

524 / 2
1952



საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის
გ ლ ა გ ბ ე

ტომი XIII, № 1

ქიმიური, ქართული გამოსცემა

1952



შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

- 1. ა. ჯვარციხელი. დანერგა-ფურცის მწკრივის ზოგიერთი თვისება 3
- 2. ნ. ვეკუა. კარლემანის სასაზღვრო ამოცანა რამდენიმე უცნობი ფუნქციისათვის 9

ფიზიკა

- 3. ქ. ორჯონიკიძე. ნაჯერობის დენი ფოტოგამტარ კრისტალებში 15
- 4. დ. ჩიღვინაძე და თ. ქილიტაური. წახნაგების წარმოშობის შესახებ ლითონური კრისტალის ზედაპირზე 19

გეოფიზიკა

- 5. ა. ოკუჯავა და გ. სულაქველიძე. წყლის თხევადი ფაზის რაოდენობის განსაზღვრა თოვლის საბურველში 27

ბიომორფია

- 6. ნ. ასტახოვი. ახალგაზრდა ვულკანიზმი და ძველი გაყინვარების საკითხი ჯავახეთში 33

ტიმნისკა

- 7. ი. შენგელია. სატრანსპორტო კვანძის მოქმედების რაციონალური არის განსაზღვრა 37

ბოტანიკა

- 8. გ. ზამთარაძე. *Erysimum Gelidum* შიგ.-ს შესახებ სამხრეთ საქართველოში 43

ნიადაგმცოდნეობა

- 9. ვ. ტუღუშვი. აღმოსავლეთ საქართველოს ბიცობიანი და დაწიდული ნიადაგების ფიზიკურ-ქიმიური ბუნების შესწავლისათვის 47

ფსიქოლოგია

- 10. ი. ბჭალავა. ზაჭის ცვალებადობის საფებურები 55

საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის
მთაბე

ტომი XIII

ბირთვული ენერჯია

1952

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი



ქ. 359 5198

სარედაქციო კოლეგია

ნ. ბერძენიშვილი, გ. გედევანიშვილი, ი. გივინეიშვილი (პასუხის-
მგებელი რედაქტორის მოადგილე), კ. ერისთავი, ნ. კეცხოველი,
ნ. მუსხელიშვილი (პასუხისმგებელი რედაქტორი).

მათემატიკა

ბ. ჯვარციანი

დანშუა-ფურიეს მწკრივის ზომიეროთი თვისება

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა გ. კუბრაძემ 30.4.1951)

ვთქვათ, $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე მოცემულია (D) ინტეგრებადი $f(x)$ ფუნქცია და

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx) \quad (1)$$

არის მისი ფურიეს მწკრივი.
სამართლიანია
თეორემა 1. მწკრივი

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{b_k}{k}$$

იკრიბება ინტეგრალისაკენ

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \frac{\pi-x}{2} dx.$$

დამტკიცება: ცნობილია, რომ

$$\sum_{k=1}^n \frac{\sin kt}{k} \quad (2)$$

არის $\frac{\pi-x}{2}$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივი.

თუ $S_n(x)$ -ით აღვნიშნავთ (2) მწკრივის კერძო ჯამებს, მაშინ გვექნება

$$S_n(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \frac{\pi-(t+x)}{2} D_n(t) dt.$$

ვთქვათ, $(\alpha, \beta) \subseteq (-\pi, \pi)$ და განვიხილოთ ინტეგრალი

$$\begin{aligned} \int_{\alpha}^{\beta} f(x) S_n(x) dx &= \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} f(x) dx \int_{-\pi}^{\pi} \frac{\pi-(t+x)}{2} D_n(t) dt \\ &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} dt \int_{\alpha}^{\beta} f(x) \frac{\pi-(t+x)}{2} D_n(t) dx. \end{aligned}$$

აქედან ვღებულობთ

$$\left| \int_a^\beta f(x) S_n(x) dx \right| \equiv \left| \int_{-\pi}^\pi t D_n(t) dt \right| \left| \int_a^\beta f(x) dx \right| \\ + \left| \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^\pi D_n(t) dt \right| \left| \int_a^\beta f(x) \frac{\pi-x}{2} dx \right|.$$

ცხადია, რომ

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_{-\pi}^\pi t D_n(t) dt = 0.$$

მაშასადამე, მოიძებნება ისეთი დადებითი რიცხვი M , რომ

$$\sup_n \left| \int_{-\pi}^\pi t D_n(t) dt \right| = M.$$

ამგვარად ვღებულობთ შემდეგ უტოლობას:

$$\left| \int_a^\beta f(x) S_n(x) dx \right| \equiv M \left| \int_a^\beta f(x) dx \right| + \left| \int_a^\beta f(x) \frac{\pi-x}{2} dx \right|.$$

უკანასკნელი უტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ ინტეგრალთა მიმდევრობა

$$\left\{ \int_{-\pi}^x f(t) S_n(t) dt \right\}$$

არის $(-\pi, \pi)$ ინტეგრალზე თანაბარხარისხოვნად უწყვეტი და თანაბარხარისხოვნად (ACG) .

დანეუას ინტეგრალის ნიშნის ქვეშ ზღვარზე გადასვლის თეორემის [1] თანახმად ვღებულობთ

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_{-\pi}^\pi f(x) S_n(x) dx = \int_{-\pi}^\pi f(x) \frac{\pi-x}{2} dx.$$

მაშასადამე,

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{b_k}{k} = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^\pi f(x) \frac{\pi-x}{2} dx,$$

რის დამტკიცებაც გვინდოდა.

თეორემა 2. ყველა $(A, B) \subseteq (-\pi, \pi)$ ინტეგრალისათვის საშარტლიანია ფორმულა

$$\int_A^B f(x) dx = \int_A^B \frac{a_0}{2} dx + \sum_{n=1}^{\infty} \int_A^B (a_n \cos nx + b_n \sin nx) dx.$$

დამტკიცება. განვიხილოთ (A, B) ინტერვალის მახასიათებელი $\varphi(x)$ ფუნქცია. აღნიშნული ფუნქცია იშლება ფურიეს მშკრივად

$$\varphi(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (\alpha_n \cos nx + \beta_n \sin nx) \quad (3)$$

$(-\pi, \pi)$ ინტერვალის ყოველ წერტილზე, გარდა წერტილებისა $-\pi, A, B, \pi$. თუ $S_n(x)$ აღნიშნავთ (3) მშკრივის კერძო ჯამს, მაშინ გვექნება

$$S_n(x) = \frac{B-A}{2\pi} + \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^n \left(\frac{\sin k(B-x)}{k} - \frac{\sin k(A-x)}{k} \right).$$

ვთქვათ, $(\alpha, \beta) \subseteq (-\pi, \pi)$. ისე, როგორც ზემოთ, შეგვიძლია მივიღოთ შემდეგი უტოლობა

$$\begin{aligned} \left| \int_{\alpha}^{\beta} f(x) S_n(x) dx \right| &\leq \frac{(\beta-\alpha)(B-A)}{2\pi} + \left| \int_{-\pi}^{\pi} t D_n(t) dt \right| \left| \int_{\alpha}^{\beta} f(x) dx \right| \\ &+ \left| \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} D_n(t) dt \right| \left| \int_{\alpha}^{\beta} f(x) \frac{\pi-(B-x)}{2} dx \right| \\ &+ \left| \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} D_n(t) dt \right| \left| \int_{\alpha}^{\beta} f(x) \frac{\pi-(A-x)}{2} dx \right|. \end{aligned}$$

აქედან ვღებულობთ

$$\begin{aligned} \left| \int_{\alpha}^{\beta} f(x) S_n(x) dx \right| &\leq \frac{(\beta-\alpha)(B-A)}{2\pi} + M \left| \int_{\alpha}^{\beta} L(x) dx \right| \\ &+ \left| \int_{\alpha}^{\beta} f(x) \frac{\pi-(B-x)}{2} dx \right| + \left| \int_{\alpha}^{\beta} f(x) \frac{\pi-(A-x)}{2} dx \right|. \end{aligned}$$

მაშასადამე, ინტეგრალთა მიმდევრობა

$$\left\{ \int_{-\pi}^x S_n(t) f(t) dt \right\}$$

არის $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე თანაბარხარისხოვნად უწყვეტი და თანაბარხარისხოვნად (ACG) .

დანუას ინტეგრალის ნიშნის ქვეშ ზღვარზე გადასვლის თეორემის [1] თანახმად ვღებულობთ

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) S_n(x) dx = \int_{-\pi}^{\pi} L(x) \varphi(x) dx,$$

შ. ი.

$$\int_A^B f(x) dx = \frac{\alpha_0}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx + \sum_{k=1}^{\infty} \left(\alpha_k \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos kx dx + \beta_k \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin kx dx \right).$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ α_k და β_k მნიშვნელობებს, გვექნება

$$\int_A^B L(x) dx = \frac{a_0(B-A)}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_k \frac{\sin kB - \sin kA}{k} + b_k \frac{\cos kA - \cos kB}{k} \right).$$

რის დამტკიცებაც გვინდოდა.

ვთქვათ, $S_n(x)$ არის (1) მწკრივის კერძო ჯამი; მაშინ 2 თეორემის თანახმად გვექნება

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_a^b (L(x) - S_n(x)) dx = 0.$$

ლემა 1. ვთქვათ, $g(x)$ არის 2π პერიოდის პერიოდული ფუნქცია და აქვს წარმოებულნი $g'(x)$, რომელიც არის ფუნქცია შემოსახლვრული ვარიაციით $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე.

თუ $S_n(x, g)$ აღვნიშნავთ $g(x)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივის კერძო ჯამს, მაშინ სრული ვარიაცია $V_{-\pi}^{\pi}(S_n)$ თანაბარხარისხვნად შემოსახლვრულია.

დამტკიცება. ცნობილია, რომ

$$S_n(x, g) = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} g(x+t) D_n(t) dt$$

და

$$V_{-\pi}^{\pi}(S_n) = \int_{-\pi}^{\pi} |S'_n(x)| dx = \int_{-\pi}^{\pi} S'_n(x) \alpha_n(x) dx,$$

სადაც

$$\alpha_n(x) = \begin{cases} -1, & \text{როცა } S'_n(x) \equiv 0, \\ 1, & \text{როცა } S'_n(x) > 0. \end{cases}$$

ცხადია, რომ

$$S'_n(x, g) = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} g'(x+t) D_n(t) dt,$$

მაშასადამე,

$$\int_{-\pi}^{\pi} S'_n(x, g) \alpha_n(x) dx = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} dx \int_{-\pi}^{\pi} g'(x+t) D_n(t) \alpha_n(x) dt.$$

შევცვლით რა ინტეგრების რიგს, მივიღებთ

$$\int_{-\pi}^{\pi} S'_n(x, g) \alpha_n(x) dx = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} D_n(t) dt \int_{-\pi}^{\pi} g'(x+t) \alpha_n(x) dx.$$

ვინაიდან $g'(x)$ არის 2π პერიოდის პერიოდული და შემოსაზღვრულ ვარიაციის მქონე ფუნქცია, ამიტომ

$$\varphi_n(t) = \int_{-\pi}^{\pi} g'(x+t) \alpha_n(x) dx$$

იქნება 2π პერიოდის პერიოდული და შესაზღვრული ვარიაციის მქონე ფუნქცია $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე.

თუ $S_n(x, \varphi_n)$ აღენიშნავთ $\varphi_n(t)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივის კერძო ჯამს, მაშინ, როგორც ცნობილია ([2], გვ. 107),

$$|S_n(x, \varphi_n)| \leq M(\varphi_n) + V(\varphi_n),$$

სადაც $M(\varphi_n)$ და $V(\varphi_n)$ არის შესაბამისად φ_n ფუნქციის მაქსიმუმი და სრული ვარიაცია $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე.

აღვილი შესამჩნევია, რომ

$$M(\varphi_n) < 2\pi M(g'), \quad V(\varphi_n) < 2\pi V(g'),$$

მაშასადამე,

$$\left| \int_{-\pi}^{\pi} S'_n(x, g) \alpha_n(x) dx \right| = |S_n(0, \varphi_n)| \leq 2\pi [M(g') + V(g')],$$

რის დამტკიცებაც გვინდოდა.

თეორემა 3. ვთქვათ, $f(x)$ არის $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე (D^*) ინტეგრებადი ფუნქცია, ხოლო $g(x)$ ფუნქცია აკმაყოფილებს 1 ლემის ყველა პირობას.

მაშინ გვაქვს

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) g(x) dx = \frac{a_0 \alpha_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \alpha_n + b_n \beta_n),$$

სადაც $\{a_n, b_n\}$ და $\{\alpha_n, \beta_n\}$ არის, შესაბამისად, $f(x)$ და $g(x)$ ფუნქციის ფურიეს კოეფიციენტები.

დამტკიცება. აღენიშნათ $S_n(x, g)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივის კერძო ჯამი.

მაშინ

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) S_n(x, g) dx = \frac{a_0 \alpha_0}{2} + \sum_{k=1}^n (a_k \alpha_k + b_k \beta_k).$$

საშუალო მნიშვნელობის მეორე ფორმულის გამოყენებით ადვილად შევიღებთ უტოლობას

$$\left| \int_{\alpha}^{\beta} f(x) S_n(x) dx \right| \leq 2 V_{\alpha}^{\beta}(S_n) \omega[F, (\alpha, \beta)] + M(S_n) \omega[F, (\alpha, \beta)], \quad (4)$$

სადაც $V_{\alpha}^{\beta}(S_n)$, $M(S_n)$ არის, შესაბამისად, სრული ვარიაცია და მაქსიმუმი $S_n(x, g)$ ფუნქციისა $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე, ხოლო $\omega[F, (\alpha, \beta)]$ არის

$$F(x) = \int_{-\pi}^x f(t) dt$$

ფუნქციის რხევა (α, β) ინტერვალზე.

1 ლემის თანახმად არსებობს ისეთი დადებითი რიცხვი N , რომ

$$V_{-\pi}^{\pi}(S_n) < N, \quad M(S_n) < N \quad (n = 1, 2, \dots).$$

მაშასადამე, თუ მხედველობაში მივიღებთ (4) უტოლობას, ადვილად დავასკვნით, რომ ინტეგრალთა მიმდევრობა

$$\left\{ \int_{-\pi}^x f(t) S_n(t, g) dt \right\}$$

არის $(-\pi, \pi)$ ინტერვალზე თანაბარხარისხოვნად უწყვეტი და თანაბარხარისხოვნად ACG .

რადგან

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n(t, g) = g(t),$$

ამიტომ დანდუას ინტეგრალის ნიშნის ქვეშ ზღვარზე გადასვლის თეორემის [1] თანახმად გვაქვს

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) S_n(t, g) dt = \int_{-\pi}^{\pi} f(t) g(t) dt.$$

მაშასადამე,

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) g(t) dt = \frac{a_0 \alpha_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \alpha_n + b_n \beta_n),$$

რის დამტკიცებაც გვინდოდა.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციის მოუვიდა 30.4.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Т. Джваршеишвили. О последовательности интегралов в смысле Данжуа. Труды Тбилисского математического института им. А. М. Размадзе, т. XVIII, 1951.
2. Н. А х и з е р. Лекции по теории аппроксимации, 1947.

ქარლმანის სასაზღვრო ამოცანა რამდენიმე უცნობი
ფუნქციისათვის

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 1.6.1951)

§ 1. ვთქვათ, L შეკრული გლუვი კონტურია $z = x + iy$ კომპლექსური ცვლადის სიბრტყეზე, რომელიც მარტივადმულ D^+ არეს შემოსაზღვრავს. L კონტურზე დადებით მიმართულებად მივიღოთ ის, რომელიც D^+ არეს მარცხნივ ტოვებს. არე, რომელიც $D^+ + L$ -ს მთელ სიბრტყეში ავსებს, აღვნიშნოთ D^- -ით და ვიგულისხმოთ, რომ კოორდინატთა სათავე მოთავსებულია D^- არეში. ვიგულისხმოთ აგრეთვე, რომ L კონტურის მხების მიერ რაიმე მუდმივ მიმართულებასთან შედგენილი კუთხე აკმაყოფილებს H პირობას (პელდგრის პირობას). ვთქვათ, $\alpha(t)$ L კონტურზე მოცემული ფუნქციაა, რომლის წარმოებულზე განსხვავებულია ნულისგან ყველგან L -ზე და აკმაყოფილებს H პირობას. ვთქვათ, $\alpha(t)$ L კონტურს თავის თავში გადაიყვანს ურთიერთ ცალსახად L -ზე მიმართულების შეცვლით. ბოლოს, $\alpha(t)$ ფუნქციის შეზღუდული ფუნქცია აღვნიშნოთ $\beta(t)$ -ით.

ფუნქციას $\varphi(z)$ -ის ჩვენ ვუწოდებთ მერომორფულს D^+ არეში (D^- არეში), თუ: 1) ის პოლომორფულია D^+ -ში (D^- -ში) ყველგან, გარდა, შეიძლება, სასრული რაოდენობა წერტილებისა, სადაც მას შეიძლება პოლუსი ჰქონდეს, 2) ის უწყვეტად გაგრძელებადია ყველგან L -ზე.

წინამდებარე შენიშვნაში განიხილება შემდეგი სასაზღვრო ამოცანა: მოვნახოთ D^+ არეში მერომორფული ვექტორი $\varphi(z) = (\varphi_1(z), \dots, \varphi_n(z))$ შემდეგი სასაზღვრო პირობით

$$\varphi^+[\alpha(t_0)] = G(t_0) \varphi^+(t_0) + g(t_0), \quad (1.1)$$

სადაც $G(t_0) = \|G_{kj}(t_0)\|$ ($k, j = 1, 2, \dots, n$) მოცემული მატრიციაა, რომელიც H პირობას აკმაყოფილებს, $g(t_0) = (g_1(t_0), \dots, g_n(t_0))$ მოცემული ვექტორია, რომელიც აგრეთვე H პირობას აკმაყოფილებს; $\varphi^+(t_0)$ აღნიშნავს $\varphi(z)$ ვექტორის სასაზღვრო მნიშვნელობას L -ზე. ვიგულისხმოთ, რომ $\det G(t_0)$ განსხვავებულია ნულისგან ყველგან L -ზე.

(1.1) ამოცანა, იმ შემთხვევაში, როცა $n = 1$ და $\alpha[\alpha(t)] \equiv t$, ამოხსნილია დ. კვესელავის მიერ [1], მაგრამ მისი მეთოდი არსებითად გამოდგება მხოლოდ $n = 1$ შემთხვევისათვის. (1.1) ამოცანის შესაბამის ერთგვაროვანი ამოცანა, როცა $n = 1$ და $\alpha[\alpha(t)] \equiv t$, განიხილა ქარლმანმა [2], მაგრამ მას არ მოუცია ამ ამოცანის რამდენადმე მაინც სრული ამოხსნა.

განვიხილოთ კიდეგ შემდეგი ამოცანა: მოვინახოთ D^+ არეში მერო-
მორფული ვექტორები

$$\varphi_1(z) = (\varphi_{11}(z), \varphi_{12}(z), \dots, \varphi_{1n}(z)), \varphi_2(z) = (\varphi_{21}(z), \dots, \varphi_{2n}(z))$$

შემდეგი სასაზღვრო პირობით:

$$\varphi_1^+[\alpha(t_0)] = G(t_0) \varphi_2^+(t_0) + g(t_0), \quad (1.2)$$

სადაც $\varphi_1^+(t_0)$ და $\varphi_2^+(t_0)$ აღნიშნავენ $\varphi_1(z)$ და $\varphi_2(z)$ ვექტორების სასაზღვრო
მნიშვნელობებს L ზე¹.

ეს ამოცანა $n = 1$ შემთხვევისათვის ამოხსნილია დ. კვესელავას ზემო-
ხსენებულ შრომაში [1], მაგრამ ამოხსნის ბეთოდი $n > 1$ შემთხვევისათვის
არ გადაიტანება. წიგნში [3] (§ 35—41) გადმოცემული ერთი მეთოდის
განზოგადებით და დ. კვესელავას [1] შედეგების გამოყენებით შეიძლება მივი-
ლოთ ამ ამოცანის სრული ამოხსნა².

კერძოდ, შეიძლება დავასახელოთ ისეთი რიცხვი s , რომ ერთგვაროვანი
ამოცანის ამოხსნის ნულის რიგი კოორდინატთა სათავეში არ აღემატება s
რიცხვს.

§ 2. განვიხილოთ რამდენიმე უცნობი ფუნქციისათვის კარლემანის ერთ-
გვაროვანი სასაზღვრო ამოცანა

$$\varphi^+[\alpha(t_0)] = G(t_0) \varphi^+(t_0) \quad (1_0)$$

და დაეუწვათ, რომ

$$\alpha[\alpha(t)] = t. \quad (2.1)$$

უკანასკნელი პირობის ძალით, ადვილად დავასკვნით, რომ (I_0) ამოცანის
არატრივიალური ამოხსნის არსებობისათვის აუცილებელია ადგილი ჰქონდეს
ტოლობას

$$G(t) G[\alpha(t)] \equiv E, \quad (2.2)$$

სადაც E ერთეული მატრიცია.

ვიგულისხმობთ დროებით, რომ ამოცანას

$$\Omega_1^+[\alpha(t_0)] = \alpha'[\alpha(t_0)] G'[\alpha(t_0)] \Omega_1^+(t_0) \quad (2.3)$$

არა აქვს ჰოლომორფული ამოხსნები და ვეძიოთ (I_0) ამოცანის ამოხსნა შემ-
დეგი სახით:

$$\varphi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\sigma(t) dt}{t-z} + R(z), \quad (2.4)$$

სადაც $R(z)$ არის $\varphi(z)$ ვექტორის მთავარი ნაწილი, ე. ი. $R(z)$ ვექტორის
კომპონენტები წარმოადგენენ რაციონალურ ფუნქციებს, რომლებიც ჰოლო-
მორფული არიან $D^- + L$ არეში და ისობიან უსასრულოში. შემდგომ ასეთ
 $R(z)$ ვექტორს სტანდარტულ რაციონალურ ვექტორს ვუწოდებთ. საძიებელი
 $\sigma(t)$ ვექტორისაგან ვითხოვთ, რომ მან დააკმაყოფილოს პირობა

$$\sigma[\alpha(t)] = G(t) \sigma(t). \quad (2.5)$$

(2.4) და (2.5)-ის საფუძველზე (I_0) სასაზღვრო პირობა იძლევა შემდეგ
ინტეგრალურ განტოლებას:

¹ როცა $\varphi_1(z) \equiv \varphi_2(z)$, მაშინ ვლუბლობთ (1.1) ამოცანას.

² ამოცანის ამოხსნის დაწერილებითი გადმოცემა მოცემული იქნება თბილისის მათემა-
ტიკის ინსტიტუტის შრომებში (ტ. XIX).

$$\frac{1}{2\pi i} \int_L \left[\frac{G(t) \alpha'(t)}{\alpha(t) - \alpha(t_0)} + \frac{G(t_0)}{t - t_0} \right] \sigma(t) dt = R[\alpha(t_0)] - G(t_0) R(t_0), \quad (2.6)$$

რომელიც ნორმალური ტიპის სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემას წარმოადგენს (იხ. [4], თავი VI, ან [3], თავი I).

როგორც ადვილი ნისახვედრია, (2.6) განტოლების ყოველი ამოხსნა, რომელიც (2.5) პირობას აკმაყოფილებს, იძლევა ((2.4) ფორმულის საშუალებით) (I_0) ამოცანის ამოხსნას. შევნიშნავთ, რომ ეს შედეგი მიიღება (2.1) შეზღუდვის გარეშე.

ადვილად შესამოწმებელია, რომ თუ $\sigma(t)$ არის (2.6) განტოლების ამოხსნა, მაშინ $G[\alpha(t)] \sigma[\alpha(t)]$ იქნება ამავე განტოლების ამოხსნა და, მაშასადამე, ვექტორი

$$\rho(t_0) = \frac{1}{2} \{ \sigma(t_0) + G[\alpha(t_0)] \sigma[\alpha(t_0)] \} \quad (2.7)$$

(2.6) განტოლების ისეთი ამოხსნა იქნება, რომელიც, ცხადია, აკმაყოფილებს (2.5) პირობას. ცხადია აგრეთვე, რომ (I_0) ამოცანის ყოველი ამოხსნა წარმოადგენს (2.4) ფორმულით, სადაც $\sigma(t)$ აკმაყოფილებს (2.5) პირობას. ამრიგად, (I_0) ამოცანის ყველა ამოხსნა მიიღება (2.6) განტოლების ამოხსნების საშუალებით.

გაჩვენოთ ახლა, რომ თუ (2.3) ამოცანას არა აქვს პოლომორფული ამოხსნები, მაშინ (2.6) განტოლება ამოხსნადია ნებისმიერი მარჯვენა მხარისათვის. როგორც ცნობილია (იხ. [3], თავი I), (2.6) განტოლების ამოხსნადობის აუცილებელ და საკმარის პირობას აქვს სახე

$$\int_L [R[\alpha(t)] - G(t) R(t)] v(t) dt = 0, \quad (2.8)$$

სადაც $v(t)$ არის ნებისმიერი ამოხსნა შემდეგი განტოლებისა

$$\frac{1}{2\pi i} \int_L \left[\frac{G'(t)}{t - t_0} + \frac{\alpha'(t_0) G'(t_0)}{\alpha(t) - \alpha(t_0)} \right] v(t) dt = 0, \quad (2.9)$$

რომელიც (2.6)-ის მიკავშირებულ ერთგვაროვან განტოლებას წარმოადგენს. (2.9) ინტეგრალური განტოლება შეიძლება კარლმანის გარკვეულ ამოცანას დაეუკავშიროთ. ამ მიზნით განვიხილოთ ამოცანა

$$\omega^+[\alpha(t_0)] = \alpha'[\alpha(t_0)] G'[\alpha(t_0)] \omega^+(t_0) \quad (2.10)$$

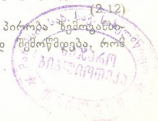
და ვეძიოთ მისი პოლომორფული ამოხსნები შემდეგი სახით:

$$\omega(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{v[\alpha(t)] \alpha'(t) dt}{t - \zeta}, \quad (2.11)$$

სადაც საძიებელი $v(t)$ ვექტორი შემდეგ პირობას უნდა აკმაყოფილებდეს:

$$v[\alpha(t)] = \alpha'[\alpha(t)] G'(t) v(t). \quad (2.12)$$

(2.11) და (2.12)-ის საფუძველზე, (2.10) სასაზღვრო პირობა შემოქმედდება, რომელიც (2.9) ინტეგრალურ განტოლებას იძლევა. ადვილად



თუ $v(t)$ არის (2.9) განტოლების ამოხსნა, მაშინ $G'[a(t)] a'(t) v[a(t)]$ ვექტორიც ამავე განტოლების ამოხსნა იქნება. მაშასადამე, ვექტორი

$$v^* (t) = v(t) + G'[a(t)] a'(t) v[a(t)] \quad (2.13)$$

(2.9) განტოლების ისეთი ამოხსნა იქნება, რომელიც, ცხადია, (2.12) პირობას აკმაყოფილებს. მაგრამ ვინაიდან პირობის ძალით (2.3) ამოცანას და მით უფრო (2.10) ამოცანას არა აქვს ჰოლომორფული ამოხსნები, ამიტომ, ცხადია,

$$\omega(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{v^*[a(t)] a'(t) dt}{t - \zeta} \equiv 0 \quad \zeta \in D^+,$$

ი. ი.

$$v^*[a(t)] a'(t) = \{v[a(t)] + G'(t) a'[a(t)] v(t)\} a'(t) = \Psi^-(t), \quad (2.14)$$

სადაც $\Psi^-(t)$ არის სასაზღვრო მნიშვნელობა $\Psi(\zeta)$ ვექტორისა, რომელიც ჰოლომორფულია D^- არეში და ისპობა უსასრულოეში.

ადვილად მიიღება აგრეთვე, რომ ვექტორი

$$v^{**}(t) = v(t) - G'[a(t)] a'(t) v[a(t)], \quad (2.15)$$

რომელიც (2.9) განტოლების ამოხსნას წარმოადგენს, აკმაყოფილებს პირობას

$$v^{**}[a(t)] = -a'[a(t)] G'(t) v^{**}(t), \quad (2.16)$$

ამიტომ $\Phi(\zeta)$ ვექტორი, განსაზღვრული ფორმულით

$$\Phi(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{v^{**}[a(t)] a'(t) dt}{t - \zeta},$$

იძლევა

$$\Phi^+[a(t)] = -a'[a(t)] G'[a(t)] \Phi^+(t) \quad (2.17)$$

ამოცანის ჰოლომორფულ ამოხსნას. მაგრამ ვინაიდან (2.3) ამოცანას და, მაშასადამე, (2.17) ამოცანასაც არა აქვს ჰოლომორფული ამოხსნები, ამიტომ

$$\Phi(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{v^{**}[a(t)] a'(t) dt}{t - \zeta} \equiv 0 \quad \zeta \in D^+,$$

ი. ი.

$$v^{**}[a(t)] a'(t) = \{v[a(t)] - G'(t) v(t) a'[a(t)]\} a'(t) = \Psi_1^-(t), \quad (2.18)$$

სადაც $\Psi_1^-(t)$ არის სასაზღვრო მნიშვნელობა $\Psi_1(\zeta)$ ვექტორისა, რომელიც ჰოლომორფულია D^- არეში და ისპობა უსასრულოეში. (2.14) და (2.18)-ის საუბედველზე ვღებულობთ

$$v[a(t)] a'(t) = \frac{1}{2} [\Psi^-(t) + \Psi_1^-(t)], \quad (2.19)$$

$$G'(t) v(t) = \frac{1}{2} [\Psi^-(t) - \Psi_1^-(t)]. \quad (2.20)$$

(2.19) და (2.20)-ის ძალით ადვილად დავასკვნით, რომ (2.8) პირობა დაცულია და, მაშასადამე, (2.6) განტოლება ყოველთვის ამოხსნადია.

დაეუბრუნდეთ ახლა ზოგად შემთხვევას, როცა (2.3) ამოცანას შეიძლება ჰოლომორფული ამოხსნები ჰქონდეს. განვიხილოთ ამოცანა

$$\phi^+[a(t)] = t^{-r}[a(t)]^r G(t) \phi^+(t), \quad (I_0^*)$$

სადაც r საკმარისად დიდი მთელი რიცხვია. ადვილად მიიღება, რომ $G_0(t) G_0[a(t)] = E$, სადაც $G_0(t) = t^{-r}[a(t)]^r G(t)$. § 1-ის ბოლოს ნათქვამის

ძალით ადვილად დავასკვნით, რომ (I_0^*) ამოცანა აკმაყოფილებს ზემომოთხოვნილ პირობებს.

ცხადია აგრეთვე, რომ თუ $\Phi^*(z)$ არის (I_0^*) ამოცანის ამოხსნა, მაშინ $\varphi(z) = z^{-\alpha} \Phi^*(z)$ ვექტორი იქნება (I_0) ამოცანის ამოხსნა. ამრიგად, (I_0^*) ამოცანის ამოხსნების საშუალებით შეიძლება მივიღოთ (I_0) ამოცანის ყველა ამოხსნა.

§ 3. განვიხილოთ ახლა კარლემანის არაერთგვაროვანი სასაზღვრო ამოცანა

$$\varphi^+[z(t_0)] = G(t_0) \varphi^+(t_0) + g(t_0) \quad (3.1)$$

და დავუშვათ, რომ (2.1) და (2.2) პირობები დაცულია. (2.1) და (2.1)-ის ძალით ადვილად დავასკვნით, რომ (3.1) სასაზღვრო ამოცანას შეიძლება ამოხსნა ჰქონდეს მხოლოდ მაშინ, როცა დაცულია პირობა

$$g(t) + G(t) g[z(t)] = 0. \quad (3.2)$$

ვეძიოთ (3.1) ამოცანის ამოხსნა შემდეგი სახით:

$$\varphi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\mu(t) dt}{t-z} + R(z), \quad (3.3)$$

სადაც $R(z)$ სტანდარტული რაციონალური ვექტორია, $\mu(t)$ საძიებელი ვექტორია, რომელიც H პირობას აკმაყოფილებს და ისეთია, რომ

$$\mu(t) = G[z(t)] \mu[z(t)] + g[z(t)]. \quad (3.4)$$

(3.4)-ის ძალით (3.1) სასაზღვრო პირობა შემდეგ ინტეგრალურ განტოლებას იძლევა

$$\frac{1}{2\pi i} \int_L \left[\frac{G(t_0)}{t-t_0} + \frac{G(t) \alpha'(t)}{\alpha(t) - \alpha(t_0)} \right] = R[z(t_0)] - G(t_0) R(t_0) + H^-[z(t_0)], \quad (3.5)$$

სადაც

$$H(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{g[z(t)] dt}{t-z} \quad (z \in D^-).$$

ვიგულისხმობთ დროებით, რომ (2.3) ამოცანას არა აქვს პოლომორფული ამოხსნები. (3.5) განტოლების ამოხსნადობის აუცილებელ და საკმარის პირობას აქვს სახე

$$\int_L [R[z(t)] - G(t) R(t) + H^-[z(t)]] v(t) dt = 0, \quad (3.6)$$

სადაც $v(t)$ არის (2.9) მიკავშირებული ერთგვაროვანი განტოლების ნებისმიერი ამოხსნა. (2.8) და (2.9)-ის ძალით ადვილად დავასკვნით, რომ (3.6) პირობა შესრულებულია და, მაშასადამე, (3.5) განტოლება ყოველთვის ამოხსნადია.

(3.2)-ის ძალით ადვილად შემოწმდება, რომ თუ $\mu(t)$ არის (3.5) განტოლების ამოხსნა, მაშინ $G[z(t)] \mu[z(t)] + g[z(t)]$ იქნება ამავე განტოლების ამოხსნა. მაშასადამე, ვექტორი

$$\mu_0(t) = \frac{1}{2} \{G[\alpha(t)] \mu[\alpha(t)] + g[\alpha(t)] + \mu(t)\}$$

იქნება (3.5) განტოლების ისეთი ამოხსნა, რომელიც (3.4) პირობას აკმაყოფილებს.

ზემონათქვამის ძალით

$$\varphi^0(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\mu_0(t) dt}{t-z} + R(z) \quad (3.7)$$

ვექტორი იძლევა (3.1) ამოცანის ამოხსნას. ძნელი არის იმის ჩვენება, რომ (3.1) ამოცანის ყოველი ამოხსნა წარმოიღვინება (3.3) ფორმულით, სადაც $\mu(t)$ აკმაყოფილებს (3.4) პირობას და ასეთი გზით შეიძლება მივიღოთ (3.1) ამოცანის ყველა ამოხსნა.

დავებრუნდეთ ახლა იმ შემთხვევას, რომ (2.3) ამოცანას შეიძლება ჰოლომორფული ამოხსნები ჰქონდეს და განვიხილოთ ამოცანა

$$\varphi^+[\alpha(t_0)] = r_0^+[\alpha(t_0)]^r G(t_0) \varphi^+(t_0) + [\alpha(t_0)]^r g(t_0), \quad (3.8)$$

სადაც r ზემოგანსაზღვრული მთელი რიცხვია. ძნელი არ არის იმის შემოწმება, რომ (3.8) ამოცანისათვის დაცულია ყველა ზემომოთხოვნილი პირობა. ცხადია აგრეთვე, რომ თუ $\varphi^*(z)$ არის (3.8) ამოცანის რაიმე ამოხსნა, მაშინ $\varphi(z)$ ვექტორი, რომელიც განსაზღვრულია ფორმულით

$$\varphi(z) = z^{-r} \varphi^*(z),$$

იქნება (3.1) ამოცანის ამოხსნა. მაშასადამე, (3.8) ამოცანის ამოხსნების საშუალებით შეიძლება ვიპოვოთ (3.1) ამოცანის ყველა ამოხსნა.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 6.6.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Д. А. Квеселова. Некоторые граничные задачи теории функций. Труды Тбилисского Математического Института, т. XVI, 1948.
2. T. Carleman. Sur la théorie des équations intégrales et ses applications. Verhandl. des internat. mathem. kongr. Zürich, B. I, 1932.
3. Н. П. Векуа. Системы сингулярных интегральных уравнений, М.—Л., 1950.
4. Н. И. Мусхелишвили. Сингулярные интегральные уравнения, М.—Л., 1946.

პ. ორჯონიძის

ნაჯერობის დენი ფოტოგამტარ კრისტალებში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. დიდუბელიძემ 19.2.1951)

ნაჯერობის დენის (ე. ი. ომის კანონიდან გადახრის) არსებობა ველის განსაზღვრულ ინტერვალში, როგორც იდიოქრომატული, ისე ალოქრომატული ტიპის კრისტალებში, ჯერჯერობით არაა საკმარისად დასაბუთებული.

ნაჯერობის დენი პირველად აღმოაჩინეს გუდენმა და პოლმა [3] იდიოქრომატული ტიპის კრისტალების შესწავლის დროს, კერძოდ ZnS-ისა და ალმასის მონოკრისტალებში. ომის კანონიდან გადახრა აღნიშნულ კრისტალებში იწყება 2000 V/სმ-დან და ძალაში რჩება 12000 V/სმ-მდე. გაზომვები ჩატარდა 120° V/სმ ველის სიდიდემდე.

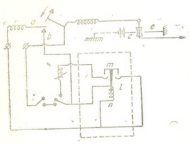
კერელმაიერის [5] მიერ ჩატარებული გამოკვლევები ამავე ტიპის კრისტალებზე, სახელდობრ გოგირდის მონოკრისტალებზე, ფოტოდენის ნაჯერობის მოვლენას არ გვაძლევს. ავტორმა მოდებული ველის ზრდით მიიღო ფოტოდენის პროპორციული ზრდა 15000 V/სმ ველის სიდიდემდე. ეს შედეგი გუგებობას იწვევს, რადგან გოგირდი თავის ფოტოელექტრული თვისებების მიხედვით იმავე ტიპის ფოტოგამტარ კრისტალებს ეკუთვნის, როგორც ZnS და ალმასი. ამის გამო ჩვენ მიერ გაზომილ იქნა პირველადი ფოტოდენი, როგორც მიღებული ველის სიდიდის ფუნქცია, 20000 V/სმ ველის სიდიდემდე.

ალოქრომატული ტიპის კრისტალებიდან გამოკვლევები ჩატარდა ქვამირილის მონოკრისტალებზე. აქ უნდა აღნიშნოთ, რომ ნაჯერობის მოვლენა აღნიშნულ კრისტალზე შეინიშნულ იქნა ფლექსიგისა [2] და კალაბუხოვის [4] მიერ, ხოლო არსენიევის [1] თავის გაზომვებში აღნიშნული მოვლენა შეუმჩნეველი დარჩა; ეს ავტორი თავის შრომაში აღნიშნავს, რომ შესაძლებელია მის მიერ გამოტოვებულია ველის ის ინტერვალი, სადაც ადგილი აქვს ომის კანონიდან გადახრას.

წინამდებარე პირველადი ფოტოდენის გაზომვის მეთოდოლოგია გაუმჯობესებულია სპეციალური სქემის გამოყენებით. აღნიშნული სქემის საშუალებით ყველა ჩართვა, სახელდობრ: კრისტალზე ძაბვის მიწოდება, კრისტალის განათება, ელექტრომეტრის ძაფის განმიწება და ელექტრული სეკუნდმზომის ჩართვა, ავტომატურად ხდება. აღნიშნული სქემა წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე.

K გასაღების ღილის დაჭერისას d ზამპარა წევს ღუნვადი ლითონის e ღეროს, რის შედეგადაც ჩაირთება c გასაღები და კრისტალზე მშრალი ბატარეებიდან მოედება ძაბვა. ღილის შემდგომი დაჭერით (ისრის მიმართულებით)

ჩაირთვება a გასაღები, f კოქში შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველი მიიზიდავს რკინის ლეროს, რომელიც თავის მხრივ გასწევს თავისი მოძრაობის მიმართულებით გამანაუბლის სახურს და კრისტალი განათდება. ღილის შემდგომი მოძრაობით ჩაირთვება b გასაღები, რაც გამოიწვევს ელექტრომაგნიტური l რელეს წრედის ჩართვას. n კოქში შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველი მიიზიდავს რკინის m ლეროს, რომელიც თავისი მოძრაობით განმიწავს ელექტრომეტრის ძაფს. ძაფის განმიწებასთან ერთად ჩაერთვის ელექტრული სეკუნდმზომი. სეკუნდმზომი აღნიშნავს დროს $0,01$ სეკუნდის სიზუსტით. ამ სქემის გამოყენებით შესაძლებელი ხდება ფოტოდენის გაზომვა მისი აღძვრის მომენტში, რაც გამოირიცხავს პოლარიზაციის გავლენას გაზომილი დენის სიდიდეზე. გარდა ამისა, აღნიშნული სქემის გამოყენება საგრძნობლად ამცირებს გაზომვის ცდომილებას.



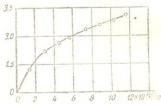
ნახ. 1

გაზომვის საშუალო სიდიდეს. ყოველი გაზომვის წინ მოცულობითი მუხტის მოხსნისთვის განათებული კრისტალი დაიმიწება, შემდეგ კრისტალი 2—3 წუთის განმავლობაში სინელეში იმყოფება, რის შემდეგ იზომება შემდეგი წერტილი.

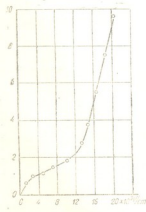
იდიოქრომატული ტიპის კრისტალებიდან გაზომვები ჩატარებულია 1,2 მმ სისქე გამჭვირვალე გოგირდის მონოკრისტალებზე. გაზომვების შედეგები გვიჩვენებს, რომ მოღებული ველის 2000 V/სმ -იდან 12000 V/სმ -მდე ადგილი აქვს ფოტოდენის

შენელებულ ზრდას ველის ზრდასთან ერთად (ნახ. 2). მიღებული მრუდიც ისეთივეა, როგორც ZnS -ისა და ალმასის მონოკრისტალების შემთხვევაში 12000 V/სმ ველის სიდიდემდე. 12000 V/სმ -იდან იწყება ფოტოდენის სწრაფი ზრდა (ნახ. 3).

ალოქრომატული ტიპის კრისტალებიდან გაზომვები ჩატარებულია $0,5 \text{ მმ}$ სისქე რენტგენზებულ NaCl -ის მონოკრისტალებზე; იდიტიურად შეღებილ $0,7 \text{ მმ}$ სისქე KCl -ის მონოკრისტალებზე და იოდით გაჯერებულ $0,7 \text{ მმ}$ სისქე KI -ის მონოკრისტალებზე. გაზომვების შედეგები გვიჩვენებს, რომ ზემოთ ხსენებულ კრისტალებში ადგილი აქვს იმის კანონიდან გადახრას, ე. ი. ველის განსაზღვრულ ინტერვალში დენის სიდიდე აღარაა ველის სიდიდის პროპორციული (ნახ. 3, 4, 5, 6).



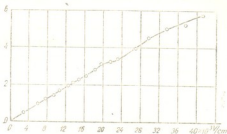
ნახ. 2



ნახ. 3

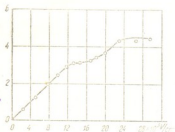
რენტგენიზებული NaCl-ის კრისტალების შემთხვევაში ომის კანონიდაა გადახრა იწყება 3000 V/სმ-დან (ნახ. 4), ადიტიურად შეღებილ KCl-ის კრისტალებში 22000 V/სმ-იდან (ნახ. 5), იოდით გაჯერებულ KI-ის კრისტალებში— 24000 V/სმ-იდან (ნახ. 6).

გაზომვების შედეგები გვიჩვენებს, რომ ნაჯერობის დენის არსებობა ყველა ფოტოგამტარი (როგორც იდიოქრომატული, ისე ალოქრომატული ტიპის) კრისტალისათვის საერთო მოვლენაა, მაშინაც ალოქრომატული ტიპის კრისტალებში ნაჯერობის მოვლენა იწყება ველის უფრო მაღალი დაძაბულობის დროს.

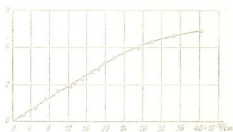


ნახ. 4

რენტგენიზებული NaCl-ის კრისტალებში ველის ინტერვალში 20000 V/სმ-დან 23000 V/სმ-მდე და ადიტიურად შეღებილ KCl კრისტალებში 13000 V/სმ-დან 16000 V/სმ-მდე ველის ზრდასთან ერთად შეინიშნება ფოტოდენის შენე-



ნახ. 5



ნახ. 6

ლებული ზრდა. ეს უკანასკნელი მოვლენა ადასტურებს მრუდის ფოტოდენის მიღებული ველის საფენურებრივ სელას, რაც კალაბუხოვის [4] მიერ რენტგენიზებული NaCl-ის კრისტალებში აღრე იყო შემჩნეული.

ფოტოგამტარ კრისტალებში ფოტოდენის ნაჯერობის საბოლოო ახსნისათვის საჭიროა გაზომილ იქნეს ფოტოელექტრონების თავისუფალი განარბენი, როგორც მოდებული ველის ფუნქცია.

შესაძლებელია ნაჯერობა ახსნილ იქნეს ფოტოელექტრონების თავისუფალი განარბენის შემოსაზღვრული სიდიდით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციის მოუვიდა 19.6.1951)

დამონუმენტული ლიტერატურა

1. А. Н. Арсеньева-Гейль. Фотопроводимость кристаллов NaCl в сильных электрических полях. ЖТФ 11, 550, 1941.
2. W. Fleischig. Über die Sättigung des lichtelektrischen Primärstromes in Kristallen. Zs. f. Phys. 46, 788, 1928.
3. B. Gudden und R. Pohe. Über lichtelektrische Wirkung und Leitung in Kristallen. Zs. f. Phys. 16, 170, 1923.
4. N. Kalabuchov. Über den Sättigungsstrom bei lichtelektrischer Leitung des röntgenisierten Steinsalzes. Zs. f. Phys. 80, 534, 1933.
5. B. Kurrelmeier. The photoelectric conductivity of sulphur. Phys. Rev. 30, 893, 1927.

შეზიგა

დ. ჩილენდაძე და თ. ძილიბაძე

წახნაგების წარმოშობის შესახებ ლითონური კრისტალის შემადგენელი

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ე. ანდრონიკაშვილმა 22.5.1951)

§ 1. შესავალი

ვოლფრამის ან მოლიბდენის კონუსურად წაგრძელებული პოლიკრისტალური ღეროების ვაკუუმში გახურების დროს ისინი მონოკრისტალად იქცევიან და ნახევარსფერულ დაბოლოებას ღებულობენ. როგორც გადაკრისტალდება, ისე წვერის ფორმის ცვლა დნობის ტემპერატურაზე გაცილებით უფრო დაბალ ტემპერატურაზე წარმოებს.

წვეროს ნახევარსფეროდ გარდაქმნა წარმოებს ზედაპირული დაქიშვობის ძალების გავლენით. იმის გამო, რომ მონოკრისტალის ზედაპირული დაქიშვლობა დაჰოკიდებულია კრისტალოგრაფიულ მიმართულებაზე, წვეროს ფორმის ცვლის დროს მოსალოდნელი იყო სფერულისაგან განსხვავებული ზედაპირის მიღება. ამ საკითხის გამოკვლევისათვის პ. ლუკირსკიმ [1] ქემარილის დიდი ზომის მონოკრისტალებზე ჩაატარა რიგი ცდები. მან დაადგინა, რომ ხანგრძლივი გახურებისას დასაწყისში სფერული ზედაპირის მქონე მონოკრისტალზე ყოველთვის წარმოიქმნება წახნაგები, რომელნიც შეესაბამებიან კრისტალოგრაფიული ღერძების სიმეტრიას. სწეროს ცენტრზე გამავალ [100] ღერძის ყოველ ბოლოზე წარმოიქმნება რვაწახნაგის ფიგურები, რომელთა ცენტრი ღერძზეა მოთავსებული. [110] ღერძების ბოლოებზე წარმოიქმნება რომბული ფიგურები, და ბოლოს, [111] ღერძების ბოლოებზე ძლიერ მკვეთრად არის გამოსული პირამიდები მესამე რიგის სიმეტრიის ღერძებით. ლუკირსკის აზრით, მისი ცდების პირობებში წახნაგების წარმოქმნა შეიძლება განხორციელდეს სხვადასხვა გზით: მრავალჯერადი აორთქლებითა და კონდენსაციით ან ზედაპირული ატომების ჩოჩით. თითოეული ამ შესაძლებლობის შეფასების შემდეგ ის აკეთებს დასკვნას, რომ მეორე შესაძლებლობა უფრო ალბათიანია და რომ აორთქლება-კონდენსაცია, თუკი მას ადგილი აქვს, არ განსაზღვრავს კრისტალის ფორმის ცვლის სიჩქარეს.

ლუკირსკის გამოკვლევის გამოქვეყნებისთანავე ლიტერატურაში გამოჩნდა თეორეტიკოსების შრომები, რომლებიც ნათელს ჰფენენ მაღალი ტემპერატურის პირობებში წახნაგის წარმოქმნის ფიზიკურ პროცესს.

ი. ფრენკელმა განიხილა ლუკირსკის ექსპერიმენტული შედეგები და მოგვცა მათი ახსნის ორი ვარიანტი.

თანახმად პირველი ვარიანტისა [2], ზედაპირული დაქიშულობის გავლენით კრისტალურ სხეულებში, მსგავსად ამორფული სხეულებისა, შეიძლება წარმოებდეს ბლანტი დენა. ამით შეიძლება აიხსნას კრისტალური ფხენილების „ცივი შემტკიცება“ და დასაწყისში სფერული ფორმის მონოკრისტალზე წახნაგების წარმოქმნა.

მეორე ვარიანტის [3] მიხედვით, თანამედროვე წარმოდგენა, რომლის თანახმად კრისტალოგრაფიული წახნაგები წარმოადგენს იდეალურად სწორ სიბრტყეებს, რომლებსაც შედარებით მცირე ზედაპირული დაქიშულობა აქვთ, მცდარია. სინამდვილეში სითბური ფლუქტუაციის გავლენით ძირითად წახნაგზე უნდა წარმოიქმნას რამდენიმედ უფრო მეტი ზედაპირული დაქიშულობის მქონე ვიკინალური წახნაგები. ასეთი წახნაგები შეიძლება განვიხილოთ როგორც ტერასები, წარმოქმნილი ძირითადი წახნაგების საფუძველზე, რომლებიც ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ხდებიან ბუნებრივად უსწორმასწორონი. ასეთი ტერასების საზღვრები ფიქსირებული არაა, ისინი იცვლებიან იზოლირებული ატომების მოძრაობის შედეგად, რომლებიც ცალკეული ტერასის ზედაპირზე თითქოს აღსორბირებულ ორგანზომილებიან გაზურ ფაზას ქმნიან, და ატომებისაკან, რომლებიც ერთგანზომილებიანი გაზური ფაზის სახით აღსორბირებული არიან მათი სასაზღვრო ხაზის გასწვრივ.

კრისტალის ზომა და ფორმა იცვლება ატომების თანდათანობითი გადასვლით ცალკეული ტერასის შესაბამის კონდენსირებული ორგანზომილებიანი ფაზიდან, ხაზოვანად აღსორბირებული გაზური ფაზის გავლით, ორგანზომილებიან გაზურ ფაზაში და პირიქით.

ლ. ლანდაუმი [4], განიხილა რა კრისტალის ზედაპირული დაქიშულობის წახნაგის მიმართულებისაგან დამოკიდებულების საკითხი, გამოიკვლია კრისტალის წონისწორული შემოწახნაგების ხასიათი.

შრომაში [5] ნაჩვენებია იყო, რომ თუთიის მონოკრისტალის ჩოხრალსკის მეთოდით მიღების დროს კრისტალის ზედაპირზე წარმოიქმნება კრისტალოგრაფიული წახნაგები, თუ ლითონის სითხის ზედაპირი დაკუთვლია დაქანგვისაგან ინერტული გაზით ან სითხით. წახნაგების წარმოქმნას ჩვენ ვხანადით მზარდი კრისტალის შემგები ლითონის სითხის სრიალით უმცირესი შექიდიულობის სიბრტყეთა გასწვრივ.

ვინაიდან კრისტალოგრაფიული წახნაგები კრისტალიზაციის ფრონტის უშუალო მახლობლობაში წარმოიქმნება, ამიტომ გამოიკვლია არაა წახნაგების წარმოქმნაზე მოცულობის ცვლილების გავლენის შესაძლებლობა.

მართლაც, განყარების დროს თუთიის მოცულობა დაახლოებით 6% მცირდება, თანაც ნივთიერება სხვადასხვა მიმართულებით სხვადასხვანაირად მკვრივდება. სწორედ ამის გამო სითხის ვერტიკალური სვეტის განივკვეთი წრეს წარმოადგენს, ხოლო კრისტალიზაციის შედეგად მიღებული ლეროსი—მრავალგვერდს. მნიშვნელოვანია, რომ ასეთი წახნაგების მიკროფოტოსურათები იძლევა მაღალი ტემპერატურის პირობებში კრისტალოგრაფიული წახნაგების ხორკლიანობის ნათელ სურათს. ეს ხორკლიანობა რიც შემთხვევაში წესიერი ტერასების ფორმისაა. ჩვენი აზრით, აქ მოყვანილი მსჯელობა კარგად ეთან-

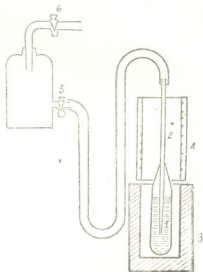
ხმება ზემოთ მითითებულ თეორიულ შრომებს [2,3,4], ხოლო ჩატარებული ექსპერიმენტები [5] ამტკიცებს მათ სისწორეს.

§ 2. კრისტალოგრაფიული წახნაგების მიღების მეთოდები.

1. ლითონის სითხის შეწოვით სინჯარის გავსებისას გამყარების შემდეგ პოლიკრისტალური ლეროს ზედაპირის ზოგიერთ ადგილას ჩნდება მცირე ზომის სხვადასხვანაირად ორიენტირებული ბრწყინვალე წახნაგები. თუ სინჯარას შიგნიდან მურით, თუთიის ქლორიდით ან ლითიუმის ქლორიდისა და კალიუმის ქლორიდის ნარევით დაფარავთ, მაშინ ლეროები ასეთი წახნაგებით დაიფარება თითქმის მთელი სიგრძის გასწვრივ (იხ. სურ. 1).

ასეთი სინჯარის წინასწარი გახურება (ე. ი. ლითონის შეწოვამდე გახურება) საგრძნობლად ადიდებს გაჩენილ წახნაგებს. თუ სხვადასხვა სისქის კედლების მქონე სინჯარებს ერთსა და იმავე ტემპერატურამდე გაუახურებთ, მაშინ სქელკედლიან სინჯარაში მიღებული ლეროს ზედაპირზე გაჩენილი წახნაგები უფრო დიდი იქნება, ვიდრე თხელკედლიან სინჯარაში. ამ შემთხვევაში სინჯარის კედლის სისქის ცვლა მხოლოდ სითბოს გადაცემის სიჩქარეს ცვლის, ამიტომ შემდეგი ექსპერიმენტები მცირესიძლავარიანი ლუმელის დახმარებით ტარდებოდა შემდეგნაირად (იხ. სურ. 2):

თუთიით ავსებული სინჯარა (ან ტიგელი) 1 წვრილი მავთულით იყო მიმაგრებული შიგნიდან მურით (ან ქლორიდებით) დაფარულ ორმხრივ ღია სინჯარასთან 2, რომლის ქვემოთა კონუსურად წაგრძელებული ბოლო ჩაშვებული იყო 1 სინჯარაში, ლითონში; სინჯარის 2 მეორე ბოლო რეზინის მილით და ონკანით 5 იყო შეერთებული ბალონთან, რომლიდანაც ჰაერის ნაწილი წინასწარ იყო ამოტუმბული. სინჯარები 1 და 2 მოთავსებული იყო ლუმელებში 3 და 4 ისე, რომ სინჯარების ღერძები ემთხვეოდა ლუმელების ღერძს ან მისი პარალელური იყო. ლუმელი 3 სხვადასხვა ექსპერიმენტის დროს ხურდებოდა



სურ. 2

450—550°C ტემპერატურამდე, ხოლო მილიანი ლუმელი 4—200—380°C-მდე. თერმული რეჟიმის დამყარების შემდეგ თუთია სინჯარაში 1 უკვე სითხედ იყო ქცეული.

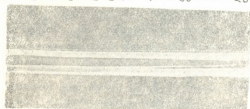


სურ. 1

ონკანის 5 ნელი გახსნით თუთიის სითხეს ვაიძულბდით შესულიყო სინჯარაში 2. მის შემდეგ, რაც სვეტის სიმაღლე აღწევდა 15—25 სმ, ონკანი

იკეტებოდა და იმავე დროს სინჯარები 1 და 2 გადაადგილდებოდა ღუმელე-
ბის ღერძის გასწვრივ 6—10 სმ/მინ სიჩქარით.

სინჯარაში 2 ამრიგად მიღებული თუთიის ღერო ყოველთვის დაფა-
რული იყო კარგად განვითარებულთ, სარკული ელვარების მქონე ბრტყელი
კრისტალოგრაფიული წახნაგებით. ღეროს ღერძის პარალელურ წახნაგებს



სურ. 3

ხშირად 15—20 სმ სიგრძე ჰქონ-
და (იხ. სურ. 3).

ღეროს განივკვეთის განხილვა
გვიჩვენებს, რომ ღერო შედგება
რამდენიმე მარცვლისაგან (მაგა-
ლითადად, 4—5), რომლებიც სექ-
ტორების სახით მიემართებიან

ღეროს მთელ სიგრძეზე (იხ. სურ. 4).

თუ 3 და 4 ღუმელების ღერძი ვერტიკალუ-
რია, ზემოთ აღწერილი გზით მიღებული თუთიის
ღეროს განივკვეთი მრავალგვერდს წარმოად-
გენს, თანაც ყოველი მარცვლი ზედაპირზე გამო-
დის ერთი ან რამდენიმე კრისტალოგრაფიული
წახნაგით, რომლებიც ან პარალელურნი არიან ღე-
როს ღერძისა, ან რაიმე კუთხეს აღგენენ მასთან
(იხ. ფიგ. 5).

თუ ლითონის სრულ გამყარებამდე 5 და 6
ონკანებით სინჯარაში 2 ჰაერს შეგუშვებთ, მაშინ
ლითონის სითხის ნაწილი სინჯარიდან 2 ჩაი-
ღვრება სინჯარაში 1 და სინჯარაში 2 მიიღება
თუთიის მილი, რომლის ორივე ზედაპირი



სურ. 4

(როგორც შიგნითა, ისე გარეთა)
დაფარული იქნება კრისტალო-
გრაფიული წახნაგებით. აქედან
ცხადია, რომ კრისტალიზაცია იწ-
ყება სინჯარის 2 ზედაპირიდან და
კრისტალიზაციის ფრონტი ღერ-
ძისაკენ გადაინაცვლებს.

თუ ღუმელებისა და სინჯარე-
ბის ღერძი ვერტიკალიდან რაიმე
კუთხეს შეადგენს, შემოწახნაგე-



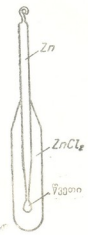
სურ. 5

ბული ღეროს განივკვეთის სახე იცვლება: მარცვლების რაოდენობა მცირდე-
ბა, ხოლო მათი შეხედრის ხაზი სინჯარის ღერძს არ ემთხვევა, ის მისი
პარალელური რჩება და მასზე უფრო ზევით არის მოთავსებული. ეს
ცვლილებები მით უფრო მნიშვნელოვანია, რაც უფრო ახლოა აღნიშნული
კუთხე 90°-თან; როდესაც კუთხე 90° უახლოვდება, ზოგჯერ ვდებულობთ
შემოწახნაგებულ ერთ მარცვალს (მონოკრისტალს).

2. თუთიით ავსილი სინჯარა (რომლის ზევეთა ზოლო დახურული იყო,
ხოლო ქვევითა ღია კონუსურ კაპილარს წარმოადგენდა) ჩაშვებული იყო მე-

ორე სინჯარაში, რომელშიც თუთიის ქლორიდი იმყოფებოდა. ეს სინჯარები წვრილი მავთულით ისე იყო ერთმანეთთან დაკავშირებული, რომ კაპილარის ბოლოსა და მეორე სინჯარის ფსკერს შორის მანძილი ერთ სანტიმეტრს უდრიდა (იხ. სურ. 6). ამრიგად დაკავშირებული სინჯარები შევკქონდა ვერტიკალურ მილიან ლუმელში და ვახურებდით 450–500°C-მდე.

ზევითა სინჯარაში მოთავსებული თუთიის ღნობისა და გაფართოების გამო კაპილარის ბოლოზე ჩნდებოდა თუთიის სითხის სფერული წვეთი, შეტრეტიებული თუთიის ქლორიდში. თუთიის ქლორიდის სითხე იცავს თუთიის წვეთს დაქანგვისაგან როდესაც სინჯარები სათანადო სიჩქარით გადაინაცვლებდნენ (ზევით ან ქვევით) დამცველ მილში, თუთიის სითხე და კაპილარზე დაკიდებული თუთიის წვეთი დაკრისტალდებოდა ერთი მარცვლის სახით (მონოკრისტალი), თანაც წვეთის ზედაპირზე წარმოიქმნებოდა კრისტალური წახნაგები (იხ. სურ. 7).



სურ. 6

3. შრომაში [6] აღწერილი გზით მიღებული ცილინდრული ან სფერული ფორმის თუთიის მონოკრისტალი სინჯარაში თავსდება. სინჯარის დიამეტრი 2–3 მმ-ით მეტი იყო კრისტალის დიამეტრზე. კრისტალი იფარებოდა თუთიის ქლორიდით ან ლითიუმის ქლორიდისა და კალიუმის ქლორიდის ნარევით (LiCl+KCl) და ხურდებოდა 350–380°C-მდე.



სურ. 4

მარილები ასეთი ტემპერატურის დროს სითხედ იყო ქცეული და იფარავენ მონოკრისტალის ზედაპირს დაქანგვისაგან. აღნიშნულ ტემპერატურაზე 6–8 საათის განმავლობაში მონოკრისტალის ზედაპირი მცირე ზომის კრისტალოგრაფიული წახნაგებით იფარებოდა თითოეული წახნაგის ზონა ზოგჯერ 1–2 მმ აღწევს.

§ 3. კრისტალის წახნაგების მიკროსტრუქტურა

თუ კრისტალოგრაფიულ წახნაგებს, რომელთა მიღება აღწერილია წინა პარაგრაფში (სათანადო ღეროების ფოტოსურათები მოცემულია სურ. 3 და 5-ზე), მიკროსკოპში განვიხილავთ, დავინახავთ, რომ ამ წახნაგების ზედაპირი თითქმის არასდროს არ არის გლუვი.



სურ. 8

კრისტალოგრაფიულ წახნაგებს უფრო ხშირად ხორკლიანი ზედაპირი აქვს, თანაც ხორკლიანობას მკაცრი კანონზომიერება ახასიათებს.

რივ შემთხვევაში ხორკლიანობა წარმოგვიდგება ერთმანეთზე დალაგებული კრისტალური შრეების სახით (იხ. სურ. 8); ზოგჯერ ეს შრეები ერთმანეთზე



სურ. 9

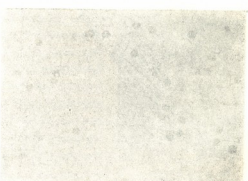
წესიერი საფეხურებ ის სახითაა დალაგებული (იხ. სურ. 9). ზოგიერთი წახნაგის ზედაპირზე შრეებს ერთმანეთზე დალაგებული წესიერი ექვსკუთხედის სახე აქვს (იხ. სურ. 10), ხშირად გვხვდება წახნაგები, რომელიც დაფარულია თოვლის ვანტელების ფორმის ან სხვა სახის ფიგურებით (იხ. სურ. 11).

მიკროსკოპით შეიძლება დაეადგინოთ, რომ საფეხურები, ექვსკუთხედები და ა. შ. ზოგჯერ ძირითადი წახნაგების ზედაპირიდან ზეგითაა ამოსული, ხოლო ზოგჯერ ჩაღრმავებას წარმოადგენს.

ეს მოყვანილ ფოტოსურათებზე მოცემულია იმ წახნაგების მიკროსტრუქტურა, რომელთა ძილება წინა პარაგრაფის პირველ პუნქტშია აღწერილი. ყველა შემთხვევაში გადიდება 315-ის ტოლია.



სურ. 10



სურ. 11

§. 4. შედეგების განხილვა

როგორც წინა პარაგრაფებიდან ჩანს, შიგნიდან ინერტული ნივთიერებით დაფარულ სინჯარაში შეწოვის პროცესში თუთიის კრისტალიზაციის დროს მიღებული ღეროს ზედაპირი კრისტალოგრაფიული წახნაგებით იფარება. ამ წახნაგების წარმოქმნა და განვითარება, ცხადია, განპირობებულია ზედაპირული ენერჯიის მინიმუმისაკენ მისწრაფებით. ვინაიდან ეს წახნაგები, ისევე, როგორც ის წახნაგები, რომლებზედაც ლაპარაკია შრომაში [5], მაღალი ტემპერატურის პირობებში ყალიბდებოდა, მათ ხორკლიანობა უნდა ახასიათებდეს (3,4) და ეს ხორკლიანობა სწრაფად გაცივების გამო ნაწილობრივ მაინც შენარჩუნებული იქნება ოთახის ტემპერატურაზეც. როგორც მიკროსურათებიდან ჩანს, გამოსაკვლევი ნივთიერების სხვადასხვა კრისტალოგრა-

ფიულ წახნაგებს სხვადასხვაგვარი ხასიათის ხორკლიანობა ახასიათებს. ამასთან, ხორკლიანობის ასეთი სხვადასხვაობა დამოკიდებულია წახნაგის ინდექსებზე და წარმოქმნის პირობებზე.

ინერტულ გარემოში თავისუფლად დაკიდებული თუთიის სითხის წვეთი ნელი კრისტალიზაციით შეიძლება მონოკრისტალურ მდგომარეობაში გადავიყვანოთ, თანაც კრისტალის ზედაპირი ამ შემთხვევაში კრისტალოგრაფიული წახნაგებით დაიფარება. ცნობილია, რომ ზედაპირული დაკვიპულობის ძალები მაქსიმალურად მაშინ გამოვლინდება, როცა შემადგენელ ნაწილაკებზე მხოლოდ ურთიერთმიზიდვის ძალები მოქმედებენ. სიმძიმის ძალის მოქმედება შეიძლება ნაწილობრივ მაინც აცილებულ იქნეს წვეთის ინერტულ სითხეში მოთავსებით. ასეთ პირობებში შეიძლება მოველოდეთ, რომ ნელი კრისტალიზაციის დროს ზედაპირული ძალების გავლენით მიღებული იქნება მოცემული ნივთიერების მონოკრისტალის ზრდის ან წონასწორობის ფორმა. ეს ვარაუდი საეცებით მართლდება ჩვენი ცდებით. მიმდინარეობს მუშაობა მიღებული წახნაგების მიკროსტრუქტურისა და კრისტალოგრაფიული ინდექსების დადგენისათვის.

კრისტალოგრაფიული წახნაგები წარმოიქმნება აგრეთვე დასაწყისში სფერული ზედაპირის მქონე თუთიის მონოკრისტალზე, რომელიც მოთავსებულია ინერტულ გარემოში და 360—380°C-ზე ხანგრძლივ გამოწვას განიცდის. თუ ჩავთვლით, რომ ქლორიდები მხოლოდ დაფანგვისაგან იცავენ თუთიის კრისტალს და მასთან რეაქციაში არ შედიან, მაშინ ეს ცდა პ. ლუკირსკის ცდის ანალოგად შეიძლება ჩაითვალოს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 22.6.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. П. И. Лукирский. Опыт с монокристаллами каменной соли. ДАН № 7, 1945, том XLVI, стр. 300.
2. Я. И. Френкель. Вязкое течение в кристаллических телах. ЖЭТФ, т. 16, вып. 1, 1946, стр. 29.
3. Я. И. Френкель. О поверхностном ползании частиц у кристаллов и естественная шероховатость кристаллических граней. ЖЭТФ, т. 16, вып. I, 1946.
4. Л. Д. Ландау. О равновесной форме кристаллов. Сборник посвященный семидесятилетию академика А. Ф. Иоффе. Москва, 1950, стр. 44.
5. Д. М. Чигвинадзе и Р. А. Джибладзе. Формы роста монокристалла цинка. Сообщения АН ГССР. № I, 1949.
6. Д. М. Чигвинадзе. Выращивание монокристалла цинка с заданной ориентацией. Сообщения АН ГССР. т. IX, № 1, 1948.

გიოზორია

ა. ოაშუაშვა და ბ. სულაშვილიძე

წყლის თხევადი ფაზის რადიონობის განსაზღვრა თოვლის
საბურველში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ციციშვილმა 22.5.1951)

თოვლის საბურველის რადიაციულ, ელექტრულ და სითბურ თვისებათა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ ამ თვისებათა დამახასიათებელი სიდიდეები მკვეთრად იცვლება თოვლის წყალშემცველობის (თხევად ფაზაში მყოფი წყლის რაოდენობის) ცვალებადობასთან ერთად.

თითქმის ყველა მკვლევარი ორ კლასად ყოფს თოვლის საბურველს: მშრალი თოვლი და წყლიანი, ანუ სველი თოვლი. ზოგი ავტორი (ჰოფისა და ოტენის ჯგუფი [1]) გვთავაზობს გაცივით სველი თოვლი წყალშემცველობის მიხედვით ნესტიან, სველ და წყლიან თოვლად, მაგრამ, რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია, თოვლის საბურველის მდგომარეობის ასეთი შეფასება უკანასკნელ წლებამდე მეტად უხეში საშუალებით წარმოებდა.

შეუძლებელი იყო თოვლის ფიზიკურ თვისებებსა და წყალშემცველობას შორის კავშირის დადგენა, ვიდრე არ მოინახა თოვლში წყლის რაოდენობის გამოსაკვლევი უფრო ზუსტი საშუალება.

ამიტომ გასაგებია, რომ საკითხი თოვლის წყალშემცველობის განსაზღვრის მეთოდის შესახებ თოვლის ფიზიკურ თვისებათა შემსწავლელთათვის ამჟამად ერთ-ერთ საკვანძო საკითხად გადაიქცა.

1949 წელს გეოფიზიკის ინსტიტუტში წინამდებარე სტატიის ერთ-ერთი ავტორის ხელმძღვანელობით დაწესდა წყალშემცველობის განსაზღვრის ორი მეთოდი—კალორიმეტრიული და მექანიკური. ამავე წლის ნოემბერში ჩატარდა მისი ლაბორატორიული გამოცდა და შედეგები ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს მოხსენდა.

1950 წლის მარტში გამოქვეყნდა ჰალიდების [2] მიმოხილვითი ხასიათის სტატია შემოადინიშნული საკითხის შესახებ; მასში ძირითადად კალორიმეტრიული მეთოდი იყო აღწერილი, ამასთანავე არც აპარატურა და არც ექსპერიმენტის ტექნიკა არ ითვალისწინებდა რიც მიზეზებს, რომლებიც გავლენას ახდენდა გაზომვათა სიზუსტეზე, რამაც სათანადო გავლენა იქონია ცდების შედეგებზედაც (ნიმუშის აღებისას წყალშემცველობის ცვლილება, დიდი ტემპერატურული გრადიენტები და სხვა).

ამრიგად, ჩვენ შევჩერდით ორ მეთოდზე—კალორიმეტრიულსა და მექანიკურზე.

კალორიმეტრიული მეთოდის პრინციპი (პირველად ამ იდეის გამოყენება ჩვენ გვირჩია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის

მაგრამ კალორიმეტრის წყლის მასის შემცირებას თან ახლავს

$$M = m \frac{L}{cT} \cong m \frac{L}{cT}$$

პირობის დაცვის აუცილებლობა, წინააღმდეგ შემთხვევაში თოვლის ნიმუში არ გადნება მთლიანად.

ამრიგად, M , რომელიც უმცირეს ცდომილებას მოგვცემს, უნდა განისაზღვროს პირობიდან

$$M = m \frac{L}{cT} \quad (4)$$

ცდამ გვიჩვენა, რომ M რამდენადმე მეტი უნდა იყოს $m \frac{L}{cT}$ -ზე, რადგან

(4) პირობის დაცვის შემთხვევაში ექსპერიმენტს ძალიან დიდი დრო მიაქვს.

ამიტომ ჩვენ ცდისათვის შემოგვქონდა კოფეციენტი 1,5; როდესაც ცდის ხანგრძლიობა უდრის 20—25 წუთს და კალორიმეტრსა და ჰაერს შორის ტემპერატურული გრადიენტი 40° არ აღემატება, კალორიმეტრის სითბური გამოსხივებით გამოწვეული დანაკარგი შეგვიძლია უგულვებელვყოთ, რაც ნაგულისხმევი იყო (1) განტოლების გამოყენებისას¹. 30° -ზე ხაკლები ტემპერატურა ანელებს ცდის მსვლელობას, ამიტომ ჩვენი რჩევაა კალორიმეტრის წყლის საწყისი ტემპერატურა დავიცვათ 35° — 40° -ის ფარგლებში (როცა ვარგმოს ტემპერატურა 0° — 10° უდრის).

შემოაღნიშნულ პირობათა დაცვის შემთხვევაში

$$M = 1,5 m \frac{80}{40} = 3m, \quad (5)$$

ე. ი. 40° ტემპერატურული გრადიენტისათვის კალორიმეტრის წყლის მასა სამჯერ უნდა აღემატებოდეს ნიმუშის მასას.

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ W არის 0,1 M -ის რიგის და M -ის (5) დან განსაზღვრულ მნიშვნელობას ჩავსვამთ (3) განტოლებაში, დავინახავთ, რომ

$$\frac{\delta x}{x} < \frac{5(2L + \Delta F)}{L^2} \delta T.$$

$\delta T = 0,05$ და $L = 80$ მნიშვნელობათა ჩასმის შედეგად

$$\frac{\delta x}{x} < 0,01 = 1\%.$$

კროკის (Croce) ცდებში [2] ცდომილება 5% -ს აღემატებოდა. ამის მიზეზი, ალბათ, ისაა, რომ ავტორი არ იცავდა (4) პირობას. გარდა ამისა, ცალკეულ სიდიდეთა გაზომვის სიზუსტე არ ექვემდებარება საერთო ცდომილების შემცირების მოთხოვნას.

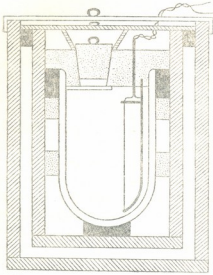
კროკი ცდის პირობათა შეუფასებლად კალორიმეტრის წყლისათვის ირჩევს 70° ტემპერატურას და ზომავს მას 0,1^o-ის სიზუსტით, ხოლო წყლისა

¹ ეს დაშვება ექსპერიმენტულად შემოწმდა. აგებულ იქნა ტემპერატურასა და M -ს შორის დამოკიდებულების მრუდები 45° — 60° ტემპერატურული გრადიენტებისათვის.



და თოვლის წონას—1 მილიგრამის სიზუსტით, თუმცა ადვილი მისახვედრია, რომ ტემპერატურის ასეთი წესით ათვლისას სრულიად საკმარისია მასის გამოშვება 0,5 გრამის სიზუსტით.

აღნიშნული ცდებისათვის ხმარებული კალორიმეტრის სქემატური კრილი მოცემულია 1 ნახაზზე.



ნახ. 1

კალორიმეტრში მოთავსებულია ვოლფრამის წინააღმდეგობის თერმომეტრი, რაც წყლის მთელი სვეტის საშუალო ტემპერატურას 0,05°-ის სიზუსტით ზომავს.

კალორიმეტრიული მეთოდი საკმაოდ ზუსტ შედეგებს იძლევა, მაგრამ ყოველი ნიმუშის წყალშემცველობის გამოკვევას, კალორიმეტრის დამუხტვასთან ერთად, ერთ საათზე მეტი დრო მიაქვს.

ამის გამო ჩვენ გადავწყვიტეთ თოვლის წყალშემცველობის გასაზომად მიგვემართა ნაცლებად ზუსტი, მაგრამ ბევრად უფრო სწრაფი მექანიკური მეთოდისათვის. თოვლის წყალშემცველობის გამოსაკვლევი მექანიკური მეთოდი დამყარებულია გაყინვისას წყლის მოცულობის ზრდის პრინციპზე.

ვათავსებთ ჰერმეტულ ჭურჭელში, რომელსაც მირჩილული აქვს ზუსტი ბიურეტი. მასში მოძრავი სინდიკას წვეთის საშუალებით აღვრაცხავთ გაყინვით გამოწვეული მოცულობის ზრდას.

ამ მეთოდის სიზუსტე არ აღემატება 2—3%ს; სამაგიეროდ, გაზომვისათვის საჭირო დრო შეიძლება 5—10 წუთამდე შევამციროთ.

ხელსაწყოს სქემატური კრილი ნაჩვენებია მე-2 ნახაზზე.

ხელსაწყოს ზედა ნაწილში მოთავსებული ბადე იცავს ბიურეტის ყელს თოვლით დაზღვისაგან. ნიმუშის აღების შემდეგ ჭურჭელი მაცივარში უნდა მოვათავსოთ.

გაცივებისას ჭურჭლის v მოცულობა იცვლება სიდიდით

$$\Delta v_n = v \beta_n \Delta T,$$

სადაც β_n თითბრის მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტია (ხელსაწყოს თითბრისაგან მზადდება).

ყინულის კრისტალების მოცულობის ნამატი უდრის

$$\Delta v_x = v_x \beta_x \Delta T = i, i \beta_x \Delta T.$$

წყლის e მასის გაყინვით მოცულობა გაიზრდება სიდიდით

$$\Delta v_e = (m - x) o, i;$$

ჰაერის მოცულობა კი შეიცვლება სიდიდით

$$\Delta v_n = v_n \beta_n \Delta T = [v - (m + o, i x)] \beta_n \Delta T.$$

რის წნევათა შორის. რაც შეეხება ოლეინის მჟავის წვეთს, ის შეიძლება გაიშალოს მილის კედლებზე (ოლეინის მჟავა ასველებს მინას), რაც დამატებით შესწორებათა შემოტანის აუცილებლობას იწვევს.

მიუთითებენ კაპილარებში წვეთის მისაღებად ნავთის მძიმე სახეთა გამოყენების შესაძლებლობაზე. ჩვენ ეს სითხე ჯერ არ გამოგვიყენებია.

დღევანდლამდე თოვლის საბურელის წყალშემცველობის შესწავლა ცალკეულ ექსპერიმენტთა სახით მიმდინარეობდა. მათი მიზანი იყო დაკვირვებათა მეთოდის გამომუშავება, სათანადო აპარატურის შექმნა და ზემოთ მოყვანილ გამოთვლებთან ექსპერიმენტთა შედეგების შედარება.

ჩატარებული დაკვირვებებიდან ჩანს, რომ თოვლის საბურელი, რომლის ტემპერატურაც 3° -ს უდრის, ზოგიერთ შემთხვევაში 5% — 6% -მდე წყალს შეიცავს. ბუნებრივ პირობებში სამხრეთ ექვაპოზიციის მყინვართა ქვაბებში ფირნის წყალშემცველობა 25% აღწევდა.

თოვლის თვისებებსა და წყალშემცველობას შორის დამოკიდებულების შესწავლა, ალბათ, შესაძლებლობას მოგვცემს დავადგინოთ რაოდენობრივი კავშირი თოვლის ფიზიკურ თვისებებს, სიმკვრივესა და წყალშემცველობას შორის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გეოფიზიკის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 22.5.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Г. Гоф и Г. Ф. Отен. Физико-механические свойства снегового покрова. Сборник работ снежно-метеорологической службы. Выпуск 1. М.—Л., 1938.
2. J. G. Halliday. The liquid water content of snow. The Journal of glaciology, v. 1 № 7, 1950.

გამოკრძობა

6. ასტასოვი

ახალგაზრდა ვულკანიზმი და ძველი ბაყინვარების საკითხი
ჯავახეთში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯავახიშვილმა 3.5.1951)

ძველი გაყინვარების ნიშნების არსებობა მცირე კავკასიონზე დიდი ხნის მანძილზე წარმოადგენდა სადაო საკითხს. ჩვენ მიზნად არ ვისახავთ ამ წერილში ეს საკითხი ფართოდ გავაშუქოთ, მოვიყვანოთ მხოლოდ ზოგიერთ ახალ მონაცემს, რომლებიც საფუძვლად დაედო სამხრეთ საქართველოს ვულკანური მთიანეთის ფარგლებში ძველი გაყინვარების ხასიათის შესახებ ქვემოთ გამოთქმულ მოსაზრებებს. სტატიის ძალზე შეზღუდული მოცულობა საშუალებას არ გვაძლევს გავაკეთოთ აღრე ჩატარებული გამოკვლევების რამდენადმე ამომწურავი ანალიზი. ჩვენ დავეყრდნობით მხოლოდ ამ უკანასკნელი 15 წლის მანძილზე ზოგიერთი მკვლევრის მიერ ამ საკითხის ირგვლივ გამოთქმული მოსაზრებების აღნიშვნით.

ძველი გაყინვარების ნიშნების არსებობა მცირე კავკასიონზე, კერძოდ კი საქართველოს სამხრეთ მთიანეთში, ბევრი მკვლევრის მიერ საეპოქოდ იყო მიჩნეული. ს. კუზნეცოვი [5] სავსებით უარყოფდა გაყინვარებას თრიალეთის ქედზე და მის მახლობლად მდებარე რაიონებში. ის ეყრდნობოდა იმ აზრს, რომ ძველი გაყინვარების წარმონაქმნების ნიშნები საერთოდ არ არსებობს მცირე კავკასიონის ფარგლებში.

ამავე დროს შემდეგმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ, როგორც ჩანს, ასეთი წარმონაქმნები არსებობს. ამას კატეგორიულად ამტკიცებდა პ. ძეგლტოვი [4]. ამ რაიონში ძველი გაყინვარების არსებობის იდეის ერთ-ერთ თავგამოდებულ მომხრედ ითვლება ლ. მარუაშვილი. ის ფიქრობს, რომ ყინვარულმა მოვლენებმა კვალი დატოვა აბულ-სამსარის ქედის რელიეფზე და გლაციური რელიეფის ცალკეული ფორმების აღწერას იძლევა.

„ტიპობრივი გლაციური ლანდშაფტი იწლება სამსარზე ჩრდილო-აღმოსავლეთის მხრიდან ასელის დროს. ვურმის ეპოქაში ამ ფერდობით მოცოცავდნენ ხეობის ტიპის ყინვარები, რომელთა სიგრძე მათი მაქსიმალური განვითარების დროს 5,5 კმ აღწევდა. ამ ყინვარის მიერ კარგად გამომუშავებული ტროვის განი 0,5 კმ აღწევს. ტროვის მარჯვენა ნაპირის გადატეხილობა 50—60 მეტრს. ტროვის ფსკერზე მრავლად მოჩანს მომრგვალებული კლდეები—ვურმის შუბლები“ [6].

აღნიშნული ავტორი არ ჩერდება ვურმის გაყინვარების ნიშნების ფიქსაციაზე და შესაძლებლად მიაჩნია სამხრეთ საქართველოს მთიანეთში უფრო

ძველი გაყინვარების ეპოქის ნალექების ნაშთების არსებობა: „ტაბაწყურის ტბის სამხრეთ-აღმოსავლეთით ჩვენ მიერ წარმოებულ დაკვირვებები გვაძლევს დავეუშვათ ვურმზე უფრო ძველი გაყინვარების კვალის არსებობა ჯავახეთის პლატოზე. ეს ძველი გაყინვარება აბულ-სამსარის ახალგაზრდა ლავურ ნაკადებზე აღრეულია და შესაძლებელია რისულ ყინვარულ ეპოქას ეკუთვნოდეს“ [6].

მცირე კავკასიონის ძველი გაყინვარებისადმი მიძღვნილია მთლიანად ნ. დუმიტრაშკოს [3] სტატია. ავტორი საკმაოდ დაწვრილებით იხილავს ამ საკითხს და იმ დასკვნამდე მიდის, რომ როგორც აბულ-სამსარის ზოლში, ისე ჯავახეთის ქედზე ყოველგვარი ექვის გარეშე არსებობდა გაყინვარება, ყოველ შემთხვევაში ვლრმული მანძი.

ანალოგიური დასკვნები მიიღო კ. პაფენგოლცმა, რომელიც 1948—49 წლებში აწარმოებდა გამოკვლევებს ახალქალაქის პლატოზე და ჯავახეთის ქედზე.

გაყინვარების არსებობა აბულ-სამსარისა და ჯავახეთის ქედების თხემურ ნაწილში შესაძლებლად მიაჩნია პ. გამყრელიძესაც. მისი აზრით ზოგიერთი მწვერვალის ძირში და უნაგირებზე არსებულ ლოდებსა და ნაყარ მასალაში მორენული მასალებიც არის. ლ. ვარდანიანცის [1] აზრით, ვურმის გაყინვარება სამხრეთ-საქართველოს მთიანეთში აბულის მთის ჩრდილო ფერდობებზე უნდა ყოფილიყო. 2850 მეტრის სიმაღლეზე აბულის მთის ჩრდილოეთით მარუაშვილი აღნიშნავს მორენს. მორენი აღნიშნულია აგრეთვე ძველი ტროვული ხეობის ფარგლებში ქედის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში, აბულისა და სამსარის მწვერვალებს შორის. ის შედგება ანდეზიტ-დაციტური ლავის დიდი ლოდებისაგან, რომელთა გვერდები შედარებით გადასწორებულია. დელუვიური ლოდებისაგან განსხვავებით, ნამსხვრევები მურა ფერისაა, მოჩანს ნაკაწრები და ნიღარები. ლოდები განლაგებულია რამდენიმე ჯაჭვის სახით კალთების ძირში და ამომშრალი ტბების ფსკერზე. მორენული ქვიშა და თიხამიწები, როგორც ჩანს, გატანილია გამდინარე წყლებისაგან, რომლებსაც არ ძალუძთ გადაიტანონ უფრო მსხვილი მასალა.

ყურადღებას იპყრობს აგრეთვე რელიეფის ექზარაციული ფორმები. დიდ აბულსა და სამსარზე მარუაშვილმა აღწერა საგრძნობი სიდიდის კარები, საკმოდ დამახასიათებელი ყინვარული ლანდშაფტისმაგვარი ზონა გვეხვდება სამსარსა და ტაბაწყურის ტბას შორის. ეს ადგილი ხასიათდება ძაბრისებური წარმონაქმნებით და პატარა ტბებით, ბორცვებით და ლოდების გარდინგარდმო მწყკრევებით, რომლებიც შეიძლება მორენებად ჩავთვალოთ. შემდეგ, დასავლეთით, ახალქალაქის ლავური პლატოს საზღვარზე, სოფ. ბეჟანოსა და ბარალეთის რაიონში შემჩნეულია დიდი და საშუალო ზომის ნამსხვრევების მასალისაგან შემდგარი საკმაოდ მაღალი მწყკრევები, რომლებიც, როგორც ჩანს, ყინვარული წარმოშობისაა.

ჯავახეთის ქედის კალთებზე ჩვენ მიერ შენიშნული იყო უხეში ნამსხვრევი ლოდების გროვები, რომელთა პერიფერიული ნაწილი მურა-მოწითალო ფერისაა და შედარებით მოსწორებული წიბოები ახასიათებს. ისინი განლა-

გებულები არიან ზვინულების სახით, გასდევნ წყალგამყოფს და პეტროგრაფიული შედგენილობით ანდეზიტ-დაციტების ჯგუფს მიეკუთვნებიან; წყალგამყოფი ქედი კი ანდეზიტ-ბაზალტებისა და ანდეზიტებისაგან შედგება. მაშასადამე, ცხადია, რომ ეს ლოდები ერატიულია.

მდ. ჯუჯარანის ზემო ნაწილში, გზატკეცილის აღმოსავლეთით, თიკმა-თაშის უღელტეხილის მიდამოებში პატარა ხრანცვში ვხვდებით ქვიშებისა და თიხნარების დაგროვებას მცირედ დამუშავებული ობსიდიანის, ლიპარიტისა და ანდეზიტ-დაციტების მცირე ნამსხვრევებით. ამავე ადგილებში ვხვდებით შედარებით დამუშავებული ანდეზიტების დიდ ლოდებს. ჩვენი აზრით, ეს წარმონაქმნები მორენებს წარმოადგენს.

ისმება საკითხი: რატომია, რომ, თუ ჯავახეთის ქედზე არსებობდა გაყინვარება, არ არსებობს კარები? შესაძლებელია, რომ ძველი გაყინვარების ხასიათი ამ ადგილებში დამოკიდებული იყო ქედის თხემური ნაწილის პირველადს რელიეფზე. დამრეცკალთებიან ვრცელ გუმბათებს არ შეეძლო ხელი შეეწყო ინტენსიური ექზარაციისათვის და ყინვარის შენელებული მოძრაობის დროს კალთებზე არ წარმოეშვა კარები. მიუხედავად ამისა, ცალკეული ტროგული ხეობების სათავეებში მოხდა ჩაღრმავება ამფითეატრისებურად განლაგებული კედლებით [2]. მაგალითად, სარფა-დერეს ხეობა მდ. მაშავერას სათავეში, ანდა თოზ-დუხის (მდ. ყარაბულახის მთავარი შენაკადი) ხეობა მის სათავეში ძალზე გეგაონებს სუსტად გამოსახულ კარს. ბუნებრივია, რომ აბულ-სამსარის ჯაჭვში კალთების მნიშვნელოვნად დიდი დაქანების დროს წარმოიშვა უფრო ტიპობრივი კარები.

ჩვენთვის ცხადი ხდება, რომ ყოველ შემთხვევაში მეოთხეული დროის ეურმის ეპოქაში აბულ-სამსარისა და ჯავახეთის ქედების თხემური ნაწილი დაფარული იყო მძლავრი ყინვარებით. საინტერესოა ის ფაქტიც, რომ აბულ-სამსარის ხეობებსა და მწვერვალებზე ყინვარული მოქმედების ნიშნებია. ჰიფსომეტრიული დონით ძალზე ახლო დვას ერთმანეთთან აბული და გოდორები, ხოლო მწვერვალებს სავესებით განსხვავებული რელიეფი აქვს. აბული წარმოადგენს ყინვარისაგან დამუშავებული და კარგად გამოსახული კარების მქონე მწვერვალს. ასეთივე ხასიათისაა ამავე სიმაღლის მქონე მწვერვალი სამსარი. წინააღმდეგ ამისა, გოდორების, ქოროლის, ყიზიდ-დალისა და რიგ პატარა და მკვეთრად გამოსახულ ვულკანურ კონუსებზე არსად არ ვხვდებთ ყინვარული ეროზიის კვალი. ეს მწვერვალები წარმოადგენს წესიერი კონუსის მაგვარ ან გადაკვეთილი კონუსის მაგვარ ფორმებს კალთების რადიალური დანაწევრებით. არავითარი ყინვარული მოქმედების ცალკეული ნიშანი მათ კალთებზე არ არსებობს.

თუ წარმოვიდგინოთ, რომ გაყინვარება, რომლის ნიშნებიც შემონახულია აბულ-სამსარის ჯაჭვზე კარებისა და მორენების დაგროვების სახით, მიეკუთვნება ეურმის დროს, ცხადია, რომ ცალკეული კონუსები, რომლებსაც ასეთი ნიშნები არ გააჩნია, წარმოშობილი უნდა იყოს ეურმის შემდეგ დროში.

ძნელია წარმოვიდგინოთ, რომ ჩვენ მიერ აღნიშნული შერჩენილი მორენული წარმონაქმნები, კარები და ტროგული ხეობები ეკუთვნოდეს უფრო

ძველი გაყინვარების ეპოქას, ხოლო ვურმის დროში (ვურმში ყველაზე უკეთაა შემონახული გაყინვარების ნიშნები კავკასიაში) ჯავახეთის მთები თავისუფალი იყო ყინვარებისაგან. ამრიგად, შესაძლებელია საკმაოდ დარწმუნებით ვიფიქროთ, რომ რიგი ვულკანური კონუსებისა აბულ-სამსარის ჯაჭვზე ვურმის შემდგომ ეპოქაში წარმოიშვა.

პეტროკრაფიული შედგენილობის მიხედვით აბულ-სამსარის ლავეები იგივეა, რაც ვოდორების, შავნაბადას, თავკვეთილისა და სხვა კონუსების ლავეები. მაგრამ ეს უკანასკნელი დიდი სიახლით გამოირჩევიან. როგორც ჩანს, ისინი შედარებით ნაკლები დროის მანძილზე იმყოფებოდნენ გამოფიტვის აგენტების მოქმედების გავლენის ქვეშ. თავკვეთილის, შავნაბადასა და სამსარის ლავეების შესწავლის შედეგად ვ. ჩიკოიძე იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ ზოგიერთი ლავის ამონახვევა წარმოებდა ისტორიული ადამიანის თვალწინ. ვულკან ვოდორების ღვარების ანდეზიტ-დაციტური და გიალოდაციტური შავი ლავეების გამოფიტვა ღვარებისა საგრძნობლად უფრო მცირეა, ვიდრე დიდი აბულის სამხრეთ-აღმოსავლეთი კალთის ანდეზიტ-დაციტებისა. ამრიგად, შესაძლებელია აბულ-სამსარის ვულკანური კონუსების ჯაჭვის საკმაოდ ზუსტად დათარიღება. იგი წარმოშობილია ვურმულის შემდგომ პერიოდში. ამ მდგომარეობის არაპირდაპირ დამადასტურებელია ამ რაიონის თანამედროვე აქტიური სეისმური მოვლენები.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
გეოგრაფიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 5.5.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Л. А. Варданянц. Постплистоценовая история Кавказско-Черноморско-Каспийской области. Ереван, 1948.
2. Г. К. Габриэлян. Следы древнего оледенения в северо-западной Армении. Природа, № 1, 1951.
3. Н. В. Думитрашко. О древнем оледенении Малого Кавказа—Тр. Ин-та Географии АН СССР, вып. 43, 1949.
4. П. И. Желтов. Новые данные о ледниковых отложениях в Закавказье. Сб. к 45-летию научной деятельности Н. Ф. Погребова, Ленинград, 1937.
5. С. С. Кузнецов. Алжаро-Триалетская складчатая система, Т. IV. Москва.
6. Л. И. Марушвили. О древнем оледенении Малого Кавказа. Природа, № 7-8, 1938.

0. შენგელია

სატრანსპორტო კვანძის მოქმედების რაციონალური არის
ბანსაზღვრა

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ზაერციემ 14.9.1951)

პრაქტიკაში გვხვდება შემთხვევები, როცა საამშენებლო მოედნის, ქალაქის თუ რესპუბლიკის ფარგლებში ერთდროულად მოქმედებს ერთისა და იმავე პროდუქციის გამომმუშავებელი რამდენიმე სატრანსპორტო კვანძი. ამასთან დაკავშირებით ისმება საკითხი სატრანსპორტო კვანძის მოქმედების რაციონალური არის განსაზღვრის შესახებ არსებული გზების სისტემისა და პროდუქციის მომხმარებელი ქსელისათვის.

იმასთან დაკავშირებით, თუ რამდენად აღჭურვილია სატრანსპორტო კვანძები თანამედროვე ტექნიკით, რამდენად მექანიზებულია ცალკეული პროცესები, სრულყოფილია სამუშაოთა ორგანიზაცია, გამოყენებულია სამუშაოთა წარმოების რაციონალური ტექნოლოგია და სხვა — პროდუქციის ერთეულზე დახარჯული დრო, როგორც დამზადებაზე, ისე მისი გამოყენების ადგილამდე მიტანაზე, შეიძლება სხვადასხვა იყოს [1, 2].

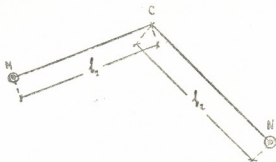
იქიდან გამომდინარე, რომ გეგმიანი ჩქაროსნული მშენებლობა ხშირად მომხმარებელი ობიექტების პროდუქციით უმოკლეს ვადაში უზრუნველყოფას მოითხოვს [3, 4], ჩქაროსნული მშენებლობისათვის ამოცანის გადაწყვეტის საფუძველს დროის ფაქტორი უნდა წარმოადგენდეს. ჩვენ გამოვალთ იქიდან, რომ პროდუქციის ხარისხი ყველა სატრანსპორტო კვანძში ერთნაირია. აქ დიდი მნიშვნელობა აქვს გამოყენებული ტრანსპორტის სახეს, რომლის ეფექტურობა შეიძლება გამოისახოს ტვირთების მოხმარების წერტილების მიმართულებით გადაზიდვის სიჩქარით; სხვადასხვა სიჩქარე აგრეთვე აუცილებელია გზის პროფილის, მოხვევის, სავალი ნაწილის მოპირკეთებისა და სხვათა არაერთნაირობის გამო.

ხშირად გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს მასალების გადაზიდვის საერთო ღირებულებას, რაც განისაზღვრება ფორმულით

$$S = P_i k_i s_i, \tag{1}$$

სადაც P_i ტვირთის რაოდენობაა ტონობით;
 k_i — ტვირთის ზიდვის მანძილი კილომეტრებით;
 s_i — ერთი ტონაკილომეტრის ღირებულება. იგი პირობით საამშენებლო მოედნის (ან ქალაქის) ფარგლებში მუდმივ სიდიდედ ითვლება ამა თუ იმ სახის ტრანსპორტის, გზის ხასიათისა და ტვირთის კლასის მიხედვით [5, 6].

აქ ყველა სიდიდე ცნობილია, რადგანაც უკვე ფიქსირებულია როგორც მდებარეობა სატრანსპორტო კვანძებისა, ისე მოხმარების წერტილებისაც, სადაც უნდა მივაწოდოთ მასალა (იხ. სქემა 1).



სქემა 1

თუ C ობიექტი მასალით მარაგდება M სატრანსპორტო კვანძიდან, სატრანსპორტო მუშაობის ღირებულება იქნება

$$S_M = P_1 s_1.$$

მაგრამ თუ C ობიექტი მასალით მარაგდება N სატრანსპორტო კვანძიდან, მაშინ სატრანსპორტო მუშაობის ღირებულება იქნება

$$S_N = P_2 s_2.$$

იმ შემთხვევაში, როცა

$$S_M > S_N.$$

ობიექტი C უნდა მიეკუთვნოს N სატრანსპორტო კვანძის მომსახურების არეს, ხოლო როცა $S_M < S_N$ — ობიექტი C უნდა მიეკუთვნოს M სატრანსპორტო კვანძის მომსახურების არეს. მაგრამ როცა $S_M = S_N$ ობიექტი შეიძლება მიეკუთვნოს ნებისმიერ როგორც M , ისე N კვანძის მომსახურების არეს.

საკითხის ასეთი გადაწყვეტის დროს სრულებით არაა გათვალისწინებული დროის ფაქტორი. შეიძლება სამუშაოს შესრულება იაფი დაჯდეს, მაგრამ სამუშაო დანიშნულ ვადაზე ვერ შესრულდეს. ამიტომაც ასეთი ანგარიშის შემდეგ საჭიროა შემოწმდეს სატრანსპორტო კვანძიდან ობიექტის მოთხოვნილების სწრაფად უზრუნველყოფის შესაძლებლობა. ამ თვალსაზრისის მიხედვით საჭიროა გავითვალისწინოთ შემდეგი ფაქტორები: ტვირთების გადაზიდვის სიჩქარე, პროდუქციის დამზადებისა და მოხმარების წერტილებზე შიტანის დრო და ტვირთზიდვის მანძილი.

ვთქვათ, ქალაქის ფარგლებში მოცემულია გზების სისტემა და მოხმარების წერტილები A_1, A_2, \dots, A_m (იხ. სქემა 2).

მოთხოვნილება მასალებზე P_1, P_2, \dots, P_m შეიძლება დაკმაყოფილდეს ორი სატრანსპორტო კვანძიდან, რომელთა მდებარეობა მეორე სქემაზე აღნიშნულია M -ითა და N -ით.

საჭიროა განისაზღვროს თითოეული სატრანსპორტო კვანძის მოქმედების რაციონალური არე.

ადგილობრივი პირობების შესაბამისად დადგენილია, რომ ერთეული რაოდენობის ნახევარფაბრიკატის დამზადებას M სატრანსპორტო კვანძში ესაჭიროება t_m საათი, ხოლო N კვანძში t_n საათი; ნახევარფაბრიკატის მოხმე-



სქემა 2

რების წერტილების მიმართულებით მიწოდების სიჩქარეებია, შესაბამისად, V_m და V_n .

შეფუძგეთ ამოცანის გადაწყვეტას დროის ფაქტორის მიხედვით, რადგანაც მისი გადაწყვეტა ღირებულების მიხედვით უკვე ცნობილი (1) ფორმულით მიმდინარეობს.

განესაზღვროთ, თუ რომელი კვანძის მოხმარების არეს უნდა მიეკუთვნოს მოხმარების წერტილი A_n .

ცალკე ამოვხაზოთ უმოკლესი გზა M , A_n და N წერტილებს შორის (იხ. სქემა 3).

აეილოთ სასინჯი წერტილი D , რომელიც M სატრანსპორტო კვანძიდან დაშორებულია x მანძილით.

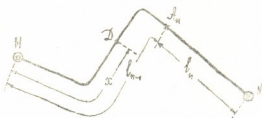
M სატრანსპორტო კვანძიდან P_n ტვირთის გადასაზიდად D წერტილში საჭირო დრო (ნახევარფაბრიკატის დამზადებისათვის საჭირო დროის გათვალისწინებით) იქნება

$$T_m = t_m P_n + \frac{2x}{v_m} \frac{P_n}{n_m \Pi_m}, \quad (2)$$

სადაც n_m ერთდროულად მოქმედი სატრანსპორტო ერთეულების რიცხვია M კვანძსა და A_n წერტილს შორის, ხოლო Π_m —სატრანსპორტო ერთეულის

ტვირთზიდვის უნარი. ასევე, N სატრანსპორტო კვანძიდან P_n ტვირთის D წერტილში გადასაზიდად საჭირო დრო (ნახევარფაბრიკატის დამზადებისათვის საჭირო დროის გათვალისწინებით) იქნება

$$T_n = t_n P_n + \frac{2(l_{n-1} + l_n - x)}{v_n} \cdot \frac{P_n}{n_n \Pi_n} \quad (3)$$



სქემა 3

თუ მეორე და მესამე განტოლების მარჯვენა მხარეებს ერთმანეთს გავუტოლებთ, შედეგად მივიღებთ განტოლებას

$$t_m P_n + \frac{2x}{v_m} \frac{P_n}{n_m \Pi_m} = t_n P_n + \frac{2(l_{n-1} + l_n - x)}{v_n} \cdot \frac{P_n}{n_n \Pi_n} \quad (4)$$

აქ $\frac{P_n}{n_m \Pi_m}$ და $\frac{P_n}{n_n \Pi_n}$ სიდიდეები წარმოადგენს შესაბამისი სატრანსპორტო კვანძიდან P_n ტვირთის გადაზიდვისათვის საჭირო რეისების რიცხვს; აღვნიშნოთ

$$\frac{P_n}{n_m \Pi_m} = K_m \quad \text{და} \quad \frac{P_n}{n_n \Pi_n} = K_n.$$

რადგანაც Π_m , Π_n , n_m , n_n სიდიდეების ყველა მნიშვნელობა მოცემულია, ამიტომ K_m და K_n სიდიდეებიც ცნობილია.

ფორმულა (4) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$t_m P_n + \frac{2x}{v_m} K_m = t_n P_n + \frac{2(l-x)}{v_n} \cdot K_n$$

(სადაც $l = l_{n-1} + l_n$);

საიდანაც

$$X = \frac{0,5 P_n v_m v_n (t_n - t_m) + l v_m K_n}{v_m K_n + v_n K_m} \quad (5)$$

X -ის ასეთი მნიშვნელობისათვის D წერტილი იქნება ზღვრული; ამ წერტილში ერთისა და იმავე დროის განმავლობაში შეიძლება მივაწოდოთ P_n რაოდენობის ნახევარფაბრიკატი ორივე სატრანსპორტო კვანძიდან.

თუ x -ის მნიშვნელობა, გამოთვლილი (5) ფორმულით, მეტია l_{n-1} -ზე; მაშინ მოხმარების წერტილი A_n მიეკუთვნება M სატრანსპორტო კვანძის მო-

ხმარების არეს, ხოლო თუ $x < l_{n-1}$, მაშინ იგი ექცევა N სატრანსპორტო კვანძის მომსახურების არეში.

მოხმარების ყველა წერტილისათვის ცალ-ცალკე (5) განტოლების გადაწყვეტით განესაზღვრავთ სატრანსპორტო კვანძების მოქმედების ორ რაციონალურ არეს.

იმ შემთხვევაში, როცა პროდუქციის დამზადებაზე ორივე სატრანსპორტო კვანძში დროის ერთნაირი რაოდენობა იხარჯება, ე. ი. $t_m = t_n$, მაშინ (5) ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$X = \frac{v_m l K_n}{v_m K_n + v_n K_m} \quad (6)$$

გარდა ამისა, როცა ნახევარტაბრიკატის მოხმარების წერტილებში მიწოდების სიჩქარე ორივე კვანძიდან ერთნაირია, ე. ი. $v_m = v_n$, მაშინ

$$X = \frac{l K_n}{K_m + K_n} \quad (7)$$

ბოლოს, თუ, ამ პირობების დამატებით, გამოყენებული სატრანსპორტო ერთეულების რაოდენობაც და სახეც ორივე კვანძში ერთნაირია, ე. ი. $K_m = K_n$, მაშინ

$$X = \frac{l}{2} \quad (8)$$

ვ. ლენინის სახელობის თბილისის
რკინიგზის სატრანსპორტო-საინჟინერო
ინსტიტუტი

(რედაქციის მოუფიდა 14.9.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. А. Гармаш. Теория строительных процессов, раздел II, Днепропетровск, 1939.
2. И. Д. Шенгелия. К вопросу о решении задачи Лаже и Клапейрона по экономическому трассированию. Сообщения Академии Наук Грузинской ССР, том XII, № 6, 1951.
3. Революции XVIII Съезда ВКП(б). Москва, 1939.
4. Д. Д. Бивзюкин и др. Технология строительного производства. Москва, 1951.
5. Л. Д. Шевяков. Основы теории проектирования угольных шахт. Москва, 1950.
6. Б. П. Горбушня и др. Общий курс строительного производства. Часть III, Москва, 1945.



ბ. ზამთარაძე

ERYSIMUM GELIDUM BNG.-ს შესახებ სამხრეთ საქართველოში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ე. გულისაშვილმა 2.6.1951)

ეს მეტად საინტერესო ალპური მცენარე აღწერილი აქვს ბუნგეს 1858 წელს, აბიხის მიერ ალაგოზზე (არაგაცზე—სომხეთის სსრ) შეგროვებული მასალებიდან [1]. ნ. ბუშის მიერ ეს სახეობა ხსენებულია „Flora caucasica critica“-ს მესამე ტომში [2] და „სსრკ ფლორის VIII ტომში [11], სადაც ადგილსამყოფელად მითითებულია კავკასიონის სამხრეთი ნაწილის (სომხეთი, ყარაბაღი) ალპური სარტყელი, ნაწვავები და ქვიანი ადგილები, 2500—3000 მეტრზე ზღვის დონიდან. საქართველოსთვის ეს სახეობა პირველად აღწერილი აქვს ა. გროსკეიმს ([3], რუკა № 29), რომელიც მისი გავრცელების არეალად მთა აბულს და მის მახლობელ არეს ასახელებს.

გეოგრაფიულად ეს მცირეაზიური სახეობაა, ძირითადად იზრდება სამხრეთ კავკასიონზე, მაგრამ ამ სახეობის გავრცელება, ეკოლოგიური და ცენოზური პირობები დღემდე არაა სათანადოდ შესწავლილი. ამ მხრივ საყურადღებოა ა. მაგაკიანის ნაშრომი [6], სადაც ავტორი მას განიხილავს როგორც ისეთი ბიოეკოლოგიური ტიპის მცენარეს, რომელიც უფრო შეგუებულია ნაწვავებზე არსებულ პირობებს და საერთოდ მოძრავ სუბსტრატზე არსებობას. მის წიგნში [7] *Erysimum gelidum* Bng. განხილულია მოძრავ ზეგებზე და ქვალორდიან ადგილებზე გავრცელებულ სახეობებთან ერთად, რომელთა შორის მოჰყავს: *Oxyria digina* (L.) Hill., *Festuca ovina* L., *Alopecurus glacialis* C. Koch, *Alopecurus textilis* Boiss., *Sibbaldia parviflora* Willd., *Colpodium araraticum* (Lip.) G. Wor., *Potentilla gelida* C.A.M. *Draba araratica* Rupr., *Alchimilla sericea* W., *Campamula Aucheri* D. C., *Colpodium fibrosum* Trautv., *Potentilla alpestris* Hall. f. და სხვა. *Erysimum gelidum* Bng. დახასიათებულია როგორც მალაშთის მოძრავი ნაწვავების პირობებს შეგუებული ქსეროფილური სახეობა, მაგრამ ადგილსამყოფელი და მისი დახასიათება არ არის მოცემული. აქვე განხილულია ალაგოზის მცენარეულობა, მაგრამ გავრცელებულ სახეობათა შორის *Erysimum gelidum* Bng. მოხსენებული არ არის.

ჩვენი აზრით, *Erysimum gelidum* Bng. გლაციალური მცენარეა, რომელიც იზრდება ქვალორდიან, ძლიერ ჩონჩხიან ქვიშრობ მშრალ სუბსტრატზე და გავრცელებულია ზედა ალპურ და სუბნივალურ სარტყელში. ჩემ მიერ ეს მცენარე ნახულია როგორც დიდი, ისე პატარა აბულსის მწვერვალებზე 1949 წლის ზაფხულში. აბული მეტად საინტერესო ვულკანური კონუსია აბულ-სამ-

სარის ქედის სისტემაში. დიდი აბულის მწვერვალის აბსოლუტური სიმაღლე 3304 მეტრს აღწევს. იგი მთლიანად დაფარულია გამოფიტვის პროდუქტებით, ფიქლისებური ნამტვრევი ქვებით. ქვების გროვა გაბნეულია მის ფერდობებზე. მცენარეულობა აბულისა და მის მახლობელ მიდამოებში ფრაგმენტებადაა გავრცელებული ქვის დიდ მასივებს შორის ან ჩვეულებრივად ქვალორდისათვის დამახასიათებელი უღია ცენოზებითაა წარმოდგენილი.

შეკრული მცენარეული თანასახოვადოციების განვითარებას ხელს უშლის ის გარემოება, რომ ნიადაგის შექმნის პროცესები ძალიან შენელებულია ატმოსფერული ნალექების (თოვლი, წვიმა) მოქმედებით სწრაფად მიმდინარე გამორეცხვის გამო [5]. ნიადაგის შექმნას ხელს უშლის აგრეთვე ფერდობების ძლიერი დახრილობა და ინტენსიური ხასიათის ქარები [9].

აბულის მწვერვალზე იზრდება სუბნივალური სარტყლისთვის, დამახასიათებელი მცენარეები, შეგუებული მაღალი მთის კლიმატთან.

დიდი აბულის მწვერვალის ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობები ტუნდრის ტიპისაა და ხასიათდება მცენარეთა ზრდის მოკლე სევეგეტაციო პერიოდით, რაც გამოწვეულია თოვლის ადრე მოსვლით და ხანგრძლივი გაყინვით; ეს პირობები თავისებურ გავლენას ახდენს მცენარეთა ზრდა-განვითარებაზე [4], ამიტომ აქაური მცენარეულობის ხასიათი ტუნდრის მცენარეულობის ხასიათს უახლოვდება, რაც გამოსახულია სასიცოცხლო ფორმების დიდ მსგავსებაში [8].

აბულზე გავრცელებული სახეობები ჰემიკრიპტოფიტებს მიეკუთვნება და ნიადაგის ზედაპირზე არიან გართხმულნი. მისი ორივე მწვერვალის მცენარეულობა ძალიან განსხვავდება ერთიმეორისაგან. პატარა აბულის მწვერვალის სარტყლისათვის დამახასიათებელი შეკრული მცენარეულობით ხასიათდება, დიდი აბულის მწვერვალზე კი, რომლის სიმაღლე 3304 მეტრს აღწევს, განვითარებულია ღია დაჯგუფება, ე. ი. მცენარეულობა იქ სინგენეზური განვითარების საწყის საფეხურზე იმყოფება. აქ მწვერვალის უნაგირის სამხრეთ ნაწილში გვხვდება *Alpecurus textilis* Boiss., *Poa araratica* Trautv., შუა ნაწილში, სადაც შედარებით გავაკებაა, გავრცელებულია *Festuca supina* Schur., *Astragalus Klopotoskyi* D. Sosn., *Lusula pseudosudetica* V. Krecz. ცალკეულ ეგზემპლარებად აქა-იქ გაბნეულია *Carex tristis* M. B., *Astragalus incertus* Led., *Minuartia caucasica* (Ad.) Matf., *Campanula Aucheri* D. C., *Cerastium Sosnowskiyi* B. Schischk., *Cerastium purpurascens* Ad., *Anthemis iberica* M. B., *Aster alpinus* L., *Potentilla gelida* C. A. M., *Eunomia rotundifolia* C. A. M., *Chmaesciadumacaule* M. B., *Veronica gentianoides* Vahl., *Pedicularis condensata* M. B., *Androsace Raddeana* S. et L., *Poa alpina* L., *Oxalis acetosella* L., *Alopecurus dasjanthum* Trautv., *Alchimilla sericea* W., ამ მცენარეთა შორის იქნა ნაპოვნი *Erysimum gelidum* Bng.

Erysimum gelidum Eng. ჩემ მიერ 1950 წელს იქნა ნახული აგრეთვე პატარა აბულის მწვერვალზე, რომლის სიმაღლე 3000 მეტრს აღწევს. აქ მცენარეულობა შეკრულ ხასიათს ატარებს, სადაც გაბატონებულია *Carex tristis* M. B., 1949 და 1950 წლებში შეგროვებული მასალების საფუძველზე სხვა

მცენარეთაგან აღსანიშნავია: *Carum caucasicum* (M. B.) Boiss., *Eunomia retundifolia* C.A.M., *Campanula tridentata* Schreb., *Campanula Auheri* D. C., *Dianthus cretaceus* Ad., *Dianthus aretaceus* Ad. var. *multicaulis* Boiss., *Festuca sulcata* L., *Festuca supina* Schur., *Veronica gentianoides* Vahl., *Pedicularis crassirostris* Bng., *Bromus variegatus* M. B., *Poa araratica* Trautv., *Cerastium purpurascens* Ad., *Chamaesciadium acaule* (M. B.) Boiss., *Anthemis iberica* M. B., *Bromus adjaricus* S. et L., *Euphorbia condiliocarpa* M.B., *Helictotrichon asjaticum* (Roshev.) A. Grossh., *Senecio taraxacifolius* (M.B.) D. C., *Myosotis alpestris* Schmidt *Aster alpinus* L., *Chamaemelum Kochii* Boiss., *Carex brevicollis* DC, *Draba polistrii* Led., *Jurinea depressa* Stev., *Erigeron pulchellus* (W.) DC, *Carex humillis* Leyss, *Sedum tenellum* M.B., *Potentilla gelida* C.A.M. აქ მრავალრიცხოვან მცენარეულ კომპონენტთა შორის საკმაოდ გავრცელებულია *Erysimum gelidum* Bng., მაგრამ იგი გვხვდება არა *Caricetum tristae*-ს შეკრულ დაჯგუფებაში, არამედ მწვერვლის უნაგირის დასავლეთ დაფერდებაზე კრიოქსეროფილურ ცუნოზში *Eunomia retundifolia* C. A. M.-თან ერთად. სხვა სახეობები ასეთ მიკრორელიეფზე ძლიერ მცირეა.

Erysimum gelidum Bng. კრიოფიტია, შეგუებული ზედა ალპური და სუბნივალური სარტყლის გეოლოგიურ პირობებს და ქვემოთ არ ჩამოდის. ევლისის 26-ში იგი უკვე ხმებოდა და აბნევადა თესლს.

სავსებით დასაშვებია, რომ ბუნებს მიერ აღწერილი მცენარე ალაგოზზე იზრდება ისეთსავე პირობებში, როგორც მთა აბულზე. ეს მოსაზრება ექვგარეშე უნდა იქნეს მიზნეული იმიტომ, რომ აბულისა და ალაგოზის სიბრტო ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობები ანალოგიურია, ისევე, როგორც მსგავსი იყო მათი წარმოქმნის გეოლოგიური პირობები, გეოლოგიური ისტორიის ბოლო მონაკვეთებში, მეოთხეულის დასაწყისიდან.

როგორც *Erysimum gelidum* Bng., ისე სხვა სახეობები, რომლებიც გავრცელებულია აბულზე, ალაგოზზე გავრცელებულ სათანადო სახეებს მიემსგავსება, რაც მსგავსი კლიმატურ-ედაფიური და ოროგრაფიული პირობებით უნდა აიხსნას. ასეთი პარალელიზმის საფუძველზე შეგვიძლია დავუშვათ, რომ სხვადასხვა ადგილმდებარეობაზე მსგავს პირობებში მსგავს სახეობათა წარმოქმნას უნდა ჰქონოდა ადგილი [10]. რა თქმა უნდა, ერთგვარი სხვაობის არსებობას ყოველთვის აქვს ადგილი, როგორც ამას ვამჩნევთ ერთსა და იმავე ადგილსამყოფელზე. ამ მონაკვეთთა საფუძველზე შეიძლება დავუშვათ, რომ ალპურ სახეობათა წარმოქმნის ცენტრი ცალ-ცალკე არსებობდა როგორც აბულზე, ისე ალაგოზზე წარსული გეოლოგიური ეპოქის ერთსა და იმავე ქრონოლოგიურ მონაკვეთში.

ამ შემთხვევაში *Erysimum gelidum* Bng. და სხვა ალპური მცენარეები, რომლებიც გავრცელებულია აბულზე, ადვილად შესაძლებელია ადგილობრივი წარმოშობისა იყოს და არა სხვა ადგილებიდან გადმოტანილი, მით უმეტეს, რომ ისინი შეგუებულნი არიან ზედა ალპური და სუბნივალური სარტყლის კლიმატურ პირობებში არსებობას და როგორი ხასიათის გაყინვარებასაც არ უნდა ჰქონოდა ადგილი, ასეთ ორ უკიდურეს ალპურ წერტილზე მიგრაციები შეუძლებელი იქნებოდა, ანდა არ შეიძლებოდა აგრეთვე გარემო წრის ინტენ-

სიორი ზოქმედების შედეგად ისტორიულ პროცესში სახეობები აგვე დარჩენილიყვნენ ერთი მთის მწვერვალადან მეორე მთის მწვერვალზე ვაერცელეზისას. რაკინდ „მუარია“ უოფილიყო ეცუარის ბუნება, არ შეიძლება და მას არ განუცადი, არსებულა ეკოლოგიურა პირობებ-ს გამო, როვორც ნიარკოლოგიური, ისე ფიზიოლოგიური ცელილება და დროსა გახმავლობაში განსხვავებულ სისტემატიკურ ერთეულად არ ჩანოყალიბებელიყო.

აბულ-სამსარის ენდი ერთ-ერთი ცენტრია გაყიხვარუბის შემდეგომდროინდელ ალპურ მცენარეულობათა წარმოქმნისა მცირე კავკასიონზე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ბოტანიკის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუყიდა 2.6.1951)

დამუშავებული ლიტერატურა

1. A. Bunge. Plantas Abichianas in itineribus per Caucasicum regionesque Transcaucasicas Collectas onumeravit. Mémoires de l'Académie de Sciences de St. Pétersbourg, VI sér. Sc. math. et phys. VII, 1859.
2. Н. А. Буш. Материалы по флоре Кавказа. Flore caucasica critica, часть III, вып. 4, 1904—1910 гг.
3. А. А. Гроссгейм. Флора Кавказа. т. IV, Москва, 1949.
4. А. Г. Долуханов, М. Ф., Сахокиа, А. Л. Харадзе. К вопросу о высокогорных растительных поясах Кавказа, Труды Тбилисского Ботанического Института. Том VIII, 1941.
5. კეცხოველა. საქართველოს მცენარეულობის ძირითადი ტიპები, თბილისი, 1935.
6. А. К. Магакьян. Этапы развития высокогорных лугов Закавказья, Ереван, 1947.
7. А. К. Магакьян. Растительность Армянской ССР, Москва, 1941.
8. Н. В. Павлов. Климат и жизнь, Сельхозгиз, Москва, 1940.
9. Г. А. Тонакян. Об альпийской растительности горь Большой Абул, Известия Акад. Наук Армянской ССР, I, 1946.
10. И. И. Тумаджанив. Очерк болотной растительности долины Теберды, Труды Тбилисского Ботанического Института, т. XII, 1948.
11. Флора СССР, т. VIII, Москва, 1939.



ნიდაგავი

ბ. ტულუში

ალმოსავლეთ საქართველოს ბიცობიანი და დაწილული ნიდაგავის ფიზიკურ-ქიმიური ბუნების შესავალ ისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა მ. საბაშვილმა 2.6.1951)

როგორც ცნობილია, ბიცობიანობა და დაწილვა იწვევს ნიდაგავის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების გაუარესებას, რის შედეგად მცირდება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა.

ასეთი ნიდაგავის გასაუმჯობესებელ აკრომელიორაციულ და აგროტექნიკურ ღონისძიებათა კომპლექსის გამოსამუშავებლად საჭიროა ბიცობიანობისა და დაწილვის გენეზისისა და ფიზიკურ-ქიმიური ბუნების შესწავლა.

ამ ნიდაგავის გენეზისის შესახებ მრავალი შეხედულება არსებობს.

აკადემიკოს კ. ჰედროციის თეორიის მიხედვით, ბიცობიანი ნიდაგავები ბუნებრივ პირობებში მლაშობი ნიდაგავების შემდგომი განვითარების სტადიას წარმოადგენს [1].

აკადემიკოს ვ. ვილიამსის სწავლების თანახმად, ბიცობიანობა მისი დამლაშების სტადიას წინ უსწრებს [6]. გამომლაშების დროს ხდება ნატრიუმის იონის შთანთქმულ კომპლექსში შესვლა და ნიდაგავის მასის ფიზიკურ-ქიმიური ბუნების გაუარესება.

ვ. ვოლობუევი დაწილვის უშუალო მიზეზად თვლის შავმიწების დეგრადაციის დროს დიდი რაოდენობით არსებული კოლოიდების „განთავისუფლებას“ შთანთქმული Ca-ის ნაწილის დაკარგვის გამო [3].

ამ საკითხზე განსაკუთრებული აზრის არიან პროფ. ვ. კოვდა და სხვა ავტორები. მათი აზრით, ნიდაგავის დაწილვა ხდება უმთავრესად ნიდაგავის პროფილში მოძრავი სილიციუმის მქონე გამოლექვით. კერძოდ, ნატრიუმის სილიკატები ტუტე რეაქციის მქონე ნიდაგავებში შედარებით ადვილად იხსნებიან და შედიან რეაქციაში კალციუმისა და მაგნიუმის კარბონატებთან; ამის შედეგად აქ წარმოიქმნება ტუტემიწა-მეტალების სილიკატები და ხდება ნიდაგავის მასის გაკაფვა [4].

აკად. კ. ჰედროცი, ა. პანკოვი, ი. ანტიპოვ-კარატაევი, აკად. ლ. პრასოლოვი, პ. შავრიგინი Mg-საც ნიდაგავის კოლოიდური ნაწილის პეპტიზატორად თვლიან.

დაწილვის ერთ-ერთ მიზეზად მორწყვაც მიაჩნიათ, მორწყვის შედეგად სარწყავ წყალში სუსპენზირებული ნაწილაკების გაეონვა და მათი ღრმა ფენებში გამოლექვა.

გ. კოსტავა დიდ მნიშვნელობას ანიჭებს ნიადაგის ქიმიზმს, კერძოდ, სილიკატებისა და აგრეთვე ბიკარბონატ-კარბონატების ურთიერთშენაცვლებას [5].

გ. ტალახაძეს დაწილების მიზეზად დაწილულ პორიზონტში SiO_2 და ერთნახევარი თანგების დიდი რაოდენობით დაგროვება მიაჩნია [6].

პროფ. მ. საბაშვილი, ახასიათებს რა ალაზნის ველის დაწილულ შეამწისებურ ნიადაგებს, ასკენის, რომ სახნავის ქვედა პორიზონტის დაწილულობა და მისი გამკვრივება აიხსნება ნაწილობრივ ნიადაგის ბიცობიანობით და მისი მძიმე მექანიკური შედგენილობით, აგრეთვე კოლოიდების დიდი რაოდენობით დაგროვებით, უმეტეს შემთხვევაში მაშინ, როდესაც კალციუმის კარბონატები არ არის [7].

ს. ზონი, აღწერს რა მუქ ნაცრისფერ დაწილულ ნიადაგებს, აღნიშნავს, რომ რიგი თვისებები დაწილული ნიადაგისა დაკავშირებულია მისი ფენის განლაგების სიღრმესთან [8]. მისი აზრით, ნიადაგის დაწილულობა აშკარად გამოხატულია მისი მძიმე მექანიკური შედგენილობით. უკანასკნელის გამო, დაწილულ პორიზონტში წყლის გატარება ძნელია, რაც იწვევს დისპერსიული ნაწილაკების დაგროვებას ამავე პორიზონტში.

როგორც ვხედავთ, არსებული ლიტერატურული მონაცემების თანახმად, ნიადაგის დაწილულობის გენეზისის შესახებ არსებული შეხედულებანი სხვადასხვა კონკრეტულ შემთხვევას შეეხება და მისი განზოგადება ძნელია.

ბიცობიანი და დაწილული ნიადაგები საბჭოთა კავშირში გავრცელებულია სამხრეთ უკრაინაში, ყირიმის ველიან ნაწილში, ყუბანში და სსრ კავშირის სამხრეთ-დასავლეთ რაიონებში.

საქართველოში აღნიშნული ნიადაგები გვხვდება უმთავრესად აღმოსავლეთ საქართველოს დაბლობი სარწყავი ზონის მუქ წაბლა და წაბლა ნიადაგებს შორის, სახელდობრ, ალაზნის, მარნეულისა და გარდაბანის ვაკეებზე, გარე კახეთში, შიდა ქართლში—ტირითონის ველზე, ხაშურის მიდამოებში და სამხრეთ ოსეთში.

ჩვენ შევისწავლეთ ალაზნისა და მარნეულის ველზე გავრცელებული ბიცობიანი და დაწილული ნიადაგების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.

მორფოლოგიური ნიშნების მიხედვით, ბიცობიან ნიადაგებს ახასიათებს ძლიერ გამკვრივებული მეორე ფენა 20—25 სმ სიღრმიდან. ზედაპირული ფენა კი ხშირად სტრუქტურაიანია, განსაკუთრებით მდგლობიანი ბიცობიანი ნიადაგებისა. ალაზნის ველის პირობებში ბიცობიანი ნიადაგები უფრო ხშირად სიღრმით არის დამლაშებული. დაწილულ ნიადაგებში კი, კერძოდ, მარნეულის ველზე, დაწილული გამკვრივებული ფენა შედარებით უფრო ღრმად მდებარეობს; ზედა ფენები უფრო სტრუქტურაიანია და შედარებით კარგი ფიზიკური თვისებებით ხასიათდება.

გრანულომეტრიული შედგენილობით, როგორც ჩანს პირველი ცხრილის მონაცემებიდან, თითქმის ყველა დაწილული და ბიცობიანი ნიადაგი მძიმე ნიადაგებს—თიხებს და მძიმე თიხებს—წარმოადგენენ. ნიადაგის მასა უმთავრესად წვრილი მტკრისა და ლექის ნაწილაკებისაგან შედგება; მაგალითად,

ცხრილი 1

ალაზნისა და მარნეულის ველების ბიკობიანი და დაწიდილი ნიადაგების გრანულომეტრიული შედგენილობა

S — მექანიკური; D — მიკროაგრეგატული

ნიადაგი	სიღრმე სმ-ით	ჩაწილატბის ზომა მმ										
		>0,01		<0,01		0,01—0,001		<0,001		<0,01 <0,001		
		S	D	S	D	S	D	S	D	S		
ალაზანი												
155 სუსტად ბიკობიანი	0—5	18,13	75,69	81,87	24,31	26,99	20,93	54,88	3,38	1,42		
	5—23	13,80	54,72	86,20	45,28	34,44	39,08	51,76	6,20	1,66		
	23—32	21,99	65,90	78,01	34,10	31,20	28,01	46,81	5,80	1,66		
156 ძლიერ ბიკობიანი	0—5	23,77	78,02	76,23	22,78	34,96	17,30	41,24	5,48	1,84		
	5—22	12,54	37,10	87,46	63,60	33,56	50,45	53,90	13,15	1,62		
	22—46	25,91	63,98	74,09	36,02	26,14	34,74	47,95	1,28	1,54		
174 ბიკობი	0—20	23,63	57,75	76,37	42,25	30,32	34,00	46,05	8,25	1,65		
	20—34	24,58	26,03	75,42	73,97	31,26	47,47	44,16	26,50	1,70		
	34—50	25,00	—	75,00	—	32,79	—	42,21	—	1,77		
	50—70	34,36	88,75	65,64	11,25	36,88	11,25	28,76	—	2,28		
	70—110	36,18	90,02	63,82	9,98	35,20	9,98	28,62	—	2,22		
	110—140	43,94	73,98	56,06	26,02	34,94	26,02	21,12	—	2,65		
188 საშუალოდ ბიკობიანი	0—11	21,56	39,27	78,44	50,73	42,64	37,10	35,80	13,63	2,19		
	11—20	13,55	39,94	86,45	60,06	32,05	46,91	55,40	13,15	1,56		
	20—30	19,34	81,73	80,66	18,27	30,56	18,27	50,10	—	1,60		
	32—50	25,94	88,13	74,06	11,87	37,24	11,87	36,32	—	2,01		
	55—85	27,31	90,69	72,69	9,31	32,45	9,31	40,24	—	1,80		
	85—105	19,80	92,84	80,20	7,16	47,74	7,16	32,46	—	2,47		
	105—125	20,62	96,18	79,38	3,82	45,48	3,82	33,90	—	2,34		
	125—185	29,82	85,03	70,18	14,97	31,87	14,97	38,31	—	1,85		
	მარნეული											
	2 ძლიერ ბიკობიანი	0—13	18,85	82,18	81,15	17,82	30,28	14,57	50,87	3,25	1,50	
17—35		22,35	60,17	77,65	39,83	17,12	39,83	60,53	—	1,27		
45—62		15,28	73,37	84,72	26,63	18,82	26,63	65,02	—	1,28		
70—88		30,37	86,78	69,63	12,70	15,00	12,70	54,03	—	1,27		
7 დაწიდილი	0—14	26,06	70,25	73,94	29,75	22,42	29,75	51,52	—	1,43		
	16—34	23,24	71,61	76,76	28,39	27,14	28,39	49,62	—	1,54		
	40—53	30,64	74,49	69,63	25,51	28,96	25,51	40,40	—	1,66		
	100—123	36,19	71,75	63,81	28,25	34,21	28,25	29,63	—	2,10		
	162—180	24,22	70,02	75,78	29,98	43,57	29,98	32,21	—	2,35		
9 დაწიდილი- ბიკობიანი	0—14	14,52	62,73	85,48	37,97	28,36	37,97	57,12	—	1,49		
	18—36	10,80	54,41	89,20	45,59	40,25	45,59	48,95	—	1,81		
	44—62	29,90	84,83	70,10	15,17	31,89	15,17	38,21	—	1,83		
	88—106	19,98	81,07	80,02	18,93	29,14	18,93	50,88	—	1,57		

ალაზნის ველის ბიკობიან ნიადაგებში ფიზიკური თიხის (<0,01) შემცველობა ნიადაგის ზედაფენაში, უმთავრესად ნახევარი მეტრის სიღრმემდე, 75—87% ფარგლებში მერყეობს, ლექის ფრაქცია კი (<0,001) ცალკე 42—55% უდრის.

სიღრმეში ამ ნიადაგებში ფიზიკური თიხის შემცველობა თანდათანობით მცირდება.

ცხრილში მოცემულია მექანიკური და მიკროაგრეგატული ანალიზის შედეგები. ქიმიური დამუშავების გარეშე ანალიზის დროს ხდება ლექის ფრაქციის კოაგულაცია, რაც ხელს უშლის ამ ნიადაგების მიკროაგრეგატული შედგენილობის შესწავლას. ბუნებრივ პირობებში ეს ნიადაგები მაღალი დისპერსიულობით ხასიათდება, ხოლო შემოაღნიშნული კოაგულაციის გამო ანალიზით ეს არ დასტურდება.

მარნეულის ველის დაწილული და ბიცობიანი ნიადაგებიც მძიმე გრანულომეტრიული შედგენილობისაა. მძიმე შედგენილობით ხშირად ღრმად მდებარე ფენებიც ხასიათდება. ლექის შემცველობა 60—65%-მდე აღწევს, დაწილულ ნიადაგებში კი იგი შედარებით უფრო მცირეა, რაც აიხსნება დაწილულობის შედარებით არადიდი ხარისხით.

როგორც აღვნიშნეთ, ბიცობიან და დაწილულ ნიადაგებს უარყოფითი ფიზიკური და წყალმართი თვისებები ახასიათებს. საერთო ფორიანობა უმთავრესად წვრილი კაპილარული ფორიანობით არის წარმოდგენილი. ამის გამო ეს ნიადაგები მაღალი კაპილარული და დაბალი ფილტრაციული თვისებებით ხასიათდება.

როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, ალაზნის ველის ბიცობიან ნიადაგში კაპილარული წყალტევადობა საერთო წყალტევადობის 80—90%-ს შეადგენს. საერთო ფორიანობიდან (50—54%) კაპილარულ ფორიანობაზე 87—97% მოდის, ხოლო არაკაპილარულზე 3—13%. ასეთივე მაჩვენებლებით ხასიათდება მარნეულის ველის დაწილული და ბიცობიანი ნიადაგები.

ალაზნისა და მარნეულის ველის ნიადაგების შთანთქმული ფუძეების ჩვენ მიერ ჩატარებული ანალიზის მონაცემები მოყვანილია მე-3 ცხრილში.

როგორც ვხედავთ, ალაზნის ველის ბიცობიანი ნიადაგები შთანთქმული ნატრიუმის მაღალ შემცველობას ააშკარავენ. მოყვანილი შედეგებიდან ჩანს, რომ ალაზნის ველის სუსტი ბიცობიანი ნიადაგი (ქრ. 155) საერთო შთანთქმის ტევადობიდან შთანთქმული ნატრიუმის 10—11%-ს შეიცავს, საშუალოდ ბიცობიან ნიადაგებში (ქრ. 183₁) შთანთქმული ნატრიუმის რაოდენობა 13—16%-მდე მერყეობს, ძლიერ ბიცობიან ნიადაგებში კი 16—21%-მდე აღის (ქრ. 156), ბიცობებში კი (ქრ. 174) შთანთქმული ნატრიუმის რაოდენობა 25%-მდე აღწევს.

მარნეულის ველის ძლიერ ბიცობიან ნიადაგებში (ქრ. 2) შთანთქმული ნატრიუმის შემცველობა ნიადაგის პროფილში თავისებურადაა განაწილებული. ზედა ჰორიზონტში 15—20 სმ სიღრმემდე ის 5—5,5%-ს უდრის; მეორე ჰორიზონტში (20—35 სმ) 16%-მდე აღწევს, ხოლო უფრო ღრმად მდებარე ფენაში (45—65 სმ სიღრმეზე) ნატრიუმის მაქსიმალური შემცველობა გვაქვს 28,2%-ს დაწილულ-ბიცობიან ნიადაგებში (ქრ. 9) შთანთქმული ნატრიუმი 40—45 სმ სიღრმემდე 5—9%-ს აღწევს შთანთქმული ტევადობიდან, უფრო ღრმად კი შთანთქმული ნატრიუმის რაოდენობა მინიმალურია.

ალმასველეთ საქართველოს ბიცობიანი და დაწიდეული ნიდაგების...

ცხრილი 2

ალანის ველის ბიცობიანი ნიდაგების ფიზიკური თვისებები

პრილის № 28	პორიზაცი	სიღრმე სმ-ით	ბუნდრითი წონა	მოცულობითი წონა	ტენჯევადობა მთ. ც.			ფორიანობა			% საერთო ფორიანობიდან		მკვლევარის საინსტიტუტო მუშაობის თარიღი
					კაბილა რული	სრული	ზღვრული	საერთო	კაბილა-რული	არაკა-პილა.	კაბილა-რული	არაკა-პილა.	
155/1	A	0-13	2,641	1,228	52,08	58,69	50,11	53,56	52,08	1,48	97,20	2,76	93,58
	B	25-43	2,734	1,359	46,82	57,12	45,39	50,29	46,82	3,47	93,10	6,90	90,26
	C	50-68	2,866	1,449	41,87	51,74	41,85	49,49	41,87	7,62	84,60	15,40	99,67
	CD	78-96	2,799	1,626	37,31	47,58	36,65	41,91	37,31	4,60	89,02	10,98	87,45
157/2	A	1-18	2,663	1,284	42,28	45,04	41,81	51,78	42,28	9,50	81,65	18,35	80,74
	B	22-40	2,737	1,253	60,66	63,59	42,87	54,22	50,66	3,56	93,43	6,57	91,98
	C	50-68	2,824	1,420	47,45	52,03	46,86	49,72	47,45	2,27	95,43	4,57	94,25
	CD	78-96	2,760	1,449	45,40	52,80	44,99	47,50	45,40	2,10	95,58	4,42	94,71

ცხრილი 3

ალანისა და მარნეულის ველების ბიცობიანი და დაწიდეული ნიდაგების შთანთქმული ფუჭები

ნიდაგი	სიღრმე სმ-ით	შთანთქმული ფუჭები							
		მილი-გვ.				% ით შთანთქმის ტუვადობ.			
		Ca	Mg	Na	ჯამი	Ca	Mg	Na	Ca/Mg
ა ლ ა ნ ს ა ნ ი									
155 სუსტად ბიცობიანი	0-5	33,46	9,33	4,63	47,42	70,57	19,67	9,76	3,58
	5-23	36,23	9,09	4,83	50,15	72,25	18,12	9,63	3,98
	23-32	22,47	5,13	3,64	31,24	71,93	16,42	11,65	4,38
156 ძლიერ ბიცობიანი	0-5	19,75	14,78	4,53	39,06	50,58	37,83	11,59	1,33
	5-22	16,49	11,79	7,56	35,84	46,02	32,89	21,09	1,39
	22-46	18,01	9,79	5,62	33,42	53,90	29,29	16,81	1,83
174 ბიცობი	0-20	20,08	14,10	4,97	39,15	51,30	36,01	12,69	1,42
	20-34	23,07	12,95	12,31	48,33	47,74	26,79	25,47	1,78
	34-50	25,38	7,57	1,51	34,46	73,66	21,96	4,38	3,35
1881 საშუალოდ ბიცობიანი	0-11	17,84	14,49	4,92	37,25	40,91	38,89	13,20	1,23
	11-20	20,90	14,07	6,70	41,67	50,17	33,76	16,07	1,48
	20-30	23,09	13,17	5,41	41,67	55,42	31,60	12,98	1,75
მ ა რ ნ ე უ ლ ი									
2 ძლიერ ბიცობიანი	0-13	37,09	13,87	2,88	53,84	68,90	25,76	5,34	2,67
	17-35	30,13	21,52	9,80	61,45	49,04	35,02	15,94	1,40
	45-62	25,59	17,42	16,85	59,86	42,76	29,10	28,14	1,46
7 დაწიდეული	0-14	41,42	12,37	1,93	55,72	74,34	22,20	3,46	3,13
	16-34	38,10	8,25	4,51	50,85	74,94	16,20	8,85	4,6
	40-58	35,01	8,08	1,56	44,65	78,61	17,90	3,49	4,3
9 დაწიდეულ- ბიცობიანი	0-14	37,30	17,44	5,36	60,10	62,59	28,50	8,91	2,1
	18-36	31,38	12,42	2,34	46,14	68,23	26,70	5,07	2,5
	44-62	21,42	13,17	9,12	43,71	48,40	30,10	20,86	1,7

როგორც მონაცემებიდან ვხედავთ, შთანთქმული Mg-ის შეფარდებითი რაოდენობა ალაზნისა და მარნეულის ველის ნიადაგებში მატულობს ბიციობიანობის ხარისხთან ერთად, ე. ი. მეტია ძლიერ ბიციობიან ნიადაგებში.

მარნეულის ველის დაწიდულ ნიადაგში, სადაც ბიციობიანობის ხარისხი ძალზე მცირეა, შთანთქმული Mg-ის პროცენტი მაინც დიდია, მაგრამ ბიციობიან ნიადაგებთან შედარებით ის ბევრად მცირეა. შთანთქმული Ca-ის Mg-თან შეფარდება საშუალო და ძლიერ ბიციობიან ნიადაგებში 1,2—2,5 ფარგლებში მერყეობს, ხოლო სუსტად ბიციობიან და დაწიდულ ნიადაგებში 4,0—4,6-ს უდრის.

ალაზნის ველის ბიციობიანი ნიადაგები 50 სმ სიღრმიდან უმეტესად ძლიერ დამლაშებულაა, მარნეულის ველის ბიციობიან და დაწიდულ ნიადაგებს კი დამლაშების სტადია უკვე გაუვლიათ და ამჟამად აღარ ახასიათებს.

ამაზე წარმოდგენას გვაძლევს მე-4 ცხრილის მონაცემები.

ცხრილი 4

ადვილად ხსნადი მარილების შემცველობა ალაზნისა და მარნეულის ველის ნიადაგებში %-ით

ნიადაგი	სიღრმე სმ-ით	მშრალი ნაწილი	1/3 CO ₂	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na
ა ლ ა ზ ა ნ ი									
155 სუსტად ბიციობიანი	0—5	0,106	არა	0,033	0,001	0,026	0,010	0,005	0,005
	5—23	0,130	"	0,020	0,001	0,056	0,014	0,010	0,004
	23—32	0,361	"	0,032	0,002	0,219	0,016	0,010	0,081
156 ძლიერ ბიციობიანი	0—5	0,235	"	0,024	0,001	0,047	0,014	0,006	0,005
	5—22	1,458	"	0,031	0,002	0,152	0,011	0,004	0,057
	22—46	1,878	"	0,035	0,205	0,641	0,057	0,022	0,348
174 ბიციობი	0—20	0,321	"	0,024	0,002	0,020	0,009	0,004	0,001
	20—34	1,194	0,007	0,065	0,391	0,299	0,012	0,013	0,388
	34—50	2,760	არა	0,065	0,411	1,359	0,224	0,022	0,642
188 1 საშუალოდ ბიციობიანი	0—11	0,318	არა	0,030	0,001	0,248	0,012	0,013	0,092
	11—20	0,444	"	0,050	0,063	0,240	0,012	0,014	0,134
	20—30	2,133	"	0,024	0,488	1,000	0,068	0,026	0,677
	32—52	3,520	"	0,016	0,439	1,823	0,231	0,055	0,794
მ ა რ ნ ე უ ლ ი									
2 ძლიერ ბიციობიანი	0—13	0,167	არა	0,041	0,046	0,028	0,010	0,004	0,040
	17—35	0,107	0,008	0,050	0,001	0,010	0,006	0,003	0,018
	45—62	0,249	0,005	0,043	0,017	0,017	0,012	0,013	0,001
7 დაწიდული	0—14	0,102	არა	0,025	0,001	0,024	0,007	0,004	0,005
	17—35	0,107	"	0,030	0,001	0,034	0,010	0,010	0,015
	45—62	0,100	"	0,030	0,001	0,026	0,007	0,005	0,007
9 დაწიდული ბიციობიანი	0—14	0,099	"	0,042	0,004	0,026	0,010	0,006	0,003
	18—36	0,097	"	0,059	0,005	0,010	0,004	0,009	0,009
	44—62	0,209	"	0,058	0,015	0,032	0,010	0,016	0,005

მაშასადამე, განხილული მასალის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ დაწიდულობა, რასაც გვიჩვენებს ნიადაგის ძლიერი გამკვრივება, ყოველთვის ბიციობიანობის შედეგი როდია.

შთანთქმული Na, სხვა ნიშან-თვისებებთან ერთად, ბიციბიანობის ხარისხის კარგი მაჩვენებელია. მასთან ერთად კარგი მაჩვენებელია შთანთქმული Mg-ის შემცველობაც და მისი შეფარდებაც Ca-თან. როგორც დავინახეთ, დაწილულ არაბიციბიან ნიადაგებს ახასიათებს შთანთქმული Mg-ის დიდი შემცველობა, ხოლო შთანთქმული Na-ისა—მცირე. ეს კანონზომიერება დამატებით იქნება განხილული ჩვენი შემდგომი მუშაობის მონაცემებით.

ბიციბიან და დაწილულ ნიადაგებს შორის განსხვავებას ადასტურებს მათი ნაყოფიერების მაჩვენებელიც. ალაზნის, მარნეულისა და სხვა რაიონის ამგვარი ნიადაგების მიხედვით, დაწილულ ნიადაგებზე მარცვლეული და სხვა კულტურები ბევრად მეტი მოსავლიანობით ხასიათდება, ვიდრე ბიციბიან ნიადაგებზე.

ცნობილია, რომ ნიადაგების ქიმიური მელიორაციის ძირითად ღონისძიებას წარმოადგენს თაბაშირის შეტანა. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ დაწილულ ნიადაგებში ეს ღონისძიება არ არის საჭირო მისი დიდი სირთულის გამო, და ფიზიკური თვისებების გასაუმჯობესებლად საკმარისად უნდა მივიჩინოთ მრავალწლიანი ბალახების თესვა, კერძოდ, იონჯისა და სხვ.

ნიადაგის დაწილულობის ფიზიკურ-ქიმიური ბუნების შესასწავლად ჩვენ დაწყებული გვაქვს მუშაობა, ზემოთ განხილული ნიადაგების გარდა, ხაშურის მიდამოების, სამხრეთ ოსეთისა და სხვა რაიონების ნიადაგებზე. ამ გამოკვლევების შედეგები შემდეგ შრომაში იქნება განხილული.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიისა და
მელიორაციის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 2,6,1951)

დაგოწმებული ლიტერატურა

1. К. К. Гедройц. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация, 1928.
2. ვ. ვილიამსი. ნიადაგმცოდნეობა (მიწათმოქმედება ნიადაგმცოდნეობის საფუძვლებით). ნაწ. 1, 1939.
3. В. Р. Волобуев. О слитых черноземах. „Почвоведение“, № 11, 1948.
4. В. А. Ковда. Новые данные о происхождении солонцов Заволжья в связи с их орошением мелиорацией. „Почвоведение и агрохимия“, Москва, 1936.
5. გ. კოსტავა. მასალები ქართლის ბარის სარწყავი ზონის ნიადაგების დახასიათებისათვის, მეცნიერებათა ინსტიტუტის შრომები, ტ. III, 1948.
6. გ. ტალახაძე. მასალები კარბონატული დაწილული ნიადაგების გენეზისისა და აგრეგაციისათვის. ლ. პ. ბერიას სახელობის საქართველოს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის მოამბე, № 1 (5), 1938.
7. М. Н. Сабашвили. Почвы юго-восточной части правобережья реки Алазани. Труды почвенного сектора Грузинского филиала АН СССР, т. I, 1935.
8. С. В. Зонн. Горно-лесные почвы северо-западного Кавказа. АН СССР, Москва, 1950.

ფსიქოლოგია

ი. ბჟალავა

ხატის ცვალებადობის საფეხურები

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა შ. ნუცუბიძემ 17.5.1951)

საკითხის დასმა

აღქმის თანამიმდევარი ხატებიდან ნეგატიური ხატი აღმოჩნდა ისეთი, რომელიც საგნის თვისებას (ფორმას, სიდიდეს) ისე უძრავად და სიზუსტით ასახავს, როგორც ფოტოკიმიური ფირფიტა. ამ შემთხვევაში სინამდვილესთან დამოკიდებულება რეცეპტორის ფარგლებს არ სცილდება, ეს იმ დროს, როდესაც ორ- და სამგანზომილებიანი პოზიტიური ხატის მოქმედებაში, როგორც სპეციალურად დაყენებული ცდებიდან ვიცით, პროცესის მიმდინარეობაში სუბიექტიც ჩაერთვის. ნეგატიური ხატი ობიექტის ასეთი გაშუალებული ასახვის სიმალემდე ვერ აღწევს. იგი გამოიზიანებულზე რეცეპტორის უშუალო რეაქციას წარმოადგენს.

უშუალო აღქმას თუ ჩავთვლით სინამდვილის ისეთ ასახვად, სადაც გვეძლევა მხოლოდ გრძნობის ორგანოების ფენომენი—სინამდვილის ფოტოგრაფიული პირი, მაშინ თანამიმდევარი ნეგატიური ხატი უნდა იქნეს ასეთ მოვლენად მიჩნეული, რადგან იგი ისეთი პოზიტიული შინაარსია, რომელიც არ სცილდება რეცეპტორული აპარატის შესაძლებლობის ფარგლებს. ამასთან დაკავშირებით სამართლიანია დავსვათ კითხვა: მხოლოდ ნეგატიური ხატისათვის არის ეს დამახასიათებელი, თუ ყოველი თანამიმდევარი ხატის მოქმედებაში შესაძლებელია უშუალო ასახვის საფეხურის დადგენა?

კვლევის მეთოდი



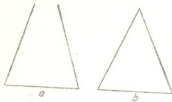
ფიგ. 1

ავიღოთ წითელი მელნით დახაზული დაუმთავრებელი გეომეტრიული ფიგურები და ვნახოთ, ამ ფიგურათა პოზიტიური და ნეგატიური თანამიმდევარი ხატი რა თავისებურებით წარმოადგება ჩვენ წინ (იხ. ფიგ. № 1). შედეგების ანალიზის დროს მხოლოდ ამ ფიგურით ვისარგებლებთ.

ამ საკითხის გადასაწყვეტად გამართულ ცდაში 35 ცდის-პირი ღებულობდა მონაწილეობას. აქედან საქმოდ დიდი ნაწილი რამდენიმეჯერ გვყავს შემოწმებული.

ექსპერიმენტული მასალები

ცდისპირი დაუმთავრებელ ფიგურას, თანხმად ექსპერიმენტული პირობებისა, სინათლის მიცემის დროს აღიქვანს, ხოლო სიბნელეში აღიქვამს ამავე ფიგურის პოზიტიურ ხატს (ფიგ. 1). ცდის ამდაგვარად განმეორებამ დიგვარწმუნა, რომ თავიდან ხატში არავითარი ცვლილება არ შეინიშნება. იგი ზუსტად აღქმული ფიგურის ფორმასა და ზომას იმეორებს. ეს დაუმთავრებელი ხატი ყველა ნიშნის მიხედვით ორიგინალის უნაკლო თარგს წარმოადგენს (იხ. ფიგ. 2 ხატი a). ასეთი მდგომარეობა არც ისე დიდხანს გრძელდება; საშუალოდ 2,5—3 სექუნდის შემდეგ დაუმთავრებელი ფიგურის ხატი ერთბაშად გამოცოცნდდება; გვერდები „ამოძრავდებიან“ და ერთმანეთისკენ „გაიქცევიან“. გვერდების დაბოლოებაზე ეს დინამიკური პროცესი უკეთა გამოხატული, რადგანაც აქ შეუწყვეტელ



ფიგ. 2

მოძრაობას აქვს ადგილი იმისათვის, რომ ღიად დარჩენილი მანძილი შეივსოს, ფიგურამ დაუმთავრებელი გამოხატულება შეიძინოს (ფიგ. 2 ხატი b). თუ გვერდების შეერთება არ მოხერხდა, შესაძლებელია, მათ შორის მანძილი წითელი ჩრდილით ამოივსოს (ფიგ. 3). ეს შედარებით უფრო იშვიათია. ცდისპირი ხედვის ველზე დაუმთავრებელი ხატის გვერდების შეერთებისკენ მიმართულ მოძრაობას ათვალეირებს და აკვიწრს: „ამოძრავდენ გვერდები და ერთბაშად თვალისაკენ გარბიან...“



ფიგ. 3

„ენახე თვლია სამკუთხედი, მაგრამ ერთბაშად გვერდები გაიქცა და შეერთდა...“ „საოცარია, რამ უბიძგა გვერდებს, რატომ უნდათ შეერთება!“ „დაგრძელდა გვერდები და სამკუთხედის წვერი დაიხურა“. „აი, როგორ გაუჭირდათ შეერთება, შეერთდნენ, ისევ გაითიშენ, ახლა დასრულებული სამკუთხედილი ჩემ წინა“. „საიდან მოვიდა ეს სამკუთხედი!“ და ა. შ.



ფიგ. 4

ასეთია ცნობიერების თვალსაჩინო შინაარსის გამთლიანებისკენ მიმართული სპონტანური მოძრაობა, რომელიც დასრულებული ფიგურის ხატის წარმოშობამდე არ წყდება. რაც შეეხება გამთლიანებული ფიგურის ხატს, იგი ამის შემდეგაც კიდევ რამდენიმე სექუნდის განმავლობაში რჩება მჭკრეტელის ცნობიერებაში. ასე მიიღება თანამიმდევარი ხატის საბოლოო სახე, რომელშიაც გამთლიანების პროცესში შემავალი კომპონენტების (გვერდების მოძრაობა, მათი დაახლოება-გაშორება, ციმციმი და ა. შ.) ნაკვალად წარმოდგენილია ახალი რომელიმე შინაარსი: სამი გვერდისა და ორი კუთხის მაგიერ დამთავრებული ფიგურა.

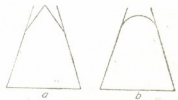
დამახასიათებელია ისიც, რომ თითოეული ზემოთ აღწერილი მომენტი ისე ეძლევა გარედან ცნობიერებას, როგორც თვითონ ხატი. ცდისპირი მოვლენათა განვითარების პასიური მჭკრეტელის როლშია და დარწმუნებულიცაა, რომ

პროცესი მისი მონაწილეობის გარეშე მიმდინარეობს. სენსორიუმის განათებულ ფელზე მდებარე ხატი გარეთ პროექტირებულია და მჭერეტელის მიერ განსხვავებულად განიცდება.

ხატის დასრულება საქმაოდ ხანგრძლივი პროცესია. ამიტომ, ვისაც სწრაფად უჭრება იგი, მას დასრულებული ფიგურის სახე შეუძლია მხოლოდ ხატის ჩაქრობის მომენტში დაინახოს. ანალოგიური შემთხვევა მოსალოდნელია მაშინაც, თუ გვერდების შეერთება გაჭიანურდება. ეს დასრულებული ფიგურის დანახვისათვის საჭირო დროს ამოკლებს და ჩაქრობის მომენტში ნახული ხატი შეიძლება ბუნდოვანი გამოჩნდეს. ამით აიხსნება ისიც, რომ ერთი და იგივე ცდისპირი პროცესის მიმდინარეობას ზოგჯერ მეტი და ზოგჯერ ნაკლები სიცხადით განიცდის.

ხატის დასრულება დამოკიდებულია გვერდებს შუა დატოვებულ მანძილზე. თუ ის 0,5—1,0 სმ არ აღემატება, შედარებით სწრაფად იხურება. გვერდებს შუა დატოვებული მანძილი თუ 1 სმ-ზე მეტია, ეს დაუძლეველ სიძნელეს უქმნის შეერთებისკენ მიმართულ ტენდენციას. ამას შეიძლება მოჰყვეს გვერდების გადაღუნვა და ბლაგვეკუთხიანი სამკუთხედის ჩამოყალიბება (ფიგ. 4). გვერდები შემთხვევა, როცა ხატის გვერდებს შორის მდებარე ცარიელ მანძილში სამკუთხედის ახალი წვერი ჩაიხაზა ანდა გვერდების ღია თავი მათ შორის ჩაწერილმა ოდრიკალმა გააერთიანა

(ფიგ. 5 ა და ბ). არაა გამორიცხული შესაძლებლობა, რომ ეს მანძილი წითელი ფერით ამოივსოს. თუ ფიგურის გვერდები ისე დაეაშორეთ ერთმანეთს, რომ მან დამახასიათებელი ფორმა დაკარგა, შესაძლებელია, შეერთების ტენდენციით განსაზღვრულ მოძრაობას სულ არ ექნეს ადგილი. გვერდების ასატან ფორმაში დამახინჯება არ აბრკოლებს ძირითად ტენდენციას; საბოლოოდ მაინც აღმოცენდება დასრულებული ფიგურის ხატი. არც ფიქსაციის დროა მნიშვნელობას მოკლებული: რაც უფრო სწრაფად ხდება ობიექტის განათება, ხატი შედარებით სწრაფად ახერხებს დასრულებული სახის მიღებას, ხანგრძლივი განათება, პირიქით, ანელებს პროცესის მიმდინარეობას.



ფიგ. 5

ყოველ მომდევნო ექსპოზიციაში უკეთ გამოხატული ჩანს გვერდების შეერთება, მაგრამ სპეციალურ ვარჯიშს, შეიძლება ითქვას, მცირე რამ შეუძლია შემატოს ფიგურის დასრულებისკენ მიმართულ მოძრაობებს. სამკუთხედის წინასწარ რამდენიმეჯერ მიწოდებას შეუძლია მხოლოდ ის, რომ ამას მოჰყვეს მისი ჩახაზვა დაუსრულებელი ფიგურის ხატში (ფიგ. 6). ამ გზით ჩვენ ხელოვნურად ვქმნით პირობებს, რათა ორივე ხატი ერთდროულად და ერთიმეორის პარალელურად აღმოცენდეს. საინტერესოა ისიც, რომ დასრულებული ფიგურის ხატი ადრე ქრება, დაუსრულებელისა კი თითქმის ყოველთვის დამთავრებული ფორმის მიღების შემდეგ.

რაც შეეხება პოზიტიური ხატის ნეგატიური (კომპლემენტური) ფერის

სტადიას, აქ ხატი ისეთივეა, როგორც იყო იგი პოზიტიური ფერის სტადიაში, ე. ი. დასრულებული ფორმა აქვს.

განმეორებით (ობიექტის ფიქსაციის გარეშე) აქტუალიზებული პოზიტიური ხატი იძლევა არა ობიექტის მოცემულ ფორმას, არამედ მის დასრულებულ გამოსახულებას. გამოდის, რომ ხატი აქ არა ობიექტს, არამედ ზუსტად თავის თავს იმეორებს.

გეშტალტფსიქოლოგიის წარმომადგენლებისათვის ანგარიშის გაწევის მიზნით დაუსრულებელი ფიგურა ისე სწრაფად მიეაწოდეთ ცდისპირებს, რომ ობიექტის დანახვას ვერც კი ასწრებდნენ და იძულებული იყვნენ განეცხადებინათ: „მგონია სამკუთხედი...“ ასეთი ალბათ სამკუთხედი იქნებოდა!... „დანახვა ვერ მოვასწარი, მაგრამ სამკუთხედი უნდა იყოს“. „არ ვიცი, რაღაც მოწითალომ გამიელვა“ და ა. შ. ყოველ შემთხვევაში, არც ერთ ცდისპირს არა აქვს მითითებული, რომ ფიგურას ღია წვერი ჰქონდა, პირიქით, სადაც ფიგურის შემჩნევა მოხერხდა, იგი ყველგან სამკუთხედად იყო აღქმული.



ფიგ. 6

ექსპერიმენტის ასეთი წესით ჩატარება სრულიად არ ცვლის ძირითად კანონზომიერებას. აღქმის სენსორულ ველზე თავიდანვე კვლავ „თავლია სამკუთხედი“ გამოჩნდება, სავსებით ისეთივე, როგორც ამას ცდის ჩვეულებრივი მიმდინარეობიდან ვიცნობთ. ხატის დაუმთავრებლად ხილვა პირველი და აუცილებელი მომენტია, რომლის შემდეგ იწყება მასში მთლიანობისკენ მიმართული ცვლილებები. ამრიგად, ის, რაც აღქმაში დაუნაწევრებელი და დამთავრებული ჩანს, მის თანამიმდევარ ხატში წარმოდგენილია როგორც დანაწევრებული და რამდენიმე მომენტიდან შემდგარი პროცესი.

დაკვირვება სტერეოხატზედაც ვაწარმოვეთ, მაგრამ არსებითად განსხვავებული იმისგან, რაც ზემოთ ითქვა, არაფერი გვიანახავს. სამკანზომილებიანი ხატიც თავიდან დაუმთავრებელი ჩანს და, შეიძლება ითქვას, აქ გვერდების შეერთებისკენ მიმართულ მოძრაობას მეტი სიცხველე ეტყობა.

ასეთია ჩვენი ექსპერიმენტული ფაქტების შინაარსი, რომლის მიხედვით შეგვიძლია დაგვასკვნათ: აღქმის თანამიმდევარი ხატები წარმოადგენენ არა მხოლოდ აგზნების ინერციას, არამედ სუბიექტის გამოცდილებით გარდაქმნილს და შევსებულს ცნობიერების თვალსაჩინო შინაარსებს. ცვლილება ხატში ყოველთვის გარკვეული წესით მეორდება და შეიცავს ერთიმეორის თანამიმდევარ საფეხურებს: დასაწყისში ობიექტი წარმოდგენილია მასში იმ სახით, როგორცაა ის სინამდვილეში, ხოლო ამ ფოტოგრაფიული სიზუსტის ხატს შემდეგ ახალი მომენტი ემატება, რომელიც მას დასრულების ტენდენციას სძენს. მოვლენის მიმდინარეობის უკანასკნელ მომენტში, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ცდისპირს წინ 2—3 სექუნდის განმავლობაში განავრდობს დგომას არარეალური, მაგრამ იდეალური ფორმის ხატი. ეს არც თავლია ფიგურაა, აქ არც გამთლიანებისკენ მიმართულ ცვლილებათა კომპლექსთან გვაქვს საქმე, არამედ გარედან ჩვენი

გადმოტანილი და გამოცდილების ფონზე გადატეხილი ცნობიერების ობიექტივირებულ თვალსაჩინო შინაარსთან — ხატ-ობიექტთან. ამრიგად აღქმის თანამიმდევარი ხატი შეიცავს სამ საფეხურს: უშუალო მოცემულ ობიექტს, გამოცდილებით შევსებისა და ობიექტურობის საფეხურებს.

ამით ვამთავრებთ აღქმის თანამიმდევარი პოზიტიური ხატის თავისებურებათა განხილვას. ახლა ვნახოთ სხვებთან შედარებით ნეგატიურ ხატს აღმოაჩინდება თუ არა განსხვავებული თვისებები.

ნეგატიური ხატი, როგორც გამოიჩვენა, ამ შემთხვევაშიაც განსხვავებულ მოქმედებას იჩენს. ამ ხატის სენსორულ ველზე დანარჩენებისათვის დამახასიათებელი ერთბაშად გაცოცხლებს და გაერთიანებისკენ მიმართული კომპონენტების მოძრაობა (გვერდების ამოძრავება, დაახლოება, შვერთება—გათიშვა და ა. შ.) არც კი შეინიშნება. აქ შესაძლებელია ღია გვერდებს შორის ადგილი ფერით შეივსოს, შემდეგ ფერთან ერთად გადაკვეთილი ფიგურა თანდათან მივიდეს ჩაქრობამდე. შეიძლება თვალების გადაადგილებით განსაზღვრული გვერდების მოძრაობა ვნახოთ, მაგრამ არაფერი მსგავსი იმისა, რაც ზემოთ იყო აღნიშნული. იგი იმდენად ტლანქია, რომ ერთხელაც არ იჩენს თავს პოზიტიური ხატისთვის დამახასიათებელი გაერთიანებისაკენ მიმართული დინამიკური პროცესი. ნეგატიური ხატი, როგორც განწყობის ცდებში, აქაც არ სცილდება ობიექტის ფოტოგრაფიული სიზუსტით ასახვის ფარგლებს. მას დამთავრების სტადია არ გააჩნია. ის მხოლოდ დაუმთავრებელი ჩანს, ე. ი. ისეთია, როგორცაა ორიგინალი.

ნეგატიური ხატის ჩაქრობას თითქმის ყოველთვის თან სდევს ხატის ხელმოკრედ აქტუალიზაცია და მეტად საინტერესო იყო გვენახა, განმეორებული ხატი აღმოჩნდებოდა თუ არა დამთავრებული. ცდის მიმდინარეობამ გვიჩვენა, რომ ეს ხატი ხელმოკრედ განძეორებისას დაუმთავრებელ ფიგურას იმეორებს და არა დამთავრებულს. აქედან საესებით ნათლად ჩანს, რომ ხედვის არეზე ნეგატიური ხატის დამთავრება არ ხდება, თორემ მას ისეთივე დასრულებულ ფორმაში ვნახავდით, როგორც პოზიტიური ხატის ხელმოკრედ აქტუალიზაციის დროს ჰქონდა ამას ადგილი.

ყოველი ნეგატიური ხატი ასე არ მოქმედებს. პოზიტიური ხატი ნეგატიურ ფაზაში, როგორც ამის შესაძლებლობა გვქონდა გვენახა, ფიგურის დასრულებულ სახეს იმეორებს. მაშასადამე, ეს უკანასკნელი და თავიდან ნეგატიურ ფერში აღმოცენებული ხატი რომელობით განსხვავებულ მოვლენას უნდა წარმოადგენდეს, წინააღმდეგ შემთხვევაში, ორივეს ერთი და იგივე ეფექტი უნდა მოეცა. ცდის მიმდინარეობიდან არა ეს, არამედ სწორედ ის ჩანს, რომ ამ ხატთა აღმოცენების პირობები, მოქმედება და ფერი განსხვავებულია. გამოიჩვენა ისიც, რომ ხატების ერთნაირი მოქმედების პოვნა არც იმ შემთხვევაშია მოსალოდნელი, როცა მათ ფერი საერთო აქვთ. ჩანს, ფერი, როგორც ერთადერთი ნიშანი საკმარისი არ არის ხატების დასახასიათებლად. ხატს საგნის ფერი და ფორმა აქვს, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ მასში თვითონ საგანიც არის ასახული. საფიქრებელია, რომ თანამიმდევარი ხატები

მის მიხედვით პოულობენ ჩვენ ფსიქიკურ სამყაროში ესოდენ მტკიცე საფუძველს.

არის ერთი გარემოებაც, რომლის უყურადღებოდ დატოვება შეუძლებელია. როგორც ვნახეთ, ცდისპირი ალქმის დროს დაუმთავრებელ ფიგურას დამთავრებულად აღიქვამს, თითქოს ვერ ასწრებდეს დაინახოს ფიგურა ისე, როგორიც არის ის სინამდვილეში. ალქმის თანამიმდევარი ხატების ხედვის დროს იგივე მოვლენა არ მეორდება. მიუხედავად იმისა, რომ ფიგურა დამთავრებულად იყო აღქმული, თანამიმდევარ ხატში ის დაუმთავრებელი გამოჩნდება და დამთავრებულ სახეს მხოლოდ ამის შემდეგ იძენს. ასე მეორდება ეს გამონაკლისის გარეშე.

აქედან სრულიად ნათლად ჩანს, რომ, რაც ფიგურის ალქმაში ერთ აქტად არის მოცემული, ის თანამიმდევარი ხატის მიმდინარეობაში ორი მომენტისაგან შემდგარ პროცესადაა წარმოდგენილი. დაუმთავრებელი ფიგურის თანამიმდევარი ხატი ჯერ გამოჩნდება ისეთი, როგორიც თვითონაა საგანი, შემდეგ შეიძენს ისეთ ფორმას, როგორც ეს ჩვენს გამოცდილებას შეესატყვისება. ჩანს, ფიგურის ნატურალური სახე თვალისთვის არც ალქმის დროს დაკარგულა, თორემ იგი თანამიმდევარ ხატში, ცხადია, დაუმთავრებელი სახით არ გამოჩნდებოდა. ეჭვი არაა, რომ თანამიმდევარ ხატში საგნისაგან მიღებული შთაბეჭდილება, განსხვავებით ალქმისა, ერთიმეორის მომდევნო ორ საფეხურს გაივლის. პირველ საფეხურზე ხატი საგნებით შეესატყვისება იმ საგანს, რომლის ხატსაც ის წარმოადგენს. რაც შეეხება მეორე საფეხურს, აქ პროცესის მიმდინარეობაში ახალი ფაქტორის მონაწილეობას ვხედავთ. რასაკვირველია, არაფერი გვექნებოდა საწინააღმდეგო, რომ ასეთ ფაქტორად გამოცდილება დაგვესახელებინა. თანამიმდევარი ხატის მიმდინარეობაში ამას შეაქვს სუბიექტური მომენტი—დაუმთავრებელი ხატის დამთავრებულად (ე. ი. ილუზორული ფორმით) ჩამოყალიბება. აქ უნდა მივუთითოთ ისეთ ფაქტზე, რომლის გათვალისწინებას შეიძლება ერთგვარი მნიშვნელობა აღმოაჩინდეს გამოცდილების სწორად გაგებისათვის.

დაუმთავრებელი ფიგურის ნეგატიური და პოზიტიური თანამიმდევარი ხატი ერთისა და იმავე სუბიექტის დაკვარვების საგანი იყო. მიუხედავად ამისა, პოზიტიური ოპტიკური ხატი ხედვის პროცესში მთავრდება და ილუზორულ ფორმას ღებულობს, ნეგატიური ხატი არც მთავრდება და არც ილუზორულ გამოხატულებას იძენს. გამოცდილება თვითონ რომ წარმოადგენდეს მოქმედ ფაქტორს, მას აქაც ისეთი ძალა უნდა გამოეჩინა, როგორიც აღმოაჩნდა მას ამავე ფიგურის პოზიტიური ხატის მიმართ. ცხადია ისიც, რომ აქ ორივე შემთხვევაში გამოცდილების გამოსავლენად ობიექტურად თანაბარი შესაძლებლობა არსებობს.

ჩვენს ცდებში გამოცდილების ასეთი განსხვავებული მოქმედება ერთ გარემოებას დაუყავშირდა. გამოცდილებას სუბიექტური მომენტის შემტანი ძალა პოზიტიური თანამიმდევარი ხატის შემთხვევაში აღმოაჩნდა, მაგრამ ეს თვითონაა ისეთი ფენომენი, რომელსაც ფიქსირებული განწყობის ზემოქმედებით ახასიათებს ილუზორული მოქმედება. ნეგატიური თანამიმდევ-

ვარი ხატის მოქმედებაში განწყობის ზემოქმედება არ ჩანს. აქ არც გამოცდილებას აქვს ძალა. ამრიგად, სადაც ხატის მიმდინარეობიდან გამორიცხულია ექსპერიმენტულად ფიქსირებული განწყობის ზემოქმედება, იქ არც გამოცდილების მოქმედი ძალა ჩანს.

აქვე ყურადღებას იქცევს ისიც, რომ გემტალტფსიქოლოგიის წარმომადგენლებს დაუმთავრებელი ფიგურა აქვთ გამოყენებული იმისათვის, რომ დამტკიცონ აღქმის იმთავიდანვე განსაზღვრული მთლიანობა. აღქმის თანამიმდევარი ხატების შესწავლისას ჩვენც იგივე დაუმთავრებელი ფიგურები გამოვიყენეთ, მაგრამ თანამიმდევარ ხატზე დაკვირვება განსხვავებულ სურათს იძლევა. აქ დამთავრებულად აღქმული ფიგურა თავიდანვე დაუმთავრებელი ჩანს და მის დამთავრებას გარკვეული მომენტის შემდეგ ვნახულობთ. ამრიგად, ის, რაც აღქმაში მთლიანიცაა და დასრულებული, მის თანამიმდევარ ხატში ანა თავიდანვე, არამედ პროცესის მიმდინარეობის უკანასკნელ საფეხურზე გვეძლევა.

ასეთია ჩვენი ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები, რომლის მართებულებას გვიდასტურებს ისიც, რომ გარე სინამდვილესთან ურთიერთობის ბუნებრივი გზა, როგორც ყოველდღიური დაკვირვებიდან ვიცით, რეცეპტორებია. სწორედ რეცეპტორული ფენომენისათვის არის დამახასიათებელი პირდაპირი მოცემულობა. ჩვენს განკარგულებაში არსებულ ექსპერიმენტულ ფაქტებს შორის ისეთია დაუმთავრებელი ფიგურის თანამიმდევარი ხატი, მაგრამ არა საერთოდ, არამედ მოქმედების პირველ მომენტში. მეორე მომენტი სუბიექტის გამოცდილების ჩარევით იწყება, ხატი პირვანდელ ფორმას იცვლის და დასრულებული ფიგურის გამოხატულებას ღებულობს, ამიტომ აქ იგი არა გამოიზიანებლის, არამედ აღქმის თანამიმდევარი ხატია.

გამოცდილებისათვის ადგილი, როგორც ხედავთ, აღქმის თანამიმდევარი ხატების მიმდინარეობაში ცალკე მომენტადაა გამოყოფილი. ეს იმდენად ცხადად ჩანს, რომ პროცესის მიმდინარეობაში მისი მონაწილეობის საბუდო მიჩნევა ყოვლად შეუძლებელია. გამოცდილებას აღქმის სენსორულ ველზე იმდენად მტკიცე ადგილი უკავია, რომ სრულიად უსაფუძვლოდ ჩანს გემტალტფსიქოლოგთა აკვიატებული ბრძოლა გამოცდილების ფაქტორის წინააღმდეგ გარდა გემტალტფსიქოლოგიისა, თანახმად ჩვენი შედეგებისა, ამ საკითხზე მსჯელობის დროს ყველა დანარჩენი ფსიქოლოგია სინამდვილესთან უფრო ახლოს დგას.

გამოცდილებას გემტალტფსიქოლოგია მოქმედ ფაქტორად არ თვლის, რადგან ფიგურის დამთავრება მას მიაჩნია საგნის მოყვანილობით განსაზღვრულ მოვლენად. გამოცდილებას ამ შემთხვევაში გემტალტიზაციის ტენდენცია ცვლის. რა გვეთქმის ჩვენ ამის საწინააღმდეგოდ? თვითონ გემტალტიზაციის ტენდენციის წინააღმდეგ არაფერი, რადგან ეს ფაქტია, მაგრამ ჩვენს შემთხვევაში მის ამხსნელ ფაქტორად აღიარებას გარკვეული ხასიათის წინააღმდეგობა ელობება წინ. საქმე ისაა, რომ ნევატიური და პოზიტიური თანამიმდევარი ხატის ფორმა სრულებით იდენტურია, მიუხედავად ამისა, დაუსრულებელი ფიგურის პოზიტიური ხატი სრულდება, ნევატიურისა კი — არა. გემტალტიზაციის ტენდენციას თავისთავად რომ რაიმე ძალა ჰქონდეს, როგორც პირ-

ველ, ისე მეორე შემთხვევაში ერთნაირი ეფექტი უნდა მიგვეღო. სინამდვილეში სრულიად ერთიმეორის საწინააღმდეგო შედეგია მიღებული. ეს კი გეშტალტისზაციის ტენდენციის მიხედვით გაუგებარი ჩანს, სამაგიეროდ ჩვენს განკარგულებაში არსებული ექსპერიმენტული ფაქტების გათვალისწინებას უთუოდ შეუძლია ამ საკითხში დამაჯერებელი გარკვეულობა შეიტანოს. როგორც ვნახეთ, ფიგურის დამთავრების პროცესის მიმდინარეობიდან შეუძლებელია სუბიექტის მდგომარეობის, ე. ი. მისი ფიქსირებული განწყობის სახით მოფუნქციე გამოცდილების გამორიცხვა.

ასეთია აქ წარმოდგენილი ფაქტების აზრი, რომელშიაც ადგილი დასახავია ტრადიციული შეხედულების უსაფუძვლობა, რაც იმაში გამოიხატებოდა, რომ აღქმის თანამიმდევარ ხატებს უყურებდნენ როგორც გრძნობათა ორგანოების ფარგლებში მოქმედ და მხოლოდ მასთან დაკავშირებულ პერიფერიულ მოვლენებს.

გამოირკვა, რომ აღქმის თანამიმდევარი ხატებიდან ყველა, გარდა ნეგატიური ხატისა, შეიცავს გადახალისების რამდენიმე საფეხურს: პირველ საფეხურზე წარმოდგენილია გრძნობის ორგანოს ფენომენი—საგნის ნატურალური ხატი, მეორეზე იგივე გრძნობადი მასალა სუბიექტის გამოცდილების შესატყვისად არის შეცვლილი. უკანასკნელი საფეხური ყველა თანამიმდევარი ხატის მიმდინარეობაში არ შეინიშნება; რაც შეეხება პირველს—მასალის ფოტოგრაფიული სიზუსტით მოცენულობის საფეხურს, ამას ყოველთვის ვხვდებით ნეგატიური, პოზიტიური და სტერეომეტრიული ხატების მიმდინარეობაში. ხატის ამ საწყის სტადიას ისეთივე აუცილებელი ადგილი უკავია ჩვენს ცნობიერებაში, როგორც ეს სინამდვილესთან ურთიერთობის სფეროში თვითონ რეცეპტორებისათვის არის განკუთვნილი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
დ. უზნაძის სახელობის
ფსიქოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუყვია 17.5.1951)

დამოუკიდებელი ლიტერატურა

1. ი. ბჭალავა, პოზიტიური და ნეგატიური ხატ, საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოაზრე, ტომი XII, № 1, 1951.



პსუბისმგებელი რედაქტორის მობდგილე ი. გიგინეიშვილი

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

ხელმოწერილია დააბეჭდაჲ 14.2.1952

საალრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 4

ანაწყობის ზომა 7×11

ნაბეჭდი ფორმა 5

შეკვ 104

შე 01324

ტირაჲი 1000



დებულება „საბატონილოს სსრ მიმნიჭებათა აკადემიის მოაზრის“ შესახებ

1. „მოამბეში“ იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბე“ გამოდის ყოველყოფიურად (თვის ბოლოს), გარდა ივლის-აგვისტოს თვისა, ცალკე ნაკვეთებად, დაანღვრებით 5 ბეჭდური თაბახის მოცულობით თითოეული. ერთი წლის ხველა ნაკვეთი (სულ 10 ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.
4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე, იგივე წერილები იბეჭდება რუსულ ენაზე პარალელურ გამოცემაში.
5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს არ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.
6. მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსაზღვრულად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილი უნდა იქნეს ავტორის მიერ საესკიზით განზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით, წერილის დასაბეჭდად შილების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად სრული: საჭიროა აღინიშნოს ჟურნალის სახელწოდება, ნომერი, სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის წლისა და ავტორის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის დასახელება წერილის ბოლოში ერთვის სიის სახით. ლიტერატურაზე მითითებისას ტექსტში ან შენიშვნებში ნაჩვენები უნდა იქნეს ნომერი სიის მიხედვით, ჩასაძული კვადრატულ ფორმულებში.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა უნდა აღნიშნოს სათანადო ენებზე დასახელება და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ვაძლევა გვერდებზედ შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ერთი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოსადგენლობის შემთხვევაში რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა, ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ვაძლევა მისი წერილის 50 ამონაბეჭდი (25 ამონაბეჭდი თითოეული გამოცემიდან) და თითო ცალი „მოამბის“ ნაკვეთებისა, რომლებშიც მისი წერილია მოთავსებული.

ამდგომილის მისამართი: თბილისი, ძეგლინის ქ., 8.