საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის

მოამბე

ტომი XIV

ძირითადი, ქართული გამოცემა

1953

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა

თბილისი

საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიის ცენტრალური კომიტეტის, სსრ კავშირის მინისტრთა საბჭოსა და სსრ კავშირის უმაღლესი საბჭოს პრეზიდიუმისაგან

პარტიის ყველა წევრს, საბჭოთა კავშირის ყველა მშრომელს

ძვირფასო ამხანაგებო და მეგობრებო!

საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიის ცენტრალური კომიტეტი, სსრ კავშირის მინისტრთა საბჭო და სსრ კავშირის უმაღლესი საბჭოს პრეზიდიუმი უდიდესი მწუხარების გრძნობით აუწყებენ პარტიას და საბჭოთა კავშირის ყველა მშრომელს, რომ 5 მარტს საღამოს 9 საათსა და 50 წუთზე მძიმე ავადმყოფობის შემდეგ გარდაიცვალა სსრ კავშირის მინისტრთა საბჭოს თავმჯდომარე და საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიის ცენტრალური კომიტეტის მდივანი იოსებ ბესარიონის-ძე სტალინი.

შეწყდა ლენინის თანამებრძოლის და მისი საქმის გენიალური განმგრძობის, კომუნისტური პარტიისა და საბჭოთა ხალხის ბრძენი ბელადის და მასწავლებლის იოსებ ბესარიონის-ძე სტალინის გულისცემა.

სტალინის სახელი უსაზღვროდ ძვირფასია ჩვენი პარტიისათვის, საბჭოთა ხალხისათვის, მთელი მსოფლიოს მშრომელებისათვის. ლენინთან ერთად ამხანაგმა სტალინმა შექმნა კომუნისტების მძლავრი პარტია, აღზარდა და გამოაწრთო იგი; ლენინთან ერთად ამხანაგი სტალინი იყო დიდი ოქტომბრის სოციალისტური რევოლუციის სულისჩამდგმელი და ბელადი, მსოფლიოში პირველი სოციალისტური სახელმწიფოს დამაარსებელი. განაგრძობდა რა ლენინის უკვდავ საქმეს, ამხანაგმა სტალინმა საბჭოთა ხალხი მიიყვანა ჩვენს ქვეყანაში სოციალიზმის მსოფლიო-ისტორიულ გამარჯვებამდე. ამხანაგმა სტალინმა მეორე მსოფლიო ომში ჩვენი ქვეყანა მიიყვანა ფაშიზმზე გამარჯვებამდე, რამაც ძირეულად შეცვალა მთელი საერთაშორისო ვითარება. ამხანაგმა სტალინმა შეაიარაღა პარტია და მთელი ხალხი სსრ კავშირში კომუნიზმის მშენებლობის დიადი და ნათელი პროგრამით.

გარდაცვალება ამხანაგ სტალინისა, რომელმაც მთელი თავისი სიცოცხლე მოახმარა კომუნიზმის დიადი საქმისადმი თავდადებულ სამსახურს, უმძიმესი დანაკლისია პარტიისათვის, საბჭოთა ქვეყნის და მთელი მსოფლიოს მშრომელებისათვის.

ცნობა ამხანაგ სტალინის გარდაცვალების შესახებ ღრმა მწუხარებას გამოიწვევს ჩვენი სამშობლოს მუშათა, კოლმეურნეთა, ინტელიგენტთა და ყველა მშრომელის გულში, ჩვენი ძლევამოსილი არმიისა და სამხედრო-საზღვაო ფლოტის მეომართა გულში, მსოფლიოს ყველა ქვეყნის მილიონობით მშრომელთა გულში.

ამ გლოვის დღეებში ჩვენი ქვეყნის ყველა ხალხი კიდევ უფრო მჭიდროდ ირაზმება დიად ძმურ ოჯახში ლენინისა და სტალინის მიერ შექმნილი და გამოზრდილი კომუნისტური პარტიის ნაცადი ხელმძღვანელობით.

საბჭოთა ხალხი უსაზღვრო ნდობით ეკიდება და მხურვალე სიყვარულით არის გამსჭვალული თავისი მშობლიური კომუნისტური პარტიისადმი, რადგან იცის, რომ პარტიის მთელი მოღვაწეობის უმაღლესი კანონია ხალხის ინტერესებისადმი სამსახური.

მუშები, კოლმეურნეები, საბჭოთა ინტელიგენტები, ჩვენი ქვეყნის ყველა მშრომელნი განუხრელად მისდევენ ჩვენი პარტიის პოლიტიკას, რომელიც შეესაბამება მშრომელთა სასიცოცხლო ინტერესებს და რომლის მიზანია ჩვენი სოციალისტური სამშობლოს ძლიერების შემდგომი განმტკიცება. კომუნისტური პარტიის ამ პოლიტიკის სისწორე შემოწმებულია ათეული წლების ბრძოლით, მან საბჭოთა ქვეყნის მშრომელებისათვის უზრუნველყო სოციალიზმის ისტორიული გამარჯვებანი. ამ პოლიტიკით შთაგონებული საბჭოთა კავშირის ხალხები პარტიის ხელმძღვანელობით მტკიცედ მიდიან წინ ჩვენს ქვეყანაში კომუნისტური მშენებლობის ახალი წარმატებებისაკენ.

ჩვენი ქვეყნის მშრომელებმა იციან, რომ მოსახლეობის ყველა ფენის — მუშების, კოლმეურნეების, ინტელიგენტების მატერიალური კეთილდღეობის შემდგომი გაუმჯობესება, მთელი საზოგადოების მუდმივად მზარდ მატერიალურ და კულტურულ მოთხოვნილებათა მაქსიმალური დაკმაყოფილება ყოველთვის იყო და არის კომუნისტური პარტიისა და საბჭოთა მთავრობის განსაკუთრებული ზრუნვის საგანი.

საბჭოთა ხალხმა იცის, რომ საბჭოთა სახელმწიფოს თავდაცვისუნარიანობა და ძლიერება იზრდება და მტკიცდება, რომ პარტია ყოველი ღონისძიებით განამტკიცებს საბჭოთა არმიას, სამხედრო-საზღვაო ფლოტს და დაზვერვის ორგანოებს, რათა განუწყვეტლივ ვამაღლოთ ჩვენი მზადყოფნა იმისათვის, რომ გამანადგურებელი პასუხი გავცეთ ყოველ აგრესორს.

საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიისა და მთავრობის საგარეო პოლიტიკა იყო და არის მშვიდობის შენარჩუნებისა და განმტკიცების ურყევი პოლიტიკა, ახალი ომის მომზადებისა და გაჩაღების წინააღმდეგ ბრძოლის პოლიტიკა, საერთაშორისო თანამშრომლობისა და ყველა ქვეყანასთან საქმიანი ურთიერთობის განვითარების პოლიტიკა.

საბჭოთა კავშირის ხალხები, პროლეტარული ინტერნაციონალიზმის დროშის ერთგულნი, განამტკიცებენ და ავითარებენ ძმურ მეგობრობას დიდ ჩინელ

ხალხთან, სახალხო დემოკრატიის ყველა ქვეყნის მშრომელებთან, მეგობრულ კავშირს კაპიტალისტური და კოლონიური ქვეყნების მშრომელებთან, რომლებიც იბრძვიან მშვიდობის, დემოკრატიისა და სოციალიზმის საქმისათვის.

ძვირფასო ამხანაგებო და მეგობრებო!

კომუნიზმის აშენებისათვის ბრძოლაში საბჭოთა ხალხის დიადი წარმმართველი, ხელმძღვანელი ძალაა ჩვენი კომუნისტური პარტია. პარტიის რიგების ფოლადისებრი ერთიანობა და მონოლითური დარაზმულობა მისი ძალისა და ძლიერების მთავარი პირობაა. ჩვენი ამოცანაა თვალისჩინივით დავიცვათ პარტიის ერთიანობა, აღვზარდოთ კომუნისტები როგორც აქტიური პოლიტიკური მებრძოლნი პარტიის პოლიტიკისა და გადაწყვეტილებათა განხორციელებისათვის, კიდევ უფრო განვამტკიცოთ პარტიის კავშირი ყველა მშრომელთან, მუშებთან, კოლმეურნეებთან, ინტელიგენციასთან, რადგან ხალხთან ეს განუყრელი კავშირია ჩვენი პარტიის ძალა და უძლეველობა.

პარტიას თავის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ამოცანად ის მიაჩნია, რომ კომუნისტები და ყველა მშრომელნი აღზარდოს დიდი პოლიტიკური სიფხიზლის სულისკვეთებით, შინაურ და გარეშე მტრებთან ბრძოლაში შეურიგებლობისა და სიმტკიცის სულისკვეთებით.

საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიის ცენტრალური კომიტეტი, სსრ კავშირის მინისტრთა საბჭო და სსრ კავშირის უმაღლესი საბჭოს პრეზიდიუმი, მიმართავენ რა ამ გლოვის დღეებში პარტიასა და ხალხს, გამოთქვამენ მტკიცე რწმენას, რომ პარტია და ჩვენი სამშობლოს ყველა მშრომელნი კიდევ უფრო მჭიდროდ დაირაზმებიან ცენტრალური კომიტეტისა და საბჭოთა მთავრობის გარშემო, მოახდენენ მთელი თავიანთი ძალებისა და შემოქმედებითი ენერგიის მობილიზაციას ჩვენს ქვეყანაში კომუნიზმის აშენების დიადი საქმისათვის.

სტალინის უკვდავი სახელი მუდამ იცოცხლებს საბჭოთა ხალხისა და მთელი პროგრესული კაცობრიობის გულში.

გაუმარჯოს მარქს — ენგელს — ლენინ — სტალინის დიად, ყოვლისშძლე მოძღვრებას!

გაუმარჯოს ჩვენს მძლავრ სოციალისტურ სამშობლოს!

გაუმარჯოს ჩვენს გმირ საბჭოთა ხალხს!

გაუმარჯოს საბჭოთა კავშირის დიად კომუნისტურ პარტიას!

საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიის ცენტრალური კომიტეტი	სსრ კავშირის მინისტრთა საბჭო	სსრ კავშირის უმაღლესი საბჭოს პრეზიდიუმი

1953 წლის 5 მარტი.

მათემატიკა

შ. მიქელაძე
(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

არაწრფივი ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებისათვის სასაზღვრო ამოცანების რიცხვითი ამოხსნა

§ 1. სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნის ხერხის შესახებ

ვთქვათ, არსებობს $y(x)$ ფუნქცია, რომელიც, როცა $0 \leqq x \leqq l$, აკმაყოფილებს

$$y^{(n)} = f(x, y, y', \ldots, y^{(n-1)}) \tag{1}$$

დიფერენციალურ განტოლებას და

$$\sum_{k=0}^{n-1} \alpha_{ki} y^{(k)}(0) + \sum_{k=0}^{n-1} \beta_{ki} y^{(k)}(l) = \gamma_i \quad (i = 1, 2, \ldots, n) \tag{2}$$

სასაზღვრო პირობებს.

შევცვალოთ (1) განტოლება შემდეგ განტოლებათა სისტემით:

$$y^{(k)}(x) = L[x, y^{(k)}(0), y^{(k+1)}(0), \ldots, y^{(n-1)}(0)]$$

$$+ \frac{1}{(n-k-1)!} \int_0^x (x-t)^{n-k-1} y^{(n)}(t)\, dt \tag{3}$$

$$(k = 0, 1, \ldots, n-1),$$

სადაც

$$L[x, y^{(k)}(0), y^{(k+1)}(0), \ldots, y^{(n-1)}(0)] = \sum_{\nu=0}^{n-k-1} \frac{x^\nu y^{(k+\nu)}(0)}{\nu!}.$$

თუ მივიღებთ (3) $x = h, 2h, \ldots, mh = l$, ადგილი ექნება შემდეგი სახის დამოკიდებულებებს:

$$y^{(k)}(\sigma h) = L[\sigma h, y^{(k)}(0), y^{(k+1)}(0), \ldots, y^{(n-1)}(0)]$$

$$+ \frac{1}{(n-k-1)!} \int_0^{\sigma h} (\sigma h - t)^{n-k-1} y^{(n)}(t)\, dt, \tag{4}$$

სადაც σ ღებულობს მხოლოდ მთელ მნიშვნელობებს $1, 2, \ldots, m$.

თუ (4) დამოკიდებულების მარჯვენა მხარეზე მდგომ ინტეგრალებს ჯამებით შევცვლით, სათანადოდ შერჩეული კვადრატურული ფორმულების [1] დახმარებით, ჩვენ მივიღებთ nm განტოლებას $y(x)$-ის $n(m+1)$ უცნობი

$$y_\sigma^{(k)} \equiv y^{(k)}(\sigma h) \quad (k=0,\ 1, \ldots,\ n-1;\ \sigma=0,\ 1, \ldots,\ m)$$

მნიშვნელობების მიმართ; დამატებითი წევრების უკუგდებით კი საბოლოოდ მივიღებთ შემდეგ მიახლოებით განტოლებათა სისტემას:

$$\begin{aligned} y_\sigma^{(k)} &= L[\sigma h,\ y^{(k)}(0),\ y^{(k+1)}(0), \ldots,\ y^{(n-1)}(0)] \\ &+ h^{n-k} \sum_{\mu=0}^{r} A_{\sigma\mu} f_\mu \quad (r \leqq m), \end{aligned} \tag{5}$$

სადაც

$$f_\mu \equiv (\sigma-\mu)^{n-k-1} f(\mu h,\ y_\mu,\ y'_\mu, \ldots,\ y_\mu^{(n-1)}),$$

ხოლო $A_{\sigma\mu}$ — რიცხვითი კოეფიციენტებია. ეს კოეფიციენტები დამოკიდებულია გამოყენებული კვადრატურული ფორმულების კოეფიციენტებზე. თუ (5) განტოლებებს (2) სასაზღვრო პირობებს შემოვუერთებთ, ჩვენ მივიღებთ საბოლოოდ სისტემას, შემდგარს იმდენი განტოლებიდან, რამდენიც გვექნება $y_\sigma^{(k)}$ უცნობი.

არაწრფივი სასაზღვრო პირობების შემთხვევაშიც განტოლებათა სისტემა $y_\sigma^{(k)}$ უცნობთა განსაზღვრისათვის გამოიყვანება ისევე, როგორც წრფივი პირობების შემთხვევაში.

თუმცა ზემომოტანილი ხერხი უშუალოდ რიცხვით შედეგს არ იძლევა, მას მაინც დაჰყავს არაწრფივი სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა ისეთი სისტემის ამოხსნამდე, რომლის თვისებები კარგად ცნობილია. ასე, მაგალითად, თუ $y_\mu^{(k)}$ $(k=0,\ 1, \ldots,\ n-1)$ უცნობთათვის რაიმე საწყის მნიშვნელობებს ამოვარჩევთ, ჩვენ ყველა f_μ გვეცოდინება. რომ მივიღოთ შემდეგი მიახლოებანი (2) და (5) ფორმულების დახმარებით, საკმარისია ამოვხსნათ წრფივი სისტემა, რომელიც შედგება nm განტოლებიდან nm უცნობით. მიმდევრობითი მიახლოების ხერხის გამოყენება ჩვენ, ზოგიერთ შემთხვევაში, საკმაოდ ადვილად მოგვცემს ყველა ამ $y_\sigma^{(k)}$ უცნობებს.

§ 2. გალუნვების განსაზღვრა ღეროს ამობურცვისას

გამოვთვალოთ ორივე ბოლოთი თავისუფლად დაყრდნობილი მუდმივი EJ სიხისტის მქონე ღეროს გალუნვები, როცა იგი იკუმშება P ძალებით, რომელნიც ეილერის კრიტიკულ ძალას სჭარბობენ.

ასეთი ღეროს დრეკადი წირის დიფერენციალურ განტოლებას აქვს სახე:

[1] ინტეგრალის ჯამით შეცვლა კანონიერია, თუ $y(x)$-ს აქვს $[0,\ l]$ შუალედში უწყვეტი წარმოებულები იმ რიგამდე (უკანასკნელის ჩათვლით), რომელიც განსაზღვრავს არჩეული კვადრატურული ფორმულის ნაშთის აგებულებას.

თუ σ რიცხვი დიდი არ არის, მიზანშეწონილია საინტეგრაციო შუალედის გარეთ მდებარე აბსცისებიანი კვადრატურული ფორმულების გამოყენება (იხ. [1], § 10).

$$\frac{d^2y}{ds^2} = -\lambda^2 y \sqrt{1 - \left(\frac{dy}{ds}\right)^2} \quad \left(\lambda^2 = \frac{P}{EJ}\right),$$

სადაც s რკალური აბსცისია, რომელიც ღეროს შუა განივი კვეთის სიმძიმის ცენტრიდან აითვლება, ხოლო y—გაღუნვა s აბსცისის მქონე წერტილში.

თუ $\sqrt{1 - \left(\frac{dy}{ds}\right)^2}$ გავამწკრივებთ და გამწკრივების პირველი ორი წევრით დავკმაყოფილდებით, მივიღებთ

$$\frac{d^2y}{ds^2} = -\lambda^2 y \left[1 - 0{,}5 \left(\frac{dy}{ds}\right)^2\right].$$

ვთქვათ,

$$\frac{P}{P_k} = \frac{\lambda^2}{\pi^2} = 1{,}159472,$$

სადაც P_k—ეილერის კრიტიკული ძალაა. ამ შემთხვევაში ღეროს გაღუნული ღერძის განტოლება მიიღებს სახეს:

$$y'' = -11{,}44353\, y\,(1 - 0{,}5\, y'^2).$$

მოვძებნოთ ამ განტოლების ამონახსენი, რომელიც შემდეგ სასაზღვრო პირობებს აკმაყოფილებს:

როცა

$$s = 0, \; y'(0) = 0;$$

როცა

$$s = 0{,}5, \; y(0{,}5) = 0.$$

გვაქვს

$$y(s) = y(0) + \int_0^s (s - t)\, y''(t)\, dt,$$

$$y'(s) = \int_0^s y''(t)\, dt,$$

$$y(0) = \int_0^{0{,}5} (t - 0{,}5)\, y''(t)\, dt.$$

გავყოთ საინტეგრაციო შუალედი 5 თანატოლ ნაწილად (ინტეგრების ბიჯი $h = 0{,}1$) და გამოვიყენოთ კვადრატურული ფორმულები:

$$\int_a^{a+h} f(x)\, dx = \frac{h}{24}\{9 f(a) + 19 f(a+h) - 5 f(a+2h) + f(a+3h)\}$$

$$-\frac{19}{720} h^5 f^{(4)}(\xi)$$

$$(a < \xi < a + 3h),$$

$$\int_a^{a+3h} f(x)\,dx = \frac{3h}{8}\{f(a)+3f(a+h)+3f(a+2h)+f(a+3h)\} - \frac{3}{80}h^5 f^{(4)}(\xi)$$

$$(a<\xi<a+3h),$$

$$\int_a^{a+2h} f(x)\,dx = \frac{h}{3}\{f(a)+4f(a+h)+f(a+2h)\} - \frac{1}{90}h^5 f^{(4)}(\xi)$$

$$(a<\xi<a+2h),$$

სადაც a ნებისმიერი წერტილია $0 \leqq s \leqq 0,5$ შუალედიდან.

ამ კვადრატურული ფორმულების საშუალებით $y^{(k)}(\sigma h)$ $(k=0,\ 1;\ \sigma=0,\ 1,\ldots,\ 5)$ სიდიდეების განმსაზღვრელ განტოლებებს შეიძლება მივცეთ სახე:

$$y_0 = -\frac{1}{1152}[19z_0+60z_1+30z_2+20z_3+15z_4],$$

$$y_1 = y_0 + \frac{1}{2400}[9z_0+5z_2-z_3],$$

$$y_2 = y_0 + \frac{1}{300}[2z_0+4z_1],$$

$$y_3 = y_0 + \frac{9}{800}[z_0+2z_1+z_2],$$

$$y_4 = y_0 + \frac{4}{300}[z_0+3z_1+z_2+z_3],$$

$$x_1 = \frac{1}{240}[9z_0+19z_1-5z_2+z_3],$$

$$x_2 = \frac{1}{30}[z_0+4z_1+z_2],$$

$$x_3 = \frac{3}{80}[z_0+3z_1+3z_2+z_3],$$

$$x_4 = \frac{1}{30}[z_0+4z_1+2z_2+4z_3+z_4],$$

სადაც

$$z_\nu = -11,44353\,y_\nu + 5,72176\,y_\nu x_\nu^2\ (\nu=0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 4),$$

ხოლო

$$x_\nu = y'_\nu.$$

საძიებელი გადუნვები და მობრუნების კუთხეები, გამოთვლილნი თანმიმდევრობითი მიახლოებით, მოთავსებულია ქვემომოყვანილ ცხრილში:

$s = 0{,}1\nu$	$y(0{,}1\nu)$	$x_\nu = y'(0{,}1\nu)$	$z_\nu = y''(0{,}1\nu)$
$\nu = 0$	0,3265	0	−3,7363
1	0,3082	−0,3583	−3,2985
2	0,2576	−0,6423	−2,3399
3	0,1839	−0,8264	−1,38[illegible]9
4	0,0951	−0,9259	−0,6218
5	0		

მობრუნება $s = 0{,}5$ საყრდნობზე შეიძლება გამოვითვალოთ შემდეგი ლია ტიპის კვადრატურული ფორმულის საშუალებით $(h = 0{,}1)$:

$$x_5 = \int_0^{5h} y''(s)\,ds = \frac{5h}{24}\left[11\,z(h) + z(2h) + z(3h) + 11\,z(4h)\right]$$

$$+ \frac{95}{144} h^5 z^{(4)}(\xi).$$

გამოთვლა გვიჩვენებს, რომ

$$x_5 = y'(0{,}5) = -0{,}9760.$$

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ა. რაზმაძის სახელობის
თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 7.2.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Ш. Е. Микеладзе. Новые методы интегрирования дифференциальных уравнений и их приложения к задачам теории упругости, М.—Л., 1951.

მათემატიკა

ფ. ხარშილაძე

პ. სტეკლოვის ფუნქციების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 4.3.1953)

1. ყველა ფუნქციები, რომელთაც ამ შენიშვნაში ვიხილავთ, არიან, დაშვების თანახმად, პერიოდული და $(0, 2\pi)$ შუალედში ინტეგრებადი. ვთქვათ, $f(x)$ ასეთი ფუნქციაა. მის, სტეკლოვის, ფუნქციას უწოდებენ ფუნქციას, რომელიც შემდეგი ფორმულით განისაზღვრება

$$f_\delta(x) = \frac{1}{2\delta} \int_{x-\delta}^{x+\delta} f(t)\, dt$$

კარგად ცნობილია, რომ თითქმის ყოველ წერტილში

$$\lim_{\delta \to 0} \{ f_\delta(x) - f(x) \} = 0. \tag{1}$$

როცა $f(x)$ უწყვეტია, უკანასკნელი ზღვარზე გადასვლა სრულდება თანაბრად. (1) ტოლობის მარცხენა მხარის სხვაობა მით უფრო ჩქარა მიისწრაფვის ნულისაკენ, რაც უკეთესია $f(x)$-ის სტრუქტურული თვისებები.

ამ შენიშვნაში ჩვენ გვინდა მივაქციოთ ყურადღება იმ გარემოებას, რომ ფუნქციის სტრუქტურული თვისებების შესახებ შესაძლებელია ვიმსჯელოთ იმის მიხედვით, თუ როგორი სიჩქარით მიისწრაფვის ხსენებული სხვაობა ნულისაკენ. აი სათანადო თეორემების ფორმულირება:

თეორემა 1. იმისათვის, რომ $f(x)$ აკმაყოფილებდეს ლიფშიცის α რიგის $(0<\alpha<1)$ პირობას, აუცილებელი და საკმარისია პირობა

$$\sup_x |f_\delta(x) - f(x)| = O(\delta^\alpha). \tag{2}$$

თეორემა 2. იმისათვის, რომ $f(x)$ აკმაყოფილებდეს ზიგმუნდის პირობას

$$\sup_x |f(x+\delta) + f(x-\delta) - 2f(x)| = O(\delta), \tag{3}$$

აუცილებელი და საკმარისია პირობა

$$\sup_x |f_\delta(x) - f(x)| = O(\delta). \tag{4}$$

თეორემა 3. იმისათვის, რომ $f(x)$-ის ისეთი წარმოებული არსებობდეს, რომელიც ლიფშიცის α რიგის $(0<\alpha<1)$ პირობას აკმაყოფილებს, აუცილებელი და საკმარისია პირობა

$$\sup_x |f_\delta(x) - f(x)| = O(\delta^{1+\alpha}).$$

2. მოყვანილი თეორემების დამტკიცება ემყარება შემდეგ ლემას, რომელიც ჯექსონის ცნობილი თეორემის ანალოგიურია.

ლემა. თუ დადებითი β სათვის

$$\sup_x |f_\delta(x)-f(x)| = O(\delta^\beta), \tag{5}$$

მაშინ

$$E_n(f)=O(n^{-\beta}), \tag{6}$$

სადაც $E_n(f)$ $f(x)$-ის საუკეთესო მიახლოებას წარმოადგენს n-რი რიგის ტრიგონომეტრიული პოლინომებით.

დამტკიცებისათვის ვსარგებლობთ გამოსახულებით [1]

$$T_{rn}(x)=\frac{1}{\tau}\int_{-\infty}^{\infty} f\left(x+\frac{2t}{n}\right)\left(\frac{\sin t}{t}\right)^{2r} dt,$$

სადაც

$$\tau=\tau(r)=\int_{-\infty}^{\infty}\left(\frac{\sin t}{t}\right)^{2r} dt.$$

ცნობილია, რომ $T_{rn}(x)$ rn რიგის ტრიგონომეტრიული პოლინომია. ავიღოთ ისეთი r, რომ შესრულებული იყოს უტოლობა $2r>\beta+2$. ცხადია,

$$T_{rn}(x)-f(x)=\frac{1}{\tau}\int_{-\infty}^{\infty}\left\{f\left(x+\frac{2t}{n}\right)-f(x)\right\}\left(\frac{\sin t}{t}\right)^{2r} dt$$

$$=\frac{1}{\tau}\int_{-\infty}^{\infty}\left\{f\left(x+\frac{2t}{n}\right)+f\left(x-\frac{2t}{n}\right)-2f(x)\right\}\left(\frac{\sin t}{t}\right)^{2r} dt.$$

ნაწილობითი ინტეგრაციის შემდეგ მივიღებთ:

$$T_{rn}(x)-f(x)=\frac{n}{2\tau}\int_0^{\infty}\left(\int_0^{\frac{2t}{n}}[f(x+u)+f(x-u)-2f(x)]\,du\right)\frac{d}{dt}\left(\frac{\sin t}{t}\right)^{2r} dt.$$

ადვილი საჩვენებელია, რომ

$$\frac{1}{2\delta}\int_0^{\delta}\{f(x+u)+f(x-u)-2f(x)\}\,du=f_\delta(x)-f(x). \tag{7}$$

ამიტომ,

$$T_{rn}(x)-f(x)=\frac{n}{2\tau}\int_0^{\infty}\{f_{\frac{2t}{n}}(x)-f(x)\}\,\frac{4t}{n}\cdot\frac{d}{dt}\left(\frac{\sin t}{t}\right)^{2r} dt.$$

თუ ახლა (5) პირობას მხედველობაში მივიღებთ, დავრწმუნდებით, რომ

$$|T_{rn}(x)-f(x)| = O(1)\cdot n^{-\beta}\int_0^\infty t^{1+\beta}\left|\frac{d}{dt}\left(\frac{\sin t}{t}\right)^{2r}\right| dt = O(n^{-\beta}).$$

აქედან კი ჩვეულებრივი მსჯელობის საშუალებით დავასკვნით (6) ტოლობის სამართლიანობას.

გადავიდეთ მოყვანილი თეორემების დამტკიცებაზე.

საკმარისობა 1 და 3 თეორემების პირობებისა ლემისა და ს. ბერნშტეინის იმ თეორემის შედეგია, რომლის ძალითაც (6) ტოლობიდან გამომდინარეობს, როცა β წილადია, რომ $f(x)$ აქვს $[\beta]$ რიგის წარმოებული, რომელიც $\beta-[\beta]$ რიგის ლიფშიცის პირობას აკმაყოფილებს. 2 თეორემის პირობის საკმარისობა გამომდინარეობს ლემიდან და ა. ზიგმუნდის [2] თეორემიდან, რომლის ძალითაც (3) პირობა არის (6) პირობის შედეგი, თუ $\beta=1$.

პირველი თეორემის პირობის აუცილებლობა გამომდინარეობს ცხადი ტოლობიდან

$$f_\delta(x)-f(x) = \frac{1}{2\delta}\int_{-\delta}^{\delta}\{f(x+t)-f(x)\}\,dt.$$

მეორე თეორემის პირობის აუცილებლობა არის (7) ტოლობის შედეგი.

გარდა ამისა, თუ არსებობს $f'(x)$, რომელიც ლიფშიცის $\alpha\ (0<\alpha\leqq 1)$ რიგის პირობას აკმაყოფილებს, მაშინ

$$|f(x+u)+f(x-u)-2f(x)| \leqq Mu^{1+\alpha}.$$

ამიტომ, (7) ფორმულა გვაძლევს შეფასებას

$$|f_\delta(x)-f(x)| \leqq M\frac{1}{2\delta}\int_0^\delta u^{1+\alpha}\,du = O(\delta^{1+\alpha}). \qquad (8)$$

ამრიგად, სამივე თეორემა დამტკიცებულია.

შენიშვნა: პირველი თეორემის პირობის საკმარისობა ფაქტიურად დამტკიცებულია ავტორის შრომაში [3] საუკეთესო მიახლოების თეორიის გამოუყენებლად. მეორე თეორემის პირობებში პირდაპირი მეთოდი, რომელიც გამოყენებულია შრომაში [3], გვაძლევს მხოლოდ შეფასებას

$$\omega(\delta; f) = \sup_{|x'-x''|\leqq\delta}|f(x')-f(x'')| = O(\delta|\log\delta|).$$

3. როგორც ზემოთ ვუჩვენეთ, სხვაობა $f_\delta(x)-f(x)$ მით უფრო ჩქარა მიისწრაფვის ნულისაკენ, რაც უკეთესია $f(x)$-ის სტრუქტურული თვისებები. მაგრამ, როგორც ქვემომოყვანილი თეორემა გვიჩვენებს, ამ სხვაობას არ შეუძლია ძალიან ჩქარა მიისწრაფოდეს ნულისაკენ, თუ $f(x)$ მუდმივისაგან განსხვავდება.

თეორემა 4. თუ

$$\sup_x |f_\delta(x) - f(x)| = o(\delta^2), \tag{9}$$

მაშინ

$$f(x) = \mathrm{const}.$$

ეს თეორემა ხილლისა და ზიგმუნდის თეორემების (იხ. [4], გვ. 425—426) ანალოგიურია, რომელთაგანაც პირველი ფურიეს მწკრივის პუასონის, ხოლო მეორე ფეიერის საშუალოებს ეხება.

დამტკიცებისათვის ვსარგებლობთ $f(x)$-ის ფურიეს მწკრივად დაშლით. ვთქვათ,

$$f(x) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_k e^{ikx},$$

მაშინ

$$f_\delta(x) = C_0 + \sum_{k=-\infty}^{\infty}{}' C_k \frac{\sin k\delta}{k\delta} e^{ikx}$$

და

$$f_\delta(x) - f(x) = \sum_{k=-\infty}^{\infty}{}' C_k \left(\frac{\sin k\delta}{k\delta} - 1\right) e^{ikx}.$$

ამ ტოლობიდან, როცა $n \neq 0$, მივიღებთ

$$\frac{1}{\delta^2}\int_0^{2\pi} \{f_\delta(x) - f(x)\}\, e^{-inx}\, dx = \frac{1}{\delta^2} C_n \left(\frac{\sin n\delta}{n\delta} - 1\right) 2\pi.$$

აქ მარჯვენა მხარე მიისწრაფვის $C_n \dfrac{\pi n^2}{3}$-სკენ, ხოლო მარცხენა მხარე, (9) ტოლობის ძალით, მიისწრაფვის ნულისაკენ. მაშასადამე $C_n = 0$, როცა $n \neq 0$ და $f(x) = C_0$.

თუ $f'(x)$ პირველი რიგის ლიფშიცის პირობას აკმაყოფილებს, (8) ტოლობის ძალით, $f(x)$-ისათვის გვაქვს საუკეთესო, ე. ი. მეორე რიგის δ-ს მიმართ, მიახლოება სტეკლოვის ფუნქციებით.

საკითხი იმის შესახებ, სამართლიანია თუ არა საწინააღმდეგო დებულება, რჩება ღიად. დამტკიცებული ლემიდან მარტო ის გამომდინარეობს, რომ (5) პირობის შესრულება, როცა $\beta = 2$, უზრუნველყოფს $f'(x)$-ის არსებობას, რომელიც (3) პირობას აკმაყოფილებს. მაგრამ ხსენებულ თვისებიანი $f'(x)$-ის არსებობა არ უზრუნველყოფს (5) პირობას, როცა $\beta = 2$. მართლაც, წარმოებული ფუნქციისა

$$f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos kx}{k^3}$$

აკმაყოფილებს (3) პირობას, მაგრამ, როგორც არართული გამოთვლა გვაჩვენებს,

$$\delta^{-2}\, |f_\delta(x) - f(x)|$$

არ არის შემოსაზღვრული ყველა x და δ-სათვის.

4. ანალოგიური თეორემები სამართლიანია $L_p(0, 2\pi)$ $(p \geqq 1)$ სივრცეშიაც.

მოვიყვანთ მხოლოდ მათ ფორმულირებას. $\|f(x)\|_p$ აღნიშნავს $f(x)$ ფუნქციის ნორმას $L_p(0, 2\pi)$ სივრცეში.

თეორემა 1'. იმისათვის, რომ $L_p(0, 2\pi)$ კლასის $f(x)$ ფუნქცია აკმაყოფილებდეს პირობას

$$\|f(x+\delta)-f(x)\|_p = O(\delta^{\alpha}) \qquad (0<\alpha<1),$$

აუცილებელი და საკმარისია პირობის

$$\|f_\delta(x)-f(x)\|_p = O(\delta^{\alpha})$$

შესრულება.

თეორემა 2'. იმისათვის რომ $f(x)$ ფუნქცია აკმაყოფილებდეს პირობას

$$\|f(x+\delta)+f(x-\delta)-2f(x)\|_p = O(\delta),$$

აუცილებელი და საკმარისია პირობის

$$\|f_\delta(x)-f(x)\|_p = O(\delta)$$

შესრულება.

თეორემა 3'. იმისათვის, რომ $f(x)$ ეკვივალენტური იყოს აბსოლუტურად უწყვეტი ფუნქციისა $\varphi(x)$, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას

$$\|\varphi'(x+\delta)-\varphi'(x)\|_p = O(\delta^{\alpha}),$$

აუცილებელი და საკმარისია პირობის

$$\|f_\delta(x)-f(x)\|_p = O(\delta^{1+\alpha})$$

შესრულება.

თეორემა 4'. თუ

$$\|f_\delta(x)-f(x)\|_p = o(\delta^2),$$

მაშინ $f(x) = \text{const}$ თითქმის ყველგან.

5. შემოვიტანოთ აღნიშვნა

$$J(\delta; f) = \sup_x |f_\delta(x)-f(x)| = \sup_x \left|\frac{1}{2\delta}\int_{-\delta}^{\delta}\{f(x+t)-f(x)\}\,dt\right|.$$

რიცხვს $J(\delta; f)$ ვუწოდოთ $f(x)$ ფუნქციის უწყვეტობის საშუალო მოდული. რადგან $f_\delta(x)$ ფიქსირებული δ-სათვის უწყვეტი ფუნქციაა, ჯამადი ფუნქციის უწყვეტობისათვის აუცილებელი და საკმარისია, რომ $J(\delta; f)\to 0$, როცა $\delta\to 0$.

ცხადია, რომ $J(\delta; f) \leqq \omega(\delta; f)$.

(6) ფორმულიდან ვხედავთ ამას გარდა, რომ

$$J(\delta; f) \leqq \frac{1}{2}\,\omega^*(2\delta; f),$$

სადაც

$$\omega^*(\delta; f) = \sup_{|x'-x''|\leqq\delta}\left|f(x')+f(x'')-2f\left(\frac{x'+x''}{2}\right)\right|.$$

ამ აღნიშვნებში დამტკიცებული თეორემები შეიძლება ასე იქნენ ჩაწერილი:

ტ ო ლ ო ბ ა ნ ი:

$$J(\delta; f) = O(\delta^{\alpha}) \quad \text{და} \quad \omega(\delta; f) = O(\delta^{\alpha}), \text{ როცა } \alpha < 1$$

$$J(\delta; f) = O(\delta) \quad \text{და} \quad \omega^{*}(\delta; f) = O(\delta)$$

$$J(\delta; f) = O(\delta^{1+\alpha}) \quad \text{და} \quad \omega(\delta; f) = O(\delta^{\alpha}), \text{ როცა } \alpha < 1$$

$$J(\delta; f) = o(\delta^{2}) \quad \text{და} \quad f(x) = \text{const}$$

ეკვივალენტურებია.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, საკითხი იმის შესახებ, ეკვივალენტურებია თუ არა ტოლობანი

$$J(\delta; f) = O(\delta^{2}) \text{ და } \omega(\delta; f') = O(\delta),$$

რჩება ღიად.

შეიძლება განისაზღვროს უწყვეტობის განზოგადებული საშუალო მოდული:

$$J_p(\delta; f) = \| f_\delta(x) - f(x) \|_p,$$

და სათანადოდ გადავწეროთ მოყვანილი თეორემები, რომელნიც $L_p(0, 2\pi)$ სივრცეს ეხებიან.

ამ შენიშვნის რედაქტირების დროს მე ვისარგებლე ს. სტეჩკინის რამდენიმე მითითებით, რისთვისაც მას მადლობას ვუცხადებ.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 4.3.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Sh. Valle-Pussin. Lecons sur l'approximation des fonctions, Paris, 1919.
2. A. Zygmund. Smooth fuoctions, Duke Math. Journ. 12, 1945, 47—76.
3. Ф. И. Харшиладзе. О модуле непрерывности, Уч. Зап. ЛГУ, вып. 19, 1950, 155—159.
4. Э. Хилл. Функциональный анализ и полугруппы, ИЛ, 1951.

მეტეოროლოგია

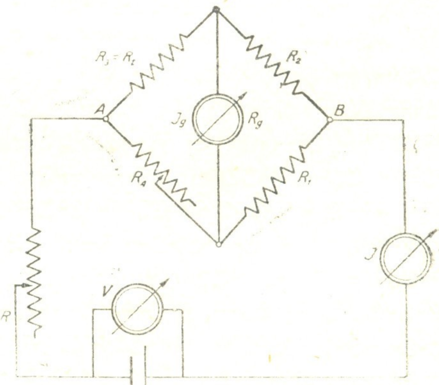
გ. სულაქველიძე

წინაღობის თერმომეტრით სხვადასხვა გარემოში ტემპერატურის გაზომვის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 18.2.1953)

უკანასკნელ დროს მეტეოროლოგიაში ტემპერატურისა და ტემპერატურული ვარიაციების გასაზომად ფართოდ იყენებენ წინაღობის თერმომეტრს ბალანსური ან ნახევრად ბალანსური ბოგირის სქემაში.

წინაღობის თერმომეტრის პრინციპული სქემა მოცემულია ქვემოთ მოყვანილ ნახაზზე.



ნახ. 1

ჩვენ დღემდე არ შეგვხვედრია ნაშრომი, გარდა მ. გოლცმანის [1] და ა. ტურიჩინის [2] მონოგრაფიებისა, სადაც შეფასებული ყოფილიყო ამ ტიპის თერმომეტრებით გაზომვის დროს მიღებული ცთომილებები.

ტურიჩინის მონოგრაფიაში განხილულია ლითონის ღრუ ცილინდრში მოთავსებული წინაღობის თერმომეტრის რეჟიმი; ამასთან მიღებულია, რომ ცილინდრის ზედაპირის ტემპერატურა ტოლია გარემოს ტემპერატურისა, ხოლო ცილინდრის შიგნით ხდება ჰაერის ვენტილირება. ტურიჩინი არ იხილავს გარე ცილინდრის რადიუსის სიდიდის საკითხს. ტურიჩინის გამოთვლებით არ შეგვიძლია ვისარგებლოთ იმ შემთხვევებში, როცა გასაზომია თოვლის, ნიადაგის ანდა რაიმე სხვა ფხვიერი ან ბლანტი სხეულის ტემპერატურა.

წინაღობის თერმომეტრით ჩატარებული გაზომვების შედეგზე დიდი გავლენის მოხდენა შეუძლია თერმომეტრის მიმღებში გატარებული დენის მიერ გამოყოფილ სითბოს.

გოლცმანის მიერ ჩატარებული ცდების მიხედვით 20 მა დენის გატარების დროს მიმღები (პლატინის მავთული კვეთის რადიუსით 0,005 სმ) თბებოდა საშუალოდ 0°,5-ით შტილის დროს; ძლიერი ვენტილირების დროს გათბობა არ ყოფილა შემჩნეული [1].

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტში, 1950 წლის დასაწყისში, თოვლის ტემპერატურის გასაზომად დამზადდა ვოლ-

ფრამის წინაღობის თერმომეტრები; ამ თერმომეტრებში 0,012 მმ განივკვეთის და 20—25 სმ სიგრძის ვოლფრამის ძაფი იხვეოდა 2,5×2,5 სმ ზომის ჩარჩოზე. ვოლფრამის ბოლოები შედუღებული იყო 0,5—0,8 მმ სისქის სპილენძის გამტართან.

ბალანსური მხრები მზადდებოდა კონსტანტანისა ან მანგანინისაგან, ხოლო თერმომეტრის მოსაზღვრე მხარი (R_4) ცვალებად წინაღობას წარმოადგენდა.

ბოგირის საერთო წინაღობა დაახლოებით 100 ომს უდრიდა და სქემაში ტარდებოდა 0,01—0,005 ა რიგის დენი. თერმომეტრის მგრძნობიარობა დამოკიდებული იყო ბოგირში ჩართულ გალვანომეტრზე.

ნახევრად ბალანსური ბოგირის სქემაში $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ ა მგრძნობიარობის გალვანომეტრის გამოყენებისას ჰაერის ტემპერატურის გაზომვის დროს—10°-დან 30°-მდე თერმომეტრის მგრძნობიარობა დაახლოებით 0°,01-ს შეადგენდა.

ტემპერატურის მიხედვით გალვანომეტრის გრადუირების გრაფიკი თითქმის სწორი ხაზს წარმოადგენდა [1].

ჩვენ მიერ შემჩნეულ იქნა, რომ ერთისა და იმავე თერმომეტრის გრადუირება სხვადასხვა შედეგს იძლევა.

აღმოჩნდა, რომ წინაღობის თერმომეტრის მგრძნობიარობა დამოკიდებულია იმ გარემოზე, რომელშიც ხდება ტემპერატურის გაზომვა და ზოგიერთ შემთხვევაში წინაღობის თერმომეტრი, სავსებით გამოსადეგი ჰაერის ტემპერატურის გასაზომად, არ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს თოვლის ან სხვა გარემოს ტემპერატურის გასაზომად.

მიმღებ ნაწილში დენის გატარებისას გამოიყოფა სითბო და წინაღობის თერმომეტრის გამოყენება მხოლოდ მაშინ არის მიზანშეწონილი, როდესაც მიმღების ტემპერატურის ზრდა ელექტროსითბური ეფექტის შედეგად ათვლის სიზუსტეზე ნაკლები რჩება. წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭიროა შემოტანილ იქნეს შესწორებები, რომელნიც თერმომეტრსა და გარემოს შორის სითბოს ცუდი გაცვლის დროს შეიძლება 50-ჯერ აღემატებოდნენ ათვლის სიზუსტეს.

შევეცადოთ გამოვთვალოთ მიმღებში ტემპერატურის ზრდა ელექტროთბობის ხარჯზე.

დავუშვათ, რომ სპილენძის გამტართან შედუღებული ვოლფრამის ძაფის ბოლოებს გააჩნიათ გარემოს შესაბამისი მუდმივი ტემპერატურა, რომელსაც ჩვენ მივიღებთ ნულის ტოლად და გამოვთვლით ტემპერატურის ნამატს l სიგრძის ვოლფრამის ძაფში; კოორდინატთა სათავე მოვათავსოთ ვოლფრამისა და სპილენძის შეერთების ერთ-ერთ წერტილში და X ღერძი მივმართოთ ვოლფრამის ძაფის გასწვრივ.

ანალოგიური ამოცანა გამოკვლეულ იქნა სტრანეოს მიერ 1898 წელს [3].

სითბოგამტარობის განტოლებას ამ შემთხვევაში შემდეგი სახე აქვს:

---

[1] ეს სამართლიანია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა მიმღები და გარემოს ტემპერატურები მცირედ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. სხვა შემთხვევას ჩვენ არ განვიხილავთ.

$$\frac{\partial \Delta T}{\partial t} = \frac{k}{c\rho}\,\frac{\partial^2 \Delta T}{\partial x^2} - \frac{2H}{c\rho r}\,\Delta T + 0{,}24\,\frac{J^2\sigma}{\pi^2 r^4 \rho c}, \tag{1}$$

სადაც k სითბოგამტარებლობის კოეფიციენტია, H—სითბო გაცვლის კოეფიციენტი, c—ხვედრითი სითბოტევადობა, ρ—სიმკვრივე, r—ვოლფრამის ძაფის რადიუსი, σ—მისი ხვედრითი წინაღობა, ΔT—გარემოსა და ძაფს შორის ტემპერატურათა სხვაობა, J—დენის ძალა.

აღვნიშნოთ

$$\frac{k}{c\rho} = K, \quad \frac{2H}{c\rho r} = \lambda \quad \text{და}$$

$$0{,}24\,\frac{J^2\sigma}{\pi^2 r^4 \rho c} = \nu.$$

განტოლება (1) გადაიწერება შემდეგი სახით:

$$\frac{\partial \Delta T}{\partial t} = K\,\frac{\partial^2 \Delta T}{\partial x^2} - \lambda \Delta T + \nu. \tag{1'}$$

ამოცანის საწყისი და სასაზღვრო პირობები შემდეგი იქნება:

$$\left.\begin{array}{c} \Delta T(l, t) = \Delta T(0, t) = 0 \\ 0 \leqq t \leqq \infty \\ \Delta T(x, 0) = 0 \\ 0 \leqq x \leqq l \end{array}\right\} \tag{2}$$

იმისათვის, რომ დაცულ იქნეს პირობა $\Delta T(l, t) = \Delta T(0, t) = 0$, ვოლფრამის ბოლოებზე მოთავსებულია თხელი ბრტყელი სპილენძის ფირფიტები — დენის გავლენით ვოლფრამის მიერ გამოყოფილი სითბოს გამბნევი. ფირფიტები ისეთი ზომის აირჩევა, რომ მათი ტემპერატურა მთელი ცდის დროს გარემოს ტემპერატურის ტოლი რჩებოდეს.

(1) განტოლების ზოგადი ამოხსნა (2) პირობათა გათვალისწინებით იქნება:

$$\Delta T(x, t) = \frac{\nu}{\lambda}\left[1 - \frac{\operatorname{sh}\sqrt{\frac{\lambda}{k}}\,x + \operatorname{sh}\sqrt{\frac{\lambda}{k}}\,(l - x)}{\operatorname{sh}\sqrt{\frac{\lambda}{k}}\,l}\right]$$

$$- \frac{4\nu}{\pi\lambda}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\frac{\lambda}{k}\,l^2}{(2n-1)\left[(2n-1)^2\pi^2 + \frac{\lambda}{k}\,l^2\right]}$$

$$\times \sin\frac{(2n-1)\pi x}{l}\, e^{-\left[\frac{k(2n-1)^2\pi^2}{l^2} + \lambda\right]t}. \tag{3}$$

გამოსახულება (3), მიღებული პირველად სტრანეოს მიერ, იძლევა ელექტროდენით გამთბარი გამტარის ტემპერატურის ნამატს მთელ სიგრძეზე,

ამასთან პირველი წევრი შეესაბამება სტაციონარულ პროცესს, ხოლო მეორე— არასტაციონარულს.

ამ გამოსახულებაში მწკრივის წევრები სწრაფად მცირდება, ხოლო ჯამი დადებითია, ამიტომ ΔT დროის მიხედვით მაქსიმალურ მნიშვნელობას მიაღწევს მაშინ, როცა დასაშვები იქნება მეორე შესაკრების უგულებელყოფა. ჰაერისათვის ჩვენი თერმომეტრების შემთხვევაში წონასწორობა მყარდება $1—1^1/_2$ სეკ შემდეგ, თოვლში კი 90—160 სეკუნდში.

ამგვარად, ΔT-ს დროის მიხედვით მაქსიმალური მნიშვნელობისათვის მივიღებთ:

$$\Delta T' = \frac{\nu}{\lambda}\left[1 - \frac{\operatorname{sh}\sqrt{\frac{\lambda}{k}}\,x + \operatorname{sh}\sqrt{\frac{\lambda}{k}}\,(l-x)}{\operatorname{sh}\sqrt{\frac{\lambda}{k}}\,l}\right]. \tag{4}$$

მოვნახოთ მიმღების ისეთი წერტილი, რომლისთვისაც $\Delta T'$ აღწევს ექსტრემალურ მნიშვნელობას:

$$\frac{\partial \Delta T'}{\partial x} = -b^2\left[\operatorname{ch}\sqrt{\frac{\lambda}{k}}\,x - \operatorname{ch}\sqrt{\frac{\lambda}{k}}\,(l-x)\right]. \tag{5}$$

თუ ამ წარმოებულს გავუტოლებთ ნულს, მივიღებთ მხოლოდ ერთ მნიშვნელობას $x=\frac{l}{2}$, რაც შეესაბამება მიმღების შუა წერტილს, რომელზედაც $\Delta T'$ აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას.

(4) განტოლებაში $x=\frac{l}{2}$ ჩასმის შედეგად $\Delta T'$-ს მაქსიმალური მნიშვნელობისათვის მივიღებთ:

$$\left.\begin{aligned} \Delta T'_m &= \frac{0{,}12\, J^2\sigma}{\pi^2 r^3 H}\left[1 - \frac{1}{\operatorname{ch}\frac{1}{2}\sqrt{\frac{2H}{rk}}\,l}\right] \\ &\text{ან} \\ \Delta T'_m &= \frac{0{,}12\, v^2 r}{l^2\sigma H}\left[1 - \frac{1}{\operatorname{ch}\frac{1}{2}\sqrt{\frac{2H}{rk}}\,l}\right] \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

და ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობა

$$\overline{\Delta T'} = \frac{0{,}12\, J^2\sigma}{\pi^2 r^3 H}\left[1 - \frac{\operatorname{th}\frac{1}{2}\sqrt{\frac{2H}{rx}}\,l}{\frac{1}{2}\sqrt{\frac{2H}{rk}}\,l}\right], \tag{6'}$$

სადაც v პოტენციალთა სხვაობაა ძაფის ბოლოებზე.

ვოლფრამ-ჰაერისა და პლატინა-ჰაერისათვის სითბოგაცვლის კოეფიციენტი $H \sim 10^{-3}$; $\Delta T'_m$ ჰაერისათვის ჩვენს თერმომეტრში იყო $7^{\circ}.10^{-3}$ რიგისა.

(6) ფორმულათა საშუალებით შეიძლება (თუ ცნობილია H) შევაფასოთ წინაღობის თერმომეტრის ვარგისობა ამა თუ იმ გარემოს ტემპერატურის გასაზომად.

როგორც (6) ფორმულიდან ჩანს, $\Delta T'_m$ დამოკიდებულია H-ზე: რაც უფრო სწრაფად ხდება მიმღები ძაფიდან სითბოს გადაცემა, მით ნაკლები იქნება შესწორება $\Delta T'_m$. მცირე H-ის შემთხვევაში შეიძლება წინაღობის თერმომეტრის გამოყენების ფარგლების გაზრდა გალვანომეტრის მგრძნობიარობის გაზრდისა და შესაბამისად გამტარის ბოლოებზე ძაბვის შემცირების ხარჯზე.

გამოვთვალოთ ტემპერატურის მაქსიმალური შესაძლო ნამატი $\Delta T'_m$ ბოგირის სქემაში დენის Jg ძალის მიხედვით გალვანომეტრის მგრძნობიარობის გათვალისწინებით.

როგორც ცნობილია, ბოგირის დიაგონალში ჩართულ გალვანომეტრში გამავალი დენის ძალა Jg ტოლია:

$$Jg = \frac{E(R_2R_3 - R_1R_4)}{Rg\left[(R_1+R_2+R_3+R_4)R+(R_1+R_2)(R_3+R_4)\right] + R(R_3+R_4)(R_1+R_2)+R_1R_3(R_2+R_4)+R_2R_4(R_1+R_3)}, \qquad (7)$$

სადაც R_1, R_2, R_3 და R_4 მხრების წინაღობაა, Rg — დიაგონალის წინაღობა, R — გარე წრედის წინაღობა, ხოლო E — ელექტრომამოძრავებელი ძალა.

შევარჩიოთ ბოგირში მხრები ისეთნაირად, რომ მათი წინაღობები აკმაყოფილებდეს პირობებს:

1. $R_1 = R_2 = R_4 = R_a$.

2. მიმღების წინაღობა $R_3 = R_a(1 + \alpha\Delta T)$, სადაც α არის წინაღობის ტემპერატურული კოეფიციენტი.

3. $R \gg R_a$. (8)

შემდეგი გამოთვლები არ შეიცვლება, თუ ე. მ. ძალის E-ს ნაცვლად ავიღებთ V-ბოგირის კვანძთა ძაბვას (სქემაზე A და B), ხოლო ფორმულაში (7) ჩავსვამთ $R = 0$. ამ შემთხვევაში მეორე რიგის მცირე სიდიდეთა უგულებელყოფით მივიღებთ:

$$Jg = \frac{E\alpha\Delta T}{4R\left[\frac{Rg}{R_a} + 1\right]}, \qquad (9)$$

ან

$$Jg = \frac{J\alpha\Delta T}{2\left[\frac{Rg}{R_a} + 1\right]}, \qquad (10)$$

სადაც J არის ტემპერატურის მიმღებ მხარში დენის ძალა:

$$J = \frac{E}{2R}.$$

(6) ფორმულაში J^2 ჩასმით შეიძლება გამოვთვალოთ გალვანომეტრის მგრძნობიარობა, რაც აუცილებელია წინაღობის თერმომეტრით მუშაობისათვის მოცემული სითბოგაცვლის H-ისათვის.

$$\overline{\Delta T'}_m = \sqrt[3]{\frac{0{,}48\, Jg^2 \left[\frac{Rg}{R_a} + 1\right]^2 \sigma}{\pi^2 \alpha^2 r^3 H} \left[1 - \frac{\mathrm{th}\, \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2H}{rk}}\, l}{\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2H}{rk}}\, l}\right]}. \qquad (11)$$

(11) ფორმულიდან გამომდინარეობს, რომ ტემპერატურის ათვლის მეტი მგრძნობიარობის მისაღებად საჭიროა (მიმღებში ერთისა და იმავე სითბური ეფექტის დროს) ბოგირის სქემაში შერჩეულ იქნეს გალვანომეტრი, რაც შეიძლება მეტი შიდაწინაღობით Rg, დენისადმი მეტი Jg მგრძნობიარობით და გადიდებულ იქნეს მხრის წინაღობა $R\alpha$ ისე, რომ შეიძლებოდეს $\frac{Rg}{R_a}$-ს ფარდობის უგულებელყოფა.

(6') და (11) ფორმულათა მიხედვით შეიძლება გამოთვლა ტემპერატურის ნამატისა მთელი მიმღების გასწვრივ, რაც საშუალებას გვაძლევს სქემის ელემენტების დახმარებით გამოვთვალოთ სიზუსტე, რომლითაც წარმოებს ტემპერატურის ათვლა; გაზომვის აუცილებელი წინასწარ ცნობილი სიზუსტის მიხედვით შეიძლება სქემის ელემენტთა გამოთვლა.

ამ ფორმულებით წარმოებული გამოთვლები კარგად ეთანხმება ჩატარებულ ექსპერიმენტებს.

ასე, მაგალითად, ჰაერ-ვოლფრამის სითბოს გაცვლა-გამოცვლისათვის H შეიძლება მივიღოთ 10^{-3}-ის ([1] რიგისა. თუ ამ მნიშვნელობას (14) ფორმულაში ჩავსვამთ დიაგონალში 10^{-6} რიგის დენის დროს, ჩვენი თერმომეტრების მონაცემებიდან მივიღებთ $\overline{\Delta T'} \leqq 1^\circ \cdot 10^{-2}$.

თუ გალვანომეტრის მგრძნობიარობას გავადიდებთ ([1], რაც საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ დენის ძალა ბოგირის მხრებში, ჩვენ ვღებულობთ $\overline{\Delta T'}$-ის მნიშვნელობებისათვის შემდეგ ცხრილს (ჰაერში, შტილის დროს).

Jg	$\overline{\Delta T'}$
ა $\cdot 10^{-6}$	$1^\circ \cdot 10^{-2}$
ა $\cdot 10^{-7}$	$1^\circ \cdot 10^{-4}$
ა $\cdot 10^{-8}$	$1^\circ \cdot 10^{-6}$

თოვლის საბურველში H 10^{-5} რიგისა და იმავე მგრძნობიარობის გალვანომეტრებისათვის მივიღებთ:

([1] ასპირაციის უქონლობისას.

Jg	$\overline{\Delta T'}$
$5 \cdot 10^{-6}$	$1^{\circ} \cdot 10^{0}$
$5 \cdot 10^{-7}$	$1^{\circ} \cdot 10^{-2}$
$5 \cdot 10^{-8}$	$1^{\circ} \cdot 10^{-4}$

მოყვანილი ცხრილი ცხადყოფს, თუ როგორი მნიშვნელობა აქვს თერმომეტრის მგრძნობიარობისათვის გარემოს, რომელშიაც ვატარებთ გაზომვებს.

ჩვენ არ შევჩერებულვართ თერმომეტრის ინერციის სიდიდის შეფასებაზე, ვინაიდან ამჟამად გამოყენებული წინაღობის თერმომეტრებში იგი იმდენად მცირეა, რომ მეტეოროლოგიური ამოცანებისათვის საჭირო ტემპერატურის ათვლის სიჩქარის სრულ გარანტიას იძლევა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
გეოფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 18.2.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. М. И. Гольцман. Основы методики аэрофизических измерений. М.—Л., 1950.
2. А. М. Туричин. Электрические измерения неэлектрических величин. М.—Л., 1951.
3. Г. С. Карслоу. Теория теплопроводности. М.—Л., 1947.

პალეონტოლოგია

ო. ჯანელიძე

საქართველოს კონკური და სარმატული ფორამინიფერების შესწავლისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ლ. დავითაშვილმა 11.2.1953)

საქართველოს მიოცენური ნალექების ფორამინიფერების შესწავლის შედეგად სოფ. ძიმითსა და შრომის (გურია) კონკურ შრეებში, რომელნიც შედარებით ღრმა ზღვის ნალექებს წარმოადგენენ, შემჩნეულ იქნა ფორამინიფერების ისეთი ასოციაცია, რომელიც სახეთა შემადგენლობით მკვეთრად განსხვავდება საქართველოს სხვა ადგილების სინქრონულ და ფაციალურად მსგავს ნალექებში დაცული ფაუნისაგან.

ამ ზოლში გავრცელებული კონკური ნალექები წარმოდგენილია კარბონატული ქვიშიანი თიხებით და ქვიშაქვებისა და მერგელების შუაშრეებით. ქვიშაქვები შეიცავს ნიჟარების ძნელად განსასაზღვრავ ნამტვრევებს. ეს ნალექები საკმაოდ მდიდარია ფორამინიფერების ნაშთით. გარდა ფორამინიფერებისა, ისინი შეიცავენ სპირიალისებს, თევზის ოტოლითებს, ზღვის ზღარბის ეკლებს და ღრუ მრავალწახნაგოვან თავისებურ კარბონატულ სხეულებს, რომლებიც ალბათ მცენარეული წარმოშობისაა.

ფორამინიფერები წარმოდგენილია შემდეგი სახეებით:
Miliolina consobrina (b'Orb.), *Miliolina guriana* n. sp., *Miliolina* sp., *Sigmoilina konkensis* n. sp., *Articulina sulcata* Beuss, *Articulina gibbosula* d'Orb., *Nonion* aff. *punctatus* (d'Orb.), *Nonion* aff. *granosus* (d'Orb.), *Elphidium angulatum* (d'Orb.), *Elphidium striato—punctata* (F. et M), *Bolivina* aff *dilatata* (Reuss), *Bolivina* sp., *Rotalia beccarii* Linnè, *Discorbis conicus* Bogd., *Cassidulina* sp.

ზემოთ მოყვანილი ფაუნის სიიდან ჩანს, რომ ამ ნალექებში დაცულია როგორც თხელი ზღვის ფორმები, სახელდობრ ნონიონიდები, ისე შედარებით ღრმა ზღვის მილიოლიდები, როგორიცაა *Articulina gibbosula* d'Orb., *Atriculina sulcata* Reuss და ფორმები ბულიმინიდების ოჯახიდან. ფორამინიფერების ასეთი ნარევი შემადგენლობა უთუოდ მათი სუბლიტორული ზოლის შედარებით ღრმა ნაწილში ბინადრობითაა გამოწვეული.

ამ ნალექებში დაცული ფორმები *Articulina gibbosula* d'Orb., *Articulina sulcata* Reuss., *Miliolina consobrina* (d'Orb), *Nonion* aff. *punctatus* (d'Orb), *Bolivina dilatata* Reuss და სხვები ძალიან გავრცელებულია ვენის აუზის მიოცენურ ნალექებში, რითაც გურიის კონკური ფორამინიფერები ხმელთაშუა ზღვის მიკროფაუნის იერს ატარებენ.

ფორამინიფერების ზემოაღნიშნული შემადგენლობა და ამასთანავე მათთან ერთად ზღვის ზღარბების ეკლების პოვნა უთუოდ აუზის წყლის ნორმულ მარილიანობაზე მიუთითებს.

აღსანიშნავია, რომ ფორამინიფერების მსგავს ასოციაციას, ახალი ფორმების გამოკლებით, შეიცავს აგრეთვე ჩრდილო კავკასიისა და ყალმუხ სალსკის ტრამალების კონკური ნალექებიც [2].

შესწავლილი ნალექებიდან ახალი ფორმა *Miliolina guriana* n. sp. კონკურში ერთეულების სახით გვხვდება, რომლებიც ძლიერ პატარა და თხელნაჭუჭიანია. შემდგომ დადასტურდა, რომ ეს ფორმა საკმაოდ დიდი რაოდენობით გვხვდება თითქმის მთელ საქართველოს შუა სარმატულის კრიპტომაქტრებიან შრეებში და მის ანალოგიურ თიხიან ნალექებში. ამ სახის სარმატული ფორმები ამავე სახის კონკური ნიმუშებისაგან შედარებით დიდი ზომით და ნაჭუჭის სქელკედლიანობით განსხვავდება. აღნიშნული ნიშან თვისებები საშუალებას იძლევა ადვილად განვასხვაოთ კონკური *Miliolina guriana* შუა სარმატული ფორმისაგან. ავტორის აზრით, ამ ჰორიზონტებში გავრცელებული ერთნაირი, მაგრამ ზომითა და სისქით განსხვავებული ფორმები ერთსა და იმავე სახეს ეკუთვნის და ეჭვს გარეშეა, რომ სარმატული ფორმები კონკური *Miliolina guriana*-ს უშუალო შთამომავალია. ანალოგიური გარემოება გვაქვს აგრეთვე *Miliolina consobrina* (d'Orb), *Nonion punctatus* (d'Orb) და *Elphidium angulatum* (d'Orb.) განვითარების მიმართაც, რომლებიც კონკურ შრეებში უფრო პატარებია, ვიდრე სარმატულში. ამრიგად, ამ ფორამინიფერების ისტორიულ განვითარებაში აღნიშნულ დროის მონაკვეთში მოხდა მათი ნაჭუჭის გადიდება და კედლების გასქელება. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ასეთი მოვლენა დაკავშირებული იყო სახის არსებობის პირობების გაუმჯობესებასთან; თუმცა ამჟამად ძნელია გარკვეულ იქნეს ის ეკოლოგიური პირობები, რომლებმაც ხელი შეუწყო ამ ფორამინიფერების ზომების გადიდებას. თვით ეს ფაქტი, ავტორის აზრით, საინტერესოა და საჭიროა მას ყურადღება მიექცეს მიოცენური ფორამინიფერების განვითარების განხილვისას.

ზემოთ მოყვანილი მაგალითი შეიძლება გავუპარალელოთ ლ. დავითაშვილის მიერ კონკურისა და სარმატულის მიჯნაზე შემჩნეული მოლუსკების ზოგიერთ ფილოგენეტურ შტოში მათი სხეულის ზომის გადიდებას [3]. ამ საკითხის საბოლოო გარკვევა შემდგომ კვლევას მოითხოვს.

რაც შეეხება მეორე ახალ სახეს კონკური ნალექებიდან *Sigmoilina konkensis* n. sp., ეს სახე მიოცენის ზედა ჰორიზონტებში საქართველოს ტერიტორიის ფარგლებში არ გვხვდება.

მეტად თავისებური ფორმა *Nonion aragviensis* n. sp. ნაპოვნია შუა სარმატული თხელი ზღვის ნალექებში, ამ უკანასკნელთა გავრცელების ზოლში მცხეთასა და გორს შორის.

ლითოლოგიურად ეს ნალექები წარმოდგენილია წვრილ და საშუალომარცვლოვანი ქვიშაქვებით, ქვიშიანი თიხების თხელი შუაშრეებით. ქვიშაქვებში ნაპოვნია *Maetra fabreana* d'Orb., *Cardium fittoni* d'Orb., *Modiola incrassata* d'Orb. და სხვა. ფორამინიფერები წარმოდგენილია შემდეგი სა-

ხეებით: *Miliolina consobrina* (d'Orb.), *Miliolina* aff. *costata* (Karrer), *Articulina problema* Bogd., *Nonion subgranosus* (Egger), *Nonion* aff. *punetatus* (d'Orb.), *Nonion martkobi* Bogd., *Elphidium macellum* (F. et M.), *Elphidium crispum* (Linné), *Elphidium subumbilicatum* Czizek.

ამ ნალექებში სქელნაჭუჭიანი ნონიონიდებისა და მილიოლიდების სიუხვე მიუთითებს მათი არსებობის სანაპირო თხელი ზღვის პირობებზე. ამის დამადასტურებელია აგრეთვე *Nonion aragviensis* ისეთი ნიშნები, როგორიცაა ნაჭუჭის დიდი ზომა, კედლების სისქე და უხეში სკულპტურა.

ამრიგად, საქართველოს მიოცენური ნალექებიდან ფორამინიფერების აღნიშნული ახალი სახეები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც გეოლოგიური ასაკის დასადგენად, ისე აუზის ჰიდროლოგიური პირობების გასარკვევად.

ქვემოთ მოგვყავს ფორამინიფერების ახალი სახეების აღწერა.

ოჯახი *Miliolidae*

გვარი *Miliolina Williamson*, 1858

Miliolina guriana n. sp.

ტაბ. 1; სურ. 1 a, в, c.

ჰოლოტიპი № 14, საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პალეობიოლოგიის სექტორის კოლექცია.

ნაჭუჭი პატარა, ოვალური. დისტალურ ნაწილში შევიწროებული და გაბრტყელებული, პროქსიმალურ ნაწილში უფრო განიერი და სქელი. პერიფერიული კიდე მომრგვალებული. ზედაპირზე ჩანს უკანასკნელი ხვეულის სამი კამერა. უკანასკნელ კამერას ნაჭუჭის თითქმის ორი მესამედი უჭირავს, რის გამო წინა კამერებს ნაწილობრივ ფარავს. ოდნავ გამობურცული ცენტრული კამერა ირიბადაა მოთავსებული ორ უკანასკნელ კამერას შორის. სეპტალური ნაკერი კამერებს შორის ვიწრო ორკონტურიანია. უკანასკნელი კამერის გაბრტყელებულ, ირიბად წაკვეთილ დისტალური ნაწილის ბოლოზე მოთავსებულია ვიწრო და გრძელი აპერტურის ნაპრალი, რომელსაც მთლიანად ავსებს თხელი და ოდნავ მოხრილი გრძელი კბილი. ნაჭუჭის კედელი კონკური ფორმებისა თხელი და გამჭვირვალეა, სარმატული ფორმებისა კი სქელი და ფაიფურისებურია.

სიგრძე — 0,4 — 0,6 მმ, სიგანე 0,2 — 0,3 მმ.

შიგა აღნაგობა სუსტად გამოსახული ქვინქველოკულინურია. კამერათა რიცხვი — 5.

ცვალებად ნიშანს ამ სახისათვის წარმოადგენს კბილის მდებარეობა, ზოგ ფორმას კბილი ამოშვერილი აქვს აპერტურის ზედაპირიდან.

აღწერილი სახე აპერტურისა და კბილის ფორმით ემსგავსება შუა სარმატულ *Miliolina voloschinovae* Bogd., მაგრამ ეს უკანასკნელი ჩვენი ფორმისგან მკვეთრად განსხვავდება ნაჭუჭის სიდიდით და დაღარული ზედაპირით.

საკმაოდ დიდი რაოდენობით გვხვდება საქართველოს შუა სარმატულ ნალექებში, შედარებით იშვიათად ძიმითისა და შრომის კონკურში (გურია).

გვარი *Sigmoilina Schlumberger*, 1887.

Sigmoilina konkensis n. sp.

ტაბ. 1; სურ. 2 a, в, c.

ჰოლოტიპი № 23, საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პალეობიოლოგიის სექტორის კოლექცია.

ნაჭუჭი განიერ-ოვალური, შევიწროებული პერიფერიული კიდით. ახალგაზრდა ფორმებში ეს შევიწროება ვიწრო კილში გადადის. ნაჭუჭის ზედაპირზე ჩანს უკანასკნელი ხვეულის 3—4 კამერა. ნაჭუჭის ერთი მხარე ოდნავ გამობურცულია, მეორე კი გაბრტყელებული. ამობურცულ მხარეზე ჩანს მე'ამე და იშვიათად მეოთხე კამერის შევიწროებული კიდე. ნაჭუჭის გაბრტყელებულ მხარეზე შუა კამერა ნაჭუჭის ზედაპირის დონეზე მდებარეობს. ორი უკანასკნელი კამერა საკმაოდ მოხრილი და განიერია. კამერები ერთიმეორისაგან გამოყოფილია ვიწრო, ზოგჯერ ორკონტურიანი სეპტალური ნაკერით. უკანასკნელი კამერის შევიწროებული და გაბრტყელებული დისტალური ნაწილის ბოლოზე მოთავსებულია ვიწრო ოვალური აპერტური, რომელშიც განვითარებულია ვიწრო, მოგრძო კბილი, იგი ოდნავ ამოშვერილია აპერტურის კიდიდან. ნაჭუჭის კედელი თხელი და სუსტად გამჭვირვალეა.

სიგრძე—0,4—0,5 მმ, სიგანე 0,2—0,3 მმ.

შიგა აღნაგობა სუსტად გამოსახული სიგმოიდურია. კამერათა რიცხვი—7.

აღწერილი სახე აპერტურისა და კბილის ფორმით ემსგავსება *Miliolina seminulum* (Linné) var. *meotica* Gerke-ს, მაგრამ ამ უკანასკნელს ნაჭუჭი, ჩვენი ფორმისაგან განსხვავებით, დიდი ზომისა აქვს, ამასთანავე კამერები გამობურცული და მომრგვალებული.

გვხვდება ძიმითისა და შრომა-ნატანების კონკურ ნალექებში.

ოჯახი *Nonionidae*

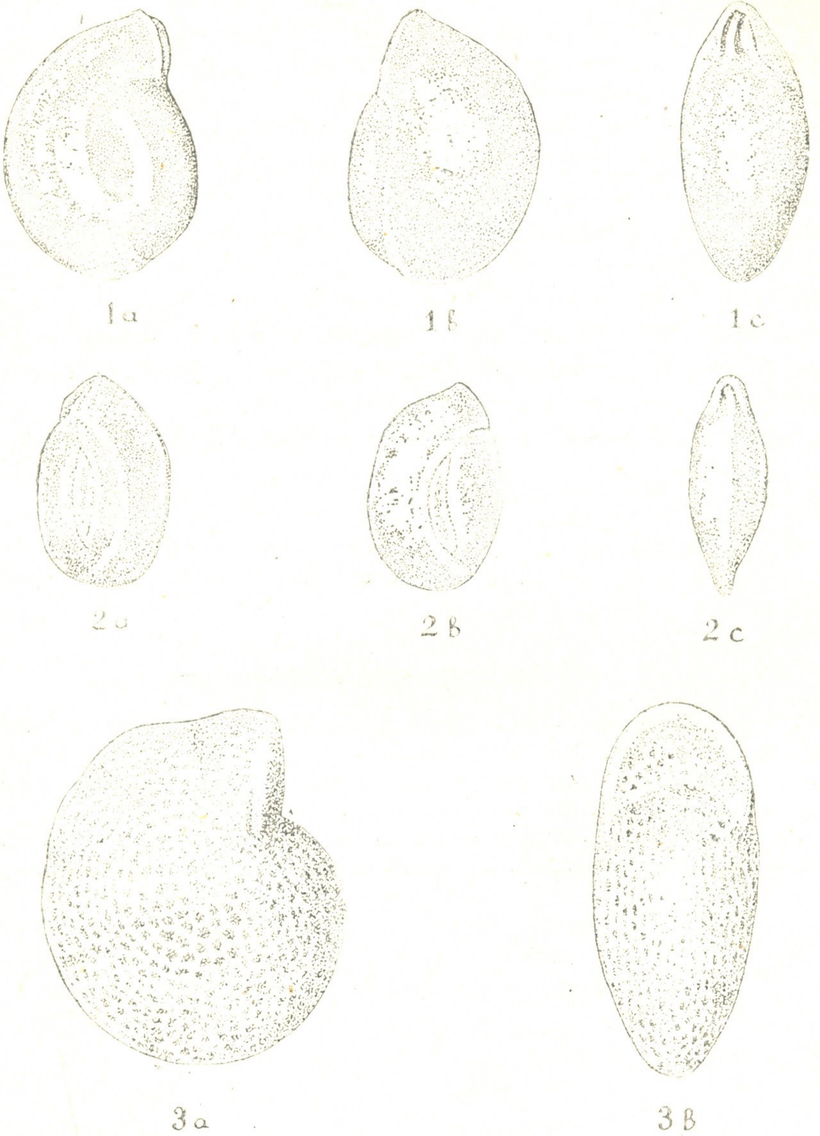
გვარი *Nonion Montfort*, 1808

Nonion aragviensis n. sp.

ტაბ. 1; სურ. 3 a, в.

ჰოლოტიპი № 43, საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პალეობიოლოგიის სექტორის კოლექცია.

საკმაოდ მოზრდილი, ერთ სიბრტყეში დახვეული, ორმხრივ ამობურცული, სქელი და მომრგვალებულკიდიანი ნაჭუჭი. ნაჭუჭის ზედაპირი მთლიანად დაფარულია დამატებითი სკელეტით, რომელიც წარმოადგენს სხვადასხვა ფორ-



1 a, в, c, *Miliolina guriana* n. sp. X 102 ჰოლოტიპი. ძიმითი, კონკური ჰორიზონტი. (a, в—ხედი გვერდიდან; c—ხედი აპერტურის მხრიდან).

2 a, в, c, *Sigmoilina konkensis* n. sp. X 102 ჰოლოტიპი. ძიმითი, კონკური ჰორიზონტი. (a, в—ხედი გვერდიდან; c—ხედი აპერტურის მხრიდან).

3 a, в. *Nonion aragviensis* n. sp. X 72 ჰოლოტიპი. მცხეთა, შუა სარმატული. (a—ხედი გვერდიდან; в—ხედი აპერტურის მხრიდან).

მის მჭიდროდ განლაგებულ, ზოგჯერ ერთმანეთში შეზრდილ მინისებურ გრანულებს, რის გამო ნიჟარას ხორკლიანი ზედაპირი აქვს, რაც აძნელებს კამერათა რიცხვის დადგენას. უკანასკნელი სამი-ოთხი კამერა შედარებით რელიეფურად გამოიყოფა კამერათა შორის სეპტალური ნაკერის ღრმად ჩაჭრის გამო. მარილმჟავაში ნიჟარის ნაწილობრივ გახსნის შემდეგ გამოირკვა, რომ უკანასკნელი ხვეული შედგება სუსტად ამობურცული 10—12 კამერისაგან. აპერტურის ზედაპირი, ისე როგორც ნიჟარის მთელი ზედაპირი, დაფარულია გრანულებით, რაც აპერტურის ფორმის გარკვევას აძნელებს. ალბათ აპერტური საცრისებურია.

დიამეტრი 1,8—1,2 მმ, სისქე 0,4—0.6 მმ.

აღწერილი ფორმა კამერათა რიცხვით *Nonion subgranosus* (Egger)-ის მსგავსია, მაგრამ ამ უკანასკნელის ნიჟარა პატარაა, გამჭვირვალე, ფორიანი და მხოლოდ ჭიპის არე აქვს გრანულებით დაფარული.

გვხვდება მცხეთასა და გორს შუა სარმატულის ქვიშიან ნალექებში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
პალეობიოლოგიის სექტორი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 21.2.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. К. Богданович. О результатах изучения фораминифер миоцена Крымско Кавказской области. Сборник работ по микрофауне ВНИГРИ, Л., 1947.
2. А. К. Богданович. О микрофауне из конкских отложений по реке Фарс (Северный Кавказ). Док. АН СССР, том XVII, № 4, М., 1949.
3. Л. Ш. Давиташвили. К изучению закономерностей изменения величины тела в филогенетических ветвьях. Проблемы палеонтологии, том 1,, М. 1936.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XIV, № 3, 1953

ენტომოლოგია

დ. ლოზოვოი

აკაკი და მისი დამაზიანებელი მწერები თბილისის პირობებში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ფ. ზაიცევმა 16.1.1953)

აკაკი იმ მცენარეების რიცხვს მიეკუთვნება, რომლებიც ურწყავად წარმატებით იზრდებიან თბილისის ცხელი და მშრალი ჰავის პირობებში. თითქმის უნიადაგო, კლდოვანი სამხრეთი ექსპოზიციის ფერდობი ხშირად აკაკის ჩვეულებრივ ადგილსამყოფელს წარმოადგენს. ვ. ს ა ვ ი ჩ ი ს თქმით, აკაკი ჩაეჭიდება თავისი მძლავრი ფესვებით ქვებს და ღრმად ჩადის კლდის ნაპრალებში.

შთაბეჭდილება ისეთია, წერს იგივე ავტორი, რომ ამ მცენარეს არ აქვს განვითარებული განკერძოებული ფესვები და ღეროები, არამედ, რაღაც საშუალო მათ შორის, რომელიც გლუვი, ნაცრისფერი ქერქითაა დაფარული და საიდანაც სინათლის არსებობის შემთხვევაში ამოდიან ტოტები და მიწასთან ან ნაპრალის ტენთან ოდნავ შეხების დროს წარიმართება ახლად შექმნილი ფესვები [1]. დღის სინათლეზე გამოსვლისას ფესვები გარეგნულად ღეროს სახეს იღებენ და, პირიქით, ღორღითა და სილით დაფარული ტოტები გარეგნულად არ განსხვავდება ფესვებისაგან [1]. კლდიან პირობებში აკაკი ძალიან ეფექტური და უეჭველად დეკორაციულია. ამ მხრივ თვალსაჩინოა აკაკის ნარგაობა თბილისის ბოტანიკური ბაღის ძველ ნაწილში, სადაც იგი, როგორც ფიქრობენ, ამ ხეობის გარეული მცენარეების ნაშთს წარმოადგენს, მაგრამ, როგორც უკანასკნელი წლების გამოცდილებამ გვიჩვენა, აკაკი ნაკლებად გამოსაყენებელია ქუჩის ნარგაობაში, სადაც ცხელი და მშრალი ამინდების დროს ცალკეულ წლებში თითქმის მთლიანად კარგავს ფოთოლს. ეს უარყოფითი თვისება — მშრალ კლდოვან ფერდობებზე მოზარდი აკაკების მიერ ცხელ ზაფხულის თვეებში ფოთლების დაკარგვა — უკვე დიდი ხანია შემჩნეული იყო თბილისის ბოტანიკური ბაღის მებაღე ი. ს ი გ უ ა ს მიერ [1].

შემოდგომის წვიმების შემდეგ, ცოტად თუ ბევრად გრილი ამინდების დადგომასთან დაკავშირებით, აკაკი ფოთლებს აღიდგენს ხოლმე, მაგრამ მშრალშემოდგომიან წლებში კი, როგორიც იყო, მაგალითად, 1952 წელი, იგი გაზაფხულამდე გაშიშვლებული რჩება.

ფოთლების დაკარგვის უნარი ნათლად გამოხატულ ქსეროფიტ აკაკის ერთ-ერთ დამახასიათებელ თვისებას წარმოადგენს, რაც, ვ. სავიჩის თქმით, თვით ხეებზე ცუდად არ მოქმედებს.

აკაკი ტიპობრივი კლდის გვალვაგამძლე ჯიშია, გამოირჩევა ნელი ზრდით, ხოლო ხელოვნური მორწყვის პირობებში ზრდას შესამჩნევად აჩქარებს.

საინტერესოა, რომ ხუდადოვის ტყეში, რომელიც თბილისს ეკვრის, ურწყავ პირობებში 50 წლის აკაკების სიმაღლე 3 მეტრს და დიამეტრი 12 სმ არ აღემატება.

მორწყვის მიმართ აკაკის ნათლად გამოხატული დადებითი რეაქცია აღნიშნულია ა. ლოზინა-ლოზინსკაიას მიერ, რომლის მონაცემების მიხედვით ტაშკენტში 40 – 50 წლის კავკასიური აკაკის სიმაღლე 12 მეტრსა და დიამეტრი 40 სანტიმეტრს აღწევს [2].

აკაკი ცნობილია, როგორც მავნე მწერების გამძლე ჯიში, მაგრამ ბოტანიკურ ბაღში მარცვალულვაშა ხარაბუზას (*Megopis scabricornis* Scop.) მიერ აკაკის მერქნის ძლიერი დაზიანების შემთხვევები გამონაკლისი როდია [3].

ხარაბუზას მიერ დაზიანებული ერთ-ერთი ხის მერქანმა განიცადა სოკო *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat.-ის მიერ ძლიერი დაშლა. აღნიშნული სოკოს მიერ, ისე, როგორც აბედა სოკოს *Fomes torulosus* (Pers.) *Lloyd.* და *Fomes fraxineus* (Bull.) (Cke) [+]—მიერ ხეების დაზიანების შემთხვევები არაერთხელაა აღნიშნული ხარაბუზას მოქმედებისაგან სრულიად დამოუკიდებლად.

ფოთლის მავნებელთაგან შეიძლება ყოველ წელს შემჩნეულ იქნეს თითოოროლა ეგზემპლარი *Lebythea celtis* Laich, მიწის ჩრჩილი *Lithocolletis millierella* Stgr. და მრავალფერა *Vanessa polychloros* L., რომლის მატლები 1950 და 1951 წ. წ. ბოტანიკური ბაღის ტერიტორიაზე და ხუდადოვის ტყეში მთლიანად აშიშვლებდნენ აკაკის პატარა ხეებს.

1950 წლის გაზაფხულზე თბილისის ბოტანიკურ ბაღში და ხუდადოვის ტყეში ზოგიერთი ხე ძლიერ იყო დაზიანებული აკაკის ალურათი (*Acrobasis celticola* Stgr) ([1].

სურ. 1 ალურათი დაზიანებული აკაკის ფოთლები

ალურას მატლები გამოდიან აპრილის ნახევარში, ვითარდებიან აბლაბუდით შეხვეული ფოთლების ფირფიტებს შორის და ამავე ფოთლებით იკვებებიან. მაისის ნახევარში მატლები ერთბაშად ტოვებენ მცენარის ვარჯს. იჭუპრებენ მიწის პარკებში ნიადაგის ზედა ფენაში ან მკვდარ საფარში.

([1] გარკვეულია ა. დანილევსკის მიერ.

მატლი პარკში შეიძლება დარჩეს მეტი თუ ნაკლები დროის განმავლობაში დაჭუპრების წინა მდგომარეობაში (სტადიაში). 1950 წელს პეპლების გამოფრენა დაიწყო ივლისის მეორე დეკადის ბოლოს, ამ დროს პარკებში შეიძლებოდა გვენახა ჯერ კიდევ დაუჭუპრებელი მატლებიც.

პეპლების მთლიანად გამოფრენა, როგორც ჩანს, ივლისში მთავრდება, რასთან დაკავშირებითაც განსაზღვრული ოდენობით თავიდან აცილებულია ამ დროს ვარჯის პროექციის ფარგალში მოქცეული, ფოთლებით ჯერ კიდევ რამდენიმედ დაჩრდილული, მიწაში მყოფი პარკების მზისაგან გადახურების შესაძლებლობა. როგორც აკაკის თესლის მავნებელი, ადგილობრივ პირობებში ჯერჯერობით ცნობილია მ. ტერ-მინასიანის მიერ [6] ამას წინათ აღწერილი მავნებლის—ყვავილჭამია გრძელცხვირა (*Anthonomus celtidis* T.—Min.)-ს ერთი სახეობა.

აკაკის გრძელცხვირა ცალკეულ წლებში მასობრივად აზიანებს კავკასიური და დასავლეთის (*C. occidentalis* L.) აკაკების ნაყოფს [5].

აკაკისთან *Anthonomus*-ის წარმომადგენლის ბიოლოგიური კავშირის სიახლე და საკვები მცენარის ნაყოფის ხარჯზე მისი განვითარების არატიპობრიობა ხაზგასმულია მ. ტერ-მინასიანის მიერ [6].

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
თბილისის ბოტანიკური ბაღი

(რედაქციას მოუვიდა 20.1.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. М. Савич. К биологии *Celtis caucasica* Willd и *Ailanthus glandulosa* Desf. Вестн. Тбил. бот. сада, в. 42—43, 1917.
2. А. С. Лозина-Лозинская. Деревья и кустарники СССР, ч. 2, Ulmaceae Mirb.— Ильмовые. М., 1951.
3. Д. И. Лозовой. Древесные и кустарниковые породы Худадовского леса и их устойчивость против вредных насекомых. Вестн. Тбил. ботан. сада в. 58, 1949.
4. А. К. Шишкина. К изучению болезней декоративных растений Грузии. Тр. ин-та защ. раст. АН Груз. ССР, т VII, 1950.
5. Д. И. Лозовой и М. Б. Имедадзе. О двух новых вредителях семян клена и каркаса в Грузии. Вестн. Тбил. ботан. сада, в. 59, 1950.
6. М. И. Тер-Минасян. Новый вид долгоносика цветоеда Грузии—*Coleoptera, Curculienidae*. Сообщения АН Груз. ССР, т. XIII, № 9, 1952.

ზოოლოგია

ზ. ექვთიმიშვილი

ტებერდის ნაკრძალის ტერიტორიაზე ჯიხვისა და არჩვის ზონალური განაწილება წლის სხვადასხვა დროს

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ფ. ზაიცევმა 12.2.1953)

ჯიხვისა და არჩვის ზონალური განაწილების საკითხის გამორკვევისათვის საჭირო მასალების შეგროვება მიმდინარეობდა 1949—1950 წლებში 5 სხვადასხვა ნაკვეთზე. ამ ნაკვეთებში შედიოდა ტებერდის ნაკრძალში არსებული ყველა ზონა და მათი სარტყლები—ტყის ზონის შუა სარტყლიდან და ზევით. ცხოველების ჯგუფების აღრიცხვა მიმდინარეობდა ყველა ზონაში, ყოველთვე ორჯერ, თვის გარკვეულ რიცხვებში.

ჯიხვი (*Capra severtzovi* Mensb)

ზამთარი. ამ პერიოდში ჯიხვის ვერტიკალური განაწილება დიდია (ცხრ. 1), ის გვხვდება ტყის ზონის შუა სარტყლიდან ალპურ ზონამდე ჩათვლით. ჯიხვების უმრავლესობა (36.5%) გვხდება სუბალპურ ზონაში. ჯიხვი ყველაზე მცირე რაოდენობით (12,5%) გვხვდება ტყის ზონის შუა სარტყელში. ამ პერიოდში ჯიხვები ეტანებიან მზიან და უთოვლო ადგილებს. ჯიხვები არათანაბრად არიან დაჯგუფებული, რაც დამოკიდებულია თოვლის საფარისა და საკვები ბაზის განაწილებაზე. ჯიხვების საკმაო რაოდენობა (24,5%) ქუჩდება ალპური ზონის (ქვედა სარტყელში) ისეთ ადგილებში, სადაც თოვლი ქარისაგანაა გადახვეტილი. ამ ადგილებში შედარებით იოლია ჯიხვებისათვის საკვების მოპოვება. ასევე საკვების მოპოვებასთან არის დაკავშირებული ამ პერიოდში ჯიხვების ჩამოსვლა ტყის ზონის შუა სარტყელში.

გაზაფხული. ჯიხვის ვერტიკალური გავრცელების საზღვრები არ იცვლება, მხოლოდ იცვლება ზონებში (ცხრ. 1) რიცხობრივი განაწილება. ჯიხვების უმრავლესობა თავს იყრის ტყის ზონის ზედა სარტყელში (41, 3%) და სუბალპურ ზონაში (36,5%). ეს გამოწვეულია იმით, რომ დედა ჯიხვები თიკნების მოსაგებად ტყის ზედა სარტყლისა და სუბალპური მეჩხერი ტყის გაუვალ და კლდიან ადგილებს აფარებენ თავს თიკნების მოგება ტებერდის ნაკრძალის პირობებში, ჩვენ ხელთ არსებული მასალის მიხედვით, მაისის პირველი რიცხვებიდან იწყება. ეს პერიოდი ივნისის მეორე ნახევრამდე გრძელდება.

ზაფხული. ვერტიკალური გავრცელების ქვედა საზღვარი ტყის ზონის შუა სარტყლიდან ზევით იწევს და ამ სარტყელში ჯიხვი ზაფხულში აღარ გვხვდება. ჯიხვების უმრავლესობა ნაწილდება ალპურ ზონაში (35%) და სუბ-

ცხრილი 1

ჯიხვების ზონალური განაწილება წლის სხვადასხვა დროს (1949—1950 წ. წ.)

ზონები	სეზონებში ნახული ჯიხვების საერთო რაოდენობა					
	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლის განმავლობაში	
	159	251	445	920	1775	%%
	ნახული ჯიხვების საერთო რაოდენობის განაწილება ზონების მიხედვით—%%-ით					
1. ალპური ზონა	24,5	13,1	35	38	578	32,5
2. სუბალპური ზონა	36,5	36,6	36	42,5	701	39,5
3. ტყის ზონა						
ზედა სარტყელი	26,5	41,3	29	19,5	454	25,6
ქვედა სარტყელი	12,5	9	—	—	42	2,4

ალპურ ზონაში (36%). ჯიხვი თავს აფარებს უფრო მაღალ კლდოვან ადგილებს. ტყის ზონის ზედა სარტყელში ჯიხვების საკმაო (29%) რაოდენობით შეხვედრა გამოწვეულია იმით, რომ ზოგიერთი დედა ჯიხვი მოგვიანებით (ივნისში) იგებს თიკანს და ამიტომ მათ ამ სარტყელში უხდებათ ბინადრობა.

შემოდგომა. ჯიხვების ვერტიკალური გავრცელების ზედა და ქვედა საზღვარი ისეთივე რჩება, როგორიც ზაფხულში იყო, ხოლო ჯიხვების უმრავლესობა თავს იყრის სუბალპურ ზონაში (42,5%), აგრეთვე ალპურ ზონაში (38%). რაც შეეხება ტყის ზონის ზედა სარტყელში ჯიხვების რაოდენობის შემცირებას (19,5%) ზაფხულთან შედარებით, ეს გამოწვეულია იმით, რომ გვიანათიკნებიანმა დედებმა ზევით გადაინაცვლეს. ამ პერიოდში ჯიხვების სუბალპურ და ალპურ (ქვედა სარტყელში) ზონაში თავმოყრის ერთ-ერთ მიზეზს ნერბვის დაწყება უნდა წარმოადგენდეს. ნერბვა, ჩვენი მასალების მიხედვით, ტებერდის ნაკრძალის პირობებში ნოემბრის შუა რიცხვებიდან იწყება. ეს პერიოდი იანვრის პირველ რიცხვებამდე გრძელდება. ესაა ზამთრის პირველ ნახევარში (დეკემბერი და იანვრის პირველი რიცხვები) სუბალპურ ზონაში ჯიხვების სიჭარბის მიზეზი.

როგორც ტებერდის ნაკრძალში შეგროვილი მასალებიდან ჩანს, ჯიხვის ვერტიკალური გავრცელება წლის პერიოდების მიხედვით იცვლება, ამასთან ერთად იცვლება ყოველ პერიოდში რაოდენობითი განაწილება ზონებში.

წლის უმეტეს დროს ჯიხვების უმრავლესობა სუბალპურ (39,5%) და ალპურ (32,5%) ზონაში გვხვდება.

არჩვი (*Rupicapra rupicapra* L.).

ზამთარი. არჩვი ამ პერიოდში გვხვდება ტყის ზონის შუა სარტყლიდან სუბალპურ ზონამდე ჩათვლით. მისი უმრავლესობა (59,2%) ტყის ზონის ზედა სარტყელში გვხვდება (ცხრ. 2). ზამთრის პერიოდში არჩვი მცირე რაო-

დენობითაა (13,9%) სუბალპურ ზონაში, ისიც სუბალპურ მეჩხერ ტყეში. არჩვი, ისევე როგორც ჯიხვი, ზამთრის პერიოდში აქა-იქ ჯგუფებად გვხვდება, სამხრეთ ექსპოზიციაზე. ტყეში მის მიკროსტაციას წარმოადგენს კლდოვანი

ცხრილი 2

არჩვების ზონალური განაწილება წლის სხვადასხვა დროს (1949—1950 წ. წ.)

ზონები	სეზონებში ნახული არჩვების საერთო რაოდენობა					
	ზამთარი 108	გაზაფხული 96	ზაფხული 153	შემოდგომა 298	წლის განმავლობაში 655	%%
	ნახული არჩვების საერთო რაოდენობის განაწილება ზონების მიხედვით %%-ში					
1. ალპური ზონა	—	—	3,2	—	5	0,7
2. სუბალპური ზონა	13,9	27,1	36,6	16,4	146	22,3
3. ტყის ზონა						
ზედა სარტყელი	59,2	42,8	48,4	42,3	307	47
შუა სარტყელი	26,9	28,1	11,8	41,3	197	30

ადგილები, სადაც შიგადაშიგ არის დარჩენილი სხვადასხვა მარცვლოვანი მცენარე, კლდის მცენარეულობა, პატარა ბუჩქნარი მცენარეები და სხვ., რასაც არჩვი საკვებად იყენებს.

გაზაფხული. არჩვის ვერტიკალური გავრცელება არ იცვლება, იცვლება მხოლოდ რიცხობრივი განაწილება ზონებში. არჩვების ზოგიერთი ჯგუფი თოვლის ალებასთან ერთად თანდათან ზევით ადის და ამით სუბალპურ ზონაში (მეჩხერი ტყის კლდოვან ადგილებში) ზამთართან შედარებით (13,9%) უფრო მეტი არჩვი გვხვდება (27,1%). ტყის ზონის შუა სარტყელში არჩვი ისეთივე რაოდენობით (28, 1%) გვხვდება, როგორც სუბალპურ მეჩხერ ტყეში (27,1%). შედარებით სხვა ადგილებთან არჩვების უმრავლესობა (44,8%) გაზაფხულზე, როგორც ზამთარში, ტყის ზონის ზედა სარტყელში გვხვდება. ადრე გაზაფხულზე მაკე არჩვები თიკნების მოსაგებად გამოცალკევდებიან საერთო ჯგუფებიდან და თავს აფარებენ კლდოვან და მიუდგომელ ადგილებს. ასეთი პირობები ტებერდის ნაკრძალში ტყის ზონის შუა სარტყლიდანვე გვხვდება. ამიტომაა, რომ ამ პერიოდში არჩვების საკმაო რაოდენობა (28,1%) ტყის შუა სარტყელშიც ბინადრობს იმ დროს, როდესაც კავკასიონის ქედის აღმოსავლეთ ნაწილის სამხრეთ კალთაზე ტყის ზონის შუა სარტყელში არჩვი მცირე რაოდენობით (11%) გვხვდება. თიკნების უმრავლესობის მოგება ჩვეულებრივ მაინც ტყის ზონის ზედა სარტყელში მიმდინარეობს. ტებერდის ნაკრძალის პირობებში თიკნების მოგება აპრილის შუა რიცხვებიდან იწყება. ეს პერიოდი მაისის ბოლო რიცხვებამდე გრძელდება. თიკნების მოგების ერთეული შემთხვევები ივნისის პირველ რიცხვებშიც აღინიშნება.

ზაფხული. ამ პერიოდში არჩვების მცირე რაოდენობა (3,2%) ალპურ ზონაში ადის და ამით მათი ვერტიკალური გავრცელება იცვლება. გავრცელების ქვედა საზღვარი უცვლელი რჩება. მიუხედავად იმისა, რომ ზაფხულში არჩვი ქვევიდან ზევით ადის და მცირდება არჩვების რაოდენობა (11,8%) ტყის ზონის შუა სარტყელში, ხოლო მატულობს მათი რიცხობრიობა (36,6%) სუბალპურ ზონაში, არჩვების უმრავლესობა (48,4%), როგორც წლის სხვა პერიოდში, მაინც ტყის ზონის ზედა სარტყელში ბინადრობს. არჩვი ზაფხულში ეტანება ტყეებში არსებულ პატარა მდელოებს, ჩამონაშლებს, კლდეებს და სხვ.

შემოდგომა. ალპური ზონიდან არჩვი ტყიან ნაწილში ჩამოდის და ამით ამ პერიოდში იცვლება მისი ვერტიკალური გავრცელების ზედა საზღვარი, რომელიც ძირითადად სუბალპური მეჩხერი ტყით შემოიფარგლება, სადაც არჩვების მცირე რაოდენობა (16,4%) გვხვდება. არჩვების უმრავლესობა თავს იყრის ტყის ზონის ზედა სარტყელში (42, 3%) და შუა სარტყელში 41,3%). შემოდგომაზე ამ ადგილებში არჩვების უმრავლესობის თავმოყრის ერთ-ერთ მიზეზად ნერბვის დაწყება უნდა ჩაითვალოს. ნერბვა ოქტომბრის შუა რიცხვებიდან იწყება. ეს პერიოდი ნოემბრის ბოლო რიცხვებამდე გრძელდება.

მთელი წლის განმავლობაში არჩვების უმრავლესობა ტყის ზონის შუა სარტყელში (30%) და ზედა სარტყელში (47%) გვხვდება. ალპურ ზონაში თითო-ოროლა არჩვი გვხვდება (0,7%), ისიც ზაფხულის პერიოდში. თუ არ მივიღებთ მხედველობაში არჩვის ერთეული ეგზემპლარების შეხვედრას ალპურ ზონაში, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ტებერდის ნაკრძალში არჩვის ვერტიკალური გავრცელება თითქმის არ იცვლება. არჩვის რიცხობრივი განაწილება ზონებში იცვლება, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, წლის ყოველ პერიოდში არჩვების უმრავლესობა მაინც ტყის ზონის ზედა სარტყელში გვხვდება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ზოოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.2.1953)

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XIV, № 3, 1953

ექსპერიმენტული მედიცინა

კ. ერისთავი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი) და
გ. გიორგაძე

ნევროტომიის გავლენა სიმსივნის ინდუცირებაზე

სიმსივნის პროცესის არსის სწორი გაგებისათვის, მისი ეთიო-პათოგენეზის საკითხების გადაწყვეტისათვის აუცილებელია ვიხელმძღვანელოთ დაავადების შესახებ მშობლიური ფიზიოლოგიისა და მედიცინის ფუძემდებლების სეჩენოვის, თარხნიშვილის, ბოტკინის, პავლოვისა და სხვათა შეხედულებებით.

უკანასკნელ წლებამდე ონკოლოგიაში სხვადასხვა საკითხი ყოველთვის არ შუქდებოდა დიალექტიკური მატერიალიზმის პოზიციებიდან. ამიტომაა, რომ ავთვისებიანობის პრობლემის ირგვლივ დაგროვილ უამრავ ფაქტობრივ მასალას დღემდე არ მოუცია სასურველი შედეგი.

მეტაფიზიკოს ვირხოვის გავლენით სიმსივნეს განიხილავდნენ როგორც ადგილობრივ პროცესს. უნდა გარკვევით ვაღიაროთ, რომ სიმსივნური პროცესი მთელი ორგანიზმის დაავადებაა, ორგანიზმისა და სიმსივნის დამოკიდებულება უნდა განვიხილოთ როგორც მთელისა და ნაწილის დამოკიდებულება.

დღეისათვის ყოველგვარ ეჭვს გარეშეა, რომ ავთვისებიანი სიმსივნეების განვითარებაში ნერვული სისტემა თამაშობს წამყვან როლს. ამ საკითხის შესახებ ლიტერატურული მონაცემები შეიძლება 3 ძირითად ჯგუფად დაიყოს: 1) მონაცემები, რომლებიც შეეხება კლინიკურ და ტრანსპლანტირებულ სიმსივნეებზე დენერვაციისა და ნერვების გადაკვეთის შედეგებს; 2) ცდები, რომლებიც შეეხება ინდუცირებული სიმსივნეების განვითარებაზე და ტრანსპლანტირებული სიმსივნეების მეტასტაზირებაზე ნერვული სისტემის სხვადასხვა მიდამოს გაღიზიანების გავლენის შესწავლას და 3) ი. პ ა ვ ლ ო ვ ი ს უახლოესი მოწაფის მ. პ ე ტ რ ო ვ ა ს მეტად საინტერესო ცდები სიმსივნეების განვითარებაში თავის ტვინის ქერქის როლის შესახებ.

ჩვენი შრომის მიზნის თანახმად ჩვენ მოკლედ შევეხებით ლიტერატურულ მონაცემებს მხოლოდ პერიფერიული ნერვების გადაკვეთისა და გაღიზიანების შესახებ.

ნერვული სისტემის ტროფიკული ფუნქციის შესახებ პავლოვის მიერ შექმნილი სწავლების საფუძველზე დაყრდნობით 1925 წელს მ ო ლ ო ტ კ ო ვ ი გამოვიდა ავთვისებიანი სიმსივნეების ნერვულ-ტროფიკული წარმოშობის ჰიპოთეზით. მოლოტკოვმა მეტად მარტივად წარმოიდგინა სიმსივნეების წარმოქმნა, დაუკავშირა ის მარტივი რეფლექსის რკალს და ძირითადი მავნე მოქმედება აფერენტულ ნერვს მიაწერა. როგორც ცნობილია, მან კიბოს

სამკურნალოდ მოგვაწოდა ნევროტომია, რის წინააღმდეგაც ქირურგთა მე 17 ყრილობაზე გაილაშქრეს ჯანელიძემ, ოპელმა, ზაბლუდოვსკიმ და სხვებმა.

სიმსივნის განვითარების პროცესში ტროფიკული ინერვაციის როლს მხარს უჭერდა თვით პავლოვი. 1925 წელს ობუხოვის საავადმყოფოში მოლოტკოვის მოხსენების გამო საბოლოო სიტყვით გამოსულმა პავლოვმა თქვა: „...დავუშვათ, რომ გვაქვს რაღაც, ჩვენთვის უცნობი მიზეზით გაჩენილი სიმსივნე. ამასთანავე მუდმივი გაღიზიანება იძლევა რეფლექსს ტროფიკულ შემკავებელ ნერვებზე, რის შედეგად ეს მავნე გაღიზიანება იწვევს ქსოვილის დაშლას, ამიტომ ნერვების (ტროფიკულის) გადაკვეთას, იძლევა რა რეფლექსური რკალის დარღვევას, შეუძლია მოგვცეს ხელსაყრელი ეფექტი. ამრიგად, ფიზიოლოგების მიერ აღიარებული ტროფიკული ინერვაცია მხედველობაში უნდა მიიღონ ქირურგებმა".

ნერვული სისტემის მნიშვნელობა ექსპერიმენტული სიმსივნეების ეთიოპათოგენეზში ძირითადად შესწავლილია ა. სპერანსკის სკოლის მიერ.

სპერანსკის სკოლის აზრით, ნერვულ ღეროში უშუალოდ შეყვანილი ან მასში მოხვედრილი სხვადასხვა ნივთიერება, გადადის რა ნერვული ღეროს სითხეში, აღწევს ჯერ სუბარახნოიდალურ სივრცეს, შემდეგ კი თვით ტვინსა და მის უჯრედებს. მიაღწევს რა ტვინის შესაფერის სეგმენტებს, ეს ნივთიერებები იწვევს პერიფერიაზე შესაფერის ცვლილებებს და ამით ახდენს ამ პროცესების დამოუკიდებლობის სიმულაციას.

რომ სიმსივნეების განვითარება და ზრდა ამა თუ იმ ხარისხით დაკავშირებულია ნერვულ სისტემასთან, ეს მოსაზრება უფრო განმტკიცდა, როცა როგორც ექსპერიმენტულ, ისე „სპონტანურ" სიმსივნეებში ნახულ იქნა ნერვული ქსოვილი. ასე, მარტინოვმა შეისწავლა პერიფერიული ნერვების ცვლილებები ექსპერიმენტული კიბოს დროს. ჩერნიახოვსკიმ (1939 წ.) შეისწავლა ნერვები ტრანსპლანტირებულ სიმსივნეებში. ანდრესმა და პორტუგალოვმა 1951 წელს შეისწავლეს თეთრი თაგვების კანის ნევრული ელემენტების ჰისტოპათოლოგია ბლასტომოგენური ნივთიერების მოქმედების დროს.

მკვლევართა აზრით, უკვე განვითარებული სიმსივნის მიდამოში მიმავალი ნერვების გადაკვეთა იწვევს სიმსივნის ან უკუგანვითარებას, ან ზრდის აჩქარებას (მოლოტკოვი, იჩიკავა, კოტცარევი და სხვა).

იმის გასარკვევად, თუ სად ხდება პროცესის მომზადება ლატენტური პერიოდის განმავლობაში—პერიფერიულ უჯრედებში თუ შესაფერის ნერვულ სისტემაში, პიგალევმა ჩაატარა (1928 წ.) თავისებური ცდები. მან ბაჭიებს სუბარახნოიდალურ სივრცეში შეუყვანა ქვანახშირის ფისი და, იმავე დროს, ამ ნივთიერებას უსვამდა კანზე, ე. ი. პროცესის დაჩქარების მიზნით წარმოებდა ნერვულ უჯრედზე ორმხრივი ზემოქმედება. პიგალევი აღნიშნავს კონტროლთან შედარებით ცდებში პაპილომების ოთხჯერ უფრო სწრაფ ზრდას.

პონომარევმა (1928) კი ბაჭიებს მარტო სუბარახნოიდალურ სივრცეში შეუყვანა ქვანახშირის ფისი პერიფერიაზე ზემოქმედების გარეშე, მაგ-

რამ კიბო პერიფერიაზე არ განვითარდა. ავტორის აზრით, სიმსივნის განვითარებისათვის არ არის საკმარისი მარტო ნერვული სისტემის „გატეხა"— მოშლა.

ცდები ჩატარებული იყო აგრეთვე კუჭ-ნაწლავის ტრაქტზედაც: სწორ ნაწლავზე (ბუშკე), კუჭზე (პიგალევი).

ტზუნოდამ ბაჭიას ცალმხრივ გადაუკვეთა ენის ნერვი, ქვანახშირის ფისი კი ენის ორივე ნახევარში შეუყვანა. შედეგი დემონსტრაციული აღმოჩნდა. დენერვირებულ მხარეზე ეპითელიუმი არათუ არ გაიზარდა, არამედ მან ატროფია განიცადა. ანალოგიური ცდები ჩაატარა პიგალევმა ბაჭიის ყურზე მსგავსივე შედეგებით.

საინტერესოა აგრეთვე ნოტიკის (1940 წ.) ცდები. იგი თაგვის ზურგის უკანა ნაწილზე უსვამდა ფისს ან 3—4 ბენზპირენს, პრეკანცერულ პერიოდში კვეთდა საჯდომ ნერვს და მის ცენტრალურ ნაწილს აღიზიანებდა ქინძისთავით ან ფორმალინში დასველებული ბამბით. კონტროლთან შედარებით ღებულობდა პაპილომების უკუგანვითარებას 2-ჯერ უფრო ხშირად.

საყურადღებოა ა. სპერანსკის სკოლის მიერ ჩატარებული ცდები, რომლებიც მიეძღვნა გადამყნილი სიმსივნეების დროს მეტასტაზების განვითარებაზე ნერვული სისტემის როლის შესწავლას. ასე, პოპოვს ბაჭიების დიდი წვივის ძვლის არხში შეჰყავდა სიმსივნის უჯრედები. სოლოვიევსა და ლებედინსკაიას ორმხრივი სუბდიაფრაგმული ვაგოტომიის შემდეგ სიმსივნური უჯრედები შეჰყავდათ შინაგან ორგანოებში. სპეციალური ცდები მიეძღვნა დროის ფაქტორის როლის გარკვევას. ჯერ კეთდებოდა სიმსივნის ინოკულაცია მარცხენა სათესლე ჯირკვალში, შემდეგ კი 2—14 დღის განმავლობაში მისი მთლიანი ამოკვეთა. აღმოჩნდა, რომ მეტასტაზები უფრო ვითარდებოდა, როცა ოპერაცია კეთდებოდა ინოკულაციის შემდგომ პირველ დღეებში. აქ ადგილი აქვს ორმაგ გაღიზიანებას.

საინტერესოა შინაურ კურდღლებზე ჩატარებული ცდები ბროუნ-პირსის ადენოკარცინომის აცრის დროს სხვადასხვა ნერვების გადაკვეთით. თუ სიმსივნის აცრამდე კურდღელს გადაუკვეთავდენ ცთომილ ნერვს, მაშინ მრავალი მეტასტაზი აღინიშნებოდა კუჭსა და ფილტვებში. სიმპათიკური ნერვის გადაკვეთის დროს კი მეტასტაზები უფრო ხშირი იყო თირკმლებსა და თირკმელზედა ჯირკვლებში.

სოლოვიოვსა და ლებედინსკაიას სიმსივნის უჯრედები ერთ შემთხვევაში აორტაში შეჰყავდათ. 20 ბაჭიიდან მეტასტაზი მხოლოდ სამს განუვითარდა. ემულსიის ვენაში შეყვანისას კი მეტასტაზები 20 საცდელი ცხოველიდან თვრამეტს განუვითარდა. სპერანსკის აზრით, ამ შემთხვევაში მეტასტაზების განვითარება განაპირობა არა ემულსიამ, არამედ ფილტვების რეცეპტორულმა მიდამომ.

პერიფერიული ნერვული რეცეპტორების როლის საკითხს მიეძღვნა რამდენიმე ცდა. ცდებში ბაჭიებზე ბროუნ-პირსის სიმსივნის აცრისას გამოირკვა, რომ ლუმბალური ბლოკადა ნოვოკაინით თვალსაჩინოდ აფერხებდა აცრილი სიმსივნის მეტასტაზირებას.

ამ საკითხს მიეძღვნა აგეენკოს (1952) ცდები. მან შეისწავლა ნერვულ-რეცეპტორული მოწყობილობის ფუნქციის მოშლის როლი იმპლანტირებული სიმსივნეების მიმართ. იგი თეთრი თაგვების ზურგის შესაფერის მიდამოში, სიმსივნის აცრამდე ნახევარ საათით ადრე, იწვევდა ნოვოკაინით ბლოკადას. ავტორის დასკვნით, საცდელ ცხოველებში, ე. ი. რომლებშიც პერიფერიული ნერვული დაბოლოებები ფუნქციონალურად დასუსტებული იყო, სიმსივნური პროცესი გაცილებით ავთვისებიანად მიმდინარეობდა, ვიდრე საკონტროლოში.

და ბოლოს, აღსანიშნავია ლატმანიზოვას ცდა. იგი კანცეროგენით მოქმედებდა უშუალოდ ნერვზე. ამ დროს ვითარდებოდა ნერვში პარაბიოზის მოვლენა, აკომოდაციის მექანიზმის მოშლა, რასაც შეუძლია ხელი შეუწყოს გარეშე აგენტზე შეუკავებელი რეაქციისაკენ ტენდენციას. ეპითელური ქსოვილისათვის, ავტორის აზრით, იგი შეიძლება კიბოს განვითარებით გამოიხატოს.

ყველა მოყვანილი მონაცემი მოწმობს, რომ ნერვული სისტემა თამაშობს წამყვან როლს სიმსივნეების განვითარებაში, მაგრამ გაურკვეველი რჩება ის მექანიზმი, რომლითაც ხორციელდება კიბოს წარმოქმნა.

კავეცკის აზრით, თუ გამოვალთ ნერვული სისტემის ფუნქციის შესახებ თანამედროვე შეხედულებებიდან, შეიძლება ვიფიქროთ ავთვისებიანი სიმსივნის წარმოქმნისა და განვითარების პროცესში ნ. ს. როლის შემდეგ ორ გზაზე: ერთი მხრით, ასრულებს რა თავის ტროფიკულ ფუნქციას, ნ. ს. შეუძლია ნივთიერებათა ცვლის რეგულაციაში შექმნას ის ხარისხობრივი ცვლილებები, რომლებიც საფუძვლად უდევს სიმსივნის სწრაფ ზრდას; მეორე მხრით, რადგან თავის ტვინის ქერქი „დაავადებათა საწინააღმდეგო ფიზიოლოგიურ ღონისძიებათა“ ორგანიზატორია, ამიტომ მისი შესუსტება იწვევს სიმსივნისადმი დისპოზიციის განვითარებას.

როგორც ამ მოკლე ლიტერატურული მიმოხილვიდან და ჩვენი წინა შრომიდან ჩანს[1], ცენტრალური ნერვული სისტემა თამაშობს გადამწყვეტ როლს სიმსივნეების განვითარებაში. წინამდებარე შრომას წინასწარი ხასიათი აქვს და იგი ნაწილია იმ სამუშაოსი, რომლებსაც ატარებს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ექსპერიმენტული და კლინიკური ქირურგიისა და ჰემატოლოგიის და სისხლის გადასხმის ინსტიტუტები ავთვისებიანი სიმსივნის პრობლების გარშემო.

წინასწარ გვინდა აღვნიშნოთ, რომ ჩვენ ხელმისაწვდომ ლიტერატურაში ვერ ვნახეთ მითითება ინდუცირებული სიმსივნეების განვითარებაში ნევროტომიის მნიშვნელობაზე, ამიტომ გადავწყვიტეთ ჩაგვეტარებინა ასეთი ცდები.

ცდები დაწყებული იყო 1952 წლის 25 ივლისს. 6 ზაზუნას, ყოველგვარი ანესტეზიის გარეშე, მარჯვენა ბარძაყის ზედაპირზე გაკრეჭისა და კანის სპირტითა და იოდით დამუშავების შემდეგ გაეკვეთა კანი, კანქვეშა ქსოვილი, გაეთიშა კუნთები და მონახულ იქნა საჯდომი ნერვი. აღსანიშნავია ის მდგომარეობა, რომ ზოგიერთ ზაზუნაში საჯდომი ნერვი წარმოდგენილია საკ-

[1] იხ. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XIV, № 2, 1953, გვ. 105.

შარისად მსხვილი ერთი ღეროთი, ზოგში კი საჯდომი ნერვი განტოტებას განიცდის, რის გამო მისი მონახვა საკმარისად ძნელი იყო და კუნთები ზიანდებოდა. ნერვის მონახვისა და გადაკვეთის შემდეგ ჭრილობა ერთ სართულად იკვრებოდა 3 კვანძოვანი ნაკერით (ოპერატორი — უფრ. მეცნ. თანამშრ. გ. ოდიშვილი).

ნევროტომიის შედეგად ფეხის დამბლის მოვლენები თითქმის არ განვითარებულა. ზაზუნები მარჯვენა ფეხს თავისუფლად ხმარობდნენ. მხოლოდ ერთ ზაზუნას (№ 6) განუვითარდა ნაწილობრივი დამბლა, რაც გამოიხატა ფეხის, უფრო სწორად თათების, გადაბრუნებაში და მათ გათრევაში სიარულის დროს. უნდა ვაღიაროთ, რომ ნევროტომიის ასეთმა შედეგებმა ეჭვი დაბადა: ნამდვილად ხდებოდა საჯდომი ნერვის გადაკვეთა თუ არა (სამწუხაროდ, გადაჭრილი ნერვების ჰისტოლოგიური შესწავლა არ გვიწარმოებია).

ნაკერები მე-6 დღეს მოვხსენით, მაგრამ ზოგიერთი ცხოველი ჩვენ არ დაგველოდა და თვითონ ამოიგლიჯა კანი ნაკერებიანად, რის გამო მათ განუვითარდათ წყლული, ზოგჯერ ფართობით 1×2 სანტიმეტრზე. ჭრილობა და წყლულიც საერთოდ სწრაფად და კარგად შეხორცდა, ასე რომ მე-10—მე-13 დღეს არც ერთ ცხოველს თითქმის არ ემჩნეოდა ჭრილობის ადგილი.

ნევროტომიიდან მე-15 დღეს (8/VII) აღნიშნულ 6 ზაზუნას მარჯვენა ბარძაყის სისქეში, ნევროტომიის ადგილიდან ერთი სანტიმეტრის ქვემოთ, შევუყვანეთ ძლიერი კანცეროგენული ნივთიერების 9.10 დიმეთილ—1.2—ბენზანტრაცენის 1 მილიგრამი, გახსნილი 0,2 კბ სმ ბენზოლში. ამავე დროს კანცეროგენის იგივე რაოდენობა შესაფერ ადგილზე შევუყვანეთ 3 ზაზუნას (№№ 7, 8 და 9ა), რომლებიც მიჩნეულ იქნენ საკონტროლოდ.

კანცეროგენული ნივთიერების შეყვანის შემდგომ პერიოდში ზაზუნების ამ 2 ჯგუფში შესამჩნევი იყო ზოგიერთი განსხვავება. ზოგიერთ ნევროტომირებულ ზაზუნაში ნაკლებად იყო გამოხატული ფეხის დამბლის მოვლენები, ვიდრე კონტროლში. როგორც ქვემოთ მოყვანილი ცხრილიდან ჩანს, 6 ნევროტომირებული ზაზუნადან ერთი დაიღუპა ცდის პროცესის პერიოდში, დარჩენილ 5 ზაზუნადან ფეხის ხმარების გაძნელება და სუსტად გამოხატული დადამბლავება მხოლოდ ერთს ემჩნეოდა, მაშინ როცა საკონტროლო ჯგუფის 3 ცხოველიდან მეტად თუ ნაკლებად გამოხატული ფეხის დადამბლება სამივე ზაზუნას აღენიშნებოდა.

როგორც ცნობილია, ჩვენ მიერ ხმარებულ კანცეროგენულ ნივთიერებას ახასიათებს ძლიერი, ზოგადი ტოქსიკური მოქმედება, ამიტომ ზაზუნების ორგანიზმში 9.10 დიმეთილ—1.2 ბენზანტრაცენის 1 მილიგრამის შეყვანის შედეგადაც კი იცვლებოდა მათი ზოგადი მდგომარეობა: ცხოველები ხდებოდნენ დუნე, აპათიური, შეხებისას კი ადვილად ასაგზნები და „ჭირვეულები".

განსხვავება ადგილობრივ გამოხატული მოვლენებიდან, გარდა ფეხის დადამბლავებისა, ყველაზე თვალსაჩინო იყო ინფილტრატის განვითარებაში, სახელდობრ, ნევროტომირებულ ზაზუნებში ინექციის ადგილზე ინფილტრატის განვითარება თითქმის ორჯერ და მეტად იგვიანებდა კონტროლთან შედარებით (იხ. ცხრილი 1).

ცხრილი 1

ცხოველების №№	ნევროტომია	ცხოველის მდგომარ. ნევროტომიის შემდეგ: ზოგადი (მოდუნება, აპათია, ადვ. აგზნებადობა)	ცხოველის მდგომარ. ნევროტომიის შემდეგ: ფეხის მხრივ	კანცეროგენის შეყვანა	ცხოველის მდგომ. კანცეროგენის შეყვანის შემდეგ: ზოგადი (მოდუნება, აპათია, ადვილი აგზნებადობა)	ცხოველის მდგომ. კანცეროგენის შეყვანის შემდეგ: ფეხის მხრივ	ინფილტრატის განვით.	სიმსივნის განვითარება	შენიშვნა
				ნ ე ვ რ ო ტ ო მ ი რ ე ბ უ ლ ი ც ხ ო ვ ე ლ ე ბ ი					
1	25/VII—52 წ.	—	—	8/VIII—52 წ.	±	—	15 დღეზე		
2	„	—	—	„	±	—	„		
3	„	—	—	„	±	—	„		მოკვდა 70-ე დღეს კახექსია კბილ. პათ. ზრდა
4	„	—	—	„	—	—	20 დღეზე		
5	„	±	—	0	0	0	0		მოკვდა ცდის დროს მაგიდაზე თავის დარტყმით და ხელზე კბენით
6	„	—	±	8/VIII—52 წ.	±	±	10 დღეზე		გაიყინა 3,5 თვის შემდეგ
				ს ა კ ო ნ ტ რ ო ლ ო ც ხ ო ვ ე ლ ე ბ ი					
7	0	0	0	8/VIII—52 წ.	±	+	6 დღეზე	3 თვეზე	
8	0	0	0	„	±	+	„	0	მოვკალით $1^3/_4$ თვეზე
9ა	0	0	0	„	±	+	„	0	გაიყინა $3^1/_2$ თვეზე

\+ ფეხის დამბლის კარგად გამოხატვა (ან საერთო მდგომარეობის გაუარესება).

— „ „ არარსებობა (ან ზოგადი ცვლილებების არ არსებობა).

± „ „ სუსტად გამოხატვა (ან ზოგადი ცვლილებების სუსტად გამოხატვა).

რაც შეეხება ჰიპერემიის ინტენსიობას და ხანგრძლიობას, ინფილტრატის ოდენობას, მტკივნეულობას, აგზნებადობის მოვლენების ინტენსიობას, საკვებისადმი მიდრეკილებას და სხვ., ამ მხრივაც შესამჩნევი იყო ზოგიერთი განსხვავება. მაგრამ რაიმე დასკვნების გამოტანისაგან თავს ვიკავებთ ცხოველთა რიცხვის სიმცირის გამო. ამ საკითხების დაზუსტებას უსათუოდ გარკვეული მნიშვნელობა აქვს და მათ ყურადღება მიექცევა მომავალ ცდებში.

ცდების მსვლელობაში ნევროტომირებული ჯგუფიდან ზაზუნა № 3 მოკვდა 2 თვესა 10 დღეზე კახექციის ნიადაგზე, რის მიზეზიც იყო კბილებას პათოლოგიური ზრდა. № 5, როგორც ეს ზემოთ იყო აღნიშნული, დაიღუპა, № 6 გაიყინა ცდის დაწყებიდან 3 $^1/_2$ თვის შემდეგ.

ამრიგად, ამჟამად ცოცხალია 3 ზაზუნა №№ 1, 2 და 4. მათ ინექციის ადგილზე აქვთ მუხუდოს მარცვლის ოდენა და უფრო მოზრდილი ინფილტრატი, რომელიც მთელი ამ ხუთი თვის განმავლობაში თითქმის არ იცვლება.

საკონტროლო ჯგუფიდან № 8 შეცდომით მოვკალით ცდის დაყენებიდან მეორე თვეზე (№ 9ა ცდის დაწყებიდან 3 $^1/_2$ თვეზე გაიყინა).

ამჟამად ცოცხალია № 7. მას ცდის დაწყებიდან მე 3 თვეზე განუვითარდა სიმსივნე, რომლის ოდენობა ამჟამად 4×4 სმ-ს აღწევს.

ჩატარებული ცდების შედეგების დემონსტრირების მიზნით შეიძლება წარმოვადგინოთ ცხრილი 1.

ამრიგად, საჯდომი ნერვის ანატომიური მთლიანობის დარღვევა ჩვენს ცდებში, ე. ი. კანცეროგენული ნივთიერების, როგორც პერიფერიული გამღიზიანებლისთვის, ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე ზემოქმედებისათვის ნერვული გზის დარღვევა საგრძნობ განსხვავებას იძლევა სიმსივნის ინდუცირებაში. საკონტროლო ცხოველს № 7 ცდის დაწყებიდან 3 თვეზე განუვითარდა სიმსივნე. საცდელ ცხოველებს კი, მიუხედავად იმისა, რომ ცდის დაწყებიდან 5 თვე გავიდა, ჯერჯერობით სიმსივნე არ განვითარებიათ.

მართალია, წარმოდგენილი ცდები დაუმთავრებელია და მათ მხოლოდ წინასწარი ხასიათი აქვს. მაგრამ მიღებული შედეგები ერთხელ კიდევ ამტკიცებს ჩვენ მიერ წინა შრომებში გამოთქმულ აზრს, რომ სიმსივნის ინდუცირება, ისე როგორც „სპონტალური" სიმსივნე, ორგანიზმის ზოგადი დაავადებაა და არა ადგილობრივი პროცესი. სიმსივნური პროცესის ავტონომიურობაზე ლაპარაკი მოკლებულია ყოველგვარ მეცნიერულ ღირებულებას. ექსპერიმენტული სიმსივნის მისაღებად საკმარისი არ არის შეყვანილი კანცეროგენული ნივთიერების ადგილობრივი მოქმედება, არამედ მან ც. ნ. ს. საშუალებით უნდა გამოიწვიოს ორგანიზმში ზოგადი, ხარისხობრივი ცვლილებები.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ექსპერიმენტული და კლინიკური ქირურგიისა
და ჰემატოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 9.3.1953)

ისტორია

გ. მელიქიშვილი

მხერ-კაპუსის ურარტული წარწერის ინტერპრეტაციისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ნ. ბერძენიშვილმა 25.2.1953)

ურარტული წარწერებიდან ჩვენ ვიცით ურარტელთა რამდენიმე ათეული სხვადასხვა ღვთაების სახელი. ამ ღვთაებათა შორის ღმერთებს გარდა, რა თქმა უნდა, იქნებოდნენ ქალღმერთებიც, მაგრამ მათი ერთმანეთისაგან გამოყოფა არ ხერხდებოდა, რადგანაც ურარტული დამწერლობა არაფრით არ განასხვავებს ურთიერთისაგან ღმერთებსა და ქალღმერთებს — განურჩევლად ყველა მათგანის სახელის წინ იგი სვამს ერთსა და იმავე დეტერმინატივს — ღვთაებათა სახელების დეტერმინატივს.

მაგრამ, ვფიქრობთ, ერთ-ერთ ურარტულ წარწერაში ჩვენ შეიძლება მოვძებნოთ დასაყრდენი იმისათვის, რომ ერთმანეთისაგან განვასხვავოთ ურარტელთა ღმერთები და ქალღმერთები. ესაა მხერ-კაპუსის წარწერა, რომელიც ამოკვეთილია ვანის ახლოს, ზიმზიმ-დაგის სამხრეთ-დასავლეთ ფერდობზე კლდეში ამოჭრილი ნიშის კედელზე. წარწერა შედგენილია მეფე იშფუინისა და მისი ვაჟის მენუას სახელით, ე. ი. წარმოადგენს ჩ. ე-მდე IX ს-ის უკანასკნელი მეოთხედის ძეგლს[1]. მხერ-კაპუსის წარწერა ყველაზე მნიშვნელოვანია ურარტულ წარწერათაგან ურარტული რელიგიის შესწავლისათვის. წარწერის უმთავრესი ღირებულება ისაა, რომ იგი შეიცავს საერთო ურარტული პანთეონის ყველა ღვთაების ჩამოთვლას. მხერ-კაპუსის წარწერიდან ჩვენ ვიგებთ ურარტელთა 50-ზე მეტი სხვადასხვა ღვთაების სახელს — აქ ისინი ჩამოთვლილი არიან მათთვის განკუთვნილი სამსხვერპლო ცხოველების (ხარების, ძროხების, თიკნებისა და ცხვრების) რაოდენობის აღნიშვნით. ასეთ ღვთაებათა გვერდით, რომელთაც თავისი საკუთარი სახელები გააჩნდათ, აქ დადგენილია სამსხვერპლო ცხოველთა რაოდენობა ისეთი ღვთაებებისათვისაც, როგორიც არიან, მაგალითად, „ქვეყანათა ღმერთი", „მთების ღმერთი", „ტბების ღმერთი", ცალკეა დადგენილი აგრეთვე შესაწირავი ურარტელთა უზენაესი ღვთაება ხალდის „სიდიადისადმი" (alsuiše) და სხვა მსგავსი ნიშნებისათვის, „ღვთაება ხალდის იარაღისათვის", „ღვთაება ხალდის მხედრობისათვის", „ღვთაება

(¹ პირველად წარწერა შულცის ავტოგრაფიის სახით გამოქვეყნდა 1840 წ. [1]; ამ ავტოგრაფიის მიხედვით წარწერა (ტრანსკრიფცია და თარგმანი) გამოსცა სეისმა [2] და შემდეგ აგრეთვე სანდალჯიანმა [3]. ტრანსკრიფცია და, აგრეთვე, წარწერის ესტამპაჟების ფოტოსურათები გამოაქვეყნა ლემან-ჰაუპტმაც ([4], № 18, ტაბ. 7, 8, 9, 10). მხერ-კაპუსის წარწერა 27-ე ნომრით ქვეყნდება ჩვენს ნაშრომში „ურარტული ლურსმული წარწერები" [5], სადაც წარწერის ტრანსკრიფციასა და თარგმანში შეტანილი გვაქვს წინამდებარე გამოკვლევის შედეგები.

თეიშებას მხედრობისათვის“ და სხვ. საპატიო ადგილი უკავია აქვე ურარტელთა სხვადასხვა რელიგიური ცენტრებისათვის განკუთვნილი შესაწირავის მოხსენიებას.

წარწერაში ყურადღებას იქცევს გარკვეული თანმიმდევრობა სამსხვერპლო ცხოველთა დასახელებისას, რაც, ჩვენი აზრით, სწორედ საშუალებას იძლევა დავაჯგუფოთ ურარტელთა ღვთაებანი ღმერთებათა და ქალღმერთებად და აგრეთვე გამოვყოთ ურარტელთა ქალღმერთების უზენაესი სამეული. ღვთაებებს, როგორც ავღნიშნეთ, ურარტელები მსხვერპლად სწირავდნენ ხარებს, ძროხებს, თიკნებსა და ცხვრებს. და აი წარწერაში პირველად იხსენიებიან ის ღვთაებები, რომელთაც მსხვერპლად სწირავენ ხარების (GUD) და ცხვრების (UDU) გარკვეულ რაოდენობას (წარწერის სტრ. 4—19), შემდეგ—ისინი, რომელთაც სწირავენ მარტოოდენ ცხვრებს (სტრ. 20), 21-ე სტრიქონიდან კი იწყება იმ ღვთაებათა ჩამოთვლა, რომელთაც მსხვერპლად სწირავენ უკვე ძროხებს (^{GUD}A'B) და ცხვრებს (სტრ. 21), მარტო ძროხებს (სტრ. 21—22) და, ბოლოს, მარტოოდენ ცხვრებს (სტრ. 22—23). ჩვენს წინაშეა, როგორც ჩანს, ღვთაებათა ორი კატეგორია: პირველ კატეგორიას ეკუთვნიან ღვთაებები, რომელნიც დასახელებული არიან 21-ე სტრიქონამდე—უფრო მნიშვნელოვანთ მათგან მსხვერპლად სწირავენ ხარებსა და ცხვრებს, ნაკლებ მნიშვნელოვანთ—მხოლოდ ცხვრებს, მეორე კატეგორიის ღვთაებებიდან კი, რომელნიც ჩამოთვლილი არიან წარწერის სტრ. 21—23-ში, ყველაზე მნიშვნელოვანთ სწირავდნენ ძროხებსა და ცხვრებს, მათთან შედარებით უფრო ნაკლებ მნიშვნელოვანთ—მარტო ძროხებს და კიდევ უფრო ნაკლებ მნიშვნელოვანთ—მარტო ცხვრებს. ამრიგად, პირველი კატეგორიის ღვთაებებს მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვიდან სწირავენ ხარებს, მეორე კატეგორიის ღვთაებებს კი ძროხებს. შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ეს განსხვავება ემყარება განსხვავებას სქესში: ღმერთებს სწირავენ ხარებს, ხოლო ქალღმერთებს ძროხებს. ამრიგად ჩვენ მივდივართ იმ დასკვნამდე, რომ მხერ-კაპუსის წარწერაში, სტრ. 1-20-ში ჩამოთვლილია ღმერთები (ანდა საერთოდ მამრობითი საწყისის განმასახიერებელი მოვლენები), ხოლო სტრ. 21—23-ში ქალღმერთები (ანდა საერთოდ მდედრობითი საწყისის განმასახიერებელი მოვლენები). ამრიგად, ირკვევა, რომ მამრობითი საწყისის განმასახიერებელ ღვთაებებს წარმოადგენენ ურარტელთა ღმერთები: ხალდი (ḫaldi), თეიშება (teišeba), შივინი (šiuini)—მზის ღმერთი, ხუტუინი (ḫuṭuini), ტურანი (ṭurani), უა (ua), ნალაინი (nalaini), შებითუ (šebitu), არსიმელა (arsimela), ანაფშა ('anapša), დიდუაინი (diduaini), შელარდი (šelardi)—მთვარის ღვთაება, ათბინი (atbini), კუერა (quera)[1], ელიფრი (elipri), თარრაინი (tarraini), ადარუთა

[1] ღვთაება კუერა, როგორც ჩანს, წარმოადგენდა ნაყოფიერების იდეის განსახიერებას რომელსამე ასპექტში: ძველ ქართულ წარმართულ პანთეონში ჩვენ ვხვდებით ღვთაება კვირიას—ნაყოფიერების, პირველ ყოვლისა შვილოსნობის, მაგრამ აგრეთვე მოსავლის, ღვთაებას ([7], გვ. 64—70). ძველი ქართული წარმართული პანთეონის ღვთაება კვირია ალბათ იგივე ღვთაებაა, რაც ურარტული პანთეონის კუერა (გამოთქმაში: კვერა, კვირა). ქართველთა კვირია,

(adaruta), ირმუშინი (irmušini), ალაფთუშინი (alaptušini), ერინა (erina), შინირი (šiniri), უნინა (unina), აირაინი (airaini), ზუზუმარუ (zuzumaru), ხარა (ḫara), არაზა (araza), ზიუკუნი (ziuquni) (იხ. [6], გვ. 694—696), ურა (ura), არციბედინი (arṣibedini), არნი (arni), არტუარასი (arṭu'arasi), შუბა (šuba), ელია (eli'a), თალაფურა (talapura), კილიბანი (qilibani).

ქალღმერთების ჩამოთვლა (სტრ. 21—23) იწყება არუბა(ი)ნით ('aruba-(i)ni), შემდეგ მოხსენიებულია ქალღმერთი, რომლის სახელსაც აქამდე შეცდომით კითხულობდნენ „ბაბა"-ს სახით (ამ სახელის სწორი წაკითხვის შესახებ ჩვენ ქვემოთ გვექნება საუბარი) და შემდეგ: ტუშფუეა (ṭušpuea), აუი (aui), აია (aia), სარდი (sardi), ცინუიარდი (ṣinuiardi), იფხარი (ipḫari), ბარცია (barṣia), სილია (silia), არა (ar'a), ადია (adia), უია (uia), ᴰainaue[1], არდი (ardi) და ᴰinuanaue[1].

თუ ეს ჩვენი დაკვირვება სწორია, მაშინ ბუნებრივი იქნება ვიფიქროთ, რომ ღ ვ თ ა ე ბ ა ა რ უ ბ ა ნ ი ('aruba(i)ni), რომელიც პირველი იხსენიება (სტრ. 21—ტექსტის გამეორებისას: სტრ. 68) იმ ღვთაებათა შორის, რომელთაც მსხვერპლად სწირავენ ძროხებს, ე. ი., როგორც ჩვენ გვგონია, ქალღმერთებს შორის, უნდა წარმოადგენდეს ყველაზე მნიშვნელოვანს ქალღმერთს, უ რ ა რ ტ ე ლ თ ა უ ზ ე ნ ა ე ს ქ ა ლ ღ მ ე რ თ ს, რომელიც ამავე დროს ალბათ განიხილებოდა უზენაესი ღვთაების ხალდის მეუღლედ.

ის, რომ არუბანი წარმოადგენდა ურარტელთა უზენაეს ქალღმერთს, დასტურდება სხვა ურარტული წარწერების მასალითაც. კერძოდ, ყურადღებას იქცევს ხალდისა და არუბანის ერთად მოხსენიება რამდენსამე ურარტულ წარწერაში. ასე მაგალითად, მენუას წარწერაში გიუზაკიდან (ვანის ტბის აღმოსავლეთით) ([4], № 56, ტაბ. 19) ლაპარაკია მეფის მიერ ამ ადგილებში „დიდებული ციხე-სიმაგრისა" და ღვთაება ხალდის „ჰიშკრის" (ე. ი. ტაძრის) აგებაზე, ბაღებისა და ვენახების მოწყობაზე და სხვ. ამ ამბებთან, კერძოდ ვენახთან, დაკავშირებით წესდება მსხვერპლის შეწირვა და საკულტო ცერემონიები. წარწერაში ნათქვამია: „მენუა ამბობს: როდესაც ვენახი tešule[2], ხარი და 3 ცხვარი დაე მსხვერპლად შეეწიროს (ღვთაება) ხალდს (და) ცერემონიები (?) დაე აღსრულდეს (?) როგორც ხალდის ჰიშკართან, ისე წარწერის წინ. როდესაც ვენახის მოწყობა (?) 'aḫule[3], დღესასწაული (?) მოეწყოს (?) (ღვთაება) ხალდისათვის ხალდის ჰიშკართან, დღესასწაული (?) — (ქ ა ლ ღ მ ე რ თ) ა რ უ ბ ა ნ ი ს, დღესასწაული (?) — (ღვთაება) ხალდს წარწერის წინ" ([4], № 56, სტრ. 23—36). ხალდისა და არუბანის ასეთსავე ერთად მოხსენიებას ჩვენ ვხვდებით წარწერაში აშოტაკერტიდან (აშრუტ-დარგა სოფ. პაგანის მახლობლად, მდ. კოტურის სათავესთან, ვანის სამხრეთ-აღმოსავლეთით. [4], № 16, ტაბ. 6). ამ საკულტო წარწერაში ლაპარაკია მეფე იშფუინისა

ეთნოგრაფიულ მასალაზე აკად. ივ. ჯავახიშვილის მიერ წარმოებული დაკვირვების მიხედვით, მამრობითი ღვთაებაა, ისევე როგორც ურარტელთა კუერა.

[1] ღვთაებათა ეს სახელები ალბათ წარმოადგენენ რაიმე საზოგადო სახელებს.

[2] მყოფადი დროის მხოლ. რიცხვის მე-3 პირის ფორმა; მნიშვნელობა უცნობია.

[3] მყოფადი დროის მხოლ. რიცხვის მე-3 პირის ფორმა; მნიშვნელობა უცნობია.

და მისი ვაჟის მენუას მიერ ღვთაება ხალდისათვის საკულტო ნაგებობის—susi ს აგებაზე. ამასთან დაკავშირებით მეფე იშფუინი აწესებს მსხვერპლის შეწირვას. წარწერაში ნათქვამია: „(მეფე იშფუინმა) ბრძანება გასცა: ...ღვთაება ხალდისათვის დაიკლას (?) თიკანი, (და აგრეთვე) ხარი შეეწიროს ღვთაება ხალდს, ძროხა—ღვთაება უარუბანის([1], ცხვარი—ღვთაება ხალდის ქიშკარს (და) ცხვარი—ღვთაება ხალდის იარაღს“ (სტრ. 3—5, 8—10). ხალდისა და უარუბანის (ჩვენი არუბანი—'arubani-ს ვარიანტი) ერთად მოხსენიების გარდა აქ საინტერესოა ის, რომ როგორც მხერ-კაპუსის წარწერაში, აქაც იმნაირადვე ღვთაება ხალდს მსხვერპლად სწირავენ ხარს, ღვთაება უარუბანის კი ძროხას. ამ წარწერაში, სადაც ლაპარაკია მარტოოდენ ღვთაება ხალდისათვის საკულტო ნაგებობის (susi-ს) აშენების შესახებ, (უ)არუბანის მოხსენიება შეიძლება ავხსნათ მხოლოდ იმით, რომ პანთეონში ეს ღვთაებები მჭიდროდ იყვნენ დაკავშირებული ერთმანეთთან იმით, რომ არუბანი წარმოადგენდა ღვთაება ხალდის მდედრობით ორეულს, განიხილებოდა მის მეუღლედ. როგორც ჩანს, სრულიად ანალოგიურ ვითარებასთან გვაქვს ჩვენ საქმე მეფე არგიშთი I-ის არმავირში ნაპოვნ ერთ-ერთ წარწერაში ([8], № 17), სადაც მე-3 სტრიქონის დაუზიანებლად დარჩენილ ნაწილში იკითხება: GUD ^{D}ḫal di-e TAG ^{GUD}A'B ^{D}[···] „ხარი ღვთაება ხალდს უნდა შესწირონ (და) ძროხა ღვთაება [···]“. იმ ღვთაების სახელად, რომელსაც მსხვერპლად სწირავენ ძროხას, ჩვენ სრული უფლებით შეიძლება აღვადგინოთ უზენაესი ქალღმერთის არუბანის სახელი.

ყოველივე ზემოთქმულის შემდეგ, ჩვენ გვგონია, ძნელია იმაში დაეჭვება, რომ ქალღმერთი არუბანი ('arubani—ვარ. uarubani) წარმოადგენდა ურარტელთა უზენაეს ქალღმერთს და განიხილებოდა უზენაესი ღვთაების ხალდის მეუღლედ. ასურეთის მეფის სარგონ II-ის წარწერებიდან ცნობილია, რომ ღვთაება ხალდის კულტის ცენტრში—ქალაქ მუსასირში, ხალდის ტაძარში, ხალდის ქანდაკებასთან ერთად მდგარა მისი მეუღლის—ქალღმერთ ბაგმაშთუს (bagmaštu) ქანდაკება ([9], გვ. 38—40), რომლებიც აქ სარგონმა ხელში ჩაიგდო. სარგონის მიერ მუსასირში ხელთნაგდებ ნადავლში იხსენიება აგრეთვე „ღვთაება Ḫaldia-სა და მისი მეუღლის Bagmaštu-ს განძეულობა“ ([2] და ა. შ. ძნელია დაეჭვება იმაში, რომ ქალღმერთი—ღვთაება ხალდის მეუღლე, რომელსაც თაყვანს სცემდნენ მუსასირში, იყო სწორედ ურარტელთა ქალღმერთი არუბანი. გაკვირვებას იწვევს მხოლოდ ის, რომ ასურელები მას უწოდებენ არა არუბანის, არამედ იხსენიებენ აშკარად ირანული სახელწოდებით Bag-maštu (=ირან. Baga-mazda?—შდრ. Aḫura-mazda) ([9], გვ. 39, შენ 2). შესაძლებელია, ამასთან კავშირშია ის გარემოება, რომ სარგონის წარწერებში არსად არაა ნათქვამი, რომ ბაგმაშთუ იყო ურარტუს ქალღმერთი, ურარტუს მეფის რუსას ქალღმერთი, სარგონი მუდამ იხსენიებს მას, როგორც მუსასირის მეფის ურზანას ქალღმერთს ([9], გვ. 38). როგორც ჩანს, ასურელებისა-

([1] GUDA'B ^{D}ú-a-ru-ba-ni-e.

([2] šú-ka-ni ^{D}ḫal-di-a ù ^{D}ba-ag-maš-ti aššati-šu („ლუვრის ფირფიტა“ [10], სტრ. 391).

თვისაც ცნობილი იყო, რომ ასეთი სახელწოდების მქონე ქალღმერთს არ იცნობდნენ ურარტელები, რომ Bagmaštu-ს სახელის მატარებელი ქალღმერთი მარტოოდენ მუსასირის ღვთაებას წარმოადგენდა. ამრიგად, ირკვევა, რომ ურარტული პანთეონის ქალღმერთ არუბანის მუსასირში ამ დროისათვის (VIII ს-ის დასასრული ჩ. ე-მდე) მოუპოვებია ახალი სახელი—ირანული სახელწოდება „ბაგმაშთუ“. ეს მოვლენა, შესაძლებელია, მიუთითებს სერიოზულ მოვლენებზე, რომლებიც მომხდარა მუსასირში: ხური-ურარტულ მუსასირს ალბათ შეერია რომელიმე ირანელი ტომი ან მისი ნაწილი და ამ ტომის მფარველი ღვთაება—ბაგმაშთუ გაიგივებულ იქნა მუსასირში თაყვანცემულ ღვთაება ხალდის მეუღლე არუბანისთან და თანდათან გამოდევნა კიდეც ხმარებიდან ამ უკანასკნელის ურარტული სახელწოდება. ეს გარემოება მიგვითითებს, რომ სარგონ II-ის ეპოქისათვის მუსასირის მოსახლეობის ირანიზაციის პროცესი უკვე შორსაა წასული (შდრ. [9], გვ. 39—40).

ამრიგად, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მხერ-კაპუსის წარწერა შეიცავს ერთმანეთისაგან განცალკევებით ღმერთებისა და ქალღმერთების ჩამოთვლას, იწყებს რა ამასთანავე ქალღმერთთა ჩამოთვლას უზენაესი ქალღმერთი არუბანით—უზენაესი ღვთაება ხალდის მეუღლით. მეორე ადგილი ურარტულ პანთეონში, როგორც ცნობილია, ეკავა ღვთაება თეიშებას, რომელიც ურარტელთა მონათესავე ხურიტებს შორის თაყვანცემული იყო როგორც უზენაესი ღვთაება, იგი აქ პანთეონის სათავეში მდგომ ღმერთს წარმოადგენდა. ხურიტებთან ამ ღვთაების სახელი „თეშუბ“-ის („თეშუფ“-ის) ფორმით იხმარებოდა. თეშუბის გვერდით ხურიტები უზენაესი ქალღმერთისა და თეშუბის მეუღლის სახით თაყვანს სცემდნენ ქ ა ლ ღ მ ე რ თ ხ ე ფ ა (ხ ე ბ ა)-ს. უკვე a priori შეიძლებოდა გვევარაუდა, რომ ხურიტების უზენაეს ღვთაება თეშუბთან ერთად ურარტელები ალბათ თაყვანსა სცემდნენ აგრეთვე მის მეუღლეს—ხურიტების უზენაეს ქალღმერთ ხეფას. ამასთანავე, თუ მხერ-კაპუსის წარწერის ჩვენს მიერ აქ წარმოდგენილი ინტერპრეტაცია სწორია, მოსალოდნელი იყო, რომ ისევე როგორც ხურიტების თეშუბს (ურარტ. თეიშება) ურარტულ პანთეონში ეკავა გარკვეულად მისთვის მიჩენილი მეორე ადგილი უზენაეს ღვთაება ხალდის შემდეგ, ასევე მის მეუღლე ხეფას უნდა სჭეროდა ურარტელთა ქალღმერთებს შორის მეორე ადგილი და მოხსენიებული იქნებოდა უშუალოდ უზენაეს ქალღმერთ არუბანის შემდეგ. მაგრამ, მხერ-კაპუსის წარწერის ყველა გამოცემაში, 21-ე სტრიქონში, არუბანის შემდეგ დგას სახელი „ბაბა“ (^{D}ba-ba-a; იხ. იქვე, სტრ. 68). „ბაბა“—ურარტული სიტყვაა და „მთა“-ს ნიშნავს; ამრიგად ვიღებდით, რომ აქ იხსენიება ღმერთი—„მთა“, ე. ი. მთის ღმერთი, რაც საეჭვოა, რადგანაც უშუალოდ ამის წინ, მე-20 სტრიქონში უკვე იხსენიება „მთების (ღვთაება)“ (^{ŠADU}ba-ba-na-ú-e), რომლისთვისაც მსხვერპლის სახით დაწესებულია აქ 10 ცხვრის შეწირვა. „Corpus Inscriptionum Chaldicarum“-ში გამოქვეყნებული მხერ-კაპუსის წარწერის ესტამპაჟის ფოტოსურათის (ტაბ. VII) დაკვირვებით გასინჯვამ დაგვანახვა, რომ ლეჰის, ლემანჰაუპტის და სხვათა წაკითხვა „ბაბა“ (^{D}*ba*-ba-a) შემცდარია პირველი სილაბური ნიშნის მიმართ, რომელიც ეჭვს გარეშეა, რომ არის არა ba, არამედ

მოხაზულობით მასთან ახლო მდგომი ḫu. ამრიგად, ურარტელთა ქალღმერთებს შორის უზენაეს ქალღმერთ არუბანის შემდეგ წარწერა ასახელებს არა ქალღმერთ ბაბას, არამედ ქალღმერთ ხუბას (Dḫu-ba-a), რომელშიც, რა თქმა უნდა, არ შეიძლება არ დავინახოთ ხურიტების უზენაესი ქალღმერთის, თეშუბის (ურარტ. თეიშება) მეუღლის ხეფას (ხებას) სახელი. ამრიგად, ირკვევა, რომ ხურიტების უზენაესი ქალღმერთი ხეფაც თაყვანცემული იყო ურარტელების მიერ და მას ურარტელთა ქალღმერთებს შორის მეორე ადგილი ეკავა. ურარტელებში ამ ქალღმერთის სახელი „ხუბა“-ს ფორმით იხმარებოდა.

მხერ-კაპუსის წარწერა ურარტელთა ქალღმერთებს შორის სამ სხვადასხვა კატეგორიას ასხვავებს: 1) ქალღმერთები, რომელთაც მსხვერპლად სწირავენ ძროხასა და ცხვარს, 2) ქალღმერთები, რომელთაც მსხვერპლად სწირავენ მარტო ძროხას და, ბოლოს, 3) ქალღმერთები, რომელთაც მსხვერპლად სწირავენ მხოლოდ ცხვარს. პირველ ჯგუფში—ყველაზე მნიშვნელოვან ქალღმერთთა ჯგუფში—სულ სამი ქალღმერთი შედის: არუბანი, ხუბა და ტუშფუეა. ალბათ სწორედ ისინი ქმნიდნენ ურარტელთა ქალღმერთების უზენაეს სამეულს. ზემოთ ჩვენ მიერ ნაჩვენები იქნა, რომ პირველი ორი ამათგანი—არუბანი და ხუბა განიხილებოდნენ ურარტელთა ღმერთების უზენაესი სამეულის ორი პირველი ღვთაების—ხალდისა და თეიშებას მეუღლეებად. ამიტომაც, ბუნებრივი იქნება თუ ვიფიქრებთ, რომ ქალღმერთი ტუშფუეაც, რომელსაც მესამე ადგილი ეკავა ურარტელთა ქალღმერთებს შორის, ალბათ განიხილებოდა მზის ღმერთის შივინის მეუღლედ, რომელსაც მესამე ადგილი ეკავა ურარტელთა ღმერთების უზენაეს სამეულში.

მხერ-კაპუსის წარწერის მე-14 სტრიქონის ინტერპრეტაციის შედეგად ერთ ჩვენს ნაშრომში [11] ნაჩვენები იყო, რომ ურარტუს სამეფოს დედაქალაქი ტუშფა განიხილებოდა ურარტელთა მზის ღვთაების შივინის კულტის ცენტრად. იქვე ხაზგასმული იყო სხვათა შორის ურარტუს დედაქალაქის ტუშფას (ṭušpa) სახელის მსგავსება ურარტელთა ღვთაება ტუშფუეას (ṭušpuea) სახელთან ([11], გვ. 389). იმ ფაქტის დადგენა, რომ ტუშფუეა წარმოადგენდა ურარტელთა მზის ღვთაების მდედრობით ორეულს, ამტკიცებს მოსაზრებას, რომ ტუშფა წარმოადგენდა ურარტელთა მზის ღვთაების კულტის უძველეს ცენტრს, და ამასთანავე იმას, რომ მისი სახელი მართლაც კავშირშია ურარტელთა ღვთაება ტუშფუეას სახელთან.

მხერ-კაპუსის წარწერის აქ წარმოდგენილი ინტერპრეტაცია ზოგი სხვა დასკვნის გაკეთების საშუალებასაც იძლევა. ამ ინტერპრეტაციის თანახმად, მაგალითად, ქალღმერთად გვევლინება ურარტელთა ღვთაება „სარდი“ (sardi—იხ. იმავე მხერ-კაპუსის წარწერაში, სტრ. 22). როგორც ჩანს, ურარტული სახელი „სარდური“ ამ ღვთაების სახელიდანაა ნაწარმოები[1] და რადგანაც

---

[1] მოსაზრება „სარდური“—სახელში ღვთაება სარდის სახელის მონაწილეობის შესახებ გამოთქმულ იქნა უკვე პროფ. გრ. ღაფანციანის მიერ ([12], გვ. 49).

ურარტულ წარწერებში ამ სახელის დასაწყისი ჩვეულებრივად ქალღმერთ იშთარის ასურული იდეოგრამითაა ხოლმე გადმოცემული ([1], შეიძლება ვამტკიცოთ, რომ ურარტელთა „სარდი“ წარმოადგენდა ასურელების ქალღმერთ იშთარის შესატყვის ქალღმერთს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ივ. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 25.2.1953)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Journal Asiatique, 1840, წარწერა № 17.
2. Journal of the Royal Asiatic Society, XIV, 1882, წარწერა № 5.
3. J. Sandalgian. Les inscriptions cunéiformes urartiques, 1901, წარწერა № 42—42*.
4. Corpus Inscriptionum Chaldicarum. I (1928), II (1935).
5. Журн. „Вестник Древней Истории“, № 1, 1953.
6. გ. მელიქიშვილი. ურარტუს მეფე რუსა II-ის ლურსმული წარწერა სოფ. ადილჯევაზიდან. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XI, № 10, 1950.
7. ივ. ჯავახიშვილი. ქართველი ერის ისტორია, წიგნი პირველი, თბილისი, 1928.
8. М. В Никольский. Клинообразные надписи Закавказья. Материалы по археологии Кавказа, вып. V, 1896.
9. Г. А. Меликишвили. Мусасир и вопрос о древнейшем очаге урартских племен. „Вестник Древней Истории“, № 2, 1948.
10. Fr. Thureau-Dangin. Une relation de la huitième campagne de Sargon, 1912.
11. გ. მელიქიშვილი. ურარტუს უზენაეს ღვთაებათა კულტის ცენტრები. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. VII, № 6, 1946.
12. გრ. ღაფანციანი. ურარტუს ისტორია (სომხ. ენაზე), 1940.

([1] ეს იდეოგრამა „სარდური“—სახელში ფაქტიურად გადაიქცა ამ სახელის მხოლოდ პირველი მარცვლის აღმნიშვნელად („სარ“—sar_5). ეს ალბათ იმიტომ მოხდა, რომ მას არ შეეძლო ზუსტად გადმოეცა ამ ღვთაების სახელი იმ ფორმაში, რომელიც მან მიიღო „სარდური“—სახელში გარკვეულ ფონეტიკურ ცვლილებათა შედეგად (Sardi-uri>Sarduri).

ხელოვნების ისტორია

ბ. გულისაშვილი

იბნ-სინას მუსიკის თეორიის თავისებურებათა საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა გ. ახვლედიანმა 7.10.1952)

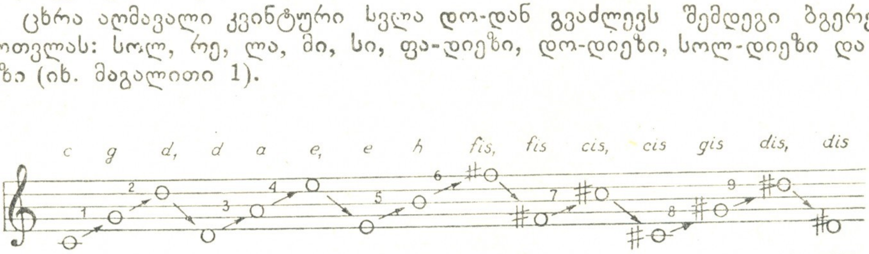
აბუ-ალი იბნ-სინა, რომლის დაბადების ათასი წლისთავი აღინიშნულ იქნა 1952 წლის აგვისტოში, ფართოდაა ცნობილი როგორც ფილოსოფოსი და ექიმი, მაგრამ რაც შეეხება მის, როგორც მუსიკის თეორეტიკოსის მოღვაწეობას, იგი თითქმის სრულიად არაა დღემდე გამოკვლეული, მაშინ როდესაც იბნ სინა იყო საშუალო საუკუნეების მუსიკალური კულტურის ერთ-ერთი მოწინავე მოღვაწეთაგანი.

საბჭოთა ისტორიკოსების მიერ გაქარწყლებულია თქმულება იმის შესახებ, თითქოს იბნ-სინა იყო არაბი ან ირანელი მოღვაწე. ახლა მთელი მსოფლიოსათვის ცნობილია, რომ საშუალო საუკუნეების აღმოსავლეთის დიდი მოაზროვნე იბნ-სინა, რომელიც დასავლეთში ცნობილია ავიცენას სახელით, ტაჯიკი ხალხის გენიალური შვილი იყო.

იბნ-სინამ განავითარა მუსიკის თეორიის აკუსტიკური მხარე. მან გააფართოვა პითაგორის წყობის ჩარჩოები და საფუძველი ჩაუყარა სუფთა წყობას.

თავის აკუსტიკურ გამოთვლებში იბნ-სინა არ კმაყოფილდება ექვსი აღმავალი და ექვსი დამავალი კვინტური სვლით, რომლითაც პითაგორის წყობაში მიიღება ენჰარმონიული ბგერები ფა-დიეზი და სოლ-ბემოლი, არამედ მეცხრე აღმავალი კვინტური სვლით მან მიიღო რე-დიეზი, ხოლო მერვე დამავალი კვინტური სვლით — ფა-ბემოლი.

ცხრა აღმავალი კვინტური სვლა დო-დან გვაძლევს შემდეგი ბგერების გამოთვლას: სოლ, რე, ლა, მი, სი, ფა-დიეზი, დო-დიეზი, სოლ-დიეზი და რე-დიეზი (იხ. მაგალითი 1).



მაგალითი 1

გამოსავალ ბგერა დო-ს სიმის სიგრძე აიღება ერთეულად:

$$c = 1. \qquad (1)$$

პირველი აღმავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა სოლ, რომლის სიმის სიგრძე დო-ს სიმის სიგრძის $\frac{2}{3}$-ს უდრის:

$$g = \frac{2}{3}\, c; \qquad (2)$$

c-ს მნიშვნელობის ჩასმით (1)-დან (2)-ში ვღებულობთ:

$$g = \frac{2}{3} \cdot 1 = \frac{2}{3}. \qquad (3)$$

მეორე ალმავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა რე, რომელიც მოთავსებულია ზემო ოქტავაში. მისი სიმის სიგრძე სოლ-ის სიმის სიგრძის $\frac{2}{3}$-ს უდრის:

$$d_1 = \frac{2}{3}\, g; \qquad (4)$$

g-ს მნიშვნელობის ჩასმით (3)-დან (4)-ში ვღებულობთ:

$$d_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3} = \frac{4}{9}. \qquad (5)$$

იმისათვის, რომ მოცემული ოქტავის რე-ს სიმის სიგრძე მივიღოთ, ვაკეთებთ დამავალ ოქტავურ სვლას, რაც სიმს ორჯერ აგრძელებს:

$$d = 2\, d_1; \qquad (6)$$

d_1-ის მნიშვნელობის ჩასმით (5)-დან (6)-ში ვღებულობთ:

$$d = 2 \cdot \frac{4}{9} = \frac{8}{9}. \qquad (7)$$

მესამე ალმავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა ლა, რომლის სიმის სიგრძე რე-ს სიმის სიგრძის $\frac{2}{3}$-ს უდრის:

$$a = \frac{2}{3}\, d; \qquad (8)$$

d-ს მნიშვნელობის ჩასმით (7)-დან (8)-ში ვღებულობთ:

$$a = \frac{2}{3} \cdot \frac{8}{9} = \frac{16}{27}. \qquad (9)$$

მეოთხე ალმავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა მი, რომელიც მოთავსებულია ზემო ოქტავაში. მისი სიმის სიგრძე ლა-ს სიმის სიგრძის $\frac{2}{3}$-ს უდრის:

$$e_1 = \frac{2}{3}\, a; \qquad (10)$$

a-ს მნიშვნელობის ჩასმით (9)-დან (10)-ში ვღებულობთ:

$$e_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{16}{27} = \frac{32}{81}. \qquad (11)$$

მოცემული ოქტავის მი-ს სიმის სიგრძე რომ მივიღოთ, ვაკეთებთ დამავალ ოქტავურ სვლას, რაც სიმს ორჯერ აგრძელებს:

$$e = 2\, e_1; \qquad (12)$$

e_1-ის მნიშვნელობის ჩასმით (11)-დან (12)-ში ვღებულობთ:

$$e = 2 \cdot \frac{32}{81} = \frac{64}{81}. \qquad (13)$$

მეხუთე აღმავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა სი, რომლის სიმის სიგრძე მი-ს სიმის სიგრძის $\frac{2}{3}$-ს უდრის:

$$h = \frac{2}{3} e; \tag{14}$$

e-ს მნიშვნელობის ჩასმით (13)-დან (14)-ში ვღებულობთ:

$$h = \frac{2}{3} \cdot \frac{64}{81} = \frac{128}{243}. \tag{15}$$

მეექვსე აღმავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა ფა-დიეზი, რომელიც ზემო ოქტავაშია მოთავსებული. მისი სიმის სიგრძე სი-ს სიმის სიგრძის $\frac{2}{3}$-ს უდრის:

$$fis_1 = \frac{2}{3} h; \tag{16}$$

h-ის მნიშვნელობის ჩასმით (15)-დან (16)-ში ვღებულობთ:

$$fis_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{128}{243} = \frac{256}{729}. \tag{17}$$

მოცემული ოქტავის ფა-დიეზის სიმის სიგრძე რომ მივიღოთ, ვაკეთებთ დამავალ ოქტავურ სვლას, რაც სიმს ორჯერ აგრძელებს:

$$fis = 2\, fis_1; \tag{18}$$

fis_1-ის მნიშვნელობის ჩასმით (17)-დან (18)-ში ვღებულობთ:

$$fis = 2 \cdot \frac{256}{729} = \frac{512}{729}. \tag{19}$$

მეშვიდე აღმავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა დო-დიეზი, რომელიც ზემო ოქტავაშია მოთავსებული. მისი სიმის სიგრძე ფა-დიეზის სიმის სიგრძის $\frac{2}{3}$-ს უდრის:

$$cis_1 = \frac{2}{3} fis; \tag{20}$$

fis-ის მნიშვნელობის ჩასმით (19)-დან (20)-ში ვღებულობთ:

$$cis_1 = \frac{2}{3} \; \frac{512}{729} = \frac{1024}{2187}. \tag{21}$$

იმისათვის, რომ მოცემული ოქტავის დო-დიეზის სიმის სიგრძე მივიღოთ, ვაკეთებთ დამავალ ოქტავურ სვლას, რაც სიმს ორჯერ აგრძელებს:

$$cis = 2\, cis_1; \tag{22}$$

cis_1-ის მნიშვნელობის ჩასმით (21)-დან (22) ში ვღებულობთ:

$$cis = 2 \cdot \frac{1024}{2187} = \frac{2048}{2187}. \tag{23}$$

მერვე აღმავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა სოლ-დიეზი, რომლის სიმის სიგრძე დო-დიეზის სიმის სიგრძის $\frac{2}{3}$-ს უდრის:

$$gis = \frac{2}{3}\, cis; \tag{24}$$

cis-ის მნიშვნელობის ჩასმით (23)-დან (24)-ში ვღებულობთ:

$$gis = \frac{2}{3} \cdot \frac{2048}{2187} = \frac{4096}{6561}. \qquad (25)$$

და, ბოლოს, მეცხრე აღმავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა რე-დიეზი, რომელიც მოთავსებულია ზემო ოქტავაში. მისი სიმის სიგრძე სოლ-დიეზის სიმის სიგრძის $\frac{2}{3}$-ს უდრის:

$$dis_1 = \frac{2}{3}\, gis; \qquad (26)$$

gis-ის მნიშვნელობის ჩასმით (25)-დან (26)-ში ვღებულობთ:

$$dis_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{4096}{6561} = \frac{8192}{19683}. \qquad (27)$$

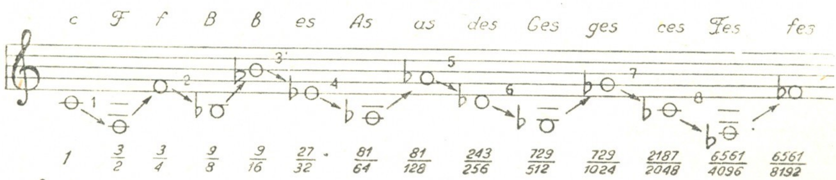
მოცემული ოქტავის რე-დიეზის სიმის სიგრძე რომ მივიღოთ, ვაკეთებთ დამავალ ოქტავურ სვლას, რაც სიმს ორჯერ აგრძელებს:

$$dis = 2\, dis_1; \qquad (28)$$

dis_1-ის მნიშვნელობის ჩასმით (27)-დან (28)-ში ვღებულობთ:

$$dis = 2 \cdot \frac{8192}{19683} = \frac{16384}{19683}. \qquad (29)$$

რვა დამავალი კვინტური სვლა დო-დან გვაძლევს შემდეგი ბგერების გამოთვლას: ფა, სი-ბემოლი, მი-ბემოლი, ლა-ბემოლი, რე-ბემოლი, სოლ-ბემოლი, დო-ბემოლი და ფა-ბემოლი (მაგალითი 2).



მაგალითი 2

პირველი დამავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა ფა, რომელიც ქვემო ოქტავაშია მოთავსებული. მისი სიმის სიგრძე დო-ს სიმის სიგრძის $\frac{3}{2}$-ს უდრის:

$$F = \frac{3}{2}\, c; \qquad (30)$$

c-ს მნიშვნელობის ჩასმით (1)-დან (30)-ში ვღებულობთ:

$$F = \frac{3}{2} \cdot 1 = \frac{3}{2}. \qquad (31)$$

მოცემული ოქტავის ფა-ს სიმის სიგრძე რომ მივიღოთ, ვაკეთებთ აღმავალ ოქტავურ სვლას, რაც სიმს ორჯერ ამოკლებს:

$$f = \frac{1}{2}\, F; \qquad (32)$$

F-ის მნიშვნელობის ჩასმით (31)-დან (32)-ში ვღებულობთ:

$$f = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{4}. \tag{33}$$

მეორე დამავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა სი-ბემოლი, რომელიც ქვემო ოქტავაშია მოთავსებული. მისი სიმის სიგრძე ფა-ს სიმის სიგრძის $\frac{3}{2}$-ს უდრის:

$$B = \frac{3}{2} f; \tag{34}$$

f-ის მნიშვნელობის ჩასმით (33)-დან (34)-ში ვღებულობთ:

$$B = \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{4} = \frac{9}{8}. \tag{35}$$

იმისათვის, რომ მივიღოთ მოცემული ოქტავის სი-ბემოლის სიმის სიგრძე, ვაკეთებთ აღმავალ ოქტავურ სვლას, რაც სიმს ორჯერ ამოკლებს:

$$b = \frac{1}{2} B; \tag{36}$$

B-ს მნიშვნელობის ჩასმით (35)-დან (36)-ში ვღებულობთ:

$$b = \frac{1}{2} \cdot \frac{9}{8} = \frac{9}{16}. \tag{37}$$

მესამე დამავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა მი-ბემოლი, რომლის სიმის სიგრძე სი-ბემოლის სიმის სიგრძის $\frac{3}{2}$-ს უდრის:

$$es = \frac{3}{2} b; \tag{38}$$

b-ს მნიშვნელობის ჩასმით (37)-დან (38)-ში ვღებულობთ:

$$es = \frac{3}{2} \cdot \frac{9}{16} = \frac{27}{32}. \tag{39}$$

მეოთხე დამავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა ლა-ბემოლი, რომელიც მოთავსებულია ქვემო ოქტავაში. მისი სიმის სიგრძე მი-ბემოლის სიმის სიგრძის $\frac{3}{2}$-ს უდრის:

$$As = \frac{3}{2} es; \tag{40}$$

es-ის მნიშვნელობის ჩასმით (39)-დან (40)-ში ვღებულობთ:

$$As = \frac{3}{2} \cdot \frac{27}{32} = \frac{81}{64}. \tag{41}$$

იმისათვის, რომ მივიღოთ მოცემული ოქტავის ლა-ბემოლის სიმის სიგრძე, ვაკეთებთ აღმავალ ოქტავურ სვლას, რაც ორჯერ ამოკლებს სიმს:

$$as = \frac{1}{2} As; \tag{42}$$

As-ის მნიშვნელობის ჩასმით (41)-დან (42)-ში ვღებულობთ:

$$as = \frac{1}{2} \cdot \frac{81}{64} = \frac{81}{128}. \tag{43}$$

მეხუთე დამავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა რე-ბემოლი, რომლის სიმის სიგრძე ლა-ბემოლის სიმის სიგრძის $\frac{3}{2}$-ს უდრის:

$$des = \frac{3}{2}\, as; \tag{44}$$

as-ის მნიშვნელობის ჩასმით (43)-დან (44)-ში ვღებულობთ:

$$des = \frac{3}{2}\cdot\frac{81}{128} = \frac{243}{256}. \tag{45}$$

მეექვსე დამავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა სოლ-ბემოლი, რომელიც ქვემო ოქტავაში მდებარეობს. მისი სიმის სიგრძე რე-ბემოლის სიმის სიგრძის $\frac{3}{2}$-ს უდრის:

$$Ges = \frac{3}{2}\, des; \tag{46}$$

des-ის მნიშვნელობის ჩასმით (45) დან (46)-ში ვღებულობთ:

$$Ges = \frac{3}{2}\cdot\frac{243}{256} = \frac{729}{512}. \tag{47}$$

მოცემული ოქტავის სოლ-ბემოლის სიმის სიგრძე რომ მივიღოთ, ვაკეთებთ აღმავალ ოქტავურ სვლას, რაც სიმს ორჯერ ამოკლებს:

$$ges = \frac{1}{2}\, Ges; \tag{48}$$

Ges-ის მნიშვნელობის ჩასმით (47)-დან (48)-ში ვღებულობთ:

$$ges = \frac{1}{2}\cdot\frac{729}{512} = \frac{729}{1024}. \tag{49}$$

მეშვიდე დამავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა დო-ბემოლი, რომლის სიმის სიგრძე სოლ-ბემოლის სიმის სიგრძის $\frac{3}{2}$-ს უდრის:

$$ces = \frac{3}{2}\, ges; \tag{50}$$

ges-ის მნიშვნელობის ჩასმით (49)-დან (50)-ში ვღებულობთ:

$$ces = \frac{3}{2}\cdot\frac{729}{1024} = \frac{2187}{2048}. \tag{51}$$

და, ბოლოს, მერვე დამავალი კვინტური სვლით მიიღება ბგერა ფა-ბემოლი, რომელიც ქვემო ოქტავაში მდებარეობს. მისი სიმის სიგრძე დო-ბემოლის სიმის სიგრძის $\frac{3}{2}$-ს უდრის:

$$Fes = \frac{3}{2}\, ces; \tag{52}$$

ces-ის მნიშვნელობის ჩასმით (51)-დან (52)-ში ვღებულობთ:

$$Fes = \frac{3}{2}\cdot\frac{2187}{2048} = \frac{6561}{4096}. \tag{53}$$

იმისათვის, რომ მივიღოთ მოცემული ოქტავის ფა-ბემოლის სიმის სიგრძე, ვაკეთებთ აღმავალ ოქტავურ სვლას, რაც სიმს ორჯერ ამოკლებს:

$$fes = \frac{1}{2} \; Fes; \tag{54}$$

Fes-ის მნიშვნელობის ჩასმით (53)-დან (54)-ში ვღებულობთ:

$$fes = \frac{1}{2} \cdot \frac{6561}{4096} = \frac{6561}{8192}. \tag{55}$$

მთელ სამუსიკო-თეორიულ სისტემათა ისტორიაში წითელ ხაზად გაივლის ტერციების საკითხი. პითაგორის წყობაში დიდ ტერციას, ე. ი. ბგერა მი-ს, თანახმად (13)-ისა, აქვს ინტერვალური მაჩვენებელი $\frac{64}{81}$, ხოლო პატარა ტერციას, ე. ი. ბგერა მი-ბემოლს, თანახმად (39)-ისა,—ინტერვალური მაჩვენებელი $\frac{27}{32}$. ეს ტერციები რამდენადმე დაძაბულად ხმოვანებენ და მათ დისონანსური ელფერი აქვთ.

აქედან გამომდინარე, ბერძნული მუსიკის თეორია ტერციებს დისონანსებს მიაკუთვნებდა. დიდიმ ალექსანდრიელი I საუკუნეში ჩვენს წელთაღრიცხვამდე მოითხოვდა პითაგორის წყობის ტერციების $\frac{64}{81}$ და $\frac{27}{32}$ შეცვლას სუფთად ხმოვან ტერციებად $\frac{4}{5}$ და $\frac{5}{6}$, მაგრამ მან მაინც ვერ გაბედა, რომ ტერციები კონსონანსებისათვის მიეკუთვნებინა.

პირველად ეს გააკეთეს შუა საუკუნეების აღმოსავლეთის დიდმა მოაზროვნეებმა ალ-ფარაბიმ და იბნ-სინამ. უზბეკ ხალხს სამართლიანად შეუძლია იამაყოს თავისი გენიალური შვილით ალ-ფარაბით, რომელმაც, პირველმა მსოფლიოში ტერციები ჩათვალა კონსონანსებად, რითაც დასავლეთ ევროპას თითქმის ორი საუკუნით გაუსწრო, ხოლო ტაჯიკ ხალხთან ერთად მთელმა პროგრესულმა კაცობრიობამ აღნიშნა დიდი დამსახურება ტაჯიკი მეცნიერის იბნ-სინასი, რომელმაც აჩვენა პითაგორის ტერციებიდან სუფთა წყობის ტერციებისაკენ გადასვლის გზა.

პითაგორის ტერციების შეცვლა სუფთა წყობის ტერციებად იბნ-სინას თეორიაში გარდამავალი ენჰარმონიული ინტერვალების შემწეობით ხდება. პითაგორის დიდი ტერციიდან $\frac{64}{81}$ სუფთა წყობის დიდ ტერციისაკენ $\frac{4}{5}$, იბნ-სინა გადადის პითაგორის შემცირებული კვარტის დახმარებით, რომლის ინტერვალური მაჩვენებელი, თანახმად (55)-ისა, უდრის $\frac{6561}{8192}$-ს, ხოლო პითაგორის პატარა ტერციიდან $\frac{27}{32}$ სუფთა წყობის პატარა ტერციაზე $\frac{5}{6}$—პითაგორის გადიდებული სეკუნდის დახმარებით, რომლის ინტერვალური მაჩვენებელი, თანახმად (29)-ისა, უდრის $\frac{16384}{19683}$-ს.

ინტერვალების შედარება ხდება მათი ინტერვალური მაჩვენებლების გაყოფით. პითაგორის წყობის ენჰარმონიული ინტერვალები განსხვავდებიან პითაგორის კომით[1], რომლის სიდიდე, დაახლოვებით, უდრის $\frac{1}{9}$ ტონს და რო-

---

([1] მისი ინტერვალური მაჩვენებელი უდრის $\frac{64}{81} : \frac{6561}{8192} = \frac{524288}{531441}$.

მელიც სმენით განირჩევა, ხოლო პითაგორის შემცირებული კვარტა და სუფთა წყობის დიდი ტერცია და, ასევე, პითაგორის გადიდებული სეკუნდა და სუფთა წყობის პატარა ტერცია კი განსხვავდება სქიზმით[1], რომლის სიდიდე, დაახლოებით, $\frac{1}{100}$ ტონს უდრის და რომელიც სმენით არ განირჩევა.

მათემატიკური გამოთვლები იბნ-სინას თეორიაში თვითმიზანს არ წარმოადგენს. იბნ-სინა ყოველთვის დიდ ყურადღებას აქცევდა ინტერვალის ხმოვანებას. ვინაიდან პითაგორის შემცირებული კვარტა სმენით არ განირჩევა სუფთა წყობის დიდი ტერციისაგან, ხოლო პითაგორის გადიდებული სეკუნდა—სუფთა წყობის პატარა ტერციისაგან, იბნ-სინა შესაძლოდ თვლის, რომ პითაგორის ზემოხსენებული ინტერვალები შეცვლილ იქნეს სუფთა წყობის ინტერვალებად.

სუფთა წყობის ტერციებზე დაყრდნობით იბნ-სინა უშვებდა მელოდიის ჰარმონიზაციას არა მარტო ოქტავებით, კვინტებითა და კვარტებით, არამედ ტერციებითაც, რამაც ხელი შეუწყო ჰარმონიული მსჯელობის განვითარებას.

პითაგორის ტერციების შეცვლა სუფთა წყობის ტერციებად და აგრეთვე მათი კონსონირებული ხასიათის აღიარება გახდა გასაღები ახალი მუსიკალური წყობის შექმნისათვის, რომელსაც შემდგომ სუფთა წყობა დაერქვა.

ამრიგად, სუფთა წყობა, რომელიც დასავლეთ ევროპაში მხოლოდ XVI საუკუნეში განვითარდა ფოლიანისა და ცარლინოს შრომებით, შუა აზიიდან მომდინარეობს. მას საფუძველი ჩაეყარა ალ-ფარაბისა და იბნ-სინას გამოკვლევებით.

დიდი ტაჯიკი მოაზროვნე მხოლოდ მუსიკალური წყობის საკითხებით როდი შემოიფარგლა, არამედ იგი შეეხო აგრეთვე მუსიკის მეტრო-რიტმულ მხარეს.

ხალხური მუსიკა შუა აზიაში მდიდარი და თავისებური რიტმით ხასიათდება, რაც მკვეთრ მუსიკალურ სახეობებს ქმნის. მაშინ, როდესაც დასავლეთ ევროპაში მიღებული იყო ბგერების გრძლიობების სანოტო აღნიშვნების მხოლოდ ორი სახე—ლონგა და ბრევისი, აღმოსავლეთში უკვე იყო გრძლიობათა ექვსი სახე.

იბნ-სინა აჩვენებს სხვადასხვა რიტმულ ნაგებობას, მიღებულს ამა თუ იმ გრძლიობათა შეფარდებიდან.

მუსიკალური რიტმის ძველი ბერძნული თეორია აგებული იყო ლექსთაწყობის რიტმის საფუძველზე, აღმოსავლეთის შუა საუკუნეების მუსიკის თეორიაში კი პირველად მოცემულია რიტმის შესწავლა მუსიკალურ კანონზომიერებათა საფუძველზე.

მუსიკის თეორიამ შუა აზიაში, გრძლიობათა შესწავლით, დიდი გავლენა იქონია მენზურალურ თეორიაზე, რომელიც დასავლეთ ევროპაში XII საუკუნეში წარმოიშვა, და ძველი ნევმური დამწერლობა შეცვალა.

საბჭოთა მუსიკისმცოდნეობა შეისწავლის სსრ კავშირის ყველა ნაციონალური რესპუბლიკის მუსიკალური კულტურის ისტორიასა და თეორიას. დეტალური გამოკვლევა იბნ-სინას შრომებისა, რომლებმაც დიდი გავლენა მოახდინეს მუსიკის თეორიის განვითარებაზე როგორც აღმოსავლეთში, ისე დასავლეთში, საშუალებას მოგვცემს კიდევ უფრო ღრმად გავაშუქოთ ჩვენი მოძმე ტაჯიკი ხალხის ისტორია.

ვ. სარაჯიშვილის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო კონსერვატორია

(რედაქციას მოუვიდა 7.10.1952)

---

[1] მისი ინტერვალური მაჩვენებელი უდრის $\frac{4}{5} : \frac{6561}{8192} = \frac{32768}{32805}$.

რედაქტორის მოადგილე ი. გ ი გ ი ნ ე ი შ ვ ი ლ ი

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობის სტამბა, აკ. წერეთლის ქ. № 3/5
Типография Излательства Акалемии Наук Грузинской ССР, ул. Ак. Церетели № 3/5

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 27.3.1953
ანაწყობის ზომა 7×11
შეკვ. 399
უე 01664
სააღრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 5
ნაბეჭდი ფორმა 5,5
ტირაჟი 1000