიული განვითარების კრილში დანახული პროცესების ზოგადი დახასიათებით შემოიფარგლებიან. ექსპრესიონიზმი/ნეოკლასიციზმის შედარებითი ანალიზი, მათი მსოფლმხედველობრივი განსხვავების და კონფლიქტური დრამატურგის თვისობრივი ნიშნების გამოვლენა, ვფიქრობთ, ნათელს მოკვფენს ყველა დროის აქტუალურ პრობლემას – ადამიანისა და გარე სამყაროს კონფლიქტურ ურთიერთდამოკიდებულებას. მას კი ორივე სტილური მიმართულება მხოლოდ საკუთარი მსოფლმხედველობის გათვალისწინებით ხსნის. საუკუნის დასაწყისში მუსიკალურ თეატრში მიმდინარე პროცესების ღრმად წვდომისათვის, დრამატული კონფლიქტის ტიპოლოგიური ნიშნების გამოვლენა აღნიშნულ სტილებთან მიმართებაში პერსპექტიულად გვესახება.

ამ წერილის ფარგლებში ჩვენ სტილ-ანტიპოდთა, ექსპრესიონიზმი-ნეოკლასიციზმის მიერ კონფლიქტის გააზრების ზოგიერთ ასპექტზე შევჩერდებით. სწორედ მათი ურთიერთგამომრიცხავი მსოფლმხედველობა განსაზღვრავდა კონფლიქტური დრამატურგის თავისებურებას და მისი გამოვლენის ტიპიურ ნიშან-თვისებებს. სტილ-ანტიპოდთა მსოფლალქმის საფუძველი ეპოქის წინააღმდეგობრივ ბუნებაში ძევს.

XX საუკუნე ერთგვარი დუალიზმით ხასიათდება. ალბათ, ვერც ერთ სხვა ეპოქაში ნგრევა-შენების, სულიერი სიღატაკისა და სიმდიდრის, ამბლეზა-დაცემის, აღამიანთა მასობრივი განადგურების და „დაღუპული სულების“ ნუგეშის ისეთ პარადოქსულ პარალელიზმს ვერ შევხვდებით, როგორც ჩვენს ეპოქაში. ამაში დავრწმუნდებით, თუ თვალს გადავავლებთ მე-20 საუკუნის პირველი ნახევრის საკმაოდ მერყეულ სოციალურ-პოლიტიკურ სეისმოგრაფიას. მშრალი, არასრული ისტორიული თარიღების მოყვანაც კმარა იმისათვის, რომ დოკუმენტური სიზუსტით წარმოვიდგინოთ კონფლიქტებით აღსავსე პირველი ოთხი ათწლეული: პირველი მსოფლიო ომის დასაწყისი (1914), რევოლუციური გადატრიალება რუსეთში (1917), კლასობრივი ბრძოლები, გერმანიის მიერ ომის გამოცხადება და მისი ლტოლვა მსოფლიო ჰეგემონიისაკენ, რომ აღარაფერი ვთქვათ შიდა სახელმწიფოებრივ ომებსა თუ გადატრიალებებზე და მეორე მსოფლიო ომის მოახლოებაზე. ამ პერმანენტული ძალადობის და სისხლისღვრის ლოგიკური შედეგი საუკუნის პირველი ნახევრის დასასრულს ხიროსიმას ტრაგედიის სახელითაა ცნობილი. ეს ქართველებით აღსავსე ეპოქა ამასთანავე ხელოვნებისა და მეცნიერების აყვავების ხანაა. მაშინ, როცა ყველა სხვა ინსტიტუტს შორის აღამიანს ყველაზე მეტად თვითგადარჩენის ინსტიტუტი უვითარდება, როცა აღამიანსა და ველურს შორის ზღვარი მცირდება და ომის კომპლექსით შეპყრობით უიმედობა იპყრობს, იქმნება შ. გეორგეს, ბ. პასტერნაკის, გ. აპოლინერის ლექსები; უ.ნოლდეს, ფ.მარკის, პ.კირხნერის, პ.კლევს ტილოები; ფ.კაფკას, რ.რილკეს, ფ.ვედეკინდის, ა.სტრინდბერგის დრამები; ჩ.ჩაპლინის ფილმები, იწერება ზ.ფროიდისა და კ.იუნგის მეცნიერული შრომები; „ენის კრიტიკის“ მიმდინარეობა ლიტერატურაში რ.რეზერფორდის ატომური ბირთვის თეორია, ა.აინ-შტაინის „ფარდობითობის თეორია“, რადიო, გრამაფონი, კინემატოგრაფი...

აღამიანის სულიერი სამყარო და ხელოვნება კი მგრძნობიარე ბარომეტრივით ირეკლავდა ამ წინააღმდეგობებით აღსავსე რთული ეპოქის სახეს.

ექსპრესიონიზმი და ნეოკლასიციზმი იმთავითვე ჩამოყალიბდნენ, როგორც სტილი ანტიპოდები და თითქმის პარალელურად ვითარდებოდნენ. მაშინ, როცა იქმნება რ.შტრაუსის პრეექსპრესიონისტული ოპერები „სალომე“, „ელექტრა“, ა.შონბერგის ტიპიური ექსპრესიონისტული დრამა „მოლოდინი“, მძლავრად გაისმის ფ.ბუზონის ხმა, რომელიც კლასიკური წესრიგისაკენ მოუწოდებს თანამედროვეებს. 1911 წელს კი რ.შტრაუსი წერს ოპერას „ვარდის კავალერი“, რომელიც მე-20 ს-ში წარმოშობილი მრავალრიცხოვანი ნეოკლასიციტური მუსიკალური დრამების დასაბამს წარმოადგენს. 1919 წ. ა.ბერგი კმნის სოციალური ტრაგედიის ამსახველ შემადრწუნებელ სურათს ჩები ჭარისკაცის ცხოვრებიდან „ვოცეკი“. პარალელურად იქმნება ი.სტრავინსკის „ჭარისკაცის ისტორია“, რომელიც დებს ხიდს 20-30-იანი წლების მისსავე ნეოკლასიციტურ მუსიკალურ დრამებთან „ოდიპოს მეფე“ (1927), „პერსეფონე“ (1934); ამავე პერიოდს განეკუთვნებიან ა.შონბერგისა და ა.ბერგის ექსპრესიონისტული ოპერები „მოსე და აარონი“ (1932), „ლულუ“ (1935). ზემოთ მოყვანილ ნაწარმოებთა არასრული სიაც საკმარისია მრავალფეროვანი სურათის წარმოდგენისათვის.

ხაზგასმით უნდა აღვნიშნოთ, რომ ექსპრესიონიზმი და ნეოკლასიციზმი არის სამყაროს ხედვის თავისებური მოდელი, მსოფლმხედველობა. ეს განსაზღვრავდა მუსიკალურ თეატრში ჩანაფიქრის თავისებურებას, პირველწყაროსადმი დამოკიდებულებას, რეალიზაციის ხერხების არჩევანს, დრამატული კონფლიქტის ტიპს და სხვა.

ექსპრესიონისტული და ნეოკლასიციტური კონფლიქტური დრამატურგია ცარიელ ნიღაბზე როდი აღმოცენდა. მათ პროტოტიპები არცთუ ისე შორეულ წარსულში მოეპოვებათ რომანტიზმის და კლასიციზმის სახით. ამ გენეტიკური ფესვების მემკვიდრეობის დადგენის გარეშე გაგვიჭირდება სტილანტიპოდთა მიერ დრამატული კონფლიქტის გააზრების სიღრმისეული წვდომა.



ექსპრესიონისტული კონფლიქტური დრამატურგია პირდაპირი მემკვიდრეობაა მანტიკული კონფლიქტური დრამატურგიისა. ამას ექსპრესიონისტული მიმდინარეობის მამამთავარი ა. შონბერგი ხაზგასმით აღნიშნავს: „მე გაფრთხილებთ იმ საშიშროების შესახებ, რაც იმალება რომანტიზმის წინააღმდეგ რეაქციულ დამოკიდებულებაში. ძველი რომანტიკა მკვდარია! გაუმარჯოს ახალს! კომპოზიტორს, რომლისთვისაც უცხოა რომანტიკულობა, აკლია რაღაც არსებითი წმინდა ადამიანური“ [1]. ექსპრესიონისტებისთვის მახლობელი აღმოჩნდა რომანტიკოსების მიერ სამყაროს წინააღმდეგობრივი აღქმის მოდელი, რომელშიც ერთმანეთის გვერდით თანაარსებობენ სიმართლე და სიცრუე, სიკეთე და ბოროტება, სიწმინდე და ცოდვა [2]. გავიხსენოთ რვაგენერის ოპერების გმირები: ლოენგრინი, ტანჰოიზერი, კუნდრი და მრავალი სხვა. რომანტიზმში პიროვნებისა და გარემოს კონფლიქტური ურთიერთმიმართება ადამიანის შინაგან სამყაროზე პროეცირებას ახდენს; ჩამოყალიბდა დრამატული კონფლიქტის ნაირსახეობა – კონფლიქტი საკუთარ თავთან. აქედან არის რომანტიკული გმირის დახასიათებაში ის საოცარი შინაგანი დინამიკა, რომელიც მანამდე არნახული ფსიქოლოგიური ნიუანსებით იტვირთება. ექსპრესიონისტები ითვისებენ რა რომანტიკულ კონფლიქტს საკუთარ თავთან, მაქსიმალურად ამძაფრებენ მას და მიჰყავთ იმ ზღვრამდე, საიდანაც იწყება ტრადიციის რღვევა. თუ რომანტიზმში დაპირისპირება სინათლესა და სიბნელეს შორის სახეზეა, ექსპრესიონისტებთან წინააღმდეგობას რომანტიკული გაგებით ვეღარ შევხვდებით. გაბატონებულია მხოლოდ ერთი სფერო „სევდა გადაიქცევა განწირულებად, სასოწარკვეთა – ისტერიად <...> ძირითადი განწყობა არის უკიდურესი ტიკილი“ [3]. რაც უფრო დრამატიზირებულია აღქმა, მით უფრო ირღვევა მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების ლოგიკა გმირის ფსიქიკაში. ყოველივე ემსგავსება კომპარატიულ სიზმარს. ასეთ ყოფაში მოთავსდება არა ფსიქოლოგიური სულიერება, არამედ მეტაფიზიკური სპირიტუალიზმი.

ყოველივე შიში მსჭვალავს. შიში ყოფითი, აუხსნელი და ჰიპერტროფირებული. ამ ემოციური სფეროს გადმოცემისათვის ექსპრესიონისტები სიუჟეტურ საფუძველს ხშირად თანამედროვე დრამატურგიაში ეძებენ. მაგ. მ.პაპენჰაიმის ტექსტზე შექმნილი ა. შონბერგის „მოლოდინი“, ვედეკენდის „მანდორას ყუთის“ და „დედამიწის სულის“ მიხედვით შექმნილი ა. ბერგის „ლულუ“ და სხვა. მეტაფორას თუ მოვიშველიებთ, გმირებისათვის „განკითხვის დღე“ არსებობის ყოველ წუთში განიცდება. მოვლენათა ფატალურ აღქმას აბსურდული განმეორების დალი ასეია. გავიხსენოთ, ა. ბერგის ოპერა „ვოცეკის“ ფინალის კონცეფცია. უკიდურეს სიტუაციაში მოხვედრილ ექსპრესიონისტთა გმირს დრო აღარ რჩება ანალიზისა და არგუმენტაციისათვის. აქედან არის დანაწევრებული აზროვნება, ყვირილი... საკუთარ თავთან კონფლიქტის უკიდურესი ფსიქოლოგიზმის გადმოცემისათვის ა. შონბერგმა გამოიხატა ერთადერთი და შეიძლება ითქვას უზუსტესი ფორმა – Sprechgesang, შუალედური ლაპარაკსა და სიმღერას შორის. იგი ყველაზე სრულყოფილად გადმოსცემდა პიროვნების ცვალებად ფსიქო-ემოციურ დიაგრამას. წინა პლანზე გამოდის ქვეცნობიერი შრე, ირაციონალიზმი. პრინციპი – „ერთ-ერთი ჩვენთაგანი“ აბსოლუტურად მისაღები გამოდგა ექსპრესიონიზმისათვის.

ამგვარად, საზრდოობს რა რომანტიზმის ფესვებით, ექსპრესიონიზმი შემოქმედებითად ითვისებს ადამიანის კონფლიქტს საკუთარ თავთან და მხოლოდ სტილის მსოფლმხედველობისათვის მისაღები პოზიციით წყვეტს მას.

ტერმინი ნეო თავისთავად მიგვითითებს შესაძლო პროტოტიპის არსებობაზე. მუსიკალურ ხელოვნებაში ნეოკლასიციზმი ძირითადად ორგვარად გამოვლინდა: ერთი მიუთითებდა განვითარების ახალ ფაზაზე, მოვლენის ინდივიდუალურ ინტერპრეტაციაზე (ი. სტრავინსკის გზა); მეორე კი აღორძინებას, მოდერნიზებას ისახავდა მიზნად (პ. ჰინდემიტის გზა), ნეოკლასიციზმი იმთავითვე ჩამოყალიბდა, როგორც ანტიექსპრესიონისტული მიმდინარეობა. „ნევროზული სულის გამოსახვისას შემოქმედი, ამავე



თითოეული კომპოზიტორის ინდივიდუალური და სტილის მსოფლმხედველობისათვის დამახასიათებელი კანონებით წყვეტს დასახულ პრობლემას. ეს საპირისპირო პოზიციები თავს იჩენს არა მარტო მსოფლმხედველობის, ტრადიციული კონფლიქტური დრამატურგიის გადააზრების, ან სიუჟეტური პირველწყაროს დონეზე, არამედ მუსიკალური დრამატურგიის ყველა შრეში ვლინდება. საუკუნის პირველ ნახევარში გამოკვეთილი ექსპრესიონისტული და ნეოკლასიცისტური კონფლიქტური დრამატურგიის ტიპები სიცოცხლისუნარიანი აღმოჩნდნენ და ბიძგი მისცეს საოპერო ჟანრის შემდგომ განვითარებას მე-20 ს-ის II ნახევრის დასავლეთ ევროპულ მუსიკალურ თეატრში ბ.ციმერმანის „ჯარისკაცების“, ვ.ფორტნერის „სისხლიანი ქორწილის“, პ.დესაუს „ლანცელოტის“, „პუნტილას“ სახით.

თბილისის სახელმწიფო კონსერვატორია

ლიტერატურა

1. A. Schoenberg. Musica, 9, 1961, 514.
2. ქ.ბაქრაძე. საკანდიდატო დის. ავტორეფერატი, თბილისი, 1984.
3. Эйслер. Избр. статьи музведов ГДР. М., 1960, 189.
4. В.Каратишн. Избр. статьи, М., 1960, 122.



ენათმეცნიერება

სოფელ ურთხვის წმინდა გიორგის სახელობის ეკლესიის კანკელის
შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. ბერიძემ 30.09.1997

საქართველოს ეკლესიებსა და მუზეუმებში შემორჩენილი კანკელები მეტად მნიშვნელოვან მასალას წარმოადგენენ შუა საუკუნეების ქართული ხელოვნების შესწავლისათვის. გარკვეული ფუნქციური დანიშნულების მქონე ამ მცირე ფორმის ძეგლებს შორის განსაკუთრებით გამოირჩევა ქვის კანკელები, რომელთა რელიეფური გამოსახულებები ნათლად ასახავენ ქართული პლასტიკის განვითარების სხვადასხვა ეტაპებს [1]. განსაკუთრებით აღსანიშნავია XI საუკუნის კანკელთა ერთი ჯგუფი – პერიოდისა, რომელიც როგორც კანკელთა რელიეფებისათვის, ასევე ქართული პლასტიკის სხვა დარგებისათვის (ქედურობა, ფასადთა რელიეფები, სპილოს ძვალი) ახალი მხატვრული ძიებებისა და განსაკუთრებული აღმავლობის ხანას წარმოადგენს.

ამ საუკუნეში დაგვიტოვა ფიგურული რელიეფებით შემკული კანკელების ისეთი ბრწყინვალე ნიმუშები, როგორცაა ატენის, ხოვლეს, საფარის, შიომღვიმის კანკელები, სადაც ყოველი ოსტატი ახლად წამოჭრილ პრობლემებსა და ამოცანებს თავისებურად წყვეტდა. ამ მხრივ ყურადღებას იმსახურებს XI საუკუნის I ნახევრით დათარიღებული კიდევ ერთი ძეგლი ურთხვის კანკელი, რომლის სპეციალური შესწავლა საშუალებას გვაძლევს წარმოვიდგინოთ არა მარტო ამ პერიოდის ქართული პლასტიკის ხასიათი, არამედ გამოვავლინოთ ურთხვის ოსტატის ინდივიდუალურობა.

სურამის მახლობლად მდებარე სოფელ ურთხვის წმინდა გიორგის სახელობის პატარა დარბაზული ეკლესიისათვის განკუთვნილი კანკელი მდიდრულ ორნამენტულ ჩარჩოთი შემოსაზღვრულ სიუჟეტურ სცენებს შეიცავს. სამწუხაროდ, იგი ძლიერ დაზიანებული შემოგვრჩა. 1937 წელს აღმოჩენილი ორი გადარჩენილი ფილა „მოციქულთა კურთხევისა“ და „წმინდა გიორგის ტრიუმფის“ გამოსახულებით გადატანილ იქნა საქართველოს ხელოვნების მუზეუმში და ამჟამად მის ფონდში ინახება.

იმის გამო, რომ კანკელი მხოლოდ ფრაგმენტულად შემორჩა, პირველყოვლისა მისი აღდგენის საკითხი წამოიჭრა. ჩვენს მიერ ჩატარებული რეკონსტრუქცია კანკელის პირვანდელი სახის მხოლოდ სავარაუდო ვარიანტის წარმოდგენის საშუალებას გვაძლევს: XI საუკუნის კანკელთა ზოგადი სტრუქტურის და ურთხვის ეკლესიის საკურთხევლის აბსიდის ზომების გათვალისწინებით, აგრეთვე შემორჩენილი ფილების დიდი ზომებიდან გამომდინარე, შესაძლოა ვივარაუდოთ, რომ კანკელის ქვედა კედელი ოთხი სტენისაგან შედგებოდა და ამიტომაც ზედა ნაწილში სვეტებზე დაყრდნობილი ხუთი თალით იქნებოდა გახსნილი, ცენტრში, ჩვეულებისამებრ, აღსავლის კართით. კანკელს ანტაბლემენტი აგვირგვინებდა.

ვფიქრობთ, შემორჩენილი სცენები სწორედ აღსავლის კარის ორთავე საპირისპირო მხარეს თავსდებოდა. მარცხნივ, სამეფო კარის გვერდზე, „წმინდა გიორგის ტრიუმფის“ კომპოზიცია იყო, ხოლო მის მარჯვნივ მდებარე სცენა დაკარგულია, შესაძლოა, აქ ასევე საკმაოდ პოპულარული წმინდა მეომარი – თევდორე ყოფილიყო გამოსახული, რადგან სწორედ ამ ორი ცხენზე ამხედრებული წმინდანის – გიორგისა და თევდორეს გაერთიანება ჰერალდიკურ კომპოზიციაში ტრადიციულია ქართული ხელოვნებისათვის და აქაც, ისევე როგორც ქართული ხელოვნების სხვა ძეგლებში, ისინი ამარცხებენ ბოროტებას. ამგვარად, წინ იწევს ქრისტიანული რელიგიის ტრიუმფის იდეა. ურთხვის



კანკელზე აღსავლის კარის ორივე მხარეს წარმოდგენილი წმინდა მხედრები წარმოგვიდგებიან როგორც წმინდა ადგილის – საკურთხევლის მცველები.

სავარაუდოა, რომ „მოციქულთა კურთხევის“ კომპოზიცია კანკელის მარჯვენა, განაპირა მხარეს იყო მოთავსებული. მისი საპირისპირო – მარცხენა განაპირა სცენა არ შემორჩა. უეჭველია, რომ აქ უნდა ყოფილიყო სიუჟეტური კომპოზიცია, რომელიც შინაარსობრივად ქრისტიანული რელიგიის გამარჯვების იდეის ამსახველი, ამ სცენის შესაბამისი იქნებოდა. მაგ. „სული წმინდის მოფენა“ ან „ვარცხა“, რომლებიც ხშირად გააზრებულია შინაარსობრივ კონტექსტში „მოციქულთა კურთხევასთან“.

ამგვარად, როგორც ვხედავთ, სიუჟეტური სცენების შერჩევისას, ოსტატი გარკვეულ ტრადიციას მიმართავს და ამ მხრივ თავისი ეპოქის ფარგლებს არ სცდება. სამაგიეროდ, ყურადღებას იქცევს კანკელის საერთო სტრუქტურისა და დეკორატიული გაფორმების ზოგადი სქემა, რომელიც, თუმცა ერთი შეხედვით ტიპურია XI საუკუნისათვის, მაგრამ ამავე დროს გარკვეული თავისებურებებით გამოირჩევა. ურთხვის თანადროულ სხვა კანკელთა ყოველი სიუჟეტური კომპოზიცია ოთხივე მხრიდან თანაბრად შემოსაზღვრული ერთიანი დეკორატიული ჩარჩოთი და სცენებს აშკარად გამოვლენილი სალოცავი ხატის სახე აქვთ. ორნამენტული მოჩარჩოების ამგვარი გადაწყვეტა განსაკუთრებით ქედურ ხატებს მოგვაგონებს. ამავე დროს, ყოველი კომპოზიცია მკაფიოდ გამოიყოფა ერთმანეთისაგან სვეტებით.

ურთხვის ოსტატი კანკელის საერთო აგებულების რამდენადმე განსხვავებულ ვარიანტს იძლევა: იგი არღვევს კანკელისათვის ტრადიციულ, ხატის მსგავსად გააზრებულ დეკორატიული გაფორმების პრინციპს და უწყვეტად აკლებს ზედა და ქვედა, ერთგვარი ორნამენტული მოტივით შედგენილ ზოლებს ფილის კიდემდე, რომელიც ორ-ორ სცენას აერთიანებს. ამის გამო, საკმაოდ განიერი ვერტიკალური ორნამენტული ზოლები მოკლდება, მკაფიოდ გამოიყოფა და დამოუკიდებელი ჩანართების სახეს იღებს.

კანკელის საერთო აგებულების ამგვარ გადაწყვეტაში, რომელსაც არ მოეძებნება პარალელი ჩვენთვის ცნობილ, ურთხვის თანადროულ სხვა ძეგლებში, მოწმობს იმას, რომ ოსტატი იაზრებს მთელ კომპოზიციას როგორც ერთიანს და მთლიან ანსამბლში ვიზუალურად აერთიანებს კანკელის ორივე ნაწილს, აგრეთვე მიუთითებს ოსტატის სურვილზე გამომუშავებული საერთო სტრუქტურის ფარგლებში მოგვეცეს ახალი გადაწყვეტა.

ორნამენტული მოტივების ნაირსახეობა და მრავალფეროვნება (კანკელზე გამოყენებულია ხუთი სრულიად განსხვავებული ორნამენტული მოტივი) კი, როგორც ჩანს, ოსტატის ინდივიდუალობის კიდევ ერთი გამოვლინებაა და საერთოდ ამ პერიოდისათვის დამახასიათებელი შემოქმედებითი ძიებების მაჩვენებელია.

სიუჟეტური კომპოზიციების შერჩევისას ოსტატი კანკელთა გაფორმების პროგრამისათვის დამახასიათებელ, სახარებასა და საკურთხეველში მიმდინარე ლიტურგიასთან დაკავშირებულ თემატიკას მიმართავს.

„მოციქულთა კურთხევის“ სცენის [2] იკონოგრაფიულმა ანალიზმა და მისმა შედეგებმა შუა საუკუნეების ხელოვნების სხვადასხვა დარგის (კედლის მხატვრობა, მინიატურა, სპილოს ძვალი) ცნობილ ანალოგიურ კომპოზიციებთან გვიჩვენა, რომ ურთხვის ოსტატი, ძირითადად, სარგებლობს საკმაოდ გავრცელებული, ლაკონური რედაქციით: ცენტრში – ხელებგაშლილი ქრისტე, რომელიც აკურთხებს მის ორივე მხარეს განლაგებულ, თავანისცემის პოზაში გამოსახულ თორმეტ მოციქულს (ექვს-ექვსი თითო მხარეს), მოციქულთა უკან გამოსახული ხეები მიუთითებენ მოქმედების ადგილზე – ელეონის მთაზე, თუმცა არც ერთი ჩვენთვის ცნობილი მაგალითი არ წარმოადგენს ურთხვის „მოციქულთა კურთხევის“ სცენის ზუსტ პარალელს, მაგრამ იგი გარკვეულ მსგავსებას ავლენს მინიატურასა (ე. წ. პეტერბურგის ლექციონარი № 21, X ს.), და



განსაკუთრებით კი, აღმოსავლეთ ქრისტიანულ კედლის მხატვრობაში (კაპადოკიის კილიჩლარ კილისე (900 წ.), ნიკეფორე ფოკას ეკლესია ჩაუშენში 964-965 წწ., ტოკალი კილისეს ახალი ეკლესია X ს., კარანლიკ კილისე 1210 წ. ტრაპიზუნდის აია სოფიას ეკლესია XIII ს. და პათმოსის იოანე ნათლისმცემლის ეკლესია (XII ს.). წარმოდგენილ კომპოზიციებთან საერთოა ქრისტეს პოზა განზე გაშლილი ხელებით და პეიზაჟის ელემენტების გამოყენება, ამიტომაც შესაძლოა ვივარაუდოთ, რომ ურთხვის ოსტატი შთაგონებული იყო რომელიმე ფერწერული პროტოტიპით.

საინტერესოდ და მეტად უჩვეულოდაა გადაწყვეტილი კომპოზიცია ცხენოსანი წმინდა გიორგის გამოსახულებით, რომელსაც ურთხვის რელიეფის შესრულების დროისათვის ხანგრძლივი იკონოგრაფიული ტრადიცია გააჩნდა. ქართული ხელოვნების ნაწარმოებებში, როგორც წესი, მხედარი წმინდა გიორგი შუბით გმირავს ადამიანის ფიგურას – წარმართ მეფე დიოკლეტიანეს, რომელიც ცხენის ფეხებთან გამოისახება. ურთხვის რელიეფზე წარმართობის დამარცხებისა და ქრისტიანული რელიგიის ტრიუმფის იდეა განსაკუთრებულადაა აქცენტირებული მეტად თავისებური იკონოგრაფიული დეტალებით – წმინდა გიორგის აღმართულ შუბზე წამოცმული ადამიანის თავი, ხოლო თავმოკვეთილი ფიგურა – ცხენის წინ გამოსახული. გამარჯვების ამგვარი ქეცხონსტრაციის ზუსტი პროტოტიპის დადგენა რთულია. ამ თვალსაზრისით შეგვიძლია მხოლოდ ათონის ვატოპედის მონასტრის, XIV საუკუნის დავითნი გავისხენოთ, სადაც ძველი აღთქმის გმირს – ცხენზე ამხედრებულ მეფე დავითს, დამარცხებული გოლიათის მოკვეთილი თავი შუბით მოაქვს.

ამგვარი დეტალების არსებობის გამო, დასაშვებია ურთხვის წმინდა გიორგის სცენის საბრძოლო თემატიკასთან დაკავშირება. საფიქრებელია, რომ მისი ფესვები საიმპერატორო ტრიუმფალურ იკონოგრაფიაში უნდა ვეძიოთ, სადაც ბატალურ სცენებში შიშობა თავისკვეთისა და თავმოკვეთილ ფიგურათა გამოსახულებები [3].

შესაძლოა, ოსტატი შთაგონებული ყოფილიყო საბრძოლო სცენებით, რომლებიც საერთო ხასიათის ქართულ მონუმენტურ მხატვრობაში არსებობდა [4].

ამგვარად, გმირის გამარჯვების განსაკუთრებული აქცენტირების, მისი ჰეროიზაციის სურვილის გამო, ოსტატი შეგნებულად არ მიყვება მისთვის კარგად ცნობილ იკონოგრაფიულ სქემას და ქმნის მეტად ორიგინალურ კომპოზიციას, რომელიც წმინდა გიორგის სახეთა მრავალრიცხოვან ნიმუშებს შორის შესაძლოა ახალ, დამოუკიდებელ ვერსიად ჩაითვალოს.

ურთხვის კანკელის რელიეფებში ნათლად აისახა ამ პერიოდის ქართული პლასტიკის ძიებანი და მიღწევები.

„მოციქულთა კურთხევის“ სცენა ოსტატური და გააზრებული კომპოზიციური აგებით იქცევა ყურადღებას: ცენტრში განსაკუთრებულად გამოყოფილ, ფრონტალურად, დიდებულ საზეიმო პოზაში წარმოდგენილ მაცხოვრის ფიგურას უპირისპირდება ერთიან ჯგუფებად გამოსახული მისი თაყვანისმცემელი მოციქულები, რომელთა ძლიერად მოხრილი სხეულის რკალისებური, დენადი ნახატი გარკვეულ რიტმს ექვემდებარება. სწორედ ამ დაპირისპირების საშუალებით გარკვეული ემოციური განწყობა იბადება, რომელიც განსაზღვრავს მთელი კომპოზიციის განსაკუთრებულ განსულიერებას. მოციქულთა უკან მდებარე ხეების გამოსახულება კი დასრულებულობასა და დეკორატიულობას მატებს კომპოზიციას. ამგვარად, „მოციქულთა კურთხევის“ სცენის მხატვრული მთლიანობა სწორედ მისი ნათელი კომპოზიციური აგებისა და ემოციურობის შერწყმაში მდგომარეობს.

„წმინდა გიორგის ტრიუმფის“ სცენა „მოციქულთა კურთხევის“ ჩამოუვარდება საერთო განწყობილებისა და კომპოზიციური აგების მხრივ. მართალია, მარცხენა ნაწილში გამოსახული ცხენისა და მხედრის ფიგურა ერთიანად აღიქმება და საზეიმო განწყობას ქმნის, მარჯვენა, თუმცა უფრო მცირე ნაწილში, მხედრის გამოსახულებას-



თან საკმაო მანძილით დაშორებული დიდი ზომის უცნაურად – თავდაყირა გამოსახულებული ფიგურის გამო, სცენა მოკლებულია ერთიანობას. დამარცხებული მტრის ფიგურა მხედრის წინ, მიწაზე განრთხმულად იგულისხმებოდა, მაგრამ ოსტატმა ვერ დასძლია მისი სიღრმის მიმართულეობით განთავსების ამოცანას. აქ, გამარჯვების ტრიუმფის ხაზგასმით, მეომრის გამირული ტიპის აქცენტირების სურვილი დაუპირისპირდა ამ პერიოდის მხატვრულ შესაძლებლობებს, იმას, რომ ქართული პლასტიკის განვითარების ამ ეტაპზე მოქანდაკეთა წინაშე არ იდგა გამოსახულების სივრცობრივი გადაწყვეტის პრობლემა და ამიტომაც, ურთხვის ეს კომპოზიცია ორ დამოუკიდებელ ნაწილად გაიმიჯნა.

ურთხვის რელიეფში, ისევე, როგორც XI საუკუნის სხვა რელიეფებში, აშკარად ვლინდება სკულპტურის განვითარების ამ საფეხურზე მიღწეული ფიგურათა პროპორციული აგება, პოზებისა და ქესტების თავისუფალი გადმოცემა და რაც მთავარია, გამოსახულების პლასტიკურ ფორმებში გადმოცემა, მათი ფაქიზი მოდელირების საშუალებით. ამავე დროს ურთხვის ოსტატი, ისევე, როგორც ამ პერიოდის სხვა მოქანდაკეები სამოსის ნაკეცების რელიეფურად გადმოცემასთან ერთად დამატებით მათი გრაფიკული ხერხით – ღრმად ჩაჭრილი ხაზებით აღნიშვნასაც იყენებს, მაგრამ ურთხვში ეს ხერხი ფიგურათა საერთო ნახატის განსაკუთრებულ ხაზგასმას უწყობს ხელს.

საოცარი რიტმისა და ჰარმონიულობის გრძნობა, ცალკეულ ფორმათა ხაზობრივი გამომსახველობა და ექსპრესია, ფიგურათა გულდასმითი, თითქმის ვირტუოზული დამუშავება საშუალებას გვაძლევს მივაკუთვნოთ ურთხვის რელიეფები ქართული პლასტიკის აყვავების ხანის უბრწყინვალეს ნიმუშთა რიცხვს.

ამგვარად, ურთხვის კანკელის მაღალპროფესიული ოსტატი თავისი დროის ქეშმარიტი წარმომადგენელია. ამასთანავე, მის შემოქმედებაში ნათლად აისახა ეპოქისათვის ტრადიციული ტიპის ახლებურად და მეტად თავისებურად გააზრების სურვილი, რის გამოც ნამდვილ შემოქმედად და იმ პერიოდის მოწინავე, პროგრესულ მხატვრად გვევლინება.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ქართული ხელოვნების ისტორიის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Р.Шмерлинг. Малые формы в архитектуре средневековой Грузии.* Тбилиси, 1962.
2. მათე 28¹⁶⁻²⁰, მარკოზი 16¹⁵, ლუკა 24⁵⁰, იოანე 20²¹⁻²³.
3. Зограф 5, Белгород, 1974, 30.
4. ქართული ხელოვნება IX. თბილისი, 1956, გვ. 113-117.