

ISSN—0132—1447



საქართველოს
მეცნიერებათა აკადემიის

ბულეტენი

BULLETIN

OF THE GEORGIAN ACADEMY
OF SCIENCES

155

№ 1

1997

თბილისი * TBILISI

ძვირფასო კოლეგებო!

1996 წლიდან საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წამყვანი სამეცნიერო ჟურნალი „საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე“ გამოიცემა როგორც ქართულ, ისე ინგლისურ ენებზე. ჟურნალი ძირითადად აქვეყნებს საქართველოს სამეცნიერო დაწესებულებებში შესრულებულ გამოკვლევათა შედეგებს. ჟურნალის ინგლისურ ენაზე გამოცემა საშუალებას მოგვცემს გავაცნოთ ფართო სამეცნიერო საზოგადოებას მეცნიერების თანამედროვე მიღწევები საქართველოში და იმავდროულად მოვიზიდოთ ჩვენს ჟურნალში თანამშრომლობისათვის სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერები.

ვიმედოვნებთ, რომ თქვენ ჩვენი ჟურნალის გამოწერით ხელს შეუწყობთ იმ სიძნელეთა დაძლევას, რომლებიც თან ახლავს მის გამოცემას და ამასთანავე გამოიყენებთ თქვენს ავტორიტეტსა და გავლენას მისი პოპულარიზაციისათვის.

მთავარი რედაქტორი,

საქართველოს მეცნიერებათა
აკადემიის პრეზიდენტი, აკად.

ა. თავხელიძე

ა. თავხელიძე

ქურონალი დაარსებულია 1940 წელს

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო ქურონალი
„მომბე“ გამოდის ორ თვეში ერთხელ ქართულ და ინგლისურ ენებზე

მთავარი რედაქტორი – აკადემიკოსი ა.თავხელიძე

ს ა რ ე დ ა ქ ტ ი ო კ ო ლ ე გ ი ა

თ.ანდრონიკაშვილი, თ.ბერიძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ე.გამყრელიძე,
თ.გამყრელიძე, გ.გველესიანი, ვ.გომელაური, რ.გორდეზიანი (მთავარი რედაქტორის
მოადგილე), მ.ზაალიშვილი, გ.კვეციტაძე, ი.კილურაძე (მთავარი რედაქტორის
მოადგილე), თ.კოპალეიშვილი, ჯ.ლომინაძე, რ.მეტრეველი, დ.მუსხელიშვილი (მთავარი
რედაქტორის მოადგილე), თ.ონიანი, მ.სალუქვაძე (მთავარი რედაქტორის
მოადგილე), თ.ურუშაძე, გ.ციციშვილი, გ.ჭოლოშვილი

პასუხისმგებელი მდივანი ლ.გვერდწითელი

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

შ ი ნ ა ა რ ს ი *

მათემატიკა

თ.ახობაძე. კანტორისა და ლებეგის თეორემის ზოგიერთი ანალოგის შესახებ	7
*Z.Omiadze. II-Categories. Adjunction and Equivalence	-
ს.თოფურია, ნ.მაჭარაშვილი. განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ $L_p(S^3)$ კლასის ფუნქციის ფურიეს მწკრივის $H(C, \alpha, 2)$ და (C, α) შეჯამებადობის შესახებ	9
ი.ხაქალია. ორლიჩის სივრცეებში ბაზისების ზოგიერთი თვისების შესახებ	14
ზ.წიკლაური. განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ ფურიეს მწკრივების (C, α) შეჯამებადობა და ფუნქციათა კლასები	16
გ.ლევსვერიძე. $L\Phi(L)(\mathbb{R}^2)$ კლასების ფუნქციათა მართკუთხოვანი საშუალოების განშლადობის სიჩქარის შესახებ	19
დ.გოგოლაძე. კარლემანის განსაკუთრებულობის შესახებ	22
მ.უსანეთაშვილი. დირიხლეს ამოცანა მეორე რიგის ელიფსური ტიპის სისტემებისათვის, რომლებიც განიცდიან პარაბოლურ გადაგვარებას საზღვრის ნაწილზე	23

მათემატიკური ფიზიკა

დ.ნატროშვილი, ი.სიგუა. თერმოდრეკადობის ფსევდორხევის შერეული ამოცანა	25
---	----

კიბერნეტიკა

გ.გრებენჩუკი. ფურიე-ანალიზი და გაუსაზღვრელობების ახსნა წაგრძელებულ სფეროიდულ ტალღურ ფუნქციებად გაშლით	31
ქ.ფანჩიძე. გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემა საქართველოს ენერგოსისტემის დიაგნოსტიკების ამოცანისათვის	35

ფიზიკა

*H.Abbasi, M.Rouhani, D.Tskhakaya, N.Tsintsadze. The Supersonic Solition with Trapped Electrons	-
---	---

ასტრონომია

* ვარსკვლავით აღნიშნული წერილი შესულია მხოლოდ ინგლისურ გამოცემაში

რ.ნაცვლიშვილი. შავი ორმოები, კვაზარები და გალაქტიკები მათი
ევოლუციური კავშირის თვალსაზრისით

42

ბეოზიზიკა

- ვ.აბაშიძე ენგურპისის რაიონში გეოდინამიკური პროცესების
დახრისმზომებით და ექსტენზომეტრებით ჩატარებული
გამოკვლევების ძირითადი შედეგები 45
- თ.დავითაშვილი, ზ.ხვედელიძე კავკასიის რეგიონში რადიოაქტიურ
ნივთიერებათა გადატანისა და დაღეჭვის რიცხვითი მოდელის
შესახებ 49
- ზ.ხვედელიძე ატმოსფეროს ზონალური მოდელის ჰიდროდინამიკის
განტოლებათა გამოკვლევა კავკასიის ტერიტორიაზე 53

ზოგადი და არაორბანული ქიმიკა

- გ.სუპატაშვილი, ნ.თაყაიშვილი, გ.მახარაძე თაბაშირის და ანჰიდრიტის
ხსნადობა წყალსა და ელექტროლიტების წყალხსნარებში 59

ორბანული ქიმიკა

- მ.გვერდწითელი, ა.გახოკიძე აზო-ჰიდრაზო და ალენ-აცეტილენური
ტაუტომერიის ალგებრული დახასიათება 62

ფიზიკური ქიმიკა

- გ.ჩახტაური, მ.გვერდწითელი, ნ.ცეცაძე AB_n ტიპის მოლეკულები და გრაფი
“ვარსკვლავი“ -ს ერთი თვისება 64
- გ.ლეკიშვილი ინფორმაციული ტიპის ტოპოლოგიური ინდექსების აგების
პარამეტრული მოდელი 67
- ნ.წიბახაშვილი, ვ.ბარნოვი, ლ.მოსულიშვილი წყლის შემცველობის
განსაზღვრის ექსპრესიული მეთოდი ეთერზეთებში 73

ელექტროქიმიკა

- რ.კვარაცხელია, ე.კვარაცხელია $Sc(6;)$ -ის ვოლტამპერომეტრია შერეულ
წყალ-ორგანულ გარემოში 76

ავტომატური მართვა და ბამოთვლითი ტაქნიკა

- ი.მიქაძე, მ.ქარქაშაძე. მრავალპროცესორიანი და მრავალმანქანიანი გს-
ის საიმედოობისა და ეფექტიანობის პროგნოზირება 80
- მ.მახარაძე. τ - ლოგიკის ფორმულების სტანდარტული ფორმები 86

კატროლოზიკა

ნ.სხირტლაძე, ი.ახვლედიანი, ი.ბაკაშვილი. თრიალეთის ქედის ჩრდილო კალთის ცეოლითშემცველი ქანები მდინარე თეძამის აუზის შუა და ზედა ნაწილების ფარგლებში.

ბოტანიკა

ქ.ყანჩაველი. ახალი გვარები საქართველოს წყალმცენარეებისათვის 92
მცენარეთა ფიზიოლოგია

მ.კიკვიძე, ნ.ღვამიჩავა, ნ.ჯანუყაშვილი, შ.ქანიშვილი. რიბოფლავინის, 94
გიბერელინის და 2,4 დ-ს გავლენა ვაზში აზოტოვან ცვლაზე
ბენეტიკა სელექცია

ი.მაისაია. სორგოს ჯიშთაშორისი ჰიბრიდიზაცია 97
ბიოფიზიკა

ბ.ჭუმბურიძე, ქ.ბარამიძე, ლ.მამალაძე. ამფიონის ალკალოიდების 102
აცეტილნაწარმების ეფედრინის ეფედრონის და მათი
გარდაქმნის პროდუქტების ანალიზი ინფრაწითელი და მას-
სპექტრომეტრული მეთოდებით

ნ.კოტრიკაძე, ი.ბოჭორიშვილი, ბ.ლომსაძე, ო.ჯიშკარიანი, მ.ცარციძე, 106
ა.ლევაშოვი. ფერმენტის კატალიზური აქტივობის შესწავლა
„ამობრუნებულ მიცელებში“ (მოდალური სისტემები)

ბიოქიმია

თ.მითაიშვილი, დ.უგრეხელიძე ც.ხოშტარია. ანილინის მეტაბოლიზმი 110
მცენარეებში

შ.უგრეხელიძე, ბ.წერეთელი, ლ.ბოჭორიძე. ცინებისა და კარბენდაზიმის 114
გავლენა ალკოჰოლური დუდილის პროცესზე

რ.გახოკიძე, ლ.ტაბატაძე, ლ.ბერიაშვილი. ლუკრეაზინის გავლენა 118
მიწავაშლას (რუდმფტერგთ ვეიუკწთგთ ღძ) ფოთლების ცილის
ფრაქციების შემცველობაზე

ზ.ქოქრაშვილი, დ.ძიძიგური, პ.ჭელიძე. ორმხრივი ადრენალექტომიის 120
გავლენა ვირთაგვას ჰეპატოციტების ბირთვების ფუნქციონა-
ლურ აქტიურობაზე

მიკრობიოლოგია და ვირუსოლოგია

ნ.ქიზიყურაშვილი, ე.კირთაძე. 1¹⁴ს მტაუნძმარძეავას ასიმილაცია საფუ- 123
ვრების მიერ მეორეულ სპირტულ დუდილში

ფიზიოლოგია

- თ.კუპრაშვილი. პათოგენური სოკოების შედგენის და ლოკალიზაციის ადგილი ბოსტნეული კულტურების თესლში 126

ექსპერიმენტული მორფოლოგია

- დ.კასრაძე. პანკრეასის კუნძულების B უჯრედებში ენერჯის შემქმნელი ულტრასტრუქტურების სტერეომეტრული თავისებურებანი ნახშირწყლებით ქრონიკული დატვირთვის დროს სხვადასხვა ასაკში 132

- რ.ბერიაშვილი, დ.კასრაძე. პანკრეასის კუნძულების B-უჯრედების ულტრასტერეომეტრული თავისებურებანი ნახშირწყლებით ქრონიკული დატვირთვის დროს სხვადასხვა ასაკში 135

ექსპერიმენტული მედიცინა

- ნ.ლაფაჩი, ლ.გოგიაშვილი, ი.ფავლენიშვილი ექსპერიმენტული გრამუარყოფითი სეფსისის იმუნო-მორფოლოგიური ასპექტები 138

- ნ.ოკუჯავა, ვ.ბახუტაშვილი, (საქ.მეცნ.წევრ-კორესპონდენტი), ბ.კორსანტი იმუნომოდულატორ პლაფერონის ეფექტურობა ფილტვების დესტრუქციული ტუბერკულოზის კომპლექსურ მკურნალობაში 141

- მ.ივერიელი, ნ.აბაშიძე პირის ღრუს ორგანოების კანდიდოზის ეპიდემიოლოგია 144

ისტორია

- ი.მენტეშაშვილი ინგლისის ოსტ-ინდოეთის კომპანია და მისი დამოკიდებულება ინდოეთის მთავრებისადმი XVIII ს. დასასრულსა და XIX ს. დასაწყისში 148

ენათმეცნიერება

- რ.ჭურდაძე. „დრიკავს“, „ავლინებს“ ტიპის ზმნების წარმოებისათვის ქართულ ენაში 150



თ.ახობაძე

კანტორისა და ლებეგის თეორემის ზოგიერთი ანალოგის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ.უიკიაშვილმა 4.07.1995

ნაშრომში მოცემულია კანტორისა და ლებეგის თეორემის ანალოგები ერთ- და მრავალგანზომილებიან შემთხვევებისათვის. ამასთან კრებადობა გაიგება პრინგსპეიმისა და შემოსაზღვრული აზრით.

კარგადაა ცნობილი კანტორისა და ლებეგის [1] ლემა იმის შესახებ, რომ თუ რაიმე დადებითი ზომის სიმრავლის ყოველ x წერტილში

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) = 0,$$

მაშინ a_n და $b_n \rightarrow 0$ როცა $n \rightarrow \infty$. კახანმა [2] განაზოგადა კანტორისა და ლებეგის ჩამოყალიბებული თეორემა. მან დაამტკიცა დებულება L_r ($r > 1$) სივრცეში ფუნქციითა დამოუკიდებელი სისტემების შესახებ.

განსაზღვრება I. ვთქვათ, $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_\mu$ L_r ($r > 1$) სივრცის τ -პერიოდული ფუნქციებია. ვიტყვი, რომ ეს სისტემა წრფივად დამოუკიდებელია L_r ($r \geq 1$) სივრცეში, თუ ტოლობიდან

$$\int_0^\tau \left| \sum_{i=1}^\mu c_i \Phi_i(t) \right| dt = 0$$

გამომდინარეობს, რომ $c_i = 0$, $i = \overline{1, \mu}$.

თეორემა [2]. ვთქვათ $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_\mu$ L_r ($r > 1$) - სივრცის წრფივად დამოუკიდებელი, τ -პერიოდული ფუნქციებია. ვიგულისხმობთ, რომ რაიმე დადებითი ზომის სიმრავლის ყოველ x წერტილში

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{j=1}^\mu a_n^{(j)} \Phi_j(nx) = 0, \quad (1)$$

სადაც n ნატურალურ რიცხვთა სიმრავლეზე იცვლება. მაშინ

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n^{(j)} = 0 \quad (j = 1, \dots, \mu). \quad (2)$$

კახანის დებულება შეიძლება გაძლიერდეს შემდეგნაირად.

თეორემა 1. ვთქვათ, $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_\mu$ L_1 სივრცის წრფივად დამოუკიდებელი, τ -პერიოდული ფუნქციებია და რაიმე დადებითი ზომის სიმრავლის ყოველ x წერტილში სრულდება (1) პირობა. მაშინ ადგილი აქვს (2) თანაფარდობას.

თეორემა 1 შეიძლება განზოგადდეს ჭერადი შემთხვევებისათვის. კერძოდ. [3, 4] შრომებში მოცემულ შესაბამის დებულებებზე დაყრდნობით შეიძლება დამტკიცდეს შემდეგი ორი თეორემა: მათი ჩამოყალიბებისათვის შემოვიღოთ



განსაზღვრება 2. ვიგულისხმობთ, რომ Φ_i ($i = \overline{1, s}$) (x_1, x_2, \dots, x_n) ცვლადის ლოკალურად ინტეგრებად, ყოველი x_j ($j = \overline{1, n}$)-ის მიმართ I_j -პერიოდულ ფუნქციათა სისტემაა. ჩვენ ვიტყვით, რომ ეს სისტემა წრფივად დამოუკიდებელია L_1 სივრცეში, თუ პირობიდან

$$\int_0^{I_1} \int_0^{I_2} \dots \int_0^{I_n} \left| \sum_{i=1}^s c_i \Phi_i(u_1, u_2, \dots, u_n) \right| du_1 du_2 \dots du_n = 0$$

გამომდინარეობს, რომ $c_i = 0$, $i = \overline{1, s}$.

თეორემა 2. ვთქვათ, Φ_i ($i = \overline{1, s}$) n ცვლადის ($n \geq 2$) წრფივად დამოუკიდებელი სისტემაა L_1 სივრცეში. თუ რაიმე დადებითი ზომის სიმრავლის ყოველ (u_1, u_2, \dots, u_n) წერტილზე პრინგსპეიმის აზრით

$$\lim_{\substack{i=1 \\ (m_1, m_2, \dots, m_n) \rightarrow \infty}} \sum_{i=1}^s a_{m_1 m_2 \dots m_n}^{(i)} \Phi_i(m_1 u_1, m_2 u_2, \dots, m_n u_n) = 0 \quad (3)$$

მაშინ ასევე პრინგსპეიმის აზრით

$$\lim_{(m_1, m_2, \dots, m_n) \rightarrow \infty} a_{m_1 m_2 \dots m_n}^{(i)} = 0, \quad i = \overline{1, s}. \quad (4)$$

თეორემა 3. ვიგულისხმობთ, რომ Φ_i ($i = \overline{1, s}$) n ცვლადის ($n \geq 2$) წრფივად დამოუკიდებელ ფუნქციათა სისტემაა L_1 სივრცეში. თუ რაიმე დადებითი ზომის სიმრავლის ყოველ (u_1, u_2, \dots, u_n) წერტილზე შემოსაზღვრული აზრით სრულდება (3) თანაფარდობა, მაშინ ასევე შემოსაზღვრული აზრით ადგილი აქვს (4) ტოლობებს.

ი.ჭავჭავიძის სახ. თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *А. Зигмунд. Тригонометрические ряды*, т. I, М., 1965.
2. *Ch. Kahane. Czechoslovak Math. J.*, **30**, 105, 1980.
3. *თ. აბოზაძე. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე* **154**, 1, 1996, 17-19.
4. *თ. აბოზაძე. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე* **154**, 2, 1996, 190-192.

ს.თოფურია, ნ.მაჭარაშვილი

განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ $L_p(S^3)$ კლასის ფუნქციის ფურიეს მწკრივის $H(C, \alpha, 2)$ და (C, α) შეჯამებადობის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ.ქიქიაშვილმა 2.05.1996

S^3 ერთეულრადიუსიანი სფერული ზედაპირია R^3 -ში ცენტრით კოორდინატთა სათავეში; (x, y) არის x და y ვექტორების სკალარული ნამრავლი.

$f \in L(S^3)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ ეწოდება მწკრივს

$$f(x) = f(\vartheta, \varphi) \sim \sum_{\nu=|m|}^{\infty} I_{\nu}^{(m)}(f; \vartheta, \varphi), \quad (1)$$

სადაც

$$I_{\nu}^{(m)}(f; \vartheta, \varphi) = \frac{(-1)^m}{4\pi} (2\nu + 1) \int_{S^3} f(y) e^{-im(\varphi_1 + \varphi_2)} P_{m, m}^{\nu}(\cos \gamma) ds(y) =$$

$$= \frac{(-1)^m}{4\pi} (2\nu + 1) \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} f(\vartheta', \varphi') e^{-im(\varphi_1 + \varphi_2)} P_{m, m}^{\nu}(\cos \gamma) \sin \vartheta' d\vartheta' d\varphi',$$

$$\cos \gamma = \cos \vartheta \cos \vartheta' - \sin \vartheta \sin \vartheta' \cos \beta, \quad \beta = \pi + \varphi' - \varphi, \quad m = 0, \pm 1;$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\sin \beta \sin \vartheta'}{\cos \vartheta \sin \vartheta' \cos \beta + \cos \vartheta' \sin \beta}, \quad \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{\sin \beta \sin \vartheta'}{\cos \vartheta' \sin \vartheta \cos \beta + \cos \vartheta \sin \vartheta'}$$

$$P_{mn}^{\nu}(\mu) =$$

$$= \frac{(-1)^{\nu-m} i^{m-n}}{2^{\nu} (\nu-m)!} \sqrt{\frac{(\nu+m)! (\nu-m)!}{(\nu+n)! (\nu-n)!}} (1-\mu)^{\frac{n-m}{2}} (1+\mu)^{\frac{m+n}{2}} \frac{d^{\nu-m}}{d\mu^{\nu-m}} [(1-\mu)^{\nu-n} (1+\mu)^{\nu+n}],$$

$$\mu = \cos \vartheta$$

როცა $m=0$, განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემა წარმოადგენს ჩვეულებრივ სფერულ ფუნქციათა სისტემას [1], ხოლო (1) მწკრივი - ფურიე-ლაპლასის მწკრივის სფეროზე, ე.ი. მას აქვს სახე

$$f(\vartheta, \varphi) \sim \frac{1}{4\pi} \sum_{\nu=0}^{\infty} (2\nu+1) \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} f(\vartheta', \varphi') P_{\nu}(\cos \gamma) \sin \vartheta' d\vartheta' d\varphi',$$

სადაც $P_{\nu}(\cos \gamma)$ -ლეჟანდრის პოლინომია.

დამოკიდებულებიდან [2]

$$P_{11}^{\nu}(\mu) = P_{-1, -1}^{\nu}(\mu) =$$

$$= \frac{1}{2\nu+1} \cdot \frac{d}{d\mu} [P_{\nu+1}(\mu) - P_{\nu-1}(\mu)] - \frac{1}{2\nu+1} \cdot \frac{1}{1+\mu} [P_{\nu+1}(\mu) - P_{\nu-1}(\mu)],$$

თუ გამოვიყენებთ [3] ტოლობას

$$\frac{d}{d\mu} [P_{\nu+1}(\mu) - P_{\nu-1}(\mu)] = (2\nu+1)P_{\nu}(\mu),$$

მივიღებთ

$$P_{11}^{\nu}(\mu) = P_{\nu}(\mu) - \frac{1}{1+\mu} \int_{-1}^{\mu} P_{\nu}(t) dt,$$

ე.ი.
$$P_{11}^{\nu}(\cos\gamma) = P_{\nu}(\cos\gamma) - \frac{1}{1+\cos\gamma} \int_{\gamma}^{\pi} P_{\nu}(\cos t) \sin t dt. \quad (2)$$

(2)-დან მიიღება, რომ $P_{11}^0(\cos\gamma) = 0$. ამიტომ (1) მწკრივი, როცა $m = \pm 1$ შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით

$$f(\vartheta, \varphi) \sim \sum_{\nu=0}^{\infty} I_{\nu}^{(m)}(f, \vartheta, \varphi), \quad (3)$$

სადაც

$$I_{\nu}^{(m)}(f, \vartheta, \varphi) = \frac{1}{4\pi} (2\nu+1) \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} f(\vartheta', \varphi') e^{-im(\varphi_1 + \varphi_2)} [P_{\nu}(\cos\gamma) - \frac{1}{1+\cos\gamma} \times \int_{\gamma}^{\pi} P_{\nu}(\cos t) \sin t dt] \sin \vartheta' d\varphi' d\vartheta'.$$

მწკრივს

$$\sum_{k=0}^{\infty} a_k \quad (4)$$

ეწოდება შეჯამებადი ჩეზარის მეთოდის (ანუ c, α - შეჯამებადი) S რიცხვისაკენ,

თუ
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sigma_n^{\alpha} = S,$$

სადაც

$$\sigma_n^{\alpha} = \frac{1}{A_n^{\alpha}} \sum_{k=0}^n A_{n-k}^{\alpha-1} S_k = \frac{1}{A_n^{\alpha}} \sum_{k=0}^n A_{n-k}^{\alpha} a_k,$$

$$A_n^{\alpha} = \binom{\alpha+n}{\alpha} = \frac{(\alpha+1)(\alpha+2)\dots(\alpha+n)}{n!}, S_k = \sum_{i=0}^k a_i.$$

(4) მწკრივს ეწოდება $H(C, \alpha, r)$ შეჯამებადი S რიცხვისაკენ, თუ

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n+1} \sum_{\nu=0}^n |\sigma_n^{\alpha} - S|^r = 0.$$

თეორემა ა. [4]. თუ $\alpha > \frac{1}{2}$ მაშინ ტოლობიდან

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n (\sigma_n^{\alpha-1} - S)^2 = 0$$

ნებისმიერი $\varepsilon > 0$ -თვის გამომდინარეობს (4) მწკრივის $(C, \alpha - \frac{1}{2} + \varepsilon)$

შეჯამებადობა S რიცხვისაკენ, ე.ი.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sigma_n^{(\alpha - \frac{1}{2} + \varepsilon)} = S.$$

ვთქვათ,

$$S_n(f, x) = \sum_{v=0}^n I_v^{(m)}(f, x).$$

(1) მწკრივის (C, α) , $\alpha > -1$ საშუალო აღვნიშნოთ $\sigma_n^\alpha(f, x)$ სიმბოლოთი, ე.ი.

$$\sigma_n^\alpha(f, x) = \frac{1}{A_n^\alpha} \sum_{v=0}^n A_{n-v}^{\alpha-1} S_v(f, x).$$

თეორემა ბ. თუ $f \in L(S^3)$, მაშინ ამ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ (C, α) , $\alpha > \frac{1}{2}$ მეთოდით შეჯამებადია თითქმის ყველგან S^3 -ზე $f(x)$ -საკენ [5].

ლემა 1. თუ $f \in L_2(S^3)$, მაშინ კრებადია მწკრივი

$$\sum_{v=0}^{\infty} \int_{S^3} [I_v^{(m)}(f; x)]^2 dS(x),$$

ე.ი. თითქმის ყველგან S^3 -ზე კრებადია მწკრივი

$$\sum_{v=0}^{\infty} [I_v^{(m)}(f; x)]^2.$$

ლემა 2. ვთქვათ, (3) არის $L_2(S^3)$ კლასის f ფუნქციის ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ. მაშინ $\alpha > \frac{1}{2}$ -თვის.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n [\sigma_i^\alpha(f; x) - \sigma_i^{\alpha-1}(f; x)]^2 = 0$$

თითქმის ყველგან S^3 -ზე.

შედეგი. თუ (3) არის $f \in L_2(S^3)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ, მაშინ როცა $\alpha > \frac{1}{2}$ თითქმის ყველგან S^3 -ზე

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n [\sigma_i^{\alpha-1}(f; x) - f(x)]^2 = 0$$

მართებულია შემდეგი თეორემები:

თეორემა 1. თუ $f \in L_p(S^3)$, $1 \leq p \leq 2$, მაშინ მისი ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ $H(C, \alpha, 2)$ შეჯამებულია თითქმის ყველგან S^3 -ზე, როცა

$$\alpha > \frac{1}{2} - \frac{2}{q}, \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1.$$

თეორემა 2. ვთქვათ, $1 \leq p \leq 2$ და $f \in L_p(S^3)$, მაშინ მისი ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ (c, α) შეჯამებადია $f(x)$ ფუნქციისაგან თითქმის ყველგან S^3 -ზე, როცა

$$\alpha > \frac{1}{p} - \frac{1}{2}.$$

დღეისათვის არ არის ცნობილი, კრებადია თუ არა თითქმის ყველგან $L_2(S^3)$ კლასის ფუნქციის ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ. ამიტომ ინტერესს მოკლებული არ არის დადგინდეს საკმარისი პირობები $L_2(S^3)$ კლასის ფუნქციაზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათი ფურიეს მწკრივის თითქმის ყველგან კრებადობას.

მოვიყვანოთ ა.პლესნერისა და პ.ულიანოვის თეორემის [6] ანალოგი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ ფურიეს მწკრივებისათვის.

ვთქვათ,

$$S_h(f; x) = \frac{1}{2\pi \sinh} \int_{(x,y)=\cos\gamma} f(y) dS(y).$$

$L_2(S^3)$ სივრცეში უწყვეტობის ინტეგრალური მოდული განვსაზღვროთ ტოლობით

$$\omega_2(f; \delta) = \sup_{0 < h \leq \delta} \|S_h(f; x) - f(x)\|_{L_2(S^3)}.$$

ვთქვათ, $\alpha(h)$ - არაუარყოფითი არაზრდადი ფუნქციაა $[0,1]$ -ზე და

$$\alpha(\nu) = \int_{1/\nu}^1 \alpha(h) dh, \quad \nu = 1, 2, \dots$$

მართებულია შემდეგი

თეორემა 3. თუ $f \in L_2(S^3)$ და

$$\int_0^\delta h^4 \alpha(h) dh = O\left(\delta^4 \int_\delta^1 \alpha(h) dh\right) \quad (\delta \rightarrow 0),$$

მაშინ პირობები

$$\int_0^1 \alpha(h) \|S_h(f; x) - f(x)\|_{L_2(S^3)}^2 dh < +\infty$$

და

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \omega(\nu) \int_{S^3} [I_\nu^{(m)}(f; x)]^2 dS(x) < +\infty$$

ეკვივალენტურია f^* .

თეორემა 4. თუ $f \in L_2(S^3)$ და

$$\int_0^1 \omega_2^2(f; x) \cdot \frac{\ln 1/h}{h} dh < \infty,$$

მაშინ

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n(f; x) = f(x)$$

თითქმის ყველგან S^3 -ზე.

შედეგი. თუ $f \in L_2(S^3)$ და რაიმე $\varepsilon > 0$ -თვის სრულდება პირობა

$$\omega_2(f; \delta) = O\left(\frac{1}{(\ln 1/\delta)^{1+\varepsilon}}\right) \quad (\delta \rightarrow 0+)$$

ან

$$\omega_2(f; \delta) = O\left(\frac{1}{\ln 1/\delta (\ln \ln 1/\delta)^{\frac{1}{2}+\varepsilon}}\right) \quad (\delta \rightarrow 0+),$$

მაშინ მართებულია (5).

თეორემა 5. ვთქვათ, $f \in L_2(S^3)$. თუ რაიმე $\varepsilon > 0$ გვაქვს

$$\int_0^1 \frac{\omega_2^2(f; t)}{t} (\ln 1/t)^{1+\varepsilon} dt < \varepsilon, \quad (6)$$

მაშინ $\sum_{v=0}^{\infty} I_v^{(m)}(f; x)$ მწკრივი კრებალია თითქმის ყველგან S^3 -ზე ამ მწკრივის

შედეგების ნებისმიერი გადანაცვლებისას.

შედეგი. (6) პირობა შესრულებულია, თუ

$$\omega_2(f; \delta) = O\left(\frac{1}{(\ln 1/\delta)^{1+\varepsilon}}\right) \quad (\delta \rightarrow 0+)$$

შესრულებულია, რაიმე $\varepsilon > 0$ -თვის.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. И.М.Гельфонд., З.Я.Шапиро. УМН. 7,1, 1952, 3-117.
2. С.С.Литвинков. Изв.высш.учебн.заведений.Математика, 4, 1962, 92-103.
3. Е.В.Гобсон. Теория сферических и эллипсоидальных функций. М., 1952.
4. Г.Алексич. Проблемы сходимости ортогональных ряд. М., 1963.
5. Н.Д.Мачарашвили. Тр.Груз.политехн.ин-та. 5(237), 1981, 49-56.
6. Н.К.Бари. Тригонометрические ряды. М., 1961.
7. Б.И. Голубов. Мат.сборник, т.96(138), 2, 1975, 189-211.
8. С.Б.Топурия., Н.Д.Мачарашвили. Тр.Груз.политехн.ин-та, 3(285), 1985, 5-9.

* ფურციეს ჭრადი ტრიგონომეტრიული მწკრივებისათვის ამ თეორემის ანალოგი დაამტკიცა ბ.ი.გოლუბოვმა, ხოლო ფურციე-ლაპლასის მწკრივებისათვის იხილეთ ნაშრომი [8].



ი.ხაქალია

ორლიჩის სივრცეებში ბაზისების ზოგიერთი თვისების შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ.ჭიჭიაშვილმა 8.11.1996

1. ცნობილია, რომ ტრიგონომეტრიული სისტემა და უოლშის სისტემა წარმოადგენენ ბაზისებს რეფლექსურ L_m ორლიჩის სივრცეებში [1-3].

მოუხედავად ამისა, ჩვენ დავამტკიცეთ, რომ ეს ბაზისები არ არიან ეკვივალენტური, თუ

$$L_m \neq L^2.$$

ჩვენ განვიხილავთ აგრეთვე რეფლექსურ ორლიჩის სივრცეებში ტრიგონომეტრიული სისტემისა და უოლშის სისტემის მიმართ მულტიპლიკატორთა შედარების საკითხს.

მოყვანილი შედეგები წარმოადგენენ ლებეგის სივრცეებისთვის მიღებული ვო-სენგინგის შედეგების განზოგადებებს [4].

2. ვთქვათ, $w_n(x) \}_{n=0}^{\infty}$ არის $([0,1])$ -ზე განსაზღვრული უოლშის ფუნქციების მიმდევრობა და $L_M([0,1]^2)$ არის ორლიჩის სივრცე.

$$f(x, y) \sim \sum_{m,n=0}^{\infty} a_{mn} w_m(x) w_n(y) \in L_M([0,1]^2),$$

ფუნქციისთვის განვიხილოთ T ოპერატორი, რომელიც განსაზღვრულია შემდეგი სახით:

$$(Tf)(x, y) \sim \sum_{m,n=0}^{\infty} a_{mn} \lambda_{mn} w_m(x) w_n(y) \in L_M([0,1]^2), \quad (1)$$

სადაც $\{\lambda_{mn}\}_{m,n=0}^{\infty}$ არის ორმაგი მიმდევრობა განსაზღვრული ტოლობით

$$\lambda_{mn} = \begin{cases} 1, & \text{თუ } n \leq m \\ 0, & \text{თუ } n > m \end{cases}$$

სამართლიანია შემდეგი

თეორემა 1. (1) -ით განსაზღვრული ოპერატორი შემოსაზღვრულია რეფლექსურ $L_M([0,1]^2)$, ორლიჩის სივრცეში, მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა

$$L_M([0,1]^2) = L^2([0,1]^2).$$

ახლა განვიხილავთ $L_M([0,1])$ რეფლექსურ ორლიჩის სივრცეში $\{\cos \pi n x\}_{n=0}^{\infty}$ და $\{w_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ ბაზისების ეკვივალენტობის საკითხს. ვიტყვი, რომ $\{\cos \pi n x\}_{n=0}^{\infty}$ და $\{w_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ არიან ეკვივალენტური, თუ რიცხვთა ნებისმიერი $\{\alpha_n\}_{n=0}^{\infty}$ მიმდევრობისთვის მწყკრივი

$$\sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n \cos \pi n x$$

კრებადია, მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა მწკრივი

$$\sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n w_n(x)$$

კრებადია.

თეორემა 2. $\{\cos \pi n x\}_{n=0}^{\infty}$ და $\{w_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ ბაზისები არიან ეკვივალენტური რეფლექსურ ორლიჩის სივრცეში, მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა

$$L_M([0, 1]) = L^2([0, 1]).$$

ვთქვათ, $\{u_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ არის ერთ-ერთი

$$\{w_n(x)\}_{n=0}^{\infty}, \{\cos \pi n x\}_{n=0}^{\infty}$$

მიმდევრობებიდან.

აღვნიშნოთ $M(L_M, \{u_n(x)\}_{n=0}^{\infty})$ -ით ყველა ისეთი $\{\lambda_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ მიმდევრობების სიმრავლე, რომ თუ

$$f(x) \sim \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n u_n(x) \in L_M([0, 1]),$$

მაშინ

$$g(x) \sim \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_n \alpha_n u_n(x) \in L_M([0, 1]).$$

თეორემა 3. დავუშვათ, რომ $L_M([0, 1])$ არის რეფლექსური ორლიჩის სივრცე, მაშინ

$$M(L_M, \{\cos \pi n x\}_{n=0}^{\infty}) \neq M(L_M, \{w_n(x)\}_{n=0}^{\infty})$$

თუ

$$L_M([0, 1]) \neq L^2([0, 1]).$$

ი.ჭავჭავაძის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *A. Zygmund. Trigonometric series. 1*, New York, 1968, 253.
2. *R.E.A. Paley. Proc. London Math. Soc.*, **34**, 1932, 241-264.
3. *R. Ryan. Pacif. J. Math.*, **13**, 1963, 1371-1377.
4. *Wo Sang Young. Amer. Math. Soc.*, **59**, 1976, 305-310.



ზ.წიკლაური

განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ ფურიეს მწკრივების (C, α) შეჭამებადობა და ფუნქციათა კლასები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ.ქიქიაშვილმა 4.11.1996

ნაშრომში მოყვანილია, თეორემები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ ვიმსჯელოთ S^3 -ზე განსაზღვრული $f(\vartheta, \varphi)$ ფუნქციის თვისებებზე, ამ ფუნქციის განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ ფურიეს მწკრივების (C, α) საშუალოების მიხედვით.

S^3 -ით აღვნიშნოთ ერთეულოვანი სფეროს ზედაპირი R^3 -ში, ცენტრით კოორდინატთა სათავეში $f \in L(S^3)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ ეწოდება მწკრივს [1].

$$f(x) = f(\vartheta, \varphi) \sim \sum_{\nu=|m|}^{\infty} I_{\nu}^{(m)}(f, \vartheta, \varphi), \quad (1)$$

სადაც

$$I_{\nu}^{(m)}(\vartheta, \varphi) = \frac{(-1)^m}{4\pi} (2\nu + 1) \int_{S^3} f(y) e^{-im(\varphi_1 + \varphi_2)} P_{m,m}^{\nu}(\cos \gamma) ds(y) =$$

$$= \frac{(-1)^m}{4\pi} (2\nu + 1) \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} f(\vartheta', \varphi') e^{-im(\varphi_1 + \varphi_2)} P_{m,m}^{\nu}(\cos \gamma) \sin \vartheta' d\varphi' d\vartheta',$$

$$\cos \gamma = \cos \vartheta \cos \vartheta' - \sin \vartheta \sin \vartheta' \cos \beta, \quad \beta = \pi + \varphi' - \varphi, \quad m = 0, \pm 1.$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\sin \beta \sin \vartheta'}{\cos \vartheta \sin \vartheta' \cos \beta + \cos \vartheta' \sin \vartheta}, \quad \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{\sin \beta \sin \vartheta'}{\cos \vartheta' \sin \vartheta' \cos \beta + \cos \vartheta \sin \vartheta'}$$

$$P_{m,n}^{\nu}(\mu) = \frac{(-1)^{\nu-m} i^{m-n}}{2^{\nu} (\nu-m)!} \sqrt{\frac{(\nu+m)!(\nu-m)!}{(\nu+n)!(\nu-n)!}} (1-\mu)^{\frac{n-m}{2}} (1+\mu)^{\frac{m+n}{2}} \frac{d^{\nu-m}}{d\mu^{\nu-m}} \times$$

$$\times [(1-\mu)^{\nu-m} (1+\mu)^{\nu+m}], \quad \mu = \cos \vartheta.$$

$\sigma_n^{\alpha}(f, x)$ სიმბოლოთი აღვნიშნოთ (1) მწკრივის, ჩეზაროს (C, α) , $\alpha > -1$ საშუალო

$$\sigma_n^{\alpha}(f, x) = \frac{1}{A_n^{\alpha}} \sum_{j=0}^n A_{n-j}^{\alpha-1} S_j(f, x)$$

სადაც $S_j(f, x) = S_j(f, \vartheta, \varphi)$ არის (1) მწკრივის კერძო ჯამი.

განვიხილოთ განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა მწკრივი [1],

$$\sum_{l=|m|}^{\infty} \sum_{n=-l}^l C_{m,n}^l T_{m,n}^l \left(\frac{\pi}{2} - \varphi, \vartheta, 0 \right) m = 0; \pm 1, \quad (2)$$

(2) მწკრივის (C, α) საშუალოები აღვნიშნოთ $\sigma_n^\alpha(\vartheta, \varphi)$ სიმბოლოთი.

მართებულია შემდეგი თეორემები:

თეორემა 1. იმისათვის, რომ (2) მწკრივი იყოს უწყვეტი ფუნქციის ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ, საკმარისია, რომ $\{\sigma_n^\alpha(\vartheta, \varphi)\}$, $0 < \alpha \leq \frac{1}{2}$ მიმდევრობა იყოს თანაბრად კრებადი S^3 -ზე.

თეორემა 2. იმისათვის, რომ (2) მწკრივი იყოს უწყვეტი ფუნქციის ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ, აუცილებელია და საკმარისი, რომ $\{\sigma_n^\alpha(\vartheta, \varphi)\}$ მიმდევრობა, როცა $\alpha > \frac{1}{2}$, იყოს, თანაბრად კრებადი S^3 -ზე.

თეორემა 3. იმისათვის, რომ (2) მწკრივი იყოს შემოსაზღვრული ფუნქციის ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ აუცილებელია და საკმარისი, რომ $\{\sigma_n^\alpha(\vartheta, \varphi)\}$ $\alpha > \frac{1}{2}$, მიმდევრობა იყოს თანაბრად შემოსაზღვრული.

თეორემა 4. ა) იმისათვის, რომ (2) მწკრივი იყოს $f(\vartheta, \varphi) \in L(S^3)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ აუცილებელია და საკმარისი, რომ

$$\lim_{m, n \rightarrow \infty} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi |\sigma_n^\alpha(\vartheta, \varphi) - \sigma_m^\alpha(\vartheta, \varphi)| \sin \vartheta \, d\varphi \, d\vartheta = 0,$$

როცა $\alpha > \frac{1}{2}$,

ბ) თუ (2) არის $S(f, \vartheta, \varphi)$, მაშინ

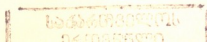
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi |\sigma_n^\alpha(f; \vartheta, \varphi) - f(\vartheta, \varphi)| \sin \vartheta \, d\varphi \, d\vartheta = 0, \text{ როცა } \alpha > \frac{1}{2}$$

თეორემა 5. ვთქვათ $\varphi(u)$, $u \geq 0$ ამოზნექილი, არაუარყოფითი, არაკლებადი ფუნქციაა და $\frac{\varphi(u)}{u} \rightarrow \infty$, როცა $u \rightarrow \infty$, თუ

$$\int_0^{2\pi} \int_0^\pi \varphi \left[\left| \sigma_n^\alpha(\vartheta, \varphi) \right| \right] \sin \vartheta \, d\varphi \, d\vartheta \leq c < \infty, \alpha > \frac{1}{2},$$

სადაც C არ არის დამოკიდებული n -ზე, მაშინ აქედან გამომდინარეობს, რომ (2) მწკრივი არის $f \in L_\varphi(S^3)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი განზოგადებულ სფერულ ფუნქციათა სისტემის მიმართ, ხოლო თუ (2) არის $S(f, \vartheta, \varphi)$, $f \in L_\varphi(S^3)$, მაშინ

$$\int_0^{2\pi} \int_0^\pi \varphi \left[\frac{1}{\mu} \left| \sigma_n^\alpha(f; \vartheta, \varphi) \right| \right] \sin \vartheta \, d\varphi \, d\vartheta \leq c < \infty,$$



$$\text{სადაც } \mu = \sup_n \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi |\Phi_n^\alpha(\cos \gamma)| d\varphi d\vartheta, \alpha > \frac{1}{2}.$$

თეორემა 6. ვთქვათ $\varphi(u)$ $u \geq 0$ ამოზნექილი, არაუარყოფითი, არაკლებადი ფუნქციაა და $\varphi(0) = 0$ თუ (2) არის $S(f; \vartheta, \varphi)$, სადაც $f \in L_\varphi(S^3)$, მაშინ

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \varphi \left[\frac{1}{4\mu} |f(\vartheta, \varphi) - \sigma_n^\alpha(f; \vartheta, \varphi)| \right] \sin \vartheta d\varphi d\vartheta = 0,$$

სადაც μ განსაზღვრულია წინა თეორემაში.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. И.М.Гельфонд, З.Я.Шапиро. УМН, 7, 1, 1952, 3-117.



გ.ლუფსვერიძე

$L\Phi(L)(\mathbb{R}^2)$ კლასების ფუნქციათა მართკუთხოვანი საშუალოების განშლადობის სიჩქარის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ.ჭიჭიაშვილმა 6.11.1996

ვთქვათ, $I = \prod_{i=1}^n (a_i, b_i)$ - n - განზომილებიანი ინტერვალთა \mathbb{R}^n ($n \geq 2$)-ში. $|I|$ -ით

აღნიშნოთ ამ ინტერვალის ლებეგის ზომა, ხოლო $\alpha(I)$ -ით მისი დიამეტრი. $m(I)$ და $M(I)$ -ით აღნიშნოთ სიდიდეები

$$m(I) = \min_{1 \leq i \leq n} (b_i - a_i), \quad M(I) = \max_{1 \leq i \leq n} (b_i - a_i).$$

ვთქვათ, $f \in L^1(\mathbb{R}^n)$ ($n \geq 2$), for which . ამბობენ, რომ $\int f$ დიფერენცირდება n -განზომილებიანი ინტერვალების მიმართ, თუ თანაფარდობა

$$\lim_{\substack{\delta(I) \rightarrow 0 \\ x \in I}} \frac{1}{|I|} \int_I f(y) dy = f(x)$$

სრულდება თითქმის ყველგან \mathbb{R}^n -ზე.

ქვემოთ მოყვანილი თეორემები ფუნდამენტურია ინტეგრალთა დიფერენცირების თეორიაში.

თეორემა [1]. არსებობს ისეთი არაუარყოფითი $f \in L^1(\mathbb{R}^n)$ ($n \geq 2$), ფუნქცია, რომ ინტეგრალი $\int f$ არ არის დიფერენცირებადი n -განზომილებიანი ინტერვალების მიმართ. უფრო მეტიც, თანაფარდობა

$$\overline{\lim}_{\substack{\delta(I) \rightarrow 0 \\ x \in I}} \frac{1}{|I|} \int_I f(y) dy = +\infty$$

სრულდება \mathbb{R}^n სივრცის ყოველ წერტილში.

თეორემა [2]. თუ $f \in L(1 + \ln^+ L)^{n-1}(\mathbb{R}^n)$, მაშინ ინტეგრალი $\int f$ დიფერენცირდება n -განზომილებიანი ინტერვალების მიმართ.

ისმის კითხვა: რა სიჩქარე შეიძლება ჰქონდეს მართკუთხოვანი საშუალოების განშლადობას საქსის თეორემაში? ამასთან დაკავშირებით გ.კარაგულიანის [3] შრომაში მიღებულია შემდეგი შედეგები:

თეორემა [3]. ვთქვათ, $\psi(t)$, $t \in (0, \infty)$ ფუნქცია აკმაყოფილებს პირობებს $\psi(t) > 0$, $\psi(t^2) < c_1 \psi(t)$ $t > 3$ და

$$\int_0^{\infty} \frac{1}{x \ln\left(\frac{1}{x}\right) \psi\left(\frac{1}{x}\right)} dx < \infty, \alpha > 0,$$

მაშინ ყოველი $f \in L^1(\mathbb{R}^n)$ ფუნქციისთვის

$$\lim_{\substack{\delta(I) \rightarrow 0 \\ x \in I}} \frac{1}{\ln^{n-1}\left(\frac{1}{M(I)}\right) \psi\left(\frac{1}{M(I)}\right)} \frac{1}{|I|} \int_I f(y) dy = 0$$

უფრო მეტიც, ყოველი $\lambda > 0$ რიცხვისათვის

$$\left\{ x \in \mathbb{R}^n : \sup_{x \in I} \frac{\frac{1}{|I|} \int_I |f(y)| dy}{\ln^{n-1}\left(\frac{1}{M(I)}\right) \psi\left(\frac{1}{M(I)}\right)} > \lambda \right\} < c_2 \int \frac{|f(y)|}{\lambda} dy,$$

სადაც c_2 დამოკიდებულია მხოლოდ $\psi(t)$ -ზე.

თეორემა ბ [3]. ვთქვათ, $\Phi(t) = O(\ln^{n-1}(t))$, $t \rightarrow \infty$. არსებობს ფუნქცია $f \in L^1(\mathbb{R}^n)$ ($n \geq 2$) ისეთი, რომ

$$\overline{\lim}_{\substack{\delta(I) \rightarrow 0 \\ x \in I}} \frac{1}{\Phi\left(\frac{1}{m(I)}\right)} \frac{1}{|I|} \int_I f(y) dy = +\infty, x \in \mathbb{R}^n.$$

შრომაში მიღებული შედეგები განეკუთვნება იმ $L\Phi(L)(\mathbb{R}^2)$ კლასების ფუნქციითა მართკუთხოვანი საშუალოების განშლადობის სიჩქარის საკითხებს, რომლებიც მოთავსებულია $L\ln^+L(\mathbb{R}^2)$ და $L^1(\mathbb{R}^2)$ ინტეგრალურ კლასებს შორის.

თეორემა 1. ვთქვათ, $\Phi(t)$, $t \in (a, \infty)$ დადებითი, მკაცრად ზრდადი, ზემოთ ამოზნექილი ფუნქციაა და ვთქვათ,

$$\Phi(t) = \begin{cases} \Phi(t), & a \leq t < \infty, \\ 0, & 0 \leq t \leq a. \end{cases}$$

ვთქვათ, $\omega(t)$, $t \in (0, \infty)$ დადებითი, ზრდადი ფუნქციაა, აკმაყოფილებს Δ_2 პირობას და

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{\omega(2^k)} = O(\Phi(n)), n \rightarrow \infty.$$

მაშინ, ყოველი $f \in L(1 + \Phi(\ln^+L))(\mathbb{R}^2)$ ფუნქციისთვის ($\Phi(t) = O(t)$, $t \rightarrow \infty$)

$$\lim_{\substack{\delta(I) \rightarrow 0 \\ x \in I}} \frac{1}{\omega\left(\frac{1}{M(I)}\right)} \frac{1}{|I|} \int_I f(y) dy = 0$$

უფრო მეტიც, ყოველი $r > 0$, $\lambda > 0$ რიცხვებისათვის

$$\left\{ x \in \mathbb{R}^2: \sup_{\substack{\delta(I) < r \\ x \in I}} \frac{1}{\omega\left(\frac{1}{M(I)}\right)} \frac{1}{|I|} \int_I |f(y)| dy > \lambda \right\} < c \int \frac{|f(y)|}{\lambda} \left(1 + \Phi\left(\ln^+ \frac{|f(y)|}{\lambda}\right) \right) dy,$$

სადაც C დამოკიდებულია მხოლოდ r-ზე და Φ(t).-ზე.

ეს შედეგი გვიჩვენებს, რომ ინტეგრალური კლასის შევიწროება იწვევს მართკუთხოვანი საშუალოების განშლადობის სიჩქარის შემცირებას. შემდეგი თეორემა კი გვიჩვენებს, რომ ეს პროცესი მიმდინარეობს უწყვეტად და აზოგადებს თეორემა ბ-ს.

თეორემა 2. ვთქვათ, ψ(t) და ω(t) დადებითი, ზრდადი ფუნქციებია (0, ∞)-ზე და ვთქვათ, ψ(t) = 0 (ln t), ω(t) = 0 (ln(t)/ψ(t)), t → ∞. არსებობს ისეთი f ∈ LΨ(L)(ℝ²), ფუნქცია, რომ

$$\overline{\lim}_{\substack{\delta(I) \rightarrow 0 \\ x \in I}} \frac{1}{\omega\left(\frac{1}{m(I)}\right)} \frac{1}{|I|} \int f(y) dy = +\infty$$

შედეგი 1. ყოველი f ∈ L(1 + ln⁺(ln⁺L))(ℝ²) ფუნქციისათვის

$$\lim_{\substack{\delta(I) \rightarrow 0 \\ x \in I}} \frac{1}{\ln\left(\frac{1}{M(I)}\right)} \frac{1}{|I|} \int f(y) dy = 0$$

უფრო მეტიც, ყოველი r, 0 < r < 1 რიცხვისათვის არსებობს ისეთი c=c(r), მუდმივი, რომ

$$\left\{ x \in \mathbb{R}^2: \sup_{\substack{\delta(I) < r \\ x \in I}} \frac{1}{\ln\left(\frac{1}{M(I)}\right)} \frac{1}{|I|} \int_I |f(y)| dy > \lambda \right\} < c \int \frac{|f(y)|}{\lambda} \left(1 + \ln^+ \left(\ln^+ \frac{|f(y)|}{\lambda} \right) \right) dy.$$

შედეგი 2. ვთქვათ, Φ(t) და α(t) თეორემა 2-ში აღწერილი ფუნქციებია. L(1 + Φ(ln⁺L))(0,1]² კლასის ყოველი f ფუნქციის ფურიე-ჰაარის ორმაგი მწკრივის კერძო S_{K_1, K_2}(x, f) ჯამებისათვის თანაფარდობა

$$S_{K_1, K_2}(x, f) = \theta \left(\omega\left(\min_{1 \leq i \leq 2} K_i\right) \right), \min K_i \rightarrow \infty, i = 1, 2$$

სრულდება თითქმის ყველგან [θ, 1]².-ზე.

ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიბმარბურა

1. S.Saks. Fund. Math., 22, 1934, 257-261.
2. B.Jessen, J.Marcinkiewicz, A.Zygmund. Fund. Math., 25, 1935, 217-234.
3. Т.Г.Карагулян. Доклады АН Армян.ССР., 89, 2, 1989.



დ.გოგოლაძე

კარლემანის განსაკუთრებულობის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა.ლ.ჭიქიაშვილმა 28.11.1996

ვთქვათ,

$$F \in C(T), T = [-\pi, \pi],$$

$$\rho_n(F) = (a_n^2(F) + b_n^2(F))^{1/2},$$

სადაც $a_n(F)$ და $b_n(F)$ არიან F ფუნქციის ფურიეს კოეფიციენტები ტრიგონომეტრიული სისტემის მიმართ.

1918 წელს კარლემანმა [1] აჩვენა, რომ არსებობს $F \in C(T)$ ისეთი, რომ ნებისმიერი $\varepsilon > 0$ -თვის

$$\sum_1^\infty \rho_n^{2-\varepsilon}(F) = \infty \tag{1}$$

1930 წელს ბანახმა [2] გააძლიერა რა კარლემანის შედეგი, აჩვენა, რომ არსებობს მიმდევრობა $\varepsilon_n \rightarrow 0$ და $F \in C(T)$ ისეთი, რომ

$$\sum_1^\infty \rho_n^{2-\varepsilon_n}(F) = \infty \tag{2}$$

ამბობენ, რომ $F \in C(T)$ ფუნქციას გააჩნია კარლემანის განსაკუთრებულობა, თუ ნებისმიერი $\varepsilon > 0$ -თვის სრულდება (1), ხოლო თუ არსებობს $\varepsilon_n \rightarrow 0$ ისეთი, რომ სრულდება (2), მაშინ ამბობენ, რომ ფუნქციას გააჩნია ბანახის განსაკუთრებულობა.

ნაჩვენებია, რომ თუ ფუნქციას გააჩნია კარლემანის განსაკუთრებულობა, მაშინ მას გააჩნია ბანახის განსაკუთრებულობაც.

ბუნებრივია, ისმის კითხვა რამდენად კარგი საუკეთესო მიახლოება შეიძლება ჰქონდეს ისეთ უწყვეტ ფუნქციას, რომელსაც გააჩნია კარლემანის განსაკუთრებულობა. სამართლიანია

თეორემა: ვთქვათ, e_n დადებითი მონოტონურად კლებადი ისეთი მიმდევრობაა, რომ ნებისმიერი დადებითი α -თვის

$$\overline{\lim} e_n n^\alpha = \infty. \tag{3}$$

მაშინ არსებობს ფუნქცია $F \in C(T)$, რომელსაც გააჩნია კარლემანის განსაკუთრებულობა და $E_n(F) \leq e_n$.

თეორემა გაუუმჯობესებდა იმ აზრით, რომ თუ რომელიმე დადებითი α -თვის დარღვეულია (3) თანადობა, მაშინ ყოველ $\varphi \in C(T)$ ფუნქციას, რომლისთვისაც

$$E_n(\varphi) \leq e_n,$$

არ გააჩნია კარლემანის განსაკუთრებულობა.

ი.ჭავჭავიძე-შვილის სახ.თბილისის სახელმწიფო

უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. T. Carleman. 1, AM, 41 (1918) 377-384.
2. S. Banach. 1, St, M., T II (1930), 207-220.



მ.უსანეთაშვილი

დირიხლეს ამოცანა მეორე რიგის ელიფსური ტიპის
 სისტემებისათვის, რომლებიც განიციდიან პარაბოლურ
 გადაგვარებას საზღვრის ნაწილზე

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ.ბურჭულაძემ 21.11.1996

განვიხილოთ შემდეგი სახის ელიფსური სისტემები

$$L_1(u) \equiv y^m u_{xx} + u_{yy} + au_x + bu_y + cu = 0, m > 0. \quad (1)$$

და

$$L_2(u) \equiv u_{xx} + y^m u_{yy} + au_x + bu_y + cu = 0, m > 0. \quad (2)$$

$y > 0$ ნახევარსიბრტყის ცალად ბმულ შემოსაზღვრულ D არეში, რომელიც შემოსაზღვრულია X ღერძის AB მონაკვეთით, სადაც ისინი განიციდიან პარაბოლურ გადაგვარებას და გლუვი σ რკალით, რომლის ბოლო წერტილებია A და B , a და b - მოცემული სკალარული ფუნქციებია $C^1(\bar{D})$ კლასიდან, C - მოცემული უარყოფითად განსაზღვრული $(n \times n)$ -მატრიცაა $C^1(\bar{D})$ კლასიდან $n > 1$, ე.ი.

$$(u, cu) \leq C_0(u, u), C_0 = \text{const} < 0, \quad (3)$$

ხოლო $u(p) = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ -საძიებელი n -განზომილებიანი ვექტორია, (\dots) -სკალარული ნამრავლია.

$C^{2,0}(D)$ კლასის ვექტორი $U(p)$, რომელიც აკმაყოფილებს (1) (ან (2)) სისტემას D არეში, უწოდებენ ამ სისტემის რეგულარულ ამოხსნას.

დირიხლეს ამოცანა [1]: ვიპოვოთ D არეში (1) (ან (2)) სისტემის რეგულარული ამოხსნა, რომელიც უწყვეტია ჩაკეტილ \bar{D} არეში და აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობას

$$u|_{\Gamma} = f, \Gamma = \partial D, \quad (4)$$

სადაც $f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ -ზე მოცემული უწყვეტი ვექტორ-ფუნქციაა.

ადგილი აქვს ექსტრემუმის შემდეგ პრინციპს [1]: ნორმა $R(x) = \left(\sum_{i=1}^n |u_i(x)|^2 \right)^{\frac{1}{2}} =$

$= \sqrt{(u, u)}$ D არეში, სადაც $u(p) = (u_1, \dots, u_n)$ არის (1) (ან(2)) სისტემის რეგულარული ამოხსნა, ვერ მიაღწევს ნულისაგან განსხვავებულ მინიმუმს D არის ვერცერთ წერტილში, თუ შესრულებულია (3) პირობა.

დირიხლეს ამოცანის ამოხსნის ერთადერთობა (1) (ან(2)) სისტემებისათვის გამომდინარეობს შემდეგი მოყვანილი ექსტრემუმის პრინციპიდან.

ცნობილი სქემის გამოყენებით [1], [2] იგება (1) (ან (2)), სისტემის ამოხსნა, რომელიც D არის საზღვრის σ რკალზე აკმაყოფილებს (4) სასაზღვრო პირობას.



იმისათვის, რომ $U(P)$ დებულობს AB -ზე f ფუნქციის მნიშვნელობებს, ყოველ $Q(x_0, 0) \in AB$ წერტილზე ავაგოთ $v(x, y)$ ფუნქცია, რომელსაც უწოდებენ ბარიერულ ფუნქციას და რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ პირობებს:

ა) $v(x, y)$ უწყვეტია Q წერტილის $w_{x_0} : (x - x_0)^2 + y^2 \leq \rho^2, y > 0$ რაიმე მიდამოში;
 ბ) $v(x, y) > 0$ w_{x_0} -ის ყოველ წერტილში Q წერტილის გამოკლებით, სადაც ის ხდება ნული;

გ) $L_1^0(v) \equiv y^m v_{xx} + v_{yy} + av_x + bv_y < 0$ ყველგან w_{x_0} მიდამოში.

ვაჩვენოთ, რომ ბარიერად შეგვიძლია ავიღოთ შემდეგი ფუნქცია

$$v(x, y) = (x - x_0)^2 + y^\beta, 0 < \beta < 1.$$

მართლაც, $v(x, y)$ ფუნქცია, ცხადია აკმაყოფილებს ა) და ბ) პირობებს. შევამოწმოთ გ) პირობა. ადვილი შესამოწმებელია, რომ

$$L_1^0(v) = 2y^m + \beta(\beta-1)y^{\beta-1} + 2(x - x_0)a + \beta by^{\beta-1}.$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ $0 < \beta < 1$, პირობის ძალით არსებობს Q წერტილის ისეთი მიდამო w_{x_0} , სადაც $L_1^0(v) < 0$, და, მაშასადამე, (1), (4) ამოცანას

აქვს ერთადერთი ამოხსნა.

ამოცანა E. ვიპოვოთ (2) სისტემის რეგულარული ამოხსნა, რომელიც შემოსაზღვრულია, როცა $Y \rightarrow 0$ და იღებს წინასწარ მოცემულ f ფუნქციის მნიშვნელობებს მხოლოდ σ რკალზე.

ლემა. თუ არსებობს ფუნქცია $W(x, y)$, დადებითი $D+\sigma$ -ზე, რომელიც თანაბრად მიისწრაფვის უსასრულობისაკენ, როცა $Y \rightarrow 0$ და აკმაყოფილებს $L_2^0(w) < 0$ უტოლობას D -ში, მაშინ E ამოცანას აქვს ერთადერთი ამოხსნა.

ამ ლემის გამოყენებით მტკიცდება შემდეგი

თეორემა 1. თუ m და $b(x, 0)$ აკმაყოფილებენ ერთ-ერთს შემდეგი პირობებიდან:

1. $0 < m < 1$;
2. $m = 1, b(x, 0) < 1$;
3. $1 < m < 2, b(x, 0) \leq 0$;
4. $m \geq 2, b(x, 0) < 0$;

მაშინ ყოველთვის არსებობს (2), (4) დირიხლეს ამოცანის ერთადერთი ამოხსნა.

თეორემა 2. თუ m და $b(x, 0)$ აკმაყოფილებს ერთ-ერთს შემდეგი პირობებიდან:

1. $m = 1, b(x, 0) \geq 1$;
2. $1 < m < 2, b(x, 0) > 0$;
3. $m \geq 2, b(x, 0) \geq 0$;

მაშინ E ამოცანას აქვს ერთადერთი ამოხსნა.

თსუ ი. ვეკუას სახ. გამოყენებითი მათემატიკის
 ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *А.В. Бицадзе.* Некоторые классы уравнений в частных производных. М., 1981.
2. *М.М. Смирнов.* Уравнение смешанного типа. М., 1970.



დ.ნატროშვილი, ი.სიგუა

თერმოდრეკადობის ფსევდორხევის შერეული ამოცანა

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ.ბურჭულაძემ 4.11.1996

ნაშრომი ეძღვნება თერმოდრეკადობის თეორიის ძირითადი შერეული სასაზღვრო ამოცანის გამოკვლევას ერთგვაროვანი ანიზოტროპული სხეულებისათვის - როდესაც საზღვრის ერთ ნაწილზე მოცემულია გადაადგილების ვექტორი და ტემპერატურა. ხოლო მეორე ნაწილზე - ძაბვის ვექტორი და სითბური ნაკადი. თერმოდრეკადობის ძირითადი სასაზღვრო ამოცანები იზოტროპული სხეულებისათვის გამოკვლეულია [1,2]-ში, ხოლო ანიზოტროპული სხეულებისათვის - [3]-ში. რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია, წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილი შედეგები ახალია იზოტროპულ შემთხვევაშიც კი. პოტენციალთა მეთოდისა და ფსევდოდიფერენციალური განტოლებების გამოყენებით, დამტკიცებულია თეორემები ამონახსნის ერთადერთობის, არსებობის და სიგლუვის შესახებ სხვადასხვა ფუნქციურ სივრცეებში.

განვიხილოთ შემოსაზღვრული $\Omega_1 \equiv \Omega^+ \subset R^3$ არე და მისი დამატება $\Omega_2 \equiv \Omega^- = R^3 \setminus \overline{\Omega_1}$; $\partial\Omega^+ = S$, $\overline{\Omega_j} = \Omega_j \cup S$, $j=1,2$. სიმარტივისათვის ავიღოთ $S \in C^\infty$. დაუშვათ, ჩაკეტილი C^∞ -სიგლუვის არაგადამკვეთი $\gamma \subset S$ წირი S ზედაპირს ყოფს ორ S_1 და S_2 ნაწილად: $S = S_1 \cup S_2 \cup \gamma$, $S_1 \cap S_2 = \emptyset$, $\overline{S_j} = S_j \cup \gamma$, $j = 1, 2$.

თერმოდრეკადობის ფსევდორხევის წრფივი თეორიის ძირითად განტოლებათა სისტემა ერთგვაროვანი ანიზოტროპული მასალისათვის იწერება შემდეგი სახით [4].

$$C_{kj pq} D_p D_q u_k(x, \tau) - \tau^2 \rho u_k(x, \tau) - \beta_{kj} D_j u_k(x, \tau) = 0, k = 1, 2, 3,$$

$$\lambda_{pq} D_p D_q u_4(x, \tau) - \tau C_0 u_4(x, \tau) - \tau T_0 \beta_{pq} D_p u_q(x, \tau) = 0, x \in \Omega_r, r = 1, 2, \quad (1)$$

აქ $C_{kj pq} = C_{pqkj} = C_{jkpq}$ არის გარემოს დრეკადი მუდმივები.

$\lambda_{pq} = \lambda_{qp}$ ხვედრითი სითბოგამტარებლობის მუდმივები. C_0 - სითბოტევადობა, $\rho > 0$ მასალის სიმკვრივე, T_0 - ბუნებრივი მდგომარეობის ტემპერატურა, $\beta_{pq} = \beta_{qp}$ - გარემოს თერმულ და დრეკად-მექანიკურ თვისებებზე დამოკიდებული მუდმივები; $u = (u_1, u_2, u_3)^T$ - გადაადგილების ვექტორი, u_4 -ტემპერატურა, $\tau = \sigma - i\omega$ - კომპლექსური

პარამეტრი. $\omega \in R$, $\sigma \in R \setminus \{0\}$; $D_p = \frac{\partial}{\partial x_p}$; აქ და ქვემოთ ყველგან განმეორებადი

ინდექსის შემთხვევაში იგულისხმება აკავმა 1-დან 3-მდე; $[.]^T$ სიმბოლო აღნიშნავს ტრანსპონირებას.

შევნიშნოთ, რომ (1) განტოლებები მიიღება დინამიკის განტოლებებიდან ლაპლასის ფორმალური გარდაქმნით [4].

თერმოდრეკადობის თეორიაში ძაბვის $\{\sigma_{kj}\}$ და დეფორმაციის $\{\epsilon_{kj}\} = 2^{-1}\{D_k U_j + D_j U_k\}$ ტენზორები და U_4 ტემპერატურა დაკავშირებულია არიან დიუჰამელ-ნეიმანის კანონით

$$\sigma_{kj} = C_{kj pq} \epsilon_{pq} - \beta_{kj} u_4,$$

ჩვენს შემთხვევაში განტოლებათა (1) სისტემა მატრიცულ-ვექტორული ამისათვის შემოვიღოთ შემდეგი აღნიშვნები

$$U = (u, u_4)^T = (u_1, \dots, u_4)^T, \quad D = \nabla = (D_1, D_2, D_3),$$

$$C(D) = \|C_{kp}(D)\|_{3 \times 3}, \quad C_{kp}(D_j) = C_{kjpq} D_j D_q,$$

$$T(D, n) = \|T_{kj}(D, n)\|_{3 \times 3}, \quad T_{kj}(D, n) = C_{kjpq} n_j D_q,$$

$$P(D, n) = \| \|T(D, n)\|_{3 \times 3}, [-\beta_{kj} n_j]_{3 \times 1} \|_{4 \times 4}, \quad \Lambda(D) = \lambda_{pq} D_p D_q,$$

$$A(D, \tau) = \left\| \begin{array}{cc} \|C(D) - \tau^2 \rho I_3\|_{3 \times 3} & [-\beta_{kj} D_j]_{3 \times 1} \\ [-\tau I_0 \beta_{kj} D_j]_{1 \times 3} & \Lambda(D) - \tau \epsilon_0 \end{array} \right\|_{4 \times 4},$$

$I_m = \|\delta_{kj}\|_{m \times m}$ აღნიშნავს ერთეულოვან $m \times m$ მატრიცას, δ_{kj} - კრონეკერის სიმბოლო, n - ერთეულოვანი ვექტორი. $T(D, n)$ და $P(D, n)$ წარმოადგენენ ძაბვის ოპერატორებს, შესაბამისად, კლასიკურ და თერმოდრეკადობის თეორიებში.

შევნიშნოთ, რომ თერმოდრეკადი მულტივეზი აკმაყოფილებენ შემდეგ პირობებს:

$$C_{kjpq} e_{kj} \bar{e}_{pq} \geq \delta_0 e_{kj} \bar{e}_{kj}, \quad \lambda_{pq} \xi_p \bar{\xi}_q \geq \delta_1 \xi_p \bar{\xi}_p,$$

სადაც δ_0 და δ_1 , - დადებითი მულტივეზია, $e_{kj} = e_{jk}$ ნებისმიერი სიმეტრიული კომპლექსური ცვლადები, $\xi = (\xi_1, \xi_2, \xi_3)$ - ნებისმიერი კომპლექსური ვექტორი.

თერმოდრეკადობის შერეული ამოცანა ყალიბდება შემდეგნაირად: ვიპოვოთ ვექტორი

$$U \in W_p^1(\Omega^+),$$

$$[U \in W_{p, \text{loc}}^{-1}(\Omega), |U_k(x)| < c|x|^N, |D_p U_k(x)| < c|x|^N], c = \text{const} > 0, N \in \mathbf{R} \text{ და } N \text{ რაიმე}$$

ნამდვილი რიცხვია, რომელიც აკმაყოფილებს განტოლებათა სისტემას

$$A(D, \tau)U(x) = 0, x \in \Omega^+ \quad (3)$$

და შემდეგ სასაზღვრო პირობებს:

$$[U]^{\pm} = f \text{ } S_1 \text{ - ზე,} \quad (4)$$

$$[B(D, n)U]^{\pm} = F \text{ } S_2 \text{ - ზე,} \quad (5)$$

სადაც $f = (f_1, \dots, f_4)^T \in B_{p,p}^{1-1/p}(S_1)$ და $F = (F_1, \dots, F_4)^T \in B_{p,p}^{-1/p}(S_2)$ მოცემული ვექტორებია $[\cdot]^{\pm}$ აღნიშნავს ზღვარს S -ზე Ω^{\pm} -დან

$$B(D, n) = \left\| \begin{array}{cc} \|T(D, n)\|_{3 \times 3} & [-\beta_{kj} n_j]_{3 \times 1} \\ [0]_{1 \times 3} & \lambda(D, n) \end{array} \right\|_{4 \times 4},$$

$$\lambda(D, n) = \lambda_{pq} n_p D_q.$$

აქ W_p^1 , აღნიშნავს სობოლევის სივრცეს, $B_{p,q}^s$ - ბესოვის სივრცეს, H_p^s - ბესელის პოტენციალთა სივრცეს [5, 6]. გარდა ამისა,

$$B_{p,q}^s(S_j) = \{f|_{S_j} : f \in B_{p,q}^s(S)\}, \quad H_p^s(S_j) = \{f|_{S_j} : f \in H_p^s(S)\},$$

$$\tilde{B}_{p,q}^s(S_j) = \{f \in B_{p,q}^s(S) : \text{supp } f \subset \bar{S}_j\}, \quad \tilde{H}_p^s(S_j) = \{f \in H_p^s(S) : \text{supp } f \subset \bar{S}_j\},$$

$$s \in \mathbf{R}, 1 < p < \infty, 1 \leq q \leq \infty.$$

$f|_{S_j}$ აღნიშნავს f ფუნქციის შეზღუდვას S_j -ზე.

ვთქვათ, $\mathcal{A}(\xi, \tau)$ არის $A(D, \tau)$ დიფერენციალური ოპერატორის სიმბოლური მატრიცა: $\mathcal{A}(\xi, \tau) = A(-i\xi, \tau)$, $\xi \in \mathbf{R}^3$. თუ $\tau = \sigma - i\omega$, $\text{Re } \tau = \sigma > 0$, $\omega \in \mathbf{R}$ და $\xi \in \mathbf{R}^3$, მაშინ

$\det A(\xi, \tau) \neq 0$ და $A(\cdot, \tau)^{-1} \in L_2(\mathbb{R}^3)$ [7]. $A(D, \tau)$ ოპერატორის ფუნდამენტურ მატრიცას აქვს შემდეგი სახე [7]:

$$\Psi(x, \tau) = \mathcal{F}_{\xi \rightarrow x}^{-1} [A(\xi, \tau)^{-1}] = (2\pi)^{-3} \lim_{R \rightarrow \infty} \int_{|\xi| \leq R} [A(\xi, \tau)]^{-1} e^{-i\xi x} d\xi,$$

$$x \in \mathbb{R}^3 \setminus \{0\}.$$

მტკიცდება, რომ როდესაც $\operatorname{Re} \tau = \sigma > 0$, მაშინ $\Psi(\cdot, \tau)$ მატრიცის ელემენტები ეკუთვნიან $C^\infty(\mathbb{R}^3 \setminus \{0\})$ და უსასრულოდ დაშორებული წერტილის მიდამოში თავის ყველა წარმოებულთან ერთად ქრებიან უფრო სწრაფად, ვიდრე $|x|^{-1}$ -ის ნებისმიერი ხარისხი, როდესაც $|x| \rightarrow \infty$. კოორდინატთა სათავის მიდამოში ($|x| < 1/2$) სამართლიანია შემდეგი უტოლობა:

$$|D^\beta \Psi_{kj}(x, \tau) - D^\beta \Psi_{kj}(x)| < c \varphi_{\beta_1}^{(k, j)}(x),$$

სადაც $\beta = (\beta_1, \beta_2, \beta_3)$ ნებისმიერი მულტი-ინდექსია, $|\beta| = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$,

$$\Psi(x) = \begin{Bmatrix} [\Gamma(x)]_{3 \times 3} & [0]_{3 \times 1} \\ [0]_{1 \times 3} & \gamma(x) \end{Bmatrix}_{4 \times 4},$$

$$\varphi_0^{(kj)}(x) = 1, \varphi_1^{(kj)}(x) = -\ln|x|, \varphi_l^{(kj)}(x) = |x|^{l-1}, l \geq 2, 1 \leq k, j \leq 3, k = j = 4,$$

$$\varphi_0^{(k4)}(x) = \varphi_0^{(4k)}(x) = -\ln|x|, \varphi_m^{(k4)}(x) = \varphi_m^{(4k)}(x) = |x|^m, m \geq 1, k = 1, 2, 3,$$

$\Gamma(x)$ და $\gamma(x)$ არის, შესაბამისად, $C(D)$ და $\Lambda(D)$, ოპერატორების ერთგვაროვანი (-1 რიგის) ფუნდამენტური მატრიცა და ფუნდამენტური ფუნქცია [3, 8]. ამონახსნის ინტეგრალური წარმოდგენის გამოყენებით მტკიცდება, რომ Ω^- არის შემთხვევაში (3) განტოლების ყოველი ამონახსენი, რომელიც აკმაყოფილებს (2) პირობას, სინამდვილეში, უსასრულობის მიდამოში თავის წარმოებულებთან ერთად ქრება $|x|^{-1}$ -ის ნებისმიერ ხარისხზე უფრო სწრაფად. ამიტომ გარე ამოცანის ფორმულირებაში $W_{p, \text{loc}}^1(\Omega^-)$ შეიძლება შეიცვალოს $W_p^1(\Omega^-)$. -ით.

განვსაზღვროთ განზოგადებული მარტივი და ორმაგი ფენის პოტენციალები შემდეგი ტოლობებით:

$$V(g)(x) = \int_S \Psi(x-y, \tau) g(y) dS_y, x \in \mathbb{R}^3 \setminus S, \quad (6)$$

$$W(g)(x) = \int_S \{Q(D_y, n(y), \tau) [\Psi(x-y, \tau)]^T\}^T g(y) dS_y, x \in \mathbb{R}^3 \setminus S, \quad (7)$$

სადაც $g = (\tilde{g}, g_4)^T$, $\tilde{g} = (g_1, g_2, g_3)^T$, $x \in \mathbb{R}^3 \setminus S$. აქ

$$Q(D_y, n(y), \tau) = \begin{Bmatrix} [T(D_y, n)]_{3 \times 3} & [\tau T_0 \beta_{kj} n_j]_{3 \times 1} \\ [0]_{1 \times 3} & \lambda(D_y, n) \end{Bmatrix}_{4 \times 4},$$

$n(x)$ გარე ნორმალა $x \in S$ წერტილში.

(6) და (7) ტოლობებით განსაზღვრულ პოტენციალებს გააჩნიათ შემდეგი თვისებები [9, 10]. ვთქვათ, $k \geq 0$ მთელი რიცხვია, $0 < \alpha < \alpha' < 1$, და $S \in C^{k+1+\alpha'}$, მაშინ ოპერატორები

$$V: C^{k+\alpha}(S) \rightarrow C^{k+1+\alpha}(\Omega^+), \quad (8)$$

$$W: C^{k+\alpha}(S) \rightarrow C^{k+\alpha}(\Omega^+), \quad (9)$$

შემოსაზღვრულია, სამართლიანია შემდეგი თანაფარდობები

$$[V(g)]^+ = [V(g)] \equiv \mathcal{H}g, g \in C^\alpha(S), \quad (10)$$

$$[W(g)]^+ = [\pm 2^{-1}I_4 + \tilde{\mathcal{K}}]g, g \in C^\alpha(S), \quad (11)$$

$$[B(D, n)V(g)]^+ = [\mp 2^{-1}I_4 + \mathcal{K}]g, g \in C^\alpha(S) \quad (12)$$

$$L_+g = L_-g \equiv Lg, g \in C^{1+\alpha}(S), \quad (13)$$

სადაც

$$\mathcal{H}g(z) \equiv \int_S \Psi(z-y, \tau)g(y)dS_y, z \in S,$$

$$\mathcal{K}g(z) \equiv \int_S B(D_z, n(z))\Psi(z-y, \tau)g(y)dS_y, z \in S,$$

$$\tilde{\mathcal{K}}g(z) \equiv \int_S [Q(D_y, n(z), \tau)\{\Psi(z-y, \tau)\}^\top]^\top g(y)dS_y, z \in S,$$

$$L_+g(z) \equiv \lim_{\Omega^+ \ni x \rightarrow z \in S} B(D_x, n(z))W(g)(x).$$

შემოსაზღვრულია, ასევე, შემდეგი ოპერატორები:

$$\mathcal{H} : C^{k+\alpha}(S) \rightarrow C^{k+1+\alpha}(S), \quad (14)$$

$$[\pm 2^{-1}I_4 + \tilde{\mathcal{K}}], [\pm 2^{-1}I_4 + \mathcal{K}] : C^{k+\alpha}(S) \rightarrow C^{k+\alpha}(S), \quad (15)$$

$$L : C^{k+1+\alpha}(S) \rightarrow C^{k+\alpha}(S) [S \in C^{k+2+\alpha'}(S)]. \quad (16)$$

(8)-(9) და (14)-(16) ოპერატორები შეიძლება გაფართოვდნენ შემდეგ შემოსაზღვრულ ოპერატორებამდე:

$$V: B_{p,p}^s(S) \rightarrow H_p^{s+1+1/p}(\Omega^+) \quad [B_{p,q}^s(S) \rightarrow B_p^{s+1/p}(\Omega^+)],$$

$$W: B_{p,p}^s(S) \rightarrow H_p^{s+1/p}(\Omega^+) \quad [B_{p,q}^s(S) \rightarrow B_{p,q}^{s+1/p}(\Omega^+)],$$

$$\mathcal{H}: B_{p,q}^s(S) \rightarrow B_{p,q}^{s+1}(S) \quad [H_p^s(S) \rightarrow H_p^{s+1}(S)], \quad (17)$$

$$[\pm 2^{-1}I_4 + \tilde{\mathcal{K}}], [\pm 2^{-1}I_4 + \mathcal{K}]: B_{p,q}^s(S) \rightarrow B_{p,q}^s(S) \quad [H_p^s(S) \rightarrow H_p^s(S)], \quad (18)$$

$$L: B_{p,q}^s(S) \rightarrow B_{p,q}^{s-1}(S) \quad [H_p^s(S) \rightarrow H_p^{s-1}(S)], \quad (19)$$

სადაც $s \in \mathbb{R}$, $1 < p < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$. ამ გაფართოებული ოპერატორებისათვის სამართლიანია (10)-(13) ფორმულები შესაბამის ფუნქციურ კლასებში. გარდა ამისა, \mathcal{H} , $(\pm 2^{-1}I_4 + \tilde{\mathcal{K}})$ $(\pm 2^{-1}I_4 + \mathcal{K})$ და L ოპერატორები არიან, შესაბამისად, -1 , 0 , 0 და 1 რიგის ფდო-ები. \mathcal{H} და L , ოპერატორების მთავარი სიმბოლური მატრიცები არის დადებითად განსაზღვრული. (14)-(16) (17)-(19) ოპერატორები არიან იზომორფიზმები შესაბამის კლასებში. კერძოდ L და \mathcal{H}^T არიან ელიფსური სინგულარული ინტეგრალიფერენციალური ოპერატორები.

განვიხილოთ დირიხლეს დამხმარე ამოცანა: ვიპოვოთ (3) განტოლების ამონახსენი შემდეგი სასაზღვრო პირობებით:

$$[U]^+ = h, h \in B_{p,p}^{1-1/p}(S), 1 < p < \infty. \quad (20)$$

ვეძიოთ (3), (20) ამოცანის ამონახსენი მარტივი ფენის პოტენციალის სახით; $U(x) = V(g)(x)$, სადაც $g \in B_{p,p}^{1-1/p}(S)$. მივიღებთ $\mathcal{H}g = h$. თუ გავითვალისწინებთ \mathcal{H} ოპერატორის შებრუნებადობას, მივიღებთ, რომ ამ განტოლებას გააჩნია ერთადერთი ამონახსენი $g = \mathcal{H}^{-1}h$. სამართლიანია შემდეგი

თეორემა 1. (3), (20) ამოცანას გააჩნია ერთადერთი ამონახსენი $W_p^1(\Omega^\pm)$ კლასში,

რომელიც მოიცემა ფორმულით. $U(x) = V[\mathcal{H}^{-1}]h(x)$

გავაგრძელოთ f ფუნქცია სიგლუვის შენარჩუნებით მთელ S -ზე. თუ ერთ-ერთ ფიქსირებულ გაგრძელებას აღვნიშნავთ $f_0 \in B_{p,p}^{1-1/p}(S)$ -ით, მაშინ ნებისმიერ სხვა გაგრძელებას ექნება სახე: $\Phi = f_0 + \varphi \in B_{p,p}^{1-1/p}(S)$, სადაც $\varphi \in \tilde{B}_{p,p}^{1-1/p}(S_2)$ და, $\Phi|_{S_1} = f$. ვეძიოთ ამონახსენი

$$U = V(\mathcal{H}^{-1})(f_0 + \varphi), \quad (21)$$

სახით. მაშინ (4) პირობა დაკმაყოფილდება ავტომატურად, ხოლო (5) პირობა მოგვცემს შემდეგ ფდგ-ას S_2 -ზე:

$$[B(D, n)V(\Phi)]^\pm = [\pm 2^{-1}I_4 + \mathcal{K}]\mathcal{H}^{-1}(f_0 + \varphi) = F, \quad S_2\text{-ზე,}$$

ანუ, თუ აღვნიშნავთ

$$N_1 \equiv [-2^{-1}I_4 + \mathcal{K}]\mathcal{H}^{-1}, \quad N_2 \equiv [2^{-1}I_4 + \mathcal{K}]\mathcal{H}^{-1}, \quad (22)$$

მივიღებთ

$$r_{S_2} N_j \varphi = q_j, \quad (23)$$

სადაც $q_j = F - r_{S_2} [((-1)^j 2^{-1}I_4 + \mathcal{K}]\mathcal{H}^{-1}]f_0 \in B_{p,p}^{-1/p}(S_2)$,

r_{S_2} შეზღუდვის ოპერატორია S_2 -ზე; $j=1$ შეესაბამება შიგა ამოცანას, ხოლო $j=2$ - გარე ამოცანას.

ლემა 2. [11]. ვთქვათ, $S \in C^{k+2+\alpha}$, $k \geq 0$ მთელი რიცხვია და $0 < \alpha' \leq 1$. მაშინ

$$N_j: C^{k+1+\alpha}(S) \rightarrow C^{k+\alpha}(S), \quad 0 < \alpha < \alpha', \quad j = 1, 2, \quad (24)$$

არიან შემოსაზღვრული ოპერატორები და შესაბამისი ნულსივრცე ტრივიალურია. $N_j, j = 1, 2$ ოპერატორები იზომორფიზმებია.

ლემა 3 [11]. N_1 და N_2 ოპერატორების მთავარი სიმბოლური მატრიცები დადებითად განსაზღვრულია.

ლემა 4 [11]. (22) ოპერატორები შეიძლება გაფართოვდნენ შემდეგ შემოსაზღვრულ, ელიფსურ (1 რიგის) ფდგ-ებამდე.

$$N_j: H_p^{s+1}(S) \rightarrow H_p^s(S), [B_{p,q}^{s+1}(S) \rightarrow B_{p,q}^s(S)], \quad s \in \mathbb{R}, \quad 1 < p < \infty, \quad 1 \leq q \leq \infty.$$

დავუბრუნდეთ (23) განტოლებას. თუ გამოვიყენებთ ფდგ-ების თეორიას საზღვრიან მრავალსახეობებზე, შეგვიძლია დავამტკიცოთ შემდეგი

ლემა 5. თუ სრულდება პირობა

$$\frac{1}{p} - \frac{3}{2} < s < \frac{1}{p} - \frac{1}{2},$$

მაშინ ოპერატორები

$$r_{S_2} N_j: \tilde{B}_{p,q}^{s+1}(S_2) \rightarrow B_{p,q}^s(S_2), \quad ; 1 \leq q \leq \infty,$$

$1 < p < \infty, s \in \mathbb{R} j=1,2$ იზომორფიზმებია.

[10] ნაშრომში გამოყენებული მეთოდის საშუალებით მტკიცდება შემდეგი არსებობისა და ერთადერთობის თეორემები.

თეორემა 6. ვთქვათ, $4/3 < p < 4$ მაშინ შერეულ ამოცანას გააჩნია ერთადერთი ამონახსენი $U \in W_p^1(\Omega^\pm)$ კლასში, რომელიც წარმოიდგინება (21) სახით, სადაც

$\varphi \in \tilde{B}_{p,p}^{1-1/p}(S_2)$ განისაზღვრება ცალსახად ამოხსნადი (23) ფდგ-დან.



ახლა შეგვიძლია სასაზღვრო მონაცემების სიგლუვის შერჩევის გავზარდოთ ამონახსნის სიგლუვე [10].

თეორემა 7. ვთქვათ,

$4/3 < p < 4$, $1 < t < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$, $1/t - 3/2 < S < 1/t - 1/2$ და $U \in W_p^1(\Omega^+) [W_p^1(\Omega^-)]$

შერეული ამოცანის ამონახსნია, მაშინ

I) თუ

$$f \in B_{t,t}^{s+1}(S_1), F \in B_{t,t}^s(S_2),$$

მაშინ

$$U \in H_t^{s+1+1/t}(\Omega^+) [U \in H_t^{s+1+1/t}(\Omega^-)];$$

II) თუ

$$f \in B_{t,q}^{s+1}(S_1), F \in B_{t,q}^s(S_2),$$

მაშინ

$$U \in B_{t,q}^{s+1+1/t}(\Omega^+) [U \in B_{t,q}^{s+1+1/t}(\Omega^-)];$$

III) თუ

$$f \in C^\alpha(S_1), F \in B_{\infty,\infty}^{\alpha-1}(S),$$

მაშინ

$$U \in C^\beta(\overline{\Omega^+}) [U \in C^\beta(\overline{\Omega^-})],$$

ყოველი $\beta \in (0, \alpha_0)$, $\alpha_0 = \min\{\alpha, 1/2\}$.

თბილისის ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *В.Купрадзе, Т.Гегелиа, М.Башелейшвили, Т.Бурчуладзе.* Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. М., 1976.
2. *L. Jentsch,* Math.Nachr., 64, 1974, 171-231.
3. *D.Natroshevili.* Georgian Mathematical Journal, 2, 6, 1995, 631-652.
4. *W.Nowacki.* Dynamic Problems of Thermoelasticity, PWN-Polish Scientific Publishers, Warszawa, Poland, Nordhoff International Publishing, Leyden, The Netherlands, 1975.
5. *H.Triebel.* Interpolation Theory, Function Spaces, Differential Operators, Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1978.
6. *H.Triebel.* Theory of Function Spaces, Basel-Boston-Stuttgart: Leipzig Birkhauser Verlag, 1983.
7. *L.Jentsch and D.Natroshevili.* Math.Nachr., 179, 1996, 161-186.
8. *C.Miranda,* Partial Differential Equations of Elliptic Type, 2nd ed., Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1970.
9. *Д.Натрошвили.* Дифференциальные уравнения, 20, 1, 1984, 87-98.
10. *R.Duduchava, D.Natroshevili and E.Shargorodsky.* Georgian Mathematical Journal, 2, 2, 123-140; 3, 259-279, 1995.
11. *L. Jentsch, D.Natroshevili and I. Sigua.* Mixed interface problems of thermoelastic pseudo-oscillations.

გ. გრებენჩუკი

ფურიე-ანალიზი და გაუსაზღვრელობების ახსნა წაგრძელებულ სფეროიდულ ტალღურ ფუნქციებად გაშლით

წარმოადგინა აკად. ვ. ჯავახიძემ 1.10.1996

რადიოტექნიკის და ექსპერიმენტული ფიზიკის მთელი რიგი ამოცანების ამოხსნისათვის მნიშვნელოვანია გამზომ სისტემაზე ზემოქმედების განსაზღვრა რეაქტიის მიხედვით იმ შემთხვევაში, როცა ზემოქმედების სპექტრი ბევრად ფართოა, ვიდრე გამზომი სისტემის სიხშირული მახასიათებელი. ამ შემთხვევაში აღდგენა ხდება რეაქტიის სპექტრის მცირე მონაკვეთის მიხედვით, როდესაც სპექტრის მნიშვნელოვანი ნაწილი არ არის განსაზღვრული.

ამ ამოცანის ამოხსნის ერთ-ერთ მეთოდად შეიძლება იყოს მიჩნეული სპექტრის ანალიზური გაგრძელება, რომელიც სრულდება ორმაგი ორთოგონალური საბაზრო ფუნქციების მწყობრებად გაშლის გზით.

ცნობილია [1], რომ

$$\lambda_k \Psi_k(z, c) = \int_{-1}^1 \{ \text{sinc}(x-z) / \pi(x-z) \} \Psi_k(x, c) dx, \quad (1)$$

განტოლებით განსაზღვრული $\Psi_k(z, c)$ ფუნქციების სისტემა, სადაც $\lambda_k = \lambda_k(c)$ -საკუთარი მნიშვნელობები, ხოლო c -პარამეტრი, წარმოადგენს ორმაგ ორთოგონალურ სისტემას, მაგრამ (1) იძლევა ამ ფუნქციების მხოლოდ $[-1, 1]$ მონაკვეთზე ტაბულირების საშუალებას. მთელ დერაჟზე $\Psi_k(z, c)$ -ის ტაბულირებისათვის მოსაძებნია ამ არეში განსაზღვრული ორთოგონალური ბაზისის მქონე ოპერატორი, რომლის საკუთარი ფუნქციების სისტემა ემთხვევა (1)-ით განსაზღვრულ სისტემას.

განვიხილოთ ფურიე-გარდაქმნა როგორც სპექტრულ ფუნქციაზე მოქმედი ოპერატორი Φ

$$f(x) = \Phi_{\xi}(\omega) = \int_{-a}^a x(\omega) \exp(i\omega x) d\omega \quad (2)$$

შემოვიღოთ x და ω მაგივრად ახალი ცვლადები $\xi = \omega/a$ და $z = x/T$. ოპერატორ Φ -ის საკუთარი ფუნქციების განტოლება ამ შემთხვევაში იქნება

$$\mu \Psi(z) = \int_{-1}^1 \Psi(\xi) \exp(ic\xi z) d\xi, \quad (3)$$

სადაც $\Psi(z) = \xi(Tz)$ და $c = aT$.

მაშასადამე, ფურიე-ოპერატორის საკუთარი ფუნქციებისათვის მიღებულია სიმეტრიული კომპლექსური ბირთვის $\exp(ic\xi z)$ მქონე ინტეგრალური განტოლება (3), საიდანაც ჩანს, რომ საკუთარი ფუნქციები და საკუთარი მნიშვნელობები მხოლოდ



პარამეტრ $c = \alpha T$ -ზე არიან დამოკიდებული. იმ შემთხვევაში, თუ ყურადღებაში მიიღებთ (3)-ის მხოლოდ ნამდვილი ამოხსნები, ვღებულობთ

$$\Psi(\xi) = (1/\mu^*) \int_{-1}^1 \Psi(\eta) \exp(-ic\xi\eta) d\eta, \quad (4)$$

სადაც μ^* წარმოადგენს კომპლექსურად შეუღლებულ μ რიცხვს.

(3) სახის $\Psi(\xi)$ ჩასმა (4) გვაძლევს

$$\begin{aligned} \mu\mu^*\Psi(z) &= \int_{-1}^1 \exp(ic\xi z) d\xi \int_{-1}^1 \Psi(\eta) \exp(-ic\xi\eta) d\eta = \\ &= \int_{-1}^1 \{\Psi(\eta) 2 \operatorname{sinc}(z - \eta) / c(z - \eta)\} d\eta \end{aligned} \quad (5)$$

$\lambda = 1/\sqrt{2\pi} c \mu\mu^* = 1/\sqrt{2\pi} |\mu|^2$ აღნიშვნების შემოღება გვაძლევს განტოლებას

$$\lambda\Psi(z) = \int_{-1}^1 \{\operatorname{sinc}(z - \eta) / \pi(z - \eta)\} \Psi(\eta) d\eta, \quad (6)$$

რომელიც ემთხვევა (1)-ს.

მაშასადამე ნაჩვენებია, რომ განტოლება (1)-ის საკუთარი ფუნქციები ამავე დროს წარმოადგენენ ფურიე-ოპერატორის ნამდვილ საკუთარ ფუნქციებს.

[-1,1] მონაკვეთზე გამოთვლილი განტოლება (1)-ის საკუთარი ფუნქციების შეფარდება ფუნქციების ცნობილ სისტემებთან გვიჩვენებს, რომ ისინი ემთხვევიან [2-4] ნაშრომებში პირველად შესწავლილ წაგრძელებულ სფეროიდულ ტალღურ ფუნქციებს. ამასთან დაკავშირებით ვაჩვენოთ, რომ განტოლებით

$$\lambda\Psi(x) = \int_{-1}^1 \Psi(y) \exp(icxy) dy \quad (7)$$

განსაზღვრული ფურიე-ოპერატორის საკუთარი ფუნქციები და წაგრძელებული სფეროიდული ტალღური ფუნქციების განტოლებით

$$d/dx[(1-x^2)d\varphi/dx] - c^2x^2\varphi(x) = \mu\varphi(x), \quad (8)$$

განსაზღვრული საკუთარი ფუნქციები ემთხვევიან ერთმანეთს. ამისათვის საკმარისია იყოს ნაჩვენები, რომ სათანადო ოპერატორები არიან კომუტირებადი.

ჯერ ვაჩვენოთ, რომ (7) ოპერატორს გააჩნია კენტი ან ლუწი ნამდვილი საკუთარი ფუნქციები. აღვნიშნოთ $\Psi(x)$ -ით (8) განტოლების საკუთარი ფუნქცია და განვიხილოთ ორი ფუნქცია $\xi(x) = \Psi(x) + \Psi(-x)$ და $\eta(x) = \Psi(x) - \Psi(-x)$. აშკარაა, რომ $\xi(x)$ ლუწია, $\eta(x)$ კენტია და, ამის გარდა,

$$\lambda\xi(x) = \int_{-1}^1 \xi(y) \exp(icxy) dy = \int_{-1}^1 \xi(y) \cos(cxy) dy + i \int_{-1}^1 \xi(y) \sin(cxy) dy \quad (9)$$

ბოლო ინტეგრალის მნიშვნელობა უდრის ნულს, რადგანაც $\xi(y)$ ლუწია და,

$$\lambda\xi(x) = 2 \int_0^1 \xi(y) \cos(cxy) dy. \quad (10)$$

ეს განტოლება არის ნამდვილი სიმეტრიული მეორე ხარისხში ინტეგრირებადი დადებითად განსაზღვრული ბირთვის მქონე და იმიტომ ფლობს საკუთარი ფუნქციების $\xi_k(x)$, $k = 1, 2, 3 \dots$, სრულ სისტემას და დადებით საკუთარ რიცხვებს. სრულიად ანალოგიურად, $\eta(x)$ -ის კენტობასთან დაკავშირებით

$$\lambda \eta(x) = 2 \int_0^1 \eta(y) \sin(cxy) dy \quad (11)$$

და ამავე მიზეზით არსებობს $\eta_k(x)$, $k = 1, 2, 3 \dots$, დადებითი საკუთარი რიცხვების მქონე საკუთარი ფუნქციების სრული სისტემა.

მაშასადამე, (4) განტოლებას გააჩნია ყველა ლუწი $\{\xi_k(x)\}$ და ყველა კენტი $\{\xi_k(x)\}$ ფუნქციებისგან შემდგარი საკუთარი ფუნქციების სრული სისტემა.

გავერთიანოთ განტოლებები (10) და (11):

$$\lambda \varphi(x) = \int_0^1 k(cxy) \varphi(y) dy, \quad (12)$$

თუ კი $\varphi(x)$ ლუწია, $k(cxy) = \cos(cxy)$, ხოლო თუ $\varphi(x)$ კენტია, $k(cxy) = \sin(cxy)$ აქედან გამომდინარე $\varphi(0) = 0$ და $k'(0) = 0$ როცა φ ლუწია, ხოლო $\varphi(0) = 0$ და $k(0) = 0$ როცა φ კენტია და ორივე შემთხვევაში

$$k(0)\varphi(0) = k'(0)\varphi(0) = 0 \quad (13)$$

დავამტკიცოთ ოპერატორ

$$A\varphi = \int_0^1 k(cxy) \varphi(y) dy \quad (14)$$

და ოპერატორ

$$L\Psi = d/dx[(1-x^2)d\Psi/dx] - c^2x^2\Psi. \quad (15)$$

კომუტატურობა.

(13)-ის და $k''(u) = -k(u)$ გათვალისწინებით ნაწილებად ინტეგრირება გვაძლევს

$$\begin{aligned} AL\Psi &= \int_0^1 k(cxy) \{d/dy[(1-y^2)d\Psi/dy] - c^2y^2\Psi(y)\} dy = \\ &= \int_0^1 \Psi(y) \{-2cxy k'(cxy)c^2y^2 - [c^2x^2(1-y^2) + c^2y^2]k(cxy)\} dy, \end{aligned} \quad (16)$$

სადაც k' ნიშნავს y მიხედვით დიფერენცირებას.

მეორე მხრივ, სათანადო დიფერენცირების შემდეგ ვიღებთ

$$\begin{aligned} LA\Psi &= L_x \left\{ \int_0^1 k(cxy) \varphi(y) dy \right\} = \int_0^1 \Psi(y) \{d/dx[(1-x^2)dk/dx] - c^2x^2k\} dy = \\ &= \int_0^1 \Psi(y) \{d/dx[(1-x^2)cyk'(cxy)] - c^2x^2k(cxy)\} dy = \end{aligned}$$

$$= \int_0^1 \Psi(y) \{-2cxy k'(cxy) - c^2x^2(1-y^2)k(cxy)\} dy. \quad (17)$$

(16)-ის და (17)-ის შედარება გვაძლევს $AL\Psi = L A\Psi$, რაც უზრუნველყოფს A და L ოპერატორების საკუთარი ვექტორების დამთხვევას.

მაშასადამე, დამტკიცებულია, რომ (1) ოპერატორის საკუთარი ფუნქციები, რომლებიც ამავე დროს ფურიე-ოპერატორის საკუთარი ფუნქციები არიან, აკმაყოფილებენ (8) დიფერენციალურ განტოლებას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 რადიობიოლოგიისა და რადიაციული
 ეკოლოგიის სამეცნიერო ცენტრი

ლიტერატურა

1. Я.И.Хургин, В.П.Яковлев. Финитные функции в физике и технике. М., 1971.
2. H.J.Landau, D.D.Slepian. Bell Syst. Tech.J., 40, 75, 1961, 17.
3. *Idem.* *Ibidem*, 34. Bell Syst.Tech.
4. *Idem.* Bell Syst. Tech. J., 41, 4, 1962, 1295.



ქ.ფანჭვიძე

გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემა
 საქართველოს ენერგოსისტემის დიაგნოსტიკების
 ამოცანისათვის

წარმოდგინა აკადემიკოსმა ვ.კეკელიძემ 6.09.1996

1. შესავალი. ენერგოსისტემის ფუნქციონირება ხასიათდება ტელეგაზომვითა და ტელესიგნალიზაციის პარამეტრებით. ტელეგაზომვებში შედის მონაცემები ლატვირთვების, სიმძლავრეების, სიხშირისა და ძაბვის შესახებ. ხოლო ტელესიგნალიზაცია ასახავს ჩამრთველების მუშაობას. ენერგოსისტემის ნორმალური ფუნქციონირების პირობებში ყველა პარამეტრი ღებულობს გარკვეულ ნორმალურ მნიშვნელობებს. სადისპეტჩერო მართვის პულტზე ამ პარამეტრთათვის ნორმალური მნიშვნელობიდან გადახრილი სიდიდის დაკვირვება და აგრეთვე ამ სიდიდის დროზე დამოკიდებულება მიუთითებს ავარიულ შეტყობინებაზე. აღნიშნულ შეტყობინებათა მცირე რაოდენობის შემთხვევაში უწყისივრობის დროული დადგენა ადვილია, მაგრამ როდესაც ხდება დიდი ავარია, სადისპეტჩერო პულტზე ერთბაშად მოდის დიდძალი ინფორმაცია. ამ მონაცემებში გარკვევა რეალური დროის პირობებში ძალზე რთულია, მითუმეტეს რომ ასეთ დროს მატულობს დუბლირებული, მეორეხარისხოვანი და არაცალსახა შეტყობინებები.

ამ მიზეზებმა განაპირობა ენერგოსისტემის მდგომარეობის დიაგნოსტიკების ამოცანისათვის ხელოვნური ინტელექტის მეთოდოლოგიისა და არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის აპარატის გამოყენება.

შემოვიტანოთ ძირითადი აღნიშვნები:

ცხრილი

აღნიშვნა	ექსპერტონთა თეორიაში	დისკრ/ბმულ ანალიზში	ენერგოსისტემის დიაგნ.ამოცანაში
S	ობიექტთა სიმრავლე	ნიშანთა სიმრავლე	ავ.შეტყ. სიმრავლე
H	თვისებათა სიმრავლე	ჰიპოთეზათა სიმრავლე	ავარიათა სიმრავლე
E	ექსპერტთა სიმრავლე	სიტუაციათა სიმრავლე	დისპეტჩერთა სიმრავლე

გარდა ამისა, (S), (H) და (E) სიმრავლეების კარდინალური რიცხვი აღვნიშნოთ შესაბამისად: C_S, C_H, C_E.

ექსპერტონთა თეორია, რომელიც განკუთვნილია ცოდნის შექმნის, დამუშავებისა და წარმოდგენისათვის, იძლევა ექსპერტთა ჯგუფის გამოკითხვით მიღებულ ინტერვალურ მონაცემთა დამუშავების საშუალებას. ამასთან, ინფორმაცია წარმოიდგინება დამაჭერებლობის დონეების მიხედვით ინტერვალურ მონაცემთა განაწილებით, რაც ცოდნის დამუშავების პროცესში თვისობრივად უფრო ახლოს



არის ადამიანის აზროვნებასთან. საბოლოოდ, ექსპერტონთა საფუძველზე კონსტრუირდება ადვილად განახლებადი ცოდნის ბაზა. რაც შეეხება დასკვნების გამოტანის მექანიზმს, დისკრიმინაციული და ბმულობის ანალიზი, როგორც ბაიესის ალბათური მეთოდის ალტერნატივა ამოცანის არამკაფიო ასპექტში დასმის პირობებში, წარმოადგენს კლასიკურად ეფექტურ მიდგომას დიაგნოსტიკურ პრობლემატიკაში, ხოლო მისი მოდიფიკაცია იძლევა იმ პრობლემების გადაჭრის საშუალებას, რაც ვერ ხერხდება კლასიკური მიდგომის ფარგლებში.

2. ექსპერტონთა თეორიის მეთოდი და ცოდნის ბაზის აგება. ხელოვნური ინტელექტის მიდგომაში ცოდნის ბაზის კონსტრუირებისას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება ექსპერტთა გამოკითხვის შედეგად მიღებული ინფორმაციის დამუშავების მეთოდოლოგიას, და განსაკუთრებით, ცოდნის ბაზის ადვილად განახლებადობის პრობლემას. ეს იმას ნიშნავს, რომ ახალი ექსპერტის ან პროცესში მონაწილე ახალი ობიექტების დამატების შემთხვევაში, ადვილად უნდა შეიძლებოდეს მეთოდში სათანადო ცვლილებების შეტანა და მის საფუძველზე ცოდნის ბაზის მოდიფიცირება. ამ პრობლემების გათვალისწინებით შემუშავებულ მიდგომაში საწყისი ცოდნის ბაზის მოშაბდება ხორციელდება ექსპერტონთა თეორიის აპარატის საფუძველზე.

ქვემოთ მოკლედ არის მოყვანილი ექსპერტონთა თეორიის ძირითადი დებულებები [1, 2].

ყოველი არამკაფიო სიმრავლე \tilde{L} , დეკომპოზიციის თეორემის თანახმად, წარმოიდგინება L_α α -დონის მკაფიო სიმრავლეთა გაერთიანებით:

$$\tilde{L} = \max_{\alpha_i} [\alpha_1 L_{\alpha_1}, \alpha_2 L_{\alpha_2}, \dots, \alpha_n L_{\alpha_n}], 0 \leq \alpha_i \leq 1, i=1, 2, \dots, C_L,$$

სადაც C_L არის \tilde{L} სიმრავლის კარდინალური რიცხვი. როდესაც α_i შემთხვევითი სიდიდეებია, მიიღება ე.წ. ალბათური, ანუ შემთხვევითი არამკაფიო სიმრავლე. ექსპერტონი წარმოადგენს ალბათური სიმრავლის განზოგადებულ ცნებას, როდესაც თითოეული α -კვეთის ალბათობა იცვლება ექსპერტების აზრთა სტატისტიკიდან მიღებული სუბიექტური ალბათობების ინტერვალებით.

ვთქვათ, ექსპერტთა ჯგუფი (სიმრავლე $\{S\}$) ყოველი $S_i \in \{S\}$ ელემენტის შესახებ (სადაც $\{S\}$ არის გარკვეული ტიპის ობიექტთა უნივერსალური სიმრავლე) იძლევა შეფასებას დამაჯერებლობის ინტერვალის სახით, თუ რამდენად არის იგი რომელიმე კონკრეტული მახასიათებელი თვისების მატარებელი, მაგალითად, $H_k \in \{H\}$, სადაც $\{H\}$ არის შესაძლო თვისებათა სიმრავლე:

$$\forall S_i \in S, \forall H_k \in \{H\}: [a_{ik}^j, a_{ik}^{*j}] \subset [0, 1], j = 1, \dots, C_E, \quad (1)$$

სადაც a_{ik}^j და a_{ik}^{*j} არიან შესაბამისად ინტერვალთა ქვედა და ზედა საზღვრები.

აღნიშნეთ $\alpha \in [0, 1]$ დამაჯერებლობის დონე. კერძოდ, შესაძლოა დავუშვათ, რომ ეს არის $\alpha \in \{0; 0,1; 0,2; \dots; 0,9; 1\} \subset [0, 1]$. თუ თითოეული α -თვის, დამაჯერებლობის დონეთა სიმრავლეზე, განვსაზღვრავთ სტატისტიკებს და (1) მონაცემებს დავამუშავებთ ე.წ. სტატისტიკურ-კუმულატური კანონის (სკკ) მიხედვით, რომელიც შეეხება ინტერვალთა ქვედა და ზედა საზღვრებს დამოუკიდებლად:

$$Z_{*ik}(\alpha) = \frac{1}{C_E} \sum_{j=1}^{C_E} U_-(a_{ik}^j - \alpha), Z_{ik}^*(\alpha) = \frac{1}{C_E} \sum_{j=1}^{C_E} U_-(a_{ik}^{*j} - \alpha),$$

$$\text{სადაც } U_-(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0, \\ 0 & \text{სხვა შემთხვევაში} \end{cases}$$

მივიღებთ ექსპერტონს \tilde{A} :

$$\forall S_i \in S, \forall H_k \in \{H\}: \forall \alpha \in [0,1]: \tilde{A}(\alpha) = [Z_{*ik}(\alpha), Z_{ik}^*(\alpha)]. \quad (2)$$

ექსპერტონთათვის განმარტებულია იგივე ალგებრული თუ ლოგიკური ოპერაციები, რაც ალბათური და არამკაფიო სიმრავლეებისათვის. აღსანიშნავია, რომ ექსპერტონის კონცეპტი არის ორმაგი ბუნების მატარებელი - არამკაფიო და სტატისტიკური. არამკაფიო ასპექტი განპირობებულია ექსპერტთა ცოდნაში, მათ მოსაზრებებში არსებული განუზღვრელობის ფაქტორით, ხოლო სტატისტიკურ ასპექტს განსაზღვრავს, ერთი მხრივ, ექსპერტთა ჯგუფის შემთხვევითი არჩევანი, მეორე მხრივ, ეს ფაქტორი არაცხადად ჩადებულია ექსპერტთა გამოცდილებაში.

3. ენერგოსისტემის დიაგნოსტიკების ამოცანაში ცოდნის ბაზის აგება.
ენერგოსისტემის დიაგნოსტიკების ამოცანაში $\{S\}$ შეესაბამება ავარიულ შეტყობინებათა სიმრავლეს, ხოლო $\{H\}$ - ავარიათა სიმრავლეს. ცოდნის ბაზის ასაგებად ექსპერტთა ჯგუფს უსვამენ შეკითხვას: “i-ური ავარიული შეტყობინების (S) სიმრავლიდან) პირობებში რა დამაჭერებლობით შეიძლება ითქვას, რომ ადგილი ჰქონდა k-ურ ავარიას ($\{H\}$ სიმრავლიდან) ?”.

კლასიფიკაციური ხასიათის ამ რთულ პროცესში, ექსპერტების თავისუფლება რომ არ შეიზღუდოს, მათ საშუალება ეძლევათ, თავისი შეფასება გამოხატონ ინტერვალური ფორმით 100%-იან სკალაზე, ხოლო შემდეგ ხდება ამ სიდიდეთა ნორმირება ერთეულოვან ინტერვალზე (განაწილება (1)).

ექსპერტთა გამოკითხვით მიღებული ცხრილი სკკ-ის მიხედვით დამუშავების შედეგად მიიღება დამაჭერებლობის დონეების ინტერვალთა განაწილება (2).

ცოდნის ბაზის აგების მომდევნო ეტაპზე ექსპერტონში ინტერვალური საზღვრების გასაშუალებით α დონეების მიხედვით, ვღებულობთ ალბათურ სიმრავლეს, რომელიც, თავისთავად, აწონილი მათემატიკური მოლოდინით დაიყვანება არამკაფიო სიმრავლეზე:

$$F_{ik} = \frac{\sum_{\alpha} \frac{\alpha}{2} \cdot |Z_{*ik}(\alpha) + Z_{ik}^*(\alpha)|}{\sum_{\alpha} \alpha}. \quad (3)$$

ასეთი პროცედურა ტარდება თითოეული ავარიული შეტყობინებისათვის დამოუკიდებლად. საბოლოოდ მიიღება სუბიექტურ ალბათობათა ცხრილი, რომელიც შეიძლება ინტერპრეტირებულ იქნეს როგორც საწყისი ცოდნის ბაზა ენერგოსისტემის დიაგნოსტიკების ამოცანაში დასკვნების მექანიზმისათვის. იგი ასახავს $\{S\}$ ავარიულ შეტყობინებათა და $\{H\}$ ავარიათა სიმრავლეებს შორის ურთიერთკავშირს და შეიცავს ინფორმაციას ენერგოსისტემის ფუნქციონირების შესახებ ავარიულ სიტუაციებში.

კლასიფიკაციური ხასიათის ამოცანებისათვის ექსპერტონმა თავისთავად შეიძლება მიიღოს მონაწილეობა ლოგიკური მსჯელობის ნებისმიერ პროცესში მისთვის განმარტებული ლოგიკური ოპერაციების თანახმად. გარდა ამისა, ყოველ კონკრეტულ სიტუაციაში გადაწყვეტილების მიღება შესაძლოა განხორციელდეს



უშუალოდ კონსტრუირებული ცოდნის ბაზიდან არამკაფიო ოპერატორების მეშვეობით. მაგრამ მიზეზ-შედეგობრივი ხასიათის პროცესებისათვის წმინდა ლოგიკური აპარატი სრულყოფილად ვერ ითვალისწინებს სხვადასხვა კონცეპტებს შორის არსებულ ურთიერთკავშირს. მეორე მხრივ, სასურველია, რომ ეს ასპექტი აისახოს დასკვნების გამოტანის მექანიზმშიც. ამან განაპირობა ცნობილი არამკაფიო დისკრიმინაციული ანალიზის არჩევანი, ხოლო საბოლოოდ - ამ ორი მიდგომის სინთეზური მეთოდის შემუშავება.

4. დასკვნების გამოტანა დისკრიმინაციული ანალიზის საფუძველზე. დისკრიმინაციულ ანალიზში [3,4], სადაც საწყისი საინფორმაციო წყაროს წარმოადგენს $\{S\}$ ნიშანთა და $\{H\}$ ჰიპოთეზათა სიმრავლეებს შორის მიზეზ-შედეგობრივი ურთიერთკავშირის სიხშირული განაწილების ცხრილი, პოსტულირებულია დადებითი P და უარყოფითი N დისკრიმინაციული ზომები. ამ უკანასკნელთა გამოთვლის პროცესში ხორციელდება ჰიპოთეზების ფარდობითი ანალიზი ნიშნებთან მიმართებაში. ყოველ კონკრეტულ სიტუაციაში დაკვირვებულ ნიშანთა $\{S\}$ სიმრავლით დამაჩერებლობის კოეფიციენტი თითოეული k -ური ჰიპოთეზის გამართლებისათვის D^k , $k = 1, \dots, C_H$, გამოითვლება დამხმარე $\{P\}$ და $\{N\}$ ცხრილების საშუალებით, რომელთა მისაღებად P და N ცხრილებში შენარჩუნებულია მხოლოდ დაკვირვებულ ნიშანთა შესაბამისი სტრიქონები.

ჰიპოთეზა D^k -ში მაქსიმალური მნიშვნელობით შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ყველაზე მოსალოდნელი ცდომილება. შედეგის სიზუსტე შესაძლოა შეფასდეს არამკაფიოობის ნებისმიერი ზომით.

თავისთავად, დისკრიმინაციული ანალიზის პირდაპირი გამოყენება ენერგოსისტემის დიაგნოსტიკურის ამოცანისათვის შეუძლებელია ამოსავალ მონაცემთა სტატისტიკური ხასიათის გამო. კერძოდ, რეალური სურათის მისაღებად საჭიროა, რომ მკვლევარის განკარგულებაში იყოს ექსპერიმენტული შედეგების საგრძნობლად დიდი რაოდენობა, ხოლო ენერგოსისტემისათვის ასეთი სტატისტიკური აღრიცხვა არასრულყოფილია, და ამდენად სანდო არ არის. გარდა ამისა, და რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, სტატისტიკური მიდგომა ვერ მოიცავს არასტანდარტულ სიტუაციებს, როგორცაა, მაგალითად, იშვიათი მოვლენები, დიდი ავარიები და სხვა.

ამ სირთულეთა დაძლევა შესაძლებელი ხდება დისკრიმინაციული ანალიზის განზოგადებითა და გაფართოებით ექსპერტონთა თეორიის საფუძველზე. ამ მიზნით სიხშირული განაწილების ცხრილი (ანუ საწყისი ინფორმაცია) შევცვალოთ (3) ცხრილით, რომელიც მიიღება ექსპერტონთა თეორიის საშუალებით. ამ შემთხვევაში $\{S\}$ შეესაბამება ავარიულ შეტყობინებათა სიმრავლეს, $\{H\}$ - ავარიათა სიმრავლეს, ხოლო დისპეტჩერები შეადგენენ $\{E\}$ ექსპერტთა სიმრავლეს.

შესაბამისად, ექსპერტთა მოყოთხვის ცხრილის (1) მისაღებად თითოეულმა j -ურმა ექსპერტმა უნდა უპასუხოს შეკითხვას, რომელიც მოყვანილია მესამე პარაგრაფში. ამრიგად, სიხშირული განაწილების ცხრილის ნაცვლად მიიღება სუბიექტურ ალბათობათა ცხრილი, რომელიც იძლევა საწყისი ინფორმაციის სტატისტიკურ ხასიათთან დაკავშირებული სიძნელების თავიდან აცილების საშუალებას.

ახალი სინთეზური მეთოდი არის ორივე მიდგომის პოზიტიური თვისებების მატარებელი, რამეთუ საშუალებას იძლევა, ერთი მხრივ, ეფექტურად იქნეს დამუშავებული ექსპერტთა ჯგუფისაგან მიღებული სუბიექტური ცოდნა, და მეორე

მხრივ, დასკვნების გამოტანის პროცესში დამატებით ჩატარდეს კონცეპტების არსებული მიზეზ-შედეგობრივი ურთიერთკავშირი.

5. არამკაფიო ბმულობის ანალიზის მოდიფიკაცია ენერგოსისტემის დიაგნოსტიკის ამოცანისათვის. იმის გათვალისწინებით, რომ გადაწყვეტილების მხარდამჭერი სისტემის სრული ტესტირება შეუძლებელია ყველა შესაძლო სიტუაციისათვის, და აგრეთვე, ე.წ. "ხმაურიანი" შედეგის თავიდან აცილების მიზნით, დისკრიმინაციული ანალიზის პარალელურად განიხილება ბმულობის ანალიზი. ეს უკანასკნელი ბოლდვინის ფორმულირებაში [1] ემყარება სტატისტიკური ხასიათის ინციდენტურობის მატრიცას R^k , რომელიც აიგება თითოეული k -ური, $k = 1, \dots, C_H$, ჰიპოთეზისათვის დამოუკიდებლად და ასახავს კავშირს ნიშანთა $\{S\}$ და იმ სიტუაციათა, მოვლენათა $\{E\}$ სიმრავლეებს შორის, რომელთა დროსაც ცნობილია, რომ უკვე გამართლდა k -ური ჰიპოთეზა. მატრიცის თითოეული არამკაფიო ელემენტი (ერთეულოვანი ინტერვალიდან) ასახავს დაკვირვებული ნიშნის აქტიურობას შესაბამის სიტუაციაში. ბმები ნიშანთა წყვილებს შორის წარმოიდგინება $C_S \times C_S$. განზომილების C_S^k ბმულობის მატრიცის საშუალებით.

შემდეგ, უშუალოდ C_S^k მატრიციდან, ბმულობის სხვადასხვა დონეზე (აღნიშნოთ $\pi \in \{0; 0,1; \dots, 1\}$) განისაზღვრება ნიშანთა ჯაჭვისებური ბმები. საბოლოოდ მიიღება ბმულ ნიშანთა ჯგუფების (მნჯ) განაწილება π დონეთა მიხედვით, რომელიც გამოავლენს პირველი შეხედვით არაცხად ურთიერთკავშირებს ნიშნებს შორის:

$$\{\{X_{\pi,b}^k\}; \pi = 1, \dots, \Pi, k = 1, \dots, C_H, \quad (4)$$

სადაც $X_{\pi,b}^k$ არის π -დონის b -ური ჯგუფი k -ური ჰიპოთეზისათვის.

ბმულობის ანალიზის მიზანია თითოეული ჰიპოთეზისათვის გამოიკვეთოს და დაფიქსირდეს მისთვის ყველაზე მეტად მახასიათებელ ნიშანთა ჯგუფები (მნჯ) ბმულობის დონეების მიხედვით. ბოლდვინის ფორმულირებაში ჯგუფის არჩევის კრიტერიუმში არის მისი კარდინალური რიცხვი. გარდა ამისა, ბმულობის ანალიზის პროცედურა სრულდება აგრეთვე ინციდენტურობის მატრიცის დამატებისათვის ($\bar{R}^k = 1 - R^k$) ისე, რომ "უარყოფითი" ბმულობის ანალიზი გამოავლენს "არა- k " ჰიპოთეზის მახასიათებელ ნიშანთა ჯგუფებს.

მნჯ-თა სიმრავლეები როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი ბმულობის ანალიზის შედეგად მიღებული, ყველა ჰიპოთეზისათვის მოგვცემს შემდეგ განაწილებას:

$$\{\{G_{\pi}^k\}, \pi = 0; 0,1; \dots, 1; \{G_{\nu}^{-k}\}, \nu = 0; 0,1; \dots, 1; k = 1, \dots, C_H, \quad (5)$$

სადაც $\pi \nu$ არიან შესაბამისად დადებითი და უარყოფითი ბმულობის დონეთა სიდიდეები, ხოლო G_{π}^k, G_{ν}^{-k} - და π -დონის მნჯ k -ური ჰიპოთეზისათვის. განაწილება (5) შეიძლება ინტერპრეტირებულ იქნეს როგორც ცოდნის ბაზა ლოგიკური დასკვნების მექანიზმისათვის.

საბოლოო შედეგი კონკრეტულ სიტუაციაში, $\{S\}$ დაკვირვებულ ნიშანთა სიმრავლით, წარმოიდგინება ჰიპოთეზათა გამართლების კოეფიციენტთა $D^k, k = 1, \dots, C_H$. განაწილებით:

$$D^k = \frac{1}{2} \cdot \{\mu_{Large}(R^k) + \mu_{Small}(R^{-k})\},$$



$$M^k = \frac{1}{\sum_{\pi} \pi} \cdot \sum_{\pi} \left(\pi \cdot \frac{\text{Card}(G_{\pi}^k \cap S')}{\text{Card}(G_{\pi}^k \cup S')} \right), \quad M^{-k} = \frac{1}{\sum_{\nu} \nu} \cdot \sum_{\nu} \left(\nu \cdot \frac{\text{Card}(G_{\nu}^{-k} \cap S'')}{\text{Card}(G_{\nu}^{-k} \cup S'')} \right),$$

სადაც μ Large, μ Small: $[0, 1] \rightarrow [0, 1]$ არიან S-ფორმის ზრდადი და კლებადი მახასიათებელი ფუნქციები.

ფუნქცია Card იძლევა არაგუმენტი სიმრავლის კარდინალურ რიცხვს, ხოლო M^k და M^{-k} , სიდიდეები ანალიზებენ $\{S'\}$ ნიშანთა ფარდობით წვლილს ბმულობის დონის შესაბამის მნჯ-ში, და შესაძლოა ინტერპრეტირებულ იქნენ როგორც არაგუმენტი სიმრავლეთა თანხვედრის ზომა.

6. ბმულობის ანალიზის მოდიფიკაცია ენერგოსისტემის დიაგნოსტიკების ამოცანისათვის. ენერგოსისტემის დიაგნოსტიკების ამოცანისათვის ბმულობის ანალიზში ისევ ვაწყდებით საწყისი ინფორმაციის სტატისტიკურ ხასიათთან დაკავშირებულ სიძნელებებს. ამდენად, ბოლდვინის ფორმულირებაში ბმულობის ანალიზის უშუალო გამოყენება ვერ მოხერხდება. ამ სირთულის დაძლევა შესაძლებელია ინციდენტურობის მატრიცის სტატისტიკური ხასიათის ინფორმაციის ექსპერტული შეცვლით. ამრიგად, სიტუაციითა სიმრავლის ნაცვლად განვიხილავთ ექსპერტთა სიმრავლეს, ხოლო ახალი ინციდენტურობის მატრიცის შინაარსი იქნება სუბიექტური ალბათობა. ახლა, ინციდენტურობის მატრიცის r_{ij}^k ელემენტის მისაღებად j-ურ ექსპერტს უსვამენ შეკითხვას: “k-ური ავარიის პირობებში როგორი დამაჯერებლობით იქნება დაკვირვებული i-ური ავარიული შეტყობინება?”

ამ ასპექტში იცვლება ამოცანის დასმა. ახლა ინციდენტურობის მატრიცის არამკაფიო ელემენტი მიუთითებს არა ნიშნის აქტივობას, არამედ სუბიექტურ ალბათობას. შესაძლოა ნიშნებმა, რომელთაც ბმულობის მატრიცაში შეესაბამებათ მცირე სიდიდეები, შექმნან საკმაოდ დიდი ბნჯ, და ჯგუფის შერჩევის ალგორითმმა სწორედ მას მისცეს პრიორიტეტი, მაგრამ ამოცანის ახალი დასმის პირობებში იგი არ იქნება მოცემული როგორც ჰიპოთეზის მახასიათებელი ჯგუფი.

ამდენად მნჯ-ის არჩევისას გათვალისწინებულ უნდა იქნეს არა მხოლოდ ჯგუფის კარდინალური რიცხვი ან ნიშანთა წყვილური თუ ჯაჭვისებური ბმები, რომლებიც განისაზღვრებიან უშუალოდ ბმულობის მატრიციდან, არამედ სუბიექტურ ალბათობათა სიდიდე, ანუ R^k მატრიცის ელემენტების რიცხობრივი მნიშვნელობა. ამრიგად, უნდა შეიცვალოს მნჯ-ის შერჩევის კრიტერიუმი.

ამ მიზნით შემოვიტანოთ რამდენიმე დამხმარე ცნება და აღნიშვნა.

y_i^k - i-ური ნიშნის დაკვირვების “მოლოდინი” M_k სიტუაციაში:

$$y_i^k = \frac{1}{C_{-E}} \sum_{j=1}^{C_{-E}} r_{ij}^k;$$

$Y_{\pi,b}^k, X_{\pi,b}^k$ -ის დაკვირვების “საშუალო მოლოდინი”,

$$Y_{\pi,b}^k = \frac{1}{\text{Card}(X_{\pi,b}^k)} \sum_{g \in X_{\pi,b}^k} y_g^k;$$

და $q_{\pi,b}^k, X_{\pi,b}^k$ -ის ნორმირებული სიმძლავრე: $q_{\pi,b}^k = \frac{\text{Card}(X_{\pi,b}^k)}{C_{-S}}$.

შემდეგ თითოეული $X_{\pi,b}^k$ ჯგუფისათვის განისაზღვრება კომპლექსური სიდიდე “წონა“:

$$W_{\pi,b}^k = \pi(\lambda Y_{\pi,b}^k + (1 - \lambda) q_{\pi,b}^k),$$

სადაც $\lambda \in [0,1]$ არის თავისუფალი პარამეტრი, რომლის საშუალებით შესაძლებელია წონაზე მისი შემადგენელი კომპონენტების გავლენის რეგულირება.

მნჯ-ის შერჩევის პროცესში ბოლომდე ნარჩუნდება ბმულობის დონეების მიხედვით მნჯ-თა განაწილების ხისმაგვარი სტრუქტურა. ყოველ π -ურ დონეზე b -ური მნჯ ქმნის წვეროს, რომელიც ხასიათდება $W_{\pi,b}^k$ წონის სიდიდით. გარდა ამისა, თითოეული წვერო ჯგუფთა განაწილების ცხრილში მოთავსებულია კონკრეტულ ტოტზე, რომელიც ვრცელდება ბმულობის დაბალიდან მაღალი დონისაკენ.

საბოლოოდ აირჩევა ტოტი ბმულობის დონეების მიხედვით წონათა საშუალო არითმეტიკულის მაქსიმალური მნიშვნელობით.

კერძო შემთხვევებში, როდესაც $\lambda = 0$ ვლემულობით ბოლდენის კრიტერიუმს ჯგუფის კარდინალური რიცხვის მიხედვით, როდესაც $\lambda = 1$ მნჯ-ის შერჩევისას მხედველობაში მიიღება მხოლოდ ჯგუფში შემავალ ნიშანთა დაკვირვების საშუალო “მოლოდინი“. ხოლო როდესაც $\lambda = 0,5$ ჯგუფის შერჩევისას ორივე კომპონენტი თანასწორუფლებიანად იქნება გათვალისწინებული.

ამრიგად, λ თავისუფალი პარამეტრის ვარირება შესაძლებელს ხდის განსახილველი პროცესის თავისებურებების გათვალისწინებით ჯგუფის შერჩევის კრიტერიუმის რეგულირებას. საზოგადოდ, გამოყენებით ამოცანებში მისი მნიშვნელობა განისაზღვრება ექსპერტების მიერ.

ენერგოსისტემის დიაგნოსტიკების ამოცანაში თავისუფალი პარამეტრისათვის აიღება მნიშვნელობა $\lambda = 1$, ასე რომ, მნჯ-ის შერჩევის ალგორითმში მხედველობაში მიიღება მხოლოდ ექსპერტთა აზრი, ხოლო წონა დაიყვანება შემდეგ სიდიდეზე:

$$W_{\pi,b}^k = \pi Y_{\pi,b}^k.$$

უნდა აღინიშნოს, რომ პროგრამები ფორმალური ცვლილებების შედეგად შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს სხვა ტიპის ამოცანებისათვის.

და ბოლოს, ავტორი მადლობას უცხადებს „სამშენებელს“ დეპარტამენტის ოპტიმალური მართვის ცენტრის დირექტორს ბ-ნ ბ.კოკორიძეს მუშაობის პროცესში კონსულტაციების გაწევისათვის.

ლიტერატურა

1. A.Kaufmann. Fuzzy Sets and Systems, **28**, 3, 1988, 295-304.
2. T.G.გაჩეჩილაძე, K.M.პანჩვიძე. Автоматика и телемеханика **3**, 1996, 128-134.
3. J.F.Baldwin, D. Norris, B.W.Pilsworth. Fuzzy Sets and Systems, **23**, 1987, 73-87.
4. K.M.პანჩვიძე. Вестник Академии наук Грузии, **150**, 2, 1994, 237-241.

რ.ნაცვლიშვილი

შავი ორმოები, კვაზარები და გალაქტიკები მათი ევოლუციური კავშირის თვალსაზრისით

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ე ხარაძემ 27.02. 1997

სამყაროს გაფართოება დამზერითი ასტრონომიის უდავო ფაქტია. ამ მოვლენის შესახებ წარმოდგენა სათავეს იღებს ფრიდმანის წინასწარმეტყველიდან და დასაბუთებულია ჰაბლის კანონის $V=HR$ -აღმოჩენით. ამ კანონის თანახმად, რაც უფრო შორსაა ობიექტი, მით მეტია მისი მოშორების სიჩქარე, რომელიც ცალსახად მიუთითებს სამყაროს გაფართოებაზე. მსხვილმასშტაბიან სამყაროში, დიდი ძვრის მომენტიდან დღემდე, როგორც ცნობილია, ხდება მატერიის თანდათანობითი გადასვლა უფრო მკვრივი მდგომარეობიდან ნაკლებად მკვრივში. თუ გაფართოებას დავახასიათებთ ჰაბლის მუდმივათი, როგორც მუდმივა, იგი ახასიათებს სამყაროს მხოლოდ მყისიერად, რადგან დიდი ძვრის შემდეგ ხდება სამყაროს გაფართოების თანდათანობითი შენელება. ასე რომ, ჰაბლის მუდმივა, ფართო გაგებით, მუდმივა კი არაა, არამედ იცვლება დროში $H=H(t)$. თუ მთელ სამყაროს ერთდროულად დავაკვირდებით, შევამჩნევდით ჰაბლის მუდმივას ქცევას, მაგრამ სინათლის სიჩქარის სასრულობის გამო ეს შეუძლებელია. ამიტომ რეალურად ვერასოდეს ვერ შევძლებთ ჩვენს ირგვლივ არსებული დაკვირვებადი სივრცის მყისიერად დამზერას. კოსმოლოგიისა და კოსმოგონიის თვალსაზრისით, არავითარი საფუძველი არა გვაქვს, რომ ეს სივრცე ანიზოტროპიულად ჩავთვალოთ. მაშასადამე, ჩვენს ირგვლივ გვაქვს სიმეტრიული სივრცე, რომელიც ერთგვაროვანია მსხვილმასშტაბში და მუდმივად გაფართოების მდგომარეობაში იმყოფება. რადგანაც ეს სივრცე მყისიერად არ განიჭვრიტება, ამიტომ ჩვენ ვაკვირდებით იზოტროპიულ, მაგრამ არაერთგვაროვან სამყაროს. სამყაროს ცნების დროს ვგულისხმობთ ჩვენს ირგვლივ არსებულ სფერულ სივრცეს, ყველაზე შორეულ დამზერილ ობიექტამდე მანძილის რადიუსით. იმის გამო, რომ რაც უფრო შორსაა დამზერილი ობიექტები, მით უფრო ადრეულ სტადიაში მოჩანს ისინი და ჰაბლის მუდმივა იცვლება დროში - იგი განსხვავებულია სამყაროს სხვადასხვა მანძილზე მყოფი წერტილისათვის.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, თუ შესაძლებელი იქნებოდა ჰაბლის მუდმივას ცვლილებისადმი თვალის მიდევნება სივრცის რომელიმე მიმართულებით, მაშინ შევძლებდით სამყაროს გაფართოების შენელების ხასიათის აღმოჩენას იმ მომენტიდან, როდესაც ჩამოყალიბდება ის ობიექტები, რომლებსაც დღეს ვხედავთ დამზერილი სამყაროს საზღვარზე.

თუ მივიღებთ სამყაროს ასეთ კოსმოლოგიურ მოდელს, შეგვიძლია დავახასიათოთ იგივე სამყაროს კოსმოგონიური სტრუქტურა.

კვაზარებსა და გალაქტიკებზე უფრო მასშტაბური სამყაროში არაფერი დაიშორება. ესენია ჩვენგან ყველაზე შორეული და ყველაზე ახლობელი ობიექტები. შესაბამისად ყველაზე შორეულ ობიექტებს ვხედავთ უშორესი წარსულის მდგომარეობაში, ხოლო ყველაზე მახლობლებს ისეთებად, როგორებიც ისინი ახლა

არია. შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ მილიონობით წლების რიგის დრო გალაქტიკების ევოლუციისათვის უმნიშვნელოა, რადგანაც მილიონობით სინათლის წლების მანძილზე ჩანს ისეთივე გიგანტური გალაქტიკები, როგორცაა ჩვენი გალაქტიკა. მაგალითად, ევოლუციურ ასპექტში პრინციპული განსხვავება არ არის ჩვენს გალაქტიკასა და ანდრომედას გალაქტიკას შორის. ასე რომ, ახლანდელ სტადიაზე, მილიონობით წლების განმავლობაში მთელი გალაქტიკის შესამჩნევი ევოლუციური ცვლილება არ ხდება.

მაგრამ, როდესაც გალაქტიკებიდან გადავდივართ უფრო შორეულ ობიექტებზე - კვაზარებზე, აქ უკვე საქმე გვაქვს სამყაროს ადრეულ სტადიასთან. სწორედ ასეთი სტრუქტურა ჰქონდათ სამყაროს ობიექტებს მილიარდობით წლების წინ. რაც უფრო დიდი Z-ის მქონე ობიექტებში გამოვლინდება, სამყაროს მით უფრო ადრეულ სტადიაზე ხილვას შევძლებთ და კვაზარების ევოლუციის მით უფრო ადრეულ სტადიაზე მოგვეცემა წარმოდგენა.

ზემოთქმული გვაძლევს საფუძველს ვამტკიცოთ, რომ კვაზარები წარმოადგენენ გალაქტიკების ევოლუციის ადრეულ სტადიას. შორეული კვაზარებიდან მოყოლებული, ნორმალურ გალაქტიკებამდე, როგორც ჩანს, არ არსებობს არავითარი ევოლუციური ვაკუუმი და მათ შორის ევოლუციური შუალედი შევსებულია შუალედური ობიექტებით.

აქედან გამომდინარე, თუ გავანალიზებთ ობიექტებს კვაზარებიდან ჩვენს გალაქტიკამდე Z სიდიდის მიხედვით, კვაზარებსა და ჩვეულებრივ გალაქტიკებს შორის ევოლუციური მიმდევრობა თვალსაჩინოდ შეივსება, თანდათან შეიცვლება რა შესაბამისი მახასიათებლები კვაზარებიდან დაწყებული, ნორმალურ გალაქტიკამდე.

მაგალითად, კვაზარებსა და ნორმალურ გალაქტიკებს შორის საშუალოდ ობიექტები იქნება: სეიფერტის გალაქტიკებში, გალაქტიკებში ულტრაიისფერი სიქარბით, კომპაქტური გალაქტიკები, გალაქტიკები მკვრივი ბირთვებით - კერნებით, საერთოდ გალაქტიკები აქტიური ბირთვებით და სხვა ტიპის გალაქტიკები, რომლებიც სხვადასხვა ფიზიკური პარამეტრების მიხედვით ანომალურნი არიან.

ამ ჰიპოტეზიდან გამომდინარეობს: კვაზარები, რადგანაც ისინი ადრეული სამყაროს ობიექტებია, ამიტომ წარმოგვიდგენენ სივრცეს ადრეულ სტადიაზე, ე.ი. სივრცე დაიკვირვება სამყაროს დიდ ძვრასთან უფრო "ახლოს" დროში, რა თქმა უნდა, იმ ადრეულ სტადიაზე, როდესაც იგი იყო უფრო კომპაქტური, უფრო მკვრივი და უფრო სწრაფი. ამიტომ კვაზარებს რეალურად ვაკვირდებით უფრო ახლო მანძილზე, ვიდრე შეიძლებოდა ჩაგვეთვალა დღევანდელი ჰაბლის მუდმივას მიხედვით.

გამოდის რომ, ერთის მხრივ, კვაზარები გალაქტიკების ევოლუციის ადრეული სტადიაა, როცა სამყარო უფრო მკვრივი იყო, ხოლო მეორეს მხრივ, ისინი აღმოჩნდა გაცილებით უფრო ახლოს ჩვენთან. კვაზარების გამოსხივება, რომელიც ახლა რეგისტრირდება, წარმოშობილია მაშინ, როდესაც სამყაროს ზომები უფრო მცირე იყო, და კიდევ, რადგანაც განსჯა ეხება ისეთ მკვრივ და მასიურ გამომსხივებლებს, როგორცაა კვაზარები, მათგან მომავალი გამოსხივება უნდა განიცდიდეს გრავიტაციულ წითელ წანაცვლებას. ამგვარი მსჯელობიდან გამომდინარე, იოლდება კვაზარების გამოსხივების სიმკვრივის პრობლემა, მით უფრო, რომ თუ კვაზარები გალაქტიკების ევოლუციის ადრეული სტადიაა, მათ უნდა ჰქონდეთ გაცილებით დიდი მასები, ვიდრე ნებისმიერ გალაქტიკას. მატერია ისეთ მდგომარეობაში, როგორცაა კვაზარები წარმოადგენენ, შეიძლება არც ემორჩილებოდეს ფიზიკის იმ კანონებს,



რომლებიც ხსნიან ყოველგვარ ეფექტებს კვაზარის შორეული ევოლუციური ფაზისა და გალაქტიკისათვის.

ამგვარად, კვაზარები წარმოადგენენ, ჩვენი გაგებით ვარსკვლავმდელი ნივთიერების ფრაგმენტებს. ვარსკვლავები-ესენია კვაზარების ევოლუციის ყველაზე ბოლო სტადიის ობიექტები. როგორც ჩანს, კვაზარების სტადიას მოსდევს მკვრივი ბირთვი მქონე სფერული გალაქტიკისმაგვარი წარმონაქმნები, რომლებიც ჯერ კიდევ არახელსაყრელია ვარსკვლავთმოსახლეობის ფორმირებისათვის. ასეთი მკვრივი ბირთვების ირგვლივ ჰალოს წარმოქმნა უკვე ვარსკვლავიერი სამყაროს ფორმირების დასაწყისია.

ამგვარ იერარქიაში აუცილებელი არაა განსაკუთრებული ფიზიკური თვისებების მქონე, სინგულარულად წოდებული, სამყაროს მატერიის ცნების შემოტანა დიდი ძვრის წინ. შავი ორმო თავისი სინგულარობით სრულიად საკმარისია, და რადგან დიდი ძვრისწინა საწყისი შავი ორმოსათვის ნიშანდობლივია არასტაციონარულობა, აკრძალული არაა არასტაციონარულობა მისი ფრაგმენტებისთვისაც დანაწევრების მომდევნო სტადიაზე. აქედან გამომდინარე, შავი ორმოები გალაქტიკაში შეიძლება ჩავთვალოთ კვაზარამდელი ნივთიერების ფრაგმენტებად, რომლებიც შემდგომში შემორჩა კვაზარების შიგნით მათი ევოლუციის ყველა ეტაპზე.

კვაზარების კოსმოგონიის თვალსაზრისით, როცა ამ ობიექტების ადრეული ევოლუციური სტადიის ფორმა შავი ორმოა, აქედან გამომდინარე, გალაქტიკებისათვის დასაშვებია მკვრივი ბირთვები კვაზარის შემდგომ სტადიაზე, ზემასიური შავი ორმოების სახით.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორია



ვ.აბაშიძე

ენგურჰესის რაიონში გეოდინამიკური პროცესების დახრისმზომებით და ექსტენზომეტრებით ჩატარებული გამოკვლევების ძირითადი შედეგები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ბ.ბალაღაძემ 9.09.1996

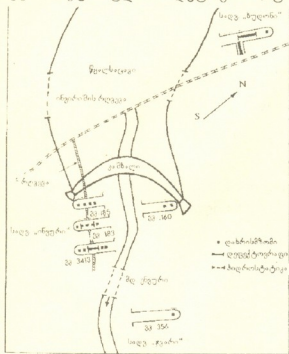
თანამედროვე დიდი წყალსაცავებიანი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მშენებლობა და ექსპლუატაცია არსებით გავლენას ახდენს ირგვლივ გარემოზე, იწვევს რა ფიზიკური ველების მნიშვნელოვან ცვლილებებს ნაგებობების ფუძის ქანებიან და ატმოსფეროსთან ურთიერთქმედების ზონაში [1]. ამიტომ გეოეკოლოგიური კონტროლის გეოფიზიკური კრიტერიუმების შექმნა, რომელთა საფუძველზე შესაძლებელი იქნება მსხვილი ჰიდროტექნიკური ობიექტების მშენებლობა და ექსპლუატაციასთან დაკავშირებული დინამიკური პროცესების დაკვირვება და პროგნოზირება, წარმოადგენს პირველხარისხიან მნიშვნელობის ამოცანას. სწორედ ეს გახდა საფუძველი იმისა, რომ ენგურჰესის ობიექტზე სხვა გეოფიზიკურ მეთოდებთან კომპლექსში ჩაგვეტარებინა დახრისმზომითი და ექსტენზომეტრიული გამოკვლევები. ამ კვლევების მიზანს წარმოადგენდა: ენგურჰესის სათავო ნაგებობის რაიონში დედამიწის ქერქის თანამედროვე ტექტონიკური მოძრაობების ფონური მნიშვნელობების შესწავლა; კაშხლის ფუძეში გეოლოგიურად დადგენილი სტრუქტურულ ბლოკების მოძრაობების დიფერენცირებულობის და აქტიურობის ხარისხის დადგენა; ადამიანის ტექნოგენური მოღვაწეობის შედეგად დედამიწის ქერქის მოსალოდნელი დეფორმაციების ხასიათის გამოკვლევა; ექსპლუატაციის პერიოდში წყალსაცავში წყლის დონის რეგულირების ოპტიმალური სიჩქარეების დადგენა, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჰესის უსაფრთხო მუშაობას [2].

ამ ამოცანის შესასრულებლად მდ.ენგურის ორივე ნაპირზე შეირჩა გვირაბები, სადაც ორგანიზებულ იქნა პრეციზიული სტაციონალური დაკვირვებები დედამიწის ქერქის ზედაპირულ ნაწილში ტექტონიკური მოძრაობებისა და დეფორმაციების შესასწავლად. დაკვირვებათა კომპლექსი განხორციელდა ოსტროვსკის სისტემის ფოტოდექტრული დახრისმზომებით, ჰიდროსტატიკური დონისმზომებით და კვარცის ექსტენზომეტრებით.

ენგურჰესის რაიონში პირველი დაკვირვებები დაიწყო ოსტროვსკის დახრისმზომებით 1967 წელს ჯვარის ერთ-ერთ გვირაბში. ეს სადგური კაშხლიდან ენგურის დინების მიმართულეებით 3კმ. იყო დაცილებული. მივიღეთ რა მხედველობაში ენგურჰესის სათავო ნაგებობის რთული გეოლოგიური აგებულება, უშუალოდ კაშხლის მახლობლობაში 1969-72 წლებში გახსნილ იქნა 7 დახრისმზომითი სადგური; მათ რიცხვში ორ-ორი NN 185, 183 და 3413 გვირაბებში, რომლებიც სხვადასხვა ჰორიზონტებზე გადაკვეთენ თაღოვანი კაშხლის ფუძეში გამავალ რღვევას. მეშვიდე სადგური განლაგებული იყო მდ.ენგურის მარცხენა ნაპირზე, გვ. N 160-ში. მოგვიანებით, 1974 წ. NN 3413 და 183 გვირაბებში რღვევაზე მისი გავრცობის



თითქმის მართებულად დაყენებულ იქნა აგრეთვე 22 და 35 მ სიგრძის ექსტენზომეტრები და ჰიდროსტატიკური დონისმზომები. 1980 წლიდან წყალსაცავის აღმოსავლეთ ნაპირზე, ერთ-ერთი გვერდითი დისლოკაციის ფრაზე, ხუდონის გვირაბში სეისმურ სადგურთან ერთად დაიწყო დახრისმზომითმა და ექსტენზომეტრიულმა სადგურებმა (სურ.1).



სურ.1. ენგურჰესის რაიონში დახრისმზომითი და ექსტენზომეტრიული სადგურების განლაგების სქემა.

აღნიშნულ ექტენზომეტრი სადგურებში ოსტროვსკის სისტემის დახრისმზომების მგრძნობიარობა ხელისშემშლელი ფონის მიხედვით ცვლებადობდა 1000-300 მმ/კუთხ.წმ. ფარგლებში. კვარცის ექსტენზომეტრების მგრძნობიარობა ფოტოოპტიკური რეგისტრაციით გადაადგილებისადმი უდრიდა 0,15-0,18 მკმ/მმ-ზე, ხოლო დეფორმაციისადმი $(0.7-0,8) \cdot 10^{-4} / \text{წმ}$. ჰიდროსტატიკურ დონისმზომზე ერთეულოვანი ანათვისის სიზუსტე შეადგენდა ± 10 მკმ.

25 წელზე მეტი ხანგრძლივობით ჩატარებული დახრისმზომით-ექსტენზომეტრული და სხვა სახის დაკვირვებების განზოგადებული ანალიზი [3] საშუალებას გვაძლევს გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები: დახრისმზომითი დაკვირვებების საფუძველზე

მიღებულია თანამედროვე ტექტონიკური მოძრაობების ფონური მნიშვნელობები და დადგენილია მათი დროში ცვლებადობის ხასიათი. კაშხლის მშენებლობის მთელ ტერიტორიაზე დედამიწის ზედაპირის დახრების მნიშვნელობები მცირეა და წელიწადში 5 კუთხურ წამს არ აღემატება. ეს დახრები, რომელთა დომინირებული მიმართულება სამხრეთ-აღმოსავლეთია, განპირობებულია იმ ტექტონიკური პროცესებით, რომლებიც კარგად არგუმენტირებული გეოლოგიური და გეოდეზიური გამოკვლევებით არის დადგენილი.

მარჯვენა სანაპიროს რღვევის ზონაში წყალსაცავის აგებამდე ჩატარებული დახრისმზომითი, დეფორმომეტრული და ექსტენზომეტრული დაკვირვებებით კაშხლის ფუძეში არსებულ სტრუქტურულ ბლოკებს შორის მემკვიდრეობითი დიფერენცირებული ტექტონიკური მოძრაობები არ გამოვლინდა. ამ მაღალი სიზუსტის ინსტრუმენტული დაკვირვებებით დადასტურდა ადრე გეოსტრუქტურული გამოკვლევებით გაკეთებული დასკვნა. რღვევაზე მემკვიდრეობითი და აქტიური ტექტონიკური მოძრაობების არარსებობის თაობაზე. რღვევის ზონაში ბლოკებს შორის გამოვლენილ გადაადგილებებს და მიკროდეფორმაციებს დაახლოებისა და დაცილების მონაცვლოების ხასიათი აქვს, დაცილების პროცესის სიჭარბით. რღვევაზე ბორტებს შორის გადაადგილების ფონური მნიშვნელობები წელიწადში 60-80 მკმ არ აღემატება.

წყალსაცავის აგების დაწყებიდან შეინიშნა დეფორმაციული პროცესების გააქტიურება, რომელიც კაშხლის რაიონში დედამიწის ქერქის ანომალურ დახრებში

და დეფორმაციებში გამოვლინდა. ეს ანომალიები ძირითადად ტექნოგენურ ხასიათისაა, რაც წყალსაცავში წყლის რეგულირებასთან კორელაციით მტკიცდება.

ჩატარებულია დახრისშზომითი და ექსტენზომეტრული დაკვირვებათა შედეგების გეოდინამიკური ინტერპრეტაცია და გამოვლენილია კორელაციური კავშირი დედამიწის ქერქის თანამედროვე ტექტონიკურ მოძრაობასა და ენდოგენურ და ეგზოგენურ პროცესებს შორის.

ნაჩვენებია, რომ წყალსაცავში წონითი ბალანსის შედარებით სწრაფი და ხანგრძლივი დარღვევა იწვევს დედამიწის ზედაპირის ანომალურ დახრებს და დეფორმაციებს, ხოლო მშვიდი ტექნოგენური პროცესების დროს ეს ანომალიები მინიმალურია და გაბატონებულია მუდმივად მოქმედი სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულების მქონე ტექტონიკური ხასიათის დახრები.

დადგენილია, რომ წყალსაცავში დაბალ ჰორიზონტებზე (450-460 მ-მდე) წყლის დონის რეგულირების დროს კაშხლის კლდოვანი ფუძე ისე მოქმედებს, როგორც კვაზიდრეკადი სხეული: წყალსაცავში წყლის მოცულობის მომატების დროს მთელი ქვედა ბიეფის დედამიწის ზედაპირის დახრის ვექტორები წყალსაცავისკენაა მიმართული, ხოლო განტვირთვის დროს - მისგან სამხრეთისკენ.

წყალსაცავის დატვირთვა-განტვირთვის შედეგად რღვევის ბორტებს შორის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ გადაადგილებებს მართალია მონაცვლეობის ხასიათი აქვს, მაგრამ იმდენად მცირეა, რომ ბლოკების ფარდობითი მოძრაობა თითქმის არ შეიმჩნევა.

წყალსაცავში მაღალ ჰორიზონტებზე, განსაკუთრებით წყლის დონის სწრაფი რეგულირების დროს, კაშხლის ფუძეში არსებულ სტრუქტურულ ბლოკებზე წყალსაცავისაგან სხვადასხვა დატვირთვის გამო შეიმჩნევა მათი ფარდობითი მოძრაობები: წყლის დონის აწევის შემთხვევაში შეიმჩნევა ბლოკების არათანაბარი დაწევა, ხოლო წყლის დონის დაწევისას - მათი არათანაბარი ამოწევა. მაღალი სიმძლევებიდან წყლის დონის დაწევის დროს კაშხლის კლდოვანი ფუძე დაგვიანებით რეაგირებს დატვირთვის მოხსნას: კაშხლის ფუძეში წარმოიშობა არადრეკადი ხასიათის დეფორმაციები; რაც მეტია წყლის დონის აწევის (1,5 მ/დღე-ღამეში და მეტი) და დაწევის (1 მ/დღე-ღამეში და მეტი) სიჩქარეები, მით მეტია ნარჩენი, არადრეკადი დეფორმაციები. ვინაიდან წყლის დონის დაწევის დროს რღვევაზე წარმოიშობა გაჭიმვითი დეფორმაციები, იგი რაც შეიძლება მინიმალური სიჩქარით უნდა წარმოებდეს. გარდა ამისა, ვინაიდან წყალსაცავის ავსება უფრო მცირე დროში ხდება ვიდრე მისი დამუშავება, ამიტომ რღვევაზე გაჭიმვითი დეფორმაციები ქარბობს კუმშვით დეფორმაციებს. ამასთან დაკავშირებით ნაჩვენებია, რომ რღვევაზე გაჭიმვითი დეფორმაციების შემცირების მიზნით წყალსაცავში წყლის დონეთა სხვაობა 70-80 მ არ უნდა აღემატებოდეს.

ენგურის წყალსაცავის უსაფრთხო ექსპლუატაციისათვის აუცილებელია დაცულ იქნეს წყლის რეგულირების სიჩქარე-აწევა არაუმეტეს 1 მ/დღე-ღამეში, ხოლო დაწევა უფრო ნაკლები სიჩქარით. წინააღმდეგ შემთხვევაში საქმე გვაქვს წყალსაცავში წონითი ბალანსის სწრაფ ცვლილებასთან, რაც თავის მხრივ კაშხლის ფუძეში არსებულ სტრუქტურულ ბლოკების დიფერენცირებულ მოძრაობას იწვევს.

აღსანიშნავია, რომ წყალსაცავში წყლის რეგულირების ეს ნორმა დამტკიცებულ იქნა ენგურჰესის სამთავრობო მიმღები კომისიის მიერ, როგორც სავალდებულო ობიექტის ექსპლუატაციის მუშაკებისათვის.



დახრისმზომითი დაკვირვებების მონაცემებით ჩატარდა მიმოქცევითი დახრების პარამონიული ანალიზი ვენედიკოვის მეთოდით და მიღებულ იქნა ხუთი - M_2, S_2, N_2, O_1 , და K_1 ძირითადი მიმოქცევითი ტალღებისათვის ამპლიტუდური ფაქტორი და ფაზათა სხვაობა. ანალიზისათვის გამოყენებულ იქნა 10 დახრისმზომზე ჩატარებული დაკვირვება 6866 დღე-ღამის ხანგრძლივობით და დამუშავდა 172 თვიანი, ორთვიანი და უფრო ხანგრძლივი დროის მქონე დამოუკიდებელი სერია.

მიმოქცევითი დახრების პარამონიულმა ანალიზმა არ გამოავლინა მთავარი მთვარისმიერ ნახევარდღელამურ M_2 ტალღის ამპლიტუდური ფაქტორის ანომალური მნიშვნელობა, რომელიც მიუთითებს რღვევის აქტიურობაზე.

აღმოჩნდა, რომ ამპლიტუდური ფაქტორის მნიშვნელობა წყალსაცავის ავსებამდე მეტია, ვიდრე ავსების შემდეგ. შესაძლებელია ეს მიუთითებდეს წყალსაცავის შექმნის გამო ქანების გეოლოგიურ თვისებების ცვლილებაზე.

ასევე ექსპერიმენტული დაკვირვებების მონაცემებით ჩატარდა მიმოქცევითი დეფორმაციების პარამონიული ანალიზი პერცევის მეთოდით და მიღებულ იქნა ხუთი ძირითადი მიმოქცევითი ტალღისათვის ამპლიტუდებისა და ფაზათა სხვაობების მნიშვნელობები, როგორც კაშხლის რაიონში, ასევე წყალსაცავის მარჯვენა სანაპიროზე, საღვურ „ხუდონის“ ტერიტორიისათვის.

კაშხლის რაიონში დაკვირვებებით მიღებული მიმოქცევითი ტალღების ამპლიტუდები 1,5-2-ჯერ ნაკლებია თეორიულ მნიშვნელობებზე, რაც კაშხლის შემცველი მასივის კონსოლიდაციაზე მიუთითებს. ეს ვარაუდი დადასტურდა იმავე რღვევის ზონაში ჩატარებული ულტრაბგერითი ტალღების გავრცელების სიჩქარეთა გამოკვლევებით.

წყალსაცავის ავსებამდე და ავსების შემდეგ გამოთვლილმა მიმოქცევითი ტალღების პარამეტრების შედარებამ გვიჩვენა, რომ მათ ამპლიტუდებში მოხდა ცვლილებები, რაც ისევ და ისევ წყალსაცავის რაიონში ქანების რეოლოგიურ თვისებების ცვლილებაზე მიუთითებს.

კაშხლის რაიონში, რღვევაზე და წყალსაცავის რაიონში, მონოლითურ ქანებში დეფორმაციის სიჩქარეები წელიწადში შესაბამისად $3,0 \cdot 10^{-6}$ და $1,2 \cdot 10^{-6}$ ტოლია. ექსტენზომეტრიული დაკვირვებებით მიღებული დეფორმაციის სიჩქარეთა ეს მნიშვნელობები კარგ თანხვედნაშია გეოდეზიურ მანძილმზომებით მიღებულ დეფორმაციის სიჩქარეების მნიშვნელობებთან.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
გეოფიზიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *А.И.Савич*. В кн.: Сб.науч.трудов Гидропроекта, 142. М., 1972, 5-11.
 2. *Б.К.Балавадзе, В.Г.Абашидзе*. Наклоны и деформации земной коры в районе Ингурской РЭС. Тбилиси, 1985, 116 .
- В.Г.Абашидзе*. Диссер.вестник на соискание ученой степени док.физ.-мат.наук. Тбилиси, 1995, 31.

თ.დავითაშვილი, ზ.ხვედელიძე

კავკასიის რეგიონში რადიოაქტიურ ნივთიერებათა გადატანისა და დალექვის რიცხვითი მოდელის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ბ.ბალავაძემ 11.09.1996

საქართველოს რესპუბლიკის ოროგრაფიული თავისებურებებისა და მის ტერიტორიაზე მოქმედ ძირითად მეტეოროლოგიურ პროცესთა გათვალისწინებით, მივმართეთ OX ღერძი პარალელის გასწვრივ (რომელიც კავკასიის დიდი ქედის თითქმის პარალელურია), OY ღერძი მერიდიანის გასწვრივ, ხოლო OZ ვერტიკალურად ზევით.

ჩვენს შემთხვევაში (მივიჩნევთ, რომ OY ღერძის მიმართ პროცესები ერთგვაროვანია) ატმოსფერული მინარევების გადატანა აღიწერება შემდეგი განტოლებით [1]:

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u \frac{\partial s}{\partial x} + w \frac{\partial s}{\partial z} = k_x \frac{\partial^2 s}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial s}{\partial z} - \alpha s, \quad (1)$$

სადაც S ატმოსფეროში მინარევის კონცენტრაციაა, U, W -შესაბამისად, ქარის სიჩქარის ჰორიზონტალური ვერტიკალური მდგენელები, K_x -ტურბულენტობის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კოეფიციენტები, α -კოეფიციენტი, განსაზღვრავს კონცენტრაციის ცვლილებას მინარევის გარდაქმნის საფუძველზე.

განტოლება (1)-ში ქარის სიჩქარის მდგენელები განისაზღვრებიან მოძრაობის, უწყვეტობის, და სითბოს მოდენის განტოლებათა საფუძველზე, რომლებიც კვაზისტატიკურ მიახლოებაში და პროცესის მასშტაბის გათვალისწინებით (ინტეგრირების არე მოიცავს შავი ზღვიდან კასპიის ზღამდე რეგიონს), შემდეგი განტოლებებით აღიწერებიან [2]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + k_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial u}{\partial z}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -\rho g, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + w \frac{\partial \theta}{\partial z} = k_x \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial \theta}{\partial z}. \quad (5)$$

სადაც ρ, p, θ შესაბამისად, სიმკვრივე, წნევა, და პოტენციალური ტემპერატურაა, g სიმძიმის ძალის აჩქარებაა.

(1)-(5)-ში ოროგრაფიული ეფექტების გათვალისწინების მიზნით ჩვერ გადავწეროთ განტოლებათა სისტემა ახალ $Z'=z-r(x,y)$, $x'=x$, $t'=t$, სისტემაში, სადაც ვერტიკალურ



კოორდინატს ფარდობითი სიმაღლე წარმოადგენს $(r(x,y))$ -დედამიწის ზედაპირის აღმწერი ფუნქციაა). შემდგომ, თუ მიღებულ განტოლებათა სისტემას გადავწერთ იზობარულ საკოორდინატო სისტემაში (სადაც ვერტიკალური კოორდინატა არის $z = p/p_0$, ხოლო $P_0=1000$ მმ ზედაპირზე წნევის მნიშვნელობაა), მაშინ მივიღებთ [2,3]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + \tau \frac{\partial u}{\partial z} = - \frac{\partial(\Phi + gr)}{\partial x} + k_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial u}{\partial z}, \quad (6)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = - \frac{R\theta P}{P_0} \frac{1}{x-1}, \quad (7)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \tau}{\partial z} = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + \tau \frac{\partial \theta}{\partial z} = k_x \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial \theta}{\partial z}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u \frac{\partial s}{\partial x} + \tau \frac{\partial s}{\partial z} = k_x \frac{\partial^2 s}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial s}{\partial z} - \alpha s. \quad (10)$$

რიცხვით მოდელში ტენის, წყლიანობისა და ნალექების გამოთვლა ხორციელდება სრული ტენშემცველობის გადატანის განტოლების საშუალებით.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + u \frac{\partial Q}{\partial x} + \tau \frac{\partial Q}{\partial z} = k_x \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial Q}{\partial z}, \quad (11)$$

სადაც $Q = q + m$ სრული ტენშემცველობაა, q -წყლის ორთქლის ხვედრითი მნიშვნელობა, m -ხვედრითი წყლიანობის მნიშვნელობა.

ნალექების საპროგნოზო სქემა ორი ეტაპისაგან შედგება. დროის ყოველ ბიჭზე, მას შემდეგ რაც დამთავრდება პირველი ეტაპი, რომელიც ჩვეულებრივად სასრულ-სხვაობიანი მეთოდებით განტოლებათა სისტემის ინტეგრირების პროცესს წარმოადგენს, მეორე ეტაპზე წარმოებს წყლის ორთქლის, წყლიანობის და ტემპერატურის მახასიათებელი სიდიდეების ურთიერთშეთანხმება. ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ნალექების საპროგრამო სქემა მეთოდოლოგიის თვალსაზრისით ემთხვევა [3,4], მაგრამ შეიცავს მთელ რიგ თავისებურებებს, რომლებიც გადმოცემულია [5]-ში.

(6)-(11) განტოლებათა სისტემა იხსნება მართკუთხოვან არეში $\Omega_1 = \{0 \leq x \leq L, 0 \leq z \leq 1\}$ საზღვრით Γ_1 , შემდეგი საწყისი და სასაზღვრო პირობებით: როცა $t = 0$, მაშინ $u = u_0$, $\theta = \theta_0$, $s = s_0$, $Q = Q_0$. (12)

საწყისი ველები u_0 , Q_0 და θ_0 , რიცხვითი გათვლების დროს აიღებინა [1,5]-ის მსგავსად, ხოლო S_0 -ის სივრცულ განაწილებას ჩვენ ვაძლევთ შემდეგნაირად: მივიჩნით, რომ ჰორიზონტალური მიმართულებით როცა $t=0$ ერთგვაროვანია (ამ შემთხვევაში ტურბულენტობის გავლენა ჰორიზონტალური მიმართულებით უმნიშვნელოა) და ვერტიკალური სიჩქარის მნიშვნელობა წარმოდგენილია მინარევის დალექვის საშუალებით. ასეთ პირობებში (10) ასე გადაიწერება:

$$u(\zeta) \frac{\partial s_0}{\partial x} - \tau \frac{\partial s_0}{\partial \zeta} = \frac{\partial}{\partial \zeta} k_{\zeta} \frac{\partial s_0}{\partial \zeta} - \alpha s_0. \quad (13)$$

(13)-ში $k(\zeta)$ წარმოვადგენთ იუდინ-შევეცის მოდელის საშუალებით. (13)-ის არეში ამოხსნა ζ_h სიმაღლეზე მოთავსებული წყაროსათვის ვეძებთ შემდეგი სასაზღვრო პირობებით

$$s_0(x, s_{\max}) = 0, \quad (14)$$

$$\left. \frac{\partial s_0}{\partial \zeta} \right|_{\zeta=1} = 0, \quad (15)$$

$$s_0(x, \zeta)_{x=x_0} = s_1(x, \zeta), \quad (16)$$

სადაც $s_1(x, \zeta)$ წარმოადგენს შემდეგი განტოლების ამონახსნს

$$\frac{\partial s_1}{\partial x} = A \frac{\partial^2 s_1}{\partial \zeta^2} + B,$$

($A = \frac{k}{u}$, $B = \frac{\tau}{u}$), რომელიც აკმაყოფილებს (14) და (15) სასაზღვრო პირობებს და პირობას

$$s_1(0, \zeta) = \frac{F}{u_h} \delta(\zeta - \zeta_h), \quad (17)$$

სადაც F -მინარევის ატმოსფეროში გამოტყორცნის სიმძლავრეა, $\delta(\zeta - \zeta_h)$ დელტა ფუნქციაა.

განტოლება (13) იხსნება სასაზღვრო პირობებით (14) - (16) და ინტეგრირდება რიცხვითად გადადენის მეთოდით.

(6)-(11) განტოლებათა სისტემა ინტეგრირდება შემდეგი სასაზღვრო პირობებით:

$$\text{როცა } x = 0, u = u_0, Q = Q_0, \theta = -\frac{1}{k} \frac{\partial \Phi}{\partial \zeta}, \frac{\partial \Phi}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + \tau \frac{\partial u}{\partial \zeta}, \quad (18)$$

$$\text{როცა } x = L, \frac{\partial u}{\partial x} = 0, \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0, \frac{\partial \Phi}{\partial x} = 0, \frac{\partial Q}{\partial x} = 0, \quad (19)$$

$$\text{როცა } \zeta = 1, \theta = \theta(x), \tau = 0, \quad (20)$$

$$\text{როცა } \zeta = 0,5, \frac{\partial u}{\partial \zeta} = 0, \frac{\partial \Phi}{\partial \zeta} = 0, \frac{\partial \theta}{\partial \zeta} = 0, \frac{\partial Q}{\partial \zeta} = 0. \quad (21)$$

რიცხვითი მოდელი ითვალისწინებს ატმოსფეროში მყოფ მინარევთა როგორც მშრალ, ასევე სველ დალექვას. ატმოსფეროდან რადიოაქტიურ ნივთიერებათა მშრალი დალექვა წარმოებს გრავიტაციული ძალებისა (დალექვის სიჩქარე $W_{\text{ს}} = 0,01$ სმ/წ) და კონვექციური დინებების საშუალებით (რიცხვით მოდელში განისაზღვრება დაღმავალი დინებების უბნები). საზოგადოდ რიცხვით მოდელში რადიონუკლიდების ჩამორეცხვა ძირითადად წარმოებს ნალექების საშუალებით. მივიჩნევთ, რომ ღრუბლები სრულად ჩაიჭერენ ატმოსფეროში მყოფ მინარევებს და ღრუბლის ქვედა ფენები აბსოლუტურად ჩამორეცხებიან ნალექებით. რიცხვით მოდელში დროით ყოველ ბიჯზე დგინდება ნალექების არსებობის არეები, განისაზღვრება მათში



არსებული რადიონუკლიდების რაოდენობა და გამოითვლება დედამიწის ზედაპირზე ჩამოტანილ რადიოაქტიურ ნივთიერებათა ჯამური რაოდენობა.

წარმოდგენილი რიცხვითი მოდელის საფუძველზე ჩატარდა რიცხვითი ექსპერიმენტები, რომლებიც ძირითადად ერთმანეთისაგან განსხვავდებოდნენ Γ_1 -ზე და მიწის ზედაპირზე მეტეოროლოგიური ველების მნიშვნელობებით [6]. როგორც მოდელურმა რიცხვითმა გათვლებმა გიჩვენა დედამიწის ზედაპირზე რადიოაქტიურ ნივთიერებათა ძირითადი მასა დაილექებოდა ატმოსფერული ნალექების საშუალებით. საშუალოდ ყველა ტესტირებული შემთხვევისათვის დასავლეთ საქართველოში დაილექებოდა რადიოაქტიურ ნივთიერებათა საწყისი მასის 70%. ამავდროულად აღინიშნებოდა ქარის სიჩქარის სიდიდის მატება აღმოსავლეთ საქართველოში (საშუალოდ 1,7 მ/წ). აღმოსავლეთ საქართველოში რადიოაქტიურ ნივთიერებათა საერთო მასის ძალიან მცირე რაოდენობა გადმოდიოდა, მიწის ზედაპირზე საწყისი მასის დაახლოებით 3,5% ილექებოდა.

ი.ვეკუას სახ.გამოყენებითი მათემატიკის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. თ.დავითაშვილი, ი.ვეკუას გამოყ.მათემ.ინსტ.გაფართოებული სხდომების შრომები, .8, 3, 1993, 38-41.
2. ლ.დავითაშვილი. ი.ვეკუას გამოყ.მათემ. ინსტ. შრომები. 40, 1990, 50-64.
3. А.Матвеев. Динамика облаков. Л., 1981, 311.
4. В.Кадышников, А.Лосев. Метеорол.и гидрология, 6, 1985, 49-54.
5. თ.დავითაშვილი, ი.ვეკუას გამოყ. მათემ.ინსტ.გაფართოებული სხდომების შრომები, 6, 3, 1991, 53-56.

ზ.ხვედელიძე

ატმოსფეროს ზონალური მოდელის ჰიდროდინამიკის განტოლებათა გამოკვლევა კავკასიის ტერიტორიაზე

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ბ. ბალავაძემ 20.12. 1996

კავკასიის ტერიტორია მოთავსებულია სუბტროპიკული სარტყელის ჩრდილოეთ საზღვარზე და მოიცავს ზომიერი განედის სამხრეთ ნაწილს. ამიტომ აღნიშნული ტერიტორია განიცდის ეკვატორული და პოლარული მასების ურთიერთშერევის მძლავრ ცირკულაციურ გავლენას. ამასთანავე, β - ეფექტის მოქმედებით, ე. ი. კორიოლისის ძალის განედების მიხედვით ცვლილებებით, ზომიერ სარტყელებში ატმოსფერული დინებები ღებულობენ დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებას და ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ვრცელდებიან პარალელის გასწვრივ. ეს კარგად შეიმჩნევა $3 \div 5$ კმ-ის სიმაღლეზე იზობარული სინოპტიკური რუკების ანალიზიდან. ტროპოსფეროს ქვედა ნაწილში კი ტერიტორიის რელიეფური თავისებურებების გამო ატმოსფერული მასების დინებები ღებულობენ მთავარი კავკასიონის მთაგარეხილის გასწვრივ წაგრძელებულ ფორმას [1]. იმ რეგიონალურ და ლოკალურ პროცესებზე, რომლებიც დაიკვირვება ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე გადამწყვეტი გავლენა აქვს დიდი და მცირე კავკასიონის მთებს. ამიტომ მათი დახასიათება - შესწავლისათვის ერთ-ერთ აუცილებლობას წარმოადგენს ზონალური მოდელის გამოყენება. ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ზონალური მოდელის გამოყენების შესაძლებლობას ადასტურებს ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების მთელი რიგი თავისებურებანი; მათ შორის აღსანიშნავია:

1. სინოპტიკური პროცესები, ჰაერის მასათა შემოჭრის უმეტესი შემთხვევები არის დასავლეთის, სამხრეთ- დასავლეთის და აღმოსავლეთის ტიპისა (67%) [2].
2. დასავლეთის ნოტიო ჰაერის მასას ხვდება რა სურამის ქედი, გარსდენისას წარმოიქმნება ჰაერის ბრუნვითი გრიგალური მოძრაობა, რომელიც ზრდის ტენშემცველობას საქართველოს დასავლეთ ნაწილში, ხოლო აღმოსავლეთ ნაწილში ხელს უწყობს მშრალი კონტინენტური კლიმატის შენარჩუნებას.
3. მეტეოროლოგიურ ელემენტთა ველს კავკასიის ქედის გასწვრივ აქვს წაგრძელებული ტენდენცია [2,3,4].
4. ტროპოსფეროში ტემპერატურა სიმაღლის მიხედვით თითქმის ყოველთვის ვრცელდება წრფივად. აქედან გამომდინარე შეიძლება ტროპოსფერო განხილულ იქნეს, როგორც პოლიტროპიული გარემო;
5. ცნობილი და მეტად მნიშვნელოვანია ის თავისებურება, რომ მთა-გორიანი რელიეფის გამო პროცესები აგოსტროფიული ბუნებისაა, აქ მნიშვნელოვანია ვერტიკალური სიჩქარე და აჩქარება.

აღნიშნული თავისებურებანი საკმარისად დიდი ალბათობით უზრუნველყოფენ $\partial / \partial x \ll \partial / \partial y$ - პირობის შესრულებას. აქ f - ნებისმიერი მეტეოროლოგიური სიდიდეა, x - ღერძი მიმართულია პარალელის გასწვრივ დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ; y - ღერძი კი - მერიდიანის გასწვრივ სამხრეთიდან



ჩრდილოეთისაკენ; z - ღერძი მიმართულია ვერტიკალურად ზემოთ. სითბოს მოდენის განტოლება, შეიძლება ავიღოთ ადიაბატურ მიახლოებაში შემდეგი სახით [5].

$$\frac{d}{dt} \ln T = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{d}{dt} \ln p, \quad (1)$$

სადაც T აბსოლუტური ტემპერატურაა; p - წნევა; $\gamma = c_p/c_v$; c_p - კუთრი სითბოტევადობა მუდმივი წნევის დროს. მოძრაობის განტოლება u -თვის ასე ჩაიწერება:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - lv + l'w = 0 \quad (2)$$

სადაც u, v, w - ქარის სიჩქარის მდგენელებია შესაბამისად; x, y, z - ღერძები, $l=2w \sin \varphi$ - კორიოლისის ძირითადი პარამეტრია, ხოლო $l'=2w \cos \varphi$ - კორიოლისის მეორე პარამეტრია, w - დედამიწის ბრუნვის კუთხური სიჩქარეა, φ - გეოგრაფიული განედი. განტოლება (2) შეიძლება ასე გადაიწეროს:

$$\frac{dM}{dt} = 0, \text{ ე.ი. } M = \text{const}, \quad (3)$$

სადაც

$$M = u - ly + l'z \quad (4)$$

(4) წარმოადგენს ზონალური მოძრაობის დროს კუთხური მომენტის შენახვის თეორემას. ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ რეგიონის რელიეფური თავისებურებების გამო $v \neq 0$. ეს მნიშვნელოვანი თავისებურებაა, ვინაიდან ლოკალური პროცესების შესწავლით დადასტურდა, რომ ხშირად ქარის სიჩქარის სამივე მდგენელი განსხვავდება ნულისაგან და ამიტომ (4) გამოსახულება შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც მოძრაობის ინტეგრალი [6]. ყოველივე აღნიშნულის გათვალისწინებით ჰიდროდინამიკის განტოლებათა სისტემა წარმოადგება შემდეგი სახით:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = lv - l'w \quad (5)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -lu - \frac{\partial \Phi}{\partial y} \quad (6)$$

$$\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{1}{\eta} (\Psi, T) = -\frac{1}{\eta} (\gamma_a - \gamma) \frac{\partial \Psi}{\partial y} + \varepsilon, \quad (8)$$

სადაც Φ გეოპოტენციალია; Ψ ქარის ველის დენის ფუნქციაა; $v=(1/\eta)\Psi_z$, $w=(1/\eta)\Psi_y$; γ_a - ტემპერატურის ადიაბატური გრადიენტი; γ - ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი; ε - სითბოს ნაკადი; (A, B) - იაკობიანი, $\eta = P_x/P_\theta$, $P_\theta = 1000\text{მბ}$; $P_x = P_x(y, z, t)$.

ვისარგებლოთ სიჩქარის გრიგალის გამოსახულებით x ღერძის მიმართ (არა z ღერძის მიმართ, როგორც ეს მიღებულია კვაზიგეოსტრიფიულ მიახლოებაში)

$$\Omega_x = \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} = \frac{1}{\eta} \Delta \Psi - \frac{1}{\eta^2} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \Psi}{\partial z} \frac{\partial \eta}{\partial z} \right) \quad (9)$$

ატმოსფეროს პოლიტროპიულობის შესაბამისი მიახლოებებით (ე.წ. ბაროკლინური წვევრების გაწვრივება), გარკვეული გარდაქმნების შემდეგ, მსგავსად [6] მივიღებთ სისტემას:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Delta \Psi}{\partial t} + b \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t \partial y} + c \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t \partial z} + \frac{1}{\eta} (\Psi, \Delta \Psi) &= l \frac{\partial u}{\partial z} + l' \frac{\partial u}{\partial y} - \lambda' \frac{\partial p}{\partial y} + a \frac{\partial T}{\partial y} \\ \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{1}{\eta} (\Psi, T) &= -\frac{1}{\eta} (\gamma_a - \gamma) \frac{\partial \Psi}{\partial y} + \varepsilon \\ \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{1}{\eta} (\Psi_1, M) &= 0, \end{aligned} \quad (10)$$

სადაც Δ ბრტყელი ლაპლასიანია, $\alpha = g/T$ - შეტივტივების პარამეტრი, g - სიმძიმის ძალის აჩქარება; $\lambda = \alpha / g \rho$, ρ - ჰაერის სიმკვრივე, $b = -(\partial \eta / \partial y)$, $c = -(\partial \eta / \partial z)$, - დედამიწის რელიეფი - მახასიათებელი პარამეტრებია.

მივიღებთ რა, კავკასიონის ქედის საშუალო სიმაღლე 4 კმ-ს და წარმოვადგენთ მას სამკუთხა პირამიდის სახით (სიგრძით პარალელის გასწვრივ 1500კმ, ხოლო მერიდიანის გასწვრივ 169კმ), განვსაზღვრავთ b და c პარამეტრების საშუალო მნიშვნელობებს და ჩათვლით მათ მუდმივებად. ასევე მუდმივებად ჩაითვლება პარამეტრები γ და α , მაშინ ადიაბატურ მიახლოებაში პრინციპში შეიძლება (10) არაწრფივ განტოლებათა სისტემის ტალღური ამოხსნა. იგულისხმება, რომ მოძრაობას მთლიანად განსაზღვრავს ბარიული გრადიენტი, რომლის არსებობაც მთლიანად განპირობებულია სითბოს წყაროთი - ტემპერატურით (ითვლება მოცემულად), როგორც კონვექტიური მოძრაობის დროს. (10) სისტემა აღწერს მცირე მასშტაბის ფაქტორებს (როგორცაა ღრუბლები, ან ღრუბელთა ანსამბლი) ტემპერატურული ველისა და დედამიწის რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით. ეს გარემოება კი მეტად მნიშვნელოვანია სეტყვისა და თავსხმა წვიმების შესწავლისას, რაც ხშირი მოვლენაა ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე.

(10) ამოხსნისათვის მოითხოვება შემდეგი საწყისი და სასაზღვრო პირობები:

$$\begin{aligned} \text{როცა } t = 0 & \text{ მოიცემა } T = T_0(y, z, t) \text{ და } M = \text{const} \\ \text{ან } t = 0 & \text{ } T = T_1. \end{aligned} \quad (11)$$

სასაზღვრო პირობა მოიცემა ჰიდროდინამიკაში ცნობილი „განსაზღვრული სიგანის არხში“ მოძრაობის პირობის მსგავსად:

$$\text{როცა } y = 0.1 \quad \partial T / \partial y = \partial \Psi / \partial y = 0 \text{ ან } T = \Psi = 0 \quad (12)$$

შევნიშნოთ, რომ (10) სისტემა შეიცავს სამ განტოლებას ოთხი Ψ , T , U , P უცნობით. ამოხსნის მონახვისათვის უნდა ვიცოდეთ ან ორი ფუნქცია - ტემპერატურა და წნევა, ან ვისარგებლოთ იმით, რომ წვევრი $\lambda(\partial p / \partial y)$ მცირეა $\alpha(\partial T / \partial y)$ -თან შედარებით და უგულვებელყოთ იგი. მაშინ ამოხსნის განსაზღვრის არეში ინვარიანტი არის მექანიკური (კინეტიკური და პოტენციური ენერგიებისა) და შინაგანი ენერგიების ჯამი.

განვიხილოთ (10) სისტემის ამოხსნის რამდენიმე მარტივი ვარიანტი მსგავსად [6]-ში ჩატარებული მსჯელობისა.



ა) დავუშვათ, რომ ფიზიკური აზრი აქვს ამოხსნას, რომლის ყველა წევრიც არის დამოკიდებული ვერტიკალურ კოორდინატზე (გვაქვს უძრავი ბურუსით, ნისლით, ქვედა იარუსის სათოვლო ღრუბლით დაფარული მთელი საკვლევი არე). ამ შემთხვევაში ყველა არაწრფივი წვერები ნულის ტოლი იქნება საძიებელი სიდიდის სიმციროს ყოველგვარი მოთხოვნის გარეშე. ასეთი დასმა ამოცანისა მცირედ საინტერესოა, მაგრამ მოდელი მაინც განსაზღვრავს, რომ პროცესი არის რხევითი რომლის სიხშირეა $\sqrt{a}\Gamma$, სადაც $\Gamma = \frac{\gamma a - \gamma}{1 + b\gamma}$, ამრიგად ასეთი პროცესის

მდგრადობა დამოკიდებულია შიგა მასიურ თვისებებზე - ტემპერატურის გრადიენტის სხვაობაზე და მერიდიანის გასწვრივ რელიეფის გავლენაზე. ამ უკანასკნელის გაზრდით Γ მცირდება და ტალღა სუსტდება.

ბ) დავუშვათ, რომ (10) სისტემაში ε არის მუდმივი, ხოლო დენის ფუნქციას აქვს სახე: $\Psi = \Psi_{0y} + \Psi_1(\gamma, z, t)$,

მაშინ მიიღება რომ Ψ_0 პარამეტრი, როგორც ვერტიკალური მოძრაობის სიჩქარე, განისაზღვრება ფორმულით [6].

$$\Psi_0 = \frac{\varepsilon_0}{\gamma a - \gamma} \quad (13)$$

ამ დამოკიდებულებას აქვს ფიზიკური აზრი: სითბოს მუდმივი მოდენა ზრდის ჰაერის აღმასვლას; ამასთანავე, რაც დიდია ატმოსფეროს არამდგრადობა, მით მეტია ვერტიკალური მოძრაობა. ასეთი პროცესები დაიკვირვება, სწორედ დღი სამრეწველო ობიექტებისა და ქალაქების თავზე აეროზოლური მინარევების მოძრაობისას [7].

გ) როცა სითბოს ნაკადი მოცემულია $\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_1(\nu, z)$ სახით, სრულდება პირობა $M = \text{const}$ და $T = 0$. მაშინ (10) სისტემის პირველი განტოლების სტაციონარული ამოხსნა უკვე მითითებულ მიახლოებაში გვაძლევს:

$$\Psi_1 = d\Delta\Psi + \ell \ln \eta = 0, \quad (14)$$

სადაც $d\Delta\Psi + \ell \ln \eta = \Phi(\Psi)$. აქ $\Phi(\Psi)$ - ნებისმიერი ფუნქციაა და განისაზღვრება დამატებითი პირობებით $d = \ell/\eta_{cp} = \text{const}$.

თუ ენერჯიის წყაროს წარმოვადგენთ ბრტყელი ტალღის სახით

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_1 e^{i(my + nz)}, \quad (15)$$

ხოლო $\Phi(\Psi) = -(m^2 + n^2) \Psi$, სადაც m და n ტალღური რიცხვებია შესაბამის ღერძებზე, მაშინ დენის ფუნქცია შეიძლება დაიწეროს ასე [6]:

$$\Psi = \Psi_0 + w\gamma - \nu z + \Psi_1 e^{i(my + nz)} \quad (16)$$

ამასთანავე რეალური ამონახსნის არსებობისათვის უნდა შესრულდეს პირობა:

$$\nu m - n w = 0 \quad (17)$$

და

$$\Psi_1 = \frac{\varepsilon_1}{m\Gamma} \quad (18)$$

მიღებული შედეგების ანალიზიდან ჩანს, რომ როცა ენერჯიის წყარო ექსპონენციალურად იზრდება, მაშინ ჰაერის მასების ვერტიკალური სიჩქარე აღემატება სიჩქარეს მთაგრეხილის პერპენდიკულარული მიმართულებით. ვინაიდან კავკასიონისათვის $L_y = 160$ კმ, ხოლო $L_z = 4$ კმ-ს, გამოდის, რომ $m = 40n$, $w = 40\nu$. აქედან დასკვნა: მასების შემოჭრა ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე უშუალოდ ჩრდილოეთიდან არ წარმოებს, ხდება მთაგრეხილის მიმართ გარსდენა

დასავლეთისა და აღმოსავლეთის მხარეს [2,3]. ასეთი მოვლენები დაიკვირვება სინოპტიკურ პრაქტიკაში.

დ) თუ ფიზიკურ რელიეფს წარმოადგენთ კონკრეტული ფიგურის (სამკუთხა პირამიდის $I_{\eta\eta} = -(by + iz)$, ან პარაბოლის $I_{\eta\eta} = -(by^2 + iz^2)$ და სხვა) და შესრულდება (17) პირობა, მაშინ კავკასიონზე დაიკვირვება ე.წ. ნეიტრალური ტიპის სტაციონალური ტალღები, პერიოდით რამდენიმე დღე-ღამე, სადაც გრეხილი მიდის დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ. ღრუბლების თანამგზავრული სურათების ანალიზიდან ჩანს, რომ მართლაც დაიკვირვება ასეთი ტალღები [3]

ე) განვიხილოთ (10) სისტემის არაწრფივი წევრებით ბაროტროპიული



სურ. 1

ატმოსფეროსათვის, მაშინ გვექნება:

$$\frac{\partial \Delta \Psi}{\partial t} + b \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t \partial y} + c \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t \partial z} = -I(\ln \eta, \Psi) + d(\Psi, \Delta \Psi) \quad (19)$$

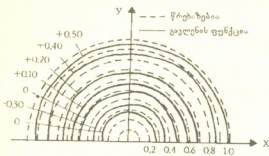
და საწყისი პირობა იქნება $t = 0, \Psi = \Psi_1(y, z, 0)$

სასაზღვრო პირობები: $z = \infty$, ფუნქცია შემოსაზღვრულია

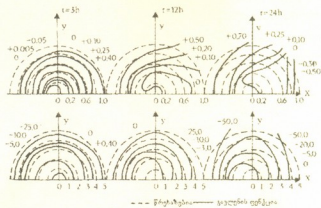
$$z = Z(x, y), \text{ მაშინ } w = u \frac{\partial Z(x, y)}{\partial x} + v \frac{\partial Z(x, y)}{\partial y}$$

ამ შემთხვევაში ამოხსნა მიიღება ბესელის ფუნქციების შემცველი გრინის ინტეგრალით [8], რომლებიც დამოკიდებულია რელიეფის მახასიათებელ პარამეტრებზე, ანალიზი აჩვენებს, რომ გრინის ფუნქციების ასიმეტრიულობა ცენტრალური წერტილების მიმართ დამოკიდებულია b და c პარამეტრებსა და დროზე. რაც დიდია დრო, მით მკვეთრია სიმეტრიულობის დარღვევა. ეს კარგად ჩანს სურ. 2 და სურ.3-ზე. პირველი შეესაბამება $t = 3$ საათს და იზოხაზები თითქმის წრეხაზებს წარმოადგენენ, ხოლო უკვე 12 საათის შემდეგ ისინი მკვეთრად განსხვავდებიან წრეხაზისაგან თუ $b = c = 0$, მაშინ მიიღება ბულებ - მარჩუკის კლასიკური შედეგი [9].

ამრიგად, ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სისტემის ამოხსნის ანალიზი ზონალური მოდელით ამერკავკასიის ტერიტორიისათვის იძლევა სინოპტიკურ პრაქტიკაში დაკვირვებულ მთელი რიგი პროცესების თეორიულ დასაბუთებას. ამასთანავე მტკიცდება, რომ გარკვეულ მიახლოებაში დედამიწის ეკვატორული სარტყელის ზოლში მიმდინარე ატმოსფერული პროცესების შესწავლისათვის



სურ. 2



სურ. 3

გამოყენებული ზონალური მოდელი კარგ შედეგს გვაძლევს, კერძოდ რთული ფიზიკურ - გეოგრაფიული მდებარეობის მქონე ამიერკავკასიის რეგიონისთვისაც. მოდელის უფრო დეტალური გამოკვლევის (არაწრფივობის გათვალისწინებით) შედეგად შეიძლება მეტეოროლოგიური ელემენტებისა და რეგიონალური მოვლენების მრავალი კლიმატური თავისებურებების ასხნა - დასაბუთება

ი.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *З.В.Хведелидзе*. Известия АН СССР, Физика А.и О., 18, 3, 1982, 227-235.
2. "Климат и климатические ресурсы Грузии", Л., 1971, 381.
3. *З.В.Хведелидзе*. Метеорология и гидрология, 10, 1982, с. 110-115.
4. *З.В.Хведелидзе, И.Г. Павленишвили*. Метеорология и гидрология, 2, 1996, а. 48-55.
5. *Дж.Педლოსки*. Геофизическая гидродинамика. Часть I. М. 1984, 400.
6. *Е.М.Добрышман*. Динамика экваториальной атмосферы л., 1980, 285.
7. *Г.С.Гуния*. Вопросы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на территории Грузинской ССР Л., 1985, 84.
8. *ზ.ხვედელიძე*. „ამინდის მოკლევადიანი პროგნოზის რიცხვითი მეთოდები“ ნაწ.1 თბილისი, 1978, 115
9. *Н.И.Булеев, Г.И. Марчук*. В кн.: Труды Ин-та Физики атмосферы АН СССР, 1958, 66-104



ზოგადი და არაორგანული ქიმია

გ.სუპატაშვილი, ნ.თაყაიშვილი, გ.მახარაძე
 თაბაშირის და ანჰიდრიტის ხსნადობა წყალსა და
 ელექტროლიტების წყალხსნარებში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ.ცინცაძემ 7.11.1996

ქანწარმოქმნილი მინერალები თაბაშირი ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) და ანჰიდრიტი (CaSO_4) მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ბუნებრივი წყლების ფორმირებასა და კარსტწარმოქმნის პროცესებში. ლიტერატურაში არსებული მონაცემები თაბაშირის ხსნადობაზე შესამჩნევად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, ხოლო ფაქტორები, რომლებიც მის ხსნადობას განსაზღვრავენ, არასრულადაა შესწავლილი.

თაბაშირისა და ანჰიდრიტის ხსნადობის შესასწავლად გამოვიყენეთ ნიმუშები ახალციხის საბადოდან და თბილისის შემოგარენიდან (სინჯები მოგვაწოდა აკადემიის წევრ-კორ. ნ.სხირტლაძემ და პროფ. ვ.ალფაიძემ). მათში $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ და CaSO_4 შემცველობა 82-89% და 94-97% შეადგენდა. $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, γ -, β - და α - CaSO_4 მიღებულია $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ქიმიურად სუფთა რეაგენტი) თერმული დამუშავებით შესაბამისად 140, 220, 500 და 800° C ტემპერატურაზე [1].

ცხრილი 1

სხვადასხვა ფორმის CaSO_4 - წყალი სისტემის ხვედრითი ელექტროგამტარობის ცვალებადობა დროში (18°C, $\chi \cdot 10^{-4}$)

კონტაქტის ხანგრძლივობა	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}^*$	$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	γCaSO_4	βCaSO_4	αCaSO_4	CaSO_4^{**}
5 წუთი	16	56	56	24	22	11
10	17	56	51	25	23	16
30	17	51	44	25	23	20
50	17	31	41	25	25	21
90	17	22	30	26	24	22
3 საათი	17	21	27	25	24	22
7	18	20	23	26	25	22
24	17	21	24	24	24	22
2 დღე-ღამე	17	20	21	24	23	22
5	17	18	20	23	25	-
8	17	18	18	25	24	-
10	17	18	18	25	24	-

* - სუფთა ანალიზისათვის, ** - ანჰიდრიტი

თაბაშირის, ანჰიდრიტის და სხვა ფორმების ხსნადობის კინეტიკას ვსწავლობდით კონდუქტომეტრული მეთოდით. შესაბამისი სუსპენზიების მოსამზადებლად ვიღებდით 0,3-0,4 გ ნივთიერებას, ვუმატებდით 100 მლ ორჯერ გამოხდილ წყალს, ენერგიულად ვანჯღრევდით და ცენტრიფუგირებისა და თერმოსტატირების შემდეგ KCl -1M მარკის კონდუქტომეტრზე ვზომავდით ხვედრით ელექტროგამტარობას. ხსნარებში Ca^{2+} და SO_4^{2-} კონცენტრაციებს ვსაზღვრავდით კომპლექსონომეტრული და გრავიმეტრული მეთოდებით.



მიღებული შედეგებიდან (ცხრილი 1) ჩანს, რომ CaSO_4 ფორმები განსხვავდებიან როგორც ხსნადობით, ისე ხსნადობის კინეტიკით. ამ თვალთახედვით გამოირჩევიან $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ და $\gamma\text{-CaSO}_4$. თავდაპირველად ისინი წარმოქმნიან ზენაჯერ ხსნარებს, რომლებიც CaSO_4 კონცენტრაცია 6,4 გ/ლ აღწევს. 1-1,5 საათის შემდეგ $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, $\gamma\text{-CaSO}_4$ და სხვა ფორმებიდან მიღებული ხსნარების ელექტროგამტარობა მეტნაკლებად თანაბრდება.

ბუნებრივია, რომ თაბაშირის ხსნარის ზვედრითი ელექტროგამტარობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ამ პარამეტრებს შორის კავშირის ხასიათი იკვლება 66°C და აღიწერება რეგრესიის ფორმულებით:

$$\chi = (13,8 + 0,42t) \cdot 10^{-4} \quad (t < 66^\circ\text{C}) \quad \text{და} \quad \chi = (26,7 + 0,23t) \cdot 10^{-4} \quad (t > 66^\circ\text{C})$$

შესაბამისი წირის გარდატეხის წერტილი ემთხვევა დიჰიდრატის ნახევარპირატის გადასვლის ტემპერატურას (66°C) [2].

თაბაშირის ხსნადობა 25°C 2,01 გ/ლ შეადგენს, საიდანაც $L_s = 2,2 \cdot 10^{-4}$. ხსნარის იონური ძალის ($\mu = 0,059$) მიხედვით Ca^{2+} და SO_4^{2-} აქტივობის კოეფიციენტები შესაბამისად 0,46 და 0,42 ტოლია [3,4]. ამ მონაცემებით შეიძლება გავთვალოთ L_a :

$$L_a = L_s \cdot f_{\text{Ca}^{2+}} \cdot f_{\text{SO}_4^{2-}} = 2,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,19 = 4,2 \cdot 10^{-5}$$

L_s და L_a გამოთვლილია შესაბამისად ხსნადობისა და აქტივობების მნიშვნელობებიდან. ანალოგიურადაა გამოთვლილი CaSO_4 -ის სხვა ფორმების ხსნადობის ნამრავლები (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

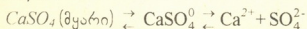
Ca^{2+} წონასწორული კონცენტრაციები და CaSO_4 ხსნადობის ნამრავლი (18°C)

ნივთიერება	მგ/ლ		$L_s \cdot 10^4$	$L_a \cdot 10^5$
	Ca^{2+}	CaSO_4		
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	572	1945	2,05	4,06
$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	580	1972	2,10	4,17
αCaSO_4	864	2932	4,65	7,34
βCaSO_4	896	3046	5,02	7,69
γCaSO_4	6,04	2054	2,28	4,43

ჰიდროქსიდური თვალთახედვით განსაკუთრებით საინტერესოა სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა თაბაშირის და ანჰიდრიტის ხსნადობაზე. მცირეხსნადი ელექტროლიტის ფაზურ წონასწორობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ხსნარის იონური ძალა, რომლის გაზრდით, როგორც მოსალოდნელი იყო, CaSO_4 -ის ხსნადობა იზრდება [5]. NaCl , MgCl_2 და სხვა ელექტროლიტებისაგან განსხვავებით, NaHCO_3 -ის თანაობისას Ca^{2+} კონცენტრაცია მკვეთრად მცირდება, რაც $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ შეზღუდული ხსნადობით (78 მგ/ლ [6]), აიხსნება.

თანამოსახევე იონის გავლენა ნალექის ხსნადობაზე ცნობილია. ამ თვალსაზრისით საინტერესო იყო სისტემის $\text{CaSO}_4\text{-Na}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ გამოკვლევა, რადგან თაბაშირიანი წყლები ხშირად შეიცავენ საკმაო რაოდენობით Na_2SO_4 . აღნიშნულ სისტემაში L_a და აქტივობის კოეფიციენტების გათვალისწინებით გათვლილი და ექსპერიმენტულად განსაზღვრული Ca^{2+} -ის კონცენტრაციები თანმთხვევადია (ცხრილი 3).

CaSO_4 -ის ნაჯერ ხსნარში დამყარებულია ფაზური და იონურ-მოლეკულური წონასწორობა:



ბუნებრივი თაბაშირის ხსნადობა Na_2SO_4 თანაობისას

მოლი/ლ 10^3		$\mu \cdot 10^3$	f	Ca^{2+} , მგ/ლ		
Na_2SO_4	SO_4^{2-}			ექსპერიმენტული	გათვლილი L_s -დან	გათვლილი f და L_a -დან
0,00	14,67	58,68	0,454	588	601	589
0,31	14,98	59,41	0,452	586	589	585
0,94	15,61	59,71	0,451	570	565	576
1,57	16,24	59,80	0,451	552	543	567
3,11	17,78	62,22	0,446	530	496	549
9,33	24,00	77,89	0,414	500	367	506
15,54	30,21	92,53	0,395	460	282	478
31,09	45,76	133,19	0,330	400	193	448

L_s 2.2 · 10⁻⁴ ლიტერატურის მონაცემებიდან [3,7] CaSO_4 მდგრადობის მუდმივა

$$\beta = \frac{[\text{CaSO}_4^0]}{[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]} = 2 \cdot 10^2,$$

$$\text{საიდანაც } [\text{CaSO}_4^0] = \beta [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = \beta L_a$$

სუფთა წყალში CaSO_4 მოლური ხსნადობა (S)

$$S = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{CaSO}_4^0] = \sqrt{L} + \beta L_a$$

შესაბამისი მონაცემების ($L_a = 4,2 \cdot 10^{-5}$, $\beta = 2 \cdot 10^2$) მხედველობაში მიღებით $S = 14,88 \cdot 10^{-3}$ მოლი/ლ, ანუ 2024 მგ/ლ.

თაბაშირის ნაჯერ ხსნარში CaSO_4 დაკომპლექსებული წილი (βL_a) შეადგენს $8,4 \cdot 10^{-3}$ მოლი/ლ, ანუ მოლური ხსნადობის 56,5%.

თანამოსახლე იონების (Ca^{2+} და SO_4^{2-} თანაობისას CaSO_4 მოლური ხსნადობა შეიძლება გავთვალოთ ფორმულებით:

$$S = \frac{L_a}{f_{\text{Ca}^{2+}}[\text{Ca}^{2+}]} + \beta L_a \quad \text{და} \quad S = \frac{L_a}{f_{\text{SO}_4^{2-}}[\text{SO}_4^{2-}]} + \beta L_a$$

$\text{CaSO}_4 + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ სისტემის თავისებურება ისაა, რომ CaSO_4 მოლეკულური ფორმის აბსოლუტური რაოდენობა არაა დამოკიდებული ლიგანდის (ჩვენ შემთხვევაში SO_4^{2-}) კონცენტრაციაზე. ცხადია, რომ თანამოსახლე იონების კონცენტრაციის გაზრდით CaSO_4 ხსნადობა მცირდება, ხოლო CaSO_4^0 ფარდობითი წილი იზრდება.

ი.გავაბიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *А.Г.Бетехтин*. Минералогия. М., 1950.
2. *Г.Реми*. Курс неорганической химии. М., 1972.
3. *Ю.Ю.Лурье*. Справочник по аналитической химии. М., 1989.
4. *Д.Скуг, Д.Уэст*. Основы аналитической химии, т.1, М., 1979.
5. *В.М.Левченко*. Гидрохим. материалы, т.17, 1950, 69-73.
6. *О.А.Алекин*. Основы гидрохимии. Л., 1970.
7. *А.Т.Пишпенко, И.В.Пятницкий*. Аналитическая химия, кн.1, М., 1990.

მ. გვერდწითელი, ა. გახოციძე

აზო-ჰიდრაზო და ალენ-აცეტილენური ტაუტომერიის ალგებრული დახასიათება

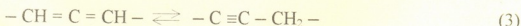
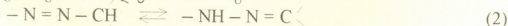
წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. ხანანაშვილმა 3.06.1996

მოლეკულური გრაფების თანაზიარობის მატრიცები და მათი მრავალრიცხოვანი მოდიფიკაციები [1,2] ეფექტურად გამოიყენება მათემატიკურ ქიმიაში მოლეკულებისა და მათი გარდაქმნების ალგებრულად დასახასიათებლად. მათ კლასს მიეკუთვნება რნბ-მატრიცები [3], რომელთა დიაგონალური ელემენტებია მოლეკულაში შემავალი ატომების რიგობრივი ნომრები, ხოლო არადიაგონალური ელემენტებია ქიმიური ბმების ჭერადობა. ასე მაგალითად $X - Y = V$ მოლეკულისათვის, რნბ-მატრიცას გააჩნია სახე:

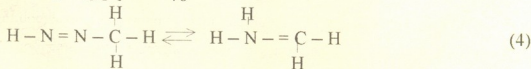
$$X - Y = V \quad \left\| \begin{array}{ccc} Z_X & 1 & 0 \\ 1 & Z_Y & 2 \\ 0 & 2 & Z_V \end{array} \right\|, \quad (1)$$

სადაც Z_X , Z_Y და Z_V X, Y და V ელემენტების რიგობრივი ნომრებია, ხოლო რიცხვები "2", "1" და "0" შესაბამისად გამოხატავენ ორმაგ ბმას, ერთმაგ ბმას და ფაქტს, რომ X და V ატომები ერთმანეთთან ქიმიურად არ არიან შეკავშირებულნი.

ტრიალული პროტოტროპული ტაუტომერიის [4] საინტერესო ტიპს მიეკუთვნებიან აზო-ჰიდრაზო და ალენ-აცეტილენური [5] გარდაქმნები. მათ წონასწორულ სტემებს შესაბამისად გააჩნიათ სახე:



რნბ - მატრიცების გამოყენებით გავანალიზოთ აღნიშნული ტაუტომერული პროცესები. ქვემოთ მოყვანილია აზო-ჰიდრაზო ტაუტომერიის მოდელური რეაქცია და მისი შესაბამისი მატრიცული ჩანაწერი:



$$\left\| \begin{array}{cccccc} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 7 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 7 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 6 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\| \longrightarrow \left\| \begin{array}{cccccc} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 7 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 7 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 6 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\|$$

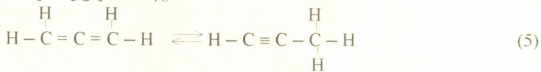
განვიხილოთ გამოსახულება:

$$\Delta r = \Delta f - \Delta i .$$

სადაც: Δi - საწყისი ტაუტომერული ფორმის შესაბამისი რნბ - მატრიცის დეტერმინანტის მნიშვნელობა; Δf - საბოლოო ტაუტომერული ფორმის შესაბამისი რნბ - მატრიცის დეტერმინანტის მნიშვნელობა; Δr - დეტერმინანტის მნიშვნელობის ცვლილება ტაუტომერული გარდაქმნის შედეგად.

აღმოჩნდა, რომ აზო-ჰიდრაზო ტაუტომერიისათვის $\Delta r = 8$. ამგვარად, აზო-ჰიდრაზო ტაუტომერული გარდაქმნის ალგებრულ კრიტერიუმს (მოცემული მიდგომის ფარგლებში) წარმოადგენს რნბ - მატრიცის დეტერმინანტების მნიშვნელობის ზრდა.

ქვემოთ მოყვანილია ალენ-აცეტილენური ტაუტომერიის მოდელური რეაქცია და მისი შესაბამისი მატრიცული ჩანაწერი:



$$\left\| \begin{array}{ccccccc} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 6 & 2 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 6 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 6 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\| \longrightarrow \left\| \begin{array}{ccccccc} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 6 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 6 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 6 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right\|$$

აღმოჩნდა, რომ ალენ-აცეტილენური ტაუტომერიისათვის $\Delta r = -60$. ამგვარად, ალენ-აცეტილენური ტაუტომერული გარდაქმნის ალგებრულ კრიტერიუმს (მოცემული მიდგომის ფარგლებში) წარმოადგენს რნბ - მატრიცის დეტერმინანტის მნიშვნელობის შემცირება.

ივ. ჯივანიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. გ.გამზიანი, მ.გვერდწითელი, იზომერიის მოვლენა მათემატიკური ქიმიის თვალთახედვით. თბილისი, 1992.
2. გ.გამზიანი. მათემატიკური ქიმიის რჩეული თავები. თბილისი, 1990.
3. მ.გვერდწითელი. ორგანულ ნაერთთა ნომენკლატურის პრინციპები. თბილისი, 1983.
4. მ.გვერდწითელი. ორგანული ქიმიის თეორიული საფუძვლები. თბილისი, 1989.
5. З.Сланина. Теоретические аспекты явления изомерии в химии. М., 1984.



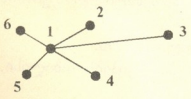
გ.ჩახტაური, მ.გვერდითელი, ნ.ცეცაძე

AB_n ტიპის მოლეკულები და გრაფი “ვარსკვლავი” -ს ერთი თვისება

წარმოდგინა აკადემიკოსმა კ.კაფარიძემ 3.10.1996

მოლეკულური გრაფების თანაზიარობის მატრიცები ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე თეორიულ ორგანულ ქიმიაში [1,2]. განსაკუთრებით ეფექტური არიან აღნიშნული ალგებრული კონსტრუქციები მოლეკულების ფორმალურ-მათემატიკურად აღსაწერად [3,4]. ამ მატრიცების ზოგიერთი კლასის გამოყენება (მაგ. რნბ, მგ, ეპ - მატრიცები) საშუალებას იძლევა ინდივიდუალური მოლეკულის სტრუქტურის ალგებრული ჩაწერისა და ჰომოლოგიურ რიგებში “აღნაგობა - თვისება” კორელაციის გამოკვლევისა [5-7]. საინტერესოა, თანაზიარობის მატრიცების იმ მიმართულებით მოდერნიზაციის საკითხი, რომ მათ შესძლონ “დაამუშავონ” - გარკვეული ნიშნით ერთი სიმრავლის ქვეშ გააერთიანონ - სხვადასხვა სტრუქტურის მოლეკულები. ამ ამოცანის გადასაჭრელად AB_n ტიპის მოლეკულებისათვის (სადაც A და B ნებისმიერი ქიმიური ელემენტი (B - ერთვალენტოვანია), ხოლო $n \geq 1$) შემოვიტანეთ ე.წ. გრაფი ვარსკვლავის ცნება და თეორემის სახით დავამტკიცეთ მისი ის თვისება, რომელიც ჩვენთვის აუცილებელია ზემოაღნიშნული ამოცანის გადასაჭრელად.

გრაფს, რომლის ყველა წვეროს ხარისხი ერთის ტოლია, გარდა ერთისა - რომლის ხარისხიც მეტია ერთზე (გამონაკლისია ორწვეროვანი გრაფი) ვარსკვლავი ეწოდება. გრაფის ფსევდოთანაზიარობის მატრიცა ეწოდება მატრიცას, რომლის დიაგონალური ელემენტებია გრაფების წვეროების ხარისხი, ხოლო არადიაგონალური ელემენტებია გრაფების წიბოების ჭერადობა [8]. ქვემოთ მოყვანილია “ხუთქიმიანი ვარსკვლავი” და მისი ფსევდოთანაზიარობის მატრიცა (ეს “ვარსკვლავი” წარმოდგენს, მაგ.: PCl_5 -ის მოლეკულურ გრაფს):



5	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1

თეორემა. n -ქიმიანი (n - ნატურალური რიცხვია) “ვარსკვლავის” ფსევდოთანაზიარობის მატრიცის დეტერმინანტი ნულის ტოლია.

დამტკიცება. დავწეროთ სამ- და ოთხქიმიანი “ვარსკვლავის” ფსევდო-თანაზიარობის მატრიცის დეტერმინანტები და მათი გაშლილი გამოსახულება:

$$\begin{vmatrix} 3 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 3 \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix} = 3 - 1 - 1 - 1 = 0$$

(1) (2) (3) (4)

$$\begin{vmatrix} 4 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 4 \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} -$$

(1') (2') (3')

$$- \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} = 4 - 1 - 1 - 1 - 1 = 0.$$

(4') (5')

დავაკვირდეთ ზემოთ მდგომი (მეოთხე რიგის) დეტერმინანტის ტრანსფორმაციას ქვემოთ მდგომ (მეხუთე რიგის) დეტერმინანტში. (1) და (1') დეტერმინანტები ერთეულოვანია და ცხადია, ერთის ტოლია; (2)-ის (2')-ად გარდაქმნისას, პირველ სვეტში ემატება ერთიანი, შემდეგ ორი ნოლი და ბოლო სვეტში (დიაგონალური) ერთიანი; ამგვარად, თუ იყო

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

გახდება

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

ასეთივე პრინციპით ფართოვდება (3) → (3')-ში წინამორბედი დეტერმინანტის სტრუქტურის გათვალისწინებით, ასეთი გაფართოება მათ რიცხობრივ მნიშვნელობა არ ცვლის და ყოველთვის ერთის ან მინუს ერთის ტოლი რჩება.

ყოველი წინამორბედი ბოლო დეტერმინანტი გაფართოებისას იძლევა ორ დეტერმინანტს (მაგ.: (4) იძლევა (4') და (5')-ს). ე.ი. ყოველ შემდგომ შემთხვევაში, დეტერმინანტების რაოდენობა ერთით იზრდება. ეს ბოლო დეტერმინანტები შემდეგი კანონით "ფართოვდება".

$$\begin{array}{c}
 \left| \begin{array}{ccc} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{array} \right| \\
 (4)
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \nearrow \\
 \searrow
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \left| \begin{array}{cccc} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right| \\
 (4')
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \left| \begin{array}{cccc} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right| \\
 (5')
 \end{array}$$

(4) → (4') გაფართოება ხდება ზემოთ განხილული კანონზომიერებით, ხოლო (4) → (5') გაფართოებისას დეტერმინანტის ნიშანი იცვლება "პლუსიდან" "მინუსზე" (მოღუღი კვლავ ერთის ტოლი რჩება).

ამგვარად, "ქიმიანი ვარსკვლავის" დეტერმინანტი გამოითვლება შემდეგი წესით:

$$\left| \begin{array}{cccccc} n & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{array} \right| = \overbrace{n - 1 - 1 - \dots - 1}^{n\text{-ჯერ}} = n - n = 0.$$

ასე რომ, მისი დეტერმინანტი ნულის ტოლია და თეორემა დამტკიცებულია.

ამგვარად, გრაფი "ვარსკვლავი" წარმოადგენს იმ ალგებრულ კონსტრუქციას, რომელიც ზემოთ განხილული კრიტერიუმით აერთიანებს ისეთ განსხვავებულ მოლეკულებს, როგორცაა $\text{HCl}, \text{BeBr}_2, \text{BCl}_3, \text{CH}_4, \text{PCl}_5, \text{SCl}_6$ და ა.შ. რაც, თავის მხრივ, საშუალებას იძლევა ამ ტიპის ნაერთებში "აღნაგობა-თვისება" კორელაციის გამოსავლენად გამოვიყენოთ ადეკვატური მათემატიკური აპარატი.

ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. მ.გვერდწითელი. ორგანული ქიმიის თეორიული საფუძვლები, თბ., 1989.
2. გ.გაშანი, მ.გვერდწითელი. იზომერიის მოვლენა მათემატიკური ქიმიის თვალთახედვით. თბ., 1992.
3. P.R.Rourvay. Chemical Application of Topology and Graph theory /Ed by A.T.Boclalan. Amsterdam, 1983.
4. გ.გაშანი. მათემატიკური ქიმიის რჩეული თავები. თბ., 1990.
5. მ.გვერდწითელი. ორგანულ ნაერთთა ნომენკლატურის პრინციპები. თბ., 1983.
6. გ.გაშანი, ნ.კობახიძე, მ.გვერდწითელი. ზოგი რამ ტოპოლოგიური ინდექსების შესახებ. თბ., 1995.
7. გ.ჩახტაური, გ.გაშანი, მ.გვერდწითელი. საქ.მეცნ.აკად.მოამბე, 151, 3, 1995. 418-420.
8. O. Ore. Теория графов. М., 1980.



გ.ლეიშვილი

ინფორმაციული ტიპის ტოპოლოგიური ინდექსების აგების პარამეტრული მოდელი

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ.ანდრონიკაშვილმა 9.10.1996.

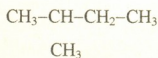
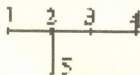
თანამედროვე თეორიულ ორგანულ ქიმიაში ფართოდ გამოიყენება ტოპოლოგიური ინდექსების მეთოდი. იგი მოწოდებულია მოლეკულათა სხვადასხვა თვისებების, მათივე აღნაგობაზე დამოკიდებულების კანონზომიერებათა დასადგენად. "აღნაგობა-თვისება" კორელაციის გამოვლენის პრობლემა დიდი ხანია, იპყრობს მკვლევართა ყურადღებას, რადგანაც ამ ამოცანის თუნდაც ნაერთთა ვიწრო კლასის ფარგლებში გადაჭრა მნიშვნელოვანია მოლეკულათა სისტემატიზაციის, ჰიპოთეტური მოლეკულების თვისებათა პროგნოზირების, მოცემული თვისებების ნაერთთა მიზანმიმართული სინთეზისა და ამ კლასის ნივთიერებათა გარდაქმნების კვლევებისთვის [1]. ტოპოლოგიური ინდექსების მეთოდი არ საჭიროებს რთულ მათემატიკურ აპარატს და ადვილად ექვემდებარება კომპიუტერიზებას - მის საფუძველზე სულ უფრო ხშირად იქმნება გამოყენებითი პროგრამები. კომპიუტერული ტექნიკის განვითარება და დღეისათვის დაგროვილი ინფორმაციების სისტემატიზირების აუცილებლობა ამ მეთოდს კიდევ მეტად პოპულარულს ხდის. დღეისათვის 100-ზე მეტი ინდექსია შემოტანილი, ამიტომ აქტუალურია არა ახალი ინდექსების შემოღება, არამედ ძველი მოდელების ნაკლოვანებათა აღმოფხვრა. მარტივი ინდექსები ვერ ასახავენ ინფორმაციას ჰეტეროატომებისა და სტერეოსტრუქტურული თვისებების შესახებ, რაც ბუნებრივია, მათი ეფექტურობის შეზღუდვას იწვევს.

წინამდებარე ნაშრომი მიზნად ისახავს ზემოთმოყვანილი ნაკლოვანებების აღმოფხვრას ინდექსთა მნიშვნელოვანი და საინტერესო ტიპის ინფორმაციულ ინდექსების ფარგლებში, რომლებიც მოხერხებულ მოდელს წარმოადგენს და განსაკუთრებით ეფექტურია ბიოქიმიურ და ბიოორგანულ გარდაქმნების დროს ინფორმაციათა გადატანის კვლევისას [2]. დავუშვათ, რომ შერჩეულ ფრაგმენტთა X სიმრავლეს, რომელიც n ელემენტისგან შედგება, გარკვეული კრიტერიუმების მიხედვით ვყოფთ K ეკვივალენტობის X_i კლასებად, რომლებშიც n_i ელემენტია; ამასთან $n = \sum n_i$ ფორმალურად n_i / n სიდიდე შეიძლება განიხილებოდეს, როგორც მოლეკულურ სტრუქტურაში X_i კლასის ფრაგმენტის აღმოჩენის ალბათობა. შერონის განტოლების მიხედვით ასეთი ინდექსები გამოითვლება შემდეგი ფორმულებით [1,3]:

$$I = 2n \log_2 n - \sum_i n_i \log_2 n_i \quad \bar{I} = \frac{1}{n} I = - \sum_i \frac{n_i}{n} \log_2 \frac{n_i}{n} \quad (1)$$

ამრიგად მოლეკულათა სტრუქტურების შესახებ ინფორმაცია მკვლევარისთვის საინტერესო კუთხით აისახება, რადგანაც კრიტერიუმები, რომელთა შესაბამისად ხდება ფრაგმენტებად დაყოფა, მრავალგვარია [1], ცხადია, რომ რაც უფრო მარტივია კრიტერიუმთა სისტემა, მით მოხერხებულია ინდექსი, ამიტომ ატომთა შორის მანძილების ერთგვაროვნების შეფასებაზე დაფუძნებული ინდექსები ყველაზე პოპულარულია [1,3, 5,6]. ისინი დამყარებულია მოლეკულურ გრაფთა თეორიაზე.

მოლეკულურ გრაფთა თეორიის მიხედვით თითოეულ მოლეკულას შეიძლება, შეეფარდოს გრაფი - დისკრეტულ-ალგებრული ობიექტი $G(E, V)$, რომელიც შედგება $1, \dots, i, \dots, n$ ელემენტებისაგან შემდგარი (ელემენტების დანომვრა არ არის აუცილებელი) E სიმრავლისა და ამ სიმრავლის ელემენტების ზოგადად მოუწესრიგებელ წყვილებისგან (i, j) შემდგარი V სიმრავლისგან. E სიმრავლის ელემენტებს წვეროები, ხოლო V სიმრავლის ელემენტებს კი წიბოები (წიბოები შეიძლება ჯერადიც იყოს), ეწოდება. i წვეროდან j წვეროსკენ გზას მარშრუტი ეწოდება, ხოლო მარშრუტში წიბოების რაოდენობას კი - მარშრუტის სიგრძე (1 სურათზე) გამოსახულია 2-მეთილბუტანის შესაბამისი მოლეკულური გრაფი (წყალბადის ატომები გამოტოვებულია) [3,4].



სურ.1.

v_1 დან v_5 წვერომდე მარშრუტს შემდეგი სახე აქვს $v_1 v_2 v_5$, ხოლო მისი სიგრძეა $j_{1,5}=2$. თუ მოლეკულური გრაფის შედგენილობა არაერთგვაროვანია, მაშინ წვეროების გასარჩევად გამოყენებულია ე.წ. წონები; ატომური რიგობრივი ნორმები, ელექტროუარყოფითობები და ა.შ., თუ შევადგენთ მატრიცას $D(\alpha, \beta)$, რომლის დიაგონალური ელემენტები $d_{\alpha\alpha}=0$, ხოლო არადიაგონალური $d_{\alpha\beta}=j_{\alpha\beta}$ მაშინ მის საფუძველზე ავაგებთ ე.წ. W ვინერის ინდექსს:

$$W = \frac{1}{2} \sum_{\alpha} \sum_{\beta} d_{\alpha\beta} = \sum_{j_{\alpha\beta}} g_j \cdot J_{\alpha\beta}, \quad (2)$$

სადაც g_j j სიგრძის მარშრუტით დაკავშირებული წვეროების რაოდენობაა.

სურ.1 გამოსახული გრაფისთვის $D(\alpha, \beta)$ მატრიცას ასეთი სახე ექნება [6]:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 2 & 3 \\ & 0 & 1 & 1 & 2 \\ & & 0 & 2 & 3 \\ & & & 0 & 1 \\ & & & & 0 \end{pmatrix}$$

ხოლო $W = 18$ (რაც განშტოებულია გრაფი, მით მცირეა W ინდექსი). ამ მატრიცის საფუძველზე შეიძლება აიგოს ბონჩეგ-ტრინაისტიჩის ინდექსები [1, 5, 6]:

$$I^{(W)} = 2W \log_2 W - \sum_j j g_j \log_2 j g_j \quad \text{და} \quad I_D^{(W)} = 4W \log_2 2W - \sum_{\alpha} d_{\alpha} \log_2 d_{\alpha}, \quad (2.)$$

სადაც

$$d_{\alpha} = \sum_{\beta} d_{\alpha\beta}.$$

მიუხედავად ხაზოვანი ნახშირწყალბადების კვლევაში დიდი ეფექტურობისა ეს ინდექსი ცუდად კორელირებს ჰეტეროატომების და ციკლების შემცველ სტრუქტურებთან.

წინამდებარე ნაშრომში ჩატარებულია $D(\alpha, \beta)$ მატრიცის მოდიფიკაცია. ამისათვის წიბობებსაც მინიჭებული აქვთ წონები, რომელთა ფუნქციასაც ასრულებს $K_{\alpha\beta}$ - ჰიუკელის მოლეკულური ორბიტალების თეორიაში ჰეტეროატომების კვლევისას გამოყენებული ბმის პარამეტრი. ამის გამო მარშრუტის სიგრძე განისაზღვრება, როგორც

$$j_{\alpha\beta}^{(K)} = \sum_{l=\alpha}^{\beta} K_{\alpha\beta l}. \quad (3)$$

მაგალითად C-C ბმისათვის $K_{C-C}=1$; C-O ბმისთვის $K_{C-O}=0,8$; C-S ბმისთვის $K_{C-S}=0,6$; C-F ბმისთვის $K_{C-F}=0,7$ [7] და ა.შ. შესაბამისად W -ინდექსი მოდიფიცირდება $W^{(k)}$ ინდექსად.

გარდა ამისა, შემოტანილია საშუალო მანძილის ცნება. იმ შემთხვევაში, თუ α -დან β -წიბომდე ორი და მეტი მარშრუტია (როგორც ციკლებში) მისი სიგრძე გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$J_{\alpha\beta} = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m j_{\alpha\beta l}^{(K)}, \quad (4)$$

მაშასადამე, $J_{\alpha\beta}$ წარმოადგენს მარშრუტის სიგრძეთა საშუალო არითმეტიკულს. ნათელია, რომ როცა $m=1$, მაშინ $J_{\alpha\beta} = j_{\alpha\beta}^{(K)}$, ამდენად, ახალი მოდელი მთლიანად მოიცავს ძველს, მაგრამ მისი მოქმედების არეალი გაფართოებულია ყველა იმ ნაერთისთვის, რომელიც ექვემდებარება მოლეკულური გრაფების თეორიას.

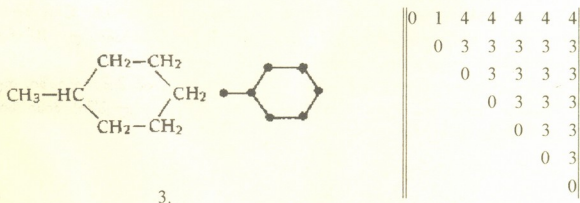
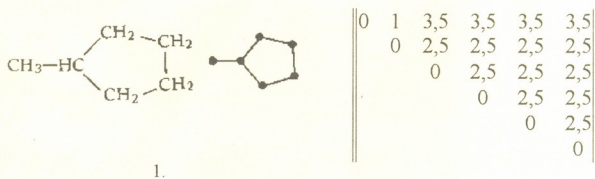
შემოთქმულის გათვალისწინებით, მოდიფიცირებულ ინდექსებს ასეთი სახე აქვთ:

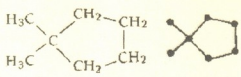
ზემოთქმულის გათვალისწინებით, მოდიფიცირებულ ინდექსებს ასეთი სახე აქვთ:

$${}^{(K)}I^{(W)} = 2W^{(K)} \log_2 W^{(K)} - \sum_I J_{g_i} \log_2 J_{g_i}, \quad (5)$$

იმისთვის, რომ განვსაზღვროთ ახალი მოდელის ეფექტურობა, განვიხილოთ ზოგიერთი ალიფატური სპირტი და ციკლური ნაერთი.

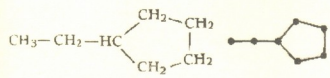
ქვემოთ მოყვანილია ამ ნაერთთა სტრუქტურული ფორმულები, შესაბამისი მოლეკულური გრაფები და მოდიფიცირებული მატრიცები.





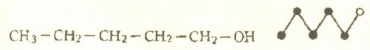
4.

0	2	1	3,5	3,5	3,5	3,5
	0	1	3,5	3,5	3,5	3,5
		0	2,5	2,5	2,5	2,5
			0	2,5	2,5	2,5
				0	2,5	2,5
					0	2,5
						0



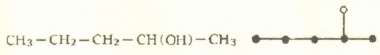
5.

0	1	2	4,5	4,5	4,5	4,5
	0	2	3,5	3,5	3,5	3,5
		0	2,5	2,5	2,5	2,5
			0	2,5	2,5	2,5
				0	2,5	2,5
					0	2,5
						0



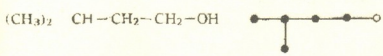
1.

0	1	2	3	4	4,8
	0	1	2	3	3,8
		0	1	2	2,8
			0	1	1,8
				0	0,8
					0



2.

0	1	2	3	4	3,8
	0	1	2	3	2,8
		0	1	2	1,8
			0	1	0,8
				0	1,8
					0



3.

0	1	2	3	3,8	2
	0	1	2	2,8	1
		0	1	1,8	2
			0	0,8	3
				0	3,8
					0

მიღებული შედეგები სტანდარტული ენტროპიებითურთ მოცემულია ცხრილში.
 ცხრილი

ცხრილი ინდექსები და შესაბამისი ენტროპიები
 ა) ციკლოალკინებისთვის ბ) სპირტებისთვის

№	$(K)I^{(W)}$	S_{298}°
1	256.34	81.24
2	247.13	71.28
3	398.93	82.06
4	412.25	85.87
5	477.10	90.42

ა)

№	$(K)I^{(W)}$	S_{298}°
1	284.85	86.90
2	250.27	85.81
3	239.73	77.98

ბ)

ამდენად კლასთა ფარგლებში, მიღწეულია კარგი ურთიერთდამოკიდება "აღნაგობა-თვისება" კავშირში. უნდა აღინიშნოს, რომ ჰეტეროციკლების შემთხვევაში კორელაცია გაცილებით ცუდია, ამდენად, მოცემული მოდელი მოიცავს ნაერთთა დიდ უმრავლესობას, მაგრამ ისეთი საინტერესო კლასის აღსაწერად, როგორცაა ჰეტეროციკლური ნაერთები, მოდელი შემდგომ დამუშავებას საჭიროებს.

რაც შეეხება ჯერალდშიან ნაერთებს, მათი აღწერა გაძნელებულია მოლეკულურ გრაფთა თეორიის ნაკლოვანებების (სტერეოგრაფების [2] ერთიანი თეორიის არარსებობა) გამო.

ამრიგად, წიბოთათვის წონების მინიჭებას, როგორც ჩანს, ახალ სიმბოლეზე აპყავს მათ ქიმიური მეთოდები [8], რაც დამატებით იმპულსს ანიჭებს ახალი მოდელების შემუშავების მიზნით ჩატარებულ კვლევებს.

ი.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო
 უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *М.И.Станкевич, И.В.Станкевич, Н.С.Зефирова.* Усп.хим. **LVII**, 3, 1988, 337-366.
2. *А.Котман.* Введение в прикладную комбинаторику. М., Наука 1975, 442.
3. *Ф.Харари.* Теория графов. М., 1973, 300.
4. *D.Bonchev.* Information Theoric Indices for Characterization of Chemical Structures. Chich.: Res.Stu. Press, 1983.
5. *A.Sablic, N.Trinajstic.* Acta-Pharm. Jugos., **31**, 1981, 189.
6. *В.И.Минкин, Б.Я.Симкин, З.М.Миняев.* Теория строения молекул. М., 1979, 233.
7. *E.Estrada.* J. Chem. Inf. Comp. Sci. Amer. Chem.Soc., **35**, 4, 1995, 708



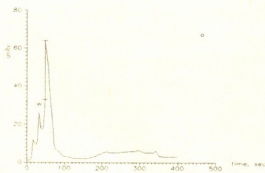
ნ.წიბაბაშვილი, ვ.ბარნოვი, ლ.მოსულიშვილი

წყლის შემცველობის განსაზღვრის ექსპრესიული მეთოდი ეთერზეთებში

წარმოადგინა აკად. ო.ანდრონიკაშვილმა 15.11.1996

წყალი წარმოადგენს ყველაზე უფრო ალბათურ მინარევულ კომპონენტს სხვადასხვა მცენარეული წყაროდან ნაწარმოებ ეთერზეთებში. სასაქონლო პროდუქტის ხარისხი მნიშვნელოვნად განისაზღვრება ეთერზეთებში წყლის შემცველობის დონით. ამდენად, ექსპრესიული მეთოდების შექმნას წყლის რაოდენობის კონტროლისათვის, ამა თუ იმ ეთერზეთის შემადგენლობაში, გააჩნია დიდი მნიშვნელობა როგორც ეთერზეთების წარმოების ტექნოლოგიის გამართვისას, ასევე უკვე სასაქონლო პროდუქტის ექსპერტიზის დროს.

ექსპერიმენტულ მეთოდთ არჩეული იყო გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფია, რომელიც საშუალებას იძლევა სწრაფად შეფასდეს პროდუქტის სისუფთოავე, მასში არსებული მინარევების ბუნება და რაოდენობა. ამავე დროს, ლიტერატურული მონაცემების თანახმად [1,2]. ნივთიერებებში წყლის რაოდენობის კონტროლისათვის, დასახელებული მეთოდი, პოლარული უძრავი სითხეებისათვის და საკმარისი მგრძობიარობის მქონე კათარომეტრის



სურ.1ა

გამოყენების დროს, გაცილებით საიმედოა, ვიდრე რეაქციულ - ქრომატოგრაფიული მეთოდები. პოლარულ ფაზებში აქცეპტორების და დონორების ატომების არსებობა განაპირობებს იმას, რომ საანალიზო ცხიმოვანი მჟავები ქრომატოგრაფიულ სვეტზე შეკავდებიან მათი დუღილის ტემპერატურის შესაბამისად.

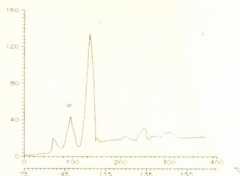
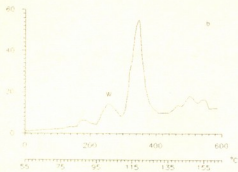
ანალიზები ჩატარდა გაზური ქრომატოგრაფი „LJet-104“-ის გამოყენებით. ეს ქრომატოგრაფი აღჭურვილია სითბოგამტარებლობის პრინციპზე დაფუძნებული დეტექტორით (კათარომეტრი) და უყანგავი ფოლადის სვეტით, რომლის ზომებია - 1,5მ x 3მმ. უძრავ ფაზად არჩეული იყო ინერტონ სუპერზე დაფენილი, 0,16-0,25 მმ ზომების მქონე 15% კარბოვაქსი 20M. ექსპერიმენტში გაზ-მატარებლად გამოიყენებოდა ჰელიუმი. ანალიზის დროს ხდებოდა 10 მკლ ნიმუშის პირდაპირი შეყვანა ქრომატოგრაფიულ სვეტში, გამოკვლეულ იქნა საქართველოში სხვადასხვა პირობებში დამზადებული რამდენიმე სახეობის ეთერზეთის 11 ნიმუში.

ქვემოთ წარმოდგენილია იმ ნიმუშების ქრომატოგრამები, რომლებშიც აღმოჩენილია წყლის დიდი რაოდენობა.

ცნობილია, რომ წყლის პიკის გაზრდა-გაგანიერება, გამოწვეული მისი მოლეკულების მაღალი პოლარობით, იწვევს ამ პიკის ზედღებას საანალიზო ნარევის სხვა კომპონენტების პიკებზე, რაც აძნელებს რაოდენობრივ შეფასებებს. ამიტომ



აუცილებელია გაყოფის ოპტიმალური ქრომატოგრაფიული პარამეტრების დადგენა თითოეული ეთერზეთისათვის ცალ-ცალკე.

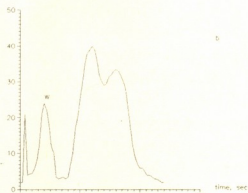
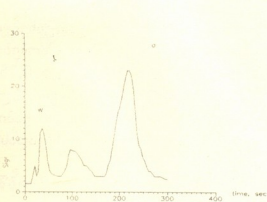


ყ-ღერძზე s-დეტექტორის სიგნალია ფარდობით ერთეულებში. x-ღერძზე t-დროა წმ-ში, w-წყლის პიკია.

სურ.1 დაფნის ეთერზეთის (Laurel oil) ქრომატოგრამები

ქრომატოგრამები მიღებულია 10 მკლ ნიმუშის შეყვანილ გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფის სვეტში. სვეტს გაიხსნა შემდეგი ტემპერატურები: a) 100°C; b) საწყის მომენტში ტემპერატურა იყო 55°C, ხოლო შემდეგ ხდებოდა მისი დაპროგრამებული გაზრდა 165°C-მდე 11°C/წთ სიჩქარით; c) საწყის მომენტში ტემპერატურა იყო 75°C, ხოლო შემდეგ ხდებოდა მისი დაპროგრამებული გაზრდა 170°C-მდე 15°C/წთ სიჩქარით. ჰელიუმის ხარჯი იყო 24 მლ/წთ, ხოლო სვეტის ზომები-1,5მ x 3მმ.

1 სურათზე მოყვანილია დაფნის ეთერზეთის (Laurel oil) კომპონენტებად დაყოფის შედეგები 15% კარბოვაქს 20M სვეტზე. ჰელიუმის ხარჯი შეადგენდა 24მლ/წთ. როგორც 1a სურათიდან ჩანს, იზოთერმულ რეჟიმში (სვეტების თერმოსტატის ტემპერატურაა 100°C). ეთერზეთი დეტექტირდება ცუდად განცალკევებული პიკების სახით. ტემპერატურის დაპროგრამებული გაზრდისას 55°C-დან 165°C-მდე 11°C/წთ სიჩქარით. დაიშორება ექვსი კარგად განცალკევებული პიკი, მაგრამ საწყისი პიკები გაგანიერებულია (სურ.1b). დაფნის ეთერზეთი დეტექტირდება ექვსი კარგად განცალკევებული პიკის სახით, და გარდა ამისა, დაიშორება ორი ახალი პიკი, როდესაც სვეტის ტემპერატურა სინჯის შეყვანის მომენტში 75°C-ია. ხოლო შემდეგ ხდება ტემპერატურის დაპროგრამებული გაზრდა 170°C-მდე 15°C/წთ სიჩქარით (სურ.1c). ამდენად, შეიძლება ითქვას, რომ უკანასკნელი რეჟიმი საუკეთესოა წყლის კონტროლისთვის დაფნის ეთერზეთში.



ყ-ღერძზე s-დეტექტორის სიგნალია ფარდობით ერთეულებში. x-ღერძზე t-დროა წმ-ში, w-წყლის პიკია.

სურ.2 კამის (Dill oil, a) და პიტნის (Mint oil, b) ეთერზეთების ქრომატოგრამები.

ქრომატოგრამები მიღებულია 10 მკლ ნიმუშის შეყვანილ გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფის სვეტში. სვეტის ტემპერატურა იყო 100°C, ჰელიუმის ხარჯი-24 მლ/წთ ხოლო სვეტის ზომები-1,5 მ x 3 მმ.



მე-2 სურათზე წარმოდგენილია კამის (Dill oil) და პიტნის (Mint oil) ეთერზეთების ქრომატოგრაფიული გაყოფის შედეგები 15% კარბოვაქსი 20M სვეტზე, ჰელიუმის ხარჯი შეადგენდა 24 მლ/წთ. როგორც ამ სურათიდან ჩანს, დასახელებულ ეთერზეთებში მისაღებია გაყოფის იზოთერმული რეჟიმი (სვეტების თერმოსტატის ტემპერატურა 100^oC). ყველა შემთხვევაში დეტექტორის თერმოსტატის ტემპერატურა იყო 200^oC. შემოთავაზებული მეთოდის ანალიზური პარამეტრების ე.წ. სიგნალური შეფასების შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში.

ცხრილი
ქრომატოგრაფიული ანალიზის ძირითადი მეტროლოგიური მახასიათებლები

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
პიკის ფართობი ფარდ. ერთ., S	186	181	184	180	174	186	182	179	175	174	181
- S							180				
- ΔS საშ.კვ.							1,32				
ცდომილება, σ							4,38				

მოყვანილი მონაცემებიდან გამომდინარეობს, რომ საშუალოს განსაზღვრის სიზუსტე 0.7%-ის ფარგლებშია, რაც სავსებით შეიძლება ჩაითვალოს მისაღებ მნიშვნელობად. წყლის შემცველობის რაოდენობრივი ანალიზისთვის საკვლევ ეთერზეთებში გამოყენებული იყო აბსოლუტური კალიბრების მეთოდი [2]. წყლის ფარდობითი შემცველობის გამოთვლა ხდებოდა ფორმულით: $Q = S_1 / S$, სადაც S_1 არის წყლის პიკის ფართობი ქრომატოგრამაზე, ხოლო S - ყველა დანარჩენი პიკების ფართობების ჯამი. Q -თვის მიღებულია შემდეგი მნიშვნელობები 16%, 10% და 11% შესაბამისად დაფნის, კამის და პიტნის ეთერზეთებისთვის. Q -ს ეს სიდიდეები გვიჩვენებს, რომ წარმოდგენილ ნიმუშებში წყალი წარმოდგენს უკვე არა მინარევს, არამედ ერთ-ერთ ძირითად კომპონენტს, რაც მკვეთრად აუარესებს ამ ეთერზეთების ხარისხს. ამასთან დაუშვებელია ასეთი სინჯების შემდგომი გამოკვლევები, რადგან ეს იწვევს ქრომატოგრაფიული სვეტის მწარმოებლობის დაქვეითებას.

ამრიგად, ჩვენ მიერ დადგენილია საქართველოში წარმოებულ რიგ ეთერზეთებში წყლის შემცველობის განსაზღვრის ყველაზე უფრო ოპტიმალური ქრომატოგრაფიული პარამეტრები 15% კარბოვაქსი 20M სვეტზე. ზოგიერთ ნიმუშში აღმოჩენილია არასასურველი ნივთიერების - წყლის მაღალი კონცენტრაცია.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია,
ფიზიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *М.С.Горяев, И.П.Глива.* Методы исследования эфирных масел. Алма-Ата, 1962.
2. *К.А.Гольберт, М.С.Вигдергауз.* Введение в газовую хроматографию. М., 1990.



რ.კვარაცხელია, ე.კვარაცხელია

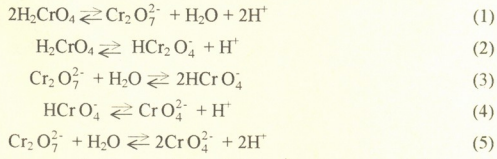
Cr(6+)-ის ვოლტამპერომეტრია შერეულ წყალ-ორგანულ გარემოში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ.ჭაფარიძემ 6.09.1996

მოცემულ სამუშაოში აღწერილია ბიქრომატულ ხსნარებში Cr(6+)-ის ელექტროდგენის შესწავლის შედეგები შერეულ წყალ-ორგანულ გარემოში მყარ ელექტროდებზე.

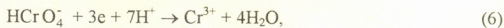
Cr(6+)-ის ელექტროქიმიური ქცევის შესწავლა H₂Cr₂O₇-ის ხსნარებში წყლის ბინარულ ნარევეებში აცეტონთან, აცეტონიტრილთან, დიმეთილფორმამიდთან და პირიდინთან ხორციელდებოდა მბრუნავი დისკების ელექტროდებზე ვოლტამპერომეტრიისა და სტაციონარულ ელექტროდებზე ქრონოვოლტამპერომეტრიის მეთოდებით მაღალი სისუფთავის მქონე Sn, Cu და Cu-Hg-ის გამოყენებით დახურულ უჯრედში სუფთა ჰელიუმის ატმოსფეროში (აღნიშნულ მეტალთა შემთხვევაში პროცესის ყველაზე მკვეთრი სურათი შეიმჩნევა). გაზომვებისადმი ელექტროდების მომზადების მეთოდიკა აღწერილია [1]-ში, ხოლო გამოყენებული ორგანული გამხსნელების გაწმენდისა და გაუწყლოების მეთოდიკა - [2,3]-ში. სამუშაოში გამოყენებული ფონის ელექტროლიტი - NaCl₄ ორჯერ იყო გადმოკრისტალიზებული ბიდესტილატიდან, რის შემდეგ ხურდებოდა 190-200°C-ზე რამდენიმე დღის განმავლობაში. სამუშაოში გამოყენებული იყო აგრეთვე ორჯერ გამოხდილი H₂SO₄Cr(6+)-ის შემცველი ნაერთის სახით გამოიყენებოდა ბიდესტილატიდან ორჯერ გადმოკრისტალიზებული K₂Cr₂O₇. H₂Cr₂O₇-ის საბაზო 0,1 M ხსნარის მისაღებად ეზმარობდით 0,1 M K₂Cr₂O₇-სა და 0,1 M H₂SO₄-ს. შედარებით ელექტროდად ვიყენებდით კალომელის ნაჯერ ელექტროდს. ყველა გაზომვები შესრულებულია 20°C-ზე.

Cr(6+)-ის სხვადასხვა მდგომარეობებს შორის არსებულ წონასწორობების:

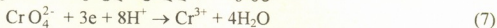


შესახებ არსებული რაოდენობრივი მონაცემების (პურბეს დიაგრამები მათი დანართით [4] ანალიზი მოწმობს იმაზე, რომ Cr(6+)-ის არსებობის ძირითად ფორმას სამუშაოში გამოყენებულ H₂Cr₂O₇-ის ხსნარებში (C=0,001-0,005 M) ნეიტრალურ (0.1M NaClO₄) და მკვა (0.1N H₂SO₄) ფონებში წარმოადგენს HCrO₄⁻ იონი.

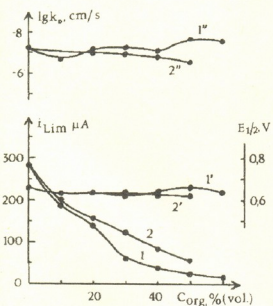
წყალხსნარებში ყველა გამოყენებული ფონებისა და ელექტროდების შემთხვევაში შეიმჩნევა Cr(6+)-ის აღდგენის მკვეთრი ვოლტამპერომეტრული სურათი: ნეიტრალურ ფონებში იგი წარმოქმნის ორ-ორ ტალღას Sn-სა და Cu-Hg-ის ელექტროდებზე და ერთ ტალღას სპილენძის ელექტროდზე, ხოლო მყავა ფონებში - თითო ტალღას Cu-სა და Cu-Hg-ის ელექტროდებზე ნაჩვენებია, რომ Cr(6+)-ის ტალღა 0.1N H₂SO₄-ში და პირველი ტალღა 0.1M NaClO₄-ში შეესაბამებინან რეაქციას:



ხოლო მეორე ტალღა 0.1M NaClO₄-ში (და აგრეთვე Cu-ის ელექტროდის შემთხვევაში ამავე ფონში არსებული ტალღა) - რეაქციას:



(დეპოლარიზატორის ბუნების შეცვლა განპირობებულია ელექტროდის მიმდებარე შრეში pH-ის ზრდით).



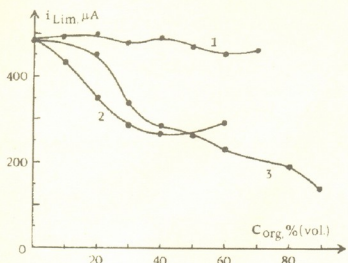
სურ. I. Cr(6+)-ის ელექტროდდგენის კინეტიკური პარამეტრების დამოკიდებულება ორგანული კომპონენტის კონცენტრაციისაგან წყლის ნარევებში აცეტონთან (1, 1' და 1'') და აცეტონიტრილთან (2, 2' და 2''). ელექტროდი Sn; 0.1M NaClO₄; 10⁻³M H₂CrO₇; 980 ბრ/წთ. 1 და 2 - ზ_{ფი}; 1' და 2' - E_{1/2}; 1'' და 2'' - k₀.

წყლის გარემოს შეცვლა წყალ-ორგანული გარემოთი, რომელმაც საგრძნობი გავლენა უნდა მოახდინოს წონასწორობათა (I) - (5) მდგომარეობაზე, იწვევს Cr(6+)-ის ვოლტამპერომეტრიის სურათის მკვეთრ შეცვლას. ორგანული კომპონენტის შემცველობის ზრდა წყლის ნარევებში აცეტონთან, აცეტონიტრილთან და დიმეთილფორმამიდთან 0.1M NaClO₄-ში იწვევს Cr(6+)-ის I და II ტალღების ზღვრული დენების მკვეთრ შემცირებას (მაგრამ ამავე დროს ნახევარტალღის პოტენციალის E_{1/2} და სიჩქარის კონსტანტის K₀ სიდიდეები პირველი ტალღების უბანში მცირედ იცვლება, რაც მეტყველებს დეპოლარიზატორისა და პროტონის დონორის ბუნების უცვლელობაზე). 1 სურათზე ნაჩვენებია აღნიშნული სურათი Sn-ის ელექტროდის შემთხვევაში აცეტონისა და აცეტონიტრილის წყალხსნარებში (K₀-ის სიდიდეები

გათვლილია სტაციონარულ ელექტროდზე გადაღებული ქრონოვოლტამპერო-გრამების პარამეტრების ანალიზის შედეგად, პოლარიზაციის სიჩქარე - 0,5 ვ/წმ). რეაქციების (6) და (7) სიჩქარის ეს შემცირება დაკავშირებულია სხვადასხვა ფაქტორების მოქმედებასთან: ნარევების სიბლანტის ზრდასთან (რაზედაც მეტყველებს Cr(6+)-ის ზღვრული დენების სიდიდეების უფრო შესამჩნევი შემცირება სისტემებში წყალი-დიმეთილფორმამიდი და წყალი-აცეტონი, ვიდრე წყლისა და აცეტონიტრილის ნარევებში), წონასწორობათა (3) და (5) გადახრასთან Cr₂O₇²⁻ იონთა მხარეს ელექტროდის მიმდებარე შრეში წყლის შემცველობის შემცირებისას,

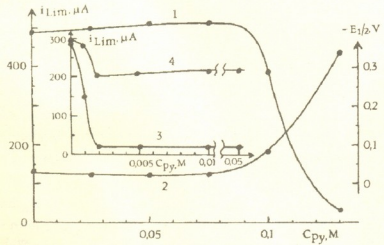


პროტონის გადასოლვატაციისთან ორგანული კომპონენტის კონცენტრირებულ ნარევებში (რომელიც გავლენას ახდენს წონასწორობის (4) მდგომარეობაზე და გარემოს პროტონდონორულ თვისებებზე). აღნიშნული ფაქტორების მოქმედება (სიბლანტის გარდა) აღწევს მაქსიმუმს აცეტონის, აცეტონიტრილისა და დიმეთილ-ფორმამიდის მაღალკონცენტრირებულ (99%) ხსნარებში (აქ Cr(6+) წარმოქმნის კარგად გამოხატულ ტალღებს, რომელთა E_{1/2}-ის სიდიდეები 99%-იან აცეტონში ტოლია - 0,90 ვ (Sn) - 0,95 ვ (Cu); 99%-იან აცეტონიტრილში - 1,04 ვ (Sn), - 1,01 ვ (Cu); 99%-იან დიმეთილ-ფორმამიდში - 1,70 ვ (Cu), - 0,08 ვ (Cu-Hg). ამ გარემოში (სადაც



სურ. 2. - Cr(6+) -ის ზღვრული დენების სიდიდეთა დამოკიდებულება ორგანული კომპონენტის კონცენტრაციისაგან 0.1N H₂SO₄-ში, ელექტროდი - Cu; 10⁻³M H₂Cr₂O₇; 980 ბრ/წთ. 1-აცეტონიტრილი; 2-აცეტონი; 3-დიმეთილფორმამიდი.

Cr(6+)-ის ზღვრული დენების სიდიდეები ბევრად უფრო მცირეა, ვიდრე წყალხსნარებში) ძირითად Cr(6+)-ის შემცველ ნაწილას Cr₂O₇²⁻ იონი წარმოადგენს, ხოლო პროტონის დონორს - ლიონიუმის იონი, რაც იწვევს Cr(6+)-ის აღდგენის სიჩქარის მკვეთრ შემცირებას. მჟავა ხსნარებში (0,1NH₂SO₄) ორგანული კომპონენტის შემცველობის ზრდა არ იწვევს პროცესის სიჩქარის ისეთ შესამჩნევ შემცირებას, როგორც 0,1 M NaClO₄-ში: აქ ეს შემცირება უფრო შესამჩნევა



სურ.3. Cr(6+)-ის ელექტროაღდგენის კინეტიკური პარამეტრების დამოკიდებულება პირიდინის კონცენტრაციისაგან 0.1N H₂SO₄-ში (1 და 2) და 0.1 M NaClO₄-ში (3 და 4). 10⁻³ M H₂Cr₂O₇; 980 ბრ/წთ. ელექტროდები - Cu(1 და 2) და Sn(3 და 4). 1 - i_{lim} ; 2 - E_{1/2}; 3 - i_{lim} ; 4 - i_{lim} .

ის სხვადასხვა ფორმებს შორის არსებულ წონასწორობათა მდგომარეობაზე, ასევე ნარევების პროტონდონორულ თვისებებზე წყალბადის იონების მაღალი

სისტემაში წყალი-დიმეთილ-ფორმამიდი (ნარევების სიბლანტის ძლიერი ზრდა), მაშინ როცა სისტემაში წყალი-აცეტონი მას ადგილი აქვს აცეტონის მხოლოდ 30%-იან შემცველობამდე, ხოლო წყლისა და აცეტონიტრილის ნარევებში ტალღის სიმაღლის შემცირება ნაკლებად შესამჩნევა (მე-2-ე სურათზე ნაჩვენებია აღნიშნული მოვლენები სპილენძის ელექტროდის შემთხვევაში). ეს დაკავშირებულია ორგანული კომპონენტის შემცველობის ზრდის ნაკლებად გამოხატულ გავლენასთან, როგორც Cr(6+)-

კონცენტრაციის პირობებში (წონასწორობების (3) და (5) გადახრა $Cr_2O_7^{2-}$ იონთა მხარეს შესამჩნევია მხოლოდ ორგანული კომპონენტის კონცენტრირებულ ხსნარებში, თანაც წყლის ნარევეებში აცეტონთან და განსაკუთრებით აცეტონიტრილთან მისი გავლენა $Cr(6+)$ -ის ზღვრული დენების სიდიდეებზე კომპენსირებულია გარემოს დაბალი სიბლანტით).

მაღალფუძიანი პირიდინის დამატება $H_2Cr_2O_7$ -ის წყალხსნარებში, რომელიც პროტონის რაოდენობრივ გადასოლვატაციას იწვევს [3], განაპირობებს პროცესის სურათის მკვეთრ ცვლილებას უკვე პირიდინის მცირე შემცველობისას ($2 \cdot 10^{-3}$ M Py 0.1M $NaClO_4$ -ში, სადაც არის 10^{-3} M $H_2Cr_2O_7$ და 0.1M Py 0.1N H_2SO_4)-ში): I და II ტალღების სიმაღლეები 0.1M $NaClO_4$ -სა და 0.1N H_2SO_4 -ში არსებული ტალღის სიმაღლე მკვეთრად ეცემა, ხოლო $E_{1/2}$ -ის სიდიდეები გადაიხრება უფრო უარყოფით მხარეს (სურ.3). პირიდინის მცირე დანამატების ეფექტის არსებობა $Cr(6+)$ -ის არა მარტო პირველი, არამედ მეორე ტალღების უბანშიც (და აგრეთვე Cu-ის ელექტროდის შემთხვევაში არსებული ტალღის უბანში) მოწმობს H_3O^+ იონთა ნაწილობრივ პროტონდონორულ მოქმედებაზე $Cr_2O_7^{2-}$ იონების აღდგენის პროცესშიც (რეაქცია (7)); პროტონის გადასოლვატაციის შემდეგ აღნიშნული პროცესი წყლის მოლეკულების პროტონდონორული მოქმედების რეჟიმზე "გადაირთვება".

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის
 ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Р.К.Кварацхелия, Т.Ш.Мачавариани.* Электрохимия, **20**, 3, 1984, 303.
2. *Р.К.Кварацхелия, Г.Р.Кварацхелия, М.Г.Жамиерашвили,* Электрохимия, **27**, 8, 1991, 1065.
3. *З.Р.К.Кварацхелия, М.Г.Жамиерашвили, Е.Р.Кварацхелия.* Электрохимия, **28**, 12, 1992, 1869.
4. Справочник химика. Т. III. М.-Л., 1964.

აბტომატური მართვა და გამოთვლითი ტექნიკა

ი.მიქაძე, მ.ქარქაშაძე

მრავალპროცესორიანი და მრავალმანქანიანი გს-ის
საიმედოობისა და ეფექტიანობის პროგნოზირება

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ.კიკინაძემ 2.09.1996

გამოთვლითი სისტემების (გს) ერთ-ერთ მნიშვნელოვან თვისებას, რომელიც არსებითად მოქმედებს მათი ფუნქციონირების პროცესებზე, წარმოადგენს მათი მოწყობილობებისა და პროგრამული უზრუნველყოფის საიმედოობა. მაღალი საიმედოობისა და მაღალმწარმოებლურობის უზრუნველსაყოფად იქმნება ტოპოლოგიური რეკონფიგურაციის შესაძლებლობის მქონე მრავალპროცესორიანი (მპგს) და მრავალმანქანიანი გს (მმგს). ასეთი სისტემების ტექნიკური რეალიზაცია ითვალისწინებს რამდენიმე იდენტური გამოთვლითი საშუალებების გამოყენებას, რომლებიც ფუნქციონირებენ ერთიანი მართვის ქვეშ და ყოველ მათგანს შეუძლია სხვადასხვა პროგრამების რეალიზაცია.

ერთი ფუნქციონალური ბლოკის მტყუნების შემთხვევაში ხდება დატვირთვის გადანაწილება ისეთნაირად, რომ გს ინარჩუნებს ყველაზე მნიშვნელოვანი ფუნქციების შესრულების შესაძლებლობას. იმ დროს, როდესაც აუცილებელია ცალკეული მოწყობილობების მტყუნებისას შევინარჩუნოთ საწყისი მწარმოებლურობა, სისტემაში გათვალისწინებულია აპარატული და დროითი სიჭარბე. ყოველ მოწყობილობაში (ან ბლოკში) შეფერხებების და მტყუნების აღმოსაჩენად გათვალისწინებულია კონტროლის სისტემის არსებობა.

წინამდებარე ნაშრომის მიზანია აპარატული და დროითი რეზერვების მქონე მრავალპროცესორიანი და მრავალმანქანიანი გს ანალიზი. გს განიხილება, როგორც მასობრივი მომსახურების სისტემა (მმს) გაერთიანებული რიგით და საერთო რესურსებით, ერთი ან რამდენიმე შესასვლელი ნაკადებით მოთხოვნათა (დავალბათა) ჭგუფური მომსახურებით.

დავუშვათ მპგს (მმგს), რომელიც შესდგება m მუშა მომსახურე მოწყობილობისაგან და $n-m$ ანალოგიური სათადარიგო მოწყობილობებისაგან, იტვირთება საერთო დავალებით (მოთხოვნებით, განაცხადებით) რომელთა ნაკადის ინტენსივობა ტოლია λ ; თითოეული განაცხადის დამუშავების დრო წარმოადგენს შემთხვევით სიდიდეს, რომლის განაწილების ფუნქციაა $F(u)$. სისტემა ერთდროულად ემსახურება იმდენ განაცხადს, რამდენიც მუშაობის უნარიანი მოწყობილობაა სისტემაში მოცემულ მომენტში, მაგრამ არაუმეტეს m -სა. მუშა მოწყობილობების მტყუნება ხდება α_1 ინტენსივობით, ხოლო სათადარიგო მოწყობილობების მტყუნება α_2 ინტენსივობით. მუშა მოწყობილობის მტყუნების მომენტში მის ადგილზე გადაირთვება სათადარიგო მოწყობილობა, თუ ამ მომენტში მუშაობისუნარიანი $n-m$ სათადარიგო მოწყობილობებიდან ერთ-ერთი მაინც. სისტემაში არის ერთი შემეკეთებელი ბრიგადა, რომელიც იმწამსვე იწყებს წყობიდან გამოსული მოწყობილობის აღდგენას, თუ ის ამ დროს თავისუფალია. აღდგენის დრო შემთხვევითი სიდიდეა μ ინტენსივობით. გადამრთველი მოწყობილობა იგულისხმება,



რომ აბსოლუტურად საიმედოა. მომდევნო დავალების შესრულება იწყება მხოლოდ მაშინ, როდესაც თუ მუშაობისუნარიანია ერთი მოწყობილობა მაინც. დავალებები რომლებიც მოხვდებიან მომსახურე სისტემაში იღებენ სრულ მომსახურებას და ამის შემდეგ ტოვებენ სისტემას. [1]-სგან განსხვავებით, აქ რიგის სიგრძე და რიგში დგომის დრო შეზღუდულია, თუ განაცხადთა რაოდენობა რიგში ტოლია c -სი, მაშინ ახალი დავალება რიგში აღარ დგება და ტოვებს სისტემას მომსახურების გარეშე. რიგში ლოდინის (დგომის) დრო შემთხვევითი სიდიდეა. განაცხადები ტოვებენ რიგს მომსახურების გარეშე, თუ მათი რიგში დგომის დრო გადააჭარბებს t შემთხვევით დროს ექსპონენციალური განაწილებით τ პარამეტრით.

მათემატიკური მოდელის ასაგებად შემოვიღოთ შემდეგი შემთხვევითი პროცესები [2]:

$\eta(t)$ -სისტემაში დროის t მომენტისათვის არსებული დავალებების რაოდენობა.

$\mu(t)$ -მუშაობისუნარიანი მოწყობილობების რაოდენობა t მომენტში.

$\sigma(t)$ - t მომენტში მომსახურების პროცესში მყოფი განაცხადთა რაოდენობა.

$\xi(t)$ - დროის t ინტერვალში მოგროვებულ განაცხადთა რაოდენობა.

$\chi(t)$ - დროის ინტერვალის ბოლო 0 -მომენტიდან (0 -მომენტი ეწოდება მომსახურების ციკლის დაწყებისა და დასრულების მომენტს).

მომსახურე სისტემის მდგომარეობა შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი აღბათობით [2]:

$$R_i(t) = P\{\mu(t) = i; \eta(t) = 0\} \quad i = \overline{1, n}; \quad R_0^{(k)}(t) = P\{\mu(t) = 0; \xi(\chi(t)) = k\}, \quad k = \overline{1, c};$$

$$P_{ij}^{(k)}(t, u) du = P\{\eta(t) = k; \sigma(t) = l; u < \chi(t) < u + du | \mu(t - \chi(t)) = i\};$$

$$l \leq \min(i, k, m), \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, c + \eta_{ik}};$$

$h_j^{(k)}(v) dv$ არის იმის აღბათობა, რომ მომსახურე სისტემაში, რომელიც j მდგომარეობაში იმყოფება k რაოდენობის განაცხადების მომსახურება დასრულდება დროის $(v, v + dv)$ ინტერვალში, იმ პირობით, რომ საწყის მომენტში მომსახურე სისტემა იყო i -ურ მუშაობისუნარიან მდგომარეობაში [2].

$P_{ij}^{(k)}(t, u)$ -ს შესახებ გავაკეთოთ რამდენიმე შენიშვნა.

განსახილველი სისტემების ფუნქციონირების პროცესის აღწერიდან გამომდინარეობს, რომ $P_{ij}^{(k)}(u) = 0, k < l$. ან $k > c + l$ ნათელია აგრეთვე ისიც, რომ ნებისმიერი შეთავსებისათვის $l > i$ ან $l > m$ $P_{ij}^{(k)}(t, u) = 0$. თუ მომდევნო მომსახურების ციკლის დასაწყისში მომსახურე სისტემის მდგომარეობა $i < m$, ხოლო სისტემაში განაცხადთა რაოდენობა მეტია i -ზე, მაგრამ $i \leq c + l$, მაშინ აღწერილი წესის მიხედვით ჯგუფი ფორმირდება i დავალებებისაგან. იმ შემთხვევაში, როცა $i \geq m$ სხვა პირობების ერთგვაროვნებისას ჯგუფი შესდგება m განაცხადისაგან. შეიძლება ჩამოვთვალოთ $P_{ij}^{(k)}(t, u)$ ფუნქციის ყველა შესაძლო შეთავსება, როცა მისი მნიშვნელობა ნულისაგან განსხვავებულია, ეს მდგომარეობა აისახება η_{ik} -ში:

$$\eta_{i,k} = [k\delta(k < i) + i\delta(k \geq i)]\delta(i \leq m) + [k\delta(k < m) + m\delta(k \geq m)]\delta(i > m);$$

$$\delta(\bullet) = \begin{cases} 1, & \text{თუ } (\bullet) \text{ ჭეშმარიტი გამონათქვამია} \\ 0, & \text{წინააღმდეგ შემთხვევაში} \end{cases}$$

აღვნიშნოთ

$$H_{ij}^{(k)}(u) = \int_0^u h_{ij}^{(k)}(v) dv, \quad r_{ij}^{(k)}(u) = \frac{h_{ij}^{(k)}(u)}{\bar{H}_i^{(k)}(u)}, \quad r_i^{(k)}(u) = \frac{h_i^{(k)}(u)}{\bar{H}_i^{(k)}(u)},$$

$$\bar{H}_i^{(k)}(u) = 1 - H_i^{(k)}(u).$$

ნათელია, რომ

$$H_i^{(k)}(u) = \sum_{j=1}^n H_{ij}^{(k)}(u), \quad h_i^{(k)}(u) = (H_i^{(k)}(u))', \quad h_j^{(k)}(u) = \sum_{j=1}^n h_{ij}^{(k)}(u),$$

$$r_i^{(k)}(u) = \sum_{j=1}^n r_{ij}^{(k)}(u), \quad H_i^{(k)}(\infty) = 1$$

აქ ყველგან ზემოთა k ინდექსი აღნიშნავს, რომ ერთდროულად მომსახურების პროცესშია k რაოდენობის განაცხადი.

ნორმირების პირობას აქვს სახე.

$$\sum_{i=1}^n R_i(t) + \sum_{k=0}^c R_0^{(k)}(t) + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^{\eta_k} \sum_{k=1}^{c+l} P_{il}^{(k)}(t) = 1.$$

$$\text{აქ } P_{il}^{(k)}(t) = \int_0^t P_{il}^{(k)}(t, u) du \text{ წარმოადგენს იმის ალბათობას, რომ } t \text{ დროის}$$

მომენტისათვის სისტემაში იმყოფება k განაცხადი ($k \leq c+l$), მათგან l -ის მომსახურება ხდება გვერდის შემადგენლობაში, იმ პირობით, რომ მომსახურების დაწყების მომენტში მომსახურე სისტემა იყო i -ურ მდგომარეობაში.

რეკურენტული დიფერენციალური დამოკიდებულება $R_i(t)$, $R_0^k(t)$ და $P_{il}^{(k)}(t, u)$ -თვის შეიძლება ვიპოვოთ სისტემის შესაძლო მდგომარეობების შეცვლის განხილვის გზით, დროის უსაზღვრო მცირე ინტერვალში t -დან $t+h$ -მდე. შემდგომში $h \rightarrow 0$ ზღვარზე გადასვლით ამ დამოკიდებულებას აქვს სახე.

$$R_0'(t) = -[\mu + (1 - \delta_{0c})\lambda]R_0(t) + \alpha_1 R_1(t) + (1 - \delta_{0c})\tau R_0^{(1)}(t); \quad (1)$$

$$\begin{aligned} (R_0^{(k)}(t))' &= \lambda R_0^{(k-1)}(t) - [\mu + (1 - \delta_{kc})\lambda + k\tau] R_0^{(k)}(t) + \\ &+ (1 - \delta_{kc})(k+1)\tau R_0^{(k+1)}(t), \quad k = \overline{1, c}, \quad R_0^{(k)}(t) = 0 \text{ როცა } k > l; \end{aligned}$$

$$R_i^l(t) = -[\lambda + (1 - \delta_{in})\mu + a_i]R_i(t) + \mu R_{i-1}(t) + (1 - \delta_{in})a_{i+1}R_{i+1}(t) + \quad (2)$$

$$+ \sum_{v=1}^n \sum_{\varepsilon=1}^{\eta_v} \int_0^t P_{v\varepsilon}^{(\varepsilon)}(t, u) r_{vi}^{(\varepsilon)}(u) du, \quad i = \overline{1, n}; \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_{il}^{(k)}(t, u)}{\partial t} + \frac{\partial P_{il}^{(k)}(t, u)}{\partial u} &= -[(1 - \delta_{k, c+l})\lambda + r_i^{(l)}(u) + (k-l)\tau] P_{il}^{(k)}(t, u) + \\ &+ (1 - \delta_{k, c+l})(k+1-l)\tau P_{il}^{(k+1)}(t, u) + (1 - \delta_{kl})\lambda P_{il}^{(k-1)}(t, u), \quad (4) \end{aligned}$$

$k = \overline{1, c+l}$, $i = \overline{1, n}$, $l = \overline{1, \eta_i}$, $P_{il}^{(k)}(t, u) = 0$ თუ $k > c+l$, $c = 0, 1, 2, \dots, N$.

აქ $\eta_v = v\delta(v \leq m) + m\delta(v > m)$; $a_i = \delta_0(i < m)\alpha_1 + \delta_1(i \geq m)[m\alpha_1 + (i-m)\alpha_2]$;

$$\bar{\pi}_{\eta} (s) = \frac{\left(\frac{\rho^j}{j!}\right)}{s \sum_{j=0}^c \frac{\rho^j}{j!}} + \sum_{r=1}^c \frac{D_{\eta}(s_r) D_j(s_r) c! \rho^{c-\eta}}{s_r D_c(s_r) D'_c(1+s_r) j! (s-s_r)} \quad (8)$$

აქ $D_k(s)$ ($k = \overline{0, c}$) $c+1$ რიგის კვადრატული D მატრიცის ქვემატრიცის დეტერმინანტია.

$$D = \begin{vmatrix} \rho+s & -1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ -\rho & \rho+1+s & -2 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & -\rho & \rho+2+s & -3 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & -\rho & c+s \end{vmatrix}$$

$$D_0(s) = 1; D_1(s) = \rho + s; D_{n+1}(s) = (\rho + n + s)D_n(s) - \rho n D_{n-1}(s);$$

$$D_c(s) = (\rho + c - 1 + s)D_{c-1}(s) - \rho(c-1)D_{c-2}(s).$$

(8)-ში აჯამება ხდება განტოლების

$$(\rho + c + s)D_{c-1}(s+1) - \rho(c-1)D_{c-2}(s+1) = 0.$$

c ($s_r, r = \overline{1, c}$) ფესვების მიხედვით.

(8)-ის უკუ გადასახვას ექნება სახე:

$$P_{\eta, j}(u) = A_j^{(c)} + \sum_{r=1}^c B_{\eta}^{(c)}(s_r) e^{s_r u}, \quad (9)$$

აქ

$$A_j^{(c)} = \frac{\left(\frac{\rho^j}{j!}\right)}{\sum_{j=0}^c \frac{\rho^j}{j!}}; B_{\eta}^{(c)}(s_r) = \frac{c! \rho^{c-\eta}}{j!} \frac{D_{\eta}(s_r) D_j(s_r)}{s_r D_c(s_r) D'_c(1+s_r)};$$

აღვნიშნოთ:

$$\bar{R}_0^{(k)}(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} R_0^{(k)}(t) dt, k = \overline{0, c}; \bar{R}_i(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} R_i(t) dt; \bar{h}_{ji}^{(c)}(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} h_{ji}^{(c)}(t) dt;$$

$$\bar{P}_{i\eta k}^{(k)}(s, 0) = \int_0^{\infty} e^{-st} P_{i\eta k}^{(k)}(t, 0) dt, k = \overline{1, c + \eta_{ik}}, i = \overline{1, n}.$$

თუ გამოვიყენებთ (1), (2), (3) და (5)-ის მიმართ ლაპლასის გარდასახვებს, (9) და (6) გათვალისწინებით, მივიღებთ ალგებრულ განტოლებათა სისტემას, არასტაციონალურ რეჟიმში საიმედოობისა და ეფექტურობის მაჩვენებლების მიმართებით, ლაპლასის გარდასახვის სახით:

$$s \bar{R}_0(s) = -[\mu + (1 - \delta_{0c})\lambda] \bar{R}_0(s) + a_1 \bar{R}_1(s) + (1 - \delta_{0c}) \tau \bar{R}_0^{(1)}(s); \quad (10)$$

$$s \bar{R}_0^{(k)}(s) = \lambda \bar{R}_0^{(k-1)}(s) - [\mu + (1 - \delta_{kc})\lambda + k\tau] \bar{R}_0^{(k)}(s) + \quad (11)$$

$$+ (1 - \delta_{kc})(k + 1)\tau \bar{R}_0^{(k+1)}(s), k = \overline{1, c}, \bar{R}_0^{(c+n)}(s) = 0, \text{ როცა } n > 0;$$

$$s \bar{R}_i(s) - \delta_{in} = -[\lambda + (1 - \delta_{in})\mu + a_i] \bar{R}_i(s) + \mu \bar{R}_{i-1}(s)(1 - \delta_{in})\alpha_{i+1} \bar{R}_{i+1}(s) + \quad (12)$$

$$+ \sum_{v=1}^n \sum_{\varepsilon=1}^{\eta_v} \sum_{\gamma=\varepsilon}^{c+\varepsilon} \bar{P}_{v\eta_{v\gamma}}^{(\gamma)}(s, 0) \left[A_0^{(c)} \bar{h}_{vi}^{(\varepsilon)}(s) + \sum_{r=1}^c B_{\gamma-\varepsilon, 0}^{(c)}(s_r) \bar{h}_{vi}^{(\varepsilon)}(s - s_r, \tau) \right] \delta(\eta_{v\gamma} = \varepsilon);$$

$$\bar{P}_{i\eta_{ik}}^{(k)}(s, 0) = F_i^{(k)}(s) + \delta_{ki} \bar{R}_i(s) + \delta_{i1} \mu \bar{R}_0^{(k)}(s); i = \overline{1, n}, k = \overline{1, c + \eta_i}, \quad (13)$$

$$\bar{P}_{v\varepsilon}^{(k)}(s, 0) = 0 \quad (k \geq v + \varepsilon, \varepsilon = \eta_{vk}),$$

სადაც

$$\bar{F}_i^{(k)}(s) = \sum_{v=1}^n \sum_{\varepsilon=1}^{\eta_v} \sum_{\gamma=\varepsilon}^{c+\varepsilon} \bar{P}_{v\eta_{v\gamma}}^{(\gamma)}(s, 0) \left[A_k^{(c)} \bar{h}_{vi}^{(\varepsilon)}(s) + \sum_{r=1}^c B_{\gamma-\varepsilon, k}^{(c)}(s_r) \bar{h}_{vi}^{(\varepsilon)}(s - s_r, \tau) \right] \delta(\eta_{v\gamma} = \varepsilon);$$

აქვე მოვიყვანოთ $\bar{P}_{il}^{(k)}(t)$ ლაპლასის გარდასახვა

$$\bar{P}_{il}^{(k)}(s) = \int_0^\infty e^{-st} P_{il}^{(k)}(t) dt = \sum_{\gamma=1}^{c+1} \bar{P}_{i\eta_{i\gamma}}^{(\gamma)}(s, 0) q_{\gamma-1, k-1}^{(i)}(s) \delta(\eta_{i\gamma} = l),$$

სადაც

$$q_{\gamma-1, k-1}^{(i)}(s) = \frac{(1 - \bar{h}_i^{(l)}(s))}{s} A_{k-1}^{(c)} + \sum_{r=1}^c B_{\gamma-1, k-1}^{(c)}(s_r) \frac{(1 - \bar{h}_i^{(l)}(s - s_r, \tau))}{s - s_r, \tau}.$$

(10), (11), (12) და (13) განტოლებების სისტემის ამოხსნის შედეგად ვპოულობთ მშს საძებნი მდგომარეობების ალბათობებს.

თბილისის ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *И.С.Микадзе, Р.В.Какубава, Н.Чамчев.* Сообщ.АН Груз. ССР, 152, 2, 1975.
2. *Р.В.Какубава.* Автор.дисс...Д-ра тех.наук. Тбилиси, 1994.
3. *Dzh. Riordan.* Verojatnostnye sistemy obsluzhivaniya. М., 1996.



ავტომატური მართვა და ბაზოთვლითი ტექნიკა

მ.მახარაძე

τ - ლოგიკის ფორმულების სტანდარტული ფორმები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. ჯავახიძემ 27 01 1997

ბოლო წლებში დიდი ყურადღება ეთმობა პროგრამის სამართლიანობის დამტკიცების მათემატიკური მეთოდების შესწავლას. ერთ-ერთი ასეთი მეთოდი აღწერილია [1]. ამ მეთოდით ანალიზი უკეთდება პროგრამებს, რომლის წიბოს აღმწერი მაკონტროლებელი პრედიკატისაგან მოითხოვება, რომ ის იყოს უკვანტორო ფორმულა. ეს საკმარისად დიდ შეზღუდვას წარმოადგენს და განპირობებულია იმით, რომ [1] განხილული მეთოდის გამოყენება მოითხოვს პროგრამის აღმწერი A ფორმულის მიყვანას სკოლემის სტანდარტულ B ფორმაზე. ცხადია, როცა A ფორმულა შეიცავს კვანტორებს, საზოგადოდ B არ არის ეკვივალენტური A -სი, ე.ი. B ფორმულა ამ პირობებში არ იქნება მოცემული პროგრამის აღმწერი ფორმულა. გარდა ამისა, უნდა აღვნიშნოთ, რომ სასურველია ლოგიკური თეორიის ენა, რომელშიც აღიწერება ესა თუ ის პროგრამა იყოს პრედიკატების ლოგიკის ენაზე უფრო ძლიერი გამომსახველობით უნარის მქონე ენა [2]. [3,4] ნაშრომებში მოცემული პრინციპების საფუძველზე აგებულია პრედიკატების ლოგიკაზე უფრო მეტი გამომსახველობის მქონე განვითარებადი ლოგიკა. იგი გამოიზნულია მათემატიკური გამოკვლევების ელექტრონულ - გამოთვლით მანქანებზე სარეალიზაციოდ.

ნაშრომის მიზანია შესწავლილ იქნეს ხსენებული ლოგიკის ფორმულების τ - სტანდარტული ფორმები, რომელთა საშუალებითაც მოიხსნება პროგრამაზე ზემოთ ხსენებული შეზღუდვები.

ვთქვათ, A ფორმულა არ შეიცავს კვანტორებს, მაშინ A ფორმულის მარტივი τ - კონიუნქციური ნორმალური ფორმა ემთხვევა შესაბამისად A ფორმულის კონიუნქციურ ნორმალურ ფორმას.

ვთქვათ, A არის რაღაც ფორმულა. A ფორმულის τ - კონიუნქციური ნორმალური ფორმა განისაზღვრება შემდეგი ალგორითმით:

ბიჯი1: A ფორმულაზე შემდეგი ორი განსაზღვრება: 1) $\exists xA - (\tau xA/x)A$ და 2) $\forall xA - \sim \exists x \sim A$ გამოვიყენოთ იმდენჯერ, სანამ A ფორმულაში შემავალი ყველა არსებობის და ზოგადობის კვანტორი არ გაქრება. მიღებული ფორმულა აღვნიშნოთ B -თი.

ბიჯი2: ვთქვათ, B_1, B_2, \dots, B_n არიან B ფორმულის ყველა ის მაქსიმალური ნაწილები, რომლებიც არ შეიცავენ τ - ოპერატორებს, ხოლო თვით იმყოფებიან τ ოპერატორის მოქმედების არეში. B'_1, B'_2, \dots, B'_n -ით აღვნიშნოთ შესაბამისად B_1, B_2, \dots, B_n ფორმულების τ -კონიუნქციური ნორმალური ფორმები, მაშინ C ფორმულას, რომელიც მიიღება B ფორმულიდან B_1, B_2, \dots, B_n -ის შეცვლით B'_1, B'_2, \dots, B'_n ნაწილებით, ვუწოდოთ A ფორმულის პირველი საფეხურის τ -კონიუნქციური ნორმალური ფორმა.

ბიჯი3: ვიგულისხმობთ, რომ $\alpha_1 B_1, \alpha_2 B_2, \dots, \alpha_n B_n$ ნაწილები C ფორმულის მონიშნული ნაწილებია. მონიშნულ ნაწილებში შემავალი ოპერატორები უგულვებელვყოთ. ასეთი C ფორმულისათვის გამოვიყენოთ ბიჯი2. მიღებული ფორმულა იქნება მეორე საფეხურის τ -კონიუნქციური ნორმალური ფორმა.

ცხადია, ეს პროცესი დამთავრებადია, ბიჯი2-ის რაღაც გარკვეული K რაოდენობით გამოყენების შემდეგ და მაშინ მიღებულ M ფორმულას ვუწოდოთ K საფეხურის τ -კონიუნქციური ნორმალური ფორმა.

ბიჯი4: K საფეხურის τ -კონიუნქციურ ნორმალურ ფორმას შევხედოთ, როგორც წინადადებათა ალგებრის ფორმულას და მივიყვანოთ $C_1 \wedge C_2 \wedge \dots \wedge C_m$ კონიუნქციურ ნორმალურ სახემდე ბუნებრივი წესით. C_1, C_2, \dots, C_m ნაწილებს A ფორმულის დიზიუნქტები ეწოდებათ, ხოლო $S = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ სიმრავლეს - A ფორმულის დიზიუნქტთა სიმრავლე.

τ -დიზიუნქციური ნორმალური ფორმა განისაზღვრება ანალოგიურად.

ზემოთ აღწერილ ალგორითმთა უშუალო შედეგს წარმოადგენს შემდეგი ორი თეორემა:

თეორემა 1: თუ B არის A ფორმულის სტანდარტული τ -კონიუნქციური ნორმალური ფორმა, მაშინ A ტოლძალოვანია B -სი.

თეორემა 2: თუ B არის A ფორმულის სტანდარტული τ -დიზიუნქციური ნორმალური ფორმა, მაშინ A ტოლძალოვანია B -სი.

ი.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო
 უნივერსიტეტის ნ.ვეკუას სახელობის
 გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Ч.Чень Р. Ли.* Математическая логика и автоматическое доказательство теорем, 1983, 360с.
2. *Р.Б.Андерсон.* Доказательство правильности программ, 1982, 168с
3. *Х.Рухая.* В кн. Сб. исследований по математической логике и теории алгоритмов Тбилиси, 1985, 58-74.
4. *Ш.С.Пхакадзе.* Некоторые вопросы теории обозначений, 1977, 195с.



აკადემიკოსი ნ.სხირტლაძე, ი.ახვლედიანი, ი.ბაკაშვილი

თრიალეთის ქედის ჩრდილო კალთის ცეოლითმემცველი ქანები მდინარე თეძამის აუზის შუა და ზედა ნაწილების ფარგლებში

წარმოდგენილია 18.12.1996

მდინარე თეძამის აუზი ზოგიერთი წიაღისეულის, განსაკუთრებით კი საამშენებლო და მოსაპირკეთებელი ქვების სიუხვით, იმთავითვე იქცევდა ყურადღებას. სულ ბოლო დროს კი, ხეობის ქვემო ნაწილში, ცეოლითური ნედლეულის მძლავრი საბადო იქნა აღმოჩენილი, რომელიც სათანადოდ არის შესწავლილი, გამოთვლილია ცეოლითური ნედლეულის მარაგები და, ბოლო ომამდე, ექსპლუატაციაშიც კი იყო. საერთოდ ცეოლითური ნედლეულის პრაქტიკულად გამოყენებას ფართო დიაპაზონი აქვს მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის მთელ რიგ დარგებში [1, 2], ამიტომ გასაგებია, რომ ასეთი ნედლეულის მოძებნა და ახალ საბადოთა აღმოჩენა, რასაკვირველია, ინტერესმოკლებული არ იქნება. აი ამ მიზნით დაიწერა წინამდებარე სტატია, რომელშიც ნაჩვენებია ამ საკითხთან დაკავშირებული ფაქტობრივი მასალის ანალიზი და ისიც მინიშნებულია, თუ სად არის მოსალოდნელი თეძამის აუზის ფარგლებში ცეოლითური ნედლეულის აღმოჩენა. ამ მხრივ, თრიალეთის ქედის ჩრდილო კალთის სხვა რეგიონებთან ერთად, ინტერესს იმსახურებს მთლიანად თეძამის ანტიკლინური სტრუქტურა და მის სამხრეთით მომდევნო სხვა ტექტონიკური სტრუქტურებიც, რომელთა გეოლოგიური დახასიათება ძველებურ ლიტერატურაში საკმაოდ სრულად არის გაშუქებული [3,4].

საკუთრივ თეძამის ანტიკლინის გული, ალპური დროის, ძირითადად, ფუძე ვულკანიტებით არის აგებული, რომელსაც სამხრეთ და ჩრდილო მხრიდან წამოფარებული აქვს ჯერ ზედა ცარცული (სენომანტურონული) ასაკის ვულკანოგენ-დანალექი წყება, შემდეგ კი პალეოგენური ნალექები. ზედა ცარცული წარმოდგენილია შრეებრივი, ღია-მომწვანო ფერის ფერფლის ტუფებით, ტუფიტებით და კარბონატული ქანების, უმთავრესად, მერგელების მორიგეობით. სამხრეთ ფრთის რკონის უბანზე წყების აგებულებაში რიოლითური და რიოლით-დაციტური ლავებიც მონაწილეობს. რაც შეეხება ჩრდილო ფრთას, აქ ეს წარმონაქმნები მეტწილად დაფარულია და ფრაგმენტულად ჩანს.

ზედა ცარცულის ამ წარმონაქმნებს ანტიკლინის სამხრეთ ფრთის აღმავალ კრილში სტრატиграფიული უთანხმოებით მოუყვება ჯერ შედარებით მცირე სიძლავრის პალეოცენ-ქვედა ეოცენი, წარმოდგენილი ფერადი თიხებით და მერგელებით, შემდეგ კი შუა ეოცენის მძლავრი ვულკანოგენ-დანალექი წყება, რომელიც ლითოლოგიური ნიშნებით რეგიონი ორ ნაწილად არის გაყოფილი: ქვედა-შრეებრივი ტუფებისა და არგილიტების წყებად და ზედა - სქელშრეებრივი ტუფობრექჩიების წყებად [4]. პირველი წარმოდგენილია შედარებით თხელშრეებრივი ტუფოგრაფიკების, ტუფოარგილიტებისა და ტუფომერგელების მორიგეობით, მეორე კი სქელშრეებრივი ტუფოგრაფიკების, ფერფლის ტუფების, ტუფოარგილიტებისა და ტუფომერგელების მორიგეობით. მკითხველს უნდა

შევასწენოთ, რომ შუა ეოცენის ამ წარმონაქმნებთანაა დაკავშირებული თქვენს ცნობილი საბადო, რომელიც ანტიკლინის ჩრდილო ფრთაშია გამოვლენილი. ზედა ცარცულის წარმონაქმნები სოფ. ჭკობიანსა და ჩაჩუბეთს შორის, ცეოლითშემცველობის თვალსაზრისით, შესწავლილი აქვს რ. შუბლაძეს [5], რომლის მონაცემებით მწვანე რიოლითური ტუფების სიმძლავრე 80 მეტრამდეა. თავად ცეოლითი მაღალაკუმულირებული სახესხვაობით - მორდენიტით არის წარმოდგენილი, რომლის რაოდენობა ქანში 80% -მდეა განსაზღვრული.

(ცხრილი

თეძამის აუზის ზედაცარცული და შუა ეოცენის ზოგიერთი ცეოლითშემცველი ქანის ქიმიური შედგენილობა

	1	2	3	4	ცეოლითის რაოდენობა
SiO ₂	74,033	74,096	74,853	62,89	
TiO ₂	0,224	0,171	0,185	0,33	
Al ₂ O ₃	10,465	11,180	11,626	10,26	№ 1 - 76%
Fe ₂ O ₃	0,886	1,232	1,237	1,20	№ 2 - 45%
FeO	0,360	0,450	0,270	0,83	№ 3 - 41%
MnO	0,038	0,033	0,040	0,07	№ 4 - 85-90%
MgO	0,898	0,943	1,095	1,04	
CaO	1,517	1,644	1,501	5,88	
Na ₂ O	2,731	1,136	2,407	0,73	
K ₂ O	1,197	3,009	3,005	0,59	
SO ₃	0,021	0,143	0,011	0,03	
P ₂ O ₅	0,027	0,280	0,029	0,08	
H ₂ O ⁺	3,600	2,360	2,340	3,78	
H ₂ O ⁻	7,603	5,683	3,741	12,29	
გამი	100,00	100,00	100,00	100,00	
Si/Al	5,98	5,61	5,47	5,18	

1 - მორდენიტშემცველი ტუფი სოფ. კაპრაშიანის მიდამოებიდან (ზ. ცარცი), 2 - 3 - რიოლითური ლავები სოფ. რკონის მიდამოებიდან (ზ. ცარცი), 4 - კლინოპტილოიტშემცველი ტუფი მდ. თეძამის მარჯვენა ნაპირიდან, სოფ. რკონის მახლობლად (შ. ეოცენი).

რ. შუბლაძის შემდეგ ამ რაიონში ჩვენც მოგვიხდა მუშაობა. შეგროვილი მასალის საფუძველზე დადგინდა, რომ იქ, სადაც კი სოფ. ჩაჩუბეთის სამხრეთით - რკონსა და ამ უკანასკნელის სამხრეთ-დასავლეთით გავრცელებულ ზედაცარცულ წარმონაქმნებში გაბატონებული ადგილი უჭირავთ შრეებრივ ფერფლისა და პემზის ტუფებს, ტუფობრეჭიებს, იგნიმბრიტებს, რიოლითებს, რიოლით-დაციტებს, რომლებიც დაკავშირებული არიან თიხა-კარბონატულ და კაჟიან ნალექებთან [6], პიროკლასტურ მასალაში - შრეებრივ ფერფლის ტუფებსა და ტუფობრეჭიებში - დიაგენეტური ცეოლითებია წარმოდგენილი ჰეილანდიტ-კლინოპტილოლიტისა და მორდენიტის სახით. ამგვარი ქანების სიუხვით ყურადღებას იმსახურებს რაიონის ჩრდილო-დასავლური და სამხრეთ-აღმოსავლური ნაწილი, სადაც საგრძნობლად მატულობს ცეოლითების მინერალიზაცია [7]. გარდა ამისა, ყურადღებას იქცევს ისიც, რომ რკონის აღმოსავლეთ და სამხრეთულ ზოლში გამავალი ტექტონიკური აშლილობის გასწვრივ გავრცელებული მკავე ლავების - რიოლითების და რიოლითური დაციტების - კომპლექსში ზედნადები ჰიდროთერმული პროცესების აქტივიზაცია აღინიშნება. გამოხატული აღნიშნული ვულკანიტების ფელზიტური ძირითადი მასის გაცეოლიტებაში, რის შედეგადაც წარმოქმნილია ქიმიურად Na და K შემცველი ჰეილანდიტი, აგრეთვე ანალციმი, ზოგან კი ალბიტი, კვარცი [7] და



ეროვნული
ბიბლიოთეკა

ლომონტიტი [6]. ამავ ე პროცესით უნდა აიხსნას, აგრეთვე, რკონის უშუალოდ ხეობაში გამოჩენილი მუქი მწვანე ტუფების მთლიანად გათიხება და ნაწილობრივ გაკვარება. ისე, რომ თეძამის ხეობის ქუკობიან-რკონის უბანზე ცეოლითების ორი გენერაცია ისახება: დიაგენეტური (ჰეილანდიტ-კლინობტილოლიტი და მორდენიტი) და ჰიდროთერმალურ-მეტასომატური, წარმოდგენილი ძირითადად ჰეილანდიტ-მორდენიტ-ანალციმით, ლომონტიტთან, მონტმორილონიტთან, ალბიტთან და კვარცთან ერთად. ამასთან დაკავშირებით ქვემოთ მოტანილ ტაბულაში ნაჩვენებია დიაგენეტური და ჰიდროთერმალურ-მეტასომატური პროცესებით გარდაქმნილი ფერფლის ტუფების (№ 1, 4) და ვულკანიტების (№ 2, 3) ქიმიური შედგენილობის თავისებურებანი და მათში წარმოქმნილი ცეოლითების რაოდენობა.

მოტანილი ტაბულიდან ჩანს, რომ დიაგენეტურად გარდაქმნილ ტუფებში ცეოლითის რაოდენობა უფრო მეტია, ვიდრე ჰიდროთერმალურად შეცვლილ ქანებში.

აი ეს მონაცემები უფლებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ თეძამის ანტიკლინურ სტრუქტურაში განვითარებული ზედა ცარცული ტუფოგენური ქანები და მათთან დაკავშირებული მოსაპირკეთებლად ვარგისი მწვანე ტუფები, ლავები და მსხვილნატეხიანი ბრექჩიები, თავისი სიმძლავრით, მნიშვნელოვანი გავრცელებით და, თანაც, ადვილად მოსაპოვებელი პირობებით - ვგულისხმობთ დასახლებული ადგილების სიახლოვეს და გზებს - კომერციული თვალსაზრისით დიდ ინტერესს იმსახურებენ.

ცარცულის ზემოთ მომდევნო პალეოგენურ წარმონაქმნებში ჩვენ მიერ დეტალური ქრილები იქნა შედგენილი სოფ. ჩაჩუბეთის სამხრეთით და რკონის ჩრდილო და ჩრდილო-დასავლეთით, სოფლების ფიცვისის, საყვარეს, წითელწყაროს და ლულის ფარგლებში და, აგრეთვე, აღმოსავლეთით, გოსტიბესა და ცხავერის მონაკვეთზე. უნდა აღინიშნოს, რომ ყველგან აქ ეოცენი სინკლინურ განლაგებაშია. ანალოგიური წარმონაქმნების არსებობას აჩვენებს დ. პაპავა [4] საკვლევი რაიონის სამხრეთ-დასავლეთით, სოფ. მღებრიანისა და საჯას ზოლში.

ამ ქრილებში შუა ეოცენის ქვედა ნაწილი, ე.წ. ქვედა შრეებრივად წოდებული, აგებულია საშუალო და შედარებით სქელშრეებრივი ტუფოქვიშაქვების, თხელშრეებრივი ტუფოარგილიტებისა და ტუფომერგელების მორიგეობით, რომელთა საერთო სიმძლავრე (ყველაზე სრულ ქრილში - საყვარე-ლულის გზაზე) დაახლოებით 200 მეტრია. რაც შეეხება ქვიშაქვებში შემავალ მასალას, იგი, არსებითად, გრაუვაკურია, რომელთა ცემენტი, იქნება ეს კონტაქტური თუ ბაზალური, ანალციმ-ჰეილანდიტით, ზოგჯერ კი ქლორიტით და კალციტით არის წარმოდგენილი. უნდა აღინიშნოს, რომ ნამდვილი ფერფლის ტუფები, შუა ეოცენის ამ ნაწილში, იშვიათია, სამაგიეროდ გავრცელებულ ფერფლის მასალას შეიცავენ ტუფოარგილიტები და ტუფომერგელები. ისე, რომ შუა ეოცენის ეს ნაწილი ცეოლით შემცველია, თუმცა ცეოლითები რაოდენობით არც თუ დიდია.

რაც შეეხება შუა ეოცენის ზედა - ე.წ. სქელშრეებრივი ტუფობრექჩიების - წყებას, ის რაიონის ფარგლებში თითქმის არსად არის სრულად წარმოდგენილი (გადარეცხილია ან ტექტონიკურად იფარება სხვა ნალექებით), მაგრამ ყველაზე სრულ ქრილში მაინც რკონი-ჩაჩუბეთის გზის გასწვრივ აღინიშნება, სადაც წყების სიმძლავრე 700 მეტრს აღწევს. აქაც შუა ეოცენის აგებულებაში გაბატონებული ადგილი უჭირავს სქელშრეებრივ და მსხვილმარცვლოვან ტუფოგრაუვაკებს და მათთან მორიგეობაში მყოფ თხელშრეებრივ მერგელებს, ტუფომერგელებს და



არგლიტებს (სილიციტებს), რომლებშიც განშრევებული არიან მოლურჯო ვიტროკრისტალოკლასტური ტუფების თხელი (5-10 სმ) შრეები და ნაცრისფერი ფერფლის ტუფები. საკუთრივ ტუფოგრაფიკები, ტუფომერგელები და ტუფოარგლიტები ისეთივე ხასიათის არიან, როგორც ეს ქვედა შრეებრივში იყო. ტუფოგრაფიკებში ყურადღებას იქცევს პლაგიოკლაზიანი პორფიტების ნატეხთა სიუხვე, რომელთა შემაცემენტებელი მასალა აქაც ქლორიტული მასები და ანალციმ-ჰეილანდიტია. ვიტრო-კრისტალოკლასტური ტუფებში ჩვეულებრივ ჰეილანდიტ-კლინობტილოლიტი მონაწილეობს. რაც შეეხება ფერფლის ფეხებს, უკანასკნელნი მძლავრი დასტების სახით, ჩვენ მიერ, რკონი-ჩაჩუბეთის გზის გასწვრივ იქნენ ერთ უბანზე გამოვლენილი (შუა ეოცენის ზედა ნაწილში), იქ სადაც მდ. შავწყალა უერთდება მდ. თეძამს. აქ მოთეთრო ნაცრისფერი ფერფლის ტუფების 4 და 12 მ-იანი დასტებია, რომლებიც მკაფიოდ ჩანს შუა ეოცენის მუქ მოყავისფროდ შეფერილ ქანებს შორის. ფერფლის ტუფების ამგები კლასტური მინებრივი მასა მეტწილად ჰეილანდიტ-კლინობტილოლიტად არის გარდაქმნილი. ამ ცეოლიტების რაოდენობა კი ქანის 70-90%-ს შეადგენს. მათი ქიმიური შედგენილობა ზემოთ მოტანილ ტაბულაშია ნაჩვენები. ამასთან გვინდა აღვნიშნოთ, რომ მდ. თეძამის ხეობის შუა და ზედა ნაწილში ესენი არიან ახლად მიკვლეული ცეოლითშემცველი ქანები, რომელთაც ჩვენ რკონის გამოსავლები შევარქვით და მარაგის გამოთვლის მიზნით რეკომენდაციას ვიძლევიტ მათ დაძიებაზე.

როგორც ზემოთ მოტანილი ფაქტობრივი მასალის ანალიზიდან ჩანს, თეძამის აუზის ზედაცარცული და შუაეოცენური წარმონაქმნები ცეოლითშემცველობის თვალსაზრისით დიდ ინტერესს იმსახურებენ. თუმცა ის კია, რომ ჩაჩუბეთისა და რკონის სამხრეთით, ჩრდილო-დასავლეთით და აღმოსავლეთით რაიონებში გავრცელებულ ეოცენის ვულკანოგენ-დანალექ წარმონაქმნებში ცეოლითშემცველი ტუფები არც თუ ხშირია, მაგრამ რაც არის, მათში ცეოლითით გაჭერება მაღალია. რაც შეეხება კიდევ უფრო სამხრეთით გავრცელებულ ვულკანოგენ-დანალექ წარმონაქმნებს, რომლებიც სოფლების მღებრიანისა და საჯას რაიონებს მოიცავენ, დღეისათვის მათ შესახებ საკმაო მასალა არ მოგვეპოვება, ამიტომ მათ ცეოლითშემცველობაზე რაიმე დასკვნის გამოტანაზე ჭრჭერობით თავს ვიკავებთ, თუმცა ის კია, რომ ცეოლითური ნედლეული ბევრიც რომ იყოს, მისი ექსპლუატაცია, მთავარი მაგისტრალური გზიდან დაშორების გამო, ძვირადღირებული იქნება.

ი. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

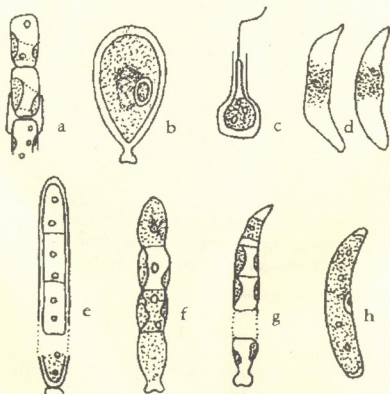
1. *Г.В.Цицишвили, Т.Г.Андроникашвили.* Природные цеолиты и возможности их использования в народном хозяйстве. Тбилиси, 1978.
2. *Г.В.Цицишвили, Т.Г.Андроникашвили, М.А.Кардава.* Природные цеолиты в земледелии. Тбилиси 1993.
3. *П.Д.Гамкrelაძე.* Геологическое строение Аджаро-Триалетской складчатой системы. Тбилиси, 1949.
4. *Д.Ю.Папava.* Геологическая карта восточной части Триалетского хребта. Тбилиси, 1965.
5. *Р.Л.Шубладзе, З.М.Гордезиани.* В кн. Проблемы геологии и металлогении Кавказа. Тбилиси, 1976.
6. *Г.Ш.Надареишвили.* Меловой вулканизм Аджаро-Триалетии. Тбилиси, 1981.
7. *И.Р.Ахвледиани, Н.В.Котов.* Сообщ. АН Гр. ССР, 126, 3, 1987.

ქ.ყანჩაველი

ახალი გვარები საქართველოს წყალმცენარეებისათვის

წარმოადგინა წვერ-კორესპონდენტმა გ.ნახუცრიშვილმა 16.09.1996.

მდინარე საკენის (დას.საქართველო) სათავეების ჭაობების (2500 მ), ლაგოდეხის რაიონის მაღალი მთის ტბებისა (3000 მ) და დაბლობის ჭაობის წყალმცენარეების შესწავლისას გამოვლინდა წყალმცენარეთა 6 ახალი გვარი საქართველოსათვის - *Bumilleria Borsi* - Xanthophyta -სა და *Chaetosphaeridium Klebahn*, *Koliella Hind.*, *Pseudocharacium Korsch.*, *Roya W.et G.S.West*, *Uronema Lagerh.* Chlorophyta-ს განყოფილებიდან. სტატიაში მოგვყავს აღნიშნული გვარების მოკლე დიაგნოზები და სურათები. *Bumilleria spirotaenia* Pasch. (სურ.ა). უჯრედები ცილინდრულია, ტიხრებთან ოდნავ შევიწროებული, 19 x 6 მკმ. გარსში ჩართულია H-ის მაგვარი გამსხვილებები. ქრომატოფორი ერთია, ლენტისებური. იშვიათი სახეობაა.



სურ. a - *Bumilleria spirotaenia* Pasch., b - *Pseudocharacium obtusum* (A. Braun) Perty-Hesse, c - *Chaetosphaeridium pringsheimii* Kleb., d - *Koliella closterioides* (Kuff.) Hind., e - *Uronema confervikola* Lagerh., f - *U. gigas* Vischer, g - *U. intermedium* Bourr., h - *Roya obtusa* (Breb.) W. et G.S. West var. *montana* W. et G.S. West

მდ.საკენის სათავეის ფშავში და ლაგოდეხის ჭაობში. ლიტერატურის მიხედვით ცნობილია მდინარის ნაპირებიდან მწვანე ნაფენების და ლაბისებრი გროვების სახით [2].

Pseudocharacium obtusum (A.Braun) Perty-Hesse (სურ.ბ) უჯრედები მოკლევკერცისებურია, 24,5 X 11 მკმ, ბაზალური ნაწილი შევიწროებულია. გავრცელებულია მდ.საქენის სათავეების და ლაგოდების ქაობებში ლიტერატურის მიხედვით, ბინადრობენ ტბორებში, მდინარეებში, ქაობებში, ეფემერულ წყალსატევებში, წყლის და წყალმცენარეებზე [4].

Chaetospheridium pringsheimii Kleb. (სურ.ც). უჯრედებში სფერული ან ნახევარსფერულია, ერთი ლორწოვანი შოლტით, დიამეტრი 10-11 მკმ-ია.

გვხვდება ლაგოდების ალპურ ტბაში. მითითებულია მდგარი და მიმდინარე მტკნარი წყლებისათვის, ხშირია ქაობებში [1].

Koliella Closterioides (Kuff) Hind. (სურ.დ) უჯრედები ცენტრალურ ნაწილში ცილინდრულია, ბოლოებში თანდათანობით შევიწროებული და მოხრილი ერთ მხარეს, 15-18 X 2,5 მკმ.

გვხვდება ლაგოდების ნაკრძალში ხავსებს შორის იშვიათი სახეობა, ლიტერატურის მიხედვით, ცნობილია ხავსებს შორის [1].

Uronema confervicola Lagerh. (სურ.1.ე). ძაფები სწორი, ზოგჯერ ოდნავ მოხრილია, უჯრედები ცილინდრული, 24-27 X 8-10 მკმ. ბაზალური უჯრედი კონუსისებრია, მიმაგრებული სუბსტრატთან დერმოიდით.

გვხვდება ლაგოდების რაიონის ქაობებში წყალმცენარეებს შორის. ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით, ბინადრობს მაკროფიტებსა და ძაფოვან წყალმცენარეებზე [1].

U. gigas Vischer (სურ.ფ). ძაფები არათანაბარი სიგანისაა, უჯრედები ცილინდრულია, 21-27 X 9-12 მკმ, ზედა უჯრედები წაწვეტებულია, კონუსისებური, იქვე იშვიათი სახეობაა, ცნობილია მდგარი და მიმდინარე წყლებისათვის [1].

U. intermedium Bourr. (სურ.გ). ძაფები სწორია, ზედა ნაწილში ოდნავ მოხრილი, უჯრედები ცილინდრული, 8-10 X 5,5 მკმ. ზედა უჯრედი წაწვეტებულია, ბაზალური, შევიწროებული.

გვხვდება ლაგოდების ნაკრძალის ალპურ ტბაში, იშვიათი სახეობაა, ცნობილია მტკნარი მდგარი წყლებისათვის [1].

Roya obtusa (Breb.) W.et G.S.West var. *montana* W.et G.S.West (სურ.ჰ). უჯრედები ოდნავ მოხრილია, ბოლოები მობლაგვო-ოვალური, 35 x 5,5 მკმ, ბოლოებში 5,5 მკმ-დე, ქრომატოფორი 4 პირენოიდით.

გვხვდება მდ.საქენის სათავეების ქაობში. ლიტერატურაში მითითებულია სხვადასხვა წყალსატევებისათვის [3].

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ნ.კეცხოველის სახ. ბოტანიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Визначник прісноводных водоростей Української РСР. Київ, 1979.
2. Определитель пресноводных водорослей, вып. 5. М.-Л., 1962.
3. Флора споровых растений СССР, т. II, М.-Л., 1952.
4. П.М.Царенко. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР, Киев. 1990.



მ.კიკვიძე, ნ.ღვამიჩავა, ნ.ჩანუყაშვილი, შ.ჭანიშვილი

რიბოფლავინის, გიბერელინის და 2,4 დ-ს გავლენა ვაზში აზოტოვან ცვლაზე

წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ.ნუცუბიძემ 24.10.1996

ბოლო წლებში განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გავლენის შესწავლას მცენარის ზრდა-განვითარებასა და მეტაბოლიტური პროცესების აქტივობაზე.

ამა თუ იმ ვიტამინის ფიზიოლოგიური როლის დადგენისათვის მცენარეში ჰიპოვიტამინოზს იწვევენ. ასე მაგალითად, გიბერელინის მოქმედებით შეინიშნება რიბოფლავინის რაოდენობის დაკლება ანუ B_2 ჰიპოვიტამინოზი. რიბოფლავინი წარმოდგენს ფლავინური ფერმენტების (მათ შორის ნიტრატრედუქტაზას) კოფაქტორს, რომელსაც აზოფერმენტებისათვის კონკურენციას უწევს გიბერელინი [1]. ჰიპოვიტამინოზს აღწევენ აგრეთვე 2,4 დ-ს გამოყენებით. ის მცენარეში რიბოფლავინის შემცველობის საგრძნობ დაკლებას იწვევს [2].

მონაცემები გიბერელინის გავლენის შესახებ აზოტის მეტაბოლიზმზე არაერთგვაროვანია. ეფექტი დამოკიდებულია გიბერელინის კონცენტრაციაზე, მცენარის ასაკზე და მის ფიზიოლოგიურ მდგომარეობაზე. გიბერელინის ზემოქმედებით იცვლება აზოტის ცალკეული ფორმების შეფარდება. ამასთან, ყველაზე უფრო დამახასიათებელია ცილოვანი აზოტის შემცველობის დაქვეითება. აღინიშნება აგრეთვე სამარაგო აზოტოვანი ნივთიერებების მობილიზაციის გაძლიერება, აზოტოვანი ნივთიერებების განაწილების ცვლილება მცენარის ორგანოებში [3].

გიბერელინი დამთრგუნველად მოქმედებს ნიტრატრედუქტაზაზე. მისი გავლენით ქსოვილებში ამონიაკის რაოდენობა იკლებს, ამინომჟავების დეზამინირების პროცესი მცირდება, რაც აზოტის დეფიციტს ქმნის ქსოვილებში. ცდებში რიბოფლავინის შეყვანა ხსნის გიბერელინით გამოწვეულ ეფექტს [1,3,4,5,6].

ჩვენი გამოკვლევების მიზანი იყო შეგვესწავლა გიბერელინის, 2,4 დ-ს და რიბოფლავინის ზემოქმედება ვაზში აზოტოვანი ცვლის მაჩვენებლებზე: საერთო, ცილოვან, არაცილოვან აზოტზე და ფერმენტ ნიტრატრედუქტაზას აქტივობაზე.

ცდის ობიექტად შერჩეული იყო ვაზის ჭიში გორული მწვანე, საცდელ მცენარეებზე ვიმოქმედეთ 0,01%-იანი გიბერელინით, 0,002%-იანი 2,4დ და 0,02%-იანი რიბოფლავინით ცალ-ცალკე და მათი კომბინაციებით.

შესხურება ჩავატარეთ ყვავილობის დამთავრებისთანავე, მარცვლის გამონასკვნის ფაზაში. აზოტის ფორმები და ნიტრატრედუქტაზას აქტივობა განვსაზღვრეთ ერთი კვირის შემდეგ შესხურებიდან.



აზოტის ფორმები განვსაზღვრეთ პ.სოლოვიოვისა და ა.რიხტერის [7] შიგრი მორდიფიცირებული კელდალის მეთოდით, ნესლერის რეაქტივის გამოყენებით, ნიტრატრედუქტაზა - ე.მულდერის მეთოდით [8].

ცხრილი

რიბოფლავინის, გიბერელინის და 2,4 დ-ს გავლენა აზოტოვანი ცვლის მაჩვენებლებზე

ცდის ვარიანტი	აზოტის ფორმები % მშრალ წონაზე			ნიტრატრედუქტაზას აქტივობა
	საერთო	ცილოვანი	არა ცილოვანი	ღმ ნედლ წონაზე 30 წმ წარმოქმნილი NO ₂ -ის რაოდენობა γ-ში
საკონტროლო	2.90	2.83	0.07	7.8
რიბოფლავინი	3.90	3.80	0.10	13.0
გიბერელინი	2.86	2.72	0.16	5.6
გიბერელინი + რიბოფლავინი	3.32	3.18	0.14	6.5
2,4 დ	2.82	2.74	0.08	5.2
2,4 დ + რიბოფლავინი	3.15	3.01	0.14	10.4

როგორც ცხრილიდან ჩანს, რიბოფლავინმა გამოიწვია აზოტის სამივე ფორმის რაოდენობის მომატება, გიბერელინმა კი შეამცირა საერთო და ცილოვანი აზოტი, ოდნავ მოიმატა აზოტის არაცილოვანმა ფორმამ. ცდებში 2,4-ს გამოყენებამ ასევე შეამცირა საერთო და ცილოვანი ფორმები, არაცილოვანი ფორმა კი მცირედ განსხვავდება საკონტროლოსაგან.

რიბოფლავინის გამოყენებამ კომბინაციაში გიბერელინთან და 2,4დ-სთან გაზარდა აზოტის ფორმების შემცველობა. მისმა რაოდენობამ გადააჭარბა როგორც საცდელ (გიბერელინი, 2,4დ), ასევე საკონტროლო ვარიანტებს.

აზოტოვანი ცვლის ძირითადი მაჩვენებლის - ნიტრატრედუქტაზას აქტივობის განსაზღვრით მივიღეთ შემდეგი შედეგები: გიბერელინისა და 2,4დ-ს გავლენით ფერმენტის აქტივობა საგრძნობლად დაქვეითდა, რიბოფლავინის ზემოქმედებით ნიტრატრედუქტაზას აქტივობა გაძლიერდა თითქმის 2-ჯერ საკონტროლოსთან შედარებით. რიბოფლავინმა გაზარდა ფერმენტის აქტივობა კომბინაციაში 2,4დ-სთანაც. რიბოფლავინის მოქმედებით ნიტრატრედუქტაზას აქტივობის გადიდება ჩვენ ადრინდელ გამოკვლევებშიც მივიღეთ. ფერმენტის აქტივობა პირდაპირ კორელაციურ დამოკიდებულებაში იყო რიბოფლავინის, განსაკუთრებით კი, მისი დინუკლეოტიდური ფორმის რაოდენობასთან [4].

ამგვარად, ეგზოგენური გიბერელინის და 2,4დ-ს ზემოქმედების შედეგად გორული მწვანეს ფოთლებში მცირდება აზოტოვანი ცვლის მაჩვენებლები (აზოტის ფორმები, ნიტრატრედუქტაზას აქტივობა).



გიბერელინის და 2,4დ-ს მოქმედებით გამოწვეული დარღვევები გორულას ფოთლების აზოტოვან ცვლაში რეგულირდება რიზოფლავინის ზემოქმედებით, რაც ადასტურებს აპოფერმენტისათვის გიბერელინის კონკურენციას რიზოფლავინთან.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ნ. კეცხოველის საბ. ბოტანიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

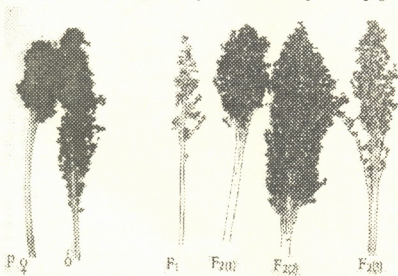
1. *Э.Р.Авакян, Е.П. Алешин.* Сельскохозяйственная биология, 3, 1988.
2. *Е.П.Алешин.* Вопросы методики изучения онтогенеза риса. Краснодар, 1980.
3. *Н.Э.Гвамичава, Т.А.Кезели, М.В.Киквидзе.* Известия АН ГССР. Серия биологическая, 14, 6, 1988.
4. *М.В.Киквидзе, Н.Э.Гвамичава, Ш.Ш.Чанишвили,* Сообщ.АН ГССР, 121, 3, 1986.
5. *Т.Л.Любошинский.* Большой практикум по физиологии растений. М., 1978.
6. *Г.С.Муромцев, В.Н.Агнестикова.* Гибберелины. М., 1984.
7. *П.О.Соловьева, А.Т.Рихтер.* В кн.: Научные труды селекционно-генетического института, 4. 1959.
8. *E.C. Mulder, R.Vaxma, W.L. Vanveen.* Plant and Soil, X, 4, 1959.

ი.მაისია

სორგოს ჭიშთაშორისი ჰიბრიდიზაცია

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა დ.ჯობაძემ 16.09.1996

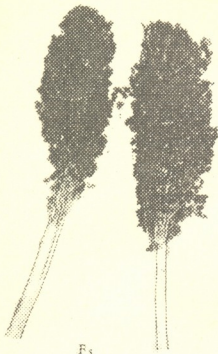
სორგო ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მარცვლოვანი კულტურაა. უხსოვარი დროიდან იგი ძირითად სასურსათო პურეულს წარმოადგენდა: ჩინეთ-მანჭურიის, კორეის, ცენტრალური აზიისა და ინდოეთის უმეტეს ნაწილში, განსაკუთრებით კი აფრიკის თითქმის მთელ კონტინენტზე. სორგოს მარცვლი საუცხოო კონცენტრირებული საკვებია აგრეთვე ყველა სახის შინაური პირუტყვისა და ფრინველისათვის. ცნობილია, რომ სორგოს ზოგიერთი ჭიში გამოირჩევა ღეროში



სურ. 1

შაქრის საკმაოდ დიდი რაოდენობის დაგროვების უნარით, ამდენად სორგოს კულტურა ფართოდ გამოიყენება საბადაგო მრეწველობაშიც. საყურადღებოა ისიც, რომ სორგო თვისა და მწვანე მასის მოსავლიანობით სჯობნის ყველა ცნობილ საკვებ ბალახს, მათ შორის ისეთ მნიშვნელოვან კულტურასაც როგორცაა სიმინდი. მწვანე მასისაგან მზადდება მდალი კვებითი ღირებულების სილოსი [1-

4]. მიუხედავად ასეთი სასარგებლო თვისებებისა, სორგო საქართველოში ჯერ-ჯერობით ნაკლებად გავრცელებული კულტურაა. ძირითადად მოჰყავთ საცოცხე ჭიშები. ამ კულტურის დანერგვა კი საქართველოში, განსაკუთრებით იმ რეგიონებში, სადაც ძლიერი გვალვიანობის გამო სხვა კულტურები ნაკლებ მოსავალს იძლევიან, მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს, როგორც სასურსათო, ისე მეცხოველეობის საკვები ბაზის გაუმჯობესების საქმეში. ამ მიზნით ნ. ი.ვაგილოვის სახ.მემცენარეობის ინსტიტუტიდან ჩვენი თხოვნით მიღებული სორგოს საშაქრე და სამარცვლე ჭიშები საცდელად დაითესა, როგორც აღმოსავლეთ ისე დასავლეთ საქართველოში. ჩატარდა ფენოლოგიური დაკვირვებები, რომლებმაც გვიჩვენა, რომ კარგი მოვლის პირობებში სორგოს საცდელი ჭიშები დაახლოებით 2 მეტრამდე იზრდება, ახასიათებს ბარტყობა, დიდი ზომის (40-60) სმ. საველები, მსხვილმარცვლიანობა, მარცვლის დიდი მასა (1000 მ. იწონის დაახლოებით 20-30 გრ.), ნახევრადკლიანობა, რის გამოც მარცვლი ადვილად იცეხება და სხვა. როგორც ცნობილია, სორგოს ისევე როგორც სხვა მცენარეების კვებით ღირებულებას მათი ბიოქიმიური მაჩვენებლები განსაზღვრავენ. ამათგან ყველაზე მნიშვნელოვანია ცილის რაოდენობრივი და თვისობრივი შედგენილობა.

F₁

სურ. 2

ლიტერატურული მონაცემებით [5,6] სორგოს მარცვლი შეიცავს 11-13,5% ცილას. ჩვენმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ საქართველოს პირობებში გამოცდილ სორგოს ინტროდუცირებული ჯიშების მარცვალში ცილა 11,4-14,2%-ს აღწევს. ცილის ცალკეული ფრაქციების განსაზღვრისას აღმოჩნდა ალბუმინები 46,3-62,9%-ი, ხოლო პროლაშინები 28,0-37,7%. საანალიზოდ აღებული მასალები, გლობულინებისა და გლუტელინების მაღალი შემცველობითაც გამოირჩევიან [7]. ჩვენ მიერ ჩატარებული ფენოლოგიური დაკვირვებებისა და ბიოქიმიური გამოკვლევების საფუძველზე, შევარჩიეთ სორგოს სელექციური თვალსაზრისით საინტერესო ჯიშები და მათ შორის ჩავატარეთ შეჯვარებები. დავადგინეთ შეჯვარებისა და მიღებულ ჰიბრიდულ თესლთა აღმოცენების უნარიანობა და ჰიბრიდული თაობის F₁;F₂;F₃; მცენარეთა განვითარებისა და ფერტილობის

თავისებურებანი. სორგოს სელექციაში მთავარ ამოცანად ვსახავთ: საგველას პროდუქტიულობის ამაღლებას, მარცვლის ხარისხის გაუმჯობესებას, ღეროში შაქრის შემცველობის გადიდებას. ჰიბრიდიზაციული სამუშაოების ჩატარებას წინ უძღვოდა დაკვირვებები ყვავილობის ბიოლოგიაზე. ყვავილობა ძირითადად დილის საათებში იწყება საგველას ზედა ნაწილიდან და თანდათანობით ფუძისაკენ ვრცელდება. ყვავილობის ხანგრძლივობის ზუსტი დროის განსაზღვრა, როგორც ერთეული ყვავილების, ასევე მთლიანად საგველისა ყოველად შეუძლებელია, ეს პროცესი დამოკიდებულია არა მარტო მცენარის ჯიშურ ბუნებაზე, არამედ ეკოლოგიურ ფაქტორებზეც. ღრუბლიან გრილ ამინდში ყვავილობა გახანგრძლივებულია, ხოლო მზიან ცხელ ამინდში, შედარებით სწრაფად მიმდინარეობს. როგორც ცნობილია, სორგოს ღია ყვავილობა ახასიათებს, მასიური ყვავილობის პერიოდში, სამტვრე პარკის უმრავლესობა იხსნება და გამოიყოფა მტკრის მარცვლის "ღრუბელი". ვინაიდან სორგო ჯვარედინმტვერია ანემოფილური მცენარეა, სრულიად შესაძლებელია დინგები, რომლებიც ზოგჯერ ყვავილიდან სამტვრის გახსნამდე გარეთ გამოიყოფიან ჯვარედინად დაიმტვერონ. ჩვენი დაკვირვებებით სორგოს მტვერი ძალიან სწრაფად კარგავს სიცოცხლის უნარიანობას. ამდენად, დამტვერვამდე რამდენიმე საათით ადრე შეგროვილი მტკრის მარცვლის გამოყენება იშვიათად იძლევა სასურველ შედეგს. ჩვენს ცდებში ჰიბრიდიზაციას ვატარებდით სხვადასხვა ხერხით: 1) დედად შერჩეული მცენარის ყვავილებს ვაკასტრირებდით (ვაცლიდით მტკრიანებს მომწიფებამდე) და ვუკეთებდით იზოლირებას, რამდენიმე ორი-სამი დღის შემდეგ, იმისდა მიხედვით თუ ბუტკო რამდენად იყო მომზადებული მტკრის მარცვლის მისაღებად, ვახდენდით დამტვერვას მამად შერჩეული მცენარის მტვერით და ვაკეთებდით ყვავილების იზოლაციას მარცვლის მომწიფებამდე. 2) მეორე შემთხვევაში ყვავილებს კასტრაციისთანავე ვმტვერავდით მამად შერჩეული მცენარის მტვერით. პირველ

შემთხვევაში ჰიბრიდული მარცვლის გამოსავლიანობა უფრო მაღალია მეორეჯერ შედარებით. პარალელურად კასტრირებულ ყვავილებს ეტოვებდით იზოლაციის



გარეშე თავისუფალ დამტვერვაზე. უკანასკნელ შემთხვევაში მარცვლის გამოსავლიანობა გაცილებით დაბალი აღმოჩნდა. ჰიბრიდიზაციის ვატარებდით სამარცვლე და შაქრის სორგოს სელექციური თვალსაზრისით სინტერესო ჭიშებს შორის. მიზანი: ჰიბრიდიზაციის გზით შეგვექმნა საწყისი სასელექციო მასალა, სორგოს ახალი პერსპექტიული ფორმების მისაღებად. ჩვენ მიერ სადღეისოდ შესრულებულ

სურ. 3

ლია 50-ზე მეტი შეგვარება. ამჯერად ვიხილავთ ორ ჰიბრიდულ კომბინაციას:
I. ♀ სამარცვლე სორგოს ჭიში "გაოლიან კარიხნევი" ♂ საშაქრე სორგოს ჭიში "სტავროპოლსკოე სახარნოე 36"

ცხრილი

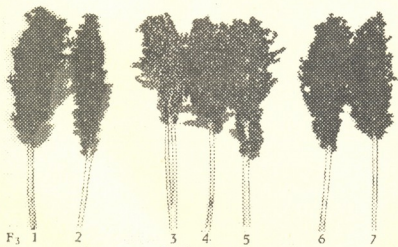
სორგოს ჭიშთაშორისი შეგვარების წარმატების ხარისხი (%-ში) და ჰიბრიდულ მარცვალთა აღმოცენების უნარი

შეგვარების დასახელება	დამტვერილ ყვავილთა რაოდენობა	მიღებულ მარცვალთა რაოდენობა	შეგვარების წარმატება %	აღმოცენებულ მარცვალთა რაოდენობა	გადარჩენილ მცენარეთა რაოდენობა
♀ "გაოლიან კარიხნევი" × ♂ "სტავროპოლსკოე სახარნოე 36"	83	23	28	5	2
♀ "სტავროპოლსკოე სახარნოე 36" × ♂ "ფერემოვსკოე 2"	62	14	22	5	1

როგორც ცხრილიდან ჩანს, აღნიშნული ჰიბრიდული კომბინაციის წარმატებითი შეგვარება 28%-ს შეადგენს, ასევე დაბალია ჰიბრიდულ თესლთა აღმოცენებისა და ჰიბრიდულ მცენარეთა გადარჩენის უნარიანობა. ჰიბრიდულ მცენარეთა უმრავლესობა დაიღუპა აღერების ფაზაში, საგველას გამოტანამდე, რაც ჰიბრიდული ნეკროზის მოვლენით უნდა აიხსნას. ნაჯვარის F₁ თაობის მცენარეთა განვითარება კი, მიუხედავად იმისა, რომ შესაჯვარებელ წყვილში გაოლიანი იყო დედის როლში, მიმდინარეობდა მამა მცენარის (შაქრის სორგოს) განვითარების ტიპის მიხედვით. გაოლიანთან შედარებით ჰიბრიდულ მცენარეებს ჰქონდათ მაღალი წვრილი ღერო (140-160) სმ., ფარჩხატი (გადაშლილი) ყვავილედი სურ.1. სიგრძით 18 სმ., თავთუნის კილი მკვრივი, ტყავისებური ბრჭყვიალა, მჭიდროდ მიკრული მარცვალზე, მოთეთრო-მოწითალო ფერის, შებუსუსული. დასახელებული შეგვარების F₂ თაობის ჰიბრიდებში შედარებით მაღალია ჰიბრიდული მარცვლის აღმოცენებისა და ჰიბრიდულ მცენარეთა გადარჩენის უნარი. ამასთანავე, ადგილი ჰქონდა დათიშვას. ჰიბრიდთა ერთი ჯგუფი ჰაბიტუსით უფრო დედა მცენარეს გაოლიანს ემსგავსება (სურ.1 F₂₍₁₎), ჰიბრიდულ მცენარეთა სიმალლე ცვალებადობს 100-120 სმ ფარგლებში,



დამახასიათებელია ჩაწოლისადმი გამძლე მსხვილი ღერო. ყვავილედი შეკუმშული, სიგრძით 15-20 სმ. თავთუნის კილი მოწითალო-მოყავისფრო, მჭიდროდ არ ეკვრის მარცვალს, მარცვალი შედარებით დიდი ზომის. ჰიბრიდთა მეორე ჯგუფი (სურ.1 F₂₍₂₎), ხასიათდება მამა მცენარის ნიშან-თვისებათა უპირატესი გამოვლენით. ჰიბრიდული მცენარეებისათვის დამახასიათებელია მაღალი (150-180 სმ) ღერო., დიდი ზომის (25-30 სმ) საგველები, ფორმით ფაჩხატი, თავთუნის კილები მოწითალო-მოყავისფრო, ახასიათებს ბარტყობა. ჰიბრიდთა მესამე ჯგუფი შუალედურია (სურ.1 F₂₍₃₎), ორივე მშობლის ნიშნები ჭარბობს მეტ-ნაკლებად. საგველა ძლიერ ფარჩხატი სიგრძით 28 სმ-მდე. თავთუნის კილები მოთეთრო ფერის, მეტ-ნაკლებად შებუსული. მჭიდროდ არ ეკვრის მარცვალს. ჰიბრიდთა მესამე თაობაშიც (სურ.2) ადგილი ჰქონდა დათიშვას, მაგრამ აქ უკვე შესაძლებლობა მოგვეცა გამოგვეჩინა სელექციური თვალსაზრისით საინტერესო ფორმები. ჰიბრიდული მცენარეთა უმრავლესობისათვის დამახასიათებელია მაღალი (150-180 სმ) ჩაწოლისადმი გამძლე მსხვილი ღერო, მეტ-ნაკლებად შეკუმშული ფორმის ყვავილედი, საგველა სიგრძით (25-30 სმ), ახასიათებს ბარტყობა. თავთუნის კილები მოწითალო-მოყავისფრო ფერის, ბრჭყვილა, შებუსული. კილები ძალიან მჭიდროდ არ ეკვრის მარცვალს, რის გამოც მარცვალი ადვილად ემორჩილება გაცეხვას.



სურ.4

გადაჭრის შემდეგ ჰიბრიდული მცენარეები კვლავ აგრძელებენ ვეგეტაციას, იძლევიან ახალ ამონაყარს. საინტერესო ფორმებია მიღებული აგრეთვე, მეორე ჰიბრიდულ კომბინა-ციაში. 2. შშაჭრის სორგო "სტავროპოლსკოე სახარნოე 36" × ბ სამარცვლე სორგო - "ფერემოვსკოე 2". აღნიშნული ჰიბრიდული კომბინაციის წარმატებითი შეჯვარება დაბალია 22% (ცხრ.),

დაბალია აგრეთვე, აღმოცენებულ ჰიბრიდულ მარცვალთა და გადარჩენილ მცენარეთა რაოდენობა. ადგილი ჰქონდა ჰიბრიდულ ნეკროზს. ამ შეჯვარების პირველი თაობის ჰიბრიდი ჰეტეროზისულია. გამოირჩევა ვეგეტატიური ორგანოების მძლავრი განვითარებით. ახასიათებს მაღალი ღერო, სიმაღლით სამ მეტრამდე, დიდი ზომის საგველა, სიგრძით 30 სმ-მდე, ყვავილედი ფარჩხატი, თავთუნის კილები შავი ფერის ბრჭყვილა, შებუსული, მჭიდროდ არ ეკვრის ყვავილის კილს და შემდგომ მარცვალს (სურ.3). მეორე ჰიბრიდულ თაობაში ადგილი აქვს დათიშვას, ამავე დროს ჰიბრიდული მცენარეებისათვის დამახასიათებელია მაღალი სიცოცხლის უნარიანობა, გამოირჩევიან აღმოცენებისა და გადარჩენის მაღალი უნარით. ჰიბრიდთა ერთი ჯგუფი (სურ.3 F₂₍₁₎) ხასიათდება დედა მცენარის ნიშან-თვისებათა უპირატესი გამოვლენით. ღერო მაღალი (140-160 სმ), საგველა სიგრძით 25 სმ-მდე, მეტ-ნაკლებად შეკუმშული. თავთუნის კილები შავი, ან მოყავისფრო-შავი, ბრჭყვილა, შებუსული. ჰიბრიდულ მცენარეთა მეორე ჯგუფი (სურ.3 F₂₍₂₎) მამა მცენარისადმი

იჩენს მიდრეკილებას, საშუალო სიმაღლის (80-120 სმ), საგველა 20 სმ-მდე სიგრძის, თავთუნის კილი მოთეთრო-მოწითალო ფერის, მჭიდროდ არ ეკვრის მარცვალს, ღიად არის 1/3-მდე. ჰიბრიდთა მესამე ჯგუფი (სურ.3 F₂₍₃₎) შეჯვარებაში მონაწილე მცენარეთა ნიშნების მეტნაკლები გამოვლენით ხასიათდება. ახასიათებს წვრილი ღერო, სიმაღლით (120-140 სმ) საგველა 18-20 სმ, თავთუნის კილი მოწი-თალო-მოშავო ფერის, ბრჭყვილა, შებუსუსული მჭიდროდ არ ეკვრის მარცვალს. მესამე თაობაში ადგილი ჰქონდა ფორმათაწარმოქმნის ფართო პროცესს (სურ.4 F₃₍₁₋₇₎) გამოითიშა ისეთი ფორმები, რომლებსთვისაც დამახასიათებელია სხვადასხვა ფორმის ყვავილენი, მცენარე სიმაღლით 120-160 სმ-ის, საგველა სიგრძით 15-25 სმ. გვხვდება როგორც მეტ-ნაკლებად ფარჩხატი, ასევე მეტ-ნაკლებად შეკუმშული ფორმის. თავთუნის კილები ზოგიერთ ფორმებში მჭიდროდ არ ეკვრის მარცვალს 1/3-მდეა ღია. ზოგიერთ ფორმებში კი მჭიდროდ ეკვრის. ფერით გვხვდება შავილიანი ფორმები, აგრეთვე მოწითალო-მოყავისფრო. ჰიბრიდულ მცენარეთა უმრავლესობა ღია ყვავილობისადმი იჩენენ მიდრეკილებას. ამასთანავე მათი ყვავილობა გახანგრძლივებულია. ახასიათებთ კარგი ბარტყობა. საგველას გადაჭრის შემდეგ ჰიბრიდულ მცენარეთა უმრავლესობა აგრძელებს ვეგეტაციას-იძლევა ახალ ამონაყარს. მიუხედავად ნიშანთა მრავალფეროვნებისა, გამოთიშულ ფორმებში გამოირჩა სელექციური თვალსაზრისით საინტერესო ფორმები, რომლებზედაც წარმოებს დაკვირვებები.

ჰიბრიდოგენური კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ სამარცვლე და საშაქრე სორგოს წარმატებითი შეჯვარება პროცენტულად დაბალია. ასევე დაბალი მაჩვენებლებით ხასიათდება ჰიბრიდულ თესლთა აღმოცენების უნარიანობა. აღმოცენებული ჰიბრიდების უმრავლესობა ვერ აღწევენ გენერაციის ფაზამდე. შემდგომ F₂:F₃ ჰიბრიდულ თაობებში ჰიბრიდული მცენარეებისათვის დამახასიათებელია მაღალი სიცოცხლის უნარიანობა, აღმოცენებისა და გადარჩენის მაღალი უნარი. F₂ და F₃ თაობებში მიმდინარეობს დათიშვა, გამოითიშა, შეჯვარებაში მონაწილე მშობლების მსგავსი ბიოტიპები, აგრეთვე შუალედური გარდამავალი ფორმებიც.

ამრიგად, მოცემულ F₂ და F₃ თაობებში გამოირჩა სელექციისათვის ვარგისი საწყისი მასალა, რომლებზედაც გრძელდება დაკვირვებები.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ნ.კეცხოველის სახ. ბოტანიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *П.М. Жуковский*. Культурные растения и их сородичи. Л., 1964, 210.
2. *К.Н. Керэфов*. Биологические основы растениеводства. М., 1982, 161-163.
3. *Р.С. Таранова, Г.М. Часовитина*. Сорго - ценная кормовая культура. Алма-Ата, 1976, 3-5.
4. *П.М. Шорин*. Сахарное сорго. М., 1976, 3-5.
5. *Б.Н. Малиновский*. В кн.: Сб. статей. Ростовского университета, 1984, 79-80.
6. Сорго-ценная кормовая культура. М., 1959, 3-4.
7. *ი. მისიაია*. თ. ზარდიაშვილი - კვალი, 8, 1991, 21-25.

ბ. ჭუმბურიძე, ქ. ბარამიძე, ლ. მამალაძე

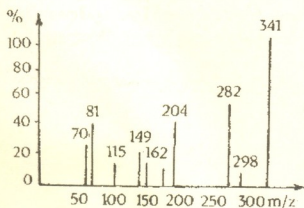
ამფიონის ალკალოიდების აცეტილნაწარმების ეფედრინის ეფედრონის და მათი გარდაქმნის პროდუქტების ანალიზი ინფრაწითელი და მას-სპექტრომეტრული მეთოდებით

წარმოადგინა აკადემიკოსმა მ. ზაალიშვილმა 30.12.1996

ბოლო ორი ათეული წლის მანძილზე ნარკოტიკულ ნივთიერებათა განსაზღვრის მეთოდების დამუშავებისა და ბიოტრანსფორმაციის შესწავლისათვის მრავალი კვლევა ჩატარებული, მაგრამ ამ ნივთიერებათა ასორტიმენტის სწრაფი ზრდისა და ცვლის გამო მოწოდებული მეთოდები და მათზე დამყარებული ქიმიური ექსპერტიზა არასრულყოფილია და შემდგომ განახლებას და სრულყოფას მოითხოვს.

საქართველოში უკანასკნელ წლებში ხშირად გვხვდება ნარკომანთა მიერ ამფიონის ალკალოიდების აცეტილნაწარმების და ეფედრინის დაჟანგვის პროდუქტის - ეფედრონის მოხმარება. ლიტერატურა მათი ბიოტრანსფორმაციის პროდუქტების განსაზღვრის შესახებ საკმაოდ მცირეა [1, 3].

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილად ჩაითვალა ამფიონის ალკალოიდების აცეტილნაწარმების, ეფედრონის და მათი ბიოტრანსფორმაციის პროდუქტების განსაზღვრისათვის ისეთი ზუსტი და ინფორმაციული მეთოდების დამუშავება, როგორცაა ინფრაწითელი და მას-სპექტრომეტრია.



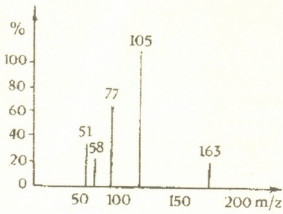
სურ. 1. აცეტილკოდინის მას-სპექტრი ელექტრონული დარტყმის პირობებში.

საანალიზო ნივთიერებათა იდენტიფიკაციასა და სტრუქტურის დადგენას ვახდენდით იონურ წყაროში ნივთიერებათა პირდაპირი შეყვანით. ნიმუშები ცხელდებოდა 40-238°C ინტერვალში; წყაროს ტემპერატურას ვცვლით 160-240°C ფარგლებში; სტაციონალურ ფაზად ვიყენებდით SE-30,0%-ს ინერტონ სუპერზე (0, 160 - 200 მმ) და OV - 17,3%-ს ინერტონ სუპერზე (0,125-0,160 მმ) სვეტის სიგრძე იყო 2 მ, დიამეტრი 2 და 4 მმ; აირ-მატარებლად გამოვიყენეთ ჰელიუმი, რომლის წნევის სისტემაში შესასვლელთან ვცვლიდით 1-2,5ბარ ინტერვალში. სვეტები ექვემდებარებოდა პროგრამირებულ გაცხელებას 130-290°C ინტერვალში 0,3-10,0°C /წთ სიჩქარით. ინექტორისა და ინტერფეისის ტემპერატურას ვინარჩუნებდით 190-290°C და 250-300°C შესაბამისად.

ქიმიური იონიზაციის დროს აირ-რეაგენტად ვიყენებდით მეთანს, რომლის წნევას იონის წყაროში ვინარჩუნებდით 10⁻³-10⁻⁴ მმ ვსუვ დონეზე (სურ. 1, 2, 3, 4).

დიაცეტილმორფინის, აცეტილმორფინის, მორფინის, ნორმორფინის, აცეტილკოდინის, კოდინის და ნორკოდინის მას-სპექტრების ხასიათდება

მოლეკულურ იონთა მაღალი ინტენსივობით, რაც განპირობებულია ნივთიერებათა მოლეკულების მდგრადობით ელექტრონული დარტყმის მიმართ. აღინიშნება აგრეთვე $(M-1)^+$ $(M+1)^+$ იონები, რომლებიც დამახასიათებელია ყველა აზოტმემცველი ნაერთისათვის. საშუალო და დაბალ მასათა არეში მსგავსი ფრაგმენტული პიკების არსებობა მიუთითებს ამ ნივთიერებათა ანალოგიურობაზე, რაც გამოწვეულია მათი სტრუქტურული მსგავსებით.



სურ.2. ეფედრინის მას-სპექტრში ელექტრონული დარტყმის პირობებში.

მორფინის ნაწარმთა ნიმუშების მას-სპექტრებში პიკების დიდი რაოდენობა მიიღება მოლეკულურ იონთა ეთერული და ამიდური ფრაგმენტაციის შედეგად. დიაცეტილმორფინის m/z 369 ფრაგმენტაციის ძირითადი მიმართულება არის ეთერული ჯგუფების მოხლეჩა.

სავარაუდოა, რომ იონი m/z 81, რომელიც მორფინანის ნაწარმთა სპექტრებში ფიგურირებს, არის მორფინის ბირთვის ღრმა ფრაგმენტაციის შედეგი და შეიძლება გამოისახოს მდგრადი ოქსონიუმის იონის სტრუქტურით.

დაბალ მასათა არეში იონები m/z 41, 43, 44, 70 წარმოიქმნება ეთერული და ამიდური ფრაგმენტაციის შედეგად აცეტილურ და ამონიუმის იონებზე მუხტის ალტერნატიული ფიქსირების დროს შესაბამის ბმათა გახლეჩის შედეგად.

მორფინანის ნაწარმთა სპექტრებისაგან განსხვავებით ეფედრინისა და მისი ნაწარმების მას-სპექტრები ხასიათდება მცირე ხაზოვნებით. ეფედრონის ფრაგმენტაციის ძირითადი მიმართულებაა აზოტის მიმართ β გახლეჩა ამონიუმ იონის $N^+H(CH_3)=CHCH_3$ წარმოქმნით, ეფედრინისაგან განსხვავებით ეფედრონის სპექტრში ინტენსიურობის მიხედვით ძირითადია არა ამონიუმ იონი, არამედ $[C_6H_5CO]^+$ და $[C_6H_5]^+$ იონები. ეს პროცესი უფრო მნიშვნელოვანი ხდება ნორეფედრონისათვის. ამ შემთხვევაში ხდება α გახლეჩა კარბონილის ჯგუფის მიმართ და ფენილკარბონილის ნაწილაკზე მუხტის სტაბილიზაცია.

ღებამინირებული ეფედრონის მას-სპექტრი შეიცავს M^+ მკვეთრ პიკს და იმ იონთა პიკებს, რომლებიც პასუხობენ კეტო ჯგუფის მიმართ α გახლეჩას და შემდგომ CO -ს გამოტყორცნას:



ამდენად, ამფიონის ალკალოიდების აცეტილნაწარმების, ეფედრონის და მათი გარდაქმნის პროდუქტების განსაზღვრისათვის დამუშავებულია მას-სპექტრომეტრიული მეთოდები. მას-სპექტრების შესწავლის საფუძველზე პირველადაა მოწოდებული ეფედრონის და დიაცეტილმორფინის მას-ფრაგმენტაციის სქემები.

ჩვენ მიერ დამუშავებულია აგრეთვე ეფედრონის და ადამიანის ორგანიზმში მისი გარდაქმნის პროდუქტების განსაზღვრის ინფრაწითელი სპექტროსკოპული მეთოდი.

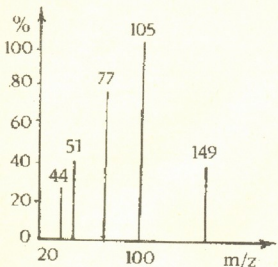
ეფედრონის სტანდარტული ნიმუშის 2% ხსნარის 5მლ-ის ერთჯერადი ინექციის შემდეგ, ადამიანის შარდიდან სითხის-სითხით ექსტრაქციის მეთოდით გამოყოფილ იქნა ბიოტრანსფორმაციის 3 პროდუქტი (I, II და III). თხელფენოვანი



ქრომატოგრაფიული მეთოდით დაყოფის შემდეგ ვიღებდით მათ ინფრაწითელ სპექტრებს, ვითვალისწინებდით სხვა ფიზიკურ-ქიმიურ პარამეტრებს და ვადგენდით სტრუქტურებს.

ინფრაწითელ სპექტრებს ვიღებდით სპექტროფოტომეტრზე (20) ვაზელინის ზეთში და KBr-ის ტაბლეტებში. ნაპრალის პროგრამა - 4, რეგისტრაციის მაქსიმალური სიჩქარე - 160 სმ²/წთ. ჩაწერის დრო - 4, მგრძობელობა - 9 (ცხრილი).

კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ შთანთქმის სიხშირეების ძირითადი რაოდენობა მოდის ვალენტურ რხევებზე. ეს ფაქტი ჩვენ გამოვიყენეთ როგორც ცალკეული ფუნქციური ჯგუფების, ასევე მთლიანად ნივთიერებათა იდენტიფიკაციისათვის. მიღებული შედეგების ინტერპრეტაციის დროს ეფედრონის და მისი გარდაქმნის პროდუქტების სპექტრებს

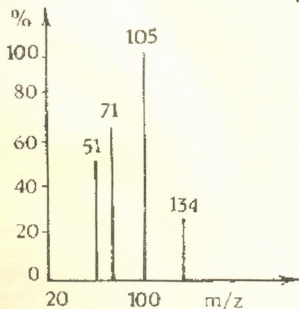


სურ.3. ნორეფედრონის მას-სპექტრი ელექტრონული დარტყმის პირობებში.

ვადარებდით სტანდარტული ეფედრონის სპექტრს.

ეფედრონის ნაწარმთა ყველა სპექტრში, ისევე როგორც სტანდარტული ეფედრონის სპექტრში, აღინიშნება ბენზოლის ბირთვის ნახშირბადის ატომების ვალენტური რხევებისათვის დამახასიათებელი შთანთქმა 1580-1490 სმ⁻¹ უბანში. საკმაოდ მნიშვნელოვანი შთანთქმა შეინიშნება 1700-1690 სმ⁻¹ უბანშიც, რაც დამახასიათებელია კარბონილის ჯგუფის მონაწილეობით მიღებული რხევებისათვის.

ადამიანის ორგანიზმიდან გამოყოფილ (I) და (II) ნივთიერებათა სპექტრებში აღინიშნება 3380-2770 სმ⁻¹ შთანთქმის ზოლები. ამგვარი შთანთქმა დამახასიათებელია ამინებისათვის, ამასთან (II) ნივთიერების შთანთქმის ზოლები დამახასიათებელია პირველადი ამინებისათვის. (I) ნივთიერების სპექტრში წარმოქმნილი ზონები 2770 სმ⁻¹, რომელიც იდენტურია ეფედრონის სპექტრში არსებული შთანთქმისა, მიუთითებს (I) ნივთიერებაში N-CH₃ ბმის არსებობაზე, რომელიც არ არის (II) ნივთიერებაში. (II) და (III) ნივთიერებათა სპექტრებში აზოტის ატომის მონაწილეობით მიღებული რხევებისათვის დამახასიათებელი შთანთქმა საერთოდ არ გვხვდება. ამ ნივთიერებათა სპექტრები (II)



სურ.4. დეჰაომინირებული ნორეფედრონის მას-სპექტრი ელექტრონული დარტყმის პირობებში.



და (III) შედარებით მარტივია და გააჩნია, როგორც საერთო ნიშნები, ასევე განმასხვავებელიც, რაც გამოიხატება (III) ნივთიერების სპექტრში კარბოქსილის ჯგუფისათვის დამახასიათებელი შთანთქმის ზოლების არსებობაში.

ცხრილი

ეფედრინის ნაწარმთა ინფრაწითელი სპექტრების დამახასიათებელი შთანთქმის უბნები

რხევის ტიპი	სიხშირის დიაპაზონის ინტენსივობა	სიხშირის დიაპაზონი ν , სმ^{-1}			
		ეფედრინი	ეფედრონი (I)	ნორეფედრონი (II)	დებამინირებული ნორეფედრონი (III)
$\nu_{\text{C-O-Ar}}$	საშუალო	1240	-	-	-
$\nu_{\text{C=C}}$	საშუალო	1490 1570	1500 1540	1495 1510	1495 1530
$\nu_{\text{C=O}}$	ძლიერი	-	1690	1700	1680
$\nu_{\text{N-CH}_3}$	ძლიერი	2760	2770	-	-
ν_{OH}	საშუალო	3325	-	-	-
$\nu_{\text{N-H}}$	საშუალო	3200	3210	-	-
$\nu_{\text{N-H}}$	ძლიერი	-	-	3380	-
$\nu_{\text{asN-H}}$	საშუალო	-	-	3250	-

ν_{C} -ვალენტური რხევა, ν_{S} -სიმეტრიული ვალენტური რხევა, ν_{as} -ასიმეტრიული ვალენტური რხევა.

მიღებული შედეგების ანალიზის და სხვა ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით მიღებული შედეგების შეჯერებით, ნივთიერება (I) იდენტიფიცირდა, როგორც ეფედრინი, ნივთიერება (II) ნორეფედრონი და ნივთიერება (III) - დებამინირებული ნორეფედრონი.

ამდენად, დამუშავებულია ეფედრინის და მისი ბიოტრანსფორმაციის პროდუქტების განსაზღვრის ინფრაწითელი სპექტროსკოპული მეთოდი.

დამუშავებული მეთოდი მგრძობიარეა, სპეციფიური და წარმატებით შეიძლება იქნეს გამოყენებული ნარკოლოგიური ექსპერტიზის დროს ეფედრონის და მისი ბიოტრანსფორმაციის პროდუქტების განსაზღვრისათვის.

თბილისის სამედიცინო ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. ქ.ბარამიძე. აცეტილმორფინის, აცეტილკოდეინის და ეფედრონის მიღება, სტანდარტიზაცია, მეტაბოლიტების შესწავლა. თბ., 1996.
2. *К.Н.Барамидзе, Н.З. Кеделашвили* и др. В кн.: *Мат. II съезда фармацевтов Грузии*. Тб., 1987, 219.
Л.Беллами. Новые данные по ИК спектрам сложных молекул. М., 1971, 67-71.



ნ.კოტრიკაძე, ი.ბოჭორიშვილი, ბ.ლომსაძე, ო.გიშკარიანი, მ.ცარციძე, ა.ლევაშოვი

ფერმენტის კატალიზური აქტივობის შესწავლა „ამობრუნებულ მიცელებში“ (მოდალური სისტემები)

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ.ონიანმა 8.08.1996

დღეს-დღეობით ცნობილია, რომ ბიოლოგიური მემბრანების სტრუქტურის ერთადერთ ფორმად არ შეიძლება ჩაითვალოს მათი ორშრიანი აგებულება. მათში აღმოჩენილ იქნა არასტრუქტურული წარმონაქმნები - შიდა მემბრანული ნაწილაკები, ანუ შიდა მემბრანული სტრუქტურები, რომელთა ზომები დაახლოებით ათობით ანგსტრემა [1-3]. მოგვიანებით ასეთი ტიპის სტრუქტურები აღმოჩენილ იქნა ლიპიდებისაგან მიღებულ მოდელოზურ მემბრანებში [1,4]. ბიოლოგიურ მემბრანებში შიდა მემბრანული სტრუქტურები მოთავსებულია ლიპიდურ შრეებს შორის და აგებულია „ამობრუნებული მიცელების“ მსგავსად. ამ უკანასკნელის ტიპის შიდა მემბრანული ლიპიდური ნაწილაკები წარმოადგენენ მაღალლაბილურ სტრუქტურებს და შეიძლება ჩაითვალოს ბიოლოგიური მემბრანების ახალ მოდელოზად.

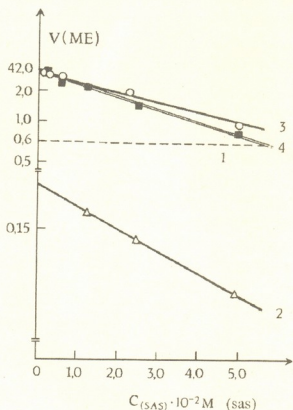
ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე ჩვენთვის საინტერესო იყო შეგვესწავლა ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებიდან მიღებული „ამობრუნებული მიცელები“, როგორც ბიოლოგიური მემბრანების რეალური მოდელი ფერმენტული რეაქციების ჩასატარებლად. ამასთან, გასათვალისწინებელი იყო ის ფაქტიც, რომ ფერმენტისათვის საჭირო იყო შეგვექმნა დაახლოებით ის პირობები და გარემოცვა, რომელიც გააჩნია ფერმენტს *in vivo* ფუნქციონებისათვის.

ამგვარად, ჩვენი სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა დაგვედგინა „ამობრუნებულ მიცელებში“ ჩართული ფერმენტის კატალიზური აქტივობა, მისი რეგულირების შესაძლებლობა „ამობრუნებულ მიცელებში“ ლიპიდური მატრიცის ცვლილებით და გაგვერკვია, როგორ იცვლება ფერმენტის აქტივობა ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებისაგან მიღებულ „ამობრუნებულ მიცელებზე“ სხვადასხვა ფოსფო-ლიპიდების მოქმედებით.

ფერმენტული რეაქციების ჩასატარებლად ვიყენებდით სისტემას, რომელსაც ვიღებდით ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების (ზან), წყლისა და ორგანული გამხსნელის საშუალებით. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ „ამობრუნებულ მიცელებში“ შეიძლება სოლუბილიზებულ იქნეს წყალი და ფერმენტი. ამ უკანასკნელის კატალიზური აქტივობა შენარჩუნებულია სისტემაში ჩართვის შემდეგ *in vitro* პირობებში. გარდა ამისა, „ამობრუნებულ მიცელაში“ ჩართული წყალი განაპირობებს მიცელის ზომასა და მის შიდა მიკრო არის თვისებებს.

მევაა ფოსფატაზის კატალიზური აქტივობის ცვლილების შესწავლამ აეროზოლი - „OT“-გან (სულფოქარვის მჟავის დიოქტილის ეთერის Na-ის მარილი) მიღებულ „ამობრუნებულ მიცელებში“ გვიჩვენა, რომ ამ შემთხვევაში არ შეიმჩნევა ფერმენტის კატალიზური აქტივობის ზრდა (სურ.1.2.). ანალოგიური შედეგებია მიღებული ამ ტიპის მიცელებში სხვა ფერმენტის (პეროქსიდაზას) სოლუბილიზების შემთხვევაშიც [5]. ამიტომ, სავარაუდოა, რომ აღნიშნული ფაქტი გამოწვეული უნდა იყოს

აეროზოლი - "OT"-ის მაინჰიბირებელი მოქმედებით. უფრო კონკრეტულად, აეროზოლ "OT" მოლეკულის პოლარულ ნაწილში სულფოჯგუფის არსებობით, რომელსაც გააჩნია სოლუბილიზებული ფერმენტის აქტიური ცენტრის ბლოკირების უნარი [5].



სურ.1. ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების კონცენტრაციაზე 3-ნიტროფენილფოსფატის ფერმენტული ჰიდრალიზის მაქსიმალური სიჩქარის (V-გამოსახული საერთაშორისო ერთეულებში (ME)-1 წთ-ში 1 მგ ფერმენტის მიერ ჰიდრალიზებული სუბსტრატის რაოდენობა მქოლვებში) დამოკიდებულების მრუდი:

1.1 3-ნიტროფენილფოსფატის ფერმენტული ჰიდრალიზისათვის V-მნიშვნელობა წყალხსნარში; pH=4.8;

1.2 აეროზოლი-“OT”ოქტანში, $[H_2O]/[ზანი] = 19.8$; pH=3.5;

1.3-ლუციტინი-მეთანოლის, ნ-ამლის სპირტის, ოქტანის ნარევიში (1:2:37), $[H_2O]/[ზანი] = 11.1$; pH=3.0;

1.4-ბიჯი-56 ციკლოპექსანში, $[H_2O]/[ზანი] = 16.7$; pH=4.8 $C_E = 5.9 \cdot 10^{-3}$ მგ/მლ, $t = 25^\circ C$.

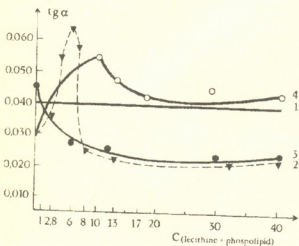
განპირობებულია შემდეგი პირობებით: ფოსფატაზა გლიკოპროტეიდია [6] და შეუძლია მემბრანის ზედაპირზე ადსორბცია [7], ე.ი. მყავა ფოსფატაზასთვის დამახასიათებელია პერიფერული მემბრანული ფერმენტის სახით ფუნქციონირების უნარი. მეორეს მხრივ, მყავა ფოსფატაზას სუპერაქტივობა შეიძლება განპირობებული იყოს „ამობრუნებულ მიცელაში“ მიკროარის (ლიპიდური მატრიცის) „სიბლანტეტროპული რეგულაცია“. დასაშვებია, რომ ეს უკანასკნელი განაპირობებს კატალიზური აქტივობის მკვეთრ ზრდას მიცელარულ სისტემებში.

ამ ვარაუდის დამტკიცების მიზნით და ჩვენთვის სასურველი სისტემის შესარჩევად, რომელშიც ფერმენტი გამოამყვანებდა კატალიზური აქტივობის მაქსიმუმს, შესწავლილ იქნა სხვადასხვა ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები-საგან მიღებული „ამობრუნებული მიცელები“. ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ მყავა ფოსფატაზას შემთხვევაში ფერმენტული აქტივობის ზრდა შეიმჩნევა როგორც ბუნებრივ (ლუციტინი - სურ.1.3.), ასევე სინთეზურ (ბრინჯი-56 - სურ.1.4) ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებიდან მიღებულ „ამობრუნებულ მიცელებში“. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მყავა ფოსფატაზას კატალიზური აქტივობა დიდად არის დამოკიდებული ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების კონცენტრაციაზე (ფერმენტის აქტივობა უკუპროპორციულია ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების კონცენტრაციის) (სურ.1).

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ მიცელარულ სისტემაში ჩართული მყავა ფოსფატაზას კატალიზური აქტივობა (ზან-ის დაბალ კონცენტრაციაზე) წყალხსნარში მყოფი ფერმენტის (სურ.1.1) აქტივობასთან შედარებით მნიშვნელოვნადაა გაზრდილი (~300-ჯერ). სავარაუდოა, რომ კატალიზური აქტივობის მნიშვნელოვანი ზრდა (სუპერაქტივობა) მყავა ფოსფატაზას შემთხვევაში ერთის მხრივ, ცნობილია, რომ მყავა



ზემოთ აღნიშნული საკითხის გარკვევის გარდა „ამობრუნებული მიცელებში“ ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებისა და სოლუბილიზებულ ფერმენტს შორის სპეციფიკური ურთიერთქმედების შესწავლის საშუალებასაც იძლევიან, რაც განისაზღვრება ფერმენტის აქტივობის გაზრდით ან შემცირებით. მაგალითისათვის საკმარისია მოვიყვანოთ მჟავა ფოსფატაზას კატალიზური აქტივობის შესწავლა აეროზოლი - „OT“-გან მიღებულ „ამობრუნებულ მიცელებში“ (სურ.1.2). აღნიშნული კატალიზური აქტივობის დათრგუნვა აეროზოლ - „OT“-გან დამზადებულ „ამობრუნებულ მიცელებში“ სხვა ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებისაგან (ლეციტინი, ბრიჯი-56) განსხვავებით (სურ.1.3; 1.4) განპირობებულია ზანისა და ფერმენტის სპეციფიკური ურთიერთქმედებით.



სურ.2. პეროქსიდაზას კატალიზური აქტივობის ცვლილების დონეები:

2.1. ლეციტინისაგან დამზადებულ „ამობრუნებულ მიცელებში“ ფოსფოლიპიდის დამატებისა; ლეციტინი-მეთანოლის, პენტანოლის, ოქტანის ნარევიში (1:2:20) $[H_2O]/[ზანი]=15$;

2.2. ლეციტინისაგან დამზადებულ „ამობრუნებულ მიცელებში“ ფოსფოლიპიდის დამატებისა;

2.3. ლეციტინისაგან დამზადებულ „ამობრუნებულ მიცელებში“ ლიზოფოსფატიდილიქოლინის დამატებისა;

2.4. ლეციტინისაგან დამზადებულ „ამობრუნებულ მიცელებში“ კარდიოლიპინის დამატებისა;

$C_{ლეცი} = 0,256M$; $C_E = 5 \cdot 10^{-10}M$;

$C_{(პეროქსიდაზა)} = 6,5 \cdot 10^{-4}M$; $C_{H_2O_2} = 10^{-4}M$. $t = 25^\circ C$.

(სურ.2.3). კარდიოლიპინი ზრდის ფერმენტის აქტივობას და მისი მაქსიმუმი მიიღწევა დამატებული კარდიოლიპინის $13 \cdot 10^{-5}M$ კონცენტრაციაზე (სურ.2.4). ლიპიდის კონცენტრაციის შემდგომი ზრდისას ფერმენტის აქტივობა შედარებით მცირდება და იცვლება კონტროლის ფარგლებში.

ამგვარად, ლეციტინისაგან დამზადებულ „ამობრუნებულ მიცელებში“ სოლუბილიზებული ფერმენტის კატალიზური აქტივობა სხვადასხვა ფოსფოლიპიდების დამატების საწყის ეტაპზე ერთმანეთისაგან განსხვავებული მექანიზმით იცვლება, მათი კონცენტრაციის შემდგომი ზრდა ყველგან იწვევს ფერმენტის აქტივობის შემცირებას. „ამობრუნებული მიცელების“ ლიპიდური

კვლევის შემდგომი ეტაპი იყო ფერმენტის კატალიზურ აქტივობაზე ლიპიდური მატრიცის ცვლილების გაღწის დადგენა, რაც „სიბლანტეტროპული რეგულაციის“ თეორიის სისწორის დადგენის კიდევ ერთ საშუალებას წარმოადგენს. ექსპერიმენტები ტარდებოდა ლეციტინისაგან დამზადებულ „ამობრუნებულ მიცელებზე“ სხვადასხვა ფოსფოლიპიდის (მჟავა ფოსფოლიპიდები) მზარდი კონცენტრაციების დამატებისას. აღმოჩნდა, რომ ფოსფატიდილინოზიტის დამატებისას ფერმენტის აქტივობა შემდეგნაირად იცვლება (სურ.2.2) იგი თავის მაქსიმუმს აღწევს დამატებული ფოსფატიდილინოზიტის $6 \cdot 10^{-6}M$ კონცენტრაციაზე. ფოსფოლიპიდის კონცენტრაციის შემდგომი გაზრდისას შეიმჩნევა ფერმენტის აქტივობის მკვეთრი შემცირება ნორმალთან შედარებით (სურ.2.1). ლიზოფოსფატიდილიქოლინის შემთხვევაში ფერმენტის აქტივობა კონტროლთან შედარებით მკვეთრად მცირდება ლიპიდის დამატების მომენტიდან და მისი კონცენტრაციის ზრდა აღარ ცვლის ფერმენტის აქტივობას

მატრიცის (მიკროარე) ცვლილება მნიშვნელოვან გავლენას სოლუბილიზებული ფერმენტის აქტივობაზე. ამასთან, თუ გავიხსენებთ ლიზოფოსფატიდილქოლინისა და კარდიოლიპინის მიერ “ამობრუნებული მიცელების” წარმოქმნის უნარს [8,9], მაშინ შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ აღნიშნული ლიპიდების კონცენტრაციის ზრდა ხელს უწყობს ახალი, თავისუფალი „ამობრუნებული მიცელების“ წარმოქმნას, რომლებიც ფერმენტჩართულ „ამობრუნებულ მიცელებთან“ დაჭარბების შემთხვევაში უნდა იწვევდნენ ფერმენტის ნაწილობრივ ინაქტივაციას [10]. იგივე ახსნა უდევს საფუძვლად ფერმენტი კატალიზური აქტივობის შემცირებასა და ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების კონცენტრაციის გაზრდას შორის უკუპროპორციულ დამოკიდებულებას (სურ.1). აქვე უნდა აღინიშნოს ჩვენ მიერ აღრეულ წლებში მიღებული მონაცემები [11], რომლის თანახმად ავთვისებიანი სიმსივნეების (სარძევე ჭირკვალი, საშვილოსნოს ტანი) შემთხვევაში ადამიანის სისხლში გაზრდილია ლიზოფოსფატიდილქოლინის, ფოსფატიდილინოზიტისა და კარდიოლიპინის პროცენტული შემცველობა. შესაბამისად, სისხლის ლიპიდებისაგან დამზადებულ ამობრუნებულ მიცელებში ფერმენტის კატალიზური აქტივობა შემცირებულია 2-ჯერ, რაც კარგ კორელაციაში იმყოფება მოდელურ სისტემებზე (ამობრუნებული მიცელები) ჩვენ მიერ მიღებულ შედეგებთან.

ივ.გვაზიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო
 უნივერსიტეტი

მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *A.J.Verkleij, P.M.J.Ververgaert, J.Biochem. Biophys. Acta., 515, 1978, 303-327.*
2. *P.R.Cullis, B.De Kruijff, M.J.Hope. Canad.J.Biochem., 58, 1980, 1091-1100.*
3. *R.Van Venetie, A.J.Verkleij. Biochim. Biophys. Acta, 645, 2, 1981, 262-269.*
4. *B.De Kruijff, A.J.Verkleij, C.J.Van Echteld. Biochim. Biophys. Acta, 555, 2, 1979, 200-209.*
5. *Н.А.Клячко, А.В.Левашов, К.Мартинек. Молекулярная биология, 18, 4, 1984, 1019-1031.*
6. *K.G.Welinder, L.B.Smillie. Canad. J.Biochem., 50, 1, 1972, 63-90.*
7. *D.S.Johnston, E.Coppard, G.V.Parera, D.Chapman, E.Langmuir. Biochemistry, 23, 1984, 6912-6919.*
8. *J.A.Lucy, Nature, 227, 5260, 1970, 815-817.*
9. *J.I.Howell, D.Fisher, A.H.Goodal. Biochim. et Biophys. Acta, 332, 1, 1974, 1-10.*
10. *Н.А.Клячко. Автор дисс. канд наук М., 1983.*
11. *Н.Г.Котрикадзе, О.С.Джишқариანი, М.А.Царцидзе, Б.А.Ломсадзе. Экспер.онкология, II, 5, 1988, 71-73.*



თ.მითაიშვილი, დ.უგრეხელიძე (მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი) ც.ხოსტარია

ანილინის მეტაბოლიზმი მცენარეებში

წარმოდგენილია 22.07.1996

ბიოსფეროს ორგანული დამნაგვიანებლებიდან არომატულ ამინებს შორის ძირითადია ანილინი. ლიტერატურაში არსებული ექსპერიმენტული მონაცემები მცენარეებში ამ ნაერთის მეტაბოლიზმის შესახებ არ არის საკმარისი ანილინის გარდაქმნის გზებისა და დეტოქსიკაციური პროცესების მექანიზმის გასარკვევად.

წარმოდგენილ ნაშრომში შესწავლილია $1-6^{14}\text{C}$ -ანილინის მეტაბოლიზმი სიმინდში, ლობიოსა და ბარდაში. საკვლევი მცენარეების სტერილურ ერთკვირიან ნაზარდებს ვათავსებდით $1-6^{14}\text{C}$ -მარილმჟავა ანილინის წყალხსნარში 72 სთ. განმავლობაში (ხვ.რადიოაქტივობა - $1,85 \cdot 10^7$ ბკ/გ, კონცენტრაცია - 0,015 მოლ/ლ). ბიომასიდან დაბალმოლეკულური ნაერთების ექსტრაქციას ვაწარმოებდით 80%-იანი მდულარე ეთანოლით. ექსტრაჰირებულ ნივთიერებებს ქაღალდის ქრომატოგრაფიის საშუალებით ვყოფდით სამ ფრაქციად [1]. ქრომატოგრაფებზე ავტორადიოგრაფიის შედეგად აღმოჩენილ ნიშანდებულ ნაერთებს ვიკვლევდით თვისებითი ფერადი რეაქციებით: ანილინის ფტალატით, ნინჰიდრინით, ბრომფენოლის ლურჯათი, დიაზოტირებული სულფანილის მჟავით და პარა-დიმეთილამინობენზალდეჰიდით. უცნობ რადიოაქტიურ ნივთიერებებს ვაპიდროლიზებდით 6N-მარილმჟავით 24 სთ. განმავლობაში. ჰიდროლიზატებს ვწვლილავდით მრავალჯერ დიეთილის ეთერით. ეთერხსნარებში და წყალხსნარებში არსებულ ნივთიერებებს ვყოფდით და იდენტიფიკაციას ვაწარმოებდით ქაღალდის ქრომატოგრაფიით, რადიოავტოგრაფიით, სპექტროსკოპიით, თვისებითი ფერადი რეაქციებით. ბიოპოლიმერების ფრაქციის ვაპიდროლიზებდით 6N-მარილმჟავით 24 სთ. განმავლობაში. ჰიდროლიზატებს ვანალიზებდით აღწერილის ანალიზურად.

გამოყოფილ ნახშირორქანგს ვაფიქსირებდით მონოეთანოლამინ-მეთილცელო-ზოლის ნარევით [9:1]. რადიოაქტივობას ვზომავდით LKB-8100-ით. ელექტრონულ სპექტრებს ვიღებდით სპექტროფოტომეტრ "Specord uv-vis"-ით ამინომჟავებს ვსაზღვრავდით ანალიზატორ AAA-881-ით.

ეგზოგენურ ნაერთთა დეტოქსიკაციის პროცესი მცენარეებში, სხვა ფაქტორებთან ერთად, დამოკიდებულია ფესვებიდან მათ შეთვისებაზე და ვეგეტაციურ ორგანოებში გადაადგილების უნარზე. წყალხსნარიდან ანილინის შეთვისების პროცესი ორი ფაზისაგან შედგება. დასაწყისში დიფუზიის შედეგად ქსენობიოტიკი სწრაფად აღწევს უჯრედშორის სივრცეში, ხოლო შემდეგ შედარებით ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში ხდება ეგზოგენური ნაერთის დაგროვება უჯრედებში [2]. ანილინის შეთვისების მხრივ სიმინდის, ლობიოს და ბარდის ნაზარდები უმნიშვნელოდ განსხვავდებიან ერთმანეთისგან (ცხრ.1). შედარებით უკეთესად ანილინის წყალხსნარიდან ფესვებით ითვისებს ბარდა. შეთვისებული ანილინის და მისი მეტაბოლიტების ფესვებიდან ფოთლებში გადაადგილების მხრივ კი საკვლევი მცენარეები არსებითად განსხვავდებიან. ანილინის ტრანსპორტი ფესვებიდან



ფოთლებში გაცილებით ინტენსიურია ლობიოში, ვიდრე ბარდასა და განსაკუთრებით სიმინდში. შეთვისებული ანალიზის ჯამური რაოდენობიდან ლობიოს ფესვებიდან ფოთლებში გადაადგილდება რადიოაქტიური ნიშნის 68,1%, მაშინ როდესაც ბარდისა და სიმინდის ფოთლებში მხოლოდ 13,5% და 4,0% შესაბამისად.

ცხრილი 1

$1-6^{14}C$ -ანილინის რადიოაქტიური ნიშნის განაწილება მცენარეებში (ხვედრითი რადიოაქტივობა - $1,85 \cdot 10^7$ ბკ/გ, კონცენტრაცია - 0,015 მოლ/ლ, ექსპოზიცია - 72 სთ, ტემპერატურა - 25-27°C)

მცენარე	რადიოაქტივობა ბიომასის 1 გ-ზე, ბკ.	რადიოაქტივობა, %		
		დაბალმოლეკულური ნაერთები	ბიოპოლიმერები	მცენარის 1 გ-ზე
სიმინდი				
ფესვი	781,7	66,7	33,3	1,60
ფოთოლი	59,8	80,1	19,9	
ლობიო				
ფესვი	753,7	77,8	22,2	4,30
ფოთოლი	342,9	94,7	5,3	
ბარდა				
ფესვი	1130,1	94,7	5,3	1,29
ფოთოლი	108,8	94,4	5,6	

ბარდის, სიმინდის და ლობიოს ნაზარდები განსხვავდებიან ანილინის რადიოაქტიური ნიშნის განაწილების ხასიათითაც უჭრედის დაბალმოლეკულურ და მაღალმოლეკულურ ნაერთებში. ბარდის ფოთლებსა და ფესვებში ნიშანდებული ნაერთები ძირითადად დაბალმოლეკულურებია (ცხრ.1) და რადიოაქტიური ბიოპოლიმერების რაოდენობა 6% არ აღემატება. სიმინდის ფესვებსა და ფოთლებში ნიშანდებული ბიოპოლიმერების რაოდენობა მნიშვნელოვნად მატულობს და 20-33% აღწევს.

უცნობი ნიშანდებული დაბალმოლეკულური ნაერთების მკვლევარი ჰიდროლიზატების ანალიზით დადგინდა, რომ წყალხსნარები შეიცავენ არარადიოაქტიურ ამინომჟავებს, ხოლო ეთერხსნარები ნიშანდებულ ანილინს და ორთო-ამინოფენოლს. ამრიგად, საკვლევ მცენარეებში ანილინის მეტაბოლიზმის ძირითადი პროდუქტებია ანილინის და ორთო-ამინოფენოლის კონიუგატები დაბალმოლეკულურ პეპტიდებთან. დადგენილია კონიუგაციაში მონაწილე პეპტიდების ამინომჟავური შედგენილობა (ცხრ.2). როგორც წესი, კონიუგატების პეპტიდური ნაწილის წარმოქმნაში მონაწილეობს 3-დან 7-მდე ამინომჟავა. კონიუგატების პეპტიდური ნაწილები განსხვავდებიან ამინომჟავური შედგენილობით და თანმიმდევრობით, რაც განაპირობებს მათ განსხვავებულ ქრომატოგრაფიულ ძვრადობას. ანალოგიური პეპტიდური კონიუგატებია გამოყოფილი მცენარეებიდან არომატული დიამინის ბენზიდინის გარდაქმნის გზების გამოკვლევის დროსაც [3].

კონიუგატების შემადგენლობაში ნიშანდებული ორთო-ამინოფენოლის არსებობა გვიჩვენებს, რომ ანილინის გარკვეული ნაწილი მცენარეულ უჯრედში ორთო-ჰიდროქსილირებას განიცდის. უარყოფითი თვისებითი უფრადი რეაქციები ფენოლურ ჰიდროქსილზე და არომატულ ამინოჯგუფზე ადასტურებს, რომ კონიუგატების წარმოქმნის პროცესში ორივე ეს ფუნქციონალური ჯგუფი გარდაიქმნება ენდოგენურ პეპტიდებთან ურთიერთქმედების შედეგად. წარმოქმნილი



რადგან ცდის დამთავრების შემდეგ, ძირითადად მხოლოდ ისინი მოიპოვეს მცენარეულ ქსოვილებში. ამავე დროს დადგინდა, რომ საკვები არც მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს მცენარეებიდან გამოყოფილ ანილინის და ორთო-ამინოფენოლის ანალოგიურ კონიუგატებს, რაც საფუძველს გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ ისინი მართლაც მეტაბოლიზმის საბოლოო პროდუქტებია და მათ გარკვეულ ნაწილს მცენარეები გამოყოფენ ფესვთაშორის სივრცეში უცვლელი სახით. ამასთანავე, კონიუგაცია დაბალმოლეკულურ პეპტიდებთან წარმოადგენს დეტოქსიკაციურ პროცესს, რადგან იბოჰება ნაერთების აქტიური ფუნქციონალური ჯგუფები, რაც მათი ტოქსიკური თვისებების შემცირებას ან სრულ გაუვნებლობას იწვევს.

ცხრილი 2

1-6-¹⁴C-ანილინის პეპტიდური კონიუგატების ამინომჟაური შედგენილობა
(გამსხნელთა სისტემა: ნორმ. - ბუთანოლი - ძმარმჟავა - წყალი 4:5:1)

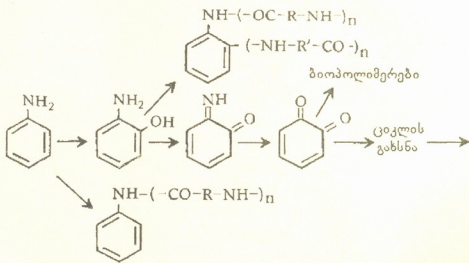
მცენარე	კონიუგატის Rf	ამინომჟაური შედგენილობა
სიმინდი		
ფესვი	0,82	ასპ, გლუ, ალა, მეთ.
	0,95	ასპ, გლუ, ალა, მეთ, სერ, ტრი.
	0,97	ასპ, გლუ, ალა, სერ, მეთ, ტრი, ლეი.
ფოთოლი	0,96	ასპ, გლუ, სერ, გლი, ტირ, ლეი.
	0,98	ასპ, სერ, გლი, ტირ, ვალ, ლეი.
ლობიო		
ფესვი	0,85	ასპ, გლუ, სერ, ლეი.
	0,90	ასპ, გლუ, ტრი, ალა, სერ.
	0,97	ასპ, გლუ, ტრი, ალა, სერ.
ფოთოლი	0,75	ასპ, გლუ, გლი, ალა, ლეი.
	0,92	ასპ, გლუ, გლი, ალა, ლეი, მეთ.
	0,96	ასპ, გლუ, გლი, ალა, ლეი, მეთ.
ბარდა		
ფესვი	0,84	ასპ, გლუ, გლი.
	0,97	ასპ, გლუ, გლი, ალა.
ფოთოლი	0,75	ასპ, გლუ, სერ, ტრი.
	0,83	ასპ, გლუ, სერ, ტირ, ვალ, ლეი.
	0,93	ასპ, გლუ, სერ, ტირ, ვალ, ლეი

მცენარეებში ფართოდაა გავრცელებული არომატული ამინოჟგუფის ბლოკირება გლიკოზილირების გზით. ჩვენ მიერ შესწავლილ მცენარეებში ანილინის კონიუგატები გლუკოზასთან არ აღმოჩნდა, თუმცა ამ პროცესის სრული გამორიცხვა არ იქნება მართებული, რადგან გლიკოზიდები ლაბილური ნაერთებია და ბიომასალის დამუშავების დროს არის მჟავიანობის გაზრდას შეუძლია გამოიწვიოს ყველა არსებული გლიკოზიდის ჰიდროლიზი.

ანილინის რადიოაქტიური ნიშნის განსაზღვრული ნაწილი ერთვება ბიოპოლიმერების, ძირითადად ცილების შემადგენლობაში. ბარდაში ბიოპოლიმერების რადიოაქტივობა გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე ლობიოში და განსაკუთრებით სიმინდში (ცხრ.1). პეპტიდური კონიუგატებისგან განსხვავებით ნიშანდებული პოლიმერების მჟავური ჰიდროლიზის შემდეგ აღარ ხდება ანილინის ან მისი მეტაბოლიზმის შუალედური პროდუქტების გამოყოფა თავისუფალი სახით, რაც გვაძლევს საფუძველს ვივარაუდოთ რომ ბიოპოლიმერებთან ურთიერთქმედებისას არ წარმოიქმნება ჰიდროლიზის უნარის მქონე ამიდური ან რთულეთერული ბმები.

სავარაუდოა, რომ მცენარეებში ორთო და პარა-ამინოფენოლებისაგან ჟანგვითი დეზამინირების შედეგად წარმოიქმნებიან ქინონები, რომლებიც ურთიერთქმედებენ ცილების ფუნქციონალურ ჯგუფებთან და შეუქცევადად უკავშირდებიან მათ.

ანილინის ჰიდროქსიწარმოებულების შემდგომი ჟანგვითი გარდაქმნების შედეგად იხლიჩება ქსენობიოტიკის არომატული ბირთვი და წარმოქმნილი ლიაჯაჰვიანი ნაერთები ერთვებიან უჯრედის ნივთიერებათა ნორმალურ ცვლაში, რასაც ადასტურებს მცენარეებში ნიშანდებული ამინომჟავების და ორგანული მჟავების არსებობა. გარკვეული ნაწილი ლიაჯაჰვიანი ნაერთებისა იქანგებიან რადიოაქტიურ ნახშირორქანგამდე. ლობიოდან ნიშანდებული ნახშირორქანგი უფრო მეტი გამოიყოფა, ვიდრე სიმინდიდან და ბარდიდან (ცხრ.1), რაც განპირობებული უნდა იყოს ლობიოს ფესვებიდან ფოთლებში ანილინის და მისი მეტაბოლიტების გადაადგილების მაღალი ინტენსიურობით.



საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 აგრარული უნივერსიტეტი

ს.დურშიშიძის სახ. მცენარეთა
 ბიოქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Р.Я.Школьник, Н.Г.Доман.* Биохимия, 25, 1960, 276.
2. *Д.Ш.Угрехелидзе, В.А.Пириашвили, Ш.М.Рухадзе.* Физиология растений, 33, 1, 1986, 165.
3. *Э.П.Ломидзе.* Автореф. канд.дис. Тбилиси, 1985.

შ. უგრეხელიძე, ბ. წერეთელი, ლ. ბოჭორიძე

ცინებისა და კარბენდაზიმის გავლენა ალკოჰოლური დუღილის პროცესზე

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ანდრონიკაშვილმა 30.09.1996

ვაზის სოკოვან დაავადებათა წინააღმდეგ ფართოდ გამოიყენება ფუნგიციდები, ცინები და კარბენდაზიმი. ამ პრეპარატებით დამუშავებისას, მათი ლიპოფილური მოლეკულები ადსორბირდება კუტიკულაზე და იხსნება კუტიკულის ცვილში. ყურძნის დაწურვისას და ალკოჰოლური დუღილის საწყის ეტაპზე აღნიშნული ფუნგიციდები გადადიან ყურძნის წვენში და ფერმენტაციის პროცესშიც მონაწილეობენ [1].

ჩვენ შევისწავლეთ საფუვრის სუფთა კულტურებით (*Saccharomyces vini*, var. კახური 42 და *Saccharomyces oviformis*, var. გიგ 50) წარმოებულ ალკოჰოლური დუღილის პროცესზე ფუნგიციდების - ცინებისა და კარბენდაზიმის - გავლენა. ამ მიზნით დაწმენილ (2000 გ, 10 წუთი), სტერილურ (112°C, 1,5 ატმ 40 წუთი) ყურძნის წვენში (რქაწითელი) შევიტანეთ საფუვრის სუფთა კულტურა 2%-ის რაოდენობით. დუღილი მიმდინარეობდა 25-27°C-ზე. დუღილის დაწყებიდან მესამე დღეს მადულარი მასის სამ-სამი მილილიტრი მოვათავსეთ ვარბურგის აპარატის რესპირომეტრებში, რესპირომეტრის ცენტრალურ ჰიქაში შევიტანეთ 20%-ანი კალიუმის ტუტის 0,6 მლ, ხოლო გვერდით ჰურქელში 1 მლ ფუნგიციდის ჰეშმარიტი ხსნარი ან მიკროსუსპენზია წყალში, ან სუფთა წყალი (კონტროლი). საინკუბაციო ტემპერატურა 30°C 80 რხევა/წუთი, ინკუბაციის ხანგრძლივობა 4 საათი, ვზომავდით ჟანგბადის შთანთქმასა და გამოყოფილი ნახშირორჟანგის რადიოაქტიურობას (ოთხი პარალელური ცდის საშუალო შედეგი). ცდებში გამოვიყენეთ ¹⁴C (მეთილენში)-ცინები: კუთრი რადიოაქტიურობა 400 მეგაბეკერელი/გ, კონცენტრაცია მადულარ არეში 2,5 მგ/ლ (ჰეშმარიტი ხსნარი) ან 50 მგ/ლ (მიკროსუსპენზია), და ²¹⁴C კარბენდაზიმი: კუთრი რადიოაქტიურობა 36 მეგაბეკერელი/გ, კონცენტრაცია მადულარ არეში 2 მგ/ლ (ჰეშმარიტი ხსნარი) ან 60 მგ/ლ (მიკროსუსპენზია). პარალელური ცდების გაერთიანებულ სარეაქციო არეში ვსაზღვრავდით ცინებისა და კარბენდაზიმის გარდაქმნის პროდუქტებს [2]. რადიოაქტიურობის გაზომვა ხდებოდა თხევად სცინტილაციურ მთვლელებზე RackBeta II, რეის ჰიდროფილურ სისტემაში [3].

ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა (ცხრილი 1), რომ ცინები 2,5 მგ/ლ და კარბენდაზიმი 2 მგ/ლ ოდნავ ასტიმულირებენ ჟანგბადის შთანთქმას, ხოლო მათი მაღალი კონცენტრაციებით ეს პროცესი არსებითად ინჰიბირდება. ფუნგიციდების დაბალი კონცენტრაციის შემთხვევაში, მათი რადიოაქტიური ნახშირბადის დაქანგვა ნახშირორჟანგად უმნიშვნელოა (არ აღემატება შეტანილი რადიოაქტიურობის 0,8%-ს), ხოლო მათი მაღალი კონცენტრაციის გავლენით, დაქანგვის ეს სუსტი პროცესი თითქმის სრულიად წყდება (¹⁴CO₂-ის რაოდენობა 0,1%-ზე ნაკლებია).

ფუნგიციდების მაღალი კონცენტრაციით გამოწვეული ქანგბადის შთანთქმის $^{14}\text{CO}_2$ -ის გამოყოფის ინჰიბირების მიზეზი, როგორც ჩანს, საფუვრის უჯრედების მიერ ამ ფუნგიციდების დიდი რაოდენობით აღსორბციაა. კერძოდ, ამ შემთხვევაში, ფერმენტაციის არეში შეტანილი ნიშანდებული ნახშირბადის თითქმის 40-50% საფუვრის მიერ აღსორბირდება (ცხრილი 1). ამასთან დაკავშირებით აღსანიშნავია, რომ როგორც არსებული მონაცემები მიუთითებენ, ცინები 0,5-50 მგ/ლ კონცენტრაციის ინტერვალში ფაქტიურად არავითარ ზეგავლენას არ ახდენს საფუვრის უჯრედების ექსტრაქტის ქანგვა-აღდგენით უნარზე [4]. ხოლო კარბენდაზიმის დაბალი კონცენტრაციები ამუხრუჭებს მიცელიუმის ზრდის პროცესს, და არა სპორების აღმოცენებას [5]. ამ ფუნგიციდების დაბალი კონცენტრაციების უმნიშვნელო ზეგავლენაზე საფუვრების მიმართ მიუთითებს აგრეთვე ჩვენი ექსპერიმენტების შედეგებიც (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

^{14}C -ცინებისა და ^{14}C -კარბენდაზიმის გავლენა ალკოჰოლური დუღილის პროცესში ქანგბადის შთანთქმაზე და რადიოაქტიური ნახშირბადის განაწილება დუღილის პროდუქტებს შორის

დუღილის არე	შთანთქმული ქანგბადი, %	რადიოაქტიურობა, %		
		საფუარი	ღვინო	ნახშირ- ორქანგი
S.vini+რქაწითელი (დუღილის არე)	100			
დუღილის არე+ ცინები (2,5 მგ/ლ)	103	9,3	90,0	0,7
დუღილის არე + ცინები (50 მგ/ლ)	67	44,5	55,4	>0,1
დუღილის არე+ კარბენდაზიმი (2 მგ/ლ)	108	8,6	90,9	0,5
დუღილის არე + კარბენდაზიმი (60 მგ/ლ)	71	52,2	47,7	>0,1
S.oviformis +რქაწითელი (დუღილის არე)	100			
დუღილის არე + ცინები (2,5 მგ/ლ)	105	8,9	90,3	0,8
დუღილის არე + ცინები (50 მგ/ლ)	63	41,9	58,0	>0,1
დუღილის არე+ კარბენდაზიმი (2 მგ/ლ)	108	9,2	90,2	0,6
დუღილის არე + კარბენდაზიმი (60 მგ/ლ)	76	46,6	53,3	>0,1



ექვს გარეშეა, რომ დუღილის არეში შეტანილი ფუნგიციდების მოლექტული დაქანგვა ნახირსორჩანგამდე მიკრობიოლოგიური პროცესია, ვინაიდან, როგორც ცნობილია, ასეთი მჟავიანობის მქონე სტერილურ არეში (pH 3-4) მსგავსი ღრმა დაქანგვა პრაქტიკულად არ ხდება [6]. სუსტ მჟავე არეში ცინები ეთილენბისდითიოკარბამინის მჟავას წარმოქმნის, რომელიც შემდგომ ეთილენდამინად და გოგირდნახირბადად იშლება; ხოლო ხსნარის ჰაერაციის შემთხვევაში აქვე წარმოიქმნება ეთილენთიოშარდოვანა, ეთილენთიურამმონოსულფიდი და ეთილენთიურამდისულფიდი [6]. ეს ნაერთები გამოყოფილ და იდენტიფიცირებულ იქნა ჩვენ მიერ ალკოპოლური დუღილის არედან, სადაც შეტანილი იყო ^{14}C -ცინები (ცხრილი 2).

^{14}C -ცინები და მისი გარდაქმნის პროდუქტები დუღილის არეში (%) რადიოაქტიური ნახშირბადის განაწილების მიხედვით) ცხრილი 2

დუღილის არე	ცინები	ეთილენთიოშარდოვანა	ეთილენთიურამმონოსულფიდი	ეთილენთიურამდისულფიდი	ეთილენდამინი
რქაწითელი + S.vini + ცინები (2,5 მგ/ლ)	39	16	14	23	8
რქაწითელი + S.oviformis + ცინები (2,5 მგ/ლ)	35	18	11	24	12

^{14}C -კარბენდაზიმი და მისი გარდაქმნის პროდუქტი, 2-ამინობენზიმიდაზოლი, დუღილის არეში (%) რადიოაქტიური ნახშირბადის განაწილების მიხედვით). ცხრილი 3

დუღილის არე	კარბენდაზიმი	2-ამინობენზიმიდაზოლი
რქაწითელი + S.vini + კარბენდაზიმი (2 მგ/ლ)	95	5
რქაწითელი + S.oviformis + კარბენდაზიმი (2 მგ/ლ)	93	7

დუღილის არის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მასში შეტანილი კარბენდაზიმის მცირე ნაწილი ჰიდროლიზდება და 2-ამინობენზიმიდაზოლს წარმოქმნის (ცხრილი 3). მიღებული მონაცემების საფუძველზე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ცინებისა და კარბენდაზიმის ნიშანდებული ნახშირბადი საფუვრების მიერ უპირატესად ამ ფუნგიციდების ჰიდროლიზური და ქანგვითი გარდაქმნის პროდუქტების სახით შეითვისება, შემდეგ კი მიკრობულ უჯრედში ნახშირორჩანგამდე იქანგება. ამ პროცესის დაბალი ინტენსივობა იმაზე მიუთითებს, რომ ცინებისა და კარბენდაზიმის

ნარჩენი რაოდენობა, რომელიც ვაზის შეწამვლის შედეგად გადადის ყურძნის წვენიში, არსებით გავლენას ვერ ახდენს საფუვრის მიერ წარმოებულ ფერმენტაციის პროცესზე. ეს დასკვნა კიდევ ერთხელ ადასტურებს უკვე არსებულ მონაცემებს [7]. აღნიშნული ფუნქციების დაშლა ალკოჰოლური დუდილის პროცესში ჰიდროლიზურ და ქანგვით გარდაქმნებს მოიცავს, რაც უპირველეს ყოვლისა სარეაქციო არის მაჩვენებლებითაა გაპირობებული, და მიკრობიოლოგიური გარდაქმნები ამ შემთხვევაში მხოლოდ უმნიშვნელო როლს ასრულებს.

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. ბ.წერეთელი, შ.უგრეხელიძე. კრებულში: ქიმა და სოფლის მეურნეობის პრობლემები (სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის მასალები). გურჯაანი, 1996, 30-32.
2. G.Czegledi-Janko, A.J.Hollo. Chromatogr. 31, 1967, 89.
3. E.Rapkin. Sample preparation for liquid scintillation counting. Part 2. Solvents and scintillatots. Intertechnique, Plaisir-France, 1970, 17-20.
4. E.E.Емноваб Г.В.Меренюк. Микробиология, 55, 4, 1986, 612.
5. G.P.Clemons, H.D.Sisler. Pestic. Biochem. and Physiol., 1, 1971, 32,
6. F.L.Mc Ewen, G.R.Stephenson. The use and significance of pesticides in the environment. John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, 1979, 80-90.
7. W.H.Newsoms. J.Agric. Food Chem., 24, 1976, 999.

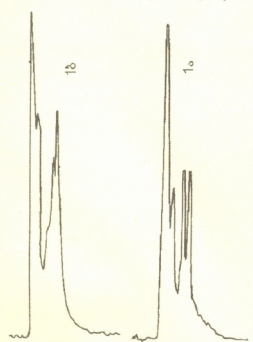
რ.გახოკიძე, ლ.ტაბატაძე, ლ.ბერიაშვილი

ლუკრეაზინის გავლენა მიწავაშლას (*Helianthus tuberosus* L.) ფოთლების ცილის ფრაქციების შემცველობაზე

წარმოდგინა აკადემიკოსმა გ.კვეციტაძემ 19.09.1996

მიწავაშლა (*Helianthus tuberosus* L.) ტუბერიანი მცენარეა რომელიც ეკუთვნის რთულყვავილოვანთა ოჯახს. უნიკალური ბიოქიმიური შედგენილობის გამო, მიწავაშლა იმსახურებს სულ უფრო მეტ ყურადღებას და დიდი ეფექტურობით გამოიყენება საკვები, ტექნიკური, დიეტური და სამკურნალო პროდუქტების ფართო სპექტრის მისაღებად. იგი ერთ-ერთი უნივერსალური კულტურაა, რადგან მისი ყველა ნაწილი (ტუბერები, ფოთლები, ღეროები) შეიძლება მრავალმხრივ იქნეს გამოყენებული [1,2].

წინამდებარე სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ლუკრეაზინის გავლენის შესწავლა მიწავაშლას ფოთლების ცილის თვისებრივ და რაოდენობრივ შემცველობაზე.



სურ.1. მიწავაშლას ფოთლების
ალბუმინების ფრაქცია
ა) კონტროლი
ბ) ლუკრეაზინით დამუშავებული.

მიწავაშლას ტუბერები დათესვის წინ, 24 საათის განმავლობაში, მოთავსებულ იქნა ლუკრეაზინის 0,1%-იან ხსნარში. საკონტროლო ტუბერები 24 საათის განმავლობაში მოთავსებულ იქნა დისტილირებულ წყალში. მიწავაშლას ფოთლები საანალიზოდ აღებულ იქნა ყვავილობის დამთავრების შემდეგ. საერთო ცილის განსაზღვრისათვის მზადდებოდა აცეტონის პრეპარატი. ცილის რაოდენობის განსაზღვრა ხდებოდა კიელდალის მეთოდით. ცილის ფრაქციების მისაღებად გამოყენებულ იქნა ოსბორნის მეთოდი, რომელიც ემყარება ფრაქციების გამოყოფის შესაბამისი გამხსნელებით [3]. წყალში ხსნადი ალბუმინების ფრაქციის გამოსაყოფად გამოყენებულ იქნა 0,1 M ნატრიუმის პიროფოსფატის ბუფერი (pH-ნეიტრალური). გლობულინების ფრაქციის გამოსაყოფად გამოყენებულ იქნა 0,1M NaCl-ის ხსნარი 0,1 M ნატრიუმის პიროფოსფატის ბუფერში. ცილის ცალკეული ფრაქციის რაოდენობა იზომებოდა

ლოჯრის მეთოდით [4]. ალბუმინების და გლობულინების ფრაქციების ქრომატოგრაფია ტარდებოდა LKB-ს ფირმის თხევად, დაბალი წნევის ქრომატოგრაფზე, 1X55 სმ სვეტზე გელფილტრაციით TSK-40 (Fine) გელზე. სვეტზე დატანილი ცილის ნიმუშის ელუცია წარმოებდა დისტილირებული წყლით, 1 მლ/წთ სიჩქარით. პეპტიდების ფრაქციის დეტექტირება წარმოებდა UV-დეტექტორზე -

Uvicord - II, 279 nm-ზე.

მიღებულმა შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ლუკრეაზინის გავლენის საერთო ცილის შემცველობა იზრდება 15,5%-დან 16,6%-მდე, მშრალ წონაზე გადაანგარიშებით (ცხრილი).

ცილის ცალკეული ფრაქციის შემცველობა მიწავაშლას ფოთლებში (მშრალ წონაზე გადაანგარიშებით (%))

ცილის ფრაქციები	კონტროლი	ლუკრეაზინით დამუშავებული
ალბუმინები	10,7	10,6
გლობულინები	3,5	4,8

ცილის ხარისხის შეფასებისათვის მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა ცილის ფრაქციების ანალიზი. პირველ სურათზე წარმოდგენილი ქრომატოგრაფიული სპექტრი გვიჩვენებს, რომ ლუკრეაზინის გავლენით ძირითადად იცვლება ალბუმინების და ბალმოლეკულური პეპტიდების ფრაქცია. გლობულინების ფრაქციის ქრომატოგრაფიული სპექტრი წარმოდგენილია მეორე სურათზე. მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ლუკრეაზინის გავლენით იცვლება გლობულინების ფრაქციის, როგორც მაღალმოლეკულური, ისე დაბალმოლეკულური პეპტიდები.



სურ.2. მიწავაშლას ფოთლების გლობულინების ფრაქცია

ა) კონტროლი

ბ) ლუკრეაზინით დამუშავებული

მიღებული შედეგები შესაძლებლობას იძლევა დავასკვნათ, რომ ლუკრეაზინი ასტიმულირებს მიწავაშლის ზრდა-განვითარებას, ზრდის ფოთლების საერთო ცილის რაოდენობას, ძირითადად, გლობულინების ხარჯზე.

ივ.ჭავჭავაძის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Б.М.Кахана, В.В.Арасимович.* Биохимия топинамбура. Кишинев, 1974.
2. Матер. Второй Всесоюзной научно-производственной конференции "Тишинамбур и типинсолнечник - проблемы возделывания и использования". Иркутск, 1990.
3. Методы белкового и аминокислотного анализа растений. Ленинград, 1973.
4. *O.H.Lowzy, N.J.Rosenbraugh, A.L.Fazz, R.J.Randall.* J.Biol. Chem., **193**, 1951.



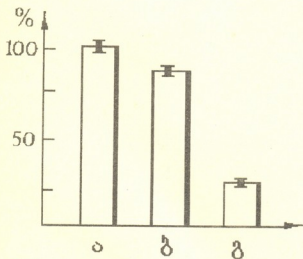
ზ.ქოქრაშვილი, დ.ძიძიგური, პ.ჭელიძე

ორმხრივი ადრენალექტომიის გავლენა ვირთაგვას ჰეპატოციტების ბირთვების ფუნქციონალურ აქტიურობაზე

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ.თუშანიშვილმა 28.10.1995

ორგანიზმთა ნორმალურ ცხოველყოფელობაში სტეროიდულ ჰორმონებს განსაკუთრებული ადგილი უკავიათ, რადგან ისინი მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ უჯრედების პროლიფერაციის, განვითარების და დიფერენცირების პროცესში. ჰორმონალურ რეგულაციას ექვემდებარება მრავალი ფერმენტის სინთეზი [1] ამიტომ განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს ჰორმონალური ბალანსის დარღვევით გამოწვეული გენომის ფუნქციონალური ცვლილებების შესწავლა.

ჩვენი სამუშაოს მიზანი იყო შეგვესწავლა თირკმელზედა ჯირკვლის ორმხრივი რეზექციით განპირობებული გენომის აქტიურობის ცვლილებები თეთრი უჯიშო ვირთაგვების ჰეპატოციტებში.



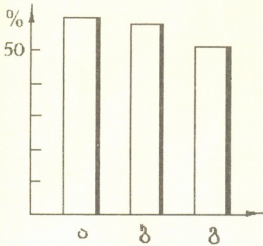
სურ.1. ^{14}C -უტე-ის ჩართვის ინტენსიურობა ვირთაგვას ჰეპატოციტების ბირთვებში ნორმასა და ორმხრივი ადრენალექტომიის შემდეგ. ა - კონტროლი, ბ - ადრენალექტომიიდან 1 დღე, გ - ადრენალექტომიიდან 4 დღე.

კვლევის ობიექტებად ვიყენებდით ზრდასრულ ვირთაგვებს (100-120 გ), ცხოველებს უკეთდებოდათ ორმხრივი ადრენალექტომია და იმყოფებოდნენ სტანდარტულ დიეტაზე [2]. მასალას ვიღებდით ადრენალექტომიიდან 1 და 4 დღის შემდეგ. კონტროლად გამოყენებული იყო ინტაქტური ცხოველები. დასახული ამოცანის გადასაწყვეტად, უპირველეს ყოვლისა, შესწავლილი იყო ჰეპატოციტების იზოლირებული ბირთვების რნმ-მასინთეზირებელი აქტიურობა, რომელზედაც ვმსჯელობდით მქვავაში უხსნად ფრაქციაში ^{14}C -უტე-ის ჩართვის ინტენსიურობის მიხედვით [3]. გარდა ამისა, ადრენალექტომიით განპირობებული

ლი ქრომატინის სტრუქტურული ცვლილებების დასადგენად გამოვიყენეთ უმანსკის მიხედვით [4] გამოყოფილი ქრომატინის პრეპარატები.

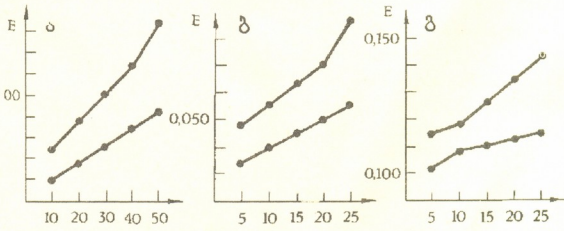
სტეროიდების ჰორმონალური რეგულაცია ძირითადად მქდავდება სპეციფიკური რნმ-ის და ცილების სინთეზის ინდუქციაში [5], რის გამოც ჰორმონების რაოდენობის შემცირება უნდა იწვევდეს გენომის ინაქტივაციას. ლიტერატურაში დაგროვილი ექსპერიმენტალური მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ ზოგიერთი ჰორმონალური ეფექტი ვითარდება ძალიან სწრაფად და შესაძლებელია ამ ჰორმონების რნმ-ის სინთეზზე ზემოქმედებასთან იყოს დაკავშირებული [1,6,7]. ჩვენ მიერ ჩატარებული გამოკვლევები გარკვეულწილად ადასტურებენ ამ მოსაზრებას. კერძოდ, მიღებული შედეგები გვიჩვენებენ, რომ ორმხრივი ადრენალექტომიის შემდეგ უკვე 24 სთ-ის განმავლობაში იწყება რნმ-ის სინთეზის ინტენსიურობის დაქვეითება ვირთაგვას

ჰეპატოციტების იზოლირებულ ბირთვებში. მონიშნული წინამორბედის ჩართვის ინტენსიურობა 13%-ით იკლებს კონტროლთან შედარებით (სურ.1, ბ). ოპერაციიდან 4 დღის შემდეგ კი ტოტალური რნმ-მასინთეზირებელი აქტიურობის მხოლოდ 25% რჩება (სურ.1, გ).



სურ. 2. ვირთავას ჰეპატოციტების ბირთვების დნმ-აზური მილწვევადაზო ნორმისა და ორმხრივი ადრენალექტომიის შემდეგ: ა-კონტროლი, ბ-ადრენალექტომიიდან 1 დღე, გ-ადრენალექტომიიდან 4 დღე.

მიღებული შედეგების თანახმად, თირკმელ-ზედა ჯირკვლების ამოკვეთის შემდეგ ჰეპატოციტების ბირთვებში ქვეითდება ტრანსკრიპციული აქტიურობა. გენების ინაქტივაცია შეიძლება გამოწვეული იყოს მრავალი ფაქტორით, მათ შორის ტრანსკრიპციულ აპარატში მომხდარი ცვლილებებით [8]. ეს სამართლიანია ჩვენს შემთხვევაშიც, რადგან ჰორმონები (პირველ რიგში სტეროიდული ჰორმონები) მოქმედებენ კონკრეტულ სამიზნე გენებზე სპეციფიკური რეცეპტორული ცილების საშუალებით, რომლებთანაც ჰორმონ-რეცეპტორულ კომპლექსებს წარმოქმნიან [1, 6, 7]. ეს კომპლექსი უკავშირდება გენების რეგულატორულ უბნებს, მონაწილეობას იღებს ტრანსკრიპციის პროცესში და იწვევს გენების ექსპრესიას. თირკმელზედა ჯირკვლების ამოკვეთის დროს ტრანსკრიპციული აქტიურობის თანდათანობითი შემცირება დაკავშირებული უნდა იყოს ქსოვილისა და სისხლში ჰორმონების რაოდენობის არათანაბარ კლებასთან. ჰორმონ-რეცეპტორული კომპლექსი შედარებით მდგრადია და უფრო გვიან ინაქტივირდება, ვიდრე სისხლში ცირკულირებადი თავისუფალი ჰორმონები [9].



სურ.3. ვირთავას ჰეპატოციტების ქრომატინის ტიტრაცია აქტინომიცინ D-თი, ა-კონტროლი, ბ-ადრენალექტომიიდან 1 დღე, გ-ადრენალექტომიიდან 4 დღე. გენომის ფუნქციონალური აქტიურობის ცვლილებებთან დაკავშირებულია ქრომატინის სტრუქტურული გარდაქმნები. ტრანსკრიპციულად აქტიური ქრომატინის დამახასიათებელ თვისებას წარმოადგენს მისი გაზრდილი მგრძობელობა ნუკლეაზების, მათ შორის დნმ-აზა I-ის მიმართ. ასეთი მომატებული მგრძობელობა არ შემოიფარგლება მხოლოდ გენების მაკოდირებელი უბნებით, იგი გვერდითმდებარე უბნებზედაც ვრცელდება და მრავალი ფაქტორითაა



განპირობებული [10]. დნმ-აზა I-სადმი მგრძნობელობა შეიძლება განხილულ იქნას როგორც ქრომატინის კონფორმაციული ცვლილებების მახასიათებელი [11]. მე-2 სურათზე ნაჩვენებია ქრომატინის დნმ-აზა I-თან ინკუბაციის შედეგად მიღებული მკვავაში ხსნადი ფრაქციის პროცენტული რაოდენობა. ადრენალექტომიიდან 24 სთ-ის შემდეგ ქრომატინის მგრძნობელობა დნმ-აზა I-ის მიმართ პრაქტიკულად არ იცვლება, ხოლო ადრენალექტომიიდან 4 დღის შემდეგ 10%-ით მცირდება.

ამ მონაცემებთან კორელაციაშია ქრომატინის აქტინომიცინ D-თი ტიტრაციის შედეგებიც. დაკავშირებული აქტინომიცინის რაოდენობა დამოკიდებულია ქრომატინში დნმ-ის დემასკირებული საიტების რაოდენობაზე. ინტაქტიური ცხოველებიდან გამოყოფილი ქრომატინის (50 მკგ დნმ-ზე გადაანგარიშებით) მიერ დაკავშირებული აქტინომიცინის რაოდენობა 40-60 მკლ-ს შეადგენს (სურ.3, ა). ადრენალექტომირებულ ცხოველებში, ოპერაციიდან ერთი დღის შემდეგ დნმ-თან დაკავშირებული აქტინომიცინის რაოდენობა კონტროლთან შედარებით ორჯერ მცირდება და 20 მკლ-ს აღწევს (სურ.3, ბ), ოპერაციიდან მე-4 დღეს კი 20 მკლ-მდე კლებულობს (სურ.3, გ).

როგორც შედეგებიდან ჩანს, ადრენალექტომიის შემდეგ ტრანსკრიპციული აქტიურობის შემცირებასთან ერთად ქვეითდება ქრომატინის მატრიცული აქტიურობაც, მცირდება თავისუფალი გ-ც წყვილების შემცველი ლოკუსების რაოდენობა, და ქრომატინში დნმ-აზა I-სადმი მგრძნობიარე უბნების შემცველობა, რაც დნმ-ფიბრილის კონდენსაციის ხარისხის გაზრდაზე მიუთითებს.

თირკმელზედა ჯირკვლის ამოკვეთიდან 24 სთ-ის შემდეგ სხვა პარამეტრებთან შედარებით უფრო მკვეთრად კლებულობს თავისუფალი გ-ც წყვილების რაოდენობა. ეს შეიძლება დაკავშირებული იყოს გ-ც წყვილებით მდიდარი ბირთვაკული ქრომატინის ინაქტივაციასთან. თუ ვივარაუდებთ, რომ ადრეულ სტადიაზე ხდება რიბოსომული გენების ინაქტივაცია, შეიძლება აიხსნას როგორც რნმ-ის სინთეზის, ასევე ქრომატინის დნმ-აზა I-სადმი მგრძნობელობის უმნიშვნელო შემცირება პირველ დღეს. თუმცა ასეთი ჰიპოთეზა უფრო კონკრეტულ დასაბუთებას მოითხოვს.

ი.ჭავჭავაძის სახ.თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *М.А.Красильников*. Биохимия, **58**, 4, 1993, 499-511.
2. *M.Derenzini et al.* J.Ultrastruc. Res., **367**, 1979, 161-179.
3. *D.V.Dzidziguri et al.* Epith. Cell Biol., **3**, 1994, 54-60.
4. *S.R.Umanski et al.* Bioph. Acta, **383**, 1975, 242-254.
5. *M.G.Parker.* J.Endocrinol., **123**, 1989, 1-4.
6. *W.Hoppner et al.* J.Biol. Chem., **264**, 34, 1989, 2643-2647.
7. *Е.С.Конопля и др.* сб. Гормональная регуляция в норме и при патологии, 1989, 33-35.
8. *И.Б.Збарский*. Организация клеточного ядра. 1988, М. 366 с.
9. *К.Вили, В.Детье*. Биология, М., 1974, 824 с.
10. *I.Igo-Kemeneg et al.* Ann. Rev. Biochem., **51**, 1982, 89-121.
11. *А.Н.Кукушкин, В.А.Поспелов*. Молекулярная биология, **19**, 1985, 1592-1602



მიკრობიოლოგია და ვირუსოლოგია

ნ.ქიზიურაშვილი, ე.კირთაძე

^{14}C მქაუნძმარმქავას ასიმილაცია საფუერების მიერ მეორეულ სპირტულ დუღილში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ.ნუცუბიძემ 26.12.1996

საფუერების ცხოველმოქმედება მეორეული სპირტული დუღილის ექსტრემალურ პირობებში მქიდრო კავშირშია კეტომქავეების ცვლასთან. ნახშირორქანგის მაღალი წნევა, სპირტიანი გარემო, საფუერისათვის უცხო ნაერთები და სხვა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ორგანული მქავეების გარდაქმნის მიმართულებებსა და ინტენსივობაზე [1]. ამასთანავე კეტომქავეების ბიოტრანსფორმაციის პროდუქტებს არსებითი მნიშვნელობა აქვთ უჯრედული მეტაბოლიზმის რეგულაციისათვის მადულარ არეში [2].

სამუშაოს მიზანს შეადგენდა ^{14}C მქაუნძმარმქავას გარდაქმნის პროდუქტების შესწავლა მეორეული სპირტული დუღილის დროს.

მადულარ აგენტად გამოყენებული იყო ღვინის საფუერების საწარმოო შტამი *Sacharomyces vini*-39. ^{14}C მქაუნძმარმქავა სატირაქე ნახავეში შეიტანებოდა 9,2 მგ-ის რაოდენობით 800 მლ ღვინოზე ანგარიშით, რომლის რადიოაქტივობა შეადგენდა 18,5 მბკ. მეორეული სპირტული დუღილი მიმდინარეობდა 14° - 16° C პირობებში. საფუერისა და ღვინის კომპონენტების ანალიზი ტარდებოდა ძირითადი დუღილის დამთავრებისთანავე ქიმიური, ქრომატოგრაფიული და ავტორადიოგრაფიული მეთოდების გამოყენებით [1]. იდენტიფიცირებულ ნაერთების რადიოაქტივობა ისაზღვრებოდა სცინტილაციურ სპექტრომეტრზე SL-20.

საფუერის სხვადასხვა სახეობები და შტამები კეტომქავეების სხვადასხვა რაოდენობას წარმოქმნიან და გარდაქმნიან [3], რომელზედაც გავლენას ახდენს ტექნოლოგიური რეჟიმის პარამეტრებიც [2]. მქაუნძმარმქავა, თუმცა ღვინოში არ გროვდება, მაგრამ სხვა კეტომქავეების მსგავსად, მისი მეტაბოლიზმის პროდუქტების რაოდენობრივ და თვობრივ განაწილებას არსებითი მნიშვნელობა აქვს მიკრობიოლოგიური და ბიოტექნოლოგიური პროცესების მართვისათვის [4]. ჩვენს პირობებში მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ღვინის შამპანიზაციის დროს საფუერები ითვისებენ მქაუნძმარმქავას ნახშირბადოვან ჩონჩხს. მისი კარბოქსილური ნახშირბადი მონაწილეობას იღებს ბიომასის ძირითადი კომპონენტების - ცილებისა და თავისუფალი ამინომქავეების ბიოსინთეზში (ცხრილი 1). ^{14}C მქაუნძმარმქავას გარდაქმნის შედეგად საფუერის ცილებში რადიოაქტიური აღმოჩნდა 10 ამინომქავა. მათ შორის მაღალი რადიოაქტიურობით გამოირჩევა ასპარაგინმქავა და ლიზინი, რომლებიც უშუალოდ მქაუნძმარმქავას ოჯახის წარმომადგენლები არიან. ცილისა და თავისუფალი ამინომქავეების განაწილების სურათი რამდენადმე განსხვავებულია, რაც თავისუფალ ამინომქავათა სხვადასხვა ფონდის ფუნქციონირებაზე მიუთითებს [5]. ამინომქავათა რაოდენობრივი შედგენილობა იცვლება საფუერის განვითარების ფიზიოლოგიური ფაზების



მიხედვით [6] და მაქსიმუმს აღწევს დაბალ ტემპერატურაზე (10°C) სპირტული დუღილის პირობებში.

საფუერების მიერ ^{14}C მკაუნდმარმეავას ასიმილაციისა და ბიოტრანსფორმაციის შედეგად სინთეზირებულ ნივთიერებათა უპირატესი ნაწილი შამპანიზაციის დროს ღვინოში გადადის. მათგან ძირითადია ორგანული მკავეები და ამინომკავეები (ცხრილი 2). მეტაბოლურ პროცესთა რეგულაციის საფუძველზე მყარდება დინამიური წონასწორობა საფუერისა და ღვინის კომპონენტებს შორის [7]. ორგანულ მკავეათა რადიოაქტიურობის ნახევარზე მეტი ქარვამკავეასა და ვაშლმკავეაზე მოდის. იდენტიფიცირებულია რადიოაქტიური გლიოქსალის მკავეაც (12,8). რადიოაქტიურობის განაწილება ორგანულ მკავეათა შორის გვიჩვენებს, რომ მეორეული სპირტული დუღილის დროსაც ოქსალოაცეტატს ცენტრალური ადგილი უკავია კრებსისა და გლიოქსალატის ციკლის მკავეათა ბიოსინთეზში.

ცხრილი 1

^{14}C მკაუნდმარმეავას ნახშირბადების ჩართვა საფუერის ამინომკავეებში

იდენტიფიცირებულ ამინომკავეათა რადიოატივობა % -ით ფრაქციის საერთო აქტივობიდან

ცილის ამინომკავეები	თავისუფალი ამინომკავეები
ასპარაგინმკავეა 23,4	იზოლეიცინი 42,7
ლიზინი 21,5	ლიზინი 23,1
ტრეონინი 16,9	ასპარაგინმკავეა 12,5
გლუტამინმკავეა 14,2	ვალინი 9,8
იზოლეიცინი 7,3	ტრეონინი 8,7
ვალინი 5,5	გლუტამინმკავეა 2,1
მეთიონინი 4,7	პროლინი 0,7
პროლინი 3,8	სერინი 0,4
ალანინი 1,7	
გლიცინი 1,0	

ცხრილი 2

^{14}C მკაუნდმარმეავას ნახშირბადების ჩართვა ღვინის ორგანულ მკავეებსა და ამინომკავეებში

იდენტიფიცირებულ ნაერთების რადიოაქტივობა % -ით ფრაქციის საერთო აქტივობიდან

ორგანული მკავეები	ამინომკავეები
ქარვამკავეა 38,5	ვალინი 41,8
ვაშლმკავეა 17,7	ლეიცინი 21,2
გლიოქსალმკავეა 12,8	იზოლეიცინი 10,1
ფუმარმკავეა 11,2	ტრიპტოფანი 7,2
ლიმონმკავეა 7,7	არგინინი 6,4
ღვინომკავეა 3,6	ტრეონინი 5,7
უცნობი 8,5	სერინი 4,5
	გლიცინი 3,1

^{14}C მეთუნძმარმჟავას გარდაქმნის შედეგად ღვინოში იდენტიფიცირებულია 8 ამინომჟავა. მათ რაოდენობრივ განაწილებასა და რადიოაქტიუობის განაწილებას შორის კორელაციური დამოკიდებულება არ ვლინდება. მაგრამ აშკარად ჩანს, რომ ღვინის ამინომჟავათა სინთეზი საფუერების ნორმალური ცხოველმოქმედების შედეგია; დაბალი pH-ის პირობებში, ეთანოლის თანაობისას ავტოლიზი მხოლოდ ძირითადი დუდილის დამთავრების შემდეგ და ისიც ნელა მიმდინარეობს.

მეორეული სპირტული დუდილის პროცესში ოქსალაოცეტატი ნაწილობრივ დეკარბოქსილირებას განიცდის. რაოდენობრივი გაანგარიშება გვიჩვენებს, რომ გამოყოფილი $^{14}\text{CO}_2$ -ის რადიოატიუობა საწყისი აქტიუობის 2-4%-ს შეადგენს. კეტომჟავების დეკარბოქსილირების პროცესი ძლიერდება ამინირებისა და გადაამინირების რეაქციათა შეზღუდვის დროს [8]. ამავე დროს ღვინიდან გამოყოფილი შაქრების ფრაქცია ჩვენს პირობებში რადიოაქტიური არ აღმოჩნდა. როგორც ჩანს, მეორეული სპირტული დუდილის ექსტრემალურ პირობებში ძირითადად ფუნქციონირებს კრების მოდიფიცირებული ციკლი - ჟანგვითი გარდაქმნებით α -კეტოგლუტარატამდე და აღდგენითი გარდაქმნებით - ოქსალაოცეტატიდან სუქცინატამდე.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ს.დურმიშიძის სახ.მცენარეთა ბიოქიმიის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Э.Г.Киртадзе, Т.М.Курдованидзе.* Биохимические особенности вторичного спиртового брожения. Тбилиси, 1992.
2. *С.П.Авакянц.* Биохимические основы технологии шампанского. М., 1980.
3. *А.С.Вечер, И.Ф.Рудоманова.* ДАН БССР, т.18, 1974.
4. *Е.И.Квасников.* Прикладная биохимия и микробиология, 31, 2, 1995.
5. *А.М.Безбородов.* Биохимические основы микробиологического синтеза. М., 1984.
6. *С.А.Коновалов.* Биохимия дрожжей. М., 1980.
7. *Л.Н.Моисеева.* Прикладная биохимия и микробиология, 31, 1, 1995.
8. *K.Yoshizawa, M.Yamada.* Agric and Biol. Chem. 26. 8. 1962.

თ.კუპრაშვილი

პათოგენური სოკოების შეღწევის და ლოკალიზების ადგილი ბოსტნეული კულტურების თესლში

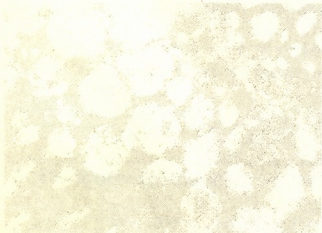
წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ნახუცრიშვილმა 2.10.1996

ბოსტნეული კულტურების (პომიდორი, ბადრიჯანი, წიწკა, კომბოსტო, სტაფილო, ხახვი) თესლში პათოგენური სოკოების შეღწევის, გავრცელების და ლოკალიზების ადგილი (ჩანასახი, ენდოსპერმი, ლეზნები, კანი) ცვალებადობს იმის მიხედვით, თუ მცენარის განვითარების რომელ ფაზაში ხდება მისი დასენიანება და რა გზით აღწევს სოკო თესლში.

ტრაქეომიკოზული ქნობის გამომწვევი სოკოები (*Fusarium oxysporum* (Schlect.) Snyd.et Hans., *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth.) თესლში ხვდებიან. მცენარეში დიფუზური განვითარებისას მიჰყვებიან ჭურჭულბოჭკოვან კონებს და ლოკალიზდებიან ძირითადად თესლის კანში და ლეზნებში.

ზოგიერთი სოკო (*Phytophthora parasitica* (Dast.)Waterh. *Perenospora destructor* Berck., *Alternaria*-ს გვარის წარმომადგენლები, *Phomopsis Vexans* (Sacc. et Syd.) Hart.) მცენარის ყვავილობის პერიოდში სამტკრე მილის საშუალებით, მიკროპილეს გზით აღწევს თესლკვირტში და უმეტესად ლოკალიზდებიან ჩანასახსა და ლეზნებში.

მოსავლის აღების შემდეგ საღ თესლში სოკო იჭრება ჰიპიდან.



სურ.1

პათოგენური სოკოების თესლში შეღწევის და მათი ლოკალიზების ადგილის შესახებ ლიტერატურაში მცირე და ერთმანეთისგან განსხვავებული აზრი არსებობს.

ე.ფიშერ დოროტის [1] მიხედვით სოკო *Didymella lycopersici* Kleb. პომიდორის თესლში აღწევს პლაცენტის გზით და ლოკალიზდება თესლის კანსა და ლეზნებს შორის მიცელიუმის ან პიკნიდიების სახით.

გამბოგის [6] და სხვათა მონაცემებით სოკო *Fusarium*-ის წარმომადგენლები თესლში აღწევენ მცენარეში დიფუზური განვითარების გზით. იმავე გზით აღწევს ხახვის თესლში სოკო *Perenospora destructor*-ი და ლოკალიზდება ოოსპორების სახით ენდოსპერმში და ჩანასახში [7]. განსხვავებული აზრი არსებობს [8] სოკო *Phomopsis*-ის გვარის წარმომადგენლების ლოკალიზების შესახებ თესლის სხვადასხვა ქსოვილებში.

გ. ჰარმანისა და ფ.პფლეგერის [9] მონაცემებით სოკო *Aspergillus*-ის სხვადასხვა სახეობა პომიდორის, ქერის, გოგრისა და ბარდის თესლში ლოკალიზდებიან ჩანასახში ან ეპიდერმისა და ჩანასახს შორის.

ლ. რაილოს [2] დ. შტოკის [5], პ.

ზოგიერთი სოკო თესლში აღწევს მცენარეთა ყვავილობის პერიოდში სამტვერე მილის გავლით, მიკროპილეს გზით [10-12].

ნაშრომში გადმოცემულია 1984-1992 წლებში ჩატარებული კვლევის შედეგები ბოსტნეული კულტურების (პომიდორი, ბადრიჯანი, წიწაკა, კომბოსტო, სტაფილო, ხახვი) თესლში პათოგენური სოკოების შედწევის გზების და მათი ლოკალიზაციის ადგილის შესახებ.

ბოსტნეული კულტურების (პომიდორი, ბადრიჯანი, წიწაკა, კომბოსტო, სტაფილო, ხახვი) თესლში ტრაქეომიკოზული ქცნობის გამომწვევი სოკოების შედწევის გზების დადგენის მიზნით, სტერილურ ნიადაგში შეგვქონდა სოკო *F.oxysporum*-ის და *V.albo-atrum* -ის ოცდლიანი კულტურები და ათი დღის შემდეგ მასში ვრგავდით პომიდორის, ბადრიჯნისა და წიწაკის საღ ჩითილებს. სოკოს განვითარებას მცენარეში ვადგენდით ანატომიური ქრილობის საშუალებით.

თესლში პათოგენური სოკოების შედწევის სხვა გზების ძიების მიზნით, მცენარეთა მასობრივი ყვავილობის პერიოდში, ყვავილის ბუტკოზე ნაზი ფუნჯის საშუალებით გადაგვქონდა სოკოს (*Phytophthora parasitica*, *Perenospora destructor*, *Alternaria brassicae*, *A.solani*, *A.radicina*, *Phomopsis Vexans*) კონიდიუმები [14].

დასენიანებული ყვავილების იზოლაცია ხდებოდა დოლბანდის საშუალებით. ვრიცხავდით დასენიანებული ყვავილებიდან მიღებული ნაყოფების და თითოეულ ნაყოფში განვითარებული თესლის საშუალო რაოდენობას. საკონტროლოდ გამოყენებული იყო დაუსენიანებული მცენარების ყვავილებიდან მიღებული თესლი. მოსავლის აღების შემდეგ საღ თესლში შედწევის გზების დადგენა ხდებოდა დეზინფიცირებული თესლის მოთავსებით შესაბამისი სოკოს სპოროვან სუსპენზიაში [15].

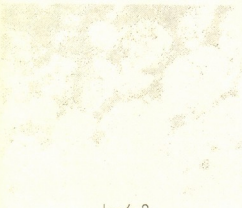
თესლში ინფექციის ლოკალიზების ადგილის დადგენა ხდებოდა მ.ნაუმოვის [16] მეთოდით.

სოკო *Fusarium oxysporum*-ით ხელოვნურად დასენიანებულ ნიადაგში გაზრდილ მცენარეებზე ჩატარებული აღრიცხვის შედეგად გამოირკვა, რომ საცდელი მცენარეების საერთო რაოდენობიდან დაიღუპა პომიდორის 14%, წიწაკის 21% და ბადრიჯნის 18%. გადარჩენილ მცენარეებზე განვითარებული ნაყოფის რაოდენობა შემცირდა: პომიდორზე 10,9%-ით, წიწაკაზე 27,6%-ით, ხოლო ბადრიჯანზე 24,0%-ით. პომიდორის თითოეულ ნაყოფში დაავადებული თესლის რაოდენობა საშუალოდ 16%-ს აღწევდა, წიწაკის ნაყოფში-21%-ს, ხოლო ბადრიჯნის-17%-ს. დაავადებული თესლიდან კულტურაში (აგარიზებული ლუდის ტკბილის საკვებ არეზე) გამოიყო სოკო *F.oxysporum*-ი.

მცენარის განვითარების სხვადასხვა ფაზაში ჩატარებული ანატომიური ქრილების მიკროსკოპული ანალიზის შედეგად ქურქლებში აღინიშნებოდა სოკოს მიცელიუმის ჰიფები.

მსგავსი შედეგებია მიღებული სოკო *Verticillium albo-atrum* - ით ხელოვნურად დასენიანებულ ნიადაგში გაზრდილ მცენარეებზე.

მიღებული შედეგების საფუძველზე ირკვევა, რომ ტრაქეომიკოზული ქცნობის გამომწვევი სოკოები, *F.oxysporum*-ი და *V.albo-atrum*-ი მიჰყვებიან ქურქლებოქოვან



სურ.2



კონებს, უჯრედის წვენიტ გადაადგილდებიან და დიფუზური განვითარების გზით ხედებიან თესლში.

ხელოვნურად დასენიანებული ყვავილების მქონე მცენარეებზე ჩატარებული აღრიცხვის შედეგებიდან გამოირკვა, რომ (ცხრილი 1) სოკო *Phytophthora parasitica*-ს კონიდიუმებით დასენიანებული პომიდორის 30 ყვავილიდან ნაყოფი განავითარა 22%-მა. თითოეულ ნაყოფში დაავადებული თესლის რაოდენობა საშუალოდ 37%-ს აღწევდა.

სოკო *Alternaria solani*-თი დასენიანებული წიწაკის 30 ყვავილიდან ნაყოფი განავითარა 38%-მა. თითოეულ ნაყოფში დაავადებული თესლის რაოდენობა საშუალოდ 28% იყო. სოკო *Phomopsis vexans*-ით ბადრიჯნის ყვავილების დასენიანებისას აღნიშნული მონაცემები შესაბამისად 17% და 29%-ის ტოლი იყო.

მსგავსი შედეგებია მიღებული კომბოსტოს (*Alternaria brassicae*), სტაფილოს (*A. radicina*) და ხაზვის (*Petenospora destructor*) შემთხვევაში.

ცხრილი 1

ბოსტნეული კულტურების ყვავილების ხელოვნური დასენიანების შედეგები

კულტურა და ჯიში	ცდის ვარიანტი	საცდელი ყვავილების რაოდენობა (კალი)	განვითარებული ნაყოფების რაოდენობა	
			კალი	%%
პომიდორი "პერემოგა"	<i>Phytophthora parasitica</i>	30	6	22
	საკონტროლო		14	46
ბადრიჯანი "გარდაბნული"	<i>Phomopsis vexans</i>	30	5	17
	საკონტროლო		12	40
წიწაკა "ბულგარული"	<i>Alternaria solani</i>	30	11	38
	საკონტროლო		17	56
კომბოსტო "ბრაუნშეიგი"	<i>Alternaria brassicae</i>	30	8	28
	საკონტროლო		16	53
სტაფილო "ნანტი"	<i>Alternaria radicina</i>	30	9	32
	საკონტროლო		16	53
ხაზვი "სხვილისი"	<i>Perenospora destructor</i>	30	10	35
	საკონტროლო		13	43

დასენიანებული ყვავილებიდან განვითარებულ ნაყოფში ზოგიერთი თესლი ვიზუალურად საღი თესლის მსგავსია. უმეტესობა კი სუსტია და დეფორმირებული ფორმისაა. თესლის მიკროსკოპული ანალიზის შედეგად ეპიდერმისის, ჩანასახისა და ლეგნის ქსოვილებში აღინიშნებოდა სოკოს მიცელიუმის ჰიფები (სურ.1,2). დაავადებული თესლიდან სუფთა კულტურებში გამოიყო შესაბამისი სოკოები.

მიღებული შედეგებიდან ირკვევა, რომ თესლის შინაგანი დასენიანება ხდება მცენარეთა ყვავილობისას, ბუტკოზე მოხვედრილი სოკოს კონიდიუმით, რომლებიც მტკრის მილის საშუალებით ჩაიზრდებიან თესლკვირტში.

ექსპერიმენტული ცდებით დადგინდა, რომ მოსავლის აღების შემდეგ საღ თესვებში ინფექცია აღწევს კიპის (თესლის მიმაგრების ადგილი ნაყოფთან) გზით.

თესლში შინაგანი ინფექციის გამომწვევი სოკოების ლოკალიზების ადგილის დადგენისას გამოირკვა, რომ (ცხრილი2) ის სოკოები, რომლებიც დიფუზურად ვითარდებიან და ჭურჭელბოქვოვანი კონების გზით აღწევენ თესლში, უფრო ხშირად ლოკალიზდებიან თესლის კანში. სოკო *F.oxysporum*-ის ლოკალიზების შემთხვევა პომიდორის თესლის კანში 7% იყო, წიწაკის -8%, ბადრიჯნის-9%. სოკო *V.albo-atrum*-ის ლოკალიზების შემთხვევა პომიდორის თესლის კანში 12%-ს აღწევდა, წიწაკის -7% -ს და ბადრიჯნის თესლის კანში-6%-ს. ბადრიჯნის თესლის კანში ხშირ შემთხვევაში ლოკალიზდება, აგრეთვე, სოკო *Phomopsis vexans*-ი.

ცხრილი 2

შინაგანი ინფექციის გამომწვევი სოკოების ლოკალიზების ადგილი თესლში

კულტურა და გიში	დაავადების გამომწვევი სოკო	საანალიზო თესლის რაოდენობა	სოკოს ლოკალიზების ადგილი თესლში %%-ში			
			ჩანასახი	ლებნები (ენდოსპერმი)	კანი	კანს და ლებნებს შორის
პომიდორი “პერემოგა“	<i>Phytophthora parasitica</i>	1000	17	10	3	2
	<i>Fusarium oxysporum</i>	1000	8	11	7	5
	<i>Verticillium albo-atrum</i>	1000	5	6	12	6
წიწაკა	<i>Alternaria solani</i>	1000	4	7	0	8
“ბულგარული“	<i>Fusarium oxysporum</i>	1000	10	10	8	7
	<i>Verticillium albo-atrum</i>	1000	6	13	7	5
	<i>Phomopsis vexans</i>	1000	3	8	11	6
ბადრიჯანი “გარდაბნული“	<i>Fusarium oxysporum</i>	1000	8	11	9	7
	<i>Verticillium albo-atrum</i>	1000	3	8	6	9
	<i>Alternaria brassicae</i>	1000	8	14	3	5
კომბოსტო “ბრაუნშვეიგი“	<i>Alternaria radicina</i>	1000	9	13	4	6
სტაფილო “ნანტი“	<i>Perenospora destructor</i>	1000	15	10	2	6

სოკოები, რომლებიც ყვავილობის პერიოდში მტვრის მილის საშუალებით, მიკროპილეს გზით აღწევენ თესლში, ლოკალიზდებიან ძირითადად ლებნებსა და ჩანასახში.

სოკო *phytothora parasitica*-ს ლოკალიზების შემთხვევა პამიდორის თესლის ლებნებში 10% იყო, ხოლო ჩანასახში-17%. ხახვის თესლის ენდოსპერმში სოკო *Perenospora destructor*-ი აღინიშნა 10%, ჩანასახში-15%, მაშინ როდესაც თესლის



კანში მისი ლოკალიზების შემთხვევა 2%-ს არ აღემატებოდა. მსგავსი შედეგები მიღებული სოკო *A.solani*, *A.radicina* და *A.brassicae*-ს შემთხვევაში.

გამორიკვა, რომ ერთი სახეობის სოკო სხვადასხვა პატრონმცენარის თესლში სხვადასხვა ადგილას ლოკალიზდება. სოკო *F.oxysporum*-ი პომიდვრის თესლში ძირითადად ლებნებში (11%) გვხვდება, წიწაკის თესლში, ჩანასახში (10%) და ლებნებში (10%), ბადრიჯნის თესლში, კანში (9%) და ლებნებში (11%). სოკო *V.albo-atrum*-ი პომიდვრის თესლში ძირითადად კანში (12%) გვხვდება, წიწაკის თესლში - ლებნებში (13%) და ბადრიჯნის თესლში კანსა და ლებნებს შორის (9%). სოკო *Perenospora destructor*-ის მიცელიუმში და ოსპორები ლოკალიზებულია ძირითადად ხახვის თესლის ენდოსპერმში (10%) და ჩანასახში (15%).

სოკოს ლოკალიზება თესლში დამოკიდებულია სოკოს სახეობაზე, თესლის თავისებურებაზე და იმაზე, თუ მცენარის განვითარების რომელ ფაზაში ხდება თესლის დასენიანება და რა გზით აღწევს სოკო თესლში.

ტრაქეომიკოზული ჭკნობის გამომწვევი სოკოები *F.oxysporum*-ი და *V.albo-atrum*-ი ბოსტნეული კულტურების თესლში აღწევენ მცენარეში დიფუზური განვითარებისას ჭურჭელბოჭკოვანი კონების გზით.

სოკოები (*Phytophthora parasitica*, *Perenospora destructor*, *Alternaria brassicae*, *A.solani*, *A.radicina*, *Phomopsis vexans*), რომელთა კონიდიუმებიც ადვილად ვრცელდებიან ქარის ან მწერების საშუალებით, თესლში ხვდებიან ბუტკოს ღინგიდან მტვრის მილის საშუალებით მიკროპილედან.

მოსავლის აღების შემდეგ საღ თესლში სოკო აღწევს ჭიპიდან (თესლის მიმაგრების ადგილი ნაყოფთან).

თესლში სოკოს ლოკალიზება ჩანასახში, ენდოსპერმში, ლებნებში ან თესლის კანში ხდება. სოკო ლოკალიზდება აგრეთვე კანსა და ლებნებს შორის.

თესლში სოკოს ლოკალიზების ადგილი ცვალებადობს იმის მიხედვით, თუ მცენარის განვითარების რომელ ფაზაში ხდება მისი დასენიანება და რა გზით აღწევს სოკო თესლში.

ლიტერატურა

1. *E.Fischer Dorothy*. Internal infection of tomato seed by *Didymella lycopersici* Kleb. Nature. 174, N4431, 1954, 656-657.
2. *А.И.Раилло*. Грибы рода фузариум, Гос.изд.с/х литературы. М., 1950, 415
3. *Д.А.Шток*. Грибная флора семян культурных растений Узбекистана, автореферат докт.дисс., Ереван, 1982, 32.
4. *P.Gambogi*. Seed transmission of *Fusarium oxysporum* epidemiology and control, Seed Sci. and Techol., 11, N3, 1983, 815-827.
5. *Н.Л. Жвания*. Ложная мучнистая роса (переноспороз) лука и разработка мер борьбы с нею в Грузии, автореферат дисс., Тбилиси, 1985, 23.
6. *K. Kunwar Indra, Singh Tribhuwan, I.B.Sinclair*. Histopathology of mixed infections by *Colletotrichum truncatum* and *Phomopsis* spp. or *Gercospora soja* in soybean Seeds. "Phytopathology", 75, N4, 1985, 489-492.

7. *I.E.Harman, F.L.Pflegler. Pathogenicity and infection sites of Aspergillus species in stored seeds. "Phytopathology", 64,N 10, 1974, 1339-1344.*
8. *თ.კუპრაშვილი, მ.ბერიანიძე. ზოგიერთი ბოსტნეული კულტურების თესლის შინაგანი ინფექცია. მცენარეთა სტრუქტურულ-ფუნქციონალური ორგანიზაცია და მისი ცვლილება გარემოს სხვადასხვა ფაქტორთა ზეგავლენით. ა.პუშკინის სახ.პედაგოგიური ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 1983,70.*
9. *ნ.ხიდაშელი, თ. კუპრაშვილი. ბოსტნეული კულტურების თესლში ინფექციის შეჭრის გზები და მათი ინფიცირების ადგილი, ი.ლომოურის სახ. მიწათმოქმედების ინსტიტუტის ასპირანთა და ახალგაზრდა მეცნიერ მუშაკთა რესპუბლიკური სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებათა თეზისები, თბილისი, 1989,9.*
10. *Chikuo Voshiaki,Sugimoto Toshija. Histopathology of sugar beet flowers and seed balls infectid With Colletotrichum demation of spinaceae, Нихон акубуцу бери гаккайхо. Ann Phytopathol Soc.Jap.,55,N 4, 1989,404-409.*
11. *თესლი. ნიმუშების აღების წესები და თესვითი ხარისხის განსაზღვრის მეთოდები, სახელმწიფო სტანდარტი 5055-56, თბილისი,1959,210.*
12. *З.Курай, З.Клемент, Ф.Шаймоши, И.Верещ, Методы фитопатологии, М., Колос, 1974,342.*
13. *Методы экспериментальной микологии. Из-во "Наука думка",Киев,1973,166.*
14. *Н.А. Наумов. Методы микологических и фитопатологических исследований, Сельхозиздат, Ленинградское отделение, 1937,270.*



დ.კასრაძე

პანკრეასის კუნძულების B უჯრედებში ენერჯის შემქმნელი ულტრასტრუქტურების სტერეომეტრული თავისებურებანი ნახშირწყლებით ქრონიკული დატვირთვის დროს სხვადასხვა ასაკში

წარმოადგინა წევრ-კორესპონდენტმა თ.დეკანოსიძემ 12.12.1996

ინსულინის სეკრეცია გლუკოზის მეტაბოლიზმში ცენტრალურ როლს თამაშობს, ხოლო პანკრეასის კუნძულების B უჯრედების ფუნქციის ცვლილებები იწვევს ისეთ მეტაბოლურ დარღვევებს, როგორცაა შაქრიანი დიაბეტი და გასუქება [1]. ცნობილია, რომ [2 - 4] უჯრედში არასპეციფიკური და სპეციფიკური პროცესების წარმართვა უპირატესად განსაზღვრულია უჯრედის ენერჯეტიკული სტატუსით, ანუ უჯრედის ენერჯეტიკულ საღვურებში - მიტოქონდრიებში მიმდინარე ატფ-ის სინთეზის პროცესის ინტენსივობით. ჩვენი კვლევის მიზანი იყო პანკრეასის კუნძულების B უჯრედების ფუნქციური გადაძაბვისას ამ უჯრედთა ენერჯეტიკული პოტენციალის ცვლილებების დადგენა ახალგაზრდა და უფროს ასაკებში, განსაკუთრებით კი ხანშიშესულობისა და მოხუცებულობის დროს, როცა ასე ხშირია შაქრიანი დიაბეტის განვითარება.

საექსპერიმენტოდ გამოვიყენეთ მამალი თეთრი ვირთაგვები, შევარჩიეთ ოთხი ასაკი: სიყრმე, სიმწიფე, სიბერის პირველი პერიოდი, სიბერის გვიანი პერიოდი. 7 დღის განმავლობაში ცხოველები ჭარბად იღებდნენ გლუკოზას (ცნობილია [1,5], რომ გლუკოზა ინსულინის მთავარი სეკრეტაგოგია). ექსპერიმენტულ მასალას ვიღებდით ნახშირწყლებით დატვირთვის დამთავრებიდან პირველ, მე-5, მე-10 და მე-20 დღეებზე. პანკრეასიდან აღებული მასალა მზადდებოდა ელექტრონული მიკროსკოპისათვის, ელექტრონოგრაფებზე სრულდებოდა B უჯრედების მიტოქონდრიების ულტრასტერეომეტრია [6]. თვითეული საექსპერიმენტო ვარიანტისათვის ვიკვლევდით B უჯრედის 100 მიტოქონდრიას. მიღებულ ციფრულ მონაცემებს ვამუშავებდით სტატისტიკურად სტიუდენტის კრიტერიუმის (t) გამოყენებით.

ჩატარებულმა გამოკვლევებმა უჩვენა (ცხრილი), რომ 7 დღის განმავლობაში ნახშირწყლებით დატვირთვა ყველა ასაკობრივ ჯგუფში (სიყრმისა და სიმწიფის ასაკებში, სიბერის პირველსა და გვიან პერიოდებში) იწვევს პანკრეასის კუნძულების B უჯრედების მიტოქონდრიებში მატრიქსისა და კრისტების მოცულობით წილთა საშუალო მაჩვენებლების მატებას (მატრიქსისათვის აღნიშნული მატება შეადგენს 10,4%-ს, 9,8%-ს, 14,0%-ს, 22,5%-ს, ასაკობრივ ჯგუფთა შესაბამისად; ხოლო კრისტებისათვის - 22,0%-ს, 18,2%-ს, 29,2%-ს, 38,1%-ს, შესაბამისად). გლუკოზით დატვირთვის შეწყვეტიდან მე-5 დღეს B უჯრედების მიტოქონდრიებში მატრიქსისა და კრისტების მოცულობით წილთა საშუალო მაჩვენებლები ახალგაზრდა ასაკებში სარწმუნოდ არ იცვლება ($t < 2,0$) - კვლავაც მომატებული რჩება, ხოლო სიბერის

ცხრილი

სხვადასხვა ასაკის თეთრი ვირთაგვას პანკრეასის კუნძულების B-უჯრედების მიტოქონდრიებში შიდა ულტრასტრუქტურების მოცულობითი წილი (%-ში) ქრონიკული ნაბშირწყლოვანი დატვირთვის პირობებში

ასაკი	მიტოქონდრიის შიდა სტრუქტურები	ინტაქტური ცხოველები	გლუკოზით დატვირთვის შეწყვეტის შემდეგ			
			I დღე	V დღე	X დღე	XX დღე
სიურმე	მატრიქსი კრისტები აღუ მემბრ. შუა სივ.	62,96 ± 2,00	69,50 ± 2,33	68,25 ± 2,33	63,83 ± 2,10	62,79 ± 2,00
		25,00 ± 0,90	30,50 ± 1,20	29,75 ± 1,20	26,15 ± 0,90	25,10 ± 0,90
		1,10 ± 0,04	1,10 ± 0,04	1,15 ± 0,05	1,10 ± 0,05	1,10 ± 0,04
		0,55 ± 0,02	0,55 ± 0,02	0,60 ± 0,02	0,55 ± 0,02	0,50 ± 0,02
სიმწიფე	მატრიქსი კრისტები აღუ მემბრ. შუა სივ.	61,71 ± 2,15	67,77 ± 2,10	66,58 ± 2,10	62,60 ± 2,00	61,57 ± 2,00
		28,12 ± 1,20	33,23 ± 1,20	32,42 ± 1,20	29,33 ± 1,20	28,24 ± 1,20
		1,20 ± 0,05	1,20 ± 0,05	1,30 ± 0,06	1,20 ± 0,05	1,15 ± 0,05
		0,60 ± 0,02	0,60 ± 0,02	0,65 ± 0,03	0,60 ± 0,02	0,60 ± 0,02
სიბერის პირველი პერიოდი	მატრიქსი კრისტები აღუ მემბრ. შუა სივ.	55,71 ± 1,80	63,51 ± 2,10	52,22 ± 1,90	42,18 ± 0,90	42,07 ± 0,90
		23,31 ± 1,10	30,11 ± 1,20	23,26 ± 0,70	12,90 ± 0,51	12,82 ± 0,51
		4,00 ± 0,16	4,00 ± 0,16	6,27 ± 0,20	9,67 ± 0,32	9,78 ± 0,32
		1,00 ± 0,03	1,00 ± 0,03	2,40 ± 0,06	3,90 ± 0,09	3,94 ± 0,09
სიბერის, გვიანი პერიოდი	მატრიქსი კრისტები აღუ მემბრ. შუა სივ.	50,63 ± 1,50	62,04 ± 2,00	49,71 ± 1,70	35,39 ± 0,70	35,23 ± 0,70
		21,22 ± 0,90	29,30 ± 1,00	21,85 ± 0,61	9,29 ± 0,40	9,16 ± 0,40
		4,20 ± 0,18	4,20 ± 0,18	7,18 ± 0,20	13,24 ± 0,42	13,59 ± 0,42
		1,10 ± 0,04	1,10 ± 0,04	2,78 ± 0,06	5,47 ± 0,20	5,51 ± 0,20



პირველსა და გვიან პერიოდებში კი დასახელებული მაჩვენებლები ექსპერიმენტისა წინა ვადის მომატებულ მაჩვენებლებთან შედარებით მნიშვნელოვნად იკლებს (მატრიქსისათვის $t=4,0$ და $t=4,7$, ასაკობრივ ჯგუფთა შესაბამისად; ხოლო კრისტებისათვის - $t=4,9$ და $t=6,4$, შესაბამისად). სიბერის პირველსა და გვიან პერიოდებში მნიშვნელოვანია აგრეთვე B უჯრედების მიტოქონდრიებში აგრეგაციულ-დესტრუქციული უბნების (აღუ) და მემბრანათაშუა სივრცის მოცულობით წილთა საშუალო მაჩვენებლების ნორმასთან შედარებით მკვეთრი მატება (აღუ-სათვის ეს მატება შეადგენს 56,8%-ს და 71,0%-ს, ასაკობრივ ჯგუფთა შესაბამისად; ხოლო მემბრანათაშუა სივრცისათვის - 140,0% -ს და 152,7%-ს, შესაბამისად). გლუკოზით დატვირთვის შეწყვეტიდან მე-10 დღეს ახალგაზრდა ასაკებში B უჯრედების მიტოქონდრიებში მატრიქსისა და კრისტების მოცულობით წილთა საშუალო მაჩვენებლები ნორმალიზებულია და ასეთივე რჩება გლუკოზით დატვირთვის დამთავრებიდან მე-20 დღეზეც ($t < 2,0$). სიბერის პირველსა და გვიან პერიოდებში კი დასახელებული მაჩვენებლები ნორმასთან შედარებით მნიშვნელოვნად იკლებს ექსპერიმენტის მე-10 დღეს და ასეთივე რჩება ექსპერიმენტის მე-20 დღეზეც. მატრიქსისათვის აღნიშნული კლება შეადგენს 24,5%-ს და 30,4%-ს, ასაკობრივ ჯგუფთა შესაბამისად; ხოლო კრისტებისათვის - 45,1%-ს და 56,8%-ს, შესაბამისად. სიბერის პირველსა და გვიან პერიოდებში ასევე ძალიან მნიშვნელოვანია ექსპერიმენტის მე-10 დღეზე აღუ-სა და მემბრანათაშუა სივრცის მოცულობით წილთა საშუალო მაჩვენებლების ნორმასთან შედარებით უკიდურესად მკვეთრი მატება, რაც უცვლელი რჩება ექსპერიმენტის მე-20 დღეზეც. აღუ-სათვის აღნიშნული მატება შეადგენს 144,5%-ს და 223,6%-ს, ასაკობრივ ჯგუფთა შესაბამისად; ხოლო მემბრანათაშუა სივრცისათვის - 294,0%-ს და 400,9%-ს, შესაბამისად.

მაშასადამე, 7 დღის განმავლობაში გლუკოზით დატვირთვა ყველა ასაკის ცხოველის პანკრეასის კუნძულების B უჯრედებში იწვევს ენერგიის შექმნის პროცესის ინტენსიფიკაციას, რაც უფროსი ასაკების ორგანიზმებში უფრო გამოხატულია, ვიდრე ახალგაზრდა ასაკების ცხოველებში. ნახშირწყლებით დატვირთვის დამთავრებიდან გარკვეულ ვადაში ახალგაზრდა ასაკების B უჯრედებში ენერგიის შექმნის პროცესი ნორმალიზებულია, მაშინ როცა ექსპერიმენტის იმავე ვადაში უფროს ასაკებში ატფ-ის სინთეზის პროცესის აქტივობა ნორმასთან შედარებით მნიშვნელოვნად ნაკლებია, დასახელებულ უჯრედებში და მათი ენერგეტიკული პოტენციალის ნორმალიზაციის ნიშანიც კი არ ვლინდება; პირიქით, - B უჯრედების ნაწილში სახეზეა ენერგიის სრული დეფიციტი.

თბილისის სახ. სამედიცინო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. M.Prenkti. Eur. J. Endocrinol., 134, 1996, 272-286.
2. M.R.Duchen, P.A.Smith, F.M.Ashcroft. Biochem J., 294, 1993, 35-42.
3. S.L.Howell. Diabetologia. 28, 1984, 319-327.
4. I.Musll, O.Novacova, K.Kunts. Current Biochemistry in Schemes. Moscow, 1984.
5. S.Bonner-Wier. Recent Prog.Horm.Res. 49, 1994. 91-104.
6. E.R.Weibel, G.S.Kistler, W.F.Scherle. J.Cell Biology, 30, 1966, 23-38.



რ.ბერიაშვილი, დ.კასრაძე

პანკრეასის კუნძულების B-უჯრედების ულტრასტრუქტურული თავისებურებანი ნახშირწყლებით ქრონიკული დატვირთვის დროს სხვადასხვა ასაკში

წარმოადგინა წევრ-კორესპონდენტმა თ.დეკანოზიძემ 20.11.1996

თანამედროვე მედიცინის პრობლემებს შორის შექრიან დიაბეტს კვლავ სერიოზული ადგილი უკავია [1]. ითვლება, რომ ხშირად პანკრეასის კუნძულების B-უჯრედების ფუნქციური დაძაბვისას ამ უჯრედებში საკომპენსაციო მექანიზმების არასრულფასოვნების შედეგია შექრიანი დიაბეტის განვითარება [2]. ჩვენი კვლევის მიზანი იყო პანკრეასის კუნძულების B უჯრედების ფუნქციური გადაძაბვისას ამ უჯრედებში საკომპენსაციო საშუალებათა ულტრასტრუქტურული ეკვივალენტების გამოვლენა განსაკუთრებით ხანშიშესულობისა და მოხუცებულობის ასაკებში.

საექსპერიმენტოდ ვიყენებდით მამალ თეთრ ვირთაგვეს. შერჩეულ იქნა ოთხი ასაკი; სიყრმე, სიმწიფე, სიბერის პირველი პერიოდი და სიბერის გვიანი ხანა. ვირთაგვეები იმყოფებოდნენ ნახშირწყლოვანი დატვირთვის ქვეშ 7 დღის განმავლობაში; ცნობილია, რომ გლუკოზა მთავარი ინსულინი - სეკრეტაგოგია B უჯრედებისათვის [3, 4]. ცხოველები იკვლებოდა გლუკოზით დატვირთვის დამთავრებიდან პირველ, მე-5, მე-10 და მე-20 დღეებზე. პანკრეასიდან აღებული მასალა მზადდებოდა ელექტრონული მიკროსკოპისათვის. ულტრასტრუქტურული დამუშავებისას გამჭვირვალე აფსკზე გამოსახული ტესტ-სისტემები [5] ედებოდა ელექტრონოგრაფებს. თვითეულ საექსპერიმენტო ვარიანტში ისწავლებოდა 100 B უჯრედი. მიღებული ციფრული მონაცემები მუშავდებოდა სტატისტიკურად სტიუდენტის კრიტერიუმის (t) გამოყენებით.

ჩატარებულმა გამოკვლევებმა უჩვენა, რომ (ცხრილი) 7 დღის განმავლობაში გლუკოზით დატვირთვა ყველა ასაკში - სიყრმის, სიმწიფის ასაკებში, სიბერის პირველ პერიოდსა და გვიანი სიბერის ხანაში - იწვევს პანკრეასულ B უჯრედებში მიტოქონდრიების, გრანულური ენდოპლაზმური რეტისკულუმის (გერ) და გოლჯის აპარატის მოცულობით წილთა საშუალო მაჩვენებლების მომატების (მიტოქონდრიებისათვის აღნიშნული მატება შეადგენს 28,1%-ს, 27,1%-ს, 40,2%-ს, 50,2%-ს, ასაკობრივ ჯგუფთა შესაბამისად; გერ-ისათვის - შეადგენს 29,1%-ს, 26,1%-ს, 36,3%-ს, 53,2%-ს, შესაბამისად; გოლჯის აპარატისათვის - 25,5%-ს, 23,9%-ს, 31,1%-ს, 35,4%-ს, შესაბამისად); B უჯრედებში სეკრეტორული გრანულების მოცულობითი წილის საშუალო მაჩვენებელი კი იკლებს 29,1%-ით, 26,1%-ით, 36,3%-ით, 53,2%-ით შესაბამისად.

ნახშირწყლებით დატვირთვის დამთავრებიდან მე-5 დღეს სიყრმისა და სიმწიფის ასაკებში B უჯრედებში მიტოქონდრიების, გერ-ისა და გოლჯის აპარატის მოცულობით წილთა საშუალო მაჩვენებლები სარწმუნოდ არ იცვლება ($t < 2,0$) - კვლავ მომატებული რჩება, ხოლო სიბერის პირველ პერიოდსა და გვიანი სიბერის

სხვადასხვა ასაკის თეთრი ვირთაგვას პანკრეასის კუნძულების B- უჯრედებში ორგანოების მოცულობითი წილი (%-ში) ქრონიკული ნაზირწყლოვანი დატვირთვის პირობებში

ასაკი	ორგანოები	ინტაქტური ცხოველები	ნაზირწყლებით დატვირთვის შეწყვეტის შემდეგ			
			I დღე	V დღე	X დღე	XX დღე
სიყრმის ასაკი	მიტოქონდრიები	2,10±0,08	2,69±0,12	2,59±0,10	2,21±0,09	2,07±0,07
	გერ	18,12±0,80	23,40±0,90	22,12±0,90	19,22±0,80	18,00±0,80
	გოლჯ.აპარატი	1,53±0,07	1,92±0,08	1,84±0,08	1,64±0,07	1,58±0,07
	სეკ.გრანულები	48,21±1,30	36,09±1,31	41,27±1,71	47,56±1,50	48,75±1,71
სიმწიფის ასაკი	მიტოქონდრიები	4,20±0,19	5,34±0,12	5,28±0,18	4,39±0,10	4,17±0,18
	გერ	17,31±0,61	21,83±0,54	20,66±0,54	18,41±0,61	17,25±0,61
	გოლჯ.აპარატი	1,17±0,04	1,45±0,05	1,41±0,05	1,23±0,04	1,19±0,04
	სეკ.გრანულები	30,02±1,41	21,27±0,90	24,92±1,11	29,67±1,31	30,37±1,38
სიბერის I პერიოდი	მიტოქონდრიები	3,53±0,08	4,95±0,24	3,90±0,10	2,39±0,08	2,36±0,09
	გერ	14,61±0,41	19,91±0,61	15,99±0,51	10,62±0,31	10,25±0,31
	გოლჯ.აპარატი	1,67±0,07	2,19±0,08	1,85±0,05	1,26±0,05	1,23±0,05
	სეკ.გრანულები	42,12±1,31	27,91±1,10	32,37±1,38	32,00±1,31	31,47±1,21
გვიანი სიბერის ხანა	მიტოქონდრიები	3,27±0,14	4,91±0,19	3,77±0,12	1,92±0,09	1,88±0,08
	გერ	14,52±0,41	22,25±0,84	15,98±0,51	9,23±0,21	9,00±0,21
	გოლჯ.აპარატი	1,27±0,05	1,72±0,07	1,41±0,04	0,88±0,04	0,84±0,04
	სეკ.გრანულები	44,71±0,71	23,62±1,01	26,75±0,90	26,15±1,10	25,77±0,90

ხანაში კი დასახელებული მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად იკლებს (მიტოქონდრიებისათვის $t = 4,0$ და $t = 5,1$ ასაკობრივ ჯგუფთა შესაბამისად; გერ-ისათვის $t = 5,0$ და $t = 6,4$ შესაბამისად; გოლჯის აპარატისათვის $t = 3,6$ და $t = 3,8$ შესაბამისად), მაგრამ ნორმასთან შედარებით მაინც მეტია ($t > 2,0$). გარდა ამისა, B უჯრედებში სეკრეტორული გრანულების მოცულობითი წილის საშუალო მაჩვენებელი ყველა ასაკში იმატებს ($t > 2,0$), მაგრამ ნორმასთან შედარებით კვლავაც ნაკლები რჩება ($t = 3,2$; $t = 2,8$; $t = 5,1$; $t = 15,7$. ასაკობრივ ჯგუფთა შესაბამისად).

ნახშირწყლებით დატვირთვის შეწყვეტიდან მე-10 დღეს სიყრმისა და სიმწიფის ასაკებში B უჯრედებში მიტოქონდრიების, გერ-ის, გოლჯის აპარატის, სეკრეტორული გრანულების მოცულობით წილთა საშუალო მაჩვენებლები ნორმალიზებულია ($t < 2,0$) და ასეთივე რჩება ნახშირწყლებით დატვირთვის დამთავრებიდან 20 დღის თავზეც. სიბერის პირველ პერიოდსა და გვიანი სიბერის ხანაში კი მიტოქონდრიების, გერ-ის, გოლჯის აპარატის მოცულობით წილთა საშუალო მაჩვენებლები ექსპერიმენტის მე-10 დღეს ნორმასთან შედარებით მნიშვნელოვნად იკლებს და ასეთივე რჩება ექსპერიმენტის მე-20 დღეზეც (აღნიშნული კლება მიტოქონდრიებისათვის შეადგენს 33,1%-ს და 42,5%-ს, ასაკობრივ ჯგუფთა შესაბამისად; გერ-ისათვის შეადგენს 29,8%-ს და 38,2%-ს, შესაბამისად; გოლჯის აპარატისათვის - 26,4%-ს და 33,9%-ს, შესაბამისად), სეკრეტორული გრანულების მოცულობით წილთა საშუალო მაჩვენებლები კი არ იცვლება ექსპერიმენტის მე-10 და მე-20 დღეებზე - ისეთივე რჩება, რაც ექსპერიმენტის წინა ვადებში იყო და ნორმასთან შედარებით ნაკლებია 25,3%-ითა და 42,4%-ით, ასაკობრივ ჯგუფთა შესაბამისად.

მაშასადამე, ქრონიკულ გლიკემიურ დატვირთვაზე ცხოველთა პანკრეასის კუნძულების B უჯრედების პასუხი უფროს ასაკებში, განსაკუთრებით გვიანი სიბერის ხანაში, გაცილებით მკვეთრია, ვიდრე ახალგაზრდა ასაკებში; გარდა ამისა, ფუნქციური გადაძაბვის შემდეგ ექსპერიმენტის გარკვეულ ვადაში ახალგაზრდა ასაკებში ადგილი აქვს B-უჯრედების სტრუქტურულ - ფუნქციურ ნორმალიზაციას, მაშინ როცა იგივე პერიოდში უფროს ასაკებში ნორმალიზაციის ტენდენციაც კი არ შეინიშნება.

თბილისის სახ.სამედიცინო უნივერსიტეტი

ლიტმრატურა

1. D.F.Steiner, D.E.James. Diabetologia **35**, 2, 1992, 41-48.
2. S.Bonner-Weir. Recent.Prog.Horm.Res., **49**, 1, 1994, 91-104.
3. S.Tsuchiyama, K.Tanigawa, Y.Kato. Endocrinol.Jpn., **38**, 5, 1991, 551-557.
4. R.C.Ruhe, D.L.Curry, S.Herrmann, R.B.McDonaid. J.Physiol., **262**, 4, 1992, 671-676.
5. E.R.Weibel, G.S.Kistler, W.F.Scherle. J.Cell.Biology, **30**, 1, 1966, 23-38.



ნ.ლაფაჩი, ლ.გოგიაშვილი, ი.ფავენიშვილი

ექსპერიმენტული გრამუარყოფითი სეფსისის იმუნო- მორფოლოგიური ასპექტები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ.ჭავჭავიძემ 30.12.1996

უკანასკნელი წლების მონაცემები ადასტურებენ ახალშობილთა სეფსისის მაღალ ხვედრით წონას ბავშვთა სიკვდილიანობის სტრუქტურაში [1,2], რაც პირველ რიგში, დაკავშირებულია ორგანიზმის რეაქტიულობის შეცვლასთან, თანდაყოლილი და იატროგენული იმუნოდეფიციტით დაბადებულ ბავშვთა რიცხვის ზრდასთან, პოსტრეანიმაციული და ინტენსიური თერაპიის ფართო გამოყენებასთან და სხვა [3, 4]. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება, აგრეთვე, ანტიბიოტიკებისადმი მდგრადი მიკრობული შტამების, განსაკუთრებით, გრამუარყოფითი მიკრობების სელექციას [5]. R.W.Steele-ის მონაცემებით (1994), 28 დღემდე ასაკის ყოველ 1000 ახალშობილზე აღინიშნება სეფსისის 8 შემთხვევა, მათ შორის 35%-მდე გრამუარყოფითი ბაქტერიებით გამოწვეული, ხოლო ლეტალობის მაჩვენებელი 25%-ზე მეტია.

ნაშრომის მიზანია იმუნოკომპეტენტური ორგანოების შესწავლა ექსპერიმენტული გრამუარყოფითი ინფექციის დროს, რომელსაც ვიწვევდით F_1 -ჯიშის 90 თეთრ თაგვში, სხეულის მასით - 19,0-25,0 გ. ცდები ჩატარდა ორ სერიად: 1) *Enterobacter aerogenes*, 2) *Klebsiella pneumoniae*, მიკროორგანიზმების კულტურა შეგვყავდა ერთჯერადად, ინტრაპერიტონეალურად 10⁸ მიკრობული სხეულის რაოდენობით 2 მლ სუსპენზიაში. საკონტროლო ჯგუფის ცხოველებს უკეთდებოდათ 0,2 მლ ფიზიოლოგიური ხსნარი. საცდელი და საკონტროლო ჯგუფის ცხოველები შესისწავლებოდა ერთდროულად, დასნებოვნებიდან მე-3 და მე-7 დღეს. ჰისტოლოგიური და ელექტრონულ-მიკროსკოპული მეთოდებით შესწავლილ იქნა მკერდუკანა ჭირკვლის, ელენთისა და ჯორჯლის ლიმფური კვანძების ქსოვილის ნიმუშები.

ექსპერიმენტული გრამუარყოფით სეფსისის დროს, ეტიოლოგიის მიუხედავად, აღინიშნებოდა დიფუზური ჩირქოვან-ნეკროზული ან ნეკროზულ-პროდუქტიული ხასიათის ანთებითი ცვლილებები; მაკროსკოპულად: ორბიტის, კუდისა და მუცლის წინა კედლის ნეკროზი, მრავლობითი აბსცესები მუცლის ღრუს ორგანოებში, თავის ტვინში, ფილტვებში, პლევრის ღრუსა და თირკმელზედა ჭირკვალში, აბსცესები უფრო ხშირი იყო, აგრეთვე ნეკროზული კერების ფართობი შედარებით მეტი იყო *Klebsiella*-თი დასნებოვნების, ვიდრე *Enterobacter*-ით დასნებოვნების დროს.

Enterobacter-ით დასნებოვნებიდან მე-3 დღეს ჰისტოლოგიურად ელენთის ფოლიკულებში ლიმფოციტების შემცველობა იყო შემცირებული, ფოლიკულები იყო მცირე ზომის, არამკვეთრი კონტურებით, რეაქტიული ცენტრების გარეშე. წითელი პულპის სინუსოიდებში დიდი რაოდენობით გამოვლინდა მაკროფაგები დისტროფიული და ნეკროზული ცვლილებებით, ბირთვის ლიზისითა და ციტოპლაზმის შესივებით. ჯორჯლის ლიმფური კვანძების პარაკორტიკალურ ზონებსა და ელენთის ფოლიკულებში, ცდის დაწყებიდან მე-7 დღეს, მოიმატა ბლასტების შემცველობამ, პლაზმური უჯრედები არ გამოვლინდნენ.

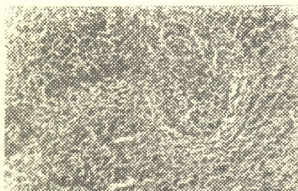
თიმუსში აღინიშნებოდა რეტოკულური კომპონენტის ჰიპოპლაზია, წილას პერიფერიაზე გამოვლინდა ლიპიდებით მდიდარი უჯრედთა ჯგუფები, რომლებიც დაკვირვების მე-7 დღეს უფრო მრავალრიცხოვანი იყო.

ელექტრონულ-მიკროსკოპული გამოკვლევისას, ყურადღებას იპყრობდა ელენთის ფოლიკულებში დისტროფიულად შეცვლილი ლიმფოციტების სიმრავლე, რომელიც მე-7 დღეს იცვლებოდა ერთეული რეაქტიული ცენტრების და ბლასტების წარმოქმნით. აღინიშნებოდა აგრეთვე რეტოკულური მოფაგოციტე უჯრედების მომატება წითელ პულპაში, სახელობრ, პერისინუსოიდურ სივრცეში. ნეიტროფილებით და ეოზინოფილებით ინფილტრაცია უფრო ინტენსიური იყო ლიმფური კვანძების პარაკორტიკალურ ზონაში.

შუქოპტიკური მიკროსკოპით შესწავლისას *Klebsiella*-ს ჯგუფის მიკრობებით დასნებოვნების შემდეგ მე-3 დღეს აღინიშნებოდა მკაფიო სისხლძარღვოვანი რეაქცია, კაპილარებისა და ვენების ენდოთელიოციტების დისტროფია, ორგანოთა სტრომის ელემენტების შეშუპება და ნეკროზი, მონონუკლეური ფაგოციტური უჯრედების რეაქციის მკაფიო დათრგუნვა.

სეფსისის პათომორფოლოგიური სურათი დასნებოვნებიდან მე-7 დღეს გამოიხატებოდა შესწავლილ ორგანოებში ჰემოკოაგულაციისა და მიკროსისხლძარღვების ცვლილებებით (სისხლის გათხიერება, დისემინირებული სისხლძარღვშიდა შედედება, სისხლის სეკვესტრაცია). მე-7 დღეს მორფოლოგიური ცვლილებების პროგრესირება მიუთითებს (პათოგენეზში) პირველადი კერიდან ბაქტერიული ენდოტოქსინებით ინტოქსიკაციას.

დეტალური შესწავლისას ლიმფურ კვანძებსა და ელენთაში არ აღინიშნა ბლასტების და იმუნოგლობულინმაპროდუცირებელი უჯრედების გააქტივება, ლიმფოიდური უჯრედების მიგრაცია პოსტკაპილარული ვენულების გზით. ცდის მე-7



სურ. 1. *Klebsiella pneumoniae*. დასნებოვნების მე-7 დღე. თავის ელენთის ფოლიკული. დაცარიელება ლიმფოციტებით, შეშუპება. შეღებვა ჰემატოქსილინითა და ეოზინით, 100X.

სურ. 2. *Klebsiella pneumoniae*. დასნებოვნების მე-7 დღე. თავის მკერდუკანა ჭირკვლის ქსოვილის შეშუპება, ცხიმოვანი მეტამორფოზი. შეღებვა ჰემატოქსილინითა და ეოზინით, 160 X.

დღეს დამახასიათებელი იყო ელენთის გამოხატული ჰემოსიდეროზი, ფოლიკულების შეშუპება და დაცარიელება (სურ.1).

მკერდუკანა ჭირკვლის ჰისტოლოგიური და ელექტრონულ-მიკროსკოპული შესწავლისას გამოვლინდა "ინერტული თიმუსის" სურათი [6]. ულტრასტრუქტურულ დონეზე სპარბოზდნენ თიმოციტებისა და რეტოკულ უჯრედების დეგრანულირებული ფორმები, მცირე რიბოსომებით და მიტოქონდრიებით. ჰასალის

სხეულაქების რიცხვი შემცირებული იყო, ადგილი ჰქონდა ცხიმოვან გადაგვარებას (სურ.2).

ჩატარებულმა ექსპერიმენტულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ მორფოლოგიური ცვლილებების მიხედვით, გრამუარყოფითი ინფექციის დროს ვითარდება ლიმფოიდური სისტემის დეკომპენსაცია, რომელიც *Klebsiella*-ს ჯგუფის მიკრობებით დასნებოვნების დროს უფრო ინტენსიურია. ლიმფოიდური ქსოვილის პარალელურად, პათოლოგიური პროცესის ადრეულ სტადიებზე ზიანდება სისხლძარღვთა მიკროციკულატორული კალაპოტის ენდოთელიოციტები, იცვლება სისხლის რეოლოგიური თვისებები, რაც ინფექციის დროს ორგანოთა დაზიანების ერთ-ერთ წამყვან მექანიზმს წარმოადგენს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ა.ნათიშვილის სახ.ექსპერიმენტული მორფოლოგიის
 ინსტიტუტი

თბილისის სამედიცინო აკადემია

ლიტერატურა

1. *I.V.Pavlenishvili, L.E.Gogiashvili*, 19 Inter. Congress of Chemotherapy, July, 1995 Monreal, Canada, Abst. of papers, N 2121.
2. *К.В.Мосидзе*. Автореф.дис.канд.мед.наук. Тбилиси, 1992.
3. *Т.Е.Ивановская, М.П.Касатонова*. Архив патологии, 1, 1986, 3-10.
4. ლ.გოგიაშვილი, ზ.ცაგარელი. ქუთაისის სამედიცინო ჟურნალი, 2, 1996, 60-62.
5. *М.Ю.Яковлев, В.Н.Галанкин, А.И.Ипатов* и др. Архив патологии, II, 1988, 84-89.
6. *П.С.Гуревич, В.С.Барсуков*. Архив патологии, 3, 1982, 74-79.

ნ.ოკუჩავა, ვ.ბახუტაშვილი, (საქ.მეცნ.წევრ - კორესპონდენტი), ბ.კორსანტია

იმუნომოდულატორ პლაფერონის ეფექტურობა ფილტვების დესტრუქციული ტუბერკულოზის კომპლექსურ მკურნალობაში

წარმოდგენილია 24.02.1997

ინტერფერონის სისტემა თამაშობს მნიშვნელოვან როლს იმ იმუნოპათოლოგიურ პროცესებში, რომლებიც ინფექციური დაავადებების დროს ვითარდება [1-7]. ჩვენ მიერ ადრე ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილი იყო ინტერფერონის სინთეზის აქტიურობის მნიშვნელოვანი დაქვეითება. არაეფექტური ეთიოთროპული ქიმიოთერაპიის ერთ-ერთი მიზეზი არის მეორადი იმუნოდეფიციტის განვითარება [2,7]. ამ პროცესში ინტერფერონის სისტემას ეკუთვნის მნიშვნელოვანი როლი.

ჩვენი მიზანი იყო შეგვეფასებინა ინტერფერონის შემცველი პრეპარატის პლაფერონის ეფექტურობა ანტიტუბერკულოზური პრეპარატებით მკურნალობის ფონზე ფილტვების დესტრუქციული ტუბერკულოზით დაავადებულებში.

პლაფერონი ჩართული იყო ფილტვების დესტრუქციული ტუბერკულოზის სხვადასხვა კლინიკური ფორმებით დაავადებულ 134 ავადმყოფის მკურნალობაში. შედეგები შედარებით იყო ამ მონაცემებთან, რომლებიც მიღებული იყო საკონტროლო ჯგუფის 130 ავადმყოფის მკურნალობისას, რომელთაც უტარდებოდა მხოლოდ ტრადიციული ანტიტუბერკულოზური თერაპია. ორივე ჯგუფის შემადგენლობა იყო ერთნაირი ასაკის, სქესის და კლინიკურ ფორმათა სტრუქტურის მიხედვით. დაავადებულთა ასაკი მერყეობდა 20-დან 68-წლამდე. ქალი იყო 51 (37,5%), მამაკაცი - 83 (62,5%). პლაფერონის დოზა იყო 3000 (2მლ) ერთ დღე-ღამეში 20 დღის განმავლობაში. ავადმყოფებს ვსწავლობდით დინამიკაში.

მკურნალობის შედეგების მიხედვით დაავადებულები გაყოფილი იყვნენ ორ ჯგუფად: ავადმყოფები მკურნალობის დადებითი შედეგებით შეადგენენ "A" ჯგუფს, ხოლო ავადმყოფები, რომელთა მკურნალობა არასაკმარისად ეფექტური იყო შეადგენენ "B" ჯგუფს. მკურნალობის შედეგები მოცემულია ცხრილში.

მიღებული მონაცემების ანალიზმა გამოავლინა მკურნალობის უფრო მაღალი ეფექტურობა პლაფერონით ნამკურნალებ ავადმყოფებში, იმ მონაცემებთან შედარებით, რომლებიც მიღებული იყო საკონტროლო ჯგუფში პლაფერონით მკურნალობის გარეშე, განსაკუთრებით შთამბეჭდავი შედეგები მიღებული იყო ფილტვების ინფილტრაციული და კეროვანი ტუბერკულოზის დროს. ფილტვების ინფილტრაციული ტუბერკულოზის დროს მკურნალობის ეფექტურობა, განპირობებული პლაფერონით გაიზარდა 68,8%-დან 86,6%-მდე, $P < 0,02$. ხოლო ფილტვების კეროვანი ტუბერკულოზის დროს - 80,0%-დან 92,5%-მდე, $P < 0,05$. წარმატებული მკურნალობის ყველაზე მეტად სარწმუნო მაჩვენებლები იყო ნახველის

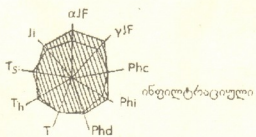
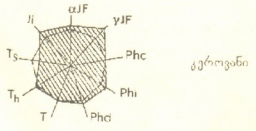
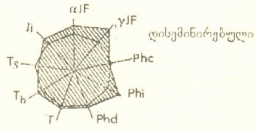


აბაცილირება კულტურალური მეთოდით და ღრუების დახურვა რენტგენოლოგიური მონაცემებით.

ცხრილი

ფილტვების დესტრუქციული ტუბერკულოზით დაავადებულთა მკურნალობის შედეგები

ფილტვების ტუბერკულოზის კლინიკური ფორმა	პლაფერონი	ავადმყოფთა რაოდენობა	“A” ჯგუფი	“B” ჯგუფი
ფიბროზულ-კავერნოზული	-	15	-	15(100%)
	+	19	-	19(100%)
დისემინირებული	-	30	11(36,6%)	19(63,4%)
	+	30	14(46,6%)	16(53,4%)
ინფილტრაციული	-	45	31(68,8%)	14(31,2%)
	+	45	39(86,6%)	6(13,4%)
კეროვანი	-	40	32(80,0%)	8(20,0%)
	+	40	37(92,5%)	3(7,5%)



მაჩვენებლები იმუნოგრამა ფილტვების დესტრუქციული ტუბერკულოზის პლაფერონით მკურნალობის დროს, ჯგუფი “A”, შედარება ტრადიციულ მკურნალობასთან.

აღნიშნული იყო, რომ პლაფერონის ჩართვა ანტიტუბერკულოზურ ქიმიოთერაპიაში განაპირობებდა იმუნოლოგიური მაჩვენებლების დადებით

დინამიკას. უპირველესად ყოვლისა, ეს შეეხებოდა ინტერფერონის სისტემის მაჩვენებლებს (გამონაკლისს წარმოადგენდა მხოლოდ ფილტვების ფიბროზულ-კავერნოზული ტუბერკულოზი).

α- და γ-ინტერფერონის მაჩვენებლების ყველაზე სწრაფი და ინტენსიური მომატება რეგისტრირებული იყო ფილტვების ინფილტრაციული და კეროვანი ტუბერკულოზის დროს. ზემოაღნიშნული ცვლილებები იმუნოგრამა წარმოდგენილია სურათზე.

ამგვარად, ჩვენი დაკვირვებების შედეგად დადგინდა იქნა, რომ პლაფერონის ჩართვა ტუბერკულოზის საწინააღმდეგო ქიმიოთერაპიაში მიწვევს იმუნოლოგიური მაჩვენებლების, განსაკუთრებით კი α- და γ-ინტერფერონის მაჩვენებლების, გაუმჯობესებას და მკურნალობის უფრო მეტად გამოხატულ დადებით შედეგებს ფილტვების დესტრუქციული ტუბერკულოზის სხვადასხვა კლინიკური ფორმებით დაავადებულებში.

პლაფერონის გამოყენება არის მიზანშეწონილი დამატებითი მეთოდი ზემოაღნიშნული კატეგორიის ავადმყოფთა ანტიტუბერკულოზურ მკურნალობაში.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 სამედიცინო ბიოტექნოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *М.М.Авербах*. Механизмы противотуберкулезного иммунитета и задачи фтизиопульмонологии в настоящее время. М., 1976.
2. *В.И.Покровский, М.М.Авербах, В.И. Литвинов, И.В.Рубцов*. Приобретенный иммунитет и инфекционный процесс. М., 1979.
3. *В.Д.Соловьев, Т.А.Бектемиров*. Интерфероны в теории и практике медицины. М., 1981.
4. *R.A. Tompson (ed)*. Recent advances in clinical immunology, 1977.
5. *J.Chretien*. Eur.Resp. J., 8, 1995, 617.
6. *C.Grassi, V.Peona*. Eur. Resp. J., 1995. 714.
7. *T.R.Harrison (ed)*. Infections diseases, 3, 1993, 392.



მ.ივერიელი, ნ.აბაშიძე

პირის ღრუს ორგანოების კანდიდოზის ეპიდემიოლოგია

წარმოადგინა წევრ-კორესპონდენტმა თ.დვქანოსიძემ 11.11.1996

კანდიდოზი ფართოდ გავრცელებული სოკოვანი დავადებაა კლინიკური პოლიმორფიზმით. იგი ანტროპონოზოული მიკოზია, არ იწვევს მდგრადი იმუნიტეტის ჩამოყალიბებას [1-3] და უმეტესწილად მიმდინარეობს ორგანიზმის გამოხატული სენსიბილიზაციის ფონზე. კანდიდოზი მეორადი, იატროგენული დავადებაა [4,5], რომელსაც იწვევს პირობით-პათოგენური საფუარის სოკო *Candida*.

ყველაზე ხშირად *Candida* აზიანებს მრავალშრიან ბრტყელ ეპითელიუმს - პირის ღრუსა და საშოს ლორწოვან გარსს. ეს სპეციფიური ორგანოტროპულობა აიხსნება ამ ქსოვილების ქიმიური შემადგენლობით - კერძოდ კი, გლიკოგენის მაღალი შემცველობით. *Candida* სოკოს კი ახასიათებს ასეთი ქსოვილებისადმი ტროპიზმი, ანუ გლიკოგენოფილია [2, 6]. სწორედ ამიტომ, კანი ზიანდება შემთხვევათა 0,5%-ში, ხოლო ლორწოვანი გარსი 52,1%-ში [2,7,8].

ბუნებაში გავრცელებული *Candida*-ს 130 სახეობიდან ადამიანისათვის პათოგენურად მხოლოდ 10 ითვლება. მათგან პირის ღრუში *Candida albicans*, გვხვდება 63,95-82,3% შემთხვევაში; შედარებით იშვიათად კი - *Candida krusei* - 6,5-10,46%, *Candida tropicalis* - 4,8-6,98%, *Candida guilliermondii* - 1,6-3,49% და *Candida pseudotropicalis* - 4,8 -10,2% [1, 2, 7, 9, 10].

ორალური კანდიდოზი ვისცერალური კანდიდოზის ერთ-ერთი სახეა, რომელიც ხშირად გვხვდება სტომატოლოგიურ პრაქტიკაში. ლიტერატურის მონაცემებით ცნობილია, რომ პრაქტიკულად ჩანმრთელ ადამიანთა პირის ღრუს ლორწოვანი გარსის შესწავლისას 1957 წელს *Candida* ამოეთესა 5,77%-ს, 1964 წელს - 23,66%-ს, 1977 წელს - 33,2%-ს, 1985 წელს - 42,5%-ს [1]. თანამედროვე მონაცემებით კი 1994 წლისათვის ამ რიცხვმა 46,0-52,0%-ს მიაღწია [6, 9].

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის თერაპიული სტომატოლოგიის კათედრაზე 1995-96 წლებში ლორწოვანი გარსის და პაროდონტის ქსოვილთა ანთებადი დავადებების მქონე 267 ავადმყოფიდან *Candida* ამოეთესა 172-ს, ე.ი. 64,42%.

კანდიდოზი აუტონიფიკაცია: ინვაზიურობა ანუ აგრესიულობა, ე.ი. უნარი გადალახოს ბარიერები და გავრცელდეს ადამიანის ორგანიზმში, *Candida* ფლორას შეუძლია მხოლოდ განსაზღვრულ პირობებში - მაკროორგანიზმის ცალკეულ ორგანოთა ან ორგანოთა სისტემის ფუნქციის მოშლის ფონზე [1,2]. ამ დროს აქტივიზირებული სოკო განაპირობებს ახალი ნოზოლოგიის ჩამოყალიბებას.

ორალური კანდიდოზის განვითარებისათვის ხელშემწყობი ფაქტორები შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად ჯგუფად: ეს არის ენდოგენური ანუ შინაგანი, "ბუნებრივი",

დაკავშირებული ინდივიდის განვითარების თავისებურებასთან და ეგზოგენური ანტიბიოტიკების გარეგანი, "ხელოვნური" ფაქტორები.

"ბუნებრივ" ფაქტორთაგან აღსანიშნავია ადამიანის ფიზიოლოგიური მდგომარეობა: (ორსულობა, ახალშობილობისა და მოხუცებულობის პერიოდი), ნივთიერებათა ცვლის (ნახშირწყლები, ცილები, ცხიმები) ენდოკრინული (შაქრიანი დიაბეტი, ჰიპოთირეოიდიზმი, დისმენორეა, პოლიენდოკრინული სინდრომი), საკმლის მომწიფებელი (დისბაქტერიოზები, აქილია), სისხლის მიმოქცევისა და სისხლმზადი სისტემის ფუნქციის მოშლილობანი, ასევე ონკოლოგიური დაავადებებისა და შიდსის არსებობა [1, 2, 9, 12, 13].

ჩვენ მიერ გამოკვეთილი 172 პაციენტიდან შაქრიანი დიაბეტი აღმოაჩნდა 20,35%-ს. ეს ციფრობრივი მაჩვენებელი კიდევ ერთხელ ადასტურებს იმას, რომ კანდიდოზს მოიხსენებენ, როგორც პარადიაბეტულ დაავადებას [2,3,7]. საკმლის მომწიფებელი სისტემის ფუნქციის მოშლილობანი აღმოაჩნდა 15,7%-ს. სისხლის მიმოქცევისა და სისხლმზადი სისტემის დაზიანებები - 10,47%-ს. ონკოლოგიური დაავადებანი - 5,23%-ს.

კანდიდოზის განვითარებისათვის ხელშემწყობ, ე.წ. ეგზოგენურ ფაქტორებს მიეკუთვნება: სამკურნალო პრეპარატების - ანტიბიოტიკების, კორტიკოსტეროიდების, ციტოსტატიკების, ორალური კონტრაცეპტივების, ანტიდიაბეტური პრეპარატების - ხანგრძლივად ან დიდი დოზით გამოყენება; ქიმიური და მექანიკური ტრავმა, მაღალი ტემპერატურა და ტენიანობა pH-ის გადახრა მჟავიანობისაკენ; როგორც ცნობილია, საფუარი სოკო კარგად მრავლდება 36-დან 37°C ტემპერატურამდე [3, 6, 9] და იმ გარემოში, სადაც pH 6,0-დან 7,0-მდეა [4, 14, 13]. ნორმალურ პირობებში პირის ღრუს pH 6,8-7,2-ია, ტემპერატურა 36-დან 37°C-მდე, ამას ემატება მაღალი ტენიანობა და იქმნება ყოველმხრივ ხელშემწყობი პირობები *Candida* სოკოს გამრავლებისათვის.

მექანიკური ტრავმისა და მიკროტრავმის შედეგად ირღვევა პირის ღრუს ლორწოვანი გარსის მთლიანობა და იქმნება "შესასვლელი ქიშკარი" ადვილად ინფიცირებისა ან საკუთარი საპროფიტო სოკოვანი ფლორის გადასვლისა პათოგენურ მდგომარეობაში. მაგალითისათვის: არასრულფასოვანი ბეჭენები, ცუდად მორგებული ორთოპედიული და ორთოდონტიული კონსტრუქციები, ქვები და ნადებები ხელს უწყობენ ორალური კანდიდოზის განვითარებას [6, 7, 9].

პირის ღრუში მეტალის ორთოპედიული კონსტრუქციების არსებობისას მიმდინარეობს მათი კოროზია და ვითარდება გალვანიზმის მოვლენა. ეს იწვევს ნერწყვის pH-ის გადახრას მჟავიანობისაკენ, რაც თავის მხრივ თრგუნავს კოკურ ფლორას. იქმნება ოპტიმალური პირობები სოკოს გამრავლებისათვის [3, 4, 6, 9, 14].

ჩვენ მიერ გამოკვლეულ 78 ავადმყოფს უტარდებოდა ორთოპედიული და ორთოდონტიული მკურნალობა. ყველა მათგანს აღენიშნებოდა, ე.წ. "პროტეზული" კანდიდოზური სტომატიტის არსებობა. მაგარი სასა სწორედ ის უბანია, სადაც ხდება უშუალო კონტაქტი პროტეზსა და პირის ღრუს ლორწოვან გარს შორის. აქ *Candida* სოკოს გამრავლებას ხელს უწყობს პროტეზის მიერ გამოწვეული მიკროტრავმა, კონსტრუქციის ქვეშ შექმნილი არასრულფასოვანი ჰიგიენური პირობები, ასევე თვით სასის ანატომიური თავისებურება - მრავალრიცხოვანი ნაოჭებისა და მიკრონაოჭების არსებობა. კანდიდოზური პალატინიტი აღენიშნებოდა ჩვენ მიერ გამოკვლეულ ავადმყოფთა 59,7%-ს.

ენის ანატომიური აგებულების თავისებურებით - დვრილები, გეოგრაფიული ენა - აიხსნება ისიც, რომ კანდიდოზური გლოსიტი ორალური კანდიდოზის ყველაზე გავრცელებული ფორმაა. ჩვენს შემთხვევაში ავადმყოფთა 88,2%-ს აღენიშნებოდა კანდიდოზური გლოსიტის არსებობა.

ადამიანის ორგანიზმში კანდიდოზური ინფექცია შეიძლება იყოს დამოუკიდებელი ნოზოლოგიური ერთეული ან თან ერთვოდეს და ამძიმებდეს ძირითად დაავადებას [1].

Candida-ს სახეობის საფუარი სოკოს როლი არასოკოვანი ეტიოლოგიის დაავადებების მიმდინარეობაში შეიძლება განხილულ იქნეს ორი კუთხით: 1. ეტიოპათოგენეზური და 2. ძირითადი დაავადებების დამამძიმებელი. ეს უკანასკნელი აიხსნება ფაქტორთა მთელი რიგით: 1. სოკოს მოქმედებით იზრდება მიურობთა ვირულენტობა; 2. ეპითელური საფარის მთლიანობის დარღვევა, რაც ხელს უწყობს პათოგენური ბაქტერიების კოლონიზაციას; 3. მიკრობთა მგრძობელობის დაქვეითება ქიმიოთერაპიული პრეპარატებისადმი (სტაფილოკოკი 500-ჯერ უფრო მდგრადია პენიცილინის მიმართ სოკოსთან თანაარსებობის დროს); 4. მიკროორგანიზმის მიკოზური სენსიბილიზაცია; 5. სპეციფიური და არასპეციფიური დაცვითი მექანიზმების რეაქციების მოშლა [1].

Candida-ს სახეობის სოკოს თანაარსებობა სხვა მიკროორგანიზმებთან განიხილება, როგორც სიმბიოზის ერთ-ერთი ფორმა [3, 8, 11, 15].

ცნობილია, რომ პირის ღრუში *Candida* შეუღლებულია სხვა მიკროორგანიზმებთან: სტაფილოკოკებთან, სტრეპტოკოკებთან, ნაწლავის ჩხირთან და სხვა. სოკოვანი და მიკრობული ფლორის თანაარსებობისას ხდება მათი “ჯამური” მოქმედება, რაც აძლიერებს დაავადების კლინიკას და ართულებს მკურნალობას. კანდიდოზის სურათი კლინიკურად წაშლილია და ვლინდება დამძიმებული ძირითადი დაავადება, ამის მაგალითია *Candida* ფლორით დამძიმებული პაროდონტიტი და გინგივიტი.

ჩვენ შემთხვევაში *Candida* სოკო 64,7%-ში შეუღლებულია *Streptococcus pyogenes*-თან, 41,2%-ში - *Staphylococcus aureus*-თან, 23,53%-ში - *Streptococcus agalacticae*-თან, 17,6%-ში - *E. coli*-თან, *Streptococcus epidemidis*--თან 5,9%-ში.

გამოკვლეულ პაროდონტიტიან ავადმყოფთა საერთო რაოდენობიდან 55,6%-ს ამოეთესა *Candida*-ს სახეობის საფუარი სოკო. 38,7%-ში *Candida* ფლორა ამძიმებს გინგივიტის 8,2%-ში - აფთოზურ სტომატიტის 5,1%-ში ბრტყელი წითელი ლიქენის კლინიკას.

ყოველივე ზემოთქმული განსაკუთრებულ ამოცანას საბავს ექიმ სტომატოლოგის კლინიკაში მუშაობისათვის; სოკოვანი ფლორის ასეთი ხშირი გავრცელება და მისი დამამძიმებელი გავლენა პირის ღრუს ლორწოვანი გარსის სხვადასხვა დაავადებებზე აუცილებელს ხდის პირის ღრუს მიკროფლორის გამოკვლევას სტომატოლოგიური დაავადებების მკურნალობის პირველივე ეტაპზე, რაც შესაძლებლობას მოგვცემს მოვახდინოთ ანტიმიკრობული მკურნალობის სწორი დაგეგმვა.

ლიტერატურა

1. *Н.П.Елинов*. Патогенные дрожеподобные организмы. М., 1964.
2. *О.К. Хмельницкий, Р.А.Аровииский, О.Н.Экземляров*. Кандидоз. Л., 1984.
3. *R.J.Gengo*. JAMA, 122, 1991, 31-38.
4. *П.Н.Кашкин, В.В.Лисин*. Практическое руководство по медицинской микологии. М., 1983.
5. *J.M.Voon*. Mycosis, 32, 1989, 6, 312-315.
6. *Р.Д.Барабаш, П.Н.Варава*. Стоматология, 5, 1994, 91-98.
7. *А.А.Антоньев, Л.А.Бульвахтер, Л.К.Глазкова, И.И.Ильин*. Кандидоз кожи и слизистых оболочек. М., 1985.
8. *P.Chandrosekhar, J.Moliniri*. Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., 60, 1985, 532-534.
9. *С.А.Бурова, Е.А.Меккулова*. Стоматология, 2, 1994. 85-87.
10. *A.Wagner*. Mycoses, 3, 6, 1988, 320-323.
11. *Р.Н.Реброва*. Грибы рода *Candida* при заболеваниях негрибковой этиологии. М., 1989.
12. *A.Buchtan*. JAMA, 260, 19, 1980, 2926.
13. *P.Fotos*. Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., 74, 1, 1992, 41-49.
14. *В.Л. Быков, С.Е.Хохлов*. Вест.дерматологии и венерологии, 8, 1987, 9-12.
15. *В.Л.Быков, З.О.Караев*. Вест.дерматологии и венерологии, 10, 1987, 9-10.



ი.მენტეშაშვილი

ინგლისის ოსტ-ინდოეთის კომპანია და მისი დამოკიდებულება ინდოეთის მთავრებისადმი XVIII ს. დასასრულსა და XIX ს. დასაწყისში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ.ჭილაშვილმა 20.01.1997.

ნაშრომში განხილულია კომპანიის და ინდოეთის ცალკეული სამთავროს ურთიერთობის ზოგიერთი საკითხი. იგი ასახავს კომპანიის წარმატებას ინდოეთსა და მის ფარგლებს გარეთ არსებულ პოლიტიკური მდგომარეობის ანალიზის საფუძველზე.

XVIII ს. დასასრული და XIX ს. დასაწყისი ინგლისის კოლონიური პოლიტიკის სფეროში მნიშვნელოვანი წარმატებებით აღინიშნა. ოსტ-ინდოეთის კომპანიის გამარჯვებებმა რიგ ინდოელ მთავრებზე ამ ქვეყნის მნიშვნელოვანი ნაწილი ინგლისელთა ბატონობას დაუმორჩილა. ინგლისელთა ეს წარმატება სულაც არ იყო განსაკუთრებული სამხედრო უპირატესობის შედეგი. უფრო მეტიც, კომპანიის სამსახურში მყოფი სამხედრო პირები ერთობ მალალ შეფასებას აძლევენ მათი მთავარი მოწინააღმდეგის, მაისორის სულთნის, თიფუს ჯარებს. მათ მიერ მოწოდებულ ინფორმაციაში ხაზგასმით აღინიშნებოდა სულთნის მუდმივი ცხენოსანი ჯარის მალალი საბრძოლო თვისებები, მისი არტილერიის არაჩვეულებრივი მობილურობა, რაც მრავალრიცხოვანი გამწვევი სპილოსა და ცხენის წყალობით მიიღწეოდა. ასევე მალალი შეფასება ეძლეოდა თიფუს სნაიპერებს. ყოველგვარი შეფერხების გარეშე ხდებოდა ჯარისკაცების და ცხენების სურსათითა და ფურაჟით მომარაგება [1]. ამ უკანასკნელს კი ინდოეთის სამხედრო ოპერაციების დროს ხშირად გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭებოდა. შეფერხება მომარაგებაში ხშირად წარუმატებელს ხდიდა მთელ სამხედრო კამპანიას. აქედან გამომდინარე, არ შეიძლება იმის ხელაღებით მტკიცება, რომ ინგლისელებს ინდოეთში მეორეხარისხოვან მოწინააღმდეგეებთან ჰქონდათ საქმე.

კომპანიის წარმატებას დიდად შეუწყო ხელი ადგილობრივ სამთავროთა შორის არსებულმა შუღლმა და უთანხმოებამ. ქიშპმა, შურმა და სწრაფვამ დაემხოთ ერთმანეთი აიძულა ადგილობრივი მთავრები მოკავშირეები ეძებნათ ინგლისელებში. 1783 წ. დათარიღებულ დეპეშაში, რომელიც წარგზავნა კომპანიის საიდუმლო საქმეთა კომიტეტმა, მოცემულია ინფორმაცია ჰაიდარაბადის ნიზამს და თიფუს სულთან შორის არსებულ ურთიერთობაზე. აქვეა შეფასება, რომელიც ეძლევა ინგლისელთა როლს ამ ურთიერთობაში. “ნიზამს - წერია წერილში, ემინია თიფუსი, რადგანაც ამ უკანასკნელს უფრო ძლიერი ჯარი ჰყავს. სწორედ ამიტომ ნიზამი მთავარ იმედს თავის მოკავშირეებზე ამყარებს. მაგრამ აღმოსავლური პოლიტიკის ლაბირინთში ამგვარი მოკავშირეების ყოლა ერთობ ძვირადღირებული სიაშოვნებაა“. ამიტომაც, ასკენის დეპეშის ავტორი კაპიტანი მაკკარტნი, სუსტი ნიზამი სულ მალე იქცევა თავისი ძლევაშოისლი მოკავშირეების, ან გულადი მტრების ლუჟმად“ [2]. ამგვარი ცვლილებები კი არ აწყობდათ კომპანიის მესვეურთ. ეს

დაარღვევდა ძალთა თანაფარდობას ადგილობრივ სამთავროთა შორის და შეარყვედა ინგლისელთა პოზიციებს ინდოეთში.

ქიშპს ადგილობრივ მთავართა შორის ადგილი ჰქონდა შემდგომ პერიოდშიც. 1790 წ. კომპანიის რეზიდენტი პუნაში მალეტი აცნობებდა კალკუტაში რომ პეშვა, მართლთა ერთ-ერთი მთავარი მზადყოფნას გამოთქვამდა დახმარებოდა ინგლისელებს თიფუ სულთნის წინააღმდეგ ბრძოლაში [3]. იმ დროისათვის თიფუ ინგლისელთა ყველაზე ძლიერი მოწინააღმდეგე იყო ინდოეთის მთავართა შორის. მაგრამ მართლთა მთავრები ახორციელებდნენ არა პატრიოტულ, არამედ ეგოისტურ პოლიტიკას, რითაც ფაქტიურად ხელს უწყობდნენ ინგლისელთა აგრესიას. ამას კიდევ ერთხელ ამტკიცებს კაპიტან თეილორის წერილი კომპანიის საკონტროლო საბჭოს თავმჯდომარის ჰენრი დანდასის სახელზე. წერილი თარიღდება 1796 წ. და მასში ნათქვამია, “მართლთა და ნიზამი ჩვენ იმ შუამავალ ძალად მიგვიჩნევენ, რომლის მეშვეობითაც ისინი ერთიანდებიან უზურპატორის (იგულისხმება თიფუ სულთანი ივ.მ.) დასამხობად [4]. ამგვარი ურთიერთშუღლი რასაკვირველია ააქტიურებდა ინგლისელთა ექსპანსიას ინდოეთში.

ინგლისელებს აქტიურობისაკენ უბიძგებდა საერთაშორისო მდგომარეობა. XVIII ს. - XIX ს. მიჯნაზე ინდოეთში გაბატონებაზე გარკვეული პრეტენზიები ჰქონდა საფრანგეთსაც. ფრანგების სამხედრო წარმატებები, კერძოდ ბონაპარტეს გამარჯვება მარენგოსთან და ეგვიპტეში გენერალ კლებერის ჯარის ყოფნა, ძალზე აშინებდა ოსტ-ინდოეთის კომპანიის გენერალ-გუბერნატორს ლორდ უელსლის, რომელიც ცდილობდა არაფრის დიდებით არ დაეშვა ინგლისელთა პოზიციების შეარყვეა ინდოეთში და ამის საწინდრად აქტიური პოლიტიკური კურსის გატარებას მიიჩნევდა [5]. ექვგარეშეა, რომ ინგლისელთა მარცხის შემთხვევა ინდოეთს დასავლეთ ევროპულ სახელმწიფოებისაგან თავის დაღწევა არ ეწერა.

ს.ჯანაშიას სახელობის საქართველოს
 სახელმწიფო მუზეუმი

ლიტერატურა

The British Library Oriental and India Office Collections:

1. H/436 Miscellaneous, 136, 144.
2. H/247 Miscellaneous, 339.
3. H/333 Miscellaneous, 33-35.
4. H/436 Miscellaneous, 132.
5. H/481 Miscellaneous, 255-278.



რ.ქურდაძე

„დრიკავს“, „ავლინებს“ ტიპის ზმნების წარმოებისათვის ქართულ ენაში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა.გვახარიაშვილმა 23.12.1996

„დრიკავს“, „ავლინებს“ თემატური ფუძეების შესახებ აზრთა სხვადასხვაობაა: ა)-ავ დაერთო მეორე სერიის ი ხმოვნიან თემას [1,გვ.409; 2,გვ.188; 3,გვ.209-210; 4,გვ.192, გვ.211; 5,გვ.117], ბ) პირველ სერიაში ე→ ი მონაცვლეობის საფუძველია რედუქცია, რომელსაც - ავ, -ებ თემის ნიშნები ახდენენ [6,გვ.492; 7,გვ.118-120; 8,გვ.87; 9,გვ.16-18; 10,გვ.18-19].

ჩვენ ამ მოსაზრებათაგან უფრო სარწმუნოდ მიგვაჩნდა მეორე [1,გვ.96]. მაგრამ, როგორც ირკვევა, მასაც ახლავს გარკვეული უხერხულობანი. ჩვენი წერილის მიზანია განვიხილოთ ის ძირითადი დებულებანი, რომლებიც საფუძველად უდევს როგორც ერთ, ისე მეორე მოსაზრებას, წარმოვაჩინოთ ის მიზეზები, რომლებიც ხელს გვიშლის დავეთანხმოთ ან ერთს, ან მეორეს და, რაც მთავარია, გამოვხატოთ ჩვენი დამოკიდებულება ამ საკითხის მიმართ.

პირველი მოსაზრება აღნიშნული ზმნების ფუძეებში ი საფეხურის არსებობისათვის გამორიცხავს ფონეტიკურ და მორფოლოგიურ ფაქტორებს. ამ მოსაზრების თანახმად, აწმყოში და შესაბამისად პირველი სერიის ფორმებში ი ხმოვნიანი ფუძის არსებობა მეორე სერიიდან მომდინარედ ითვლება, ფუძეზე სუფიქსის დართვა კი საჭირო გახდა აწმყოსა და ნამყოს ფორმათა გასარჩევად.

ამ შემთხვევაში მეტად მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ ასეთი ზმნების ფუძეში ი ხმოვანი გვაქვს მხოლოდ ხმოვანი (თუ ხმოვნიანი) სუფიქსის დართვისას. სუფიქსის ჩამოცილების შემთხვევაში ფუძეში კვლავ ე ხმოვანი აღდგება.

ამასთან დაკავშირებით გვინდა გავიხსენოთ „დაიჭირავს“ ზმნის ფორმა, რომელშიც სწორედ ხმოვნიანი სუფიქსის დაკარგვით შეიძლება თავდაპირველი ე საფეხური აღდგეს. ა.შანიძე აღნიშნავს: „ძველად, XI ს-ში, გვქონდა ზმნა „დამჭირვა“, რომელსაც შემდეგ მ ჩამოჰშორდა: „დაჭირვა“... ზმნა ავიანი იყო, მაგრამ იგი ხმოვანმონაცვლეებში გადავიდა, თუმცა საბოლოოდ არა: გვხვდება როგორც დავიჭირავ, ისე დავიჭერ“ [1,გვ.409].

ხმოვნიანი სუფიქსის ჩამოცილების შემდეგ ძირითადი ე საფეხურის აღდგენა „დავიჭირავ“ ზმნის გარდა, კარგად ჩანს - ებ თემისნიშნის ხმოვანმონაცვლე ზმნების მაგალითზეც.

-ებ-იან ხმოვანმონაცვლე ზმნებში თემის ნიშანთა არსებობა, -ავ-იანებთან შედარებით, ქრონოლოგიური თვალსაზრისით განსხვავებულია. კერძოდ, აქ თემის ნიშანი ადრევე გვქონდა. როგორც ცნობილია, ძველად იყო „ავლინებს“ ტიპის წარმოება. შემდეგ დაიწყო გამარტივება, მომდევნო პერიოდში (XI საუკუნიდან) ჩნდება პარალელური ფორმები: წარგავლინებ | წარგავლენ და სხვ. [12,გვ.424-425].

ვფიქრობთ, რომ ერთდროულად პარალელური ფორმების არსებობა (დაიჭირავს | დაიჭერს; ავლინებს | ავლენს) გვაძლევს იმის საფუძველს, რომ ი

საფეხური აწმყოში ხმოვან (თუ ხმოვნთან) სუფიქსს მივაწეროთ. ამას ი. ცერცვაძე აღნიშნავს: - „ი ხმოვანი ფუძე მხოლოდ -ავ სუფიქსთან ფორმებში გვაქვს“ [2, გვ. 188]. უსუფიქსოდ ამ ზმნათა ფუძეში ხომ კვლავ ე საფეხური გვექნებოდა.

ანალოგიის შემთხვევაში, თუ ი საფეხური მართლაც II სერიის გავლენით გავრცელდებოდა, უნდა გვექონოდა *დაიქირს - დაიქირა, *ავლინს - ავლინ-ა. ვფიქრობთ, პირველ და მეორე სერიათა შორის დაპირისპირება მაინც განხორციელდებოდა (შდრ.: წერს - წერა ტიპის უღლება). ე. ი. დაპირისპირება გვექნებოდა მხოლოდ ძირითადი ნიშნების მიხედვით და არა დამატებითი, აბლაუტის ე და ი საფეხურებითაც (ქვემოთ ფემებითაც).

მაშასადამე, აღნიშნულ ზმნათა ფუძეში ი საფეხური ხმოვანი სუფიქსს მიეწერება. მაგრამ ი. ცერცვაძე ასახელებს ზმნებს, სადაც ასეთი ცვლილება არ ხდება. კერძოდ, კვებავ, ლესავ, ხედავ, თესავ, ჰბედავ... რეკ(ავ), ლეწ(ავ), კვეთ(ავ), ხვეწ(ავ)... ამასთან დაკავშირებით უნდა ითქვას, რომ ამ ფუძეებში ი საფეხური არაა მოსალოდნელი, რადგანაც ისინი არ ეკუთვნიან ხმოვანმონაცვლეთა ტიპს. ი. ცერცვაძის მიერ მოყვანილ ზმნათაგან ხედავ, თესავ, ბედავ, რეკავ, როგორც ფ. ერთელიშვილმა გამოარკვია, „დრეკადი ფუძეების ზოგადი სტრუქტურული მოდელის ორ მოთხოვნილებას ვერ აკმაყოფილებენ: ანლაუტში ცალი თანხმოვანი გვაქვს, ხოლო ე-ს მეზობლად სონანტი არ ჩანს“ [13, გვ. 102].

დრეკადი ფუძეების ზოგადი სტრუქტურული მოდელის მოთხოვნილებას სრულად ვერც „ლეხავ“ და „ლეწავ“ ფორმები აკმაყოფილებენ, მიუხედავად იმისა, რომ ამ ფუძეებში ე-ს მეზობლად ლ სონანტი გვაქვს, ანლაუტი ცალი თანხმოვნითაა წარმოდგენილი.

რაც შეეხება კვებავ, კვეთავ, ხვეწავ ფუძეებს, მათთვის საცხებით მართებულად მიგვაჩნია შ. აფრიდონიძის ვარაუდი: „თუ ვ მოსდევს წინაენისმიერებს, აბლაუტი ხორციელდება (კვეთ - კვით-ე); თუკი ვ მოსდევს უკანაენისმიერებს, ე ხმოვანი შენარჩუნებულია (ხვეწ - და ხვეწ - ე)“ [14, გვ. 21]. ასევეა კვებავ, კვეთავ.

მეორე მოსაზრების მიხედვით, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, პირველ სერიაში ხმოვანმონაცვლე ზმნებში ე → ი მონაცვლეობის საფუძვლად რედუქცია ცხადდება, რომელსაც -ავ, -ებ თემის ნიშნები ახდენენ.

ამ მოსაზრების მომხრეებიც ძირითადად ემყარებიან იმ ფაქტს, რომ პირველ სერიაში ე → ი მონაცვლეობა ხდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ხმოვან-მონაცვლე ზმნას ახლავს ხმოვანი სუფიქსი. ამდენად, მათი აზრით, პროცესი ფონეტიკურია.

ასეთი მსჯელობისას მხედველობის გარეშე რჩება ის ფაქტი, რომ ესენი აბლაუტური ზმნებია. ასე, მაგ.:

I სერია	დრეკ-ს	ა-ვლენ-ს
	დრეკ-ავ-ს	
	დრიკ-ავ-ს	ა-ვლინ-ებ-ს
II სერია	დრიკ-ა	ა-ვლინ-ა

მაშასადამე, ესენი აბლაუტური ზმნების ცალგებია და მათი განხილვისას არ უნდა დავივიწყოთ აბლაუტის ძირითადი დებულებანი, რომელთა მიხედვითაც „მორფოლოგიური ღირებულების მქონე ხმოვანთმონაცვლეობა ანუ აბლაუტი



წარმოშობით შეიძლება ფონეტიკური ხასიათისა იყოს, შეპირობებულმა გენმა განვითარების გარკვეულ ეტაპზე არსებული ფონეტიკური გარემოცვით. ფონეტიკურ ნიადაგზე აღმოცენებულმა ხმოვანთმონაცვლეობამ შესაძლებელია გარკვეული მორფოლოგიური ფუნქციები შეიძინოს და წმინდა მორფოლოგიური ღირებულების ხმოვანთმონაცვლეობად იქცეს მას შემდეგ, რაც მოისპობა ამ მონაცვლეობის გამომწვევი ფონეტიკური მიზეზები. ამგვარი მორფოლოგიური ფუნქციის მქონე მონაცვლეობა ისტორიულად უკვე მოკლებულია ფონეტიკურ მოტივაციას; იგი განხილულ უნდა იქნეს როგორც შედეგი ოდინდელ ფონოლოგიურ მონაცვლეობათა მორფოლოგიზაციისა“ [4, გვ.177].

მაშასადამე, მართალია, „დრიკავს“, „ავლინებს“ ტიპის ზმნები აბლაუტური მიმართების მონაწილენი აღარ არიან, მაგრამ ისინი აბლაუტურ მიმართებაში მყოფ ზმნათა ცალებია და ამდენად ძნელდება მათში მომხდარი ცვლილების ფონეტიკური მოტივაცია.

როგორც ცნობილია, აბლაუტის ი და Ø საფეხურები მხოლოდ თემატურ ფუძეებში გვაქვს. „მიუხედავად ამისა, ძნელია აღდგენა იმ კონკრეტული ფონეტიკური გარემოცვისა, რომელიც აპირობებდა *ე/*ი მონაცვლეობას, განსხვავებით *ე/Ø მონაცვლეობისაგან. გამორიცხული არ არის შესაძლებლობა, რომ ამ ტიპის მონაცვლეობის აღმოცენებაც მახვილთან იყოს დაკავშირებული“ [4, გვ.372]. მაგრამ, როგორც ავტორები მიუთითებენ, გაურკვეველია, რატომ უნდა მოეცა მახვილის გავლენას ზოგჯერ *ე ხმოვნის სინკოპე, სხვა შემთხვევებში კი იმავე *ე ხმოვნის დავიწროება.

მაშასადამე, სრულხმოვნიანი სუფიქსის არსებობის დროსაც კი შესაძლებელია ფუძეში იყოს ი საფეხური ფონეტიკური საფუძვლის გარეშე, ე.ი. ი საფეხური გვხვდება თემატურ ფუძეებში, მაგრამ არააქტიური ფონოლოგიური მოტივაციით.

ზემოთ წარმოდგენილი ორი მოსაზრება „დრიკავს“, „ავლინებს“ ტიპის შესახებ, ბუნებრივია, განსხვავდება ერთმანეთისაგან, მაგრამ ამ მოსაზრებებს საერთოც გააჩნიათ. ორივე ემყარება იმას, რომ ხმოვანთმონაცვლე ზმნის აწმყოში ი საფეხური მხოლოდ თემატურ ფუძეში გვაქვს. განსხვავება სწორედ თემატურ სუფიქსზე მსგელობისას იჩენს თავს.

უნდა ვიფიქროთ, რომ ი საფეხური აწმყოს და, შესაბამისად, I სერიის ფორმებში მიეწერება ერთგვარ სიმულტანურ მოვლენას, რომელიც ხორციელდება გარკვეული ტიპის ზმნებში სრულ საფეხურზე მყოფი ხმოვანი (თუ ხმოვნიანი) სუფიქსის დართვისას. ერთდროულობა სწორედ იმაში მდგომარეობს, რომ ამ ტიპის ზმნებში ფუძეში ი საფეხური თემატური სუფიქსის გარეშე წარმოუდგენელია, ე.ი. არააქტიურ ფონოლოგიურ პირობებში ამუშავდება ის მექანიზმი, რაც უკვე ცნობილია ენაში.

ი.ჭავჭავაძის სახ. თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. ა. შანიძე. თხზულებანი, ტ. III. თბილისი, 1980.
2. ი. ევრცვაძე. თსუ სტუდენტთა სამეცნიერო შრომების კრებული, I. თბილისი, 1941.
3. გ. კვერენჩილაძე. თსუ სტუდენტთა სამეცნიერო შრომების კრებული, I. თბილისი, 1941.

4. თ.გამყრელიძე, გ.მაჭავარიანი. სონანტა სისტემა და აბლაუტი ქართველურ ენებში. თბილისი, 1965.
5. ბ.ჯორბენაძე. ზმნის გვარის ფორმათა წარმოებისა და ფუნქციის საკითხები ქართულში. თბილისი, 1975.
6. ე.თოფურია. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, III, 6, 1942.
7. ი.ქავთარაძე. ზმნის ძირითადი კატეგორიები ძველ ქართულში. თბილისი, 1954.
8. ა.მარტიროსოვი, გ.იმნაიშვილი. ქართული ენის კახური დიალექტი. თბილისი, 1956.
9. ა.თაყაიშვილი. ქართველურ ენათა სტრუქტურის საკითხები, IV. თბილისი, 1974.
10. ლ.ნოზაძე. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის არნ.ჩიქობავას სახელობის ენათმეცნიერების ინსტიტუტის 52-ე სამეცნიერო სესია, მუშაობის გეგმა და მოხსენებათა თეზისები. თბილისი, 1993.
11. რ.ჭურღაძე. იბერიულ-კავკასიური ენათმეცნიერება, XXXIII. თბილისი, 1995, 1996.
12. ზ.სარჯველაძე. ქართული სალიტერატურო ენის ისტორიის შესავალი. თბილისი, 1984.
13. ფ.ერთელიშვილი. ზმნური ფუძეების ფონეტური სტრუქტურისა და ისტორიის საკითხები ქართულში. თბილისი, 1970.
14. შ.აფრიდონიძე. იბერიულ-კავკასიური ენათმეცნიერების წელიწდეული, XIV. თბილისი, 1987.

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

გადაეცა წარმოებას 1.07.1997. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 1.07.1997. ფორმატი 70x100^{1/16}
აწყობილია კომპიუტერზე მეცნ. აკადემიის პრეზიდიუმის ინფორმატიკის განყოფილებაში.
ოფსეტური ბეჭდვა. პირობითი ნაბ. თაბ. 9,5. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბაზი 9,5.
ტირაჟი 300. შეკვ. № 284 ფასი სახელშეკრულებო.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე“, 1997.