

524  
1957



524

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის  
მ თ ა მ ბ ე

ტომი XIX, № 1

10

ბირთვული, ქართული გამომცემი

1957

ი ვ დ ი ს ი

შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა



1. მ. გაგუა. ჰარმონიულ ფუნქციათა სისტემების სისრულის შესახებ . . . . . 3  
მაქანიკა

2. მ. მიქელაძე. ანიზოტროპული გარსების მინიმალური წონის შესახებ . . . . . 11  
ფიზიკა

3. გ. ჭილაშვილი. ორბურთის ურთიერთქმედება მსუბუქ გულბთან . . . . . 19

4. ი. ჭილაშვილი. დიფერენციალური ორმაგი დრეკადი ვაზნევა ატომგულბზე . . . . . 23  
ბიოფიზიკა

5. ბ. ბალაგაძე. სიმძიმის ძალის ვერტიკალურ გრადიენტზე ტოპოგრაფიული მასე-  
ბის გავლენის შესახებ . . . . . 29

6. ე. ჯიბლაძე. კერიდან ენერჯის არათანაბარი გამოახივებისა და მოცულობითი  
სეისმური ტალღების დაცხრომის კოეფიციენტის შესახებ . . . . . 33  
ქიმიკა

7. ა. ჩხენკელი. ეთერების კატალიზური მოქმედების საკითხისათვის . . . . . 37  
ბიოქიმიკა

8. მ. ქემხაძე. კოლხეთის დაბლობის წარმოქმნის საკითხისათვის ისტორიულ ეპო-  
ქაში . . . . . 41  
ტექნიკა

9. გ. ჯიმშელი. არხების ჰიდრაულიკური ანგარიში თავისუფალი ხედაპირის კონ-  
ტურზე არსებული ხახუნის მხედველობაში მიღებით . . . . . 49

10. თ. ცომაია. კარტოფილის ამღებ კომბაინი „K.P.—2“-ის გამოცდის შედეგები . . . . . 55  
მეცნიერებათა

11. ი. დევდარიანი. ჰიდროენერჯის სისტემის რაციონალური სტრუქტურისა და  
ჰიდროექსპლუატაციის პარამეტრების განსაზღვრა . . . . . 63  
სამთო. საქმე

12. შ. ონიანი. ღერძული ვენტილატორების მუშაობაზე მიმართველი აპარატების  
გავლენის შესახებ . . . . . 71  
ბოტანიკა

13. ე. შენგელია. კაპადოკიური კათალიკოზა როგორც დეკორატიული მებაღეობის  
ობიექტი . . . . . 79

14. გ. სანაძე. Robinia pseudoacacia-ს ფოთლების მიერ გამოყოფილ აირად ნივთიერე-  
ბათა ქიმიური ბუნების შესახებ . . . . . 83

15. ი. კაპანაძე. უჯრედების ამიტოზური გამრავლების საკითხისათვის . . . . . 87  
მასპერიმენტული მედიცინა

16. თ. ახმეტელი და ჯ. კანდელაკი. ჰემოლიზამიკის ძვრები ექსპერიმენტული  
სასიკვდილო ცნომოვანი ემბოლიის დროს . . . . . 93

17. მ. მაჩაბელი. ერთობლივების ოსმოსური რეზისტენტობის ცვლილება ინდუ-  
ცირებული ავთვისებიანი სიმსივნეების განვითარებასთან დაკავშირებით თეთრ  
თაგებში . . . . . 101

18. თ. სიხარულიძე. მწვანე და ქრონიკული აბენდიციტების მიკროფლორის შეს-  
წავლის საკითხისათვის . . . . . 105  
ფსიქოლოგია

19. ნ. ჭრელაშვილი. ბავშვის ფსიქიკურ განვითარებაში ერთი გარდატეხის შე-  
სახებ . . . . . 113  
ფილოლოგია

20. მ. ფიჩხაძე. პრომეთეს პრობლემის ისტორიისათვის . . . . . 121

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის  
მ თ ა მ ბ ე

ტომი XIX

ძიკითარი, ქართული გამომცემი

1957

1304



## მათემატიკა

მ. ბაბუა

## ჰარმონიულ ფუნქციათა სისტემების სისრულის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ვეკუამ 18.7.1956)

წინამდებარე შენიშვნაში განიხილება სისრულე, როგორც თანაბარი, ისე  $L_2$ -ის მეტრიკით, ფუნქციათა სისტემებისა

$$r_{p_i}^{-n-1} P_n^m(\cos \theta_{p_i}) \frac{\cos m\varphi_{p_i}}{\sin m\varphi_{p_i}}, \quad (m \leq n, n, i = 0, 1, \dots), \quad (1.1)$$

$$r^n P_n^m(\cos \theta) \frac{\cos m\varphi}{\sin m\varphi}, \quad (m \leq n, n = 0, 1, \dots), \quad (1.2)$$

სადაც  $p_i$  ( $i = 0, 1, \dots$ ) სამგანზომილებიანი სივრცის წერტილთა გარკვეული ფიქსირებული მიმდევრობაა,  $r_{p_i}$ ,  $\theta_{p_i}$ ,  $\varphi_{p_i}$ , —  $M = M(x, y, z)$  წერტილის სფერული კოორდინატებია  $p_i$  ცენტრის მიმართ,  $r$ ,  $\theta$  და  $\varphi$ —კოორდინატა სათავის მიმართ, ხოლო  $P_n^m(x)$  ლეჟანდრის მიკავშირებული ფუნქციებია. დამტკიცებული დებულებები, ბერგმანის [1], მ. ლავრენტიევისა და მ. კელდიშის [2], ფრიკერას [3] და ი. ვეკუას [4] ზოგიერთი თეორემის განზოგადებებს წარმოადგენენ. აქვე მოვიხსენიებთ ე. გოლშტეინის შრომას [5], სადაც განხილულია ჰარმონიული ფუნქციების ერთგვაროვანი ჰარმონიული პოლინომებით საუკეთესო მიახლოების საკითხი.

§ 1. ვთქვათ,  $V$  საზღვრით  $S$  ნებისმიერი სამგანზომილებიანი სასრული არეა.  $\bar{V}$  ჩაკეტვაა  $V$ -სი, ხოლო  $C\bar{V}$ —დამატება  $\bar{V}$ -სი მთელს სივრცემდე. ვთქვათ,  $V_i$  საზღვრით  $S_i$  ( $i = 0, 1, \dots$ )  $C\bar{V}$ -ს ბმული კომპონენტებია, ე. ი.

$$C\bar{V} = \sum_{i=0}^{\infty} V_i,$$

ამასთან  $V_0$  აღნიშნავს უსასრულოდ დაშორებული წერტილის შემცველ არეს. განვიხილოთ სიმრავლე  $\{U(P)\}$   $V$ -ში შემოსაზღვრული ჰარმონიული ფუნქციებისა, რომლის ჩაკეტვაც ნორმით:

$$\|U\| = \iiint_V U^2(P) dV \quad (1.3)$$

აღვნიშნოთ  $\mathfrak{M}$ -ით<sup>(1)</sup>.

ცხადია,  $\mathfrak{M}$  წარმოადგენს ქვესივრცეს  $V$ -ში კვადრატჯამებად ფუნქცი-ათა ჰილბერტის  $L_2(V)$  სივრცისას. ამასთან  $\mathfrak{M}$  არ გამოდის ჰარმონიულ ფუნქციათა კლასიდან, რადგან (როგორც ეს ადვილად გამომდინარეობს საშუალო მნიშვნელობის ფორმულიდან) ყოველი  $V$ -ში საშუალოდ კრებადი მიმდევრობა ჰარმონიული ფუნქციებისა თანაბრად კრებადია ამ სიმრავლის ნებისმიერ ჩაკეტილ ქვესიმრავლეზე.

ვთქვათ ახლა (1.1) სისტემაში წერტილები  $p_i \in V_i$  ( $i = 0, 1, \dots$ ) ფიქსირებულია ნებისმიერად, ხოლო

$$\{V_n(P)\}, \quad (n = 0, 1, \dots), \quad (1.4)$$

$$\{V_n^*(P)\}, \quad (n = 0, 1, \dots) \quad (1.5)$$

ფუნქციებია, რომელნიც მიიღებიან, შესაბამისად, (1.1) და (1.2) სისტემების ორტონორმალისაციით  $V$ -ში (1.3) ნორმით.

გარდა ამისა, ამ პარაგრაფში ვიგულისხმებთ, რომ არე  $V$  აკმაყოფილებს პირობებს

$$a) \quad S = \sum_{i=0}^{\infty} S_i \quad \text{და} \quad b) \quad \text{ყოველი } V\text{-ში რეგულირებული ამოხსნა:}$$

$$u(P) = u(x, y, z)$$

$\Delta^2 u = 0$  განტოლებისა ( $\Delta$  ლაპლასის ოპერატორია), რომელიც აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობებს

$$u(P) = u'_x(P) = u'_y(P) = u'_z(P) = 0 \quad (1.6)$$

იგივერად ტოლია ნულისა მოცემულ არეში<sup>(2)</sup>.

თეორემა 1. თუ არე  $V$  აკმაყოფილებს  $a$  და  $b$  პირობებს, მაშინ ყოველი ფუნქცია  $u(P) \in \mathfrak{M}$  გაიშლება  $V$ -ში (1.4) ფუნქციების საშუალოდ კრებად ფურიეს მწკრივად, ამასთან კრებადობა თანაბარია მოცემული არის ნებისმიერ ჩაკეტილ ქვესიმრავლეზე.

თეორემის მეორე ნახევრის სამართლიანობა ცხადია. პირველი ნახევრის დასამტკიცებლად განვიხილოთ ფუნქცია:

<sup>(1)</sup> შევნიშნავთ, რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც  $V$  ვარსკვლავისებრი არეა, როგორც ეს ადვილი საჩვენებელია,  $\mathfrak{M}$  სიმრავლე ემთხვევა  $V$ -ში კვადრატჯამებად ჰარმონიულ ფუნქციათა სიმრავლეს.

<sup>(2)</sup> პირობა  $a$ , როგორც ეს ადვილი შესამჩნევია, აუცილებელია, ხოლო რაც შეეხება  $b$  პირობას, ის ყოველთვის შესრულებულია სასრულოდ ბმული არეებისათვის გლუვი საზღვრებით.

$$F(p) = \iiint_V \frac{u(M)}{MP} dV_M, \quad (1.7)$$

სადაც  $u(p) \in \mathfrak{M}$  აკმაყოფილებს პირობებს

$$\left. \begin{aligned} \max_{p \in V} |u(P)| &< \text{const.} \\ \iiint_V u(P) V_n(P) dV &= 0, \quad (n=0, 1, \dots). \end{aligned} \right\} \quad (1.8)$$

როგორც ცნობილია [6], (1.7) ფუნქცია  $x, y, z$  ცვლადების მიმართ უწყვეტად დიფერენცირებადია მთელს სივრცეში, ხოლო  $V$  არეში აკმაყოფილებს პირობებს

$$\left. \begin{aligned} \Delta F(P) &= u(p), \quad (P \in V), \\ \Delta^2 F(P) &= 0 \quad (P \in V). \end{aligned} \right\} \quad (1.9)$$

გავშალოთ  $F(p)$  ხარისხოვან მწკრივად ყოველი  $p_i \in V_i$  წერტილის მახლობლობაში. მაშინ, თუ მხედველობაში მივიღებთ (1.8) ტოლობებს, ანალიზური გაგრძელების ერთადერთობის თანახმად ადვილად დავასკვნით, რომ  $S$  საზღვარზე დაცულია პირობები

$$F(P) = F_x'(P) = F_y'(P) = F_z'(P) = 0, \quad (p \in S).$$

აქედან, თუ მხედველობაში მივიღებთ (1.9) ტოლობებს, უშუალოდ გამოძინარეობს:  $u(P) \equiv 0, P \in V$ . ამრიგად, დამტკიცებულია, რომ (1.1) სისტემა ჩაკეტილია  $V$ -ში შემოსაზღვრულ ჰარმონიულ ფუნქციათა კლასში, მაშასადამე, შემოსაზღვრულ ჰარმონიულ ფუნქციათა ყველგან მკვრივობის გამო  $\mathfrak{M}$ -ში, აქედან გამომდინარეობს (1.1) სისტემის ჩაკეტილობა  $\mathfrak{M}$ -შიც, რაც ტოლფასია ფორმულირებული დებულების მტკიცებისა.

იმ შემთხვევისათვის; როდესაც  $V$  მარტივადმული არეა, ზემოთ დამტკიცებული თეორემიდან გამომდინარეობს

თეორემა 2. თუ  $V$  მარტივადმული არეა და აკმაყოფილებს  $a$  და  $b$  პირობებს, მაშინ ყოველი  $u(P) \in \mathfrak{M}$  გაიშლება  $V$ -ში (1.5) ფუნქციების საშუალოდ კრებად ფურიეს მწკრივებად. ამასთან, კრებადობა თანაბარია მოცემული არის ნებისმიერ ჩაკეტილ ქვესიმრავლეზე.

მართლაც, ვთქვათ,  $P_0$  ნებისმიერად ფიქსირებული წერტილია რაიმე  $k$  სფეროს გარეთ, ცენტრით კოორდინატთა სათავეში, რომელიც მკაცრად შეიცავს თავის შიგნით  $V$ -ს. ცხადია, თეორემა 1-ის საფუძველზე, სისტემა ფუნქციებისა:

$$r_0^{-n-1} P_n^m(\cos \theta_0) \begin{matrix} \cos m \varphi_0 \\ \sin m \varphi_0 \end{matrix}, \quad (m \leq n, n = 0, 1, 2, \dots), \quad (1.10)$$

სრულია  $V$ -ში. მაგრამ ყოველი (1.10) რეგულარული ჰარმონიული ფუნქციაა  $k$ -ში. მაშასადამე, ამ სფეროს შიგნით ის გაიშლება (1.2) ფუნქციების თანაბრად კრებად მწკრივებად, რაც სავსებით ამტკიცებს დებულებას.

შეენიშნავთ, რომ ზემოთ ფორმულირებული დებულებები, რომელნიც ანალოგს წარმოადგენენ მარკუშევიჩის თეორემისას (იხ. მაგ. [7]), ფუნქციათა თეორიიდან (ჩვეულებრივ,  $\chi$  კომპლექსური ცვლადის პოლინომთა სისრულის შესახებ), გარკვეული აზრით, აზოგადებენ ცნობილ [1, 2, 4] დებულებებს: ნებისმიერ სასრულო ბმულ არეში ჰარმონიული ფუნქციის, ამ არის შიგნით თანაბარი აპროქსიმაციის შესაძლებლობის შესახებ (1.1) და (1.2) ფუნქციათა წრფივი კომბინაციებით.

§ 2. ამ პარაგრაფში განვიხილავთ შემთხვევას, როდესაც  $V$  ნებისმიერი შემოსაზღვრული კონტინუუმი, რომლის შიგა წერტილთა სიმრავლეს აღვნიშნავთ  $G$ -თი, ხოლო  $u(P) - V$ -ზე უწყვეტი და  $G$ -ში ჰარმონიული ფუნქციაა.

ვთქვათ,  $V$ -სათვის არსებობს მიმდევრობა სასრულოდბმულ  $V_n$  არეთა, გლუვი საზღვრებით  $S_n$  ( $n = 0, 1, \dots$ ), რომელთათვისაც გვაქვს

$$\left. \begin{aligned} V \in V_{n+1} \in V_n \quad (n = 0, 1, \dots), \\ \lim_{n \rightarrow \infty} \text{mes}(V_n - G) = 0. \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

ვიტყვი, რომ ფუნქცია  $u = u(P)$   $V$ -ზე ეკუთვნის  $\mathfrak{M}^*$  კლასს, თუ არსებობს მიმდევრობა:  $f_n(P)$  ( $n = 0, 1, \dots$ ) ორჯერ უწყვეტად დიფერენცირებადი ფუნქციებისა, რომელნიც შესაბამისად განსაზღვრულნი არიან  $V_n$ -ზე ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) და აკმაყოფილებს პირობებს

$$\lim_{n \rightarrow \infty} |f_n(P) - u(P)| = 0, \quad (2.2)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \iiint_{V_n} \frac{\Delta f_n(M)}{MP} dV_M = 0, \quad (2.3)$$

თანაბრად  $p \in V$ -ს მიმართ.

**ლემა 3.** ფუნქციათა (1.1) სისტემა, თანაბრად კრებადობის აზრით, სრულია ფუნქციათა  $\mathfrak{M}^*$  კლასში.

მართლაც, ვთქვათ,  $u(P) \in \mathfrak{M}^*$ , მაშინ ყოველი ფუნქცია  $f_n(P)$  ( $n = 0, 1, \dots$ ) შესაბამისი მიმდევრობიდან შეიძლება შემდგენაირად წარმოვადგინოთ [6]:

$$\begin{aligned} f_n(P) = & -\frac{1}{4\pi} \iiint_{V_n} \frac{\Delta f_n(M)}{MP} dV_M + \frac{1}{4\pi} \iint_{S_n} \frac{1}{MP} \frac{\partial}{\partial \nu} f_n(M) dS_M \\ & - \frac{1}{4\pi} \iint_{S_n} f_n(M) \frac{\partial}{\partial \nu} \frac{1}{MP} dS_M, \end{aligned} \quad (2.4)$$

სადაც  $\nu - S_m$  ფართეულის ნორმალია. ვინაიდან (2.4) ტოლობის პირველი წევრი  $p$  მიმართ ( $p \in V$ ) თანაბრად მიისწრაფვის ნულისაკენ, როცა  $n \rightarrow \infty$ , დანარჩენი კი რეგულარულ ჰარმონიულ ფუნქციებს წარმოადგენენ  $V_m$  არეში, ამიტომ, თეორემა 1-ის საფუძველზე, უშუალოდ ვღებულობთ ფორმულირებული ლემის სამართლიანობას.

თეორემა 3. თუ  $V$  არსად მკვრივი კონტინიუმიია, რომლისთვისაც არსებობს  $V_n$  ( $n = 0, 1, \dots$ ) არეთა მიმდევრობა, რომელიც აკმაყოფილებს (2.1) პირობებს, მაშინ ფუნქციათა (1.1) სისტემა, თანაბრად კრებადობის აზრით, სრულია  $V$ -ზე უწყვეტ ფუნქციათა კლასში.

მართლაც, ვთქვათ,  $R_m(p)$  ( $m = 0, 1, \dots$ )  $x, y, z$  ცვლადების მიმართ რაციონალური მრავალწევრების მიმდევრობაა, რომელიც  $V$ -ზე თანაბრად იკრიბება მოცემული უწყვეტი ფუნქციისაკენ. ცხადია,  $V_n$  ( $n = 0, 1, \dots$ ) არეთა მიმდევრობიდან ყოველთვის შეიძლება გამოიყოს ისეთი ქვემიმდევრობა  $V_m$  ( $m = 0, 1, \dots$ ), რომ მიმდევრობა  $R_m(p)$  ( $m = 0, 1, \dots, p \in V_m$ ) აკმაყოფილებდეს ლემის პირობებს, რაც სავსებით ამტკიცებს თეორემას.

[2]-ში დამტკიცებულია, რომ სისტემა (1.2), თანაბარი კრებადობის აზრით, სრულია უწყვეტ ფუნქციათა კლასში, რომელნიც განსაზღვრულნი არიან ბრტყელი წრის გომეომორფულ ჟორდანის  $S$  ფართეულზე, ან ნებისმიერ, სივრცის არაგამყოფ, ნულზომის სიმრავლეზე. დამტკიცებული თეორემა 3 ამ დებულებების განზოგადებას წარმოადგენს, ვინაიდან იმ შემთხვევაში, როდესაც  $V$  არ ყოფს სივრცეს, თეორემა 3-ის ფორმულირებაში (1.1) სისტემა, ცხადია, შეიძლება შეიცვალოს (1.2) სისტემით.

თუ  $V = \overline{G}$  და  $V$ -სათვის დირიხლეს ამოცანა მდგრადია, მაშინ არსებობა  $f_n(p)$  ( $n = 0, 1, \dots$ ) მიმდევრობისა, რომელიც აკმაყოფილებს ლემის პირობებს, ნებისმიერ  $V$ -ზე უწყვეტი და  $G$ -ში ჰარმონიული ფუნქციისათვის, ცხადია, მაშასადამე, მიიღება ცნობილი [4] დებულება: (1.2) სისტემის,  $V$ -ზე უწყვეტ და  $G$ -ში ჰარმონიულ ფუნქციათა კლასში თანაბარი კრებადობის აზრით სისრულის შესახებ.

ვიხილავთ რა ახლა ზოგად შემთხვევას, აღვნიშნავთ  $\Gamma_n(P, M)$ -ით დირიხლეს ამოცანის შესაბამის გრინის ფუნქციას  $V_n$  არეთათვის შესაბამისად ( $n = 0, 1, \dots$ ), რომელთაც, როგორც ცნობილია, აქვთ სახე:

$$\Gamma_n(P, M) = \frac{\alpha}{PM} + W_n(P, M), \quad (n = 0, 1, \dots). \quad (2.5)$$

სადაც  $\alpha$  აბსოლუტური მუდმივია, ხოლო

$$W_n(P, M) \quad (n = 0, 1, \dots)$$

ყოველი ფიქსირებული  $P \in V_n$ -სათვის,  $M = M(x, y, z)$ -ის მიმართ წარმოადგენს რეგულირებულ ამოხსნას  $\Delta W = 0$  განტოლებისას, რომელიც აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობას:



$$W_n(P, M) = \frac{-\alpha}{PM}, \quad (M \in S_n, P \in V_n, n=0, 1, \dots). \quad (2.6)$$

ვთქვათ,

$$K_n(P, V) = \iiint_{V_n} W_n(P, M) R(M) dV_M, \quad (2.7)$$

სადაც  $R(M) = R(x, y, z)$  ნებისმიერი მთელი რაციონალური ფუნქციაა  $x, y, z$  ცვალებადისა.

ვიტყვიან, რომ ფუნქციითა მიმდევრობა  $K_n(P, V)$  ( $n=0, 1, \dots$ ) აკმაყოფილებს ლიფშიცის პირობას, თუ ადგილი აქვს უტოლობებს

$$|K_n(P_1, V) - K_n(P_2, V)| \leq C \overline{P_1 P_2}, \quad (P_1, P_2 \in V, n=0, 1, \dots), \quad (2.8)$$

სადაც  $C$  ზღვრულია, დამოუკიდებელი  $P_1, P_2 \in V$  და  $n$ -საგან

$$(n=0, 1, 2, \dots).$$

თეორემა 4. თუ  $V$  სიმრავლისათვის არსებობს  $V_n$  ( $n=0, 1, \dots$ ) არეთა მიმდევრობა, რომლისთვისაც დაცულია (2.1) პირობები და შესაბამისი  $K_n(P, V)$  ( $n=0, 1, \dots$ ) ფუნქციითა მიმდევრობა აკმაყოფილებს ლიფშიცის პირობას, მაშინ სისტემა (1.1) სრულია, თანაბარი კრებადობის აზრით,  $V$ -ზე უწყვეტი და  $G$ -ში ჰარმონიულ ფუნქციითა კლასში<sup>1</sup>.

მართლაც, ვთქვათ,  $R_n(P)$  ( $n=0, 1, \dots$ ) მიმდევრობაა მთელი რაციონალური ფუნქციებისა, რომელნიც  $V$ -ზე თანაბრად იკრებებიან განსახილველი  $f = f(P)$  ფუნქციისაკენ. განვიხილოთ მიმდევრობა

$$f_{nm}(P) = R_n(b) + \iiint_{V_m} \Gamma_m(P, M) \Delta R_n(M) dV_M \quad (n, m=0, 1, \dots). \quad (2.9)$$

ცხადია, (2.9) ფუნქციები ჰარმონიულია  $V_m$  ( $m=0, 1, \dots$ ) არეებში შესაბამისად და, მაშასადამე, მათთვის (2.3) პირობები დაცულია ტრივიალურად. რაც შეეხება (2.2) პირობებს, (2.9) მიმდევრობიდან ადვილად შეიძ-

<sup>1</sup> გეომეტრიული დახასიათება სიმრავლეებისა, რომელნიც თეორემაში მოთხოვნილ პირობებს აკმაყოფილებენ, ჩვენ მიერ ცალკე იქნება მოცემული ფუნქციების (1.1) და (1.2) სისტემების წრფივი კომბინაციებით საუკეთესოდ მიახლოების საკითხის განხილვასთან დაკავშირებით. აქვე შევნიშნავთ, რომ (2.8) პირობა შეიძლება შეიცვალოს (2.7) ფუნქციითა თანაბარარისხვნად უწყვეტობით, რაც უზრუნველყოფს ამ სისტემის ნორმალურობას მისი თანაბარარისხვნად შემოსაზღვრულობის სიცხადის გამო.



ლება გამოიყოს ისეთი ქვემიმდევრობა, რომლისათვისაც (2.2) პირობების სარტლიანობა, თუ გავითვალისწინებთ

$$\iiint_{V_m} \Gamma_m(P, M) \Delta R_m(M) dV_M = 0 \quad (p \in S_m, m, n = 0, 1, \dots)$$

ტოლობებს და მარტივი ფენის მოცულობითი პოტენციალის ცნობილ [6] თვისებებს, უშუალოდ მოწმდება, რაც სავსებით ამტკიცებს დებულებას.

ვთქვათ, ახლა  $E$  შემოსაზღვრული არსად მკვრივი კონტინიუმი, რომელიც სივრცეს ყოფს  $G_0, G_1, \dots, G_n, \dots$ , მარტივად მდებარეობს, სადაც  $G_0$  არეა, რომელიც შეიცავს უსასრულოდ დაშორებულ წერტილს. როგორც შედეგს ზემოთ დამტკიცებული დებულებისა, ვღებულობთ

თეორემა 5. ვთქვათ,  $G_i (i = 0, 1, \dots)$  ჩაკეტილ არეებს არა აქვთ საერთო საზღვრითი კონტინიუმი, გარდა იზოლირებული წერტილებისა, და, ვთქვათ, მათთვის დირიხლეს ამოცანა ამოხსნადია. მაშინ, თუ სიმრავლე

$$V = E + \sum_{i=1}^{\infty} G_i$$

აკმაყოფილებს თეორემა 4-ის პირობებს, სისტემა (1.2) სრულია, თანაბარი კრებადობის აზრით,  $E$ -ზე უწყვეტ ფუნქციათა კლასში.

შენიშვნაში დამტკიცებული თეორემებიდან, თუ მხედველობაში მივიღებთ ყველგან მკვრივობას  $S$  ფართად ზედაპირზე განსაზღვრულ უწყვეტ ფუნქციათა სიმრავლისას შესაბამის  $L_2(S)$  სივრცეში, უშუალოდ მიიღება დებულებები, რომლებიც შეეხება (1.1) და (1.2) სისტემების საშუალოდ სისრულის საკითხს  $L_2(S)$ -ში. ეს დებულებები აზოგადებენ შესაბამის თეორემებს [3] და [4] შრომებისას.

დასასრულ შევნიშნავთ, რომ ყოველივე ზემოთ გადმოცემული ადვილად გადაიტანება როგორც ნებისმიერ სასრულო განზომილების შემთხვევაზე, ისე უფრო ზოგადი ელიფსური ტიპის დიფერენციალური განტოლებებისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 31.7.1956)

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. S. Bergman. Über die Entwicklung der harmonischen Funktionen der Ebene und des Raumes nach Orthogonalfunctionen. Mathem. Annalen 86, 1922.
2. M. Keldych, et M. Laurentieff. Sur les suites convergentes de polynomes harmoniques. Труды Тбил. Матем. Ин-та, 1, 163, 1937.
3. G. Frichera. Teoremi di competeza sulla frontiera di un dominio per taluni sistemi di funzioni. Annali di unrtematicca paraed aplicada t. XXVIII, Sure 4, 1948.
4. И. Н. Векуа. О полноте системы гармонических полиномов в пространстве. ДАН СССР, т. ХС, № 4, 1953.
5. Е. Г. Гольштейн. О наилучших приближениях гармонических функций гармоническими полиномами. ДАН СССР, т. 101, № 1, 1955.
6. F. Курант, Д. Гильберт. Методы Математической физики. т. II, М.—Л., 1951.
7. С. Н. Мергелян. О полноте систем аналитических функций УНН, т. VIII, вып. 4 (56), 1953.

მეცნიერება

ა. მიქელაძე

## ანიზოტროპული გარსების მინიმალური წონის შესახებ

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 1.2.1957)

§ 1. ამოცანის დასმა. თანამედროვე მანქანებისა და ნაგებობათა დაგეგმარების დროს ინჟინერთა მეცადინეობა იქითკენაა მიმართული, რომ მათ მიერ ჩაფიქრებული კონსტრუქციები გამოირჩეოდნენ მაქსიმალური სიმტკიცითა და სიმჩატიტ. ამასთან დაკავშირებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მინიმალური წონის პრობლემას. ახლახან გამოქვეყნებული შრომები [1, 2, 3, 4, 5] მოწმობს როგორც ინტერესზე ხსენებული პრობლემის მიმართ, ასევე შესაძლებლობაზე მისი წარმატებით გადაწყვეტისა, თუნდაც ცალკეული კერძო შემთხვევებისათვის.

წარმოდგენილი ნაშრომი ერთგვარი ცდაა ანიზოტროპული ფირფიტებისა და გარსების მინიმალური წონის საკითხის გამოკვლევისა პლასტიკურ-ხისტი გარსების ზოგადი თეორიის თვალსაზრისით [6].

ფირფიტებისა და გარსების რღვევის პლასტიკურ-ხისტი სქემიდან გამომდინარე, მინიმალური წონის კონსტრუქციად მივიჩნევთ ისეთს, რომლის მასალაც მოცემული დატვირთვის ქმედების შედეგად იწყებს დინებას ერთდროულად და ერთობლივად. სხვანაირად რომ ვთქვათ, მინიმალური წონის კონსტრუქციაში სრულიად გამორიცხულია შესაძლებლობა ცალკეული ხისტი არეების შენარჩუნებისა, რაც მოწმობს მასალის გამოუყენებელი ნაწილის არსებობაზე, ანუ, რაც არსებითად იგივეა, წონის გაუზარტლებელ სიჭარბეზე.

ამგვარად, მინიმალური წონის კონსტრუქციის დაგეგმარება მოითხოვს სისქის ცვლის განხორციელებას ისეთი „ოპტიმალური“ კანონის მიხედვით, რომლის დროსაც მოცემული დატვირთვა მყისად გადაიყვანს დენადობის მდგომარეობაში მთელ კონსტრუქციას.

§ 2. მინიმალური წონის გარსის რღვევის მექანიზმის შესახებ. შრომაში [6] ჩატარებულია პლასტიკურ-ხისტი ანიზოტროპული გარსების ზოგადი გამოკვლევა იდეალური სამფენოვანი მოდელის დახმარებით. თანახმად ამ გამოკვლევისა, ზღვრული ზედაპირის განტოლება და გარსის მასალის დენადობის კანონი შესაბამისად ასე გამოიყურებიან<sup>1</sup>:

<sup>1</sup> როგორც ფორმულაში (2.1), ასევე მომდევნო გამონაგარიშებებში, შესაბამისად ადრევე მიღებული [6] დაშვებია:  $H \gg \Delta$ , შეფარდება  $\Delta/H$  უკუგდებულა ერთთან შედარებით.



$$F(T_x, T_y, T_{xy}, M_x, M_y, M_{xy}) = \frac{I}{4\Delta^2} \left[ \frac{T_x^2}{\sigma_{sx}^2} - \frac{T_x T_y}{\sigma_{sx} \sigma_{sy}} + \frac{T_y^2}{\sigma_{sy}^2} + \frac{T_{xy}^2}{\tau_{sxy}^2} \right] + \frac{I}{(\Delta H)^2} \left[ \frac{M_x^2}{\sigma_{sx}^2} - \frac{M_x M_y}{\sigma_{sx} \sigma_{sy}} + \frac{M_y^2}{\sigma_{sy}^2} + \frac{M_{xy}^2}{\tau_{sxy}^2} \right] = 1, \quad (2.1)$$

$$\frac{\varepsilon_x}{\frac{\partial F}{\partial T_x}} = \frac{\varepsilon_y}{\frac{\partial F}{\partial T_y}} = \frac{\varepsilon_{xy}}{\frac{\partial F}{\partial T_{xy}}} = \frac{\varkappa_x}{\frac{\partial F}{\partial M_x}} = \frac{\varkappa_y}{\frac{\partial F}{\partial M_y}} = \frac{\varkappa_{xy}}{\frac{\partial F}{\partial M_{xy}}} = 2\Delta\lambda, \quad (2.2)$$

სადაც  $T_x, T_y, T_{xy}, M_x, M_y, M_{xy}$  აღნიშნავენ ძალებსა და მომენტებს,  $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_{xy}, \varkappa_x, \varkappa_y, \varkappa_{xy}$  — შუა ზედაპირის პლასტიკური დინების სიჩქარის ვექტორის კომპონენტებს,  $\sigma_{sx}, \sigma_{sy}, \tau_{sxy}$  — დენადობის ზღვართა მნიშვნელობებს,  $\Delta$  და  $H$  — მუშა ფენებისა და შევსების სისქეს, ხოლო  $\lambda$  — პლასტიკურობის კოეფიციენტი. თანახმად მინიმალური წონის გარსის მიღებული განსაზღვრისა, პლასტიკურობის კოეფიციენტი  $\lambda$  არაა დამოკიდებული  $x$  და  $y$  კოორდინატებზე. ამ ფაქტის საფუძველზე ფორმულა (3.2) შრომისა [6] გვაძლევს დამოკიდებულებას:

$$\frac{D}{2\Delta} = \text{const.} \quad (2.3)$$

სადაც  $D$  შუა ზედაპირის ფართობის ერთეულზე მოსული მექანიკური ენერჯის დისიპაციის სიჩქარეა. (2.3) დამოკიდებულების საფუძველზე ვასკნით, რომ მინიმალური წონის გარსის რღვევის მექანიზმის დამახასიათებელი თვისებაა მუშა ფენების მოცულობის ერთეულში მოქცეული ენერჯის დისიპაციის სიჩქარის მუდმივობა.

უნდა აღინიშნოს, რომ რღვევის მექანიზმის დადგენილი თვისება გამოვლინებულია შრომაში [5] მხოლოდ კერძო ამოცანისათვის, როცა იზოტროპული, წრიული დისკო ღერძის მიმართ სიმეტრიულად იღუნება თანაბრად განაწილებული დატვირთვის ქმედებით. მტკიცების გზა, გამოყენებული ხსენებულ შრომაში, ემყარება არა მოვლენათა ფიზიკის ანალიზს, არამედ ვარიაციათა აღრიცხვის კლასიკურ ხერხებს.

§ 3. გადამწყვეტი სისტემა სისქის ცვლის ოპტიმალური კანონის (ოპტიმალური სისქის) განსაზღვრისათვის. წონისწილობის განტოლებებსა და გარსის შუა ზედაპირის დეფორმაციათა სიჩქარეების უწყვეტობის პირობებს შესაბამისად აქვთ სახე [7, 8]:

$$\frac{I}{A_1 A_2} \left[ \frac{\partial A_2 T_x}{\partial \alpha_x} + \frac{\partial A_1 T_{xy}}{\partial \alpha_y} + \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_y} T_{xy} - \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_x} T_y \right] + \frac{Q_x}{R_x} + q_x = 0,$$

$$\frac{I}{A_1 A_2} \left[ \frac{\partial A_2 T_{xy}}{\partial \alpha_x} + \frac{A_1 T_y}{\partial \alpha_y} + \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_x} T_{xy} - \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_y} T_x \right] + \frac{Q_y}{R_y} + q_y = 0,$$

$$\frac{1}{A_1 A_2} \left[ \frac{\partial A_2 Q_x}{\partial \alpha_x} + \frac{\partial A_1 Q_y}{\partial \alpha_y} \right] - \frac{T_x}{R_x} - \frac{T_y}{R_y} + q_n = 0, \quad (3.1)$$

$$\frac{1}{A_1 A_2} \left[ \frac{\partial A_2 M_x}{\partial \alpha_x} + \frac{\partial A_1 M_{xy}}{\partial \alpha_y} + \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_y} M_{xy} - \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_x} M_y \right] - Q_x = 0,$$

$$\frac{1}{A_1 A_2} \left[ \frac{\partial A_2 M_{xy}}{\partial \alpha_x} + \frac{\partial A_1 M_y}{\partial \alpha_y} + \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_x} M_{xy} - \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_y} M_x \right] - Q_y = 0,$$

$$A_2 \frac{\partial \kappa_y}{\partial \alpha_x} + \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_x} (\kappa_y - \kappa_x) - \frac{A_1}{2} \frac{\partial \kappa_{xy}}{\partial \alpha_y} - \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_y} \kappa_{xy} + \frac{1}{R_y} \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_y} \varepsilon_{xy} + \frac{1}{R_x} \left[ A_1 \frac{\partial \varepsilon_{xy}}{\partial \alpha_y} + \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_y} \varepsilon_{xy} - A_2 \frac{\partial \varepsilon_y}{\partial \alpha_x} - \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_x} (\varepsilon_y - \varepsilon_x) \right] = 0,$$

$$A_1 \frac{\partial \kappa_x}{\partial \alpha_y} + \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_y} (\kappa_x - \kappa_y) - \frac{A_2}{2} \frac{\partial \kappa_{xy}}{\partial \alpha_x} - \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_x} \kappa_{xy} + \frac{1}{R_x} \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_x} \varepsilon_{xy} + \frac{1}{R_y} \left[ A_2 \frac{\partial \varepsilon_{xy}}{\partial \alpha_x} + \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_x} \varepsilon_{xy} - A_1 \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial \alpha_y} - \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_y} (\varepsilon_x - \varepsilon_y) \right] = 0, \quad (3.2)$$

$$\frac{\kappa_x}{R_y} + \frac{\kappa_y}{R_x} + \frac{1}{A_1 A_2} \left\{ \frac{\partial}{\partial \alpha_x} \frac{1}{A_1} \left[ A_2 \frac{\partial \varepsilon_y}{\partial \alpha_x} + \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_x} (\varepsilon_y - \varepsilon_x) - \frac{A_1}{2} \frac{\partial \varepsilon_{xy}}{\partial \alpha_y} - \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_y} \varepsilon_{xy} \right] + \frac{\partial}{\partial \alpha_y} \frac{1}{A_2} \left[ A_1 \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial \alpha_y} + \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_y} (\varepsilon_x - \varepsilon_y) - \frac{A_2}{2} \frac{\partial \varepsilon_{xy}}{\partial \alpha_x} - \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_x} \varepsilon_{xy} \right] \right\} = 0,$$

სადაც  $A_1$  და  $A_2$  აღნიშნავენ ლამეს პარამეტრებს,  $\alpha_x$  და  $\alpha_y$  — საკოორდინატო წირებს,  $R_x$  და  $R_y$  — სიმრუდის რადიუსებს,  $Q_x$  და  $Q_y$  — გადაძვრელ ძალებს, ხოლო  $q_x$ ,  $q_y$ ,  $q_n$  — მომქმედი დატვირთვის მოცემულ კომპონენტებს.

ახლა გარსის შუა ზედაპირის დეფორმაციათა სიჩქარეების უწყვეტობის განტოლებებში (3.2) შევიტანოთ  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$ ,  $\varepsilon_{xy}$ ,  $\kappa_x$ ,  $\kappa_y$ ,  $\kappa_{xy}$  გამოხატულებანი თანახმად დენადობის (2.2) კანონისა, სადაც მიღებულია  $\lambda = \text{const}$ . მაშინ დენადობის პირობა (2.1) და წონასწორობის განტოლებანი (3.1) უწყვეტობის (3.2) განტოლებებთან ერთად შეადგენენ განტოლებათა ცხრაუცნობიან სისტემას უცნობი ცხრა სიდიდის:  $\Delta$ ,  $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_{xy}$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_{xy}$ ,  $Q_x$  და  $Q_y$ -ის განსაზღვრისათვის

ნათქვამის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ უმარტივესი შემთხვევა თავისუფლად დაყრდნობილი, წრიული, იზოტროპული დისკოს ღუნვისა თანაბრად განაწილებული დატვირთვით. გადამწყვეტ სისტემას ასეთი სახე აქვს:

$$m_r^2 - m_r m_\theta + m_\theta^2 = 1, \quad m_r = \frac{M_r}{\Delta H \sigma_s}, \quad m_\theta = \frac{M_\theta}{\Delta H \sigma_s}$$

$$\frac{d}{dr} (m_r \Delta) + \frac{(m_r - m_\theta) \Delta}{r} = - \frac{qr}{2 \sigma_s H},$$

$$[r(2m_\theta - m_r)]' = 2m_r - m_\theta.$$

სისტემის ამონახსენი იქნება:

$$m_r = I, \quad m_\theta = I,$$

$$\Delta = \frac{qb^2}{4H\sigma_s} \left[ 1 - \left( \frac{r}{b} \right)^2 \right],$$

სადაც  $b$  დისკოს გარე კონტურის რადიუსია.

საყურადღებოა, რომ მოყვანილი შედეგი თანხვედრა შრომაში [5] მიღებულ შედეგს, თუმცა საამისოდ გამოყენებული გზები პრინციპულად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.

§ 4. მინიმალური წონის მქონე ფირფიტების შესახებ. თანახმად ნათქვამისა, ამოცანა ფირფიტის სისქის ცვლის ოპტიმალური კანონის დადგენის შესახებ, ნებისმიერი დატვირთვის ქმედებისა და კიდეთა ნებისმიერად დაყრდნობის შემთხვევაში, დაიყვანება ამოხსნაზე შემდეგი სისტემისა

$$\frac{1}{\sigma_{sx}} \frac{\partial}{\partial y} (2m_x - m_y) = \frac{2}{\tau_{sxy}} \frac{\partial}{\partial x} m_{xy},$$

$$\frac{1}{\sigma_{sy}} \frac{\partial}{\partial x} (2m_y - m_x) = \frac{2}{\tau_{sxy}} \frac{\partial}{\partial y} m_{xy}, \quad (4.1)$$

$$m_x^2 - m_x m_y + m_y^2 + m_{xy}^2 = I,$$

$$\sigma_{sx} \frac{\partial^2}{\partial x^2} (m_x \Delta) + 2 \tau_{sxy} \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} (m_{xy} \Delta) + \sigma_{sy} \frac{\partial^2}{\partial y^2} (m_y \Delta) = - \frac{q(x, y)}{H},$$

სადაც

$$m_x = \frac{M_x}{\Delta H \sigma_{sx}}, \quad m_y = \frac{M_y}{\Delta H \sigma_{sy}}, \quad m_{xy} = \frac{M_{xy}}{\Delta H \tau_{sxy}}.$$

გამოწერილი სისტემის პირველი ორი განტოლება გამოხატავს დეფორმაციათა სიჩქარეების უწყვეტობის პირობებს, ხოლო მესამე და მეოთხე განტოლებანი შესაბამისად წარმოადგენენ დენადობისა და წონასწორობის პირობებს.

თუ ფირფიტა თავისუფლად დაყრდნობილი მთელ კონტურზე, (4.1) სისტემის ამონახსენი შეიძლება ვეძიოთ ასეთი სახით:

$$m_{xy} = 0, \quad m_x = I, \quad m_y = I,$$

ხოლო ფირფიტის მუშა ფენების საძიებელი  $\Delta$  სისქე კი განვსაზღვროთ შემ-

დევი ელიფსური ტიპის განტოლებიდან

$$\sigma_{sx} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \Delta + \sigma_{sy} \frac{\partial^2}{\partial y^2} \Delta = - \frac{q(x, y)}{H},$$

სასაზღვრო პირობით:  $\Delta \equiv 0$  კონტურზე.

უკანასკნელი განტოლება აფინური გარდაქმნის საშუალებით ადვილად დაიყვანება პუასონის განტოლებაზე ახალი (გარდაქმნილი) არისათვის. ჩვენ არ შევჩერდებით ამ განტოლების ამოხსნის საკითხზე სხვადასხვა არეების (ელიფსური, მართკუთხა და სხვ.) შემთხვევაში. შესაბამისი ამონახსნები, როცა  $q = \text{const}$ , კარგადაა ცნობილი დრეკადი ანიზოტროპული ღეროების გრეხვის თეორიიდან [9]. ამოცანათა საკვლევი კლასისათვის სამართლიანია აგრეთვე პრანდტლის (კნობილი ანალოგია, იმ პირობით, რომ აპკი გადაჭიმულია უკვე ახალი არის კონტურზე [9, 10] (მხედველობაში გვაქვს არე, მიღებული თავდაპირველისაგან აფინური გარდაქმნის შედეგად).

აღსანიშნავია, რომ, როცა  $\sigma_{sx} = \sigma_{sy} = \sigma_x$  (იზოტროპული ფირფიტის შემთხვევაში),  $\Delta$ -ს განსაზღვრელი განტოლება ემთხვევა პრაგერისეულს [2]. ასეთი დამთხვევა მით უფრო მეტადაა საყურადღებო, რომ როგორც მსჯელობა, ასევე მასალის დენადობის პირობა, გამოყენებული ჩვენსა და პრაგერის მიერ, განსხვავდება ერთმანეთისაგან.

§ 5. მიღებული შედეგების ვარგისიანობა ჩვეულებრივი ერთფენოვანი გარსებისთვის. მიღებული შედეგები იდეალური სამფენოვანი კონსტრუქციის გარსებს ეხებოდა. საინტერესოა გამოკვლევა იმისა, თუ რამდენად შესაძლებელია ხსენებული შედეგების გავრცელება ჩვეულებრივ ერთფენოვან გარსებზე. როგორც აღრევე აღვნიშნავს [6, 11, 12], თანახმად პლასტიკურ-ხისტი გარსის მიღებული განმარტებისა, მასალის დენადობის პირობა შეიძლება ჩაიწეროს მხოლოდ ასეთი ინტეგრალური სახით:

$$\frac{1}{h} \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \left[ \left( \frac{X_x}{\sigma_{sx}} \right)^2 - \frac{X_x Y_y}{\sigma_{sx} \sigma_{sy}} + \left( \frac{Y_y}{\sigma_{sy}} \right)^2 + \left( \frac{X_y}{\tau_{sxy}} \right)^2 \right] dz = 1,$$

სადაც  $X_x, Y_y, X_y$  ძაბვის ტენზორის კომპონენტებია, ხოლო  $h$ —გარსის ცვლადი სისქე.

დამხმარე გამოანგარიშებათა მოყვანის გარეშე აღვნიშნავთ, რომ ზღვრული ზედაპირის განტოლება და გარსის მასალის დენადობის კანონი შესაბამისად ასე გამოიყურება:

$$F(T_x, T_y, T_{xy}, M_x, M_y, M_{xy}) = \frac{1}{h^2} \left[ \frac{T_x^2}{\sigma_{sx}^2} - \frac{T_x T_y}{\sigma_{sx} \sigma_{sy}} + \frac{T_y^2}{\sigma_{sy}^2} + \frac{T_{xy}^2}{\tau_{sxy}^2} \right] + \frac{12}{h^3} \left[ \frac{M_x^2}{\sigma_{sx}^2} - \frac{M_x M_y}{\sigma_{sx} \sigma_{sy}} + \frac{M_y^2}{\sigma_{sy}^2} + \frac{M_{xy}^2}{\tau_{sxy}^2} \right] = 1,$$



$$\frac{\varepsilon_x}{\frac{\partial F}{\partial T_x}} = \frac{\varepsilon_y}{\frac{\partial F}{\partial T_y}} = \frac{\varepsilon_{xy}}{\frac{\partial F}{\partial T_{xy}}} = \frac{\varkappa_x}{\frac{\partial F}{\partial M_x}} = \frac{\varkappa_y}{\frac{\partial F}{\partial M_y}} = \frac{\varkappa_{xy}}{\frac{\partial F}{\partial M_{xy}}} = \lambda h.$$

ერთხელ უკვე გამოყენებული [6] მსჯელობის დახმარებით მივიღებთ დამოკიდებულებას

$$D = 2 h \lambda,$$

სადაც

$$\lambda = \left[ \frac{I}{3} (\sigma_{sx}^2 \varepsilon_x^2 + \sigma_{sx} \sigma_{sy} \varepsilon_x \varepsilon_y + \sigma_{sy}^2 \varepsilon_y^2) + \frac{\tau_{sxy}^2 \varepsilon_x^2 \varepsilon_y^2}{4} + \frac{h^2}{36} (\sigma_{sx}^2 \varkappa_x^2 + \sigma_{sx} \sigma_{sy} \varkappa_x \varkappa_y + \sigma_{sy}^2 \varkappa_y^2) + \frac{\tau_{sxy}^2 h^2}{48} \varkappa_x^2 \varkappa_y^2 \right]^{1/2}.$$

მინიმალური წონის გარსის მიღებული განსაზღვრის თანახმად ვწერთ:

$$\frac{D}{h} = \text{const.} \quad (5.1)$$

(5.1) ფორმულის მექანიკური შინაარსის განმარტება სავესებით ისეთი-ვეა, როგორც მეორე პარაგრაფში მოყვანილი (2.3) ფორმულისა. მსგავსება იდეალურ სამფენოვანსა და ჩვეულებრივ გარსებს შორის მქლავნდება არა მარტო რღვევის მექანიზმში, არამედ გადამწყვეტი სისტემების სტრუქტურაშიც, თუმცა ეს უკანასკნელი ოდნავ უფრო რთულია ჩვეულებრივი გარსებისთვის.

§ 6. ამოცანის დასმა მასალის ოპტიმალური არაერთგვაროვნობის შესახებ. როგორც ცნობილია, დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის თავისებურებათა გამო გარსის მასალამ შეიძლება შეიძინოს არაერთგვაროვნობის თვისება. ეს თვისება შეიძლება იყოს თანდაყოლილიც, დამახასიათებელი მასალის ხელუხლებელი, უბიწო მდგომარეობისათვის. ამიტომ გამოკვლევა ამოცანისა მასალის ოპტიმალური არაერთგვაროვნობის შესახებ საინტერესოა როგორც მასალის მექანიკური თვისებების ცვლის ყველაზე უფრო მიზანშეწონილი კანონის შერჩევის თვალსაზრისით (იმ შემთხვევებში, როცა მეტნაკლებად შესაძლებელია არაერთგვაროვნობის მინიჭების პროცესის რეგულირება), ასევე უკვე არსებული არაერთგვაროვნობის ხელსაყრელიანობის შესაფასებლად. ჩვენ აღარ გავიმეორებთ ამოცანის დასმას, რომელიც არსებითად ისეთივე რჩება (§ 1), მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ამჯერად ცნობილია სისქე გარსისა, ხოლო საძიებელი მისი მასალის მექანიკური თვისებების ცვლის კანონია. შესაბამისი გადამწყვეტი სისტემა ანალოგიურია (3.1) და (3.2)-ისა, ხოლო სიმარტივით ჩამორჩება მას.

საყურადღებოა, რომ ამოცანა მასალის ოპტიმალური არაერთგვაროვნობის შესახებ შეიძლება დაისვას სქელკედლიანი გარსებისათვისაც.

ნათქვამის საილუსტრაციოდ მივმართოთ სათანადო მაგალითებს მოცემული თანახმარი შინაგანი  $P$  წნევის ქვეშ მოქცეული უსასრულოდ გრძელი

ცილინდრული მილისა და სფერული ჭურჭლის შესახებ. გადამწყვეტ სისტემას მილისათვის (კოორდინატთა ცილინდრულ სისტემაში) აქვს სახე

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0,$$

$$\frac{d}{dr} [r^2 (\sigma_r - \sigma_\theta)] = 0,$$

$$\sigma_\theta - \sigma_r = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_s,$$

სადაც  $\sigma_r$  და  $\sigma_\theta$  შესაბამისად აღნიშნავენ რადიალურსა და რგოლურ ნორმალურ ძაბვებს, ხოლო  $\sigma_s$  — დენადობის ზღვარს, რომლის ცვლის კანონიცაა საძიებელი.

სისტემის ამონახსენი იქნება

1307

$$\sigma_r = -\frac{a^2 P}{b^2 - a^2} \left[ \left( \frac{b}{r} \right)^2 - 1 \right],$$

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{3} a^2 b^2 P}{(b^2 - a^2) r^2},$$

$$\sigma_\theta = \frac{a^2 P}{b^2 - a^2} \left[ 3 \left( \frac{b}{r} \right)^2 - 1 \right],$$

სადაც  $a$  და  $b$  ცილინდრის შიგა და გარე გვერდითი ზედაპირების რადიუსებია.

ახლა გამოვწერთ (კოორდინატთა სფერულ სისტემაში) გადამწყვეტ სისტემასა და შესაბამის ამონახსენს სფერული ჭურჭლისათვის.

სისტემა [13]:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + 2 \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0,$$

$$\frac{d}{dr} [r^3 (\sigma_r - \sigma_\theta)] = 0,$$

$$\sigma_\theta - \sigma_r = \sigma_s;$$

ამონახსენი:

$$\sigma_r = -\frac{a^3 P}{b^3 - a^3} \left[ \left( \frac{b}{r} \right)^3 - 1 \right],$$

$$\sigma_s = \frac{3 a^3 b^3 P}{2 (b^3 - a^3) r^3},$$

$$\sigma_\theta = \frac{a^3 P}{b^3 - a^3} \left[ \frac{5}{2} \left( \frac{b}{r} \right)^3 - 1 \right].$$

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. რაზმაძის სახელობის

თბილისის მათემატიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 1.2.1957)

2. „მათემატიკა“, ტ. XIX, № 1, 1957







სადაც

$$\alpha^2 = \frac{2\mu\varepsilon}{h^2}, \quad K^2 = \frac{2\mu E}{h^2}, \quad \kappa^2 = \frac{2\mu(V_0 - \varepsilon)}{h^2}. \quad (3)$$

$\mu$  სისტემის დაყვანილი მასაა,  $\varepsilon$  განხილული ჯგუფის ბმის ენერგიაა აღებულ გულში,  $E$  კი სისტემის საბოლოო მდგომარეობის ენერგიაა;  $f_l(x)$  და  $K_l(x)$  ბესელის „სფერული“ ფუნქციებია,  $C_l$  ნორმირების კოეფიციენტია

$$C_l^2 = \frac{2\alpha^2}{(\kappa^2 + \alpha^2)R^3} |X_l|, \quad (4)$$

სადაც

$$X_l = - \frac{1}{f_{l-1}(\kappa R) f_{l+1}(\kappa R)}.$$

საბოლოო მდგომარეობისათვის შეგვიძლია ავიღოთ შრედინგერის განტოლების ამოხსნა კულონური ველისათვის

$$R_l = \frac{C_{lE}}{(2l+1)!} (2\kappa r)^l e^{i\kappa r} F(i\xi + l + 1, 2l + 2, -2i\kappa r), \quad (5)$$

სადაც

$$C_{lE} = \frac{\sqrt{\mu k}}{h} \frac{2\sqrt{\xi} \prod_{s=1}^l (s^2 + \xi^2)^{1/2}}{(e^{2\pi\xi} - 1)^{1/2}},$$

$$\xi = \frac{\kappa Z e^2}{h\nu}.$$

$\kappa$  არის გამოტყორცნილი ჯგუფის მუხტი, ხოლო  $Z$ —დარჩენილი გულისა.  $F(i\xi + l + 1, 2l + 2, -2i\kappa r)$  არის ჰიპერგეომეტრიული მწკრივი.

ამის შემდეგ დიპოლური და ქვადრუპოლური გადასვლის განივკვეთები შეიძლება ჩვეულებრივი წესით გამოითვალოს. ამისათვის დაგვიჭირდება  $(l|r^3|l \pm 1)$ ,  $(l|r^4|l)$ ,  $(l|r^4|l \pm 2)$  მატრიცული ელემენტების გამოთვლა. მაგალითად,  $(l|r^3|l+1)$ -თვის გვექნება

$$(l|r^3|l+1) = \frac{C_l C_{E, l+1} (2k)^{l+1}}{\alpha (2l+3)!} \sum_{\mu=0}^l \frac{(l+\mu)!}{\mu! (l-\mu)! (2\alpha)^\mu} J_{l+2+i\xi, 2l+4}^{l+3-\mu},$$

სადაც

$$J_{\alpha\beta} = \int_0^\infty \kappa^\nu e^{-\lambda\kappa} F(\alpha, \gamma, \kappa) d\kappa = \frac{\Gamma(\nu+1)}{\lambda^{\nu+1}} F\left(\alpha, \nu+1, \gamma, \frac{k}{\lambda}\right),$$

ხოლო  $l \rightarrow l+1$  გადასვლის ინტეგრალურ განივკვეთს შემდეგი სახე ექნება:

$$\sigma_{l+1}^2 = \frac{\pi}{6 \cdot 4^l} \frac{l+1}{2l+1} \left(\frac{l^2}{hc}\right) \left(\frac{h^2}{2\mu V_0}\right) \left(\frac{h^2}{2\mu R^2}\right)^{3/2} \frac{(h\omega - \varepsilon)^{3/2}}{(h\omega)^3} f_{l+1}^2,$$

სადაც  $l'$  ეფექტური მუხტია

$$f_{l+1}^l = \frac{\chi_l l^{4\xi \operatorname{arctg} \frac{k}{\alpha}} \left| \sum_{\nu=1}^l \frac{(l+\nu)! F_{\nu, l}}{\nu! (l-\nu)! K^{l+1} (2\alpha)^\nu} \right|^2}{[(l+2)^2 + \xi^2] \xi \prod_{s=1}^{l+2} (s^2 + \xi^2) (e^{2\pi\xi} - 1)}$$

და

$$F_{\nu, l} = \sum_{\rho=0}^{\left[ \frac{l-\nu+2}{2}, \frac{l-\nu+3}{2} \right]} \binom{\rho}{l-\mu+3} \prod_{t=l+1}^{l+1-\rho} (t^2 + \xi^2) \operatorname{Re} \times$$

$$\times \left\{ (\alpha - ik)^{\nu+\rho} (\alpha + ik)^{l+3-\rho} \prod_{s=0}^{l-\nu-\rho+2} (l-s+i\xi) \right\}$$

$$- \frac{(l-\nu+3)! (l+\nu-2) \dots (2l+1) (\alpha^2 + k^2)^3}{(2l+1)!} l^{-2\xi \operatorname{arctg} \frac{k}{\alpha}} \times$$

$$\times \sum_{\rho=0}^{\left[ \frac{l+\nu-4}{2}, \frac{l+\nu-2}{2} \right]} \binom{\rho}{l+\nu-3} \prod_{t=l+1}^{l+1-\rho} (t^2 + \xi^2) \operatorname{Re} \times$$

$$\times \left[ (\alpha + ik)^{l+\nu-\rho-3} (\alpha - ik)^\rho \prod_{s=1}^{l+\nu-\rho-4} (l-s-i\xi) \right].$$

ანალოგიურად დაიწერება სხვა გადასვლების შესაბამისი ფორმულებიც. ფორმულები მართვ სახეს იღებენ  $l=0$ ,  $l=1$  და  $l=2$ -თვის.

$$\sigma_0^l = \frac{8\pi}{9} \frac{e^{l^2}}{hc} \left( \frac{h^2}{2\mu V_0} \right) \left( \frac{h^2}{2\mu R^2} \right)^{3/2} \frac{(h\omega - \varepsilon)^{1/2}}{(h\omega)^3} f_1^0,$$

სადაც

$$f_1^0 = \chi_1 \frac{\xi e^{4\xi \operatorname{arctg} \sqrt{\gamma-1}}}{e^{2\pi\xi} - 1} \left\{ 2\xi + \frac{\gamma+2}{\sqrt{\gamma-1}} \right\}^2,$$

$$\gamma = \frac{h\omega}{\varepsilon}.$$

აქ  $h\omega$  დაცემული ქვანტის ენერგიაა. ასევე

$$\sigma_1^2 = \frac{64\pi}{15} \frac{e^{l^2}}{hc} \left( \frac{h^2}{2\mu V_0} \right) \left( \frac{h^2}{2\mu R^2} \right)^{3/2} \frac{(h\omega - \varepsilon)^{3/2}}{(h\omega)^3} f_1^2,$$



სადაც

იტყვით იხსენიება  $\gamma$  ეფექსი

$$f_1^2 = 4 \chi_0^2 \frac{e^4 \xi \operatorname{arctg} \sqrt{\gamma-1}}{\sqrt{\xi} \sqrt{\xi^2 + \epsilon^2}} \left\{ \frac{\xi}{2} + \frac{3 \xi^2 \epsilon^2 \gamma}{4 (\gamma-1)^{3/2}} + \frac{3 \xi}{8} \left( \frac{\gamma}{\gamma-1} \right) [\gamma (1 + \epsilon^2 \xi \operatorname{arctg} \sqrt{\gamma-1}) - 2] \right\}^2$$

ასევე

$$\sigma_0^2 = \frac{32 \pi}{15} \left( \frac{e^2}{hc} \right) \left( \frac{h^2}{2 \mu V_0} \right) \left( \frac{h^2}{2 \mu \epsilon R^2} \right)^{3/2} \left( \frac{\epsilon}{2 \mu c^2} \right) \frac{(\gamma-1)^{5/2}}{\gamma^3} \varphi_0^2$$

$$\varphi_0^2 = \chi_0^2 \frac{\xi (1 + \xi) (4 + \xi^2)}{(e^4 \pi \xi - 1)} \frac{[\xi + \epsilon^2 - 1 \quad \epsilon^2 + \epsilon^2 - 1]}{e^4 \xi \operatorname{arctg} \sqrt{\gamma-1}}$$

ცდებთან შედარების მიზნით საჭიროა შევადაროთ გულის რადიუსი-გულის რადიუსისათვის ვიღებთ  $R = 1,4 \cdot A^{1/3} \cdot 10^{-13}$  სმ. მაშინ პოტენციალური ორმოს სიღრმე (შეძობება) განისაზღვრავს (2) ფორმულიდან, მიღებული ფორმულები შეგვიძლია გამოვიყენოთ კონკრეტული რეაქციებისათვის. მაგალითად,  $Li^6 (\gamma, H^2) He^4$  რეაქციის შეიძლება გვექონდეს  $\sigma_0 \rightarrow 2$  ან  $\sigma_0 \rightarrow 1$  გადასვლა.  $h\omega = 2,76 \text{ Mev}$ -ისათვის ვღებულობთ  $\sigma_0^2 = 3,6 \cdot 10^{-30} \text{ სმ}^2$ , ხოლო  $\sigma_1^2 = 0,14 \cdot 10^{-30} \text{ სმ}^2$  ექსპერიმენტული მნიშვნელობა  $(4 \pm 4) \cdot 10^{-30} \text{ სმ}^2$  ახლოსაა ქვადრუპოლური გადასვლის განივკვეთთან.  $Li^7 (\gamma, H^3) He^4$  რეაქციისათვის გამოთვლები იძლევა  $h\omega = 7 \text{ Mev}$ -თვის  $\sigma = \sigma_0^2 + \sigma_1^2 = 0,3 \cdot 10^{-28} \text{ სმ}^2$ , ექსპერიმენტი კი იძლევა  $(2,65 \pm 0,8) \cdot 10^{-29} \text{ სმ}^2$ -ს. ასევე შეგვიძლია გამოვთვალოთ  $C^{12} (\gamma, He^4) Be^8$ ,  $O^{16} (\gamma, He^4) C^{12}$  და ა. შ. ამ რეაქციების შემთხვევაშიც ექსპერიმენტთან თანხმობა დამაკმაყოფილებელია.

ბოლოს მინდა ვისარგებლო შემთხვევით და შაღლობა გადავუხადო პროფ. ვ. მამასახლისოს თემის დამუშავების დროს ხელმძღვანელობისათვის. ექსპერიმენტული მნიშვნელობები სიბრტყის სიღრმის მიხედვით განსაზღვრულია. სტალინის სახელობის თეორიული ფიზიკის ინსტიტუტის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

$$\sigma_0^2 = \frac{e^4 (\xi - \epsilon^2)}{e^4 \pi \xi} \frac{(\xi + \epsilon^2 - 1)}{e^4 \xi \operatorname{arctg} \sqrt{\gamma-1}} \frac{(\xi + \epsilon^2 - 1)}{e^4 \xi \operatorname{arctg} \sqrt{\gamma-1}} \frac{\pi \xi}{2} = \sigma_0^2$$

დამოუკიდებელი ლიტერატურა

1. Г. А. Чилашвили, О структуре некоторых легких ядер. Сообщения АН ГССР, т. XVIII, № 3, 1957.
2. J. Dambrowski, J. Świątki. Simple Model of the  $Li^6$  Nucleus and the  $Li^6 (n, t) He^4$  Reaction. Phys. Rev. 97, 1955, 1002.
3. И. П. Вашакидзе и Г. А. Чилашвили. Фотоэлектрическое расщепление ядра  $Li^6$ . ЖЭТФ 26, 1954, 254.

დენის მიხედვით სიტყვით იხსენიება აქ  $\xi$

$$\sigma_0^2 = \frac{e^4 (\xi - \epsilon^2)}{e^4 \pi \xi} \frac{(\xi + \epsilon^2 - 1)}{e^4 \xi \operatorname{arctg} \sqrt{\gamma-1}} \left( \frac{\xi + \epsilon^2 - 1}{e^4 \xi \operatorname{arctg} \sqrt{\gamma-1}} \right) \frac{\pi \xi}{2} = \sigma_0^2$$





სადაც  $R$  ატომგულის რადიუსია. კულონური სპინ-ორბიტალური ურთიერთქმედება არ მიიღება მხედველობაში, რადგან ის მცირეა ატომგულურ სპინ-ორბიტალურ ურთიერთქმედებასთან შედარებით.

გამოთვლა წარმოებს ბორნის მიახლოებაში, სადაც გაბნევის ამპლიტუდა შემდეგნაირად გამოისახება:

$$f(\vartheta, \varphi) = -\frac{2M}{h^2} \frac{1}{4\pi} \int e^{-ik\vec{r}} V_{d,A}(\vec{r}) e^{ik_0\vec{r}} d\vec{r}. \quad (5)$$

აქ  $M$  დეიტონის მასაა,  $\vec{k}_0$  და  $\vec{k}$ —დეიტონის ტალღური ვექტორები გაბნევამდე და გაბნევის შემდეგ.

(5)-ის გამოთვლა გვაძლევს:

$$f(\vartheta, \varphi) = \frac{2M}{h^2} \frac{4\alpha}{q} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{q}{4\alpha} \{A(\vartheta) + iB(\vartheta) (\vec{S}\vec{n})\}, \quad (6)$$

სადაც

$$A(\vartheta) = \frac{2V_0}{q} \int_0^\infty j_1(qr) \frac{d\rho(r)}{dr} r^2 dr + \frac{Ze^2}{R} \left\{ -\frac{3}{2} \frac{1}{q^3} \sin qR \right. \\ \left. + \frac{3}{2} \frac{R}{q^2} \cos qR + \frac{3}{2} \frac{R^2}{q} \left( 1 + \frac{2}{(qR)^2} \right) j_1(qR) \right\},$$

$$B(\vartheta) = \frac{2V_1}{q} k^2 \sin \vartheta \int_0^\infty j_1(qr) \frac{d\rho(r)}{dr} r^2 dr;$$

აქ  $j_1(qr)$  ბესელის სფერული ფუნქციაა

$$q = 2k \sin \frac{\vartheta}{2},$$

$\vec{S}$ —დეიტონის სპინია და

$$\vec{n} = \frac{[\vec{k}\vec{k}_0]}{k^2 \sin \vartheta}.$$

პოლარიზაციისა და დიფერენციალური განივკვეთის გამოთვლისათვის ვისარგებლოთ სპინური სიმკვრივის მატრიცით [2]

$$\rho = \frac{1}{3} \sum_{jM} \langle T_{jM} \rangle T_{jM}^\dagger, \quad (7)$$

სადაც

$$T_{1, \pm 1} = \mp \frac{1}{2} \sqrt{3} (S_x \pm iS_y),$$

$$T_{1, 0} = \sqrt{\frac{3}{2}} S_x,$$

$$T_{2, \pm 2} = \frac{1}{2} \sqrt{3} (S_x \pm iS_y)^2,$$

$$T_{2, \pm 1} = \mp \frac{1}{2} \sqrt{3} \{(S_x \pm S_y) S_x + S_x (S_x \pm iS_y)\},$$

$$T_{2, 0} = \frac{1}{\sqrt{2}} (3 S_x^2 - 2).$$

გამოსახულება (7)-ის დახმარებით გაბნევის დიფერენციალური განივ-  
 კვეთი დაპოლარებული დეიტონებისათვის მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$I(\vartheta, \varphi) = \frac{1}{3} \sum_{jM} \langle T_{jM} \rangle S_p \{ f(\vartheta, \varphi) T_{jM^+} f^+(\vartheta, \varphi) \}. \quad (8)$$

ამ გამოსახულების გამოთვლა გვაძლევს

$$I(\vartheta, \varphi) = \left( \frac{2M}{h^2} \right)^2 \left( \frac{4\alpha}{q} \right)^2 \left( \arctg \frac{q}{4\alpha} \right)^2 \left\{ |A|^2 + \frac{2}{3} |B|^2 \right. \\
 + 2 \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{\frac{4\pi}{3}} I_m(AB^+) \sum_M \langle T_{1M} \rangle Y_{1M}^*(\vec{n}) \\
 \left. + \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{\frac{4\pi}{5}} |B|^2 \sum_M \langle T_{2M} \rangle Y_{2M}(\vec{n}) \right\}.$$

ეს გამოსახულება შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც არადაპოლარე-  
 ბული დეიტონების ატომგულეებზე ორმაგი დრეკადი გაბნევის ფორმულა, თუ  
 $\langle T_{1M} \rangle$ -ის და  $\langle T_{2M} \rangle$ -ის მაგივრად ჩავსვამთ დეიტონების პოლარიზაციის პირ-  
 ველი გაბნევისას.

თუ დეიტონი პირველი გაბნევის შემდეგ მოძრაობს  $\gamma$ -ღერძის გასწვ-  
 რივ და  $y$ -ღერძი მართობილია პირველი გაბნევის სიბრტყისა, მაშინ [2]

$$\langle T_{2, -M} \rangle = (-1)^M \langle T_{2M} \rangle,$$

$$\langle T_{1, -M} \rangle = (-1)^{M+1} \langle T_{1M} \rangle.$$



ამ შემთხვევაში ადვილად შეგვიძლია მივიღოთ

$$I(\varphi, \varphi) = \left(\frac{2M}{h^2}\right)^2 \left(\frac{4\alpha}{q}\right)^2 \left(\text{arc tg } \frac{q}{4\alpha}\right)^2 \left\{ \frac{1}{4} |A|^2 + \frac{2}{3} |B|^2 \right\} - \frac{1}{3\sqrt{2}} |B|^2 \langle T_{20} \rangle + \frac{4i}{\sqrt{3}} I_m(AB^*) \langle T_{11} \rangle \cos \varphi + T - \frac{1}{\sqrt{3}} |B|^2 \langle T_{22} \rangle \cos 2\varphi \left\} \sqrt{\frac{1}{\epsilon}} = \epsilon \cdot T$$

როდესაც გაზნევაში დეიტონის დაუპოვარებელია, მაშინ  $\langle T_{11} \rangle$ ,  $\langle T_{22} \rangle$  და  $\langle T_{20} \rangle$  გამოითვლება ფორმულით [2]:

$$I_0(\varphi) \langle T_{JM} \rangle = \frac{1}{3} S_p \{ f(\varphi, \varphi) f^*(\varphi, \varphi) \langle T_{JM} \rangle \} = \epsilon \cdot T \quad (9)$$

სადაც  $I_0(\varphi)$  დაუპოვარებელი დეიტონის გაზნევის დიფერენციალური განიკვეთია.

ჩვენს შემთხვევაში ის უდრის

$$(8) \quad I_0(\varphi) = \left(\frac{2M}{h^2}\right)^2 \left(\frac{4\alpha}{q}\right)^2 \left(\text{arc tg } \frac{q}{4\alpha}\right)^2 \left\{ |A|^2 + \frac{2}{3} |B|^2 \right\}$$

პოლარიზაციის გამოთვლა გვაძლევს

$$\langle T_{11} \rangle = \frac{1}{4} |A|^2 + \frac{2}{3} |B|^2 = \frac{1}{4} |A|^2 + \frac{2}{3} |B|^2 = P_{11}(\varphi),$$

$$\langle T_{22} \rangle = -\frac{1}{2\sqrt{3}} \frac{|A|^2 + \frac{2}{3} |B|^2}{M} = P_{22}(\varphi),$$

$$\langle T_{20} \rangle = -\frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{|B|^2}{M} = P_{20}(\varphi).$$

ცხოვრობის ეტონის დაუპოვარებელია, მაშინ  $\langle T_{11} \rangle$ ,  $\langle T_{22} \rangle$  და  $\langle T_{20} \rangle$  გამოითვლება ფორმულით [2]:

$$I(\varphi, \varphi) = I_0(\varphi) \left[ 1 + P_{20}(\varphi) P_{20}(\varphi_1) + 2 P_{11}(\varphi) P_{11}(\varphi_1) \cos \varphi + 2 P_{22}(\varphi) P_{22}(\varphi_1) \cos 2\varphi \right] \quad (10)$$

სადაც  $\varphi_1$  პირველი გაზნევის კუთხეა,  $\varphi$  - კუთხე პირველ და მეორე გაზნევის სიბრტყეებს შორის. ეს გამოსახულება შეიცავს სიბრტყეებს, რომლებიც ახა-



(13) ფორმულაში მოცემულია სტატისტიკური ცთომილებები, რომელნიც სამართლიანია  $\varphi$ -გან დამოუკიდებელი წვევრის შეფარდებისათვის  $\cos \varphi$ -ისა და  $\cos 2\varphi$ -ის წინ მდგომ კოეფიციენტებთან და არა მათი აბსოლუტური მნიშვნელობებისათვის.

გამოთვლილ (14) ფორმულაში  $\varphi$ -საგან დამოუკიდებელი წვევრის შეფარდება  $\cos \varphi$ -ის წინ მდგომ კოეფიციენტთან თანხმობაშია, ხოლო  $\varphi$ -საგან დამოუკიდებელი წვევრის შეფარდება  $\cos 2\varphi$ -ის წინ მდგომ კოეფიციენტთან უფრო მცირე, ვიდრე ცდაში. უკეთესი თანხმობა არ იყო მოსალოდნელი ჩვენს მიახლოებებში.

დაბოლოს, მადლობას მოვახსენებ პროფ. გ. ხუციშვილს ამ შრომის შესრულების დროს საქმიანი შენიშვნების მოცემისათვის.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 20.12.1956)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

1. O. Chamberlain, E. Segre, R. Tripp, C. Wiegand and T. Ynsilantis. Polarization of High Energy Deuterons. Phys. Rev., 95, 1954, 1104.
2. W. Lakin. Spin Polarization of the Deuteron. Phys. Rev., 98, 1955, 139.
3. О. Чейшвили. Поляризация дейтронов при уругом рассеянии. ЖЭТФ, 30, 1956, 1147.
4. A. Lane, R. Thomas and E. Wigner. Giant Resonance Interpretation of the Nucleon-Nucleus Interaction Phys. Rev., 98, 1955, 693.
5. K. Gatha and R. Riddell. Investigation into the Nuclear Scattering of High Energy Protons. Phys. Rev., 86, 1952, 1035.
6. E. Fermi. Polarization of High Energy Protons, Scattered by the Nucleus. Nuovo Cimento, 11, 1954, 407.
7. S. Ferbach, R. Serber and T. Taylor. Scattering of High Energy Neutrons by Nuclei. Phys. Rev., 75, 1949, 1352.

ბიოფიზიკა

## ბ. ბალაშაძე

## სიმძიმის ძალის ვერტიკალურ გრადიენტზე ტოპოგრაფიული მასების ბავშვინის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 12.6.1956)

მაღალი მგრძობიარობის გრავიმეტრების შექმნამ შესაძლებელი გახადა სიმძიმის ძალის ვერტიკალური გრადიენტის  $\left(\frac{\partial g}{\partial z}\right)$  სიდიდის გაზომვა, რასაც მნიშვნელობა აქვს, კერძოდ, გეოფიზიკური ძიებისათვის მისი გამოყენების თვალსაზრისით [1, 2, 3, 4]. ამასთან დაკავშირებით აღსანიშნავია, რომ გაზომილი  $\frac{\partial g}{\partial z}$  სიდიდე შეიცავს არამარტო საძიებელი ანომალური მასების გავლენას, არამედ ტოპოგრაფიული მასების გავლენასაც, რომელიც მკვლევრისათვის ინტერესს არ წარმოადგენს. ამ უკანასკნელის გავლენა ზოგ შემთხვევაში შეიძლება ბევრად ჭარბობდეს ანომალური მასების გავლენას და ამიტომ მისი გამორიცხვა დაკვირვებული მნიშვნელობიდან აუცილებელია, რაც გამოთვლის გზით უნდა მოხდეს.

ამ სტატიაში მოცემულია  $\frac{\partial g}{\partial z}$  სიდიდეზე ტოპოგრაფიული მასების გავლენის გამოსათვლელი ფორმულა, რომლის გამოყენების დროსაც წარმოვიდგინეთ, რომ ტოპოგრაფიული მასები შედგება ჰორიზონტული ფენისა და რელიეფის მასისაგან.

ჰორიზონტული ფენის გავლენა  $\frac{\partial g}{\partial z}$  სიდიდეზე

ვთქვათ, ჰორიზონტული ფენი წარმოადგენს ვერტიკალურ ცილინდრს, რომლის სიმაღლეა  $H$ , ხოლო რადიუსი  $r$ ; ამავე დროს  $H \ll r$ . ცნობილია [5], რომ უსასრულოდ თხელი  $dz$  სისქის ცილინდრის ფენის  $U$  პოტენციალი დაკვირვების პუნქტში, რომელიც ცილინდრის ღერძზე ძევს და მისგან  $z$  მანძილითაა დაშორებული, ასე გამოისახება:



$$U = 2 \pi f \mu \left[ -z + r \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{z^2}{r^2} - \frac{1 \cdot 1}{2 \cdot 4} \frac{z^4}{r^4} + \frac{1 \cdot 1 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 6} \frac{z^6}{r^6} - \dots \right) \right], \quad z \ll r \quad (1)$$

სადაც  $\mu$  — ზედაპირული სიმკვრივეა, ხოლო  $f$  — გრავიტაციული მუდმივი.

გავაწარმოოთ (1) ორჯერ  $z$ -ის მიმართ და მასში შემავალი  $\mu$  შევცვალოთ მისი ტოლი  $\sigma dz$  ნამრავლით, სადაც  $\sigma$  მოცულობითი სიმკვრივეა. ამის შემდეგ მოვახდინოთ ამ გამოთქმის ინტეგრება  $z$ -ით საზღვრებში 0-დან  $H$ -მდე და მივიღებთ

იუნიფორმობიდან გამომდინარე

$$\left( \frac{dg}{dz} \right)_H = 2 \pi f \sigma \left( \frac{H}{r} - \frac{1}{2} \frac{H^3}{r^3} + \frac{3}{8} \frac{H^5}{r^5} - \dots \right), \quad (2)$$

(ბრუნვის ანგარიშის შემთხვევაში  $\sigma$  უნდა აღინიშნოს  $\sigma \cos^2 \theta$  ან  $\sigma \sin^2 \theta$ )

რომელიც გამოსახავს  $H$  სიმაღლის ცილინდრის გავლენას სიძიმის ძალის ვერტიკალურ გრადიენტზე მის ღერძზე მოთავსებულ პუნქტში.

ესაა (2) განტოლების მარჯვენა მხარეზე აღმოვაჩინოთ მწკრივის სწრაფად კრებადია, რადგან  $H \ll r$ . ამ შემთხვევაში, თუ  $H < 0.1 r$ , ამ მწკრივის უკვე პირველი წევრის გამოკლებით შეადგენს უზენაესეულ სიდიდეს, სახელდობრ,  $1.10^{-6} g_s$  შენაკლებს, და ამიტომ (2) ფორმულა შიშვეს ასეთ სახეს:

$$-g_s \text{ პიბტანი იბრუნენობი იუნტენიბა ოტობნობი პევიციეწ ცუიტიპ } \frac{H}{r} \text{ იუინობ } \left( \frac{dg}{dz} \right)_H \approx 2 \pi f \sigma \frac{H}{r} \quad (3)$$

იბრუნენ ციუნენობი ესაბნობენ პიბტანი  $r$  ულიფობგობოტ თენიბი პბნეუ-გენბონენ გობ მბუნეგე პიუნეპბბეც ნი .პბუნეფობნობი რე პბტობტი პიგობ-ინი ცხალია, რუსა პიბტანი იბრუნენობი პტბობობი თობნენ ბნუნბიენ ინეც ები .იუნტენიციეი მბთბობუნეწიბი თუნტენიციეი გბეობობნიე იპბნ ნობტ მბშინ

გეგ პიბტანი იუნტენობგობოტ  $\left( \frac{dg}{dz} \right)_H$  იუნტენიენ იბიბტეპ ნი .თენიბობი ესაბობთ პიბტენიბი გიუნობი .იუნტენობი იუნტენიბობნიე პიბტენი-ე.თ. შესასრულო გბგობტობიბი ცილინდრული თენიბგავლენა სიძიმის ძალის ვერტიკალურ გრადიენტზე ნულის ტოლია. მბგბიბბი პიბტენიეობ

გბეუ რე ლიე თიბ გავლენა  $\frac{dg}{dz}$  სიდიდე მზე იბონ

პბტრელიეფის მბსებობი ბაკვირებბი პუნქტის ირგვლივ ბბეცობი .პბტენ-ტრული თენიბ . მბშინ, იბუნე ბბბიბიბიბი (2) ბბბობიბბი, ბბბიბბიბი ბბბიბბი ბბბი, ბბბი, საშუალო სიბბბბის ც-ურბი ბბბიბბიბი თენიბგავლენა სიბბ-ბბბი, ბბბის ვერტიკალურ გრადიენტზე უბრუნენობი . ბბბიბბი პიბტენიეობ . ბბბიბბიბიბი ბბბი . იუნტენიბობი ბბბი

$$2 \pi f \sigma \left[ h_i \left( \frac{I}{r_{i+1}} - \frac{I}{r_i} \right) - \frac{h_i^3}{2} \left( \frac{I}{r_{i+1}^3} - \frac{I}{r_i^3} \right) \right]$$

სიმძიმის ძალის ვერტიკალური გრადიენტის ველზე გავლენის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მისი წარმოება არ შეიძლება ნებისმიერი რელიეფის შემთხვევაში [4]. იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს რელიეფის გავლენის გამოთვლის საჭირო სიზუსტე, აუცილებელია, როგორც ვარიომეტრიული დაკვირვებების დროს, დაცულ იქნეს პირობა

$$\left( \frac{\partial g}{\partial z} \right)_r = \frac{2 \pi f \sigma}{n} \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m \left[ h_{ik} \left( \frac{I}{r_{i+1}} - \frac{I}{r_i} \right) - \frac{h_{ik}^3}{2} \left( \frac{I}{r_{i+1}^3} - \frac{I}{r_i^3} \right) + \frac{3 h_{ik}^5}{8} \left( \frac{I}{r_{i+1}^5} - \frac{I}{r_i^5} \right) - \dots \right] \quad (4)$$

ამ პირობის გათვალისწინებით (4) ფორმულა საგრძნობლად გამარტივდება და მიიღებს სახეს

$$\left( \frac{\partial g}{\partial z} \right)_r \approx \frac{2 \pi f \sigma}{n} \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m \left( h_{ik} \frac{r_i - r_{i+1}}{r_i r_{i+1}} \right) \quad (5)$$

(2) და (4) ფორმულები იძლევა დასმული საკითხის გადაწყვეტას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
გეოფიზიკის ინსტიტუტი  
თბილისი



## დამოუკიდებელი ლიტერატურა

1. S. Hammer. Investigation of the vertical gradient of gravity. Trans. Amer., Geophys. Union. April, p. 72, 1938.
2. H. Haalck. Die Frage der Messung des vertikalen Schweregradienten. Beitr. angew. Geophys., B. 9, № 2, s. 107—120, 1941.
3. St. Thyssen. Über die Möglichkeit den vertikalen Schweregradienten mit dem Gravimeter zu messen. Beitr. angew. Geophys., B. 11, № 1, S. 35—43, 1944.
4. Б. К. Балавадзе. К методике определения вертикального градиента силы тяжести. Изв. АН СССР, серия геофизич. № 1, 1955.
5. Н. И. Идельсон. Теория потенциала, ОНТИ, М.—Л., 1936.

გეოფიზიკა

ე. ჯიბლაძე

კერიდან ენერგიის არაუანაბარი გამოსხივებისა და  
 მოცულობითი სეისმური ტალღების დაცხრომის  
 კოეფიციენტის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 28.1.1957)

ცნობილია, რომ რხევათა ინტენსივობა და ენერგიის ნაკადის განაწილება ტალღის ფრონტის გასწვრივ დამოკიდებულია წყაროს ტიპზე და იცვლება აზიმუტისა და ეპიცენტრული მანძილის ცვლილებასთან ერთად. აქედან გამომდინარეობს, რომ, თუ გარკვეული მიმართულებით კერიდან გამოსხივებული ენერგიის სიმკვრივეს საკმაო სიზუსტით განვსაზღვრავთ, ენერგიის სიმკვრივეთა განაწილების მიხედვით შეგვიძლია გარკვეული წარმოდგენა ვიქონიოთ კერის მექანიზმზე.

მიწისძვრის კერაში დრეკად ტალღათა  $E$  ენერგია გამოითვლება შემდეგი მიახლოებითი ფორმულებით [1, 2]:

$$E = 4 \pi^3 \Delta^2 \rho e^{k\lambda} v \sum_n \frac{A^2}{T^2} t$$

მოცულობითი ტალღებისათვის და

$$E = 8 \pi^3 \Delta \rho e^{k\lambda} v \sum_n \frac{A^2}{T^2} \lambda t$$

ზედაპირული ტალღებისათვის. აქ  $\Delta$  არის ეპიცენტრული მანძილი,  $\rho$ —გარემოს სიმკვრივე,  $k$ —დაცხრომის კოეფიციენტი,  $v$ —სეისმური ტალღის შესაბამისი სიჩქარე,  $A$ —ნიადგის გადაადგილების ამპლიტუდა,  $T$ —სეისმური ტალღის შესაბამისი პერიოდი,  $\lambda$ —ტალღის სიგრძე და  $t$ —დაკვირვების წერტილში რხევითი პროცესის ხანგრძლივობა.

გამოთვლები გვიჩვენებს, რომ საერთო ენერგიის ის ნაწილი, რომელიც ზედაპირულ ტალღებზე მოდის, მეტად მცირეა ახლობელი მიწისძვრების დროს, ამიტომ მათ არ განვიხილავთ.

ვინაიდან ენერგიის ნაკადი ეპიცენტრულ მანძილზეა დამოკიდებული, ამ უკანასკნელის თავიდან ასაცილებლად ვზომავდით სიგრძივი ტალღის ენერგიის ნაკადის შეფარდებას განივი ტალღის ენერგიის ნაკადთან (ცხრილი 1).

გამოთვლებმა გვიჩვენა, რომ ეს შეფარდება იცვლება აზიმუტის ცვლილებასთან ერთად ისე, რომ ყოველთვის ნაკლებია ერთზე და ლებულობს მნიშვნელობებს: 0,1; 0,2; 0,3; ხშირად 0,01; 0,02 და ა. შ.

ცხრილი 1

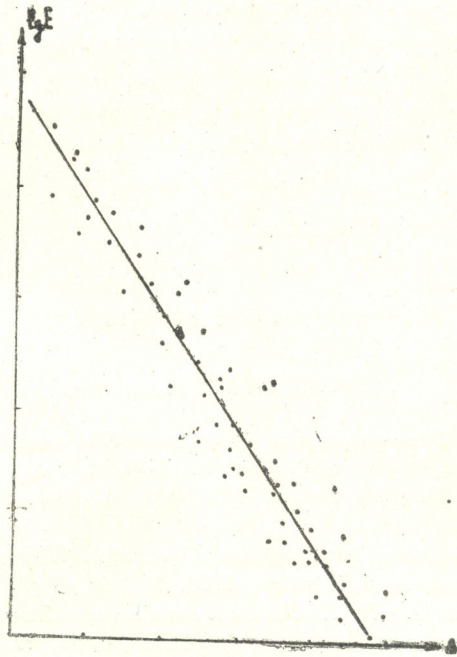
№	თარიღი	ეპიცენტრის კოორდინატები		სადგური	$\Delta$	$E_p / E_s$
1	3/XII—53 წ.	43°0	45°8	ერ (*	335	0,07
				პტ	250	0,1
				ლნ	300	0,05
				ბრჯ	238	0,1
2	21/VII—53 წ.	40°3	43°9	ლნ	57	0,01
				ერ	134	0,05
				გრ	272	0,1
3	5/IX—53 წ.	41°0	47°4	ერ	110	0,3
				პტ	210	0,3
				გრ	120	0,01
				ლნქ	110	0,2
				ლნ	130	0,2
				შმხ	50	0,03
გრს	80	0,05				

(\* სეისმური სადგურების შემოკლებული აღნიშვნებია: ერ—ერევანი, პტ—პიატიგორსკი, ლნ—ლენინაკანი, ბრჯ — ბორჯომი, გრ — გროზნი, ლნქ—ლენქორანი, შმხ—შემახა, გრს—გორისი.

ეს იმაზე მიუთითებს, რომ ენერგია კერიდან არათანაბრად სხივდება; ახლობელი მიწისძვრების დროს საერთო ენერგიის ძირითადი ნაწილი მოდის განივ ტალღებზე; იმავე ცხრილიდან ჩანს, რომ რიგის სიზუსტის ფარგლებში დრეკად ტალღათა ენერგიის განსაზღვრისას ხშირად შეგვიძლია ვისარგებლოთ მხოლოდ განივ ტალღათა ენერგიით, უგულებელვყოფთ რა ჩანაწერის სხვა ნაწილებს.

ჩვენ მიერ მიღებულია ზოგიერთი მონაცემი მოცულობითი ტალღების დაცხრომის კოეფიციენტის შესახებ მცირე ეპიცენტრულ მანძილებზე 50 კმ-დან 500 კმ-მდე. ენერგიის დამოკიდებულებას ეპიცენტრულ მანძილზე ვეძებდით  $E = a e^{k \cdot \Delta}$  სახით, 12<sup>1</sup> მიწისძვრისათვის აგებულ იქნა გრაფიკი

$\lg E = f(\Delta)$  (ნახ. 1) ასეთი მრუდების საშუალო კუთხური კოეფიციენტი, გაყოფილი  $\lg k$ , გვაძლევს სწორედ დაცხრომის კოეფიციენტს  $k$ .



ნახ. 1

მოცულობითი ტალღების დაცხრომის საშუალო კოეფიციენტი

$$k = 0,016 \pm 0,003.$$

აღსანიშნავია, რომ ეს კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება გარემოს არასრული დრეკადობით, დაახლოებით ერთნაირია კავკასიის მიწისძვრებისათვის, რადგანაც მიწისძვრათა დიდი უმრავლესობის კერა დედამიწის ქერქში მდებარეობს [7].

აქამდე კავკასიაში დაცხრომის კოეფიციენტი ითვლებოდა მიახლოებითი ფორმულით [3, 4, 5]

$$\frac{J_2}{J_1} = \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^2 = e^{-\Delta k},$$

სადაც  $J_1$  და  $J_2$  მიწისძვრის ინტენსივობაა (ბალიანობა),  $A_1$  და  $A_2$ —მაქსიმალური ამპლიტუდები ორ სხვადასხვა სადგურზე,  $\Delta$ —მათ შორის ეპიცენტრული მანძილების სხვაობა.

დაცხრომის კოეფიციენტის ამ გზით განსაზღვრისას იგულისხმება, რომ ენერგია პროპორციულია მაქსიმალური ამპლიტუდის კვადრატისა და პრო-

პორციულობის კოეფიციენტი არ არის დამოკიდებული მიკროგეოლოგიურ პირობებზე. სინამდვილეში კი პროპორციულობის კოეფიციენტი მიკროგეოლოგიური პირობების ძლიერ გავლენას განიცდის და დაცხრომის კოეფიციენტი, ამ გზით მიღებული, ძლიერ დამახინჯებული უნდა იყოს. დაცხრომის კოეფიციენტი, განსაზღვრული შესაბამის დრეკად ტალღათა სრულ ენერგიათა შედარებით, მიკროგეოლოგიური პირობების ნაკლებ გავლენას განიცდის, რადგანაც ტალღის სივრცე ყოველთვის გაცილებით მეტია, ვიდრე მიკროგეოლოგიური ფენის სისქე. ამგვარად, ზემოაღნიშნული მეთოდით განსაზღვრული დაცხრომის კოეფიციენტი უფრო საინტერესოა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 გეოფიზიკის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 4.9.1956)

#### დამოწმებული ლიტერატურა

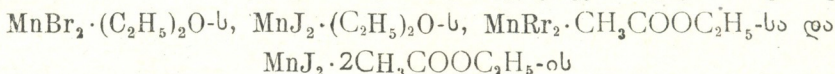
1. Б. Б. Г о л ы ц и н. О землетрясении 18 февраля 1911 года. Изв. АН, 9, 1915.
2. Н. J e f f r e y s. The Pamir earthquake of 1911 February 18 in relation to the depth of earthquake foci. Month. Not. Roy. Astr. Soc. Geophys. Suppl. 1, № 2. 1923.
3. Е. И. Б ю с, Черноморское землетрясение 21 октября 1935 года. Квартальный сейсмический бюллетень, № 4, Тбилиси, 1938.
4. Т. М. Л е б е д е в а и В. Г. П а п а л а ш в и л и. Землетрясение 12 февраля 1953 г. Труды Института Геофизики АН ГССР, т. 13, 1954.
5. Т. М. Л е б е д е в а. Амбролаурское землетрясение 26 сентября 1940 г. Квартальный сейсмический бюллетень, т. II, Тбилиси, 1938.
6. Е. Ф. С а в а р е н с к и й и Д. П. К и р н о с. Элементы сейсмологии и сейсмометрии. Изд. 2-ое. Техтеоретиздат, 1955.
7. Е. И. Б ю с. Сейсмические условия Закавказья, Тбилиси, 1952.

## ა. ჩხენკელი

## ეთერების კატალიზური მოქმედების საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ქუთათელაძემ 10.11.1956)

ლიტერატურული მონაცემები, რომლებიც ცნობილია კრისტალეთერატების მიღების რეაქციებისათვის და აგრეთვე მთელი რიგი ცდები



მასალებად, გარკვევით მეტყველებს როგორც მარტივი  $[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}]$ , ისე რთული ეთერების  $(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5)$  კატალიზური უნარის შესახებ.

მეტალისა და ჰალოგენთა ეთეროვანი ხსნარის ურთიერთქმედების რეაქცია ცნობილი იყო ჯერ კიდევ წარსული საუკუნის 60-იან წლებში. მაგრამ მხოლოდ ნ. ზელინსკიმ აღმოაჩინა ჰალოგენის ეთეროვანი ხსნარის შესანიშნავი ქიმიური აქტივობა და ეთერის კატალიზური მოქმედება, რითაც მან მაგნიუმის მოქმედებით ბრომის ეთეროვან ხსნარზე მიიღო მაგნიუმ-ბრომიდის ნაერთი ეთერთან. ამიტომაც ეს რეაქცია დაკავშირებულია საბჭოთა დიდი მეცნიერის ნ. ზელინსკის სახელთან [1].

ეთილის ეთერის კატალიზურ მოქმედებას მიეძღვნა ზოგიერთ სხვა მკვლევართა შრომებიც.

ვ. ჩელინცევი ეთილის ეთერის კატალიზურ მოქმედებას იმით ხსნის, რომ  $\text{R}_2\text{O}$  ასუსტებს კავშირს  $\text{RHal}$ -ში და რომ ეთერი მარლის დისოციაციას იწვევს, რის გამოც ხდება მეტალისა და ჰალოგენის ურთიერთქმედება [2].

ვ. შლენკი და ვ. შლენკი (შვილი) [3] გამოსთქვამენ აზრს, რომ ეთერი წარმოქმნილ ჰალოგენიდის ფენს ხსნის და ამით ხელახლა ანთავისუფლებს მეტალის ზედაპირს ჰალოგენის შემდგომი მოქმედებისათვის.

თანამედროვე შეხედულებით, კატალიზი შეიძლება შეპირობებული იყოს, საზოგადოდ რომ ვთქვათ, ორი ფაქტორით: 1) ადსორბციული სისტემის წარმოქმნით კატალიზატორსა და რეაგენტებს შორის და 2) კატალიზურ პროცესში მონაწილე ნივთიერებათა მიერ კომპლექსურ ნაერთთა წარმოქმნის შესაძლებლობით.

ეთერის როლის ასახსნელად კრისტალეთერატების წარმოქმნის დროს, როგორც ჩანს, გადამწყვეტი მნიშვნელობა ძირითადად აქვს ეთერისა და ჰალოგენის ( $\text{Rr}$  ან  $\text{J}$ ) კომპლექსის წარმოქმნის ფაქტორს, რომ არ ვილაპარაკ-



კოთ იმაზე, რომ ეთერის კატალიზური მოქმედების შედეგად კომპლექსი წარმოიქმნება.

შეხედულება [4] კატალიზატორის გავლენის შესახებ — რეაქციაში შემავალ ნივთიერებათა აქტივობაზე შეიძლება გამოყენებულ იქნეს გამხსნელის მიმართაც, და პრინციპულად არ არის ნიშანი, რომლითაც შესაძლებელი იყოს განვასხვაოთ კატალიზატორი ერთ შემთხვევაში, გამხსნელისაგან მეორე შემთხვევაში. საკითხი გამხსნელის გავლენის შესახებ ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე შეიძლება გარჩეულ იქნეს სოლვატაციის გავლენის თვალსაზრისით.

მართლაც, როდესაც ჰალოგენი ეთერში იხსნება, მას ქიმიურად უკავშირდება; ეს კავშირი ეთერსა და ჰალოგენს შორის განხორციელებულია ჟანგბადით. ამ დროს, ა. ა რ ბ უ ზ ო გ ე ის აზრით, ტრიბრომიდი  $(C_2H_5)_2O \cdot Br_3$  წარმოიქმნება [5].

ჟანგბადი, თავის თანაურ ვალენტობით იკავშირებს არა მოლეკულს ერთიანად, არამედ ჰალოგენის ატომებს, რაზედაც მითითება აქვთ ვ. ჩელინცევსა და ვ. კონოვოლოვას ჯერ კიდევ 1911 წელს.

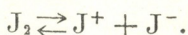
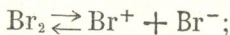
ბრომის გახსნის დროს ეთერში უნდა ხდებოდეს მოლეკულაში კავშირის შესუსტება ბრომის ატომებს შორის ეთერის ჟანგბადის მხრივ ბრომის ატომების უფრო ძლიერი მიზიდვის გამო.

ის გარემოება, რომ ჟანგბადის ატომთან შეერთებულია ბრომის ატომები და არა მოლეკულები, ჰალოგენის აქტივობის გადიდებას უნდა იწვევდეს. სწორედ ბრომის ატომთა ამ გადიდებულ აქტივობაში უნდა ვეძებოთ როგორც მარტივი, ისე რთული ეთერების კატალიზური მოქმედების ახსნა მაშინ, როდესაც კრისტალეთერატები წარმოიქმნება.

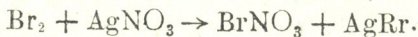
მაგრამ აღნიშნულ მოსაზრებას ეთერის კატალიზური მოქმედების შესახებ ეთერის ბრომიდის წარმოქმნის რეაქციაში ნაკლი აქვს: არ არის ახსნილი, რატომ გადადის ბრომის მოლეკული ატომურ მდგომარეობაში და ამ სახით რატომ უერთდება ეთერს.

ბრომისა და ეთერის ჟანგბადს შორის ურთიერთქმედების ძალა კავშირში უნდა იყოს ბრომის ეთერში გახსნის სითბოსთან. ა. ა რ ბ უ ზ ო გ ე ისა კუთარი ექსპერიმენტული მონაცემების შედეგად ბრომის გახსნის სითბოსათვის მარტივ ეთერში იძლევა 8,8 კკალ/მოლი; სოლვატაციის სითბო კი, რომელიც ჩვენთვის უცნობია, კიდევ უფრო მეტი უნდა იყოს.

გარდა ამისა, რიგ მკვლევართა [7] მონაცემებით, ბრომისა და იოდის გახსნის დროს ეთერში ხდება მათ მოლეკულთა დისოციაცია შემდეგი სქემებით:



ამის გამო ალკოჰოლურ ხსნარში შემდეგი რეაქცია მიმდინარეობს:



ბრომის მოლეკულთა დისოციაციას ადასტურებს აგრეთვე ვ. პლოტნიკოვის ექსპერიმენტული მონაცემები, რომელთა თანახმადაც ბრომი და ეთერი ცალცალკე ელექტრული დენის გამტარი არაა; მათი ხსნარი კი დენს კარგად ატარებს [1].

ჰალოგენთა მოლეკულების დისოციაციის მიზეზი შემდეგი უნდა იყოს: თუმცა ბრომისა და იოდის მოლეკულები პოლარული არაა, მაგრამ ისეთი ქიმიური ფაქტორის გავლენით, როგორცაა მათი და ეთერის ურთიერთქმედება, ე. ი. კომპლექსის წარმოქმნა, მათ პოლარიზაციის უნარი აქვთ, რასაც შეუძლია გამოიწვიოს ჰალოგენთა მოლეკულების დისოციაცია დადებითად და უარყოფითად დამუხტულ იონებად. ხსნარში ბრომისა და იოდის მოლეკულთა დისოციაციის უნარში ეთერის ჟანგბადთან დაკავშირების გამო უნდა ვეძებოთ ბრომისა და იოდის გადასვლის მიზეზი მოლეკულურ მდგომარეობიდან ატომურში [8]. მომხდარი ცვლილების შედეგი უნდა იყოს ეთერის მოლეკულებთან დაკავშირებულ ბრომისა და იოდის ქმედება მეტალურ მანგანუმთან და მანგანუმ ბრომიდისა და იოდის ეთილეთერატების წარმოქმნა. ამ პროცესში — ბრომისა და იოდის რეაქციაში, მეტალურ მანგანუმთან ეთერი მოქმედებს, როგორც კატალიზატორი, წინასწარ ჰალოგენებისა და ეთერის გარდამავალ კომპლექსურ ნაერთის წარმოქმნის შედეგად.

მაგრამ გაურკვეველი რჩება, თუ როგორ იკავშირებს ჟანგბადის ელექტრო-უარყოფითი ატომი ერთდროულად ბრომის სამ იონს.

შესაძლებელია სხვადასხვაგვარი დაშვება, მაგრამ ჯერ კიდევ არ არსებობს საკმაო მონაცემები ბრომის დისოცირებული მოლეკულის ეთერის ჟანგბადთან დაკავშირების ასახსნელად.

როცა ბრომის ეთეროვან ხსნარში მეტალური მანგანუმი შეგვაქვს, მისი ატომი ქმედებაში მოდის ბრომის ატომთან. ამის გამო კავშირი ჟანგბადსა და ბრომს შორის წყდება და უკანასკნელი მანგანუმის ატომს უერთდება, მაგრამ ახლა უკვე ჟანგბადის ელექტროუარყოფითი ატომის კავშირი ბრომის დამუხტულ ატომთან შეიცვლება კავშირით დადებითად დამუხტულ ორვალენტოვანი მანგანუმის იონთან.

ამგვარად შეიძლება წარმოვიდგინოთ ეთეროვან ხსნარში როგორც ბრომის ან იოდისა და მანგანუმის ურთიერთქმედება, ისე კორდინაციული კავშირის დაწყება მანგანუმ-ჰალოგენიდისა და ეთერის მოლეკულს შორის.

როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, ეთილის ეთერში ბრომის გახსნის სითბო უდრის 8,8 კკალ/მოლს. რადგან ერთნაირ მოლეკულურ კონცენტრაციისა და ტემპერატურის პირობებში ბრომის ხსნარი ეთილაცეტატში უფრო მეტ კატალიზურ მოქმედებას იჩენს, ვიდრე მისი ხსნარი ეთილის ეთერში, ისმება კითხვა, ხომ არ არის ეს განსხვავება კავშირში ეთილაცეტატში ბრომის გახსნის სითბოსთან?

განსაზღვრულ იქნა ბრომის გახსნის სითბო ეთილაცეტატში. შედეგები მოცემულია ცხრილში.



ცხრილი

ცდის №	ბრომი გრამობით	ვილაცეტატი გრამობით	სითბოს შემჩნეული ცვლებად.	კკალ
1	3,2524	1,728	160	11,8
2	3,3078	1,735	171	10,6
3	2,8186	1,739	151	11,7

განსაზღვრა წარმოებული იყო ვ. სოკოლოვსა და ნ. პაცუკოვასთან ერთად. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ მთელი ბრონი ეთილაცეტატთან შედის რეაქციაში ფარდობით 3:1 და უგულვებელვყოფთ ცდომილებას, რაც შეიძლება იმასთან იყოს დაკავშირებული, რომ ვილაცეტატი ცდების დროს მეტი რაოდენობით იყო, ბრომის ეთილაცეტატში გახსნის სითბო უნდა იყოს 11,4 კკალ/მოლი.

ლიტერატურული მონაცემებით [9], ბრომისა და ვილაცეტატის ურთიერთქმედებით ტრიბრომიდი  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 \cdot \text{Br}^3$  წარმოიქმნება.

ამგვარად, ბრომის ქმედებაში ეთილის ეთერთან და ეთილაცეტატთან მსგავსებაა: ორივე შემთხვევაში ერთისა და იმავე ტიპის ნაერთი ტრიბრომიდი წარმოიქმნება. მაგრამ განსხვავებაცაა: ბრომის გახსნის სითბო ეთილის ეთერში უდრის 8,8 კკალ/მოლს, ვილაცეტატში კი -- 11,4 კკალ/მოლს.

შესრულებული ექსპერიმენტული მასალისა და თეორიული შეხედულებების საფუძველზე შესაძლებელია პასუხის გაცემა ზემოთ დასმულ კითხვაზე: ეთერის ჟანგბადისა და ჰალოგენის მოლეკულის ურთიერთქმედების შეტი ძალა იწვევს ბრომისა და იოდის მოლეკულების მეტ დისოციაციასა და აქტივობას, და, მაშასადამე, უფრო ძლიერ კატალიზურ მოქმედებასა და მეტ სითბურ ეფექტს.

ჩვენი აზრით, ამგვარად შეიძლება ამჟამად წარმოვიდგინოთ ეთერების კატალიზური მოქმედების მიზეზი მანგანუმჰალოგენიდების კრისტალეთერატების წარმოქმნის დროს.

### დასკვნა

ეთერების კატალიზური მოქმედება კრისტალ-ეთერატების წარმოქმნის დროს დაკავშირებულია მათში ჰალოგენების გახსნის სითბოსთან და უკანასკნელთა დისოციაციის ხარისხთან.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 10.11.1956)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. А. Плотников. Об электропроводности неводных растворов. ЖРХО, 1906.
2. В. В. Челинцев. В. 37, 1904, 4534.
3. W. Schlenk и W. Schlenk ((sohn). Überde konst. der grignard. magnes Verbindungen. В. 37, 1929, 920.
4. Н. Д. Зелинский. Некоторые данные о химической роли катализаторов. ЖРХО, т. XXIV, отд. I, 1903.
5. А. Е. Арбузов. К вопросу о действии брома на эфир. ЖРХО, т. XII, 1913, 442.
6. В. В. Челинцев и Коновалова. Влияние фазы на образование оксониевых дибромидов. ЖРХО, 1910.
7. М. И. Ушаков и В. О. Чистов. О солеобразных свойствах галлоидов. ЖОХ, т. V, вып. 10, 1940, стр. 1387.
8. Я. А. Фиалков. Исследование в области комплексных соединений галогенидов. Успехи химии, т. XV, вып. 4, 1946.

გეოგრაფია

მ. ქაჩხაძე

## კოლხეთის დაბლობის წარმოქმნის საკითხისათვის ისტორიულ ეპოქაში

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ა. ჯავახიშვილმა 20.4.1957)

ახლო გეოლოგიურ წარსულში თანამედროვე კოლხეთის დაბლობის ტერიტორია ზღვას ეკავა. არსებობს მრავალი ფაქტი იმისა, რომ ზღვას უწინ უფრო დიდი საზღვრები ჰქონდა, ვიდრე ახლა აქვს, მაგ.: ზღვიური ტერასების სხვადასხვა სიმაღლეზე მდებარეობა, რაც კარგადაა გამოკვეთილი კოლხეთის დაბლობის ბორცვოვანი და წინამთების ზოლში. არის სხვა ფაქტებიც, კერძოდ, ბოლო ხანებში დადგენილად ითვლება, რომ კოლხეთის დაბლობის დასავლეთ ნაწილში (ქ. ფოთის მიდამოებში) მეოთხეულის ზღვიური დანალექები წარმოდგენილია ყველა სტრატოგრაფიული განყოფილებით, რომელთა სიმძლავრე ასეულ მეტრებს აღწევს.

ზღვის აუზის პერიფერიული ნაწილების ამოწვევის გამო ზღვამ საგრძნობლად დაიხია დასავლეთისაკენ და თანამედროვე კოლხეთის დაბლობის ადგილას დარჩა თავთხელი წყალსაცავი „კოლხეთის ყურის“ სახელწოდებით [1], რომელიც თანდათანობით ივსებოდა მდინარეთა მიერ ჩამოტანილი ნაშალი მასალებით. ამ მხრივ განსაკუთრებით გამოირჩეოდა ისეთი მდინარეები, როგორიცაა რიონი, ინგური, ცხენისწყალი და სხვ. ეს მდინარეები თავიანთ შესართავთან ლექავდნენ წამოღებულ ნაშალ მასალას და მათი დაგროვების გამო იქმნებოდა დელტები, ისარები და სხვ.

შავი ზღვის აუზის მრავალგზის ცვალებადობას წარსულში შედეგად არ მოჰყოლია თანამედროვე კოლხეთის დაბლობის ტერიტორიის სრული განთავისუფლება წყლისგან, ხოლო კოლხეთის ყურის სანაპირო ხაზი არაერთგზის იცვლიდა თავის მოხაზულობას.

სანაპირო ხაზის ცვალებადობის მიზეზი მარტო ხმელეთის ამოწვევასა და ნაშალი მასალის დაგროვებასთან კი არ ყოფილა დაკავშირებული, არამედ აქ ადგილი ჰქონდა სანაპიროს ზოგიერთი უბნის დაძირვასაც ზღვაში, რასაც შედეგად ზღვის წამოწვევა მოჰყვებოდა. ნ. ანდრუსოვის სქემის მიხედვით, ზღვის სანაპირო ხაზი დაახლოებით იქ გადიოდა, სადაც ახლა ქ. სამტრედია მდებარეობს. ეს მოსაზრება იმითაც საბუთდება, რომ კოლხეთის დაბლობის დასავლეთ ნაწილში არის მეოთხეულის ზღვიური დანალექები, ხოლო მის აღმოსავლეთ ნაწილში შესაბამისი დანალექები ალუვიურია.

კავკასიის მკვლევართა უმეტესი ნაწილი აღნიშნავდა სანაპიროს არამდგრადობის ფაქტებს. ნაწილი ამ ფაქტებისა კი დამაჯერებლად ადასტურებს ხმელეთის ამოწვევისა და დაძირვის პერიოდულობას. მაგალითად, შ. ლ. ა. შხია [2] გამოთქვამს აზრს, რომ აფხაზეთის სანაპირო ხაზის ცვალებადობა, მდინარეთა კალაპოტების არსებობა ზღვის დონეზე დაბლა და მეწყერული მოვლენები კოლ-



ხეთის ამ ნაწილში გამოწვეული უნდა იყოს ნეოტიქტონიკური ფაქტორების გავლენით.

ჩვენ ვეთანხმებით ზემოთ დასახელებული მკვლევრის მოსაზრებას და ამასთან მიგვაჩნია, რომ ეს ფაქტორები მოქმედებენ სანაპიროს არა მარტო აფხაზეთის ნაწილზე, არამედ კოლხეთის მთელ სანაპიროზე. ჩვენი აზრით, ეს მოვლენები ყურადღების ღირსია, რადგან მათ შესწავლას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

არსებობს საკმაო მასალები, რომლებიც კოლხეთის ნეოტიქტონიკურ მოძრაობაზე მიუთითებენ.

არსებობს საკმაო არქეოლოგიური მასალები, რომლებიც ცხადყოფენ ხმელეთის თანდათანობით დაძირვას ისტორიულ მანძილზე. კოლხეთის ძველი სანაპიროების შესწავლის შედეგად, რომლებიც აღმოჩენილია 3—5 მეტრის სიღრმეზე ზღვის დონიდან, ნ. ხოშტარია მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ნასახლარების ასეთ სიღრმეზე მდებარეობა ძირითადად დაბლობის დაძირვის მიზეზი უნდა იყოს [3].

ამაზევე მიუთითებენ ძველი ქალაქების კედლებისა და შენობების ნაშთები, რომლებიც ნაპოვნია ზღვის ფსკერზე ქ. სოხუმის მიდამოებში. ჩერნიაევსკის აზრით, ეს ნანგრევები ძველი ქალაქის — დიოსკურიის ნაშთი უნდა იყოს. იგი აღნიშნავს, რომ ამ ნაგებობათა დაძირვას პერიოდული ხასიათი ჰქონდა, რომ ზღვა ხან უტევდა ხმელეთს და ხან უკან იხევდა.

ხმელეთის დაძირვის სხვა დამადასტურებელი ფაქტებიდან შეიძლება აღინიშნოს კიდევ შემდეგი: ქ. ფოთიდან 10 კმ მანძილზე სამხრეთით მდინარე მალთაყვის ფსკერზე წყალმცირობის დროს ჩანს ნანგრევები ძველი ეკლესიისა, რომელიც, გადმოცემით, თითქოს ხალხის ცოდვების გამო ჩაიძირა. ამრიგად, ჩაძირულ ქალაქთა ნანგრევები და ცალკეული ნაგებობანი, ხალხის მატერიალური კულტურის ნაშთებთან ერთად და სხვა მრავალი არქეოლოგიური ფაქტი მოწმობს შავი ზღვის სანაპიროს თანდათანობით დაძირვას. ამაზევე მიუთითებენ სხვა ისტორიული მონაცემებიც. კერძოდ, მკვლევრები ფიქრობენ, რომ კოლხეთის სამხრეთ ნაწილში უნდა ყოფილიყო ვრცელი ვაკე ადგილები, რომელთაგან ახლა არაფერია დარჩენილი.

ძველი პეტრას ციხე უნდა ყოფილიყო ახლანდელი ციხისძირის ადგილას. მაგრამ თანამედროვე რელიეფური პირობები ისეთია, რომ ძნელი იქნებოდა იქ ისეთი დიდი სამხედრო ობერაციების ჩატარება, როგორსაც იმდროინდელი ისტორიკოსები აღწერენ.

კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში, იქ, სადაც ახლა გაუფალო ქაობება, შემორჩენილია ასობით ძველი ნასახლარები და ნაგებობანი მიწა-ყრილების სახით. ვ. გოგოლიშვილის აზრით, ეს ცხადად მიუთითებს იმაზე, რომ ძველად კოლხეთის დაბლობი დაჭაობებული როდი იყო, ხოლო შემდეგ მოხდა მისი დაჭაობება, რის მიზეზიც შეიძლება სანაპირო ზოლის დაძირვა იყოს [4].

ბურღვით მოპოვებული მასალების ანალიზიც მიუთითებს დაძირვაზე. გაბურღვის მეოხებით (მდ. რიონის მარჯვენა ნაპირზე, წყალსაწრტი არხის გასწვრივ) ტორფის გავრცელება აღნიშნულია სხვადასხვა სიღრმეზე. მაგ., ზღვის სანაპიროს ახლოს ტორფის სისქე 6—8 მეტრს აღწევს. აქედან მხოლოდ მისი მცირე ნაწილი მდებარეობს ზღვის დონეზე მაღლა.

უფრო აღმოსავლეთით, მიუხედავად იმისა, რომ რელიეფი მაღლდება, ტორფის მდებარეობა იგივეა, რაც დაბლობის დასავლეთურ ნაწილში, ე. ი. ტორფის უმეტესი ნაწილი ზღვის დონეზე დაბლაა. განსხვავება მხოლოდ ისაა, რომ აქ ტორფი ზემოდან დაფარულია ალუვიალური დანალექების თხელი ფენით (დაახლოებით 0,5 მ. სისქისა). კიდევ უფრო აღმოსავლეთით ტორფი

გვხვდება 4—6 მეტრის სიღრმეზე ზღვის დონიდან. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ კოლხეთის დაბლობის ზოგიერთ უბანში ტორფი რამდენიმე ფენადაა წარმოდგენილი, რომელთა შორის ალუვიალური დანალექებია მოთავსებული.

ბურღვის მონებებით სოხუმიში ყურეში დანალექთა შემდეგი თანმიმდევრობაა აღნიშნული: ზღვის ფსკერიდან 1—2 მეტრის სიღრმეზე დანალექი მასალა წარმოდგენილია შლამით, 8—9 მეტრის სიღრმეზე — მსხვილმარცვლოვანი სილით, 12 მეტრის სიღრმეზე კი — ისევ შლამით სილისა და კენჭების ნარევით [5].

ბურღმა მლ. გუმისთის ხეობაში (ზღვიდან 8 კმ მანძილზე და 55 მ სიმაღლეზე ზღვის დონიდან) 20 მეტრის სისქის ალუვიალური დანალექები ისე გაიარა, რომ არ მიუღწევია ძირა ქანებამდე. თეორიული გამოთვლებით ალუვიალური დანალექის სისქე აქ 40 მეტრამდე უნდა იყოს [2].

ხმელეთის თანდათანობით დაძირვაზე მიუთითებს მდინარეთა ალუვიალური დანალექებით ამოვსებული ხეობები, რომლებიც ზღვის დონეზე დაბლაა. ამასვე მოწმობს ის ფაქტიც, რომ კოლხეთის მდინარეები თავიანთ შესართავებთან საგრძნობლად ფართოვდებიან და ჯარგავენ დინების სიჩქარეს.

ხმელეთის დაძირვა და ზღვის შემოტობა, რომელიც აღნიშნული იყო ისტორიულ ეპოქაში, დღეისათვისაც არ შეწყვეტილია.

ხმელეთისა და მდინარეთა ხეობების დაძირვის ფაქტები აღინიშნება არა მარტო შავი ზღვის ჯაჯასიურ ნაწილში, არამედ მის ფარგლებს გარეთაც. მაგ., მდინარე დნესტრისა და სხვათა ჩაძირვა, რომლებიც ახლა ზღვის დონეზე 20—40 მ დაბლა მდებარეობენ; სანაპიროზე მეწყურული პროცესების ინტენსივობა ქ. ოდესის მახლობლად, სადაც 61 წლის განმავლობაში ზღვამ წალეკა 100 საყენი და, მიუხედავად იმისა, რომ ყურეში ნაშალი მასალის დაგროვებას ჰქონდა ადგილი, მისი სიღრმე მხოლოდ ერთი საყენით გაიზარდა [6]. ეს ფაქტები ზღვის სანაპიროს დაძირვის მჩვენებელია.

როგორც ცნობილია, დაძირვის შედეგს წარმოადგენს სანაპიროს აბრაზია, რომელიც კოლხეთის სანაპიროზე, შეიძლება ითქვას, კარგადაა წარმოდგენილი. აბრაზიის შედეგად წარმოებს პლაჟებისა და სოფლის მეურნეობაში გამოსადეგი ფართობების შემცირება, გზების დეფორმაცია, სანაპიროზე მდებარე ნაგებობათა ნგრევა; ხშირია აგრეთვე მეწყურები და ზვაგები; იზრდება ჭაობების ფართობი და სხვა [2]. ზღვის აბრაზიულ მოქმედებას დიდი ზიანი მოაქვს ადგილობრივი მცხოვრებლებისათვის. ეს თუნდ იქიდან ჩანს, რომ ის ფართობები, სადაც უწინ მოჰყავდათ სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურები, ახლამ მიმართებით აღარ გამოიყენება, რადგან ვაზრდილია სამიშროება ზღვის მხრიდან ან უკვე წარმოადგენს ზღვის ფსკერს. ბათუმის მკვიდრთა ახსოვთ ადგილები, სადაც ოდესღაც თესავდნენ სიმინდს, სადაც იდგა სხვადასხვა ნაგებობა და სადაც ახლა ზღვის ტალღები მძვინვარებენ [7].

ზღვის ტალღების ნგრევითი ძალა შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროზე ზოგიერთ შემთხვევაში ძლიერ დიდ სიმძლავრეს აღწევს. მაგალითად, 1892 წლის თებერვალში ზვირთცემამ ქ. ფოთში ადგილიდან დაძრა 1200 ფუთიანი (დაახლოებით 19 ტონა) მასივები, ხოლო 1893 წლის ნოემბერში ფოთში ტალღებმა ძირს ჩამოაგდეს 1000 ფუთიანი (16 ტონა) მასივები. დადგენილია, რომ ზვირთცემის ძალა შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროზე 65,5 კგ აღწევს 1 მ<sup>2</sup>, მაშინ როდესაც შავი ზღვის სანაპიროს სხვა ნაწილში (სსრკ-ის ფარგლებში) ზვირთცემის ძალა 45—57,5 კგ მ<sup>2</sup> განისაზღვრება [8]. აქედან ცხადია, თუ როგორი ნგრევითი ძალით ხასიათდება ზვირთცემა კოლხეთის სანაპიროზე.

ზღვის აბრაზიული მოქმედების გამო შავი ზღვის სანაპიროს ზოგიერთ უბანში, სანაპიროს დაცვის მიზნით, საჭირო ხდება რკინა-ბეტონის ჯებირების მშენებლობა, განსაკუთრებით იქ, სადაც მთის კალთები უშუალოდ ეშვება ზღვა-

ში, როგორცაა, მაგალითად, მახინჯაურის, მწვანე კონცხისა და ციხისძირის მიდამოებში. ჯებირების წინ ზღვაში დამატებით ყრიან ბეტონის კუბებს (დაახლოებით 6 მ<sup>3</sup>), რათა შემცივრდეს ჯებირებზე ზვირთციემის ნგრევითი ძალა.

ამრიგად, არსებობს საკმაოდ ფაქტები, რომლებიც მიუთითებენ სანაპიროს უარყოფით მოძრაობაზე. მაგრამ უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ შავი ზღვის სანაპიროს ბევრ უბანში ადგილი აქვს ზემოთ ხსენებულ პროცესის საწინააღმდეგო პროცესსაც — ზღვის უკან დახევას, ხმელეთის ზრდას. ჩვენი აზრით, არსებობს ზღვის უკანდახევის რამდენიმე მიზეზი და მათ შორის პირველ რიგში უნდა აღინიშნოს მდინარეული და ზღვიური ნალექები.

ცნობილია, რომ კოლხეთის მდინარეებს მოაქვთ დიდძალი ნაშალი მასალა, რომელსაც ისინი ლეჩაგინ როგორც დინების გზაზე, ასევე შესართავებში. თუ რაოდენ დიდია მდინარეთამიერ მოტანილ ნაშალ მასალათა რაოდენობა, შეიძლება წარმოდგენა ვიქონიოთ იმით, რომ მდ. რონის ყოველწლიურად ზღვაში ჩააქვს დაახლოებით 10 მილიონი ტონა ნაშალი მასალა, მდინარე კოდორს — 375 ათას ტონამდე და ა. შ. ზღვაში ჩატანილი ნაშალი მასალა ხვდება ზღვის ტალღების გავლით ქვეშ, რომელნიც თავის მხრივ განიცდიან გაბატონებული ქარების მიმართულების გავლენას.

მრავალი წლის მანძილზე ჩატარებულმა დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ კოლხეთის სანაპიროს სხვადასხვა ნაწილისათვის გაბატონებული ქარების მიმართულება სხვადასხვაა. მაგალითად, ცნობილია, რომ აფხაზეთის სანაპიროსათვის ყველაზე უფრო ხშირ ქარებად ჩრდილო-დასავლეთის ქარები ითვლება; კოლხეთის სანაპიროს ცენტრალური ნაწილისათვის — დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ქარები; რაც შეეხება შავი ზღვის აჭარის სანაპიროს, იქ გაბატონებულად ითვლება სამხრეთ-დასავლეთის ქარები. ძირითადად, ქარების მიმართულება ითვლება ზღვის ტალღების მიმართულების განმსაზღვრელად. სანაპიროს კონფიგურაციამ და გაბატონებულმა ქარებმა აფხაზეთისა და აჭარის ფარგლებში განაპირობა ზღვის ტალღების მიმართულება სანაპიროს მიმართ. ამიტომაც კოლხეთის ამ ნაწილებში ზღვის ტალღებსა და სანაპიროს შორის შექმნილი კუთხე მახვილია, ხოლო რაც შეეხება კოლხეთის სანაპიროს ცენტრალურ ნაწილს, ტალღების მიმართულება იქ პერპენდიკულარულს უახლოვდება.

მდინარეთამიერ მოტანილი ნაშალი მასალა, იმის მიხედვით, თუ სად ერთვის ზღვას მდინარე, ზვირთციემის გავლენით გადაადგილდება ან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ (თუ ეს აფხაზეთის ფარგლებშია), ან ჩრდილო-აღმოსავლეთისაკენ (თუ ეს აჭარის ფარგლებშია). ნალისმაგვარი, სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ წაგრძელებული ისარების (მაგ. მდ. ენგურის შესართავთან), დელტების (მდ. კოდორის ასიმეტრიული დელტა) და კონცხების (სოხუმის კონცხი) წარმოქმნა შედეგია ნაშალ მასალათა ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ გადაადგილებისა.

კოლხეთის სანაპიროს სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში აღინიშნება ნაშალ მასალათა გადაადგილება, მაგრამ არა იმ მიმართულებით, რომელიც აღნიშნული იყო აფხაზეთის სანაპიროსათვის, არამედ ჩრდილო-აღმოსავლეთისაკენ. ამასვე მიუთითებენ შემდეგი ფაქტები: მდინარე სუფსის მიერ მოტანილი მაგნიტური რკინაქვის ფენები გავრეიდებულია ზემოთ დასახელებული მდინარის შესართავის ჩრდილოეთით: მწვანე კონცხის სამხრეთით აღინიშნება ნაშალ მასალათა დაგროვება, რამაც წარმოქმნა პლაჟი, ხოლო კონცხის ჩრდილოეთით (მეორე მხარეს) სანაპიროს გარკვეულ უბანზე დაგროვება არ აქვს ადგილი. ანალოგიურ მოვლენებთან გვაქვს საქმე ციხისძირის კონცხის მიდამოებშიც.

ამრიგად, ნაშალ მასალათა აღნიშნული გადაადგილება დამოკიდებულია ტალღების გაბატონებულ მიმართულებაზე სანაპიროს მიმართ. რადგან ყურეები დაცულია ტალღების მოქმედებისგან, ამიტომაც იქ ნაშალ მასალათა გადაად-

გილებას ადგილი არ აქვს. ვ. ზენკოვიჩი წერს, რომ ქ. სოხუმის ყურის ჩრდილო და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაპირებს შორის კენჭების გადაადგილება რომელიმე მიმართულებით არ არის შემჩნეული. რომ ნაშალი მასალის მომატებას ყურის აღნიშნულ სანაპიროზე არ აქვს ადგილი, ეს ჩანს იქიდან, რომ დასავლეთ ნაპირის კენჭები პეტროგრაფიულად განსხვავდება აღმოსავლეთ ნაპირის კენჭებისაგან [9]. სოხუმის ყურის აღმოსავლეთით კი, როგორც ცნობილია, კვლავ აღინიშნება ნაშალ მასალათა ინტენსიური გადაადგილება კოლხეთის სანაპიროს ცენტრალური ნაწილისაკენ.

ანალოგიურ მოვლენას აქვს ადგილი ბათუმის ყურეშიც. აქ ყურის დასავლეთი ნაპირი წარმოდგენილია სხვადასხვა ზომის კენჭებით, ხოლო მისი საწინააღმდეგო, აღმოსავლეთი სანაპირო კი ნიჟარებნარევი სილისაგან შედგება, რაც შეეხება ყურის ღერძულ ნაწილს, ის წარმოდგენილია სილნარევი შლამით. ამრიგად, მსგავსად სოხუმის ყურისა, ბათუმის ყურეშიც არ აღინიშნება ნაშალ მასალათა გადაადგილება ყურის სანაპიროს გასწვრივ, წინააღმდეგ შემთხვევაში არ გვეჩვენებოდა აღნიშნული განსხვავება სანაპიროს სხვადასხვა ნაწილებს შორის.

სანაპიროს კონფიგურაციას რომ დიდი მნიშვნელობა აქვს ნაშალი მასალის დაგროვებისა და ხმელეთის ზრდის საქმეში, ჩანს იქიდან, რომ ბათუმის ყურის ფარგლებში ადგილი აქვს ზღვის სიღრმის ძლიერ შემცირებას, ე. ი. თავთხელის წარმოქმნას. ამის მიზეზად ის უნდა ჩაითვალოს, რომ ყურის ეს ნაწილი დაცულია სამხრეთ-დასავლეთის ქარების (და ასევე ტალღების) გავლენისაგან, მაგრამ გახსნილია ჩრდილო-აღმოსავლეთის ქარებისა და ტალღების მოქმედებისათვის. თუმცა ამ მიმართულების ქარების სიხშირე გაცილებით ნაკლებია სამხრეთ-დასავლეთურზე, მაგრამ მათი გავლენა მაინც არ რჩება უშედეგოდ, რადგან ყურის კონფიგურაციის გამო ქარებისა და ტალღების მიმართულება სანაპიროს ამ ნაწილის მიმართ პერპენდიკულარულია, რის შედეგადაც მდ. ბარცხანის, კუბაწყლისა და ყოროლისწყლის მიერ მოტანილი ნაშალი მასალები ილექება მათ შესართავებში და მის მახლობლად, რამაც გამოიწვია ზღვის სიღრმის საგრძნობი შემცირება და თავთხელის წარმოქმნა. მდინარე ყოროლისწყლის შესართავის ჩრდილოეთით, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, სანაპირო კვლავ ხვდება სამხრეთ-დასავლეთის ქარებისა და ტალღების გავლენის ქვეშ, რაც იწვევს ნაშალი მასალის გადაადგილებას სანაპიროს გასწვრივ.

ჭებახეთისა და აჭარის სანაპიროს ნაშალი მასალები ამ ნაწილებში გაბატონებული ტალღების მიმართულების გავლენით გადაადგილდება კოლხეთის სანაპიროს ცენტრალური ნაწილისაკენ, სადაც ზღვას ერთვის კოლხეთის უდიდესი მდინარე რიონი, რომელსაც თან მოაქვს დიდძალი ნაშალი მასალა. რადგან კოლხეთის სანაპიროს ამ უბანში (ცენტრალურ ნაწილში) გაბატონებულია დასავლეთის ქარები, რომლებიც პერპენდიკულარულია სანაპიროს მიმართ, სანაპიროს კონფიგურაციის გამო აღინიშნება არა ნაშალ მასალათა გადაადგილება, არამედ მათი ამოგდება ზვირთცემით. ამან საბოლოოდ გახაპირობა ნაშალ მასალათა დაგროვება, რომლებიც წარმოდგენილია რამდენიმე რიგად სანაპიროს გასწვრივი და ურთიერთპარალელური ნაყარის სახით და უდიდეს სიმაღლეს (6—7 მ ზღვის დონიდან) და სიგანეს (დაახლოებით 2,5 კმ) ქ. ფოთის მიდამოებში აღწევს. სანაპიროს თანამედროვე ნაყარების აღმოსავლეთით აღინიშნება ასეთივე დანაკარკები, რომლებიც ურთიერთპარალელურნი არიან. ეს იმას მოწმობს, რომ ზღვა ქმნიდა რა მდინარეთა მიერ მოტანილი ნაშალი მასალებით ნაყარს — უკან იხევდა, რაც მრავალჯერს მეორდებოდა. ნ. ნიკოლაძის აზრით, თითოეული ამ ნაყართაგანი აღრევე ასრულებდა სანაპირო დამბის როლს და რომ ზღვიდან აღმოსავლეთით სრულიად აშკარად შეიძლება გამოვარჩიოთ ასობით და ათასობით მსგავსი ამადლებული მიწის ზოლები, რომლებ-

ბიც სანაპირო დამბის პარალელურნი არიან და გამოყოფილი არიან სხვა მსგავსი დამბებისაგან ურთიერთპარალელური ჭაობების ზოლით. მიწის ეს ამდლე-ბული ზოლები, რომელთა გავრცელების ხაზი ეთანხმება ზღვის სანაპიროს, ოდესღაც სანაპირო დამბებს წარმოადგენდა [10].

თუ შევადარებთ სანაპიროს თანამედროვე მოხაზულობას წარსულთან (სხვა-დასხვა ავტორების მონაცემების მიხედვით) შეიძლება კიდევ ერთხელ დავრწმუნდეთ სანაპიროს ზოგიერთ უბანში ხმელეთის ნელ, მაგრამ შეუჩერებელ ზრდაში. მაგალითად, სკილაქსი (522 წ. ჩ. წ. ა.), აღწერდა რა კოლხიდასა და მდ. ფაზისს, აღნიშნავდა, რომ ნაოსნობა ამ მდინარეზე (მდ. რიონზე) შესაძლებელია 180 სტადიის მანძილზე (დაახლოებით 32 კმ). ბარბაროსთა დიდ სახელმწიფომდე, სადაც დაიბადა მედეა.

600 წლის შემდეგ პლინიუსი (79 წ. ჩ. წ. ა.), აღწერდა რა კოლხიდასა და მდ. ფაზისს, აღნიშნავდა, რომ დასახელებული მდინარე სანაოსნოდ გამოდგება 53 ვერსის (დაახლოებით 53,5 კმ მ. ქ.) მანძილზე, სადაც (ნაოსნობის დამთავრების ადგილას) იღებდნენ ბაჟს. აქედან ჩანს, რომ 600 წლის მანძილზე ხმელეთმა 21,5 კმ მოიმატა, რაც 100 წელიწადში 3,6 კმ ზრდას იძლევა. იმ ხანებში ზღვა კრმად შედიოდა კოლხეთის დაბლობში, რის შესახებაც საკმაოდ გარკვეულად ლაპარაკობს პომპეიი მელა, რომ კერასუნტი და ტრაპეზოხტი ყველაზე ნიშნულგვანი ქალაქებია, აქ მთავრდება ზოლი, რომელიც ბოსფორთან იწყება და იხრება რა ჩრდილოეთისაკენ ყურეში, უერთდება მოპირდაპირე ნაპირს, რაც ქმნის პონტოს ზღვის ყველაზე ვიწრო კუთხეს. იქ ცხოვრობენ კოლხები და იქვე ერთვის ზღვას ფაზისი.

დღეისათვის აღარ არის შავ ზღვაზე ის ვიწრო კუთხე, რომელსაც პომპეიი მელა ასახელებს, რადგან მდინარეთა და ზღვის მოქმედების შედეგად ყოფილი ვიწრო ყურის ადგილას ხმელეთი წარმოიქმნა და ზღვამ დასავლეთისაკენ დაიხია. ზღვის სანაპიროს ცვალებადობაზე შემდგომი მიუთითებს ქ. ფოთის სიმაგრის მდებარეობის შედარება 1804 და 1923 წლებში. 1804 წელს შედგენილი გეპის მიხედვით სიმაგრე „პატარა ფოთი“ ზღვასთან ძლიერ ახლოს უნდა ყოფილიყო. 120 წლის შემდეგ კი, 1923 წელს, იგივე სიმაგრე ზღვიდან დაშორებული იყო 800 მეტრის მანძილით [1]. ქ. ფოთის უუქურა, რომელიც აგებულ იქნა ზღვის ნაპირზე გასული საუკუნის სამოციან წლებში, დღეს დაშორებულია ზღვას თითქმის ორი ვერსით [10].

სანაპიროს წინ წაწევის ანალოგიური მაგალითი შეიძლება მოვიყვანოთ სოფ. ანაკლიაში მდ. ენგურის შესართავში აგებული ციხე-სიმაგრის უწინდელი და ახლანდელი მდებარეობის შედარებით. ანაკლიის ციხე აგებული იქნა დაახლოებით იმ ხანებში, როდესაც ფოთის ციხე ააგეს. ანაკლიაში ციხის აგებას ის აზრი ჰქონდა, რომ მას კონტროლი უნდა გაეწია ზღვის მიმდებარე ნაწილისათვის და მდინარე ენგურის შესართავისათვის. დღეისათვის მდ. ენგურის შესართავი წინწასულია და მის მიერ მოტანილი დანალექი მასალებისაგან ზღვის მხრიდან წარმოიქმნილია სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულების საკმაოდ განიერი და გრძელი ისარა. ამრიგად, დღეისათვის ანაკლიის ყოფილ ციხე-სიმაგრეს ორი მხრიდან გარს ერტყმის მდ. ენგური.

უკვე აღვნიშნეთ, თუ რა დიდი მნიშვნელობა აქვს მდ. რიონის მიერ მოტანილ ნაშალ მასალას ხმელეთის ზრდის საქმეში. ეს თუნდ იქიდან ჩანს, რომ მას შემდეგ, რაც მდ. რიონი ახალ კალაპოტში (მე-7 კმ-დან) გაუშვეს, ქ. ფოთის ფარგლებში შეიმჩნეულია სანაპირო ხაზის ზოგიერთი არადადებითი ცვალებადობა, რაც გამოწვეულია ნაშალი მასალის ნაკადის შეწყვეტით სანაპიროს ამ უბანზე.

ყველა ისტორიული ფაქტი მოწმობს იმას, რომ ხმელეთის ყველაზე უფრო სწრაფი ზრდა კოლხეთის სანაპიროს ცენტრალურ ნაწილში წარმოებს. მაგრამ

მსგავსი მონაცემები შეიძლება მოვიყვანოთ სანაპიროს სხვა ნაწილებისათვისაც. მაგალითად, ცნობილია, რომ წარსულში ქ. ბათუმი მდებარეობდა არა-იქ, სადაც ამჟამად არის, არამედ 3—4 კმ-ით უფრო ჩრდილოეთით. გემები, რომლებიც იმ დროს კოლხეთის ამ ნაწილში მოდიოდნენ, ნაპირს ადგებოდნენ ან ქალაქის სამხრეთით (ბათუმის ყურის სამხრეთით), ან მდ. ყოროლისწყლის შესართავში. ცხადია, რომ სანაპიროს არც ერთი და არც მეორე ნავსადგომი თავისი პირობებით ვერ შეედრება ბათუმის ყურეს. ან რით აგხსნათ ის ფაქტი, რომ რომელიმე ბისა და ლაზების ბრძოლის აღწერაში ნათქვამია, რომ კოლხიდაში არ არის ყურეო. საესებით სამართლიანია სვიმეონის შენიშვნა, როდესაც ამბობს, რომ საკვირველია თქვა კოლხიდაში არ არის ყურეო, თუკი არსებობდა ბათუმის ყურის თუნდაც ოდნავ მსგავსი ყურე [11]. მართლაც, ბათუმის ყურის არსებობის შესახებ თითქმის მე-17—18 საუკუნემდე არ მოიპოვება არავითარი ცნობები. ბათუმის ყურის წარმოქმნა უახლეს დროს მიეწერება და მკვიდრად უნდა იყოს დაკავშირებული კახაბრის ვაკის წარმონაქმნთან, რომელიც მდ. ჭოროხის მიერ ჩამოტანილი ნაშალი მასალის დაგროვების შედეგს წარმოადგენს.

თუ მხედველობაში იქნება მიღებული სანაპიროზე მიმდინარე პროცესები (კერძოდ, ნაშალ მასალათა გადატანის მექანიზმი), შეიძლება ზღვამ შეასრულოს ადამიანისათვის სასარგებლო მუშაობა. ამის ცდა ჩატარდა ქ. ბათუმის ფარგლებში, რამაც ძალზე კარგი შედეგი გამოიღო: 35—40 წლის წინათ ზღვის ზვირთკემას ადგილი ჰქონდა ახლანდელი ბათუმის ზღვისპირა პარკის ტერიტორიაზე, ძლიერი ქარიშხლის დროს ზღვის ტალღები ვაჟთა ყოფილი გიმნაზიის (ახლა პედაგოგიური ინსტიტუტი) ვესტიბიულს აღწევდა, რომელიც მაშინ ზღვის პირას იყო აგებული. შენობას ვერ იცავდა ბეტონის დიდი კუბები, რომლებიც შენობის წინ ზღვაში იყო ჩაყრილი.

მაგრამ მას შემდეგ, რაც ბათუმის ყურის დასაწყისში რკინაბეტონის ჯებირი ააგეს (ბურუნ-ტაბიეს კონცხზე), ხმელეთმა სწრაფად იწყო ზრდა. ჯებირმა ნაშალ მასალათა გადაადგილებას ნაპირის გასწვრივ ხელი შეუშალა, რის შედეგადაც დაიწყო მათი დაგროვება და საბოლოო ჯამში ხმელეთმა იწყო ზრდა. დღეისათვის ბათუმის ფარგლებში სანაპირო ხაზი დაახლოებით 200 მეტრითაა წინ წასული, ვიდრე ეს მე-20 საუკუნის დასაწყისში იყო, ზღვის მიერ დატოვებულ ტერიტორიაზე კი გაშენებულია ბათუმის ახლანდელი ზღვისპირა ბაღი. თუკი საჭირო ღონისძიება იქნება ჩატარებული (ისეთივე, როგორც ბათუმში), ნაშალ მასალათა გადაადგილება შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სანაპიროს აბრაზიისაგან დაცვაში.

ჩვენ მიზანშეწონილად მიგვაჩნია სანაპიროს ზოგ ადგილას აგებული იქნეს (გარდა ნაპირის გამამარებელი კედლებისა და კუბებისა) ჯებირები, რომელთაც ნაპირის მიმართ პერპენდიკულარული ან ოდნავ დახრილი მიმართულება უნდა ჰქონდეთ. ჯებირების სიგრძე არ უნდა აღემატებოდეს 30—40 მეტრს, ხოლო მათ შორის მანძილი არ უნდა აღემატებოდეს დაახლოებით 150—200 მეტრს. ჯებირების ასეთი განლაგება დაიცავს სანაპიროს აბრაზიისაგან ნაშალი მასალების დაგროვებით, წარმოიქმნება პლაჟები, ხოლო თვით ჯებირები გამოდგება სხვადასხვა მიზნისათვის (მაგალითად, საექსკურსიო გემების, კატერებისა და გლისერების მისადგომებად). სანაპიროს ასეთი გამაგრება უფრო იაფი და ეფექტური იქნება, ვიდრე შრომატევადი და ძვირი კედლებისა და კუბების კეთება სანაპიროს გასწვრივ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ვახუშტის სახელობის  
 გეოგრაფიის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 20.4.1957)



## დამოუკიდებელი ლიტერატურა

1. А. В. Моперелия. Преобразование Колхиды. М., 1954.
2. Ш. В. Лашхия. О современных изменениях береговой линии Абхазии. Известия АН СССР, серия геол., № 12, 1956.
3. ხოშტარია. კოლხეთის დაბლობის ძველი მოსახლეობანი და მათი შესწავლის პრობლემა. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. VI, № 6, 1945.
4. В. М. Гоголишвили. Проблема изучения древних памятников Колхидской низменности. „Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода“ № 6—7 Изд. АН СССР, М.—Л., 1940.
5. Б. Ф. Добрынин. Основные черты геоморфологии и физической географии Закавказья. Изв. АН СССР, отд. мат. и естеств. наук. Серия географическая и геофизическая, №№ 2, 3, 1938.
6. Р. Р. Виржиковский. Современная трансгрессия Черного моря, выпуск II, 1928.
7. А. Н. Краснов. Южная Колхида. Петроград, 1915.
8. ბ. ყავციშვილი. შავი ზღვა. საქართველოს გეოგრაფიული საზოგადოების შრომები. ტ. I, თბილისი, 1939.
9. В. П. Зенкович. Изучение динамики морских берегов. Труды Второго Всесоюзного Геогр. съезда, т. II, Москва, 1948.
10. Н. Николадзе. Экономическое значение пароходства по р. Риону. Тифлис, 1926.
11. А. Свищевский. Разрушение морского берега у гор. Батуми, как явление общее для восточного побережья Черного моря. Изв. геогр. Обществ., т. 71, вып. 5, 1939.

ტექნიკა

### ბ. ჯიშვალის

## არხების ჰიდრავლიკური ანბარიში თავისუფალი ზედაპირის კონტურზე არსებული ხახუნის მხედველობაში მიღებით

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. თნიაშვილმა 25.1.1957)

ცნობილია, რომ ღია არხებში სითხის მოძრაობის საკითხების განხილვისას წინალობა, გამოწვეული როგორც არხის კედლების, ისე ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის გავლენით, მთლიანად მიეკუთვნება კვეთის სველ პერიმეტრს,  $\chi$ -ს.

საკითხის ასეთნაირად დაყენებას მივყავართ სიმქისის კოეფიციენტის  $n_1$  მუდმივი მნიშვნელობისაკენ, რომელშიც შედის აგრეთვე თავისუფალი ზედაპირის არსებობით გამოწვეული წინალობები.

მიღებულია, რომ ეს უკანასკნელი, სველ ზედაპირზე არსებულ წინალობებთან შედარებით, ძალზე უმნიშვნელოა, რის გამოც თავისუფალი ზედაპირის კონტური გამოირიცხება ღია არხების ჰიდრავლიკის საკითხების განხილვიდან.

მაგრამ როგორც მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები [1] გვიჩვენებს, თავისუფალ ზედაპირზე, საკმაოდ წყნარი ამინდის დროსაც კი, ადგილი აქვს წინალობებს. დინების წინააღმდეგ მიმართული ქარის დროს კი ამ წინალობებს შეუძლია საკმაოდ დიდ სიდიდეებს მიაღწიოს.

ნაკადის მოძრაობისას ყინულის საფარქვეშ, წყლისა და ყინულის კონტაქტზე არსებულ წინალობათა გათვალისწინების აუცილებლობა ეჭვს არ იწვევს. მაგრამ ამ შემთხვევაშიც კი ჯამური წინალობა სველ ზედაპირს მიეკუთვნება [2].

ამრიგად დავასკვნით, რომ თავისუფალ ზედაპირზე ადგილი აქვს სავსებით გარკვეულ წინალობებს, რომლებიც აქამდე მხოლოდ ნაწილობრივ მიიღებოდა მხედველობაში სიმქისის კოეფიციენტის  $n_1$  განსაზღვრისას.

ამ წინალობათა ასეთნაირად მხედველობაში მიღება და ღია ნაკადის ჰიდრავლიკური ანგარიშის დროს თავისუფალი ზედაპირის კონტურის გამორიცხვა არ ასახავს სითხის მოძრაობის ნამდვილ ბუნებას. თანამედროვე ჰიდრავლიკა გამორიცხავს თავისუფალი ზედაპირის კონტურის გავლენას და განიხილავს ნაწილობრივ ჰიდრავლიკურ რადიუსს  $R_1$ , რომელიც, როგორც ცნობილია, წარმოდგენს ცოცხალი კვეთის ფართის  $\omega$  შეფარდებას სველ პერიმეტრთან  $\chi$ . ამასთანავე გამოყენებას პოულობს შეზი-პავლოვსკის ცნო-



ბილი ფორმულა და არხის ხარჯი განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$Q = \frac{V \bar{i}}{n_1} \omega R_1^{0.5+y}. \quad (1)$$

აქ  $i$  არხის ფსკერის ქანობია,  $y$  — ხარისხის მაჩვენებელი პავლოვსკის ფორმულაში.

გადავივართ თავისუფალი კონტურის გავლენის განხილვაზე. ამისათვის ჰიდრაულიკური რადიუსის გამოსახულებაში შევიყვანოთ კვეთის სიგანე თავისუფალ ზედაპირზე  $B$ .

მაშინ გვექნება

$$R_1 = \frac{I}{(I - B/p)} \cdot \frac{\omega}{p} = \frac{I}{(I - B/p)} \cdot R, \quad (2)$$

სადაც  $p$  კვეთის პერიმეტრია და  $R$  — მილიანი ჰიდრაულიკური რადიუსი.

შევიყვანოთ  $R_1$ -ის მნიშვნელობა (1) გამოსახულებაში. ზოგიერთი გარდაქმნის შემდეგ მივიღებთ ხარჯის განტოლებას:

$$Q = \frac{V \bar{i}}{n} \omega R^{0.5+y}, \quad (3)$$

სადაც  $n$  მთელი ცოცხალი კვეთის კონტურზე გასაშუალებული სიმქისის კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$n = n_1 (I - B/p)^{0.5+y}. \quad (4)$$

ამ გამოთქმაში სიმქისის კოეფიციენტი  $n$ , დამოკიდებული  $B/p$  შეფარდებისაგან, სხვადასხვა მნიშვნელობას იღებს და ასიმპტოტურად უახლოვდება სიდიდეს, რომელიც განისაზღვრება კვეთის გეომეტრიული ზომებით.

ამრიგად, სრული ჰიდრაულიკური რადიუსის შეყვანა ანგარიშში ფაქტობრივ გვაძლევს გასაშუალებული სიმქისის კოეფიციენტის  $n$  ცვლად მნიშვნელობას, განსაზღვრულს (4) დამოკიდებულებით.

სინამდვილეში  $n$ -ის მნიშვნელობა უნდა განისაზღვროს უშუალოდ ექსპერიმენტებიდან და არა  $n_1$ -ის მიხედვით, რომელიც არაპირდაპირ განსაზღვრავს ცოცხალი კვეთის თავისუფალი კონტურის გავლენას. მიუხედავად იმისა, რომ ამჟამად არ მოგვეპოვება სათანადო ექსპერიმენტული მონაცემები, მაინც შესაძლებელია (4) გამოსახულების საფუძველზე ზოგიერთი დასკვნის გაკეთება.

ინტერესს იწვევს ხარჯის დამოკიდებულების (3) გამოკვლევა ე. წ. შეუღლებული კვეთებისათვის, ანუ იმ კვეთებისათვის, რომელთაც გააჩნიათ ერთნაირი ჰიდრაულიკური ელემენტები: ცოცხალი კვეთის ფართი, პერიმეტრი და, მაშასადამე, სრული ჰიდრაულიკური რადიუსი. ცხადია, რომ გასაშუალებული სიმქისის კოეფიციენტის  $n$  რიცხობრივი მნიშვნელობა ღრმა კვეთე-

ბისათვის მეტი იქნება, ვიდრე განიერი კვეთებისათვის, რადგან შეფარდება  $B/p$  შედარებით ნაკლებია პირველისათვის. ამიტომ, შეუღლებული კვეთების შემთხვევაში, განიერ კვეთს მეტი გამტარუნარიანობა უნდა გააჩნდეს. ამაში ადვილად შეიძლება დავრწმუნდეთ, თუ განვიხილავთ იმ განტოლებათა სისტემას, რომლითაც განისაზღვრება შეუღლებული კვეთების ხაზოვანი ელემენტები, ტრაპეციოიდალური პროფილის შემთხვევაში.

$$h = \frac{1}{2 m'} (p \pm \sqrt{p^2 - 8 m' a}),$$

$$b' = 0,5 (p - M h'),$$

$$b'' = 0,5 (p - M h''),$$
(5)

სადაც

$h', h''$  — შეუღლებული კვეთების ავსების სიღრმეებია,  
 $b', b''$  — ამ კვეთების შესაბამისი სიგანეები ფსკერზე,  
 $m$  — ტრაპეციის ფერდობის ქანობის კოეფიციენტი,

$$m' = 2 \sqrt{1 + m^2}$$

და

$$M = m' + 2 m.$$

თუ (4) გამოსახულებაში შევიყვანოთ  $B$  და  $p$  მნიშვნელობებს და დავუშვებთ  $y = 1/6$ , მივიღებთ:

ღრმა კვეთისათვის

$$n' = n_1 (1 - B/p)^{2/3},$$

განიერი კვეთისათვის

$$n'' = n_1 (1 - B''/p)^{2/3}.$$

ცოცხალი კვეთის ფართისა და სრული ჰიდრავლიკური რადიუსის ტოლი მნიშვნელობების დროს  $n'' < n'$ . მაშასადამე, განიერი კვეთის გამტარუნარიანობა ღრმა კვეთთან შედარებით მეტი იქნება შემდეგი სიდიდით:

$$\frac{Q'' - Q'}{Q'} \cdot 100\% = \frac{1/n'' - 1/n'}{1/n'} \cdot 100\%.$$

გამოთვლებმა დაგვანახა, რომ განიერი კვეთის გამტარუნარიანობა, შეუღლებული კვეთების ხაზოვანი სიდიდეების პრაქტიკულად მიზანშეწონილი დამოკიდებულებების დროს, 10—15%-ით აღემატება ღრმა კვეთების გამტარუნარიანობას.

ასეთი საგრძნობი განსხვავება ხარჯებში შეიძლება აეხსნათ თავისუფალი კონტურის გავლენით გასაშუალებული სიმქისის კოეფიციენტის სიდიდებზე, რაც გამოხატავს განიერი კვეთების უპირატესობას ღრმა კვეთებისადმი.

როგორც ცნობილია, თავისუფალი კონტურის მხედველობაში მიუღებლობა, რასაც ადგილი აქვს ჰიდრაულიკურ ანგარიშებში, გვაძლევს ერთი დამატებითი მნიშვნელობის გამტარუნარიანობას იმ შეუღლებული კვეთებისათვის, რომელთა ხაზოვანი განზომილებანი განისაზღვრება განტოლებებით:

$$h = \frac{I}{2m_0} (\chi \pm \sqrt{\chi^2 - 4\omega m_0}),$$

$$b' = \chi - m' h',$$

$$b'' = \chi - m' h'',$$
(6)

სადაც

$$m_0 = m' - m.$$

უნდა აღინიშნოს, რომ, მიიღო რა მხედველობაში არა ნაწილობრივი ჰიდრაულიკური რადიუსი, არამედ კვეთის საშუალო სიღრმე  $H = \frac{\omega}{B}$ , პროფ. მ. ველიკანოვი, სხვაგზის მსჯელობისა და ანალიზის საშუალებით მიიღის იმ დასკვნამდე, რომ ღრმა კვეთებს ნაკლები გამტარუნარიანობა გააჩნია, ვიდრე განიერებს და ღრმა კვეთებში არხის კედლების შემათერხებელი გავლენით ხსნის ამ მოვლენას [4].

ანგარიშში სრული ჰიდრაულიკური რადიუსის შეყვანა საშუალებას გვაძლევს ფიზიკურად უფრო სწორად ავსნათ დახურულ კვეთებში გამტარუნარიანობის მაქსიმუმის არსებობა.

მართლაც, სრული ფარდობითი ჰიდრაულიკური რადიუსი  $r$  მრგვალი კვეთებისათვის განისაზღვრება შემდეგნაირად [3]:

$$r = \frac{0,5(0,5 - \lambda) B(\lambda) - 0,25 \chi(\lambda)^{1,5}}{p(\lambda)},$$
(7)

სადაც  $r = R/P$ ,  $\lambda = h/D$  და  $D$  კვეთის დიამეტრი, როგორც ვხედავთ,  $r$  ზრდადი ფუნქციაა  $\lambda$ -სი.

ასეთი ფუნქციის გამომსახველი იქნება აგრეთვე სიდიდე:

$$n = n_1 \left[ 1 - \frac{B(\lambda)}{p(\lambda)} \right]^{0,5 + \gamma},$$
(8)

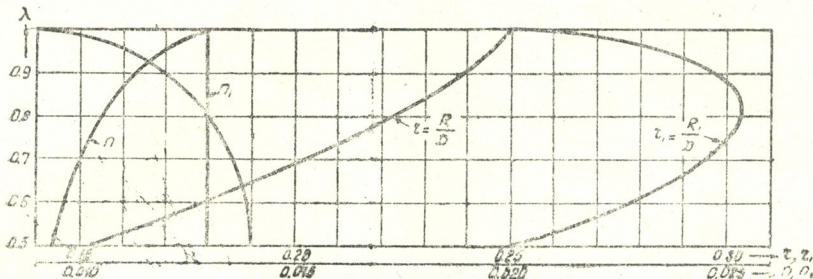
რომლის ცვალებადობის გრაფიკი ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე.

(1) აქ აღნიშნულია

$$\chi(\lambda) = \arccos(1 - 2\lambda), \quad B(\lambda) = 2(\lambda - \lambda^2)^{0,5}$$

$$p(\lambda) = \chi(\lambda) + B(\lambda)$$

აქ უნდა აღინიშნოს, რომ  $n$ -ის კვმმარიტი მნიშვნელობა უნდა მოინახოს დახურულ მილსადენებში უდაწნეო ნაკადებზე ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე. იგი განსაზღვრავს თავისუფალი კონტურის ცვალებადობის გავლენას, რომელიც მილის თანდათანობით გავსებითაა გამოწვეული. ამ



ნახ. 1. მრგვალ კვეთებში ჰიდრავლიკური რადიუსების და სისქის კოეფიციენტების ცვალებადობის გრაფიკი

დროს  $n$ -ის დამოკიდებულება  $\lambda$ -საგან განსხვავებული იქნება (8) დამოკიდებულებისაგან, სადაც  $n_1$  არ განსაზღვრავს თავისუფალი კონტურის სიგრძეს.

ამიტომ დახურულ კვეთებში გამტარუნარიანობის მაქსიმუმის არსებობა ფიზიკური თვალსაზრისით არა ნაწილობრივი ჰიდრავლიკური რადიუსის  $R_1$  მნიშვნელობის ცვლილებით უნდა იყოს ახსნილი, როგორც ეს აქამდე იყო მიღებული, არამედ გასაშუალებული სიმქისის კოეფიციენტის,  $n$ -ის თავისებური ცვლილებებით.

ამ უკანასკნელის მნიშვნელობა, თავისუფალი ზედაპირის კონტურის სიგრძის შემცირების შესაბამისად, თანდათან უნდა იზრდებოდეს და თავის უდიდეს მნიშვნელობას მიაღწევს მთლიანად ავსებისას.

ზემოთქმულიდან ჩანს, თუ რა მნიშვნელობა აქვს თავისუფალ კონტურს ღია კალაპოტების ჰიდრავლიკაში.

ჰიდრავლიკურ ანგარიშებში სრული ჰიდრავლიკური რადიუსის შეყვანა საშუალებას გვაძლევს მხედველობაში მივიღოთ თავისუფალი კონტურის გავლენა სიმქისის კოეფიციენტის სიდიდეზე და ავხსნათ ღია კალაპოტების ჰიდრავლიკის რიგი სადავო საკითხები. მაგალითად, ადვილი დასამტკიცებელია არხების განიერი კვეთების უპირატესობა პრაქტიკაში ფართოდ გავრცელებული ღრმა კვეთების მიმართ, თუ ვისარგებლებთ საინჟინრო ჰიდრავლიკის ჩვეულებრივი დამოკიდებულებებით.

სიმქისის კოეფიციენტზე თავისუფალი კონტურის გავლენის შესწავლა შეიძლება ექსპერიმენტული გზით როგორც ღია არხებში, ისე განსაკუთრებით, დახურულ კვეთებში.

განსაზღვრავთ რა სიმქისის კოეფიციენტის მნიშვნელობას ღია და დახურული კვეთების სხვადასხვა ავსების დროს ლაბორატორიულ და საველე



პირობებში, სრული ჰიდრაულიკური რადიუსის მხედველობაში მიღებით, გვიძლია დავაზუსტოთ გასაშუალებული სიმქისის კოეფიციენტის  $n$  და სიჩქარის მამრავლის  $C$  საანგარიშო გამოსახულებანი. მაგრამ უკვე არსებული მასალების საფუძველზეც კი შეიძლება დამტკიცდეს ღია კალაპოტების ანგარიშში სრული ჰიდრაულიკური რადიუსის შეყვანის აუცილებლობა. ეს შემდგომ საშუალებას მოგვცემს მათი დაპროექტება უფრო რაციონალური გავხადოთ, ვიდრე ამას ამჟამად აქვს ადგილი.

სსრ კავშირის ელექტროსადგურების სამინისტროს  
ნაგებობათა და ჰიდროენერგეტიკის  
თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი  
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 18.11.1956)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Гибсон, Гидравлика и ее приложения. Госэнергоиздат, М.—Л., 1939.
2. П. Н. Белокопъ. Инженерная гидравлика потока под ледяным покровом. Госэнергоиздат, М.—Л., 1940.
3. В. Ф. Иванов. Канализация населенных мест, ОНТИ, М.—Л., 1935.
4. М. А. Великанов. Гидрология суши, Москва, 1925.

## თ. ცომაია

## კარტოფილის ამღებ კომბაინ „KKP-2“-ის გამოცდის შედეგები

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. შვაცაბაიამ 28.1.1957)

კარტოფილის აღება ძლიერ შრომატევადი სამუშაოა. მოსავლის დროულად და მაღალხარისხოვნად აღებაზე დიდად არის დამოკიდებული მაღალმოსავლიანობა; ამ საქმეში კი გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს კარტოფილის ამომღები მანქანებისა და კომბაინების რაციონალურად გამოყენებას.

ჩვენს რესპუბლიკაში 1953-56 წლებში საკმაო რაოდენობით შემოზიდეს კარტოფილის ამომღები კომბაინები „KOK-2“ და „KKP-2“. მაგრამ, როგორც ცნობილია, ხსენებული კომბაინები კარგად ვერ მუშაობენ, ვერ უზრუნველყოფენ ბუნკერებში სუფთა კარტოფილის მიღებას. ამის ძირითადი მიზეზია ნიადაგის მძიმე პირობები.

იმ მიზნით, რომ გამოვეყვლია კომბაინ „KKP-2“ ის (რომელიც განკუთვნილია მძიმე ნიადაგობრივ პირობებში სამუშაოდ), მუშაობის დამახასიათებელი ძირითადი მაჩვენებლები და გამოგენახა გზები ჩვენს პირობებში მათი მუშაობის შემდგომი გაუმჯობესებისათვის, 1956 წელს საქართველოს სასელექციო სადგურის წალკის დასაყრდენი პუნქტის ტერიტორიაზე ჩავატარეთ კარტოფილის ამღები კომბაინის „KKP-2“-ის გამოცდა.

ცდის დროს ისაზღვრებოდა შემდეგი მაჩვენებლები: 1. კარტოფილის ამღების სისრულე და, რაც მთავარია, 2. კარტოფილის სისუფთავე ბუნკერში.

აღების სისრულე საშუალოდ შეადგენდა 86,9%-ს, ტუბერების მცირე სიდიდის გამო ამღების სისრულე ამ შემთხვევაში რამდენადმე მცირეა.

ბუნკერში შემოსული მასა ძირითადად შედგებოდა 18,06% კარტოფილის ტუბერებისაგან და 81,31% მიწის გორბებისაგან. აქედან ნათლად ჩანს, რომ კარტოფილის გასუფთავების ხარისხი არააღმაკმაყოფილებელია (აგროტექნიკური მოთხოვნებით კარტოფილის სისუფთავე 97%-ს უნდა უდრიდეს).

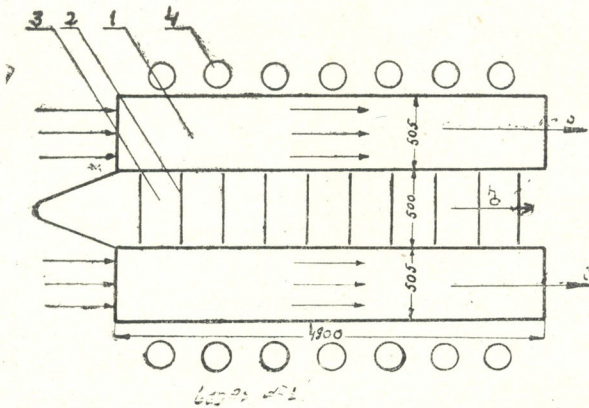
ზემოთ აღნიშნულიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კომბაინი „KKP-2“ ვერ ამართლებს დანიშნულებას. იგი შეგვიძლია გამოვიყენოთ მხოლოდ როგორც კარტოფილის ამომთხრელი მანქანა, ე. ი. სახნისების მიერ მოჭრილი მასა, შემოსული გადამრჩევ ტრანსპორტიორზე, უნდა იყრებოდეს მიწის ზედაპირზე; კარტოფილის ტუბერები კი ხელით უნდა ავილოთ, რაც ძალზე მომქანცველია, რადგან მუშაობის პროცესში მუშა მოხრილ მდგომარეობაშია, ამას-



თან საჭიროა სავსე ქურჭლის ხელით ტარება. ამის გამო მუშის შრომის ნაყოფიერება ძლიერ დაბალია.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ გაგვეუმჯობესებინა არსებული კომბაინის კონსტრუქცია, რათა მისი მუშაობა უფრო ეფექტური გამხდარიყო და შეგვემცირებინა მუშახელის რაოდენობა. შევიმუშავეთ გადამრჩევი ტრანსპორტიორის კონსტრუქციის სქემა, რომლის განხორციელება შესაძლებელს გახდის სახნისების მიერ მოჭრილი მასა, რომელიც გადამრჩევი ტრანსპორტიორიდან ჩამოდის, გავყოთ ორად, ამასთან ყოველგვარი მინარევებისაგან გასუფთავებული ტუბერები შევავაროვოთ ცალკე ბუნკერში, ხოლო მიწა, ქვები და სხვა მინარევები მიწის ზედაპირზე დავუაროთ.

აღნიშნული გადამრჩევი ტრანსპორტიორის სქემა შემდეგში მდგომარეობს (იხ. ნახ. 1):



ნახ. 1

ტრანსპორტიორი შედგება სამი სექციისაგან—ორი კიდურა (1) და შუა (3) (იხ. ნახ. 1). კიდურა სექციები წნულებიანი ელევატორებია, ხოლო შუა სექცია—რეზინის ტრანსპორტიორი რეზინის განივი ფირფიტებით (2). შუა ტრანსპორტიორი რეზინისაგან იმიტომ ეზადდება, რომ ტუბერები არ დააზიანოს.

კიდურა სექციები შუა სექციისაგან გამოყოფილია ზემოდან რეზინით დაფარული სპეციალური ფარებით.

კიდურა სექციების დანიშნულებაა კარტოფილის ტუბერებისა და მიწის გორბების გამოტანა, ხოლო შუა სექციებისა—სუფთა კარტოფილის მოწოდება ბუნკერში. ტრანსპორტიორზე შემოსული მასის თანაბრად გაყოფის მიზნით შუა სექციებს დასაწყისში ოვალური ფორმა აქვს.

ტრანსპორტიორის მუშაობის ტექნოლოგიური პროცესი შემდეგში მდგომარეობს:

კიდურა სექციების გასწვრივ სპეციალურ საჯდომებზე განლაგებულნი არიან მუშები, რომლებიც ხელით აწარმოებენ კარტოფილის ტუბერების გადარჩევას. გადარჩეულ ტუბერებს ყრიან შუა სექციაზე (რეზინის ელევატორი), საიდანაც სუფთა ტუბერები ბუნკერში ხვდება.

ნუშებს რომ გაუადვილდეთ კარტოფილის ტუბერების ამორჩევაზე მუშაობა, საჭიროა ვერტიკალურ სიბრტყეში ტრანსპორტიორის კიდურა სექციების იძულებითი რხევა, ანუ ბერტყვა, რაც ტრანსპორტიორის ზედაპირზე გამოაჩენს კარტოფილის ტუბერებს. ამ თვალსაზრისით საჭიროა ტრანსპორტიორის კიდურა სექციებზე მოეწყოს საბერტყი ვარსკვლავანები.

იმისათვის, რომ ვიანგარიშოთ, თუ რა რაოდენობის მუშახელი დაგვიჭირდება გადამრჩევ ტრანსპორტიორზე შემოსული კარტოფილის გადასარჩევად, საჭიროა ვიცოდეთ კარტოფილის მოსავლიანობა ( $Q$  კგ/ჰა-ზე). მოძრაობის სიჩქარე ( $V$ ) და კომბაინის მოდების განი ( $b$ ).

დავუშვათ, რომ კომბაინი, რომლის მოდების განია  $b$ , მოძრაობს  $V$  სიჩქარით  $T$  დროის განმავლობაში; მაშინ მის მიერ აღებული ფართი ამ დროის განმავლობაში ტოლი იქნება

$$F = bVT \text{ მ}^2.$$

თუ მოსავლიანობა ჰექტარზე  $Q$  კგ შეადგენს, მაშინ  $T$  დროის განმავლობაში გადამრჩევ ტრანსპორტიორზე გაივლის  $Q_1$  კგ ტუბერები, ე. ი.

$$Q_1 = \frac{Q \cdot F}{10.000} = \frac{bVTQ}{10.000}.$$

თუ მუშის მწარმოებლობა უდრის  $B$  -1, მაშინ საჭირო მუშების რაოდენობა ტოლი იქნება

$$n = \frac{Q_1}{B}.$$

ტუბერების გადარჩევაზე მომუშავეთა მწარმოებლურობა რომ გაგვეგო, ჩვენ ცდა ჩავატარეთ. ცდის დროს შევისწავლეთ ერთი მუშის მწარმოებლურობა კარტოფილის ტუბერების გადარჩევაზე (ტუბერების შეგროვება ხდებოდა კასრში, რაც იწვევდა მუშის ნაყოფიერების შემცირებას). 5 მუშის შრომაზე ქრონომეტრული გამოკვლევით დადგინდ იქნა, რომ ერთი მუშის მწარმოებლურობა ტუბერების გადარჩევაზე შეადგენს 12—15 კმ-ს წუთში, თუ კარტოფილის მოსავლიანობა ჰექტარზე 200 ცენტნერს შეადგენს (ჩვენი რესპუბლიკის პირობებში ეს შეიძლება ბარაქიან მოსავლად ჩაითვალოს) და კომბაინი მოძრაობს  $V=1$  მ/წამ სიჩქარით. ამ შემთხვევაში ერთი წუთის განმავლობაში აღებული ფართი უდრის

$$F = bVT = 1,4 \cdot 1 \cdot 60 = 84 \text{ მ}^2,$$

მაშასადამე, გადამრჩევ ტრანსპორტიორზე 1 წუთის განმავლობაში გაივლის

$$Q_1 = \frac{QF}{10000} = \frac{20000 \cdot 84}{10000} = 168 \text{ კგ ტუბერი; მაშინ მოცემული პირობებისათვის საჭირო იქნება}$$

$$n = \frac{Q_1}{B} = \frac{168}{12 \div 15} = 11-14 \text{ კაცი,}$$

ე. ი. მოცემული პირობებისათვის გადამრჩევ ტრანსპორტიორზე ტუბერების მთლიანად გადასარჩევად დაგვიჭირდება 11—14 კაცი.



თუ რამდენად ეკონომიურია 14 კაცის გამოყენება ტუბერების გადამრევაზე, ეს ჩანს ქვემოთ მოყვანილი მაგალითიდანაც.

თუ კარტოფილს ვიღებთ კარტოფილის ამომთხრელი მანქანით („ТЭК-2“), როდესაც ტუბერებს მიწის ზედაპირიდან ხელით იღებენ, მაშინ (როცა მოსავლიანობა ჰექტარზე 12—15 ტონას შეადგენს) მიწის ზედაპირიდან კარტოფილის შესაგროვებლად დაგვჭირდება არანაკლებ 60 კაცისა.

„ККР-2“ მარკის კომბაინები შეიძლება გამოვიყენოთ მხოლოდ კარტოფილის ამოსათხრელად. ასეთ შემთხვევაში კი, მანქანათა საგამოცდო ზონალური სადგურის მოხაჯემებით, საქართველოს პირობებში მიწის ზედაპირიდან კარტოფილის ასაკრეფად დაგვჭირდება 50—60 კაცი. ჩვენს შემთხვევაში კი გადამრევე ტრანსპორტიორზე, როცა მოსავლიანობა ჰექტარზე 200 ცენტნერს შეადგენს, 11—14 კაცი გვჭირდება, ე. ი. მუშახელის ეკონომია 4,5-ჯერ უფრო მეტია. ამასთან მუშაობის პირობები ჩვენს შემთხვევაში ბევრად უფრო გაუმჯობესებულია: მუშა უკან არ სდევს მანქანას, მას წელი მოხრილ მდგომარეობაში არ აქვს.

გადამრევეი ტრანსპორტიორის პარამეტრების დადგენისას ძირითადად ექსპერიმენტულ მონაცემებს დავეყრდენით, ამასთან გამოვდიოდით იმ მოსახრებიდან, რომ რაც შეიძლება ნაკლები ცვლილებები შეგვეტანა კომბაინში და ტრანსპორტიორის დამზადება იაფი დამუჯდარიყო.

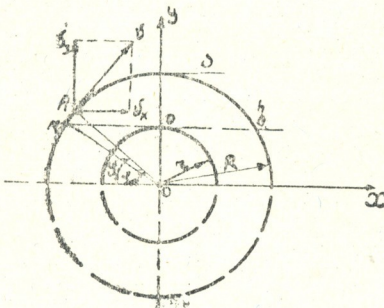
ჩვენ მიერ შერჩეული ტრანსპორტიორის პარამეტრები ძირითადად უახლოვდება არსებული კონსტრუქციის კომბაინებზე გამოყენებული ტრანსპორტიორების პარამეტრებს.

გადამრევეი ტრანსპორტიორის ხაზობრივი სიჩქარე, როგორც ექსპერიმენტით დადასტურდა, შესაძლებელია ისეთივე დაკტოვოთ, როგორც აქვს კომბაინ „ККР-2“-ის გადამრევე ტრანსპორტიორს, ე. ი.  $V = 0,44$  მ/წამ., მაგრამ, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, გადამრევე ტრანსპორტიორზე უნდა

მოხდეს შემოსული მასის ბერტყვა. იმის გამოსარკვევად, თუ რამდენად შესაძლებელია ასეთი სიჩქარის დროს შემოსული მასის ბერტყვა, განვიხილოთ პირობა (პროფ. ლეტოშნევისა და მაცუპუროს მიხედვით).

დავუშვათ, რომ ელევატორის ჯაჭვის ზედა შტოს ნაწილის დახრის კუთხე ძალზე უმნიშვნელოდ იცვლება, მაშინ საბერტყ ვარსკვლავანაზე ჯაჭვის აწევისას ელევატორის ტილო თავის თავის პარალელურად რჩება (იხ. ნახ. 2).

მთლიანი სიჩქარის პროექცია  $x$  ღერძზე უდრის ელევატორის ხაზობრივ სიჩქარეს  $C$ -ს, ხოლო იმისათვის, რომ გამოვარკვიოთ ელევატორის დინამიკური შემოქმედება მასაზე საბერტყი ვარ-



ნახ. 2. ა—ელევატორის ზედა მდგომარეობა; ბ—ელევატორის ქვედა მდგომარეობა

ზე უდრის ელევატორის ხაზობრივ სიჩქარეს  $C$ -ს, ხოლო იმისათვის, რომ გამოვარკვიოთ ელევატორის დინამიკური შემოქმედება მასაზე საბერტყი ვარ-

სველაენების მოქმედების ზონაში, საჭიროა ვიპოვოთ ამ წერტილის კოორდინატები:

$$x = -R \cos \varphi \text{ და } y = R \sin \varphi,$$

მაშინ სიჩქარის მდგენელი კოორდინატთა ღერძების მიმართ იქნება

$$V_x = \frac{dx}{dt} = R \cos \varphi \frac{d\varphi}{dt},$$

$$V_y = \frac{dy}{dt} = R \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt},$$

მაგრამ ვიცით, რომ

$$V_x = C = \text{const},$$

მაშინ

$$R \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt} = C,$$

საიდანაც

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{C}{R \sin \varphi},$$

ამგვარად,

$$V_y = R \cos \frac{C}{R \sin \varphi} = C \cdot \text{ctg } \varphi; \quad V_y = \frac{C}{\text{tg } \varphi}.$$

A წერტილის სიჩქარე უდრის  $x$  და  $y$  ღერძების მიმართ სიჩქარეთა გეომეტრიულ ჯამს, ე. ი.

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{R^2 \sin^2 \varphi \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 + R^2 \cos^2 \varphi \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2},$$

ან

$$V = \sqrt{R^2 \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 (\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi)} = \frac{R \cdot C}{R \sin \varphi} = \frac{C}{\sin \varphi}$$

აჩქარების პროექციები შესაბამის ღერძებზე უდრის

$$W_x = \frac{dV_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}, \quad W_y = \frac{dV_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2},$$

მაგრამ

$$V_x = \text{const},$$

მაშინ

$$W_x = 0$$

და

$$W_y = \frac{d}{dt} (C \cdot \text{ctg } \varphi) = -C \frac{1}{\sin^2 \varphi} \left(\frac{d\varphi}{dt}\right) = -\frac{C}{\sin^2 \varphi} \cdot \frac{C}{R \sin \varphi},$$

$$W = \frac{C^2}{R \sin^3 \varphi}.$$



ამგვარად, აჩქარება პირდაპირ პროპორციულია ელევატორის ხასობრივი სიჩქარისა და უკუპროპორციულია ვარსკვლავანას შემობრუნების კუთხისა.

ახლა განვსაზღვროთ  $A$  წერტილის მაქსიმალური აჩქარების მნიშვნელობა. ვარსკვლავანას შემობრუნების კუთხის  $\sin$ -ის მინიმალური მნიშვნელობა გვექნება ვარსკვლავანას ელევატორზე მოდების დასაწყისში, როცა  $\varphi$  მინიმალურია, მაგრამ არ უდრის  $0$ -ს; კუთხე  $\varphi_0$  განისაზღვრება სამკუთხედიდან  $OOM$ , სადაც

$$\sin \varphi_0 = \frac{r}{R}.$$

თუ ფორმულაში შევიტანთ  $\sin \varphi_0$ -ის მნიშვნელობას, გვექნება აჩქარების მაქსიმალური მნიშვნელობა

$$W_{max} = \frac{C^2}{R \left( \frac{r}{R} \right)^3} = \frac{C^2 R^2}{r^3};$$

ანალოგიურად

$$W_{min} = \frac{C^2}{R \cdot 1} = \frac{C^2}{R},$$

როცა  $\varphi = 90^\circ$ -ს.

განვსაზღვროთ იმ ნაწილაკის წონასწორობა, რომელიც იმყოფება მოქმედების ზონაში. ამისათვის განვიხილოთ, თუ რა ძალები მოქმედებენ იმ ნაწილაკზე, რომელიც იმყოფება  $A$  წერტილში (იხ. ნახ. 3).

$G = mg$  სხეულის წონაა  $N$  — ზედაპირის რეაქციის ძალა, ხახუნის ძალა და  $mW^2 R$  — სხეულის გადატანითი მოძრაობით გამოწვეული ინერციის ძალა.

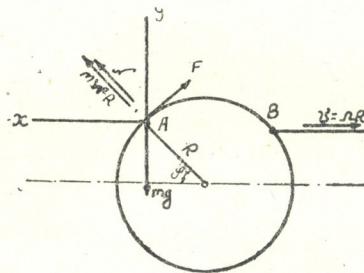
სხეულის შეფარდებითი უძრაობისათვის საჭიროა, რომ მასზე მოქმედი ძალების პროექციების ჯამი  $x$  და  $y$  ღერძებზე  $0$ -ის ტოლი იყოს. მივიღოთ, რომ  $x$  ღერძი მიმართულია ჰორიზონტალურად მარცხნივ, ხოლო  $y$  — ვერტიკალურად ზევით, მაშინ გვექნება

$$\begin{aligned} (mW^2 R + N) \sin \varphi + F \cos \varphi - mg &= 0, \\ -(mW^2 R + N) \cos \varphi + F \sin \varphi &= 0. \end{aligned}$$

ვიციტ, რომ ბერტყვის საწყისი მომენტი განისაზღვრება მასალისა და ელევატორის ტილოს ზედაპირს შორის კავშირის გაწყვეტით, ე. ი. ამ მომენტში არ გვექნება რეაქციის ძალა  $N$  და რადგან  $F = fN$ , მაშასადამე,  $F = 0$ .

მაშინ ტოლობა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$W^2 R \sin \varphi = g \text{ და } W^2 R \cos \varphi = 0.$$



ნახ. 3

პირველი ტოლობა განსაზღვრავს კავშირს კინემატიკური რეჟიმისას, მოწყვეტის ფაზასთან.

$$K = \frac{I}{\cos \varphi} = \frac{W^2 R}{g}$$

მეორე ტოლობა განსაზღვრავს მოწყვეტის ფაზის ყველაზე დიდ მნიშვნელობას, რომელიც შეესაბამება ყველაზე მაღალ წერტილს (A), მაგრამ ამ ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ

$$\cos \varphi = 0.$$

ამის შედეგად

$$\varphi = 90^\circ.$$

თუ  $\varphi$ -ს ამ მნიშვნელობას შევიტანთ ზემოთ მოყვანილ ფორმულაში, დავინახავთ, თუ როგორ კინემატიკურ რეჟიმზე ინარჩუნებს სხეული შეფარდებით უძრაობას, როცა ის იჭერს ყველაზე მაღალ მდგომარეობას ტილოზე. ასეთი კინემატიკური რეჟიმის მაჩვენებელი იქნება

$$K_1 = 1;$$

აქედან გამომდინარე, რომ მოხდეს მასალის ბერტყვა ტილოს ზედაპირიდან მისი მოწყვეტით, საჭიროა ვისარგებლოთ კინემატიკური რეჟიმით, რომლის მაჩვენებელია  $K_2 > 1$ -ზე.

$\varphi$ -ს უმცირესი მნიშვნელობა ვარსკვლავანას მოცემული ზომების ( $r_1$  და  $r_2$ ) დროს, როგორც ეს შეგვიძლია დავინახოთ სქემაზე (იხ. ნახ. 4), განისაზღვრება სიდიდით  $\varphi_0$ -ით შემდეგი შეფარდებით:

$$\sin \varphi_0 = \frac{r_1}{r_2}.$$

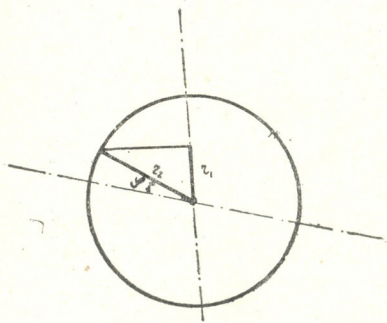
შეფარდება  $\frac{r_2}{r_1}$  აღვნიშნოთ  $m$ -ით;

მაშინ

$$\sin \varphi_0 = \frac{1}{m},$$

ან

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{1}{m}.$$



ნახ. 4

იმ ვარსკვლავანებისათვის, რომელთათვისაც  $m=2$ , გექნება:

$$\sin \varphi_0 = \arcsin \frac{1}{m} = \arcsin \frac{1}{2} = 30^\circ.$$

ამ კუთხის შემდეგ ტილო იცვლის მოძრაობის მიმართულებას და მკვეთრად იწევს ზევით. მაშინ იმ ტილოს მაჩვენებელი, რომლის ქროსაც მოწყვეტა მოხდება ელევატორის ტილოს აწევის საწყის მომენტში, განისაზღვრება ფორმულით

$$K_2 = \frac{I}{\sin \varphi_0} = \frac{I}{\sin 30^\circ} = \frac{I}{0,5} = 2.$$



ელევატორისაგან ნაწილაკის მოწყვეტა შეიძლება მოხდეს მაშინ, როდესაც ელევატორი იწყებს არათანაბარ მოძრაობას ზევით და მასზე მყოფი ნაწილაკის მიერ შექმნილი აჩქარების ვერტიკალური მდგენელი მეტია სიძიმის ძალის აჩქარებაზე, ე. ი.

$$W_y > g, \text{ ანუ } \frac{C^2}{R \sin^3 \varphi} > g.$$

ამ უტოლობიდან ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ ის მინიმალური ხაზობრივი სიჩქარე, რომელიც საჭიროა ნაწილაკის ელევატორიდან ასაღებად

$$C > \sqrt{g R \sin^3 \varphi}.$$

თუ საბერტყი ვარსკვლავანას რადიუსი  $R = 0,07$  მ და  $\varphi = 26^\circ 30'$ , მაშინ  $C > \sqrt{9,81 \cdot 0,07 \cdot 0,089} > 0,25$  მ/წამ., მაშასადამე, ჩვენ მიერ ექსპერიმენტული ვზით შერჩეული სიჩქარე დამაკმაყოფილებელია იმისათვის, რომ აღვიღო ჰქონდეს ბერტყვას.

კიდურა სექციების ნაბიჯის  $t = 56,2$  მმ-ს. სიგანე კიდურა სექციების (თვითთულის) 505 მმ უდრის (ე. ი. ორივე სექციისა 1010 მმ), რაც ტოლია კომბაინ „KOK-2“-ის გადამრჩევი ტრანსპორტიორის სიგანისა.

შუა სექციის სიგანე უნდა ავიღოთ მასზე გასატარებელი მასის მიხედვით, ე. ი. შემოსული ტუბერების რაოდენობის მიხედვით ვიღებთ 500 მმ-ს. მაშასადამე, მთლიანად ტრანსპორტიორის სიგანე უდრის 1510 მმ-ს.

ტრანსპორტიორის სიგრძის შერჩევასას მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის გარემოება, თუ რამდენი კაცი მუშაობს ერთდროულად გადამრჩევი ტრანსპორტიორზე. ექსპერიმენტით დადასტურდა, რომ თითოეულ მუშას ნორმალური მუშაობისათვის ესაჭიროება არანაკლებ 700 მმ-ისა. გარდა ამისა, ტრანსპორტიორის სიგრძის შერჩევასას უნდა გამოვიღოდეთ იმ მოსაზრებიდან, რომ ნიადაგის გაცხავება ელევატორზე ხდება ლოგარითმული მრუდის კანონით:

$$Q_1 = Q e^{-\alpha x},$$

სადაც  $Q$  ელევატორზე შემოსული მასაა,  $\alpha$  კოეფიციენტია, რომელიც დამოკიდებულია ნიადაგის სახისაგან და  $x$  ელევატორის სიგრძეა.

ზემოთ აღნიშნულის საფუძველზე მიზანშეწონილია ტრანსპორტიორის სიგრძე 4,9 მეტრს უდრიდეს.

ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგად შეგვიძლია გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

1. იმ რაიონებისათვის, სადაც ნიადაგი მძიმე მექანიკური შედგენილობისაა, არსებული კომბაინების „KOK-2“-ის და „KRP-2“-ის მუშაობა არაეფექტურია, რადგან ბუნებრივი კარტოფილის ტუბერებთან ერთად დიდი რაოდენობით მიდის მიწის გორბები;
2. უნდა გადაწყდეს გამარტივებული კონსტრუქციის კარტოფილის ამღები მანქანის შექმნის საკითხი ჩვენ მიერ რეკომენდებული გადამრჩევი ტრანსპორტიორით;
3. კარტოფილის ახალი კონსტრუქციის ამომთხრელი მანქანის შექმნამდე მტს-ებში ამჟამად არსებული კომბაინები შეიძლება გამოვიყენოთ მხოლოდ როგორც კარტოფილის ამომთხრელი მანქანები.

საქართველოს სსრ სოფლის მეურნეობის სამინისტროს მიწათმოქმედების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი გარდაბანი  
(რედაქციას მოუვიდა 28.1.1957)



0. დევიდარიანი

ჰიდროენერგოსისტემის რაციონალური სტრუქტურისა და  
ჰიდროელექტროსადგურების პარამეტრების განსაზღვრა

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზავრივემა 7.3.1957)

ჰიდროენერგოსისტემის სტრუქტურა უმთავრესად იმის მიხედვით განისაზღვრება, თუ რა მონაწილეობას იღებენ მასში სეზონური ჰესები. ჰიდროელექტროსადგურის არსებობა სისტემაში ჯარბი სეზონური გამომუშავებით განსაზღვრავს სისტემაში მარეგულირებელი ჰესების არსებობას (ე. ი. ელექტრულ კომპენსირებას), რომლებმაც ჰიდროენერგოსისტემაში უნდა შეასრულონ წამყვანი როლი.

სისტემაში შემაჯავლი ცალკეული ჰესების პარამეტრების განსაზღვრა შეიძლება მხოლოდ სისტემის, ე. ი. მასში შემაჯავლი ყველა ჰიდროელექტროსადგურის, განვითარების რაციონალური ზღვრების გამოკვლევის პროცესში.

ამ ზღვრების გამოკვლევა ხდება გარედან, მეზობელი სისტემიდან მიღებული მუდმივი  $\alpha$  ღირებულების ენერჯისთან შედარების გზით, რაც ტოლფასია დაშვებისა შემცველი ენერჯის გამოდენის შესახებ.

მარეგულირებელი და სეზონური ჰესებისაგან შემდგარი სისტემის განვითარების ზღვრულ შემთხვევებს წარმოადგენენ:

1. ზედა ზღვარი (ნახაზი 1, ფიგურა *a*). წყალდიდობის პერიოდში მუშაობენ მხოლოდ სეზონური სადგურები; მარეგულირებელი სადგური მთლიანად ჩერდება. ამ შემთხვევაში სისტემაში ადგილი აქვს სიმძლავრის მთლიან დუბლირებას და, მარეგულირებელი ენერჯის მოცემული რაოდენობისას, სეზონური ჰესების მაქსიმალურ შესაძლებელ გამომუშავებას.

სეზონური ჰესების სიმძლავრის შემდგომი ზრდა დაკავშირებულია გამომუშავების სეზონური მდგენელის გაზრდასთან. თანახმად ფიგ. *a* (ნახ. 1) ამ შემთხვევას შეესაბამება

$$v_3^I N_{cp}^I = \sum (v^i - v_0^i) N_{cp}^i; v_n^I = 0$$

სადაც  $N_{cp}^I$  - ით აღნიშნულია მარეგულირებელი ჰესის საშუალო მრავალწლიური სიმძლავრე,  $N_{cp}^i$  - ით კი აღნიშნულია იგივე, სეზონური ჰესებისათვის. ინდექსით *I* აღნიშნულია მარეგულირებელი ჰესი.

2. ქვედა ზღვარი. ფიგ. *b* ამ შემთხვევაში სეზონური ჰესის სიმძლავრე უახლოვდება უზრუნველყოფილ სიმძლავრეს და წყალსაცავიანი ჰესი მარეგულირებელიდან დარეგულირებულში გადადის, ე. ი.

$$v_3^I = \sum v_n^I$$

ცხადია, რომ ამ შემთხვევას შეესაბამება სეზონური ენერჯის მინიმალური რაოდენობა.

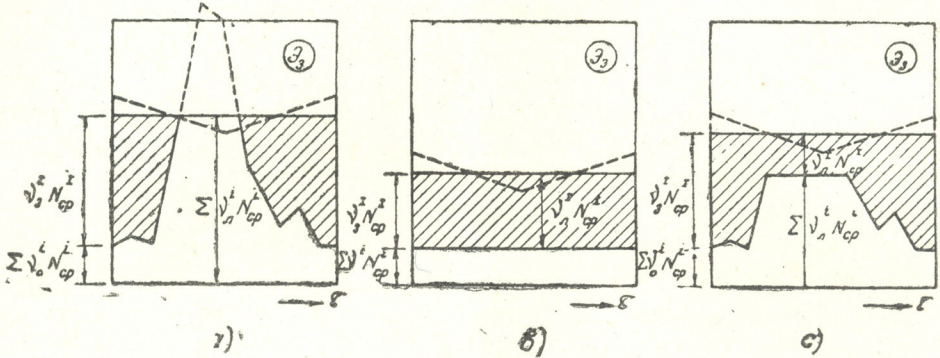




სისტემის მუშაობის ყველაზე საერთო შემთხვევას წარმოადგენს მუშაობის დროის შემთხვევა, როდესაც

$$v_3^I N_{cp}^I > \sum v_{\lambda}^I N_{cp}^I > 0$$

(ფიგ. *ა*). ამასთან წყალსაცავიანი ჰესი ნაწილობრივ მარეგულირებელი ხდება, ხოლო სეზონური ჰესები ზაფხულობით მუშაობენ მეტი სიმძლავრით; ამასთან  $v_3^I > v_{\lambda}^I$  ყველა პირობისათვის.



ნახ. 1. 1—პირველი ხდრული შემთხვევა, 2—მეორე ხდრული შემთხვევა, 3—გაცვლითი (შემცვლელი) ენერჯია

სისტემის ოპტიმალური სრუქტურის განსაზღვრისათვის და ამ სისტემაზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორების გამოსავლინებლად აუცილებელია გამოვყოთ, როგორც დერივაციის დანახარჯების დამოუკიდებელი ელემენტები, ძალოვანი კვანძებისა და დღელამური რეგულირების აუზების ღირებულება სეზონური ჰესებისათვის და წყალსაცავის ღირებულება მარეგულირებელი ჰესისათვის. ამასთან ხარჯებისათვის შესაბამისად მიღებულია შემდეგი აღნიშვნები:

$$I_{dep}^I; I_{cul}^I; I_{ber}^I; I_{sd}^I \text{ და } I^I.$$

სისტემის ოპტიმალურ სტრუქტურას უნდა შეესაბამებოდეს შემდეგი ფუნქციის ექსტრემალური მნიშვნელობა:

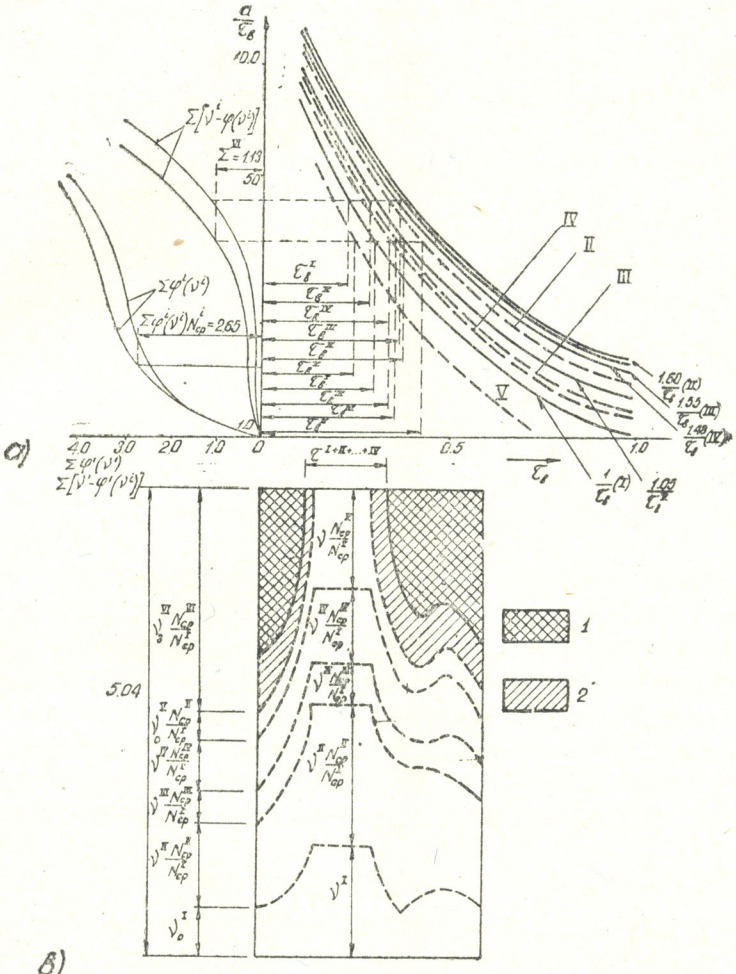
$$\Phi = s [v_3^I N_{cp}^I + \sum v_{\lambda}^I N_{cp}^I] T_0 - I_{sd}^I W^I - I^I v_3^I N_{cp}^I - \sum (I_{dep}^I \cdot v^I - I_{cul}^I \rho^I) N_{\phi}^I + \lambda [v_3^I N_{cp}^I - (\varphi^I (v_{\lambda}^I) - v_{\lambda}^I) N_{cp}^I], \quad (1)$$

სადაც  $\rho^I$ -ით აღნიშნულია ჰესის მუშა სიმძლავრე, ე. ი. ის სიმძლავრე, რომლითაც ის მონაწილეობს დატვირთვის დღელამური გრაფიკის დაფარვაში.

$W^I$  მარეგულირებელი ჰესის წყალსაცავის მოცულობა რეგულირების პირობების მიხედვით სეზონური ჰესების სიმძლავრის გრაფიკის საშუალებით შემდეგნაირად გამოისახება:

$$W^I = v_3^I - \varphi^{I+II+\dots+n} (v_3^I),$$

სადაც  $\varphi^{I+II+\dots+n}$  გამოსახავს ე. წ. შეჯამებულ ჰიდროგრაფს, რომელიც მიიღება ყველა სეზონური გრაფიკის ორდინატების შეჯამების გზით. ფიგ. ბ.



ნახ. 2

- 1—მარეგულირებელი წყალსაცავის მოცულობა
- 2—მარეგულირებელი ენერჯია

ნახ. 2-ზე წარმოდგენილია საქართველოს სსრ ენერგეტიკულ სისტემაში შემავალი ექვსი ჰიდროელექტროსადგურის ჯამური გრაფიკი.

უმრავლეს შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ, რომ შეჯამებული ჰიდროგრაფი არის დამოუკიდებელი ცვლადის  $\nu_3^I$  ფუნქცია.

სეზონურ ჰესებზე წლიური ჩამონადენის განაწილების მკვეთრი განსხვავების შემთხვევაში შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ ეს ჰიდროგრაფი აგრეთვე  $\nu_3^I$ -ზეა დამოკიდებული. ამ შემთხვევაში

$$\frac{\partial W^I}{\partial v^i_{\lambda}} \neq 0.$$

თუ მოვძებნით ფუნქციის კერძო წარმოებულებს და ნულს გავუტოვებთ, მივიღებთ შემდეგ საანგარიშო ფორმულებს:

$$I - \tau_3^{I+II+\dots+n} = \frac{sT_0 - \frac{II^I}{\Theta_2^I} - \frac{II^I}{\tau^i_{\lambda} \cdot \Theta^i_{\lambda}}}{I_{\theta\theta}^I} \quad (2)$$

$$\frac{II^I}{\tau^i_{\lambda} \cdot \Theta^i_{\lambda}} = \text{const}, \quad (3)$$

სადაც მე-(3) წარმოადგენს ფარდობითი რენტაბელობის პირობას.

წყალსაცავიანი და სეზონური ჰესების ჰიდროლოგიური რეჟიმების მკვეთრად განსხვავების შემთხვევაში კი, ე. ი. როდესაც

$$\frac{\partial W^I}{\partial v^i_{\lambda}} \neq 0,$$

გვექნება:

$$\frac{II^I}{\tau^i_{\lambda} \cdot \Theta^i_{\lambda}} - \frac{I_{\theta\theta}^I}{\tau^i_{\lambda}} \cdot \frac{\partial \varphi^{I+II+\dots+n}}{\partial v^i_{\lambda}} = \text{const}. \quad (4)$$

(4) პირობის პირველი წევრი წარმოადგენს წყალსაცავის მოცულობის დამატებით გამოდევნას, გამოწვეულს სეზონური და მარეგულირებელი ჰესების წლიური ჩამონადენების განაწილების დაუმთხვევლობით.

2, 3 და 4 განტოლებების დახმარებით შეიძლება გადაწყდეს ამოცანა სისტემის სტრუქტურის შესახებ წლიური ხარჯების მოცემული სიდიდის დროს. განტოლებების ამონხნა ხდება გრაფიკული წესით სპეციალური აგების საშუალებით. ნახ. 2, ფიგ. ა-ზე ნაჩვენებია ასეთი აგება ხუთი სეზონური ჰიდროელექტროსადგურის ჯგუფისათვის. ამ მიზნით აგებულა მრუდები  $\frac{a}{\tau^i_{\lambda}} = \frac{a}{\tau^i_{\theta}}$ .

ამ მრუდების გადაკვეთის წერტილები, შესაბამისად, ჰორიზონტალურ წრფეებთან განსაზღვრავენ იმ  $\tau^i_{\lambda}$  მნიშვნელობებს, რომლებიც აკმაყოფილებენ მე-(3) პირობას. შემდეგ ყოველი ასეთი წრფისათვის უნდა განვსაზღვროთ ყველა ჰესის ჯამური გამომუშავება —  $\sum \varphi^i(v^i_{\lambda})$  და მისი შესაბამისი მარეგულირებელი ენერჯიის აუცილებელი რაოდენობა. ეს მნიშვნელობები უნდა გადავზომოთ თითოეულ ჰორიზონტალურ წრფეზე ორდინატთა ღერძის მარცხნივ და ავაგოთ მრუდები

$$\frac{a}{\tau^i_{\lambda}} = f \sum \varphi^i(v^i_{\lambda}) \text{ და } \frac{a}{\tau^i_{\lambda}} = f' \sum [v^i_{\lambda} - \varphi^i(v^i_{\lambda})].$$

ჰორიზონტალური წრფე, რომლის მონაკვეთი ორდინატთა ღერძსა და

$$\frac{a}{\tau^i_{\lambda}} = f' \sum [v^i_{\lambda} - \varphi^i(v^i_{\lambda})]$$

მრუდს შორის არსებული მარეგულირებელი ენერჯის ტოლია, თითოეული ჰესისათვის შესაბამის ნრუდებთან გადაკვეთის წერტილებში იძლევა  $\tau'_n$  შესაბამის მნიშვნელობებს.

პირველ მიახლოებაში ანგარიში წარმოებს იმ თვალსაზრისით, რომ დღელამურ უთანაბრობას ადგილი არა აქვს, ე. ი.  $\Theta'_n = 1$ .

მეორე მიახლოებაში იგივე ანგარიში მეორდება დატვირთვის დღელამურ გრაფიკში ჰესების განაწილების შემდეგ.

ჰიდროელექტროსადგურებს შორის ჯაჭვური კავშირი განისაზღვრება შემდეგი დიფერენციალური განტოლებებით:

$$\frac{dV'_n}{dP'_n} = \Theta'_n - \Theta'_n{}^{i-1},$$

რომელთა რიცხვი ემთხვევა ჰესების რიცხვს დღელამურ გრაფიკში. ზაფხულის დღელამურ გრაფიკში ჰესები ნაწილდება ქვევიდან ზევით  $N'$  მნიშვნელობების შემცირებასთან ერთად.

თუ ამავე დროს ცალკეულ ჰესს აქვს დღელამური რეგულირების აუზები დერივაციის ბოლოში, მაშინ ამ ჰესებისათვის მე-3 პირობის მაგივრად გვექნება პირობა

$$\frac{I'_{den} \cdot \Theta'_n + I'_{cul}}{\tau'_n \cdot \Theta'_n} = \text{const},$$

სადაც  $I'_{den}$  და  $I'_{cul}$  წარმოადგენენ შესაბამის ხარჯებს დერივაციისა და ძალოვანი კვანძებისათვის.

ზემოთ აღნიშნული მეთოდის და ფორმულები გამოყენებულია რიგი ჰიდროენერგეტიკული სისტემების კონკრეტულ პირობათა მრავალრიცხოვანი ანგარიშების ჩასატარებლად.

ამ ანგარიშების საფუძველზე შესაძლებელი შეიქნა გამოგვეტანა ზოგიერთი განზოგადებული დასკვნა სისტემის სტრუქტურაზე სხვადასხვა ფაქტორის მოქმედების შესახებ.

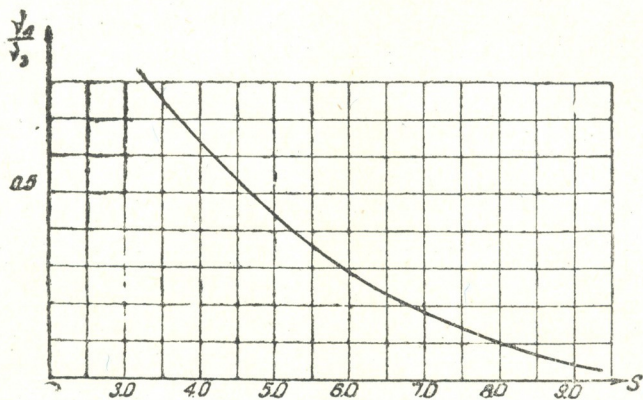
ჰესების საშუალო დღელამური სიმძლავრეები, რომლებიც განისაზღვრება ჩვენ მიერ რეკომენდებული მეთოდით, დამოკიდებულია დღელამური გრაფიკის სიმკვრივეზე.

დღელამური გრაფიკის დატვირთვის კოეფიციენტის შემცირებასთან ერთად, როდესაც ყველა სხვა დანარჩენი პირობა უცვლელი რჩება, მცირდება დღელამური რეგულირების ჰესების საშუალო დღელამური სიმძლავრეები, ხოლო იმ ჰესების საშუალო დღელამური სიმძლავრეები, რომელთაც დღელამური რეგულირება არ გააჩნიათ, პირუკუ, იზრდება.

ამას არ ითვალისწინებს მრავალი ავტორი. ისინი წინადადებას იძლევიან განისაზღვროს ჰესის მაქსიმალური მუშა სიმძლავრე მისი უბრალო განლაგებით დღელამურ გრაფიკში უცვლელი საშუალო დღელამური სიმძლავრის დროს.

სისტემის რეგულირება, რომელიც ხასიათდება  $\frac{v_n^I}{v_3^I}$  შეფარდებით, დიდად არის დამოკიდებული გაცვლითი ენერჯის ღირებულებაზე  $s$ .  $s$ -ის შემ-

ცირებასთან ერთად  $\frac{v_{\lambda}^I}{v_3^I}$  ფარდობა იზრდება, ე. ი. მარეგულირებელი ჰესის მუშაობა უახლოვდება დარეგულირებულ რეჟიმს (იხ. ნახ. 3).



ნახ. 3

ეს მაჩვენებელი დამოკიდებულია აგრეთვე დღელამური გრაფიკის სიმკვრივეზე, რაც ჩანს ნახ. 4-ზე, რომელზედაც ნაჩვენებია მრუდები

$$\frac{v_{\lambda}^I}{v_0^I} = f\left(\frac{I}{\zeta}\right);$$

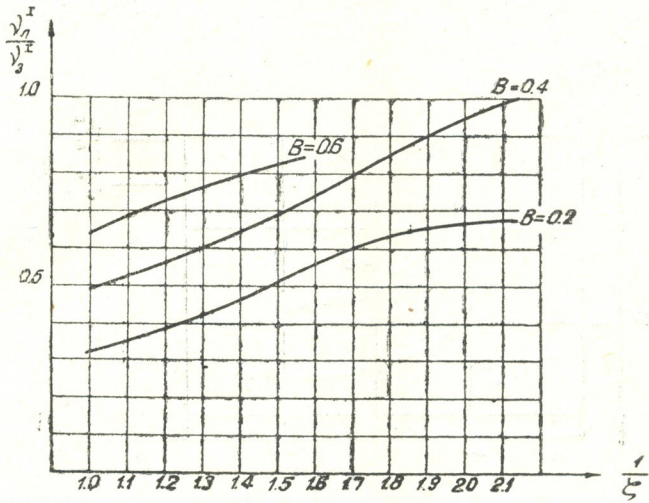
ჯ აქ არის დღელამური გრაფიკის დატვირთვის კოეფიციენტი ან მისი სიმკვრივის მაჩვენებელი. ამრიგად, დღელამური გრაფიკის სიმკვრივის შემცირებასთან ერთად, სხვა პირობების მუდმივობის დროს, უნდა შეიზღუდოს სეზონური ჰესების განვითარება სისტემაში. ეს მტკიცდება აგრეთვე მე-5 ნახაზით, სადაც მოცემულია სეზონური ჰესების სისტემაში მონაწილეობის მაჩვენებლის  $K$ -ს დღელამური გრაფიკის სიმძლავრისაგან დამოკიდებულების მრუდები.

როგორც ნახაზიდან ჩანს,  $K$  მაჩვენებელი საკმარისად დიდ ფარგლებში იცვლება (10-დან 25%-მდე), ამასთან ამ ფარგლების საზღვრები დამოკიდებულია  $\frac{I_{გდ}}{sT_0} = B$ -ის მნიშვნელობისაგან, ე. ი. მარეგულირებელი ჰესის წყალსაცავის ფარდობითი ღირებულებისაგან.

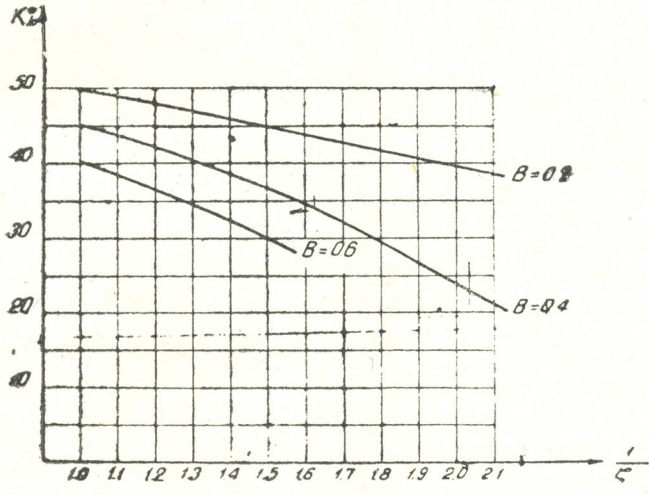
ამრიგად, დღელამური გრაფიკის სიმკვრივის შემცირებასთან ერთად სისტემის სტრუქტურა უახლოვდება მეორე ზღვრულ სქემას (ნახ. 1. ფიგ. 2) და სეზონური ჰესები მონაწილეობენ სისტემაში იმ სიმძლავრეებით, რომლებიც მცირედ განსხვავდება უზრუნველყოფილი სიმძლავრეებისაგან.

სისტემის განვითარება შეიძლება მიმდინარეობდეს არამართო ურთიერთმარეგულარებელი სეზონური და მარეგულირებელი ჰესების მშენებლობის გზით, არამედ საკუთარწყალსაცავიანი დარეგულირებული ჰესების განვითარების გზითაც.

ამ მიმართულებით ჩატარებულმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ამ შემთხვევაში ჰესის პარამეტრების განსაზღვრისათვის ძალაში შედის დამოკიდებულება



ნახ. 4



ნახ. 5

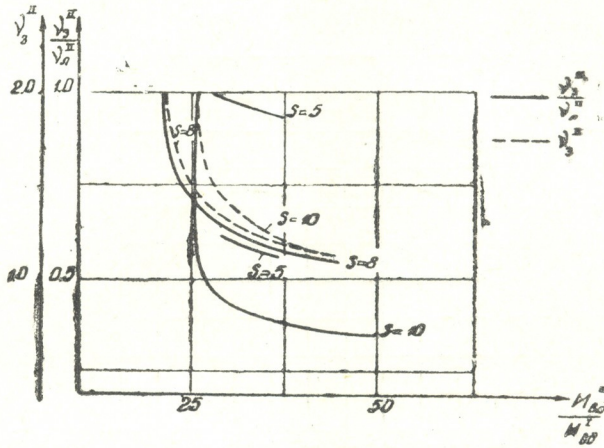
$$I - \tau_3^I = \frac{sT_0 - H^I \cdot \frac{\tau_3^I}{\tau_{\lambda}^I} \cdot \frac{\Theta_3^I}{\Theta_{\lambda}^I}}{H_{\text{გდ}}^I - H_{\text{გდ}}^I}$$

სადაც  $H_{\text{გდ}}^I$  არის სეზონური ჰესისათვის საჭირო წყალსაცავის ხარჯები.

ნახ. 6-ზე მოყვანილია  $v_3^I$  და  $\frac{v_3^I}{v_{\lambda}^I}$  დამოკიდებულების მრუდები,  $\frac{H_{\text{გდ}}^I}{H_{\text{გდ}}^I}$  შეფარ-



დებისაგან, რომლებიც გვიჩვენებენ, რომ რაც მეტია  $s$ , მით უფრო ხელსაყრელი ხდება წყალსაცავების მოწყობა, თუნდაც მაღალი ხვედრითი ღირებულების დროს. ანგარიშებმა გვიჩვენა, რომ დღელამური არათანაბრობის შემთხვევაში ამ მდგომარეობის მნიშვნელობა უფრო ღრმავდება.



ნახ. 6

ამავე დროს დღელამური გრაფიკის სიმკვრივის შემცირების შემთხვევაში შეიძლება გამართლებულ იქნეს  $\frac{I_{60}^I}{I_{60}^I}$  ფარდობის უფრო დიდი მნიშვნელობები.

ამრიგად, სისტემის განვითარების თანამიმდევრობა შეიძლება რამდენადმე დაკავშირებულ იქნეს დატვირთვის ზრდის ხასიათთან.

თუ დღელამური გრაფიკის სიმკვრივე დატვირთვის ზრდასთან ერთად მცირდება, მაშინ აუცილებელია პირველ რიგში შეყვანილ იქნეს სისტემაში დარეგულირებული ჰესები.

საწინააღმდეგო შემთხვევაში შეიძლება გამართლებულ იქნეს სეზონური და მარეგულირებელი ჰესების პარალელური მშენებლობა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. დიდებულის სახელობის

ენერგეტიკის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 8.3.1957)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. М. А. Мостков. Введение в системную гидроэнергетику. Изд-во АН ГССР, Тбилиси, 1954.
2. Ю. С. Девдариани. О выборе параметров деривационных гидроэлектростанций, работающих с суточной нервномерностью. Труды Ин-та энергетики, т. VII, 1953-

სამომო სამუშაო

ზ. ონიანი

## ღერძული ვენტილატორების მუშაობაზე მიმმართველი აპარატების ბავშვების უმცირესობა

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. გედევანიშვილმა 8.1.1957)

მთავარი განიხილების საშესტო ვენტილატორების ექსპლუატაციის ერთ-ერთ ძირითად საკითხს მათი რეგულირება წარმოადგენს. ამ ვენტილატორების კერძოდ კი ღერძულს, რეგულირების ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენენ მიმმართველი აპარატები, რომელთა გავლენა ვენტილატორების მუშაობაზე, მიუხედავად იმისა, რომ ამ მიმართულებით დღემდე ჩატარებულია რიგი კვლევები, ჯერ კიდევ სათანადოდ არ არის შესწავლილი. ჩვენ შევეცადეთ მცირედნი წვლილი შეგვეტანა აღნიშნული საკითხის გაშუქებაში და დაგვედგინა ორსაფეხურიანი ღერძული ვენტილატორების რეგულირების შესაძლებლობა მხოლოდ წინა მიმმართველი აპარატებით. სამუშაო ჩატარებულია ა. ძიძიგულის ხელმძღვანელობით.

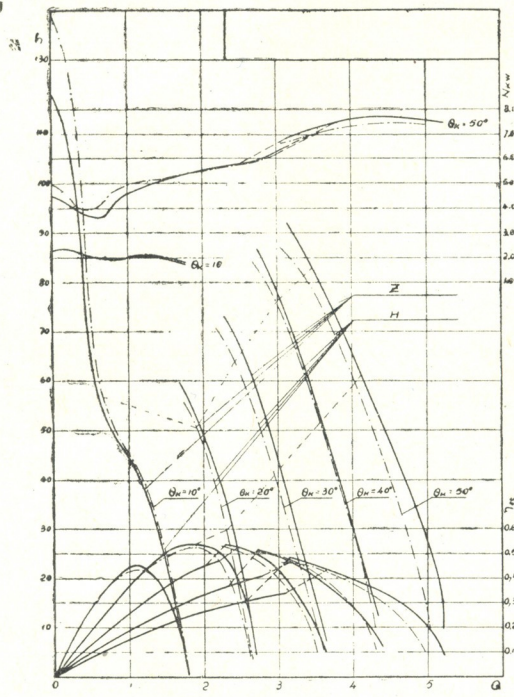
ექსპერიმენტები ჩატარდა საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ლითონისა და საითო საქმის ინსტიტუტის სამთო განყოფილების საცდელ დანადგარზე. იგი შედგება ოთხი ორსაფეხურიანი ღერძული ვენტილატორისაგან შუალედი და ბოლო გამმართველი აპარატებით. მუშა თვლის დიამეტრი  $D=0,6$  მ., განყენებული დიამეტრი  $d=0,7$ , ფრთათა რიცხვი  $Z_k=16$ , გამმართველი აპარატის ნიჩბების რიცხვი  $Z_c=15$ , ნიჩბების დაყენების კუთხე  $\theta_c=-15^\circ$ . გამოიცადა ორი ვენტილატორი, ნიჩბების ერთდროულად შემოსაბრუნებელი მექანიზმის მქონე წინა მიმმართველი აპარატებით. მიმმართველი აპარატის მილისის დიამეტრი მუშა თვლის მილისის დიამეტრის ტოლია, ნიჩბების რიცხვი  $Z_H=15$  (ნიჩბები გათვლილია ცაგის მეთოდით). მიმმართველი აპარატის ნიჩბების დაყენების კუთხის ათვლის საწყისად მიღებულია ის მდგომარეობა, როდესაც ადგილი არ აქვს ჰაერის ნაკადის დაგრესას ( $\theta_H=0^\circ$ ). ნიჩბების დაყენების ის კუთხეები, რომლის დროსაც ნაკადი იგრძნობა მუშა თვლის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით, აღინიშნება (+) ნიშნით, ხოლო კუთხეები, რომლის დროსაც გრესა ხდება მუშა თვლის ბრუნვით მიმართულებით (-) ნიშნით.

ნახაზების ორდინატთა ღერძზე გადაზომილია სტატიკური დაწნევა  $h$  წყ. სვ. მმ-ში, ხოლო აბსცისათა ღერძზე ვენტილატორის წარმადობა  $Q$  მ<sup>3</sup>/წამ-ში. დაწნევითი მახასიათებლები მოცემულია მუშა თვლის ფრთებისა და მიმმართველი აპარატის ნიჩბების სხვადასხვა  $\theta_K$  და  $\theta_H$  კუთხეებისათვის. ნახაზებზე  $Z$ -ით აღნიშნულია უმიმმართველაპარატო, ხოლო  $H$ -ით მიმმართველაპარატის ვენტილატორის დაწნევითი მახასიათებლები.

ნახ. 1-ზე მოცემულია პირველი ვენტილატორის მახასიათებლები მიმმართველი აპარატის გარეშე (მთელი ხაზები) და მიმმართველი აპარატით (წყვეტილ-წერტილოვანი ხაზები) ნეიტრალურ მდგომარეობაში ( $\theta_H=0^\circ$ ).



ნახ. 2, 3, 4, 5 და 6-ზე მუშა თვლის ფრთების დაყენების სხვადასხვა კუთხისათვის მოცემულია პირველი ვენტილატორის მიმმართველი აპარატით რეგულირების მრუდები. მათზე წყვეტილი ხაზით შემოსაზღვრულია რაციონა-



ნახ. 1. პირველი ვენტილატორის მახასიათებლები მიმმართველი აპარატით და მის გარეშე, სხვადასხვა  $\theta_k$ -ს დროს

ლური რეჟიმების ფარგლები, რომელთა საშუალებით გამოითვლება წნევისა და დებიტის რეგულირების სიღრმეები. რაციონალური რეჟიმების ქვედა ზღვრად აღებულია 0,8  $\eta$  სტ. მაქს. თანამედროვე ღერძული ვენტილატორების (K-06) ანალოგიურად, სადაც 0,8  $\eta$  სტ. მაქს. შეადგენს არა ნაკლებ 0,6-სა, რაც წარმოადგენს საშახტო ვენტილატორების ეკონომიური მუშაობის ქვედა ზღვარს.

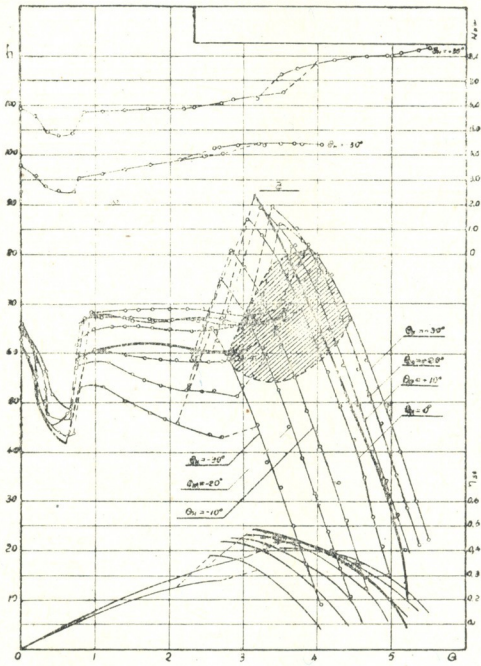
მიღებული მრუდების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ნეიტრალურ მდგომარეობაში დაყენებული მიმმართველი აპარატი საგრძნობ გავლენას არ ახდენს ვენტილატორის მუშაობაზე (დაწნევითი მახასიათებლები გადაადგილდება მარცხნივ და ქვევით და თითქმის ინარჩუნებენ თავიანთ ფორმას)<sup>(1)</sup>.

მუშა თვლებში ჰაერის ნაკადის შესვლის სიმეტრიულობის დარღვევისა და მიმმართველი აპარატის დროსელური ეფექტის გამო ადგილი აქვს სტატიკური

(1) გამონაკლისს შეადგენს დაწნევითი მახასიათებელი  $\theta_k = 10^\circ$ -ის დროს. ამ შემთხვევაში მახასიათებელი ოდნავ გადაადგილებულია ზევით, რაც, ჩვენი აზრით, იმით აიხსნება, რომ მიმმართველი აპარატის არარსებობისა და მცირე დებიტების დროს ნაკადის გრეხა აღწევს გაზომვის კვეთამდე. მანძილი ვენტილატორსა და გაზომვის კვეთს შორის უდრის ხუთ დიამეტრს.

მ. ქ. კ-ის (მარგი ქმედების კოეფიციენტის) უმნიშვნელო შემცირებას. ვენტილატორის მუშაობაზე საგრძნობ გავლენას ახდენს მიმართველი აპარატის ნიჩბების შემობრუნება ორივე მიმართულებით ( $+\Theta_H$  და  $-\Theta_H$ ) და ეს გავლენა მუშათვის ფრთების დაყენების სხვადასხვა კუთხისათვის სხვადასხვაა. მაქსიმალურ აბსოლუტურ გავლენას ადგილი აქვს  $\Theta_K=50^\circ$  დროს, ხოლო მაქსიმალურ ფართობით გავლენას — როცა  $\Theta_K=20-30^\circ$ -სს.

$\Theta_K = 50^\circ$  დროს სტატიკურ მ. ქ. კ-ს მაქსიმალური მნიშვნელობა აქვს, როდესაც მიმართველი აპარატი დაყენებულია ნეიტრალურ მდგომარეობაში. ამ შემთხვევაში ნაკადის ნებისმიერი მიმართულებით დაგრეხა იწვევს

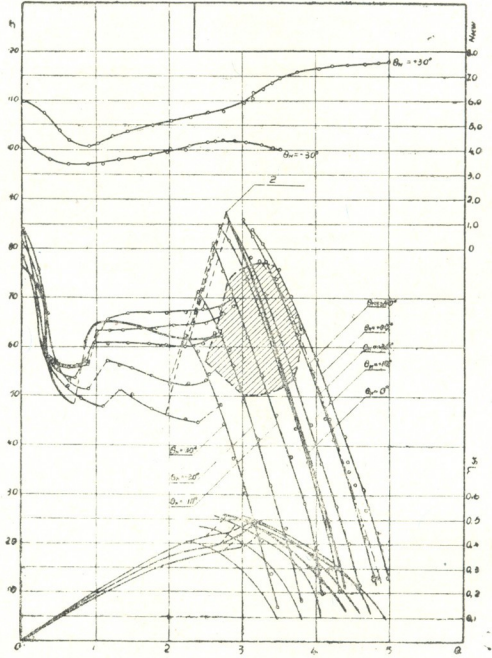


ნახ. 2. პირველი ვენტილატორის მახასიათებლები სხვადასხვა  $\Theta_H$ -სათვის,  $\Theta_K=50^\circ$ -ის დროს

სტატიკური მ. ქ. კ-ის შემცირებას. მუშა თვის ფრთების დაყენების სხვა კუთხეების დროს მ. ქ. კ-ის ასეთ ცვალებადობას ადგილი არ აქვს; პირუკუ,  $\Theta_K$  შემცირებისა და მუშა თვის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით ნაკადის დაგრეხისას სტატიკური მ. ქ. კ. იზრდება  $\Theta_H$ -ის გარკვეულ მნიშვნელობამდე. როდესაც  $\Theta_K=30^\circ$ , ხოლო  $\Theta_H=+10^\circ$ , სტატიკური მ. ქ. კ-ის მნიშვნელობა მეტია, ვიდრე მიმართველი აპარატის გარეშე, და მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს, როცა  $\Theta_H=+20^\circ$ . თითქმის ანალოგიურ მდგომარეობას აქვს ადგილი, როდესაც  $\Theta_K=20^\circ$ -სს.

ჩვენი აზრით, სტატიკური მ. ქ. კ-ის ასეთი ცვალებადობა გამოწვეულია ორი მიზეზით: ჯერ ერთი, შეტევის  $\alpha$  კუთხის გადიდება იწვევს ფრთის ამ-

წვევი ძალის  $C$ , და შუბლური წინაღობის ძალის  $C_x$  კოეფიციენტების უთანაბრო მატებას და, მეორეც, იმით, რომ  $\alpha$ -ს ზრდა  $\Theta_K$  მუდმივი სიდიდის დროს გვაძლევს მოდინების  $\beta$  კუთხის შემცირებას, რაც თავის მხრივ იწვევს წვევის ძალის მატებას და ვენტილატორის ბრუნვის წინაღობის ძალის კლებას. როგორც ცნობილია,  $\alpha$ -ს ზრდით ფრთის ხარისხი, რომელიც პირდაპირ და-მოკიდებულებაშია ვენტილატორის მ. ქ. კ-თან, იზრდება გარკვეულ მნიშვნელობამდე, რომლის შემდეგ  $\alpha$ -ს მატება უკანასკნელის შემცირებას იწვევს.  $\alpha$  კუთხის იმ მნიშვნელობებისათვის, რომლებიც უახლოვდებიან მის კრიტიკულ სიდიდეს ( $\Theta_K = 50^\circ$ ),  $\beta$ -ს შემცირების შედეგად მიღებული მ. ქ. კ. ზრდა ნაკ-



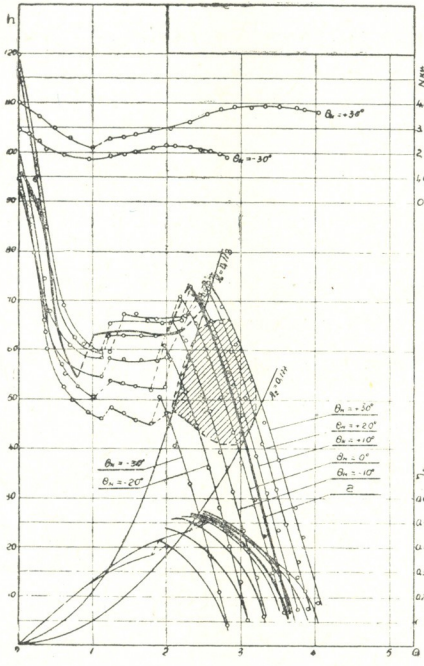
ნახ. 3. პირველი ვენტილატორის მახასიათებლები სხვადასხვა  $\Theta_H$ -სათვის,  $\Theta_K = 40^\circ$ -ის დროს

ლებია ფრთის ხარისხის გაუარესებით გამოწვეულ მის შემცირებაზე, რაც საბოლოო ანგარიშით ვენტილატორის მ. ქ. კ. დაცემას იწვევს.  $\alpha$ -ს მცირე მნიშვნელობებისას მისი ზრდა  $\beta$ -ს შემცირებასთან ერთად აღუძობებს ფრთის ხარისხს, რაც საგრძნობლად ზრდის მ. ქ. კ-ს.

მუშა თვლის ფრთების დაყენების ანებისმიერი კუთხის დროს  $\Theta_H$ -ის გადიდება  $+30^\circ$ -მდე იძლევა დაწნევისა და ქსელიდან წაღებული სიმძლავრის ზრდას, ხოლო  $+30^\circ$ -ზე ზევით სიმძლავრის შეუწყვეტილი მატებისას დაწნევა იწყებს კლებას, რაც იწვევს მ. ქ. კ-ის სწრაფ შემცირებას. (ნახ. 3).  $\Theta_H$ -ის შემცირება  $-30^\circ$ -მდე ამცირებს დაწნევასა და სიმძლავრეს, ხოლო  $-30^\circ$ -ზე ქვევით სიმძლავრე თითქმის წყვეტს კლებას დაწნევის შეუწყვეტილ შემცირებისას, რაც აგრეთვე იძლევა მ. ქ. კ-ის საგრძნობ დაცემას. როგორც ნახაზებიდან ჩანს, ყველა შემთხვევაში, როდესაც კი ადგილი აქვს ნაკადის ბრუნვის მი-

მართულებით დაგრეხას, მიიღება მ. ქ. კ-ის შემცირება. ამრიგად, მიმართველი აპარატის ნიჩბების დაყენების რაციონალურ კუთხეებად უნდა ჩავთვალოთ კუთხეები  $-30^\circ$ -დან  $+30^\circ$ -მდე; ამ ფარგლებში მიმართველი აპარატის მარეგულებელი ეფექტი სჭარბობს მის დროსელურ ეფექტს.

ლიტერატურული მონაცემების ცდების შედეგებთან შედარება გვიჩვენებს: 1) მიმართველი აპარატის ფრთების შემობრუნებით მახასიათებლების ცვალებადობის მიღებული კანონი არ არის მსგავსი მუშა თვლის ფრთების შემობრუნებით მიღებული სურათისა<sup>(1)</sup>. ეს აიხსნება იმით, რომ ნებისმიერი  $\Theta_K$ -ს დროს  $\Theta_H$ -ის გაზრდით მეზობელ მახასიათებლებს შორის ინტერვალი თანდათან



ნახ. 4. პირველი ვენტილატორის მახასიათებლები სხვადასხვა  $\Theta_H$ -სათვის  $\Theta_K=30^\circ$ -ის დროს

მცირდება და როცა  $\Theta_H > +30^\circ$ , მახასიათებელი შედის არსებული მახასიათებლების ფარგლებს შიგნით.  $\Theta_H$ -ის შემცირებისას კი მეზობელ მახასიათებლებს შორის ინტერვალი დიდდება. გარდა ამისა, მუშა თვლის ფრთების და მიმართველი აპარატის ნიჩბების შემობრუნებით მიღებული მ. ქ. კ-ის ცვალებადობის კანონები, როგორც ეს ნახაზებიდან ჩანს, ერთმანეთისაგან განსხვავდება. 2) ღერძული ვენტილატორების მიმართველი აპარატებით რეგულირებისას მეტი ეფექტი მიიღება არა რეგულირებით ქვევით, როგორც ლიტერატურაშია მოცემული [4], არამედ ზევით რეგულირებით, რადგან ამ დროს უმრავლეს-

(<sup>1</sup> ა. ბიკოვის აზრით [1], მახასიათებლების ცვალებადობის კანონები მსგავსი არიან.

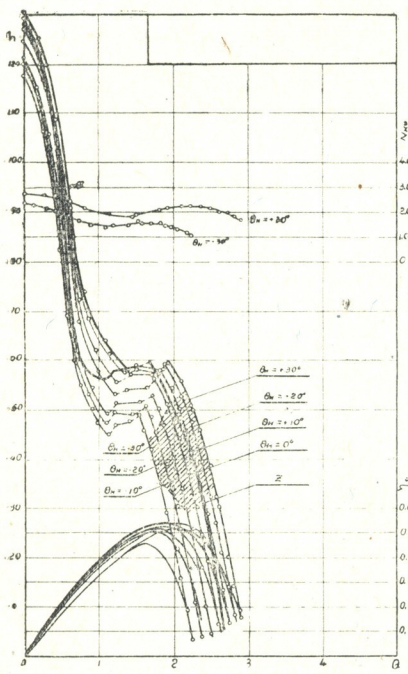


შემთხვევაში მიიღება სტატიკური მ. ქ. კ-ის ზრდა. 3)  $k$ —06 ორსაფეხურის ღერძული ვენტილატორის დაწნევის მიხედვით რეგულირების ეფექტური სიღრმე ( $e$ ), ი. კერსტენის მონაცემების მიხედვით,  $\Theta_K=25-45^\circ$ -ის დროს უდრის 60—70%-ს, ხოლო საცდელი ვენტილატორისათვის სხვადასხვა  $\Theta_K$ -სას აქვს შემდეგი მნიშვნელობა.

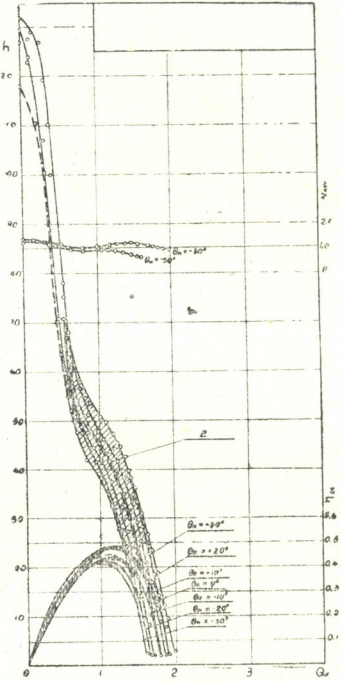
$$\Theta_K = 50^\circ - e = 31,6\%; \quad \Theta_K = 40^\circ - e = 34,4\%; \quad \Theta_K = 30^\circ - e = 38,8\%;$$

$$\Theta_K = 20^\circ - e = 44,4\% \text{ და } \Theta_K = 10^\circ - e = 39,6\%.$$

$K$ —06 და საცდელი ვენტილატორების რეგულირების სიღრმეებს შორის ეს დიდი განსხვავება აიხსნება: 1)  $K$ —06 ვენტილატორის კარგი კონსტრუქციული და აეროდინამიკური შესრულებით, 2) მასშტაბური ფაქტორით ( $K$ —06



ნახ. 5. პირველი ვენტილატორის მახასიათებლები სხვადასხვა  $\Theta_K$ -სათვის,  $\Theta_K = 20^\circ$ -ის დროს



ნახ. 6. პირველი ვენტილატორის მახასიათებლები სხვადასხვა  $\Theta_K$ -სათვის,  $\Theta_K = 10^\circ$ -ის დროს

ნატურალური ზომებისაა.  $D=1,8$  მ) და იმით, რომ  $k$ —06-ის შემთხვევაში ეფექტური რეჟიმების ქვედა ზღვარი აღებულია დანადგარის მ. ქ. კ-ის, ხოლო ჩვენს შემთხვევაში სტატიკური მ. ქ. კ-ის მიხედვით; 3) იმით, რომ  $k$ —06-ის რეგულირება ხდება ორივე მიმართველი აპარატით, მაშინ როდესაც საცდელი ვენტილატორის რეგულირება წარმოებდა მხოლოდ წინა მიმართველი აპარატით. ორივე აპარატით რეგულირება, მართალია, უმნიშვნელოდ, მაგრამ მაინც აუმჯობესებს მუშა თვლებში ნაკადის შესვლის სიმეტრიულობას.

ანალოგიური ცდები ჩატარდა საცდელი დანადგარის მეორე ვენტილატორზეც. ცდების შედეგები ემთხვევა მოყვანილს. განსხვავება მხოლოდ ისაა, რომ მეორე ვენტილატორისათვის რეგულირების მაქსიმალური სიღრმე ( $\epsilon=50\%$ ) მიღებულია  $\Theta_K=30^\circ$ -ის დროს.

### დასკვნები

1. ვენტილატორის წინ მიმმართველი აპარატის დაყენებით, რომლის ნიჩბებიც ნეიტრალურ მდგომარეობაშია, დაწნევეთი მახასიათებლები გადაადგილება მარცხნივ და ქვევით, ხოლო მ. ქ. კ. უმნიშვნელოდ მცირდება.
2. მიმმართველი აპარატის ნიჩბების შემობრუნებით შეიძლება მივადწიოთ დაწნევეთი მახასიათებლების საგრძნობ გადაადგილებას, რომელიც მით უფრო მეტია, რაც უფრო დიდია მუშა თვლის ფრთების დაყენების კუთხე.
3. მუშა თვლის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმმართულებით ნაკადის დაგრეხისას სტატიკური მ. ქ. კ. იზრდება გრეხის სიჩქარის გარკვეულ მნიშვნელობამდე; რაც ნაკლებია  $\Theta_K$ , მით მეტია გრეხის სიჩქარის ის ზღვრული მნიშვნელობები, რომლებამდეც ადგილი აქვს მ. ქ. კ.-ის ზრდას, ამიტომ ზევით რეგულირება უფრო ეფექტურია ქვევით რეგულირებაზე.
4. მუშა თვლის ფრთების დაყენების კუთხის ცვალებადობით იცვლება რეგულირების ეფექტური სიღრმე და მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს, როცა  $\Theta_K=20-30^\circ$ .
5. ვენტილატორის მუშაობა ყველაზე ეკონომიური და ეფექტურია  $\Theta_K=30^\circ$ -ის დროს.
6. მხოლოდ წინა მიმმართველი აპარატით შეიძლება განვახორციელოთ ორსაფეხურიანი ღერძული ვენტილატორის საკმაოდ დრმა და ეფექტური რეგულირება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ლითონისა და სამთო საქმის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 8.1.1957)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Г. Бычков. Осевые вентиляторы ЦАГИ серии В. Труды ЦАГИ, Выпуск 463, Москва, 1940.
2. Е. Я. Юдин. Осевые вентиляторы К—06 (Аэродинамические схемы и характеристики). Промышленная аэродинамика. Сборник № 6. Бюро научной информации, Москва, 1955.
3. И. О. Керстен. Аэродинамические испытания осевого двухступенчатого вентилятора ЦАГИ К—06. Промышленная аэродинамика. Сборник № 6, Бюро научной информации, Москва 1955.
4. В. С. Пак и В. Г. Гейер. Рудничные вентиляторные и водоотливные установки. Углетехиздат. 1955.
5. В. С. Пак. Осевые вентиляторы для проветривания шахт. Углетехиздат. Москва, 1948.
6. К. А. Ушаков, В. И. Поликовский, М. И. Невельсон и М. П. Татариннов. Рудничные вентиляторные установки. ГОНТИ НКТП СССР. 1938.

## ბოტანიკა

ა. შენგელია

კაპადოკიური კათალიკოზა როგორც დეკორატიული  
მებაღეობის ობიექტი

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. კოლაკოვსკიმ 12.11.1956)

გვარ *Omphalodes* Moench-ის ერთ-ერთ ყველაზე დეკორატიულ სახეობად ითვლება კაპადოკიური კათალიკოზა—*Omphalodes cappadocica* (W) DC., რომელსაც ახასიათებს ადრე გაზაფხულიდანვე საკმაოდ ხანგრძლივი ყვავილობის პერიოდი (80—90 დღე). ეს მცენარე ივითარებს უამრავ ფესვთანურ ფოთოლს, რომლებიც თითქმის მთელი წლის განმავლობაში ეფექტს იძლევა.

გვარი *Omphalodes* Moench ეკუთვნის *Borraginaceae*-ს ოჯახს და აერთიანებს 30-მდე სახეობას, რომლებიც შემდეგ გეოგრაფიულ ჯგუფებს ეკუთვნიან: 1. ევრო-კავკასიური, 2. ჩრდილოამერიკული (ძირითადად მექსიკური) და 3. აღმოსავლეთაზიური.

კაპადოკიური კათალიკოზა ბუნებრივ პირობებში გვხვდება კავკასიასა და მცირე აზიაში (ჭანეთი, კაპადოკია); იგი მრავალწლიანი ბალახოვანი მცენარეა 15—40 სმ-მდე სიგრძის ღეროთი; ახასიათებს საკმაოდ გრძელი ფესურა და მრავალი დამატებითი ფესვი; ფესურა წვერზე დატოტვილია და ტოტების ბოლოებზე ივითარებს 10—25 (5)-მდე ფოთლის როზეტს. როზეტები მრავალფოთლიანია; როზეტის ფოთლები 18 სმ-მდე სიგრძისაა. ფოთლის ფირფიტა მოგრძო კვერცხისებრი ფორმისაა, წაწვეტებული, ძირთან გულისებრი, მწვანე, ორივე მხარეზე შებუსვლილი მიტკეცილი ბეწვებით; ღეროსეული ფოთლები მორიგეობითია, რიცხვით 4—8, მოგრძო კვერცხისებრი, ორივე მხარეს მიტკეცილია ბეწვით, ღეროსეული ქვედა ფოთლები მოკლეყუნწიანია, ზედამჯდომარეა, 2—4 სმ სიგრძისა და 1—2 სმ სიგანისა. ყვავილენი სწორმდგომია, გრძელი, 18 სმ-მდე სიგრძის მტევანია; ქვედა ყვავილები გრძელ (2 სმ-მდე სიგრძის) ყუნწებზე სხედან, ზედა — 1 სმ-მდე ნაყოფობისას ყველა ყვავილი თავდახრილია; ჯამი 1—1,5 სმ-მდე დიამეტრისაა, განკვეთილია 2/3-მდე; ჯამის

(<sup>1</sup> *O. Cappadocica* მებაღეობის ლიტერატურაში აღნიშნულია როგორც დეკორაციული მცენარე. მისი შესწავლა პირველად სოხუმის ბოტანიკურ ბაღში დაიწყო ვ. იაბროვა-კოლაკოვსკაიმ 1946 წელს.

კბილები მოგრძო კვერცხისებრია ან ლანცეტა, ძირში სამკუთხა ფორმის, შე-  
 ბუსვილია ხშირი მიტოქონდრიული ბეწვებით და ნაყოფობისას 2 სმ-მდე დიდდება  
 დიამეტრში; გვირგვინი ცისფერია, მოკლე მილით და 10—15 სმ დიამეტრის  
 ბორბლისებრი გადანაღუნით; გვირგვინის ფურცლები მომრგვალო კვერცხი-  
 სებრია; ხახა შებუსვილია საწოვრისმაგვარი ბეწვებით. ნაყოფი კაკლუჭაა, 3 მმ-  
 ცნდე სიგრძის, სამკუთხა, კვერცხისებრი, კიდეაშიანი, მოფენილია კბილე-  
 ბით, დისკო შიშველია, გლუვი, სვეტი შიშველია, აღჭურვილია პატარა ზომის  
 შებრტყელებული დინებით.

აღმონაცენს ლებანქვეშა მუხლი კარგად აქვს გამოსახული, რომელიც I-ს  
 მოყვანილობისაა, ყავისფერია, შემდეგ შავდება და 3—4 მმ სიგრძისაა. ლებნის  
 ფოთლები ზედაპირზე აღმოცენდება მეხუთე დღეს, თითქმის მომრგვალებუ-  
 ლია, მწვანე 8 მმ დიამეტრის და ღარიან 5 მმ სიგრძის ყუნწებზე სხედან. რო-  
 ზეტის ფოთლების აღმოცენების 30 დღის შემდეგ ლებნის ფოთლები ჭკნება.  
 პირველი ფოთოლი გამოჩნდება მეშვიდე დღეს, იგი თითქმის ოვალურია,  
 კვერცხისებრია ან მოგრძო კვერცხისებრი, თავში წვეტიანი და მომრგვალებუ-  
 ლი ძირით, მწვანეა, ხშირშებუსვილი, 12 მმ სიგრძისა და 7 მმ სიგანისა, 7 მმ  
 სიგრძის ყუნწებზე სხედან. 15 დღის შემდეგ შემოკლებულ ყლორტებზე ვი-  
 თარდება როზეტი, რომელიც შედგება 5—6 ნორჩი ფოთლისაგან. მთავარი  
 ფესვი ძლიერ წვრილია, 25—30 მმ სიგრძისაა და ბოლოში ოდნავ დატოტვილია.  
 15 დღის მცენარეს ფესვთა სისტემა კარგად აქვს განვითარებული და წარმოდ-  
 გენილია 3—5 დამატებითი ფესვით. ამ დროისათვის მთავარი ფესვი სიგრძით  
 4 სმ-მდეა. როდესაც მცენარეს 6—7 ძლიერ დატოტვილი დამატებითი ფესვი  
 აქვს, მაშინ მთავარი ფესვი თითქმის არ განსხვავდება დამატებითი ფესვი-  
 საგან. 70 დღის შემდეგ აღმონაცენი უკვე დასრულებულ მცენარეს ჰგავს თა-  
 ვისი ფოთლების ნორმალური სიდიდით, ფორმით, გრძელი ფირფიტითა და  
 ყუნწებით. 80—90 დღის შემდეგ იწყება როზეტების ყლორტების დაგრძელება,  
 რომლების სიგრძე 2 სმ-მდე აღწევს. მცენარის შემდგომ ზრდასთან ერთად რო-  
 ზეტი კიდევ უფრო გრძელდება და წარმოქმნის მხოლოდ ყლორტს მიწისქვეშა  
 ფესურის ყველა დამახასიათებელი ნიშნით, რომელიც მთელ თავის სიგრძეზე  
 იძლევა მრავალრიცხოვან დამატებით ფესვებს და ფოთლებს. ილიებში მო-  
 თავსებული კვირტებისაგან ავითარებს ახალ როზეტებს.

ორი წლის ასაკში ფესურა აღწევს 4 სმ სიგრძეს; ფესურის წვერზე ვითარ-  
 დება 6-მდე როზეტი, ფესვის ყელთან კი — 2—3. ფესურა ხასიათდება  
 მონოპოდიალური ზრდით. როზეტის ფესურის ძეგლი ნაწილები და გვერდითი  
 როზეტები იღუბება. ყოველ გაზაფხულზე ფესურის წვერისა და გვერდითი  
 კვირტებისაგან ვითარდება რამდენიმე როზეტი.

ფესურის სიგრძე დამოკიდებულია ზრდის პირობებზე. ტყის საფარის ტე-  
 ნიან ადგილებში ყლორტების სიგრძე 30 სმ-მდე აღწევს, ხოლო კლდის ნაპრა-  
 ლებში — 10 სმ-მდე. კულტურაში ამ სახეობის მოზრდილი ეგზემპლარები 25  
 თითქმის სფერული ფორმის როზეტს ივითარებენ, ხოლო თითოეული როზე-  
 ტის ფესურის მონაკვეთი საშუალოდ 6 სმ-ს არ აღემატება.

კაპადოკიის კათალიკონას ეკოლოგიურ თავისებურებათა შესწავლის მიზ-  
 ნით ჩვენ ჩავატარეთ ექსპერიმენტული დაკვირვება ბუნებრივ პირობებში. აფ-  
 ხაზეთის პირობებში ეს სახეობა იზრდება 900 მეტრზე ზღვის დონიდან, რო-  
 გორც მშრალ ადგილსამყოფელზე (კლდეებზე, ღორღიან ადგილებსა და სხვ.),  
 ისე ცოტად თუ ბევრად დაჩრდილულსა და ტენიან ადგილებზე ვარჯის ქვეშ.  
 კაპადოკიის კათალიკონას ეკოლოგიის შესწავლა წარმოებდა სოხუმის ბოტა-  
 ნიკური ბაღის საცდელ ნაკვეთზე. ამ მიზნით მცენარისათვის შექმნილი იყო  
 შემდეგი პირობები: ადებული იყო ტორფიანი სუბსტრატა, რომელშიაც შეტა-



ნილი იყო სასუქი (ნახევრად ჩრდილში), გარეცხილი ღორღიანი ნიადაგი და თიხნარი ნიადაგი. (ჩრდილსა და მზეზე), სუფთა ქვიშა (ღრმა ჩრდილსა და მზეზე) და კირქვიანი სუბსტრატი (ნახევრად ჩრდილში). მცენარის შეღარებით მკვეთრი ზრდა შემჩნეულია ნახევრად ჩრდილის პირობებში ბალის ხელოვნურ ტორფიან ნიადაგზე ნაკელის დამატების მეოხებით. ასეთ შემთხვევაში ფოთლის ფირფიტის სიგრძე გადიდა 15 სმ-ით, სიგანე 7,5 სმ მიაღწია. ასევე, ყვავილები, გადიდა, მათმა დიამეტრმა 18 მმ მიაღწია, უფრო მეტად კი შემჩნეულია ყვავილედის რიჯვის გადიდება და ასევე მათი დატოტვიანება. გარდა ამისა, საგრძნობლად დიდდება ყვავილობის ხანგრძლივობა (10—15 დღით), ყვავილი უფრო კაშკაშა შეფერილობის ხდება. ბუჩქის ფორმა უფრო კომპაქტური ხდება და დიდძალ როზეტს ივითარებს. გარეცხილ ღორღიან ნიადაგებზე, თიხნარსა და კირქვიან ნახევარჩრდილის პირობებში ფესურა დიდდება და 10 სმ აღწევს, საყვავილე სიგრძე კი 45 სმ-მდე აღის. ყვავილობის ხანგრძლივობა ტორფიან სუბსტრატთან შედარებით 7—9 დღით ნაკლებია. ის მცენარე, რომელიც დარგული იყო წმინდა ქვიშაზე, როგორც მზიან, ღია ადგილებში, ასევე ძლიერ დაჩრდილულ პირობებში ცუდად ვითარდებოდა.

კაბადოკიის კათალიკოზა განათების მიმართ მგრძნობიარეა, მისი ზრდისა და განვითარებისათვის ოპტიმალურია ნახევარჩრდილის პირობები. ძლიერ დაჩრდილულ პირობებში როზეტები სიგრძით 15 სმ-მდე აღწევენ, ხოლო ყვავილენი — 45—50 სმ-მდე. ღია, მზიან ადგილებზე როზეტები 5—8 სმ-მდე სიგრძისაა, გვირგვინის შეფერილობა კი ღია ცისფერია.

გარდა ამისა, მცენარის ზრდა და განვითარება ძლიერ დამოკიდებულია ყოველი წლის მეტეოროლოგიური პირობების ცვალებადობაზე. მაგალითად, 1953 წელს, გაზაფხულის ადრე დადგომასთან დაკავშირებით, 8,3°C საშუალო ტემპერატურის პირობებში ახალი ფოთლების გამოტანა დაიწყო თებერვლის დასაწყისში, ხოლო 1954 წ. — 15—20 დღით უფრო გვიან, მარტის დასაწყისში, 8°C საშუალო ტემპერატურის პირობებში. როზეტის ფოთლების ვეგეტაცია წარმოებს თითქმის ყოველთვის 2—3 ზამთრის თვის გამოკლებით, 8—10°C ჰაერის საშუალო ტემპერატურის დროს. პირველად განვითარებული ფოთლები 15—20 დღის შემდეგ წყვეტენ ზრდას, ხოლო გაზაფხულზე შემდგომ აღმოცენებული ფოთლები მთელი წლის განმავლობაში იზრდება. ცენტრალური როზეტის ფოთლები ვითარდება შემოდგომაზე ზამთრის დაწყებამდე, ვერ აღწევენ ნორმალურ სიდიდეს და ამ სტადიაში იზამთრებენ. ღეროსეული ფოთლების ჩამოყალიბების შემდეგ ვითარდება ყვავილები. ყვავილის კოკრების ჩასახვა წარმოებს თებერვლის შუა რიცხვებში, 8,1°C ჰაერის საშუალო ტემპერატურის პირობებში. ყვავილედის ღერძის ზრდა ძლიერდება ქვედა ყვავილების აყვავებისას. ზედა ყვავილების გაშლასთან დაკავშირებით ყვავილედის ღერძი ზრდას წყვეტს. თითოეული ყვავილის სიცოცხლე გრძელდება ერთ კვირას, მაგრამ იმდენად, რამდენადაც ყვავილენი 20-მდე ყვავილს შეიცავს, რომლებიც თანდათანობით იშლება, ყვავილობის პერიოდი ხანგრძლივდება. ბუნებრივ პირობებში ბუტონიზაცია იწყება თებერვლის დასაწყისში, 8—10°C ჰაერის საშუალო ტემპერატურის პირობებში. ბუტონიზაციის პერიოდი მხოლოდ 15—20 დღეს გრძელდება.

კაბადოკიის კათალიკოზას დეკორატიულობის გამოკვლევის მიზნით, მცენარის მასობრივი ყვავილობის დროს ჩვენ გამოვიყენეთ რამენსკის პროექტული მეთოდი. ამ მეთოდით შემოწმებამ გვიჩვენა, რომ ყვავილებით იფარება ბალის ჩვეულებრივ ნიადაგებზე ფართობის 45—50%, ხოლო ტორფიან ნიადაგებზე (ნახევრად ჩრდილში) და ტორფიან ნიადაგებზე, სადაც მიმატებული იყო ნაკელი (ნახევრად ჩრდილში) სილამაზის ზედაპირი 65—70%-ით დიდდება.

კაბადოკიური კათალიკოზა მრავლდება თესლით და ვეგეტაციური დაყოფით, სამ-ოთხწლიანი ფესურის დაყოფით. ვეგეტაციური დაყოფა წარმოებს შემოდგომის ან გაზაფხულის თვეებში. მცენარის ფესურა იყოფა 2 ან 3 ნაწილად, რაც დამოკიდებულია მცენარის განვითარების ხარისხზე.

ამ მცენარის ახლად შეგროვილი თესლი მაისის ბოლოსა და ივნისის დასაწყისში უნდა დაითესოს. კარგად გაფხვიერებულ კვლებში, ნახევრად ჩრდილის პირობებში. თესლი ნიადაგში უნდა ჩაიფლოს 0,5 სმ სიღრმეზე. პირველი აღმონაცენი გამოჩნდება 30—40 დღის შემდეგ, მასობრივი აღმოცენება კი 60—70 დღის შემდეგ იწყება. შემჩნეული იყო აგრეთვე, რომ ამ ვადაში დათესილი თესლები დეკემბერშიც ამოვიდეს (4—5 თვის შემდეგ). მცენარე წინასწარ გადარგვას არ საჭიროებს, რადგანაც ერთი წლის ასაკში შეიძლება დაირგოს მუდმივ ადგილას. ყვავილობა მეორე წელსვე იწყება.

მცენარის გადარგვა შეიძლება როგორც ვეგეტაციის, ისე ყვავილობის დროს, ამასთანავე ნორმალური მორწყვის პირობებში ყვავილობა ნორმალურად გრძელდება.

თესლი ძალიან ჩქარა მწიფდება (25—30 დღის განმავლობაში), შემდეგ მურა ხდება და ცვივა, ამიტომ მათი შეგროვება უმჯობესია, როდესაც მათ ღია ყავისფერი შეფერილობა აქვთ. ასეთ მდგომარეობაში შეგროვილი თესლები ჩქარა მწიფდება. 1000 ცალი თესლი იწონის 2 გრამს და 200 მგ-ს.

კაბადოკიის კათალიკოზა გამოიყენება ოთახის კულტურაშიც. იგი მოჰყავთ 15 სმ ქოთნებში ჩვეულებრივ ბალის ნიადაგებზე ან ტორფის მიმატებით. მცენარის ნორმალური ზრდისა და განვითარებისათვის აუცილებელია კარგად განათებული შენობა. გარდა ამისა, ქოთნებში მუდმივად დაცული უნდა იყოს ნიადაგის საშუალო სინესტე.

ყვავილობის 20—25 დღით დასაჩქარებლად მცენარეებიანი ქოთნები ორანჟერეაში ან შენობაში უნდა მოთავსდეს ნოემბერსა და დეკემბრის დასაწყისში, სადაც ტემპერატურა 10—15°C. ტემპერატურის ასეთ პირობებში მცენარე ყვავილობას იწყებს 20—25 დღით ადრე, ე. ი. იანვრის პირველ რიცხვებში (7—8) და ყვავილობს მარტის ბოლომდე. აყვავებული ეგზემპლარი შეიძლება გადარგულ იქნეს გრუნტში, სადაც ტემპერატურა უნდა იყოს 10—15°C. გრუნტის უფრო დაბალ ტემპერატურის პირობებში (2—5°C) მცენარის ფოთლები ისუსხება და ყვავილობა რამდენადმე გვიანდება.

ჩვენი მუშაობის შედეგი გვიჩვენებს, რომ კაბადოკიური კათალიკოზა შეიძლება ფართოდ იქნეს გამოყენებული მეზღეობაში როგორც კარგი სადეკორაციო მცენარე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 სოხუმის ბოტანიკური ბაღი

(რედაქციას მოუვიდა 12.11.1956)

ბოტანიკა

ბ. სანაძე

## ROBINIA PSEUDOACACIA-ს ფოთლების მიერ გამოყოფილ აიკად ნივთიერებათა ქიმიური ბუნების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ჯაფარიძემ 27.1.1957)

ჩვენ მიერ ნაჩვენები იყო, რომ თამბაქოს მიერ გამოყოფილ აირთა ქრომატოგრაფირებისას აღმოჩენილ იქნა მეთანი, ეთანი და ბუთანი [1]. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, იმ გაზების ქრომატოგრაფირებისას, რომლებსაც გამოყოფენ თამბაქოს ფოთლები, აღმოჩნდა, რომ ეს გაზისებრი კომპლექსი იშლება კომპონენტებად, რომელთა გამომქლავნების თანამიმდევრობა ემთხვევა სილიკაგელის სვეტზე ზემოაღნიშნული ნახშირწყალბადების ქრომატოგრაფიულ განაწილებას.

წინამდებარე შრომაში აღწერილია ის მასალა, რომელიც მცენარეთა ფოთლების მიერ გამოყოფილი გაზისებრი ნივთიერებების ქიმიური ბუნების შემდგომი გამოკვლევისას მივიღეთ.

ცდებისათვის ხელსაყრელ ობიექტად მივიჩნიეთ აკაცია (*Robinia pseudo-acacia*), რადგან მას ორგანულ აქროლად ნივთიერებათა გამოყოფის მეტი უნარი აღმოაჩნდა სხვა შემოწმებულ მცენარეებთან შედარებით.

ამავე დროს არსებობს ჯერ კიდევ 1939 წელს გამოქვეყნებული მითითებები იმის შესახებ, რომ აკაცია გამოყოფს ბიოლოგიურად ძლიერად მოქმედ ნივთიერებებს, რომლებიც, საფიქრებელია, განაპირობებენ აკაციის მიერ გამოწვეულ ალელოპათიურ ეფექტს იმ ცენოზებში, სადაც იგი ედიფიკატორია [2].

ჩვენ გამოკვლევა 1956 წლის ზაფხულში ჩავატარეთ. ცდებში მაქსიმალურად რომ შეგვენარჩუნებინა ბუნებრივი პირობები, აკაციის შეფოთლილ ღეროს, რომლის ფოთლების საერთო ზედაპირის სიდიდე 15 დმ<sup>2</sup> არ აღემატებოდა, 1,3-ლიტრიან მინის კამერაში ვათავსებდით მცენარისაგან მოუცილებლად ამისათვის ღეროს ქვედა ბოლოზე ვამაგრებდით კაუჩუკის საცობს, რის შემდეგაც მცენარე მთლიანად თავსდებოდა მინის კამერაში იმ ვარაუდით, რომ კამერის ყელი ღეროზე მორგებული საცობით დახურულიყო. საჭირო ჰერმეტიკობის მისაღწევად საგოზავს (პლასტილინი) ვხმარობდით. საცობის გარეთა კიდე ამ საგოზავით იფარებოდა. გარკვეული ექსპოზიციის შემდეგ კამერიდან გაზი ორგანული ნაერთებისაგან თავისუფალ ჭურჭელში გადაგვქონდა და ვანალიზებდით ტიტრომეტრული ქრომატოგრაფიული გაზოანალიზატორით.

აირის ნიმუშების აღების შემდეგ ვსაზღვრავდით ცდამი მყოფი ფოთლების საერთო ზედაპირის სიდიდეს. ამ სიდიდიდან გამომდინარე შემდგომ ვახ-



დენდით გაზისებრი გამონაყოფების რაოდენობის გადაანგარიშებას ფოთლებში 1 მ<sup>2</sup> ფართობზე, ერთსაათიანი ექსპოზიციისას ცდის მოცემულ პირობებში.

პარალელურად ვატარებდით საკონტროლო ცდას. ამისათვის ვიღებდით მინის ისეთსავე კამერას, როგორსაც მცენარეული აირების შეგროვებისას ვხმარობდით, და ვაყვებდით ჰაერის იმავე წყაროდან, საიდანაც მცენარეული კამერა ივსებოდა.

ჩვეულებრივად, 400 მლ საკონტროლო ჰაერის ანალიზისას ხელსაწყოზე ნულოვანი მდგომარეობიდან გადახრა არ აღინიშნებოდა. იმ შემთხვევაში კი, როდესაც გადახრა აღემატებოდა  $\Delta V = 0,02$  მლ-ს, ხსნარების 0,005 ნორმალობისას ასეთი ცდა იხსნებოდა.

მიღებული შედეგები შეჯამებულია ორ ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში. პირველ ცხრილში მოყვანილია 3-საათიანი ექსპოზიციით მიღებული შედეგები; მეორეში — 24-საათიანი ექსპოზიციით მიღებული შედეგები.

ცხრილი 1

ნივთიერებათა საერთო რაოდენობა (საან. ერთ.)	ნახშირწყალბადები (საანალიზო ერთეულებით)				შ მ ნ (1) (საან. ერთ.)
	მეთანი	ეთანი	პროპანი	ბუთანი	
12714	1547	923	1235	4329	4680

ცხრილი 2

ნივთიერებათა საერთო რაოდენობა (საან. ერთ.)	ნახშირწყალბადები (საანალიზო ერთეულებით)				შ მ ნ (1) (საან. ერთ.)
	მეთანი	ეთანი	პროპანი	ბუთანი	
25936	780	559	897	1014	22386

ცხრილების შედარებისას ყურადღებას იპყრობს ის გარემოება, რომ 3-საათიან ექსპოზიციასთან შედარებით 24-საათიანი ექსპოზიციის დროს მკვეთრად მატულობს აკაციის მიერ გამოყოფილ ნივთიერებათა საერთო რაოდენობა, ქრომატოგრაფირებულ ნივთიერებათა ჯამი კი კლებულობს, ე. ი. ნივთიერებათა საერთო რაოდენობის მატება ხდება იმ გამონაყოფთა ხარჯზე, რომლებიც „შ მ ნ“ კატეგორიაში ხვდება. ამ ფაქტის ასხნა შეიძლება ვეძიოთ იმაში, რომ: 1) 24-საათიანი ექსპოზიციისას საქმე გვაქვს ორგანულ აირთა გამოყოფის დღეღამურ ცვლილებებთან, რაც დღის სამსაათიანი ექსპოზიციისას გამორიცხულია; 2) 24-საათიანი ექსპოზიციისას, დახურულ კამერაში მცენარის ხანგრძლივი ყოფნის გამო ცდის პირობებში შეიძლება მოხდეს ისეთი ცვლილებები, რომლებიც გაზთა ექსკრეციის ნორმალურ მსვლელობაზე მოქმედებენ; 3) ცდის ხანგრძლივი წარმოებისას ნახშირწყალბადებს შეუძლიათ კამერის კედლებზე მტკიცე სორბატების მოცემა, რის გამოც საანალიზო გაზის სინჯის შედგენილობაში შეიძლება მოხდეს ცვლილება, რაც მიღებულ შედეგებში აისახება.

(1) შ მ ნ-თი აღინიშნება ის უფრო მძიმე ნერთები, რომლებიც ჩვენი ცდების პირობებში სილიკაგელიდან არ დესორბირდება, ისინი იანგარიშება ნივთიერებათა საერთო რაოდენობისა და ქრომატოგრაფირებულ ნივთიერებათა ჯამის მაჩვენებელთა სხვაობით.

ნახშირწყალბადების უმდაბლესი წარმომადგენლების რთული ნარევის ცალკეულ კომპონენტებად დაყოფა ემყარება სილიკაგელის თვისებას მოახდინოს ამ ნაერთთა აღსორბცია, რის შემდეგ მათი დესორბცია სხვადასხვა სიჩქარით ხდება. დესორბციის სიჩქარე დამოკიდებულია ცალკეული ნაერთის სილიკაგელთან დაკავშირების (აღსორბციის) ხარისხზე, რაც აპრობებს ყოველი კომპონენტის მკაცრად განსაზღვრული თანამიმდევრობით გამოსვლას აღსორბენტიდან გამხსნელის (სუფთა ჰაერი) ამა თუ იმ მოცულობაში. სილიკაგელიდან გამოყოფის შემდეგ ნახშირწყალბადები იწვება პლატინის ხვარაზე და ტიტრომეტრულად იზომება გამოყოფილი ნახშირორჟანგის მიხედვით.

პრაქტიკულად ეს ასე ხდება: საანალიზო გაზის 200 ან 400 მლ ტარდება KOH-ის 40% ხსნარში იმისათვის, რომ სინჯი განთავისუფლდეს მჟავე მინარევებისაგან; შემდეგ სინჯი შრება გამომწვარ ქლორკალციუმში, რის შემდეგაც ტარდება სილიკაგელში.

MCM მარკის სილიკაგელის 40 გრამი (მარცვლოვანება—0,2 მმ) თავსდება უსმაგვარ მილაკში, რომლის შიგნითა დიამეტრი დაახლოებით 12—13 მმ-ია. სილიკაგელიანი მილაკის სამუშაო რეჟიმის შემოწმება ქიმიურად სუფთა მეთანის, ეთანის, პროპანისა და ბუთანის ნარევით ხდება. ამისათვის ამ ნარევის გარკვეულ მოცულობას ვატარებთ სილიკაგელში, რის შემდეგაც ვახდენთ სილიკაგელთან შეხებაში მოსული გაზების „გამორეცხვას“ CO<sub>2</sub>-სა და ორგანული ნაერთებისაგან თავისუფალი ჰაერით (გამხსნელი). ნახშირწყალბადების გამოსვლა სილიკაგელიდან, როგორც უკვე იყო აღნიშნული, გარკვეული თანამიმდევრობით ხდება.

თავდაპირველად დესორბირდება მეთანი. იგი გამოირეცხება გამხსნელის პირველ 400 მლ-ში. შემდეგი 200 მლ გამხსნელისა არ უნდა შეიცავდეს ორგანულ ნივთიერებებს, რაც მეთანის სხვა კომპონენტებისაგან სრულ დაცილებას მოწმობს. ეთანის გამორეცხვა მომდევნო 800 მლ-ში ხდება და შემდგომი 200 მლ საკონტროლო ჰაერისა კვლავ არ უნდა შეიცავდეს ორგანულ მინარევებს.

ამის შემდეგ უსმაგვარ მილაკს ვაცხელებთ 100—110°C-მდე და განვაგრძობთ დარჩენილი კომპონენტების გამორეცხვას. პირველ 600 მლ-ში მყდავდება პროპანი. მომდევნო 100 მლ ისევ საკონტროლო ჰაერია, რომელიც არ უნდა შეიცავდეს ორგანულ მინარევებს და, ბოლოს, გამხსნელის 1200 მლ მოცულობაში სილიკაგელიდან გამოდის ბუთანი.

ცხრილიდან ჩანს, რომ აკაციის მიერ გამოყოფილი გაზისებრი ნარევი შეიცავს მეთანს, ეთანს, პროპანსა და ბუთანს. ეს ნიშნავს იმას, რომ ამ გამონაყოფთა ქრომატოგრაფირებისას მეთანის, ეთანის, პროპანისა და ბუთანის ინტერვალში გადის ორგანული ნივთიერებები, რომელთა აღრიცხვას ახდენს ზელსაწყობი. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ ეს სურათი განმეორდა ყველა ცდაში, რომელთა ჩატარებაც კი მოხერხდა აკაციის გამონაყოფებზე. მიუხედავად ამისა, ქრომატოგრაფიული მეთოდი არ იძლევა იმის უფლებას, რომ იდენტიფიცირებული ნივთიერებანი უეჭველად მეთანად, ეთანად და ა. შ. მივიჩნიოთ. უფრო ზუსტად, ამა თუ იმ ნახშირწყალბადის ამ წესით იდენტიფიცირება არ არის ყოველი მათგანის შემთხვევაში თანაბრად საიმედო. მაგალითად: თუ საანალიზო სინჯში ხელსაწყოს მიერ დგინდება მეთანის თანაბრწიერება და რიგი მიზეზების გამო ეს ფაქტი არავითარ ეჭვს არ იწვევს, იმავე მიზეზით ბუთანთან იდენტიფიცირება იმ ნივთიერებებისა, რომლებიც ბუთანის ინტერვალში ხვდება, ფრიად საეჭვოა.

ამგვარად, ყოცნობი ქიმიური ბუნების მქონე გაზთა ნარევის ქრომატოგრაფიული ტიტრომეტრული გაზოანალიზატორით ქრომატოგრაფირებისას ძალაუფლებულად უნდა დავკმაყოფილოთ ნივთიერებათა მხოლოდ ქრომატოგრაფიული იდენტიფიცირებით, რომელიც ნივთიერების არა უშუალოდ ქიმიური ბუნე-

ბის განსაზღვრაზეა დამყარებული, არამედ მისი ერთ-ერთი ფიზიკური თვისების, ამ შემთხვევაში მისი *Rf*-ის გამოვლინებას ეყრდნობა.

ზემოთქმული სრულიადაც არ ამცირებს იმ უდიდეს მნიშვნელობას, რომელიც ენიჭება ქრომატოგრაფიულ მეთოდს რთული ნარეგებიდან ნივთიერებათა გამოყოფისა და მათი სუფთა სახით მიღების დროს. პირუკუ, სწორედ ამ მეთოდმა მისცა მეცნიერებას ურთულესი ქიმიური პრობლემების გადაჭრის საშუალება, განსაკუთრებით, როდესაც საქმე ნივთიერებათა მიკროკონცენტრაციების კვლევას ეხებოდა.

მცენარეული გაზების ქრომატოგრაფირებისას მიღებული შედეგების შემოწმების მიზნით მივმართეთ მას-სპექტრომეტრულ ანალიზს. მას-სპექტრომეტრის დახმარებით შეიძლება ამა თუ იმ ნივთიერების თანაპოვნიერების დადგენა გაზთა რთულ ნარეგში, მაშინაც კი, როდესაც ამ ნივთიერებების სხვა მეთოდებით განსაზღვრა ვერ ხერხდება მათი მცირე რაოდენობების გამო.

1956 წლის ივლისში მოსკოვის ერთ-ერთი ქიმიური ინსტიტუტის თანამშრომელთა დახმარებით „MC—2“ მარკის მას-სპექტრომეტრზე მოხერხდა აკაციის გაზისებრი გამონაყოფების მას-სპექტრომეტრიკა. საუბედუროდ, ზოგიერთი ტექნიკური ხელისშემშლელი მიზეზის გამო ერთზე მეტი ანალიზის ჩატარება არ მოხერხდა. გაზის ნიმუშები მოვამზადეთ თბილისში, იმავე წესით, როგორც ზემოთ იყო აღწერილი.

საძიებელი ნახშირწყალბადების სიმციროს გამო გამოსაკვლევ სინჯში, რომელიც ჩვენს ხელთ იყო, საჭირო შეიქმნა მათი ერთგვარი „კონცენტრატის“ მომზადება. ამისათვის 200 მლ ჩვენი სინჯისა გამოვყინეთ თხევად აზოტში.  $10^{-7}$  ვაკუუმის შექმნისას, რომელიც ანალიზის მიმდინარეობისათვის აუცილებელი პირობაა, თხევადი აზოტის ტემპერატურა საკმარისი არაა მეთანის თხევად ფაზაში დასატოვებლად, ამიტომ მეთანის მას-სპექტრომეტრიკა ვერ მოხერხდა.

მიღებულ სპექტროგრამაზე მე-12 მასიდან 69-მდე გამოხატულია ხაზები, რომელთა ერთობლიობა ნახშირწყალბადებისათვის დამახასიათებელი მას-სპექტრალურ სურათს იძლევა. განსაკუთრებით კარგადაა გამოხატული სპექტრის ის უბანი, რომელიც მე-12 და 46-ე მასებს შორის მდებარეობს. აქ მოცემულია ის ხაზები, რომლებიც, როგორც ჩანს, ეთანისა და პროპანის იონიზებულ მოლეკულებს შეესატყვისება. ბუთანი საანალიზო მასალაში არ აღმოჩნდა. აგრეთვე გამოირკვა, რომ ჩვენს სინჯში იყო უცნობი ნივთიერებები, რომელთა თანაპოვნიერებას 53-ე და 68-ე მასებში გამოხატული ხაზები მოწმობს.

საიდელისოდ ჩვენს ხელთ მხოლოდ წინასწარი მას-სპექტრომეტრული მონაცემებია, რაც არ არის საკმარისი გამოსაკვლევ ნივთიერებათა ქიმიური ბუნების შესახებ კატეგორიული წარმოდგენის შესაქმნელად. მაგრამ რამდენადაც ისინი, ზოგიერთი ნახშირწყალბადის მიმართ, ქრომატოგრაფირებისას მიღებული შედეგების ერთგვარ დასაბუთებას წარმოადგენს, ამდენად აკაციის მიერ გამოყოფილი ნახშირწყალბადების ეს პირველი მას-სპექტრალური ანალიზი არ არის მოკლებული მნიშვნელობას.

გამოკვლევა ჩატარებულია ბოტანიკის ინსტიტუტის ანატომიისა და ფიზიოლოგიის განყოფილებაში აკად. ლ. ჯაფარიძის ხელმძღვანელობით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ბოტანიკის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 27.1.1957)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. გ. ს ა ნ ა ძ ე. მცენარეთა მიერ გამოყოფილ აქროლად ნივთიერებათა შესახებ. საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XVII, № 5, 1956.
2. C. Waks. The influence of extract from *Robinia pseudoacacia* on the growth of barley. Publ. Fac. Sei. Univ, Charles, Prague

ბოტანიკა

ი. კაბანაძე

## უჯრედების ამიტოზური გამრავლების საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. გულისაშვილმა 28.1.1957)

მცენარეულ და ცხოველურ უჯრედთა გამრავლების საკითხი ძველთაგანვე იწვევდა განსაკუთრებულ ინტერესს მკვლევართა შორის. აზრთა ბრძოლის ერთ-ერთ საგნად ითვლებოდა ის, წარმოადგენს თუ არა მიტოზი უჯრედთა გამრავლების ერთადერთ საშუალებას:

ჯერ კიდევ 1892 წ. კონსტანტირებულ იქნა [12] მიტოზის საწინააღმდეგო მოვლენა, სახელდობრ, ბირთვის გადაწელებით გამრავლება ეთერის ზემოქმედების ქვეშ მოხვედრილ უჯრედებში. შემდეგ, 1898 წელს ი. მასარმა [13] შეისწავლა უჯრედების წარმოქმნა ამიტოზის გზით; მასარი წერს: თუ გავკვლით აბუსალათინის ღეროს, მასში წარმოიქმნება სილრუეები, ხოლო პარენქიმულ უჯრედებში, რომლებიც გარს აკრავს სილრუეებს, წარმოიქმნება ნაჭდევეები (ტიხრები), რის გამოც ისინი იყოფიან შვილიშვილ უჯრედებად ყოველგვარი მიტოზური ფიგურის გარეშე.

როგორც ზემოთ მოყვანილი მასალებიდან ჩანს, ამიტოზის ფაქტები აღწერეს დაზიანებულ და ქიმიური ზემოქმედების ქვეშ მყოფ უჯრედებში. ამის შემდეგ რიგი მკვლევარების მიერ ამიტოზი აღწერილ და შესწავლილ იქნა ნორმალურ ქსოვილებშიც, მაგრამ ამ საკითხის ისტორიას აქ არ გავარჩევთ, ვინაიდან ეს საფუძვლიანად აღწერილია ი. ელენგორნის, ი. გლუშენკოს, ა. აფანასიევის და კ. უირონკინის შრომებში [4].

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ამ მიმართულებით უკანასკნელი ხუთი წლის განმავლობაში ჩატარებული გამოკვლევა, რომლითაც საბოლოოდ დამტკიცდა, რომ ამიტოზური დაყოფა ობიექტურად არსებული კანონზომიერებაა და დამახასიათებელია როგორც უმდაბლეს, ისე უმაღლეს საფეხურზე მდგომი მცენარეებისათვის, რის შესახებაც ქვემოთ მოვიყვანთ ზოგიერთ ფაქტს. მაგალითად, ამიტოზური დაყოფა აღმოჩენილ იქნა სუროს (*Hedera helix*) ფოლის ყუნწებში, ბაბაში (*Gossypium hirsutum*), ნეკერჩხლის (*Acer negundo*) ღეროში, ცაცხვში (*Tilia cordata*), ყვითელ აკაციაში (*Caragana orboresens*), შავ მოცხარში (*Ribes nigrum*), წითელ მოცხარში (*Ribes rubrum*), ლიმონში (*C. limon*), ლედვში (*Ficus carica*) და რიგ სხვა მცენარეებში [2, 3, 4, 5, 8]. საბჭოთა და უცხოურ ლიტერატურაში დაგროვილია ამიტოზური დაყოფის უამრავი ფაქტი, მაგრამ მიუხედავად ამისა ციტოლოგიის, ანატომიის და ემბრიოლოგიის სახელმძღვანელოებში, რომლებიც გამოვიდა უკანასკნელი 25 წლის გან-

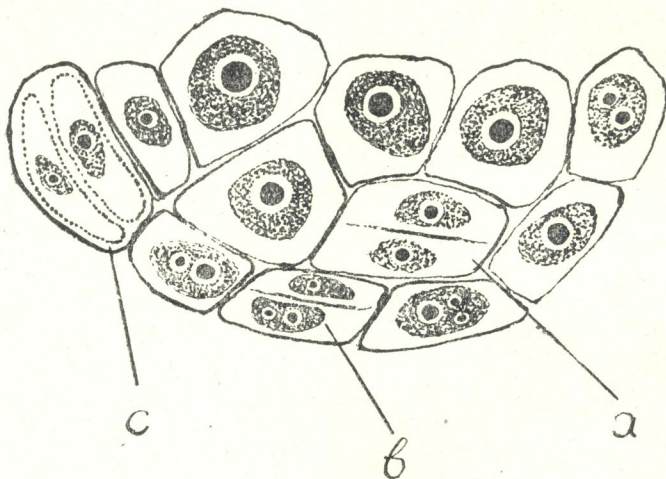


მავლობაში, არ მოიპოვება არავითარი ცნობა იმის შესახებ, რომ უჯრედები მიტოზურ გამრავლებასთან ერთად ამიტოზური გაყოფითაც მრავლდებიან.

სიკარტიზაციის ანუ ნაჭდევეური დაყოფის შესასწავლად ციტრუსებში, ავიღეთ მცენარის სხვადასხვა ნაწილი და შევსწავლეთ როგორც *in vivo*, ისე ფიქსირებულ მდგომარეობაში.

ვსწავლობდით რა მანდარინის, ფორთოხლისა და ლიმონის ღეროს აპიკალურ მერისტემას.<sup>(1)</sup> და სხვა მერისტემულ ქსოვილებს, აღმოჩნდა, რომ ამ ქსოვილებში უჯრედები მრავლდებიან როგორც მიტოზური, ისე ამიტოზური დაყოფით. უნდა აღვნიშნოთ ის, რომ ამიტოზის ფაქტებს იშვიათად ვხვდებოდით აპიკალურ მერისტემაში, მაშინ როდესაც ამიტოზი ხშირად ვხვდებოდა სხვა მერისტემულ ქსოვილებში.

სურ. 1-ზე გამოხატულია ფორთოხლის აპიკალური მერისტემის წინამდებარე ახალგაზრდა ზონა. ამ ზონაში უჯრედები განიცდიან დიფერენციაციას,



სურ. 1

რის მეოხებითაც წარმოიქმნება სხვადასხვა ფუნქციის შემსრულებელი ქსოვილები. როგორც აღნიშნული სურათიდან ჩანს, იქ, სადაც ეთერ-ზეთის სავალი მილეზი უნდა წარმოიქმნას, უჯრედები ყველა თავისი ფორმიანი ელემენტებით მატულობენ ზონაში იმდენად, რომ რამდენიმეჯერ (სახელდობრ 2—3—4-ჯერ) მეტი ხდება სხვა უჯრედებთან შედარებით, თანაც ინტენსიურად იღებებიან; ცენტრალური უჯრედები დროდადრო ელმინაციას განიცდიან, ხოლო კიდის მხარეებზე მდებარე უჯრედებიდან ხდება ზეთსავალი მილეზის კედლის უჯრედების წარმოქმნა. აღნიშნულ უჯრედებში ძალიან ხშირად შეიძლება ამიტოზუ-

(<sup>1</sup> ტერმინი აპიკალური მერისტემა აქ ნახმარია ზრდის წერტილის მაგივრად. პირველად ზრდის წერტილი ნომენკლატურაში კ. ვოლმა შემოიტანა. ეს სახელწოდება მეტისმეტად შეუფერებელია, ამის გამო პირველად ფოსტერის და შემდეგ ტაბტაჟიანის მიერ ეს ტერმინი—ზრდის წერტილი—შეცვლილ იქნა ტერმინით აპიკალური მერისტემა.)



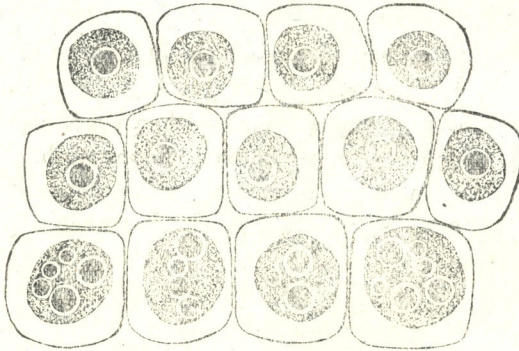


მკვლევრები წერენ, რომ ბირთვი იყოფოდა იმდენ ნაწილად, რამდენი ბირთვა-  
კიც იყო მათში.

როგორც აღენიშნეთ, „ჭარბი“ რაოდენობით ბირთვაკების წარმოქმნა წინ  
უძღვის ამიტოზის პროცესს, რაც საშუალებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ  
ბირთვაკი არა მარტო აქტიურად მონაწილეობს უჯრედის შინაგან და უჯრედთა  
შორის მეტაბოლიზმში, არამედ ამასთან ერთად ის უდიდეს როლს ასრულებს  
უჯრედთა გამრავლებაშიც. გამოვდივართ რა აქედან, შესაძლებლად მიგვაჩნია  
ვივთვოთ, რომ ამიტოზური დაყოფისას ახალი უჯრედების ცენტრს შეიძლე-  
ბა წარმოადგენდეს „ჭარბი“ რაოდენობით ნუკლეუსში ბირთვაკების წარ-  
მოქმნა.

ამის არაპირდაპირ დამამტკიცებლად შეიძლება დავასახელოთ ის ფაქტი,  
რომ მრავალბირთვაკიანობა უმეტეს წილად დამახასიათებელია წარმომშობი  
მერისტემატული ან მაღალფუნქციური ქსოვილებისათვის. ასეთებს წარმოად-  
გენენ ბუტკოში-ობტურატორი, პლაცენტა, თესლკვირტის ბორცვები, ყველა  
შინაგანი გამომფენი და სხვა ქსოვილები; დინგში — დინგის საწოვრები და  
გამტარი კონები; მტვრიანაში — ტაპეციუმის უჯრედები და გამტარი კონა.

მე-5 სურათზე ნაჩვენებია მანდარინ უნშიუს ბუტკოს ბუდის ფრაგმენტი,  
რომელზედაც გამოხატულია პლაცენტა (სურათზე პირველი რიგის უჯრედები)  
და ნასკვის გულგულის უჯრედები (სურათზე პლაცენტის წინამდებარე რიგი-



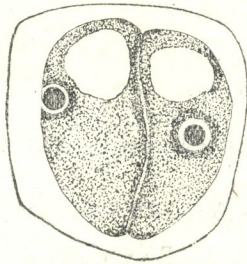
სურ. 5

ბის უჯრედები). როგორც სურათიდან ჩანს პლაცენტის ყველა უჯრედი მრავალ-  
ბირთვიანია, ბუტკოს გულგულის უჯრედები კი ერთბირთვიანებია. სა-  
ერთოდ არ არის გამორიცხული შესაძლებლობა ნასკვის გულგულში ერთზე  
მეტბირთვიანი უჯრედების არსებობისა, მაგრამ ამასთან ერთად უნდა დავ-  
სძინოთ, რომ ეს შედარებით იშვიათი მოვლენაა.

მე-6 სურათზე ნაჩვენებია მანდარინ ტრიფოლიატის ვეგეტაციური პიბ-  
რიდის მტვრის ძაფის ეპიდერმისის უჯრედი, სადაც მოჩანს ბირთვის გაყოფა ორ  
ნაწილად ძვიდის ანუ ნაჭდევის საშუალებით, ყოველგვარი მიტოზური ფიგურის  
გარეშე.

ლიტერატურული და ჩვენ მიერ მოყვანილი მასალის დაჯამების საფუძ-  
ველზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ამიტოზი გვხვდება არა მარტო დაბალ საფე-  
ხურზე მდგომ და უმაღლეს მკენარეთა დაზიანებულ ქსოვილებში, არამედ  
ამიტოზური დაყოფა კანონზომიერი მოვლენაა და დამახასიათებელია ყველა  
ყვავილოვანი მკენარისათვის.

სხვადასხვა ქსოვილთა შესწავლისას განსაკუთრებული ყურადღება მიიპყრო იმ ფაქტმა, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში უჯრედის გამრავლებისას ჭარბობს მიტოზი, ზოგიერთ პერიოდში კი — ამიტოზი. ამასთანავე უნდა აღვნიშნოთ, რომ მიტოზი წინ უძღვის ამიტოზს.



სურ 6

ფორთოხლის ღეროში ჭურჭლების წარმოქმნის შესწავლისას ხშირად გამოჩნვედით უჯრედების დაყოფას მიტოზურად, რომლებიც შემდეგ იყოფოდნენ ამიტოზური გზით, აღნიშნული უჯრედებიდან კი საბოლოოდ ვითარდებოდნენ ჭურჭლის ქსოვილები. მსგავსი ფაქტები ლიტერატურაში აღწერა ა. ა. ფ ა ნ ა ს ი ე ვ ა მ და ნ. ნ. ვ. ო. ყ. ი. ლ. ვ. ა. მ [2]. ამიტოზისა და მიტოზის ურთიერთდამოკიდებულების უამრავი ფაქტია აღწერილი ცხოველურ ორგანიზმებშიც. მაგ. მეზოთელიალურ ელემენტებში ნ. რ. ე. უ. ც. კ. ა. ი. ა. ს. ა. და მ. ყ. უ. ტ. ა. ე. ვ. ა. ს. [9] მიერ აღწერილია მიტოზისა და ამიტოზის მორიგეობა.

ა. ზავარზინმა განივზოლიანი კუნთების რეგენერაციის შესწავლის მიტოზის უამრავი ფაქტი აღწერა, კუნთის ბეწვებში, რომელთა უჯრედები ადრე მრავლდებოდნენ ამიტოზურად.

უფრო მოგვიანებით ამ მიზნით რ. პი. ვ. ო. ვ. ა. რ. ო. ვ. ა. მ [6] შესწავლა უამრავი მცენარე და იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ მცენარეთა სხვადასხვა ნაწილების მატება ზომაში მიტოზისა და ამიტოზის მორიგეობის გამო ხდება.

1955 წელს რუმინელმა მეცნიერმა ს. ნიკოლაუშემ [7] უჯრედების პროლიფერაციის შესწავლისას ცხოველთა და ადამიანთა ორგანიზმში აღწერა მიტოზისა და ამიტოზის საკმაოდ ბევრი შემთხვევა.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ ამიტოზური დაყოფა აღწერილია არა მარტო სომატურ უჯრედებში, არამედ ასეთივე მოვლენა შემჩნეულია გენერაციულ უჯრედებშიც. მაგალითად, ვ. კ. ო. ზ. ლ. ო. ვ. მ. ა. 1951 წ. ზიგოტის ამიტოზური დაყოფა ნახა მუხუდოში [5].

ამგვარად, ზემოთ აღნიშნულის საფუძველზე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მიტოზისა და ამიტოზის მორიგეობას მცენარეთა ორგანიზმში კანონზომიერი ხასიათი აქვს.

## დასკვნები

1. მიტოზი არ წარმოადგენს უჯრედების გამრავლების ერთადერთ საშუალებას მცენარეულ ორგანიზმში.

2. უჯრედები მრავლდებიან როგორც მიტოზური, ისე ამიტოზური გზით.

3. უჯრედების ამიტოზური დაყოფა დამახასიათებელია ციტრუსების ყველა მერისტემული ქსოვილისათვის.

მემცენარეობის საკავშირო ინსტიტუტის  
 სუბტროპიკული კულტურების სოხუმის  
 საცდელი სადგური

(რედაქციას მოუვიდა 28.1.1957)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. С. Афанасьева, И. Е. Глущенко, Я. Е. Элленгорн, Процесс каллюсообразования у томатов, Изд. АН СССР, серия биол., № 3, 1955.
2. А. С. Афанасьева, Н. П. Новожилова, Размножение клеток в нормально развивающихся клубнях картофеля, Труды института генетики, № 22, 1955.
3. Г. И. Глущенко, Рубцевание клеток в черешке листа инжира, Журнал общей биологии, т. XIV, № 4, 1953.
4. И. Е. Глущенко, Я. Е. Элленгорн, А. С. Афанасьева и И. М. Жиронкин. К вопросу о возникновении и развитии растительных клеток, Труды ин-та Генетики АН СССР, № 20, 1953.
5. В. Е. Козлов. Цитологический анализ оплодотворения гороха в связи с явлением наследования признаков нескольких отцовских форм, ДАН СССР, т. XXXI, № 2, 1951.
6. Р. М. Пивоваров. К вопросу о чередовании амитоза и митоза камбиальных тканей растений, ДАН СССР, т. XCIV, № 1, 1954.
7. С. С. Николау. Пролиферация клеток в человеческом и животном организме под влиянием некоторых вирусов. Успехи современной биологии, т. XXXIX, вып. 1, 1955.
8. Н. С. Ревуцкая. Еще раз о смене амитоза митозом. ДАН СССР, т. IXXIII, № 1, 1950.
9. П. С. Ревуцкая и М. А. Жутаев. К вопросу о возможности смены амитоза митозом, ДАН СССР, т. IXXXVII, № 5, 1951.
10. А. Л. Тахтаджян, Вопросы эволюционной морфологии растений, Л., 1954.
11. Я. Е. Элленгорн, И. Е. Глущенко и А. С. Афанасьев, Некоторые вопросы генезиса растительной клетки, Изв. АН СССР, серия биологическая, № 5, 1951.
12. Е. Герасимов. Die kernlosen zellen der conjugaten. Bull. de la Soc. Imp. des. Natur. Moscou № 1, 1892.
13. J. Massart. La Cicartisation chez les vegetoux. men. cour. et autres memoires l'Ac. R. de Belgique, t. h VII, 1899.

მასპარეზობის ფილიტონა

თ. ახმეტელი და ჯ. კანდელაკი

**ჰემოდინამიკის ძვრები მასპარეზობის სასიკვდილო ცხიმოვანი  
ემბოლიის დროს**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 6.7.1956)

გასული საუკუნის დასასრულს და მეოცე საუკუნის დასაწყისს ძირითადად რუსმა მეცნიერებმა ჩაატარეს მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული დაკვირვებანი ფილტვის ემბოლიის დროს ორგანიზმში განვითარებული ძვრების შესასწავლად.

ა. ფოტისა და პ. ლინდემანის [8], ლ. კოჟინისა [3] და ნ. სტრუევის [6] მიერ შესწავლილი იყო გულ-სისხლძარღვთა რეაქცია სხვადასხვა ნივთიერებით მიღებული ფილტვის ემბოლიის შემთხვევაში. დადგინდა იყო სისხლის მიმოქცევის მცირე წრეში წნევის აწევა, საბასუხოდ სისხლის მიმოქცევის დიდ წრეში წნევის დაქვეითება და გულის მუშაობის ცვლილებები. ნერვულ სისტემაზე ჩარევის პირობებში (ცთომილი ნერვების ორმხრივი გადაკვეთა) ავტორთა მიერ დასაბუთებული იყო აღნიშნული ძვრების რეფლექსური ბუნება.

ცთომილი ნერვების ფილტვის ტოტების გაღიზიანებით სისხლის მიმოქცევის დიდ წრეში რეფლექსური ძვრების მიღება ცნობილი იყო 1883 წელს ა. ტალიანცევის [7] მიერ ჩატარებული ცდების მეოხებით.

შემდგომ რიგმა მეცნიერებმა (პ. შვიგკი [9], ვ. პარინი [5]) დამატებულად დაასაბუთეს მცირე წრეში წნევის გაზრდის პირობებში სისხლის მიმოქცევის დიდ წრეში წნევის რეფლექსური დაცემა. ეს რეფლექსი ფიზიოლოგიურია, თავდაცვითი მნიშვნელობა აქვს, იცავს მარჯვენა გულს გადატვირთვისაგან და „განმტვირთავ“ რეფლექსადაა წოდებული.

უახლოეს პერიოდში ფილტვის ემბოლიის დროს ჰემოდინამიკის ცვლილებები და მათი მექანიზმი შესწავლილი იყო კ. ერისთავის [2], ნ. კროლისა [4] და ი. დავითაიას [1] მიერ.

ი. დავითაია იკვლევდა ჰემოდინამიკისა და სუნთქვის ძვრებს ფილტვების ჰაეროვანი ემბოლიის დროს. როგორც ავტორის მონაცემებიდან ირკვევა, ჰაერის შეყვანისთანავე ვითარდება დებრესიული რეაქცია, რომლის დროს წნევა სისხლის მიმოქცევის დიდ წრეში სწრაფად ეცემა, ამ რეაქციას მოჰყვება წნევის აწევა — პრესორული რეაქცია, რომლის დროს დაცემული წნევა კვლავ იწევს ზევით და შემდეგ კი მას მოჰყვება ახალი დებრესიული რეაქცია. აღნიშნული მონაცემების საფუძველზე ი. დავითაია ჰემოდინამიკურ ძვრებს 3 სტა-

დიად ყოფს: I დებრესიული სტადია, II — პრესორული სტადია და ჰემოდინამიკის სრული მოშლის სტადია.

ჩვენს მიზანს შეადგენდა დაგვედგინა ჰემოდინამიკის ძვრების მექანიზმი სასიკვდილო ცხიმოვანი ემბოლიის დროს, ამისათვის კი პირველ რიგში საჭირო იყო სასიკვდილო ცხიმოვანი ემბოლიის დროს ჰემოდინამიკის ძვრების დადგენა.

ამ საკითხის შესწავლა დაწყებული იყო კ. ერისთავის მიერ. ცდები ჩატარებული იყო შინაურ კურდღლებზე, როგორც ავტორის მონაცემების შესწავლით ირკვევა, მის ცდებში მიღებული იყო ჰემოდინამიკის ისეთივე ცვლილებები, როგორც ეს შემდგომ ჰაეროვანი ემბოლიის დროს მიიღო ი. დავითაიამ.

ჰემოდინამიკის ძვრები და მისი მექანიზმი ცხიმოვანი ემბოლიის დროს შესწავლილი იყო აგრეთვე ნ. კროლის მიერ, მაგრამ ავტორი ცდებს ატარებდა ცხიმის არასასიკვდილო დოზის მრავალჯერადი შეყვანით.

საკითხის შესასწავლად ცდები ჩატარებულია 6 ძაღლზე, რს სერიად. ვაწარმოებდით არტერიული წნევის ჩაწერას სინდიყის მანომეტრით და სუნთქვის რეგისტრაციას. ცხიმოვანი ემბოლია მიიღებოდა ბარძაყის ვენაში სხეულის ტემპერატურამდე შემთბარი, ჰომოლოგიური ცხიმის სასიკვდილო რაოდენობის შეყვანით. ცდების პირველ სერიაში ცხიმი შეგვყავდა სწრაფად, 12—20 წამის განმავლობაში, ცდების მეორე ჯგუფში კი ნელა — 5 წუთში. საცდელი ცხოველის კვ წონაზე შეგვყავდა 3,6—4,3 მლ ცხიმი.

### მიღებული შედეგები

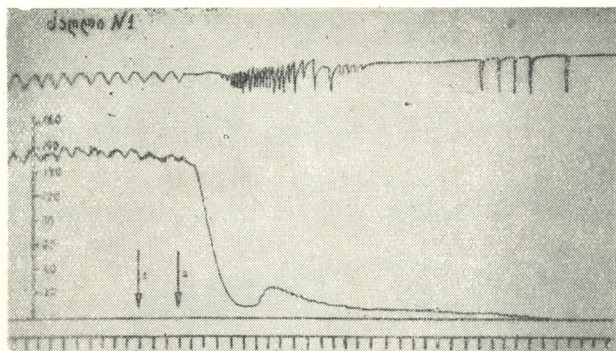
ოთხივე ძაღლში, რომელთაც ცხიმი შეგვყავნეთ სწრაფად, მიღებული მრუდების ხასიათი მსგავსია. ცხიმის შეყვანის დამთავრებისთანავე, რამდენიმე წამში იწყება წნევის დაცემა, რაც მეტ-ნაკლებად არის გამოხატული. ერთ შემთხვევაში წნევის დაცემა ძაღლზე მკვეთრი იყო და პირვანდელი დონის 93%-ს შეადგენდა. სხვა შემთხვევებში წნევის დაცემა 50%-დან 60%-მდე განისაზღვრებოდა.

წნევის დაცემას სულ მალე მოჰყვება მისი აწევა. პრესორული რეაქცია სხვადასხვანაირად არის გამოხატული. უზმირესად წნევა არ აღწევს პირვანდელ დონეს. ჩვენს ერთ შემთხვევაში კი მან პირვანდელ დონეზე მალა აიწია.

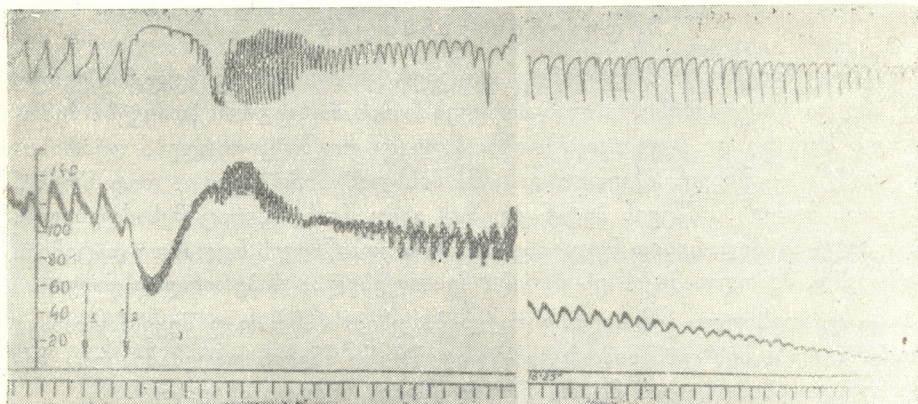
შემდეგ წნევა ან სწრაფად ეცემა და ნულამდე ჩამოდის, ანდა რამდენიმე ხანს გაჩერდება ერთ დონეზე და შემდეგ ჩამოდის ნულამდე. მრუდების შესწავლით ირკვევა, რომ იქ, სადაც წნევის დაცემა მკვეთრია, პრესორულ რეაქციას სწრაფად მოსდევს მისი დაქვეითება. იქ კი, სადაც დებრესიული რეაქცია ზომიერად არის გამოხატული, წნევა, აწევის შემდეგ, ჯერ ჩერდება ერთ დონეზე და მხოლოდ შემდეგ იწყებს დაქვეითებას (იხ. მრუდი 1, 2 და 3).

მოგვყავს ტიპობრივი მრუდები.

ცდების მეორე სერიაში ცხიმის შეყვანა წარმოებდა ნელა, 5 წუთის განმავლობაში. როგორც ამ ცდებში მიღებული მრუდებიდან ჩანს, ცხიმის ნელი შეყვანის შემდეგ წნევის სწრაფ დაცემას არ აქვს ადგილი. დებრესიული რეაქცია თანდათანობით ვითარდება და სუსტად არის გამოხატული. ცხიმის სასიკვდი-

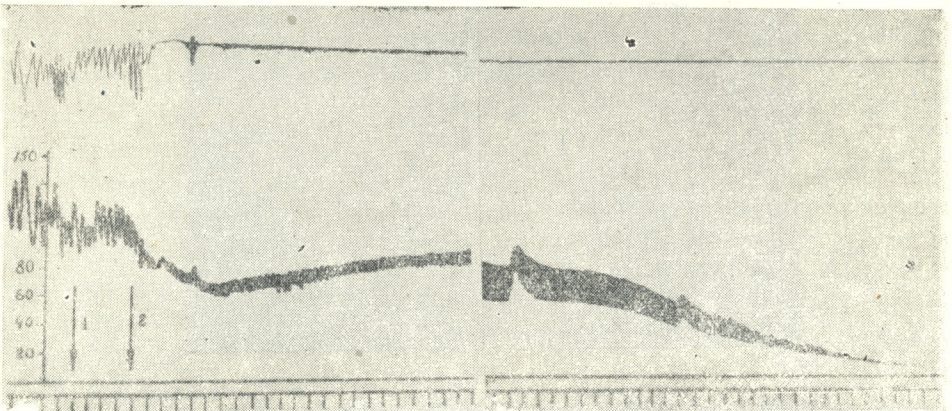


მრუდი 1. ძალი № 1. წონა 4,0. 15 წამის განმავლობაში შეყვანილ იქნა ცხიმი 16,0 მლ/კგ წონაზე 4,0 მლ). აღნიშვნა (ზემოდან ქვემოთ) სუნთქვა, არტ. წნევა, მანომეტრის ნულის ხაზი, დრო (თითო დანაყოფი 5 წამი). ისრები 1-ცხ. შეყვანის დაწყება, 2-ცხ. შეყვანის დამთავრება. სიკვდილი 2 წუთ. და 20 წამის შემდეგ



მრუდი 2. ძალი № 2. წონა 4,5 კგ. 15 წამის განმავლობაში შეყვანილია ცხიმი 20,0 მლ. სიკვდილი 17 წუთსა და 30 წამის შემდეგ. აღნიშვნა იგივე

ლო დოზის ნელი შეყვანის შემდეგ წნევა რამდენიმე ხანს გაჩერებულია ერთ დონეზე და შემდეგ, მოგვიანებით, თანდათან ეცემა ნულამდე, ხოლო არასასიკვდილო ცხიმოვანი ემბოლიის დროს მოგვიანებითი მკვეთრი დაცემის შემდეგ თანდათან სწორდება.



მრუდი 3. ძალი № 3. წონა 7,0 კგ. 20 წამში შეყვანილ იქნა 25,0 მლ ცხიმი. სიკვდილს 14 წუთსა და 20 წამის შემდეგ. აღნიშვნა იგივე

### შედგებების განხილვა

როგორც მიღებული მრუდებიდან ირკვევა, ცხიმის სწრაფ შეყვანას ვენურ სისტემაში და ფილტვების სისხლის ძარღვებში მის მოხვედრას მოჰყვება ჰემოდინამიკის სწრაფი და მკვეთრი ძვრები. პირველ რიგში ვითარდება დეპრესიული ეფექტი — წნევის მკვეთრი დაცემა სისხლის მიმოქცევის დიდ წრეში. შემდეგ მას მოჰყვება წნევის მეტ-ნაკლებად გამოსწორება, რაც შესაძლებელია ძალიან მალე ან შედარებით ნელა ისევე შეიცვალოს წნევის ნულამდე დაცემით. ამრიგად, ჰემოდინამიკის ეს ძვრები შესაძლებელია 4 პერიოდად დაიყოს.

I — დეპრესიული პერიოდი, ვითარდება ცხიმის სწრაფად შეყვანასთანავე და მდგომარეობს სისხლის მიმოქცევის დიდ წრეში წნევის დაცემაში, რაც შედეგია სისხლის მიმოქცევის მცირე წრეში წნევის სწრაფი აწევისა.

II — წნევის გამოსწორების პერიოდი, პრესორული პერიოდი. უშუალოდ მოჰყვება პირველ პერიოდს და წნევის აეწვაში მდგომარეობს.

III — შედარებითი კომპენსაციის პერიოდი. მოსდევს პრესორულ რეაქციას და მდგომარეობს წნევის გაჩერებაში ერთ დონეზე მეტ-ნაკლები ხანგრძლივობით. ეს პერიოდი ზოგჯერ სრულიად არ არის, ზოგჯერ სუსტად არის გამოხატული, შემთხვევათა ნაწილში კი კარგად არის გამოვლინებული.

IV — ჰემოდინამიკის საბოლოო მოშლის პერიოდი. წარმოადგენს III პერიოდის გაგრძელებას ან, მისი არარსებობის შემთხვევაში, II პერიოდის გაგრძელებას.

I და II პერიოდი ყოველთვის ხანმოკლეა, მისი ხანგრძლივობა წამებით განისაზღვრება. III და IV პერიოდი სხვადასხვა ხანგრძლივობისაა, მაგრამ ყოველთვის ბევრად უფრო ხანგრძლივია, ვიდრე I და III პერიოდი. როგორც



მრუდებიდან ირკვევა, III და IV პერიოდის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია პირველი პერიოდის ხარისხისაგან. რაც უფრო მკვეთრად არის გამოხატული პირველი დებრესიული რეაქცია, მით უფრო ხანმოკლეა III და IV პერიოდი, ანდა III პერიოდი სრულიად არ არის. II პერიოდის ხარისხი აგრეთვე დამოკიდებულია პირველი პერიოდისაგან.

თუ ცდების მეორე სერიაში მიღებულ მრუდებს შევადარებთ ზემოთ მოყვანილი პირველი სერიის მრუდებს, აშკარა ხდება მათი დიდი სხვაობა. დებრესიული ეფექტი, რომელიც უშუალოდ მოსდევს ცხიმის სწრაფად შეყვანას, ცხიმის ნელა შეყვანისას სუსტად არის გამოხატული. დებრესიული ეფექტი გვიან იწყება და სასიკვდილო ცხიმოვანი ემბოლიის დროს წნევის ნულამდე დაცემით მთავრდება.

ამრიგად, ორივე სერიის მრუდის მეორე ნაწილი მსგავსია, პირველი ნაწილი კი ერთიმეორისაგან განსხვავდება.

როგორც ცნობილია, სისხლის მიმოქცევის დიდ წრეში წნევის დაცემა სისხლის მიმოქცევის მცირე წრეში წნევის აწევის დროს რეფლექსური ბუნებისაა, მცირე წრის ინტერორეცეპტორების გაღიზიანებას მოსდევს და ცთომილი ნერვების საშუალებით ხორციელდება.

ცდების მეორე სერიაში სისხლის მიმოქცევის დიდ წრეში წნევის დაცემა სუსტად იყო გამოხატული, აქედან კი გამომდინარეობს, რომ სისხლის მიმოქცევის მცირე წრეშიც წნევის აწევა არ იყო მკვეთრი.

რით უნდა აიხსნას ეს მდგომარეობა? რა უდევს საფუძვლად იმ გარემოებას, რომ ფილტვის სისხლის ძარღვებში ცხიმის ერთი და იგივე რაოდენობის არსებობისას ცხიმის ამ რაოდენობის სწრაფად შეყვანას მოსდევს წნევის მკვეთრი აწევა მცირე წრეში, ხოლო ცხიმის ნელი შეყვანისას წნევის მკვეთრ მომატებას ადვილი არა აქვს? უდავოა, რომ სისხლის მიმოქცევის მცირე წრეში წნევის აწევა არ უნდა იყოს გაპირობებული მასში მხოლოდ ცხიმის არსებობით. ბუნებრივია ვივარაუდოთ, რომ ამ შემთხვევაში წნევის აწევას დამატებითი მეორე ფაქტორის არსებობა იწვევს.

ეს ფაქტორია, ალბათ, ფილტვებში ცხიმისაგან თავისუფალი სისხლის ძარღვების სპაზმი, რომელიც აწერილია სხვა ავტორების მიერაც.

ამრიგად, ცხიმის ნელი შეყვანა არ იწვევს ცხიმისაგან თავისუფალი არტერიოლების სპაზმს, რის გამოც სისხლის მიმოქცევის მცირე წრეში წნევის აწევა ისე მკვეთრად არ არის გამოხატული. აქედან გასაგები ხდება ის ფაქტი, რომ ორგანიზმი უფრო ადვილად იტანს ცხიმის ერთისა და იმავე რაოდენობის ნელა შეყვანას, ვიდრე მის სწრაფად მოხვედრას სისხლის ნაკადში.

ცხიმის შეყვანის სისწრაფის მნიშვნელობა ცხიმოვანი ემბოლიით გამოწვეულ სურათში დიდი ხანია იყო ცნობილი. თითქმის ყველა მკვლევარი, რომელიც ექსპერიმენტულ დაკვირვებებს აწარმოებდა, აღნიშნავს, რომ სასიკვდილო ემბოლიის გამოსაწვევად მნიშვნელობა აქვს არა მხოლოდ ცხიმის რაოდენობას, არამედ მისი შეყვანის სისწრაფესაც. დღემდე ამ ფაქტის მექანიზმი ახსნილი არ იყო.

ამრიგად, ჩვენ მიერ დადგენილი იყო სასიკვდილო ცხიმოვანი ემბოლიის დროს განვითარებული ჰემოდინამიკური ძვრები, ცხიმის სწრაფი და ნელი შეყვანის სხვადასხვა მოქმედება და მათ მიერ გამოწვეული ძვრების სხვადასხვაობა. გამოთქმული იყო მოსაზრება მათი მექანიზმის შესახებ. ამ მოსაზრების დასაბუთება მოითხოვს დამატებითი ცდების ჩატარებას ნერვულ სისტემაზე სხვადასხვა ჩარევის სახით, რაც ჩვენს შემდგომ ამოცანას შეადგენს.

### დასკვნები

1. ცხიმის სასიკვდილო რაოდენობის სწრაფად შეყვანას თან სდევს ჰემოდინამიკის მკვეთრი ცვლილებები, ისინი შეიძლება ოთხ პერიოდად დაიყოს:

ა) I დებრესიული რეაქციის პერიოდი — ვითარდება უშუალოდ ცხიმის შეყვანის დამთავრების შემდეგ. ძალზე ხანმოკლეა.

ბ) II პრესორული რეაქციის პერიოდი — ხასიათდება წნევის გამოსწორებით. აგრეთვე ძალზე ხანმოკლეა.

გ) III შედარებითი კომპენსაციის პერიოდი — მდგომარეობს წნევის უცვლელ დონეზე დგომაში რამდენიმე ხნის განმავლობაში. ეს პერიოდი ყოველთვის არ არის, ზოგჯერ კი კარგად არის გამოხატული.

დ) IV ჰემოდინამიკის სრული მოშლის პერიოდი — მოპყვება III ან, მისი არარსებობის შემთხვევაში, II პერიოდს. გამოიხატება წნევის სწრაფად ან თანდათანობით ნულამდე დაცემით.

2. ჰემოდინამიკის ძვრების ხასიათი დამოკიდებულია, ძირითადად, ჰემოდინამიკის საწყისი ცვლილებების (დებრესიული რეაქციის) სიძლიერისაგან.

3. ცხიმის სასიკვდილო რაოდენობის ნელი შეყვანის დროს სუსტად არის გამოხატული ჰემოდინამიკის ცვლილებების I და II პერიოდი. წნევა ცხიმის შეყვანის დამთავრების შემდეგ თანდათანობით უმნიშვნელოდ ქვეითდება და ასევე თანდათანობით სწორდება.

4. ცხიმის ერთისა და იმავე რაოდენობის სწრაფად და ნელა შეყვანის შემდეგ, ე. ი. ფილტვების სისხლის ძარღვებში ცხიმის ერთისა და იმავე რაოდენობის არსებობისას სისხლის მიმოქცევის მცირე წრეში წნევის აწევის ხარისხი სხვადასხვაა, რაც ცხადყოფს ცხიმის სწრაფად შეყვანის პირობებში წნევის აწევის დამატებითი ფაქტორის არსებობას.

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

(რედაქციას მოუვიდა 6.7.1956)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. ი. დავითაია. სიკვდილის მექანიზმი ექსპერიმენტული ჰაეროვანი ემბოლიის დროს. თბილისი, 1951.
2. კ. ერისთავი. სწრაფი სიკვდილის მექანიზმი ცხიმოვანი ემბოლიის დროს. თბილისი, 1926.

3. Л. Кожин. Экспериментальное исследование по вопросу об изменениях деятельности правого желудочка сердца при нарушениях легочного кровообращения. М., 1905.
4. Н. Г. Кр оль. Сердечно-сосудистые реакции при эмболии легочной артерии. Труды Свердл. Гос. мед. ин-та и научно-исследов. институтов облздраотдела, № 15, 1941.
5. В. В. Парин. К учению о рефлекторной регуляции кровообращения с легочных сосудов. Свердловск, 1939.
6. Н. Струев. Механизм смерти при сибирской язве. М., 1908.
7. А. Тальянцев. Einige Beobachtungen am Blutkreislauf-apparate. Zbtbt. f. d. med. wiss., № 23, 1883.
8. А. Фохт и В. Линдемай. О нарушениях кровообращения и деятельности сердца при эмболии легочной артерии. М., 1903.
9. Н. Sch wie gk. Der Lungenentlastungsreflex. Pfl. Arch., Bd. 236, H. 2, 1935.

მასპარეზობის მეთოდები

მ. მაჩაბელი

**ერიტროციტების ოსმოსური რეზისტენტობის ცვლილება  
 ინფლუენციაზელი ავთვისებიანი სიმსივნეების განვითარებასთან  
 დაკავშირებით თეთრ თაგვებში**

(წარმოდგინა აკადემიოსმა კ. ერისთავმა 20.9.1956)

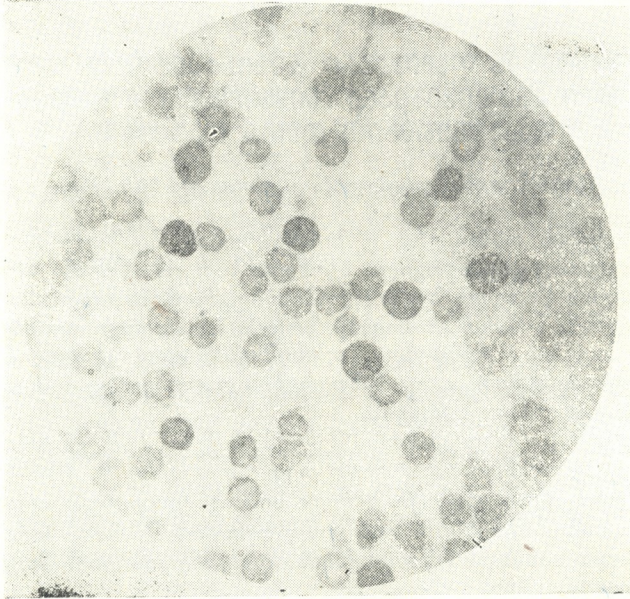
ერიტროციტების ოსმოსური რეზისტენტობის შესწავლისას თეთრ ვირ-თაგვებში, რომელთაც გადანერგილი ჰქონდათ სარკომა (შტამი 65A), შემჩნეულ იქნა, რომ სისხლის წითელი ბურთულების მდგრადობა სუფრის მარილის ჰიპოტონური ხსნარის მიმართ სიმსივნის ზრდის პარალელურად მატულობს. რეზისტენტობის მატების ტენდენცია აღინიშნება გადანერგიდან მე-9—მე-15 დღეს და რამდენიმე დღით ადრე მცხოვრების დაღუპვამდე მისი ოდენობა ბევრად აღემატება დადგენილ ნორმებს.

უფრო ნათელი წარმოდგენა რომ შეგვემუშავებინა ამ ტესტის შესახებ, ჩვენ ანალოგიური ექსპერიმენტი ჩავატარეთ თეთრ თაგვებზე 9, 10 — დიპეტილ — 1, 2 — ბენზანტრაყენით ინფლუენციაზელი სიმსივნეებით. დაკვირვება წარმოებდა ცხოველის კანზე, ბეჭებს შორის კანცეროგენის წასმის პირველი დღიდან და გრძელდებოდა სიმსივნის წარმოქმნისა და განვითარების მთელ პერიოდში ცხოველების დაღუპვამდე.

ჩვენს მუშაობაში ვიყენებდით მ. ი ა ნ ო ვ ს კ ი ს მიკროსკოპიის მეთოდს, რაც საშუალებას იძლევა რიცხვობრივ იქნეს გამოხატული მდგრადი ერიტროციტების რაოდენობა და მათი პროცენტული თანაფარდობა სისხლის წითელი ბურთულების საერთო რიცხვთან მოცულობის ერთსა და იმავე ერთეულში. სუფრის მარილის ჰიპოტონური ხსნარების კონცენტრაცია შეადგენდა 0,42, 0,48, 0,54%. იმ ერიტროციტების ათვლა, რომელთაც ჰემოლიზი არ განიცადეს, გორიავის კამერაში წარმოებდა.

მუშაობის პროცესში გამოირკვა, რომ, საწინააღმდეგოდ მოლოდინისა თავგები შედარებით იოლად იტანენ სისხლის დაკარგვას. ასე, ყოველი გამოკვლევის დროს შეივსებოდა ხოლმე წითელი სისხლის ოთხი, თეთრი სისხლის ერთი მელანყერი, სალის ჰემოციტის პიპეტი და მზადდებოდა რამდენიმე ნაცხი. არც ერთი თავგი მრავალჯერ სისხლის აღების გამო არ დაღუპულა, ყველა ცხოველი მოკლულ იქნა საჭირო ვადებში. მონაცემები, მიღებული სისხლის ერთხელ აღების დროს, არ ეწინააღმდეგება მონაცემებს, მიღებულს ისეთ თავგებზე. რომლებსაც სისხლი მრავალჯერ ჰქონდათ გამოკვლეული. იმის გამო, რომ თავგების კანი ბეჭებს შორის კანცეროგენის ზემოქმედებას განიცდიდა, კულის ვენებიდან სისხლის აღებისას გვიხდებოდა ცხოველის დაჭერა ზურგის კანით. ხკრელიანი ყუთების გამოყენება არამიზანშეწონილი აღმოჩნდა, ვინაიდან ძალიან პატარა ყუთში მოთავსებული თავგეც ახერხებდა კუდი ყუთს შიგნით ჰქონოდა, რის გამოც მუშაობა დამხმარე პირის გარეშე შეუძლებელი ხდებოდა,

ამავე დროს თვით ცხოველი იქანცებოდა. მოუხერხებელი აღმოჩნდა ცხოველის გახვევა ქსოვილის ნაჭერში. სისხლის აღებისას ვსარგებლობდით საშუალო ზომის მინის ძაბრით. ცხოველი ძაბრქვეშ თავსდებოდა. საჭიროების დროს კუდი ადვილად გამოიწეოდა ძაბრს ქვემოდან, ამავე დროს შესაძლებელი იყო ძაბრი ისე დაგვედგა მაგიდის ნაპირთან, რომ კუდზე ზედაწოლა არ ხდებოდა. ამ მეთოდით მუშაობისას მელანჟერის გამხსნელი სითხით შევსებისას ფიქსაციისაგან განთავისუფლებულ თავს დასვენების საშუალება ეძლეოდა.



სურ. 1. მაკრო- და მიკროციტოზის სურათი კანის ინდუცირებული კიბოთი დაავადებული თავვის სისხლში (ერიტროციტოგრამის მარჯვენა და მარცხენა მხარეს დამატებითი მწვეოელების წარმოქმნა)

ჩვენ მივიღეთ მონაცემები ერიტროციტების რეზისტენტობის დინამიკის შესახებ ათ თავვე კანის ინდუცირებული კიბოთი. სუფრის მარილის ჰიპოტონური ხსნარის მიმართ რეზისტენტული ერიტროციტების რიცხვი ათვლებოდა ცდის დაწყებამდე და შემდეგ 3—6-ჯერ ექსპერიმენტის განმავლობაში. წარმოდგენილი მონაცემების იმ მონაცემებთან შედარებისას, რომელიც მიღებულ იქნა თეთრ ვირთავებზე შტამი 65 გადაწერგული სარკომით, ადვილი შესამჩნევია, რომ თავვეებზე წარმოებული ცდების შედეგი შედარებით უფრო ნაკლებად მკაფიო სურათს იძლევა; თავვის ერიტროციტების რეზისტენტობის ცვლილება არ აღწევს ვირთავის ერიტროციტების რეზისტენტობის შეცვლის ხარისხს.

საინტერესოა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ თავვეებში ერიტროციტების რეზისტენტობის ზრდა მხოლოდ სიმსივნის წარმოქმნისას იწყება. პირველი 100 დღის განმავლობაში, ე. ი. კანზე კანცეროგენის წასმის მთელ პერიოდში, რეზისტენტობა ნორმის ფარგლებში მერყეობს.



ერიტროციტების რეზისტენტობის შეცვლა თანხვედრა სიმსივნის წარმოქმნის მომენტს. ექვს თავვს სიმსივნის ჩამოყალიბების დროიდან ემჩნევა კარგად გამოხატული ტენდენცია მდგრადი ერიტროციტების რიცხვის ზრდისადმი სამივე ხსნარში. ოთხ თავვს ერიტროციტების რეზისტენტობა მომატებული აქვს სიმსივნის განვითარების პირველ დღეებში, მაგრამ მცირე ხნის შემდეგ იგი კვლავ კლებულობს. საერთოს ამ თავგების სიმსივნეებისათვის ის გარემოება წარმოადგენს, რომ სიმსივნური უჯრედების შრეების ქვეშ მათ ნეკროზული მარების სქელი ფენა აქვთ.

სასვებით შესაძლებელია, რომ თანდართული მეორადი ინფექცია ამ შემთხვევაში გარკვეულ როლს ასრულებდეს. მართლაცა მაკროსკოპულად, ერიტროციტების მაღალი რეზისტენტობის მქონე თავგების სიმსივნეში არ აღინიშნებოდა დაჩირქებისა და დაშლის ნიშნები.

გამონაკლისს წარმოადგენს თავგი 1, რომელსაც ჰიპოტონური ხსნარის მიმართ მდგრადი ერიტროციტების რიცხვი რამდენადმე მომატებული ჰქონდა და ამავე დროს სიმსივნის ქვეშ დიდი რაოდენობით აღმოჩნდა ნეკროზული მარები.

ჩვენ მიერ აღნიშნული ერიტროციტების ოსმოსური რეზისტენტობის მომატება შესაძლებელია მათი ფორმის შეცვლით აიხსნებოდეს. ძველი ერიტროციტებისათვის დამახასიათებელი სფერული ფორმა ნაკლებად მდგრადია ჰიპოტონური ხსნარების მიმართ, ვიდრე ახალგაზრდა ერიტროციტების შებრტყელებული ფორმა.

ნ. მოლჩანოვის (1929), არშისა და პლეტმერის დაკვირვებით. მაკრობლანია დაკავშირებულია ღვიძლის ფუნქციასთან. ის ღვიძლის პარენქიმის დიფუზური დაზიანების დროს გამოვლინდება. ვ. ივანოვა (1949) ადამიანზე, ზ. პავლოვამ და ე. სავრომოვიჩმა (1930) თავგებში ქვანახშირის ფისით ინდუცირებული სიმსივნეების დროს და მ. მაჩაბელმა (1954) ვირთავგებში შტამი 65 გადანერგილი სარკომათ აღმოაჩინეს ღვიძლის უჯრედების დეგენერაციული ცვლილება.

ამრიგად, შესაძლებელია იმ დასკვნამდე მივიდეთ, რომ სიმსივნური დაავადების დროს ძლიერდება ნივთიერებათა ცვლის შხამიანი პროდუქტების ზემოქმედება ძვლის ტვინში მიმდინარე სისხლწარმოქმნაზე, რაც ღვიძლის დიფუზიურ დაზიანებასთანაა დაკავშირებული. მორფოლოგიურად ეს მაკრობლანიის სახით გამოვლინდება, ხოლო ფუნქციურად სისხლის წითელი ბურთულების ოსმოსური რეზისტენტობის მომატებით გამოიხატება.

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

(რედაქციას მოუვიდა 20.9.1956)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. A. Archi. Etudes actuelles sur l'anisocytose des érythrocytes et leur applications au diagnostic des maladies du foie Paris med. 1936, 24, 561—563.
2. В. Н. Иванов. Симптомы и синдромы общего характера при раке желудка. Врачебное дело, 1949, № 12, 1110—1122.
3. М. С. Мачабели. Изменения осмотической резистентности эритроцитов белых крыс в зависимости от их возраста и развития перевиваемой полиморфноклеточной саркомы. Сообщения АН Груз. ССР, т. XV, № 9, 1954, стр. 615—619.

4. М. С. Мачабели. Ориентировочные нормы осмотической резистентности эритроцитов белых мышей. VI-ая научная конференция аспирантов и молодых научных работников 25—29 апреля 1955 г. План работы и тезисы докладов. Изд. АН ГССР, 1955.
5. Н. С. Молчанов. К вопросу об осмотической способности эритроцитов и содержании билирубина в сыворотке крови и заболевании печени. Тер. Арх. 1929, т. 7, вып. 1, с. 41—49.
6. З. К. Павлова и Е. И. Савримович. Изменения некоторых внутренних органов у дегтерных мышей. В рентгенологии и радиологии, том 8, выпуск 2, с. 131—140.
7. A. Pletscher u W. A. Hunzinger. Erhöhte osmotische Erythrocytenresistenz bei Leberschaden. Schweizerische Med. Wochenschs № 39, 1954, S. 1116—1118.

მასპერინმენტული მემლიცნა

თ. სინარულიძე

**მწვავე და ქრონიკული აპენდიციტების მიკროფლორის შესწავლის  
საკითხისათვის<sup>(1)</sup>**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 28.1.1957)

მუცლის ღრუს იმ დაავადებიდან, რომლებიც ქირურგიულ მკურნალობას მოითხოვენ, ყველაზე ხშირია აპენდიციტი. ეს დაავადება საკმაოდ შესწავლილია მისი ქირურგიული მკურნალობაც კარგად არის დამუშავებული, მაგრამ ამ მიმართულებით ჩატარებული მრავალრიცხოვანი დაკვირვებებისა და საკითხის ისტორიის შესწავლის ხანგრძლივობის მიუხედავად, აპენდიციტის ეტიოლოგია და პათოგენეზი დღემდე არაა სავსებით ცნობილი.

აპენდიციტის ეტიო-პათოგენეზში ინფექციას მუდამ დიდი მნიშვნელობა ეძლეოდა.

საკითხი აპენდიციტის მიკროფლორის შესახებ დიდი ხანია მრავალი მკვლევრის შესწავლის საგანს წარმოადგენს. შეხედულებები აპენდიციტის გამომწვევი მიზეზის შესახებ მეტად მრავალგვარია. მკვლევართა ცდები — ეპოვნათ ამ გავრცელებული დაავადების სპეციფიკური გამომწვევი მიკროორგანიზმი, წარმატებით არ დაგვირგვინდა.

სადღეისოდ მიღებულია ის აზრი, რომ აპენდიციტის სპეციფიკური გამომწვევი მიკრობი არ არსებობს. ჰიანაშლაის ანთებას იწვევს არა რომელიმე ერთი მიკროორგანიზმი, არამედ ვირულენტური მიკრობების ჯგუფი, რომელთა რიცხვი, სხვადასხვა ავტორების გამოკვლივით, 20-მდე აღწევს.

აშოფი [9] მწვავე აპენდიციტის გამომწვევ უზიარებს მიზეზად თვის ენტეროკოკს, არაჰემოლიზურ სტრეპტოკოკს და დიფთერიის ჩხირს. ის არ უარყოფს ანაერობული ინფექციის როლს, მაგრამ ეს უკანასკნელი, მისი აზრით, არ წარმოადგენს აპენდიციტის გამომწვევ მიზეზს. ანაერობები მხოლოდ შემდეგ უერთდებიან მას და ისიც უმთავრესად განგრენული აპენდიციტის დროს.

ა. რემიზმა [9], რომელმაც მწვავე აპენდიციტის 31 შემთხვევაში აწარმოვა ბაქტერიოლოგიური გამოკვლევა (აქედან 22 შემთხვევაში მიიღო ზრდა *Bac. perfringens*), მიუთითებს, რომ ანაერობული ინფექცია საკმაოდ ხშირად გვხვდება განგრენულ და პერფორაციულ აპენდიციტებში. იგივე აღნიშნავს, რომ ვირულენტური ანაერობები ყოველთვის როდი იწვევს მძიმე კლინიკური სურათის განვითარებას. თავის მასალის განხილვის საფუძველზე ავტორი აღგვის, რომ ქსოვილებში პათოლოგიური ცვლილებების დროს სისხლის მიმოქცევის ან ტრამვის სახით ანაერობულ ინფექციას შეუძლია გამოავლინოს თავისი თავი მძიმე კლინიკური მიმდინარეობით.

(<sup>1</sup> მოხსენდა მწვავე აპენდიციტების საკითხისადმი მიძღვნილ თბილისის ქირურგთა საზოგადოების თემატიკურ კონფერენციას 1956 წლის 17—19 ივნისს.)



თ. გ ი ო რ გ ო ბ ი ა ნ მ ა [7] შეისწავლა 94 ამოკვეთილი დანამატის მიკროფლორა, აქედან 17 შემთხვევაში მწვავე და 77 შემთხვევაში ქრონიკული აპენდიციტის დროს.

განგრენული, ჩირქოვანი და პერფორაციული აპენდიციტების დროს მან 15 შემთხვევაში გამოყო ნაწლავის ჩხირის სუფთა კულტურა. 77 ქრონიკული აპენდიციტიდან 26 შემთხვევაში ნაწლავის ჩხირისა და ენტეროკოკის ზრდა მიიღო, 16 შემთხვევაში — ნაწლავის ჩხირი + თეთრი სტაფილოკოკი, 10 შემთხვევაში — ნაწლავის ჩხირი + ოქროსფერი სტაფილოკოკი, 6 შემთხვევაში გამოყოფილი იყო ფრიდლენდერის ჩხირის სუფთა კულტურა, ხოლო დანარჩენ შემთხვევაში მიიღო სხვადასხვა მიკრობების ასოციაცია.

ი. ფ ი ფ ი ა და ვ. გ ი ო რ გ ა ძ ე [1] აგრეთვე აღნიშნავენ, რომ აპენდიციტის ეტიოლოგიაში როლს თამაშობს არა ერთი სპეციფიკური მიკროორგანიზმი, არამედ ვირულენტური მიკრობების ჯგუფი, რომელთა შორისაც ძირითადი ადგილი უკავიათ სტრეპტოკოკს, სტაფილოკოკს, დიპლოკოკს, ნაწლავის ჩხირს და ანაერობს.

ზოგიერთი ავტორი (გ. ფ რ უ მ კ ი ნ ა, ი. ბ ე რ ი ლ ო [10] და სხვ.) ნაწლავის ჩხირს თვლიან მწვავე აპენდიციტის ძირითად გამომწვევ მიზეზად.

ვ. ბ რ ა ი ც ე ვ ი ს [5] აზრით, ჭიანწლავის ანთების დროს სხვადასხვა ბაქტერიების როლი ერთნაირი არ არის და წამყვანად უნდა ჩაითვალოს სტრეპტოკოკი და პრევიოკოკი.

ნათქვამიდან ამჟამად, რომ ყველა შემთხვევაში მოყვანილი ავტორი ჭიანწლავის ანთების ეტიოლოგიაში დიდ მნიშვნელობას ანიჭებს ინფექციას. რიგი ავტორები უპირატესობას აძლევენ აერობებს, მკვლევართა ნაწილი კი, კერძოდ განგრენული და პერფორაციული აპენდიციტის დროს, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ანიჭებს ანაერობულ ინფექციას.

შემონათქვამიდან გამომდინარე, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტიტუტის სამკურნალო ფაკულტეტის ჰოსპიტალური ქირურგიის კლინიკის გამგის აკადემიკოს კ. ერისთავის წინადადებით, ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ჭიანწლავის მიკროფლორის ხასიათი მისი სხვადასხვა სახის ანთების დროს.

მასალა, რაზედაც დაფუძნებულია წარმოდგენილი ნაშრომი, მოიცავს ჭიანწლავის ანთების 100 შემთხვევას, გატარებულს ჩვენს კლინიკაში. შესწავლილქნა 50 შემთხვევაში მწვავე აპენდიციტის სხვადასხვა ფორმის მიკროფლორა და შედარებისათვის ქრონიკული აპენდიციტის 50 შემთხვევა.

ბაქტერიოლოგიური გამოკვლევები წარმოებდა თბილისის ვაქცინებისა და შრატების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის ანაერობულ და მიკრობიოლოგიურ განყოფილებაში ექიმების ე. დროზდოვასა და ლ. ლიპის მიერ.

გამოკვლევის მეთოდი ასეთი იყო: ოპერაციის შემდეგ ჭიანწლავს დაუყოვნებლივ ვათავსებდით სტერილურ სინჯარაში. შემდეგ პირველი 24 საათის განმავლობაში ხდებოდა მისი გაკვითა ზუსტად ასეპტიკურ პირობებში და წარმოებდა დათესვა საკვებ ნიადაგებზე. მიკრობების აერობულ პირობებში გაზრდის მიზნით მასალა, როგორც შიგთავსი, ისე დანამატის ნაჭრები, — ითესებოდა: შაქრის ბულიონზე, უბრალო ბულიონზე, ასციტ ბულიონზე, უბრალო აგარაზე, ასციტ აგარაზე, ნალვის ბულიონზე და ეხლო- და „უ“ ნიადაგზე. ნათესებს ვდგამდით თერმოსტატში 18 საათით, 37° ტემპერატურაზე. ამის შემდეგ თხიერი ნიადაგებიდან გადავთესავდით მკვრივ ნიადაგებზე ცალკეული კოლონიების მისაღებად და ამ გზით მიღებული სუფთა კულტურების შემდგომ შესწავლას ვაწარმოებდით.

მიკრობების ანაერობულ პირობებში გამოკვლევისათვის მასალას ვთესავ-  
დით ტაროცის ნიადაგზე და ვდგამდით თერმოსტატში 37° ტემპერატურის  
დროს. ამის შემდეგ ხდებოდა ამოთესვა ცეისლერის ნიადაგზე, უკანასკნელ ნი-  
ადაგზე ცალკეული კოლონიების მიღების შემდეგ ვახდენდით გადათესვას სუფ-  
თა კულტურების შესასწავლად.

ჩვენი ბაქტერიოლოგიური გამოკვლევის საფუძველზე შეიძლება დადასტუ-  
რებულ იქნეს მიკროფლორის მეტისმეტი სხვადასხვაგვარობა როგორც მწვავე,  
ისე ქრონიკული აპენდიციტის დროს (იხილეთ ცხრილი 1).

უნდა აღინიშნოს, რომ სისწირის მიხედვით პირველი ადგილი ნაწლავის  
ჩხირს უკავია. ჩვენი მონაცემები ემთხვევა იმ ავტორთა მონაცემებს [7, 10],  
რომლებსაც აპენდიციტის ყველაზე ხშირ მიზეზად ნაწლავის ჩხირი მიაჩნიათ;  
მეორე ადგილი უჭირავს ნაწლავის ჩხირის ასოციაციას ენტერეკოკთან და მიკ-  
რობების სხვა სახეობებთან. ჩვენ არც ერთხელ არ მიგვიღია სტაფილოსტრეპ-  
ტოკოკების ზრდა, როგორც ამას სხვა ავტორები მიუთითებენ. რაც შეეხება ანა-  
ერობებს, ჩვენ მივიღეთ მათი ზრდა მხოლოდ ასოციაციაში სხვა სახის მიკრო-  
ბებთან, ამასთან იგი ერთნაირი სისწირობით გვხვდება მწვავე და ქრონიკული  
აპენდიციტის დროს.

ლიტერატურაში აღინიშნება, რომ ჭიანწლავის მიკრობული ფლორა მწვა-  
ვე აპენდიციტის დროს ქრონიკულთან შედარებით ნაკლებ პოლიმორფულია.  
მსგავსი მოვლენა იყო აღნიშნული ჩვენი გამოკვლევის დროსაც. ვ. ბ რ ა ი-  
ც ვ ი ს [5] აზრობ, ბაქტერიულ ფლორა ჭიანწლავში მისა მწვავე ანთების  
დროს ჩვეულებრივ სუსტდება ან ილუბება, ისე რომ რჩება მხოლოდ ანაერობის  
ძირითადი გამომწვევი მიკრობები.

იბადება საკითხი: რა ზღვრემწყოები პირობები არსებობს ჭიანწლავში ინ-  
ფექციის განვითარებისათვის და რატომ არის, რომ დანამატში მწვიდად მყოფი  
ფლორა უეცრად ხდება მაღალვირულენტური და იწვევს მწვავე ანთების გან-  
ვითარებას. ამ მოვლენის ახსნის ძებნა იწყეს ალერგიაში.

მაგრამ როგორც ლიტერატურის. ისე საკუთარი მასალის შესწავლიდან  
ცნობილია, რომ ანთებითი პროცესი მწვავე აპენდიციტის დროს მეტწილად და-  
ნამატის დისტალურ ნაწილში ვითარდება. ორგანიზმის სენსიბილიზაციას რომ  
ჰქონდეს მნიშვნელობა, მაშინ ანთება გამოვლინდებოდა აგრეთვე ნაწლავის  
ტრაქტის სხვა ადგილებზეც. ამრიგად, ზემოაღნიშნული მოვლენის ახსნა ალერ-  
გიაში კი არ უნდა ვეძიოთ, არამედ თვით ჭიანწლავის ადგილობრივ პირობებში.

ზოგი ავტორი დიდ მნიშვნელობას ანიჭებდა დანამატში ინფექციის მოხ-  
ვედრას საჭმლის მომწიფებელი ტრაქტის ზედა ნაწილიდან, სახელობრ ნუში-  
სებრივი ჭირკვლებიდან ანგინის დროს ჰემატოგენური გზით. ინფექცია ხახიდან  
ლიმფური გზით მოხვდება სისხლში, ხოლო შემდეგ ჭიანწლავში. კ რ ე ტ ც ი მ  
[1] განვრჩნული აპენდიციტის 19 შემთხვევიდან 14 შემთხვევაში სექციაზე აღ-  
მოაჩინა მწვავე ჩირქოვანი ანგინა.

ამ შეხედულების წინააღმდეგ წამოაყენეს შემდეგი მოსაზრებანი. ჭიანწ-  
ლავში ინფექციის ნუშისებრი ჭირკვლებიდან მოხვედრის შემთხვევაში ანთებად  
მდგომარეობაში მყოფი დანამატის ბაქტერიოლოგიური გამოკვლევის დროს  
უფრო ხშირად ჰემოლიზური სტრეპტოკოკი უნდა ეპოვათ, რომელსაც ჩვეულებ-  
რივ ნახულობენ ნუშისებრ ჭირკვლებში ანგინის დროს. სინამდვილეში კი ნუ-  
შისებრი ჭირკვლისა და ჭიანწლავის ფლორის იდენტურობა, როგორც წესი,  
არ აღინიშნება.

შეიძლება დაკოშვათ, რომ იშვიათ შემთხვევაში შეიძლება აპენდიციტი გან-  
ვითარდეს მიტასტაზურად — ჰემატოგენური გზით. მაგრამ ეს გზა უფრო იშვი-  
ათია და თანამედროვე მკვლევართა დიდ უმრავლესობას ინფექციის გავრცე-

აღნიშნული იყო მიკრობთა შემდეგი ასოციაცია

მიკრობთა სახეები	აპენდიციტების ფორმა						ქრონიკული აპენდიციტი	რაოდენობა
	მწვავე აპენდიციტი					ს უ ლ		
	კატარალური აპენდიციტი	ჩირქოვანი აპენდიციტი		დესტრუქციული აპენდიციტი				
	ფლეგმაზოზური	ინფილტრაციული	ჰერფორაციული	განგრენული				
<i>Bact. coli</i>	4	5	2	1	—	12	13	25
<i>Bact. coli + Enterococcus</i>	4	5	—	1	5	15	9	24
<i>Bact. coli + Enterococcus + B. perfringens</i>	7	—	3	—	—	10	9	19
<i>Bact. coli + Bac. perfringens</i>	1	1	—	—	1	3	6	9
<i>Bact. coli + Clostridium faecalis alcaligenes + B. perfringens</i>	—	—	—	—	—	—	1	1
<i>Bact. coli + Bact. alkalescens</i>	—	—	—	—	—	—	2	2
<i>Bact. coli + Bact. pyocyaneus + Bac. perfringens</i>	—	—	—	—	—	—	2	2
<i>Bact. coli + Proteus vulgaris + Bac. perfringens</i>	—	1	—	—	—	1	—	1
<i>Proteus vulgaris</i>	—	1	—	1	2	4	1	5
<i>Pyocyaneus + Bac. perfringens</i>	—	—	—	—	1	1	2	3
<i>Pyocyaneus</i>	1	—	—	1	1	3	—	3
<i>Bact. paracoli + enterococcus</i>	—	—	—	—	—	—	2	2
<i>Bact. faecalis alkalescens + Enterococcus</i>	—	—	—	—	—	—	1	1
<i>Bact. faecalis alkalescens + Bac. paracoli</i>	—	1	—	—	—	1	—	1
<i>Bact. paracoli</i>	—	—	—	—	—	—	1	1
<i>Proteus vulgaris + Bac. perfringens</i>	—	—	—	—	—	—	1	1
<b>ს უ ლ</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>100</b>

მ. ს. ხაჩიძე

ლების მთავარ გზად ენტეროგენური გზა მიაჩნია. ენტეროგენული გზის უპირატესობა ნათლად ჩანს ჩვენი გამოკვლევებიდანაც. 100 ამოკვეთილი აპენდიქსის ბაქტერიოლოგიური გამოკვლევის დროს ყველა შემთხვევაში მივიღეთ იმ მიკრობების ზრდა, რომლებიც ჩვეულებრივ გვხვდებიან ნაწლავის შიგთავსში.

იბადება კითხვა: რა პირობებია საჭირო იმისათვის, რომ მიკრობებმა ჭიანწლავის სანათურიდან მის კედელში შეაღწიონ?

გარდა ინფექციისა, ჭიანწლავში ანთების განვითარებისათვის საჭიროა სხვა პირობებიც. ჩვენც სხვა ავტორებთან ერთად ვფიქრობთ, რომ ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორს და ხელისშემწყობ მომენტს დანამატში ანთების განვითარებისათვის წარმოადგენს შიგთავსის შეგუბება. შიგთავსის შეგუბება შეიძლება გამოწვეული იქნეს განავლოვანი ქვებით, ნაწლავთა ჭიებით, დანამატში სხვადასხვა უცხო სხეულის მოხვედრით, როგორცაა, მაგალითად, კურკა, ძვლისა და კბილის ნატეხები, თევზის ძვალი, მზესუმზირის ჩენჩო და სხვა.

სხვა ფაქტორებთან ერთად აპენდიქსში შიგთავსის შეგუბების ხელშემწყობია ჭიანწლავის ანატომია. ორგანოს სიგრძე და ვიწრო სანათური ცუდ პირობებს ქმნიან შიგთავსისაგან დასაცლელად; დანამატის გადაღუნვა, გამოწვეული მოკლე ჭორჭლით, აგრეთვე ხელს უწყობს შიგთავსის შეგუბებას. საერთოდ მნიშვნელობა აქვს მუცლის ღრუში შეხორცილების არსებობას, დანამატის ნაწიბურებასა და შევიწროებებს, აგრეთვე ყოველ ფაქტორს, რაც აბრკოლებს ნაწლავის დაცლას.

იმ მომენტთა შორის, რომლებიც შეგუბებას უწყობენ ხელს, როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, საჭიროა აღინიშნოს განავლოვანი ქვები. ისინი ხურავენ რადანამატის სანათურს, დახურულ სივრცეს ქმნიან. დანამატის სანათურის ამ დახურულ უბანში სწრაფად მრავლდებიან ბაქტერიები, რომელთა ტოქსიკურობა მატულობს, რაც აპირობებს ამ უბანში ანთებითი პროცესის განვითარებას. აპენდიქსის სანათურში განავლოვანი ქვები არც ისე იშვიათია. შპრენგელი [1] 85% -ში აღნიშნავს განავლოვან ქვებს, თ. გ. ო რ გ ო ბ ა ნ ო [7] კი 20% -ში. ჩვენ მასალაში დანამატის სანათურში განავლოვანი ქვები თითქმის ყველა შემთხვევაში იყო ნახული. გარდა იმისა, რომ ისინი წარმოადგენენ ნაწლავის დაცილისათვის მექანიკური დაბრკოლების მიზეზს, შეუძლიათ აგრეთვე განსაზღვრულ უბანზე ზედაწლით გამოიწვიონ ლორწოვნის დეფექტი, რაც შეიძლება გახდეს ინფექციის შეჭრის წყარო. ქვების არსებობის გამო შესაძლებელია პერფორაციის განვითარებაც. ჩვენ გვქონდა შემთხვევა, როდესაც პერფორაციული აპენდიციტის დროს პერფორაციულ ხერხელში იყო განავლოვანი ქვა.

ზოგიერთი ავტორი [7] აპენდიციტის პათოგენეზში მნიშვნელობას ნაწლავთა ჭიებს ანიჭებს. ყველაზე ხშირად დანამატში გვხვდება *oxyurii vermiculari*. ჭიანწლავში ნაწლავის ჭიების არსებობა თავისთავად ეტიოლოგიურ ფაქტორად არ ჩაითვლება. მათმა დიდმა რაოდენობამ შეიძლება დაახშოს დანამატის სანათური, რაც ხელს უწყობს დახურულ სივრცის წარმოქმნას. გარდა ამისა, ჭიებს შეუძლიათ მექანიკური და ქიმიკოტოქსიკური ზემოქმედებით გამოიწვიონ ლორწოვანის დაზიანება და ხელი შეუწყოს მიკრობების შეჭრას დაზიანებული ლორწოვანიდან, ის უკანასკნელი კი თავის მხრივ ხელს უწყობს მასში ანთებითი პროცესის განვითარებას.

შეგუბება შეიძლება გამოიწვიოს აგრეთვე დანამატის კუნთის ატონიამ ვეგეტაციური ნერვული სისტემის ფუნქციის დარღვევის გამო. ამასთან ერთად პათოლოგიურმა პროცესმა კუჭნაწლავის ტრაქტში, სახელობრ „შლილობამ, ანთებამ, ყაბზობამ, ბრმა ნაწლავის სტაზმა შეიძლება ხელი შეუწყოს შეგუბებას ნაწლავში და, მასასადამე, დანამატშიც. ყოველივე ის წარმოადგენს ხელშემწყობ ფაქტორებს. მასასადამე, არსებობს მრავალი მიზეზი, როგორც მექანიკური, ისე ფუნქციონალური ხასიათისა, რომლებიც იწვევენ ჭიანწლავში



შეგუბებას, რაც ამცირებს დანამატის ლორწოვნის გამძლეობას და ხელშეწყობს პირობებს ქმნის მიკრობების გამრავლებისა და მათი ვირულენტობის მომატებისათვის, ვინაიდან სეკრეტი მიკროორგანიზმებისათვის კარგ საკვებ ნივთიერებას წარმოადგენს.

შემდგომ შემთხვევაში, რომელიც ხელს უწყობს დანამატში დაავადების სიხშირეს, მისი ჰისტოლოგიური შენება წარმოადგენს. აპენდიქსის ლორწოვანი ფოლიკულების სიმრავლით ხასიათდება, რაც ხელს უწყობს მასში ანთების განვითარებას. ჰისტოლოგიური შენების მნიშვნელობა მტკიცდება აპენდიციტის სიხშირით ახალგაზრდა ასაკში, რაც ამჟამად ჩანს ჩვენი მასალიდანაც. ასაკის მიხედვით ჩვენი მასალა შემდეგნაირად ნაწილდება:

მწვავე აპენდიციტი				ქრონიკული აპენდიციტი			
10-დან—	20 წლამდე	16 ავადმყოფი		10-დან—	20 წლამდე	18 ავადმყოფი	
21	30	16	”	21	30	16	”
31	40	9	”	31	40	12	”
41	50	2	”	41	50	3	”
51	60	5	”	51	60	1	”
61	70	1	”	61	70	0	”
ს უ ლ 50				ს უ ლ 50 ავადმყოფი			

ზემოაღნიშნული მონაცემებიდან ჩანს, რომ როგორც მწვავე, ისე ქრონიკული აპენდიციტის 64—66% მოდის 30 წლის ასაკამდე. ამ ასაკში ლიფური ფოლიკულები უხვადაა განვითარებული და მათი ფუნქციაც გაძლიერებულია. 30 წლის ასაკიდან დაწყებული კი ადგილი აქვს ფოლიკულების უკუგანვითარებას, ხოლო მოხუცებულობის ასაკში იგი მთლიანად ისპობა და მათშიც აპენდიციტის სიხშირე ეცემა.

ამასთან ერთად არ შეიძლება შეფასებულ არ იქნეს კვების ფაქტორის მნიშვნელობა. ზოგიერთი ავტორი აპენდიციტის ეტიოლოგიაში ხელშეწყობს მიზეზად თვლის არარაციონალურ კვებასა და კვების ხასიათს საერთოდ. განსაკუთრებით ხელს უწყობს აპენდიციტის განვითარებას ცილით მდიდარი საკვები. ხორციულით კვებისას წარმოქმნილი ცილოვანი ნივთიერებები გადადიან ბრმა ნაწლავში. ასეთ შემთხვევაში ცილების მთელი რიგი ბოლომდის არ იშლება, რაც თავის მხრით აღიზიანებს აპენდიქსის ლორწოვანს და ხელს უწყობს მასში ანთების განვითარებას. ამის გარდა, როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, შიგთავსის შეგუბებას ხელს უწყობს ყაზობა, ხოლო იგი უფრო ხშირად გვხვდება ხორციანი საჭმლის დროს, ვიდრე მცენარეულობით კვებისას.

კვებას რომ გარკვეული მნიშვნელობა აქვს აპენდიციტის განვითარებაში, ამას ისიც მოწმობს, რომ ეს დაავადება ომიანობის დროს კლებულობს მოსახლეობაში, უმთავრესად მცენარეულობით კვების გამო [2].

ამის სასარგებლოდ ლაპარაკობს აგრეთვე ის ფაქტიც, რომ აპენდიციტი იშვიათია სოფლის მოსახლეობას შორის ქალაქის მოსახლეობასთან შედარებით, რადგან სოფლის მცხოვრებნი ძირითადად მცენარეულობით იკვებებიან, ქალაქელები კი — უპირატესად ხორციულით.

ჩინელები და იაპონელები, რომლებიც მცენარეულ საკვებს ღებულობენ, აპენდიციტით იშვიათად ავადდებიან [3].

დასასრულ, ზემონათქვამიდან ცხადია, რომ აპენდიციტის გამომწვევი მიზეზები უნდა ვეძიოთ ამა თუ იმ სახის ინფექციაში, რომლის ვირულენტობა ძლიერდება ზემოჩამოთვლილი ხელშეწყობი პირობების არსებობისას და ქიანაწლავის ანთების მიზეზი ხდება.

## დასკვნები

1. აპენდიციტის გამომწვევი ჩვეულებრივად არა მონოინფექციაა, არამედ პოლიინფექცია, რომლის დროსაც ვხვდებით როგორც აერობულ, ისე ანაერობულ მიკროფლორას.

2. ერთი და იგივე მიკროორგანიზმი შეიძლება აღმოჩენილ იქნეს როგორც მწვავე, ისე ქრონიკული აპენდიციტების დროს.

3. ჭიანჭღის ანთების გამომწვევ ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს წარმოადგენს დანამატში შიგთავსის შეგუბება სანათურის დახშობის გამო, რაც ხელს უწყობს ინფექციის ვირულენტობის გადიდებას.

4. ჭიანჭღავში არსებული მიკროფლორის პათოგენური მოქმედების მონატებას, ენდოგენურ ფაქტორებთან ერთად, ხელს უწყობს რიგი ეგზოგენური ფაქტორი.

თბილისის სამედიცინო  
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 28.1.1957)

### დამოწმებული ლიტერატურა

1. ე. ფიფია და ვ. გიორგაძე. აპენდიციტი. თბილისი, მედგამომცემლობა, 1938.
2. Г. М. Александров. Некоторые данные о состоянии содержимого слепой кишки во время аппендицита в свете алиментарной теории патогенеза. Автореферат М., 1950.
3. И. С. Баккал. Острый аппендицит. I съезд хирургов Казахстана. 1940, стр. 65—69.
4. А. П. Бажанова. Острый аппендицит. Клиническая медицина, т. 31, № 2, 1953, стр. 57—60.
5. В. Г. Брайцев. Острый аппендицит. Медгиз, 1946.
6. М. И. Брякин. К вопросу о патогенезе аппендицита, Здравоохранение Казахстана. № 5, 1954.
7. Т. Б. Гиоргобანი. Микрофлора удаленных отростков. Труды II Закавказского съезда хирургов. Тбилиси 9—14 сентября II, 1935.
8. Н. К. Митропольский. Острый аппендицит и его лечение Медицинская сестра. № 2, 1953, стр. 8—11.
9. А. И. Ремиз. Роль анаэробной инфекции при остром аппендиците. Вестник хир. т. 40, 1935, кн. 112—113, стр. 241—244.
10. Г. Е. Фрумкина и И. А. Берилло. Микрофлора аппендиксов при аппендицитах. Хирургия, № 1, 1940, стр. 124—127.

## 6. ზრელაზვილი

## ბავშვის ფსიქიკურ ბანვითარებაში ერთი გარდატეხის შესახებ

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ა. ბოჭორიშვილმა 18.7.1956)

1. პირველად ვ. შტერნის ყურადღება მიიპყრო ბავშვის ერთმა თავისებურმა ქცევამ, რომელიც შემდეგ სხვა ფსიქოლოგთა კვლევის საგნადაც იქცა და ფსიქოლოგიურ ლიტერატურაში შევიდა, როგორც ბავშვის მეტყველების განვითარებაში მნიშვნელოვანი გარდატეხის მანიშნებელი ფაქტი.

ფაქტი ასეთია: ბავშვი მიუთითებს რაიმე საგანს ხელით და ამბობს: „ესა“ („das!“), „isn das?“) ბავშვის ეს ქცევა თავს იჩენს 1; 6; 0-ის<sup>(1)</sup> ზღურბლზე. ეს ქცევა შტერნს ინტერპრეტირებული აქვს როგორც შეკითხვა—შეკითხვა საგნის სახელის შესახებ. თანახმად შტერნისა, ბავშვის ეს ქცევა სიმპტომია იმისა, რომ ბავშვმა სახელის არსებობა აღმოაჩინა. აქედან იწყება მეტყველების ახალი ფაზა — სპეციფიკური ადამიანური, გააზრებული მეტყველება.

მეორე სიმპტომი, რომელიც შტერნის თანახმად, გვაძლევს შესაძლებლობას დავასკვნათ მომხდარი გარდატეხის შესახებ, არის ბავშვის სიტყვათა მარაგის — ერთდროულად ამ ქცევასთან — სწრაფი ზრდა. თუმცა, როგორც თვითონ შტერნი აღნიშნავს, არის შემთხვევები, როცა ლექსიკონის ზრდა რამდენიმე თვით იგვიანებს. მაგალითად: თუ შტერნის უფროსი ბავშვის შემთხვევაში სიტყვათა მარაგის სწრაფი ზრდა უეცრივ და უშუალოდ მოჰყვა ბავშვის „შეკითხვებს“ (1; 6-ში), მეორე შვილის შემთხვევაში სიტყვათა მარაგის ზრდის დაწყება რამდენიმე თვით ჩამორჩა ამ ე. წ. „შეკითხვებს“, (რომელთაც 1;7-ში ჰქონდათ ადგილი): ისევე, როგორც სკუპინის ბავშვთან, „რომელიც უკვე 1:1 ასაკში დაუღალავად მიუთითებდა მისთვის უცნობსა და საინტერესო საგნებს შეკითხვით: „das? das?“, თუმცა მხოლოდ 2;4 წლის ასაკში გაუჩნდა მოთხოვნა ილება გასცნობდა საგანთა სახელებს (II, გვ. 192). შტერნის მესამე შვილთან ლექსიკონის ზრდა ასევე უფრო ადრე დაიწყო (1; 7-ზე), მაგრამ საქმე ისაა, რომ პირველ და, შეიძლება ითქვას, ძირითად ნიშანს ამ გარდატეხისა, ე. ი. „შეკითხვებს“ საგანთა სახელების შესახებ, არ ჰქონია აქ მაინც და მაინც ხშირი და გამოკვეთილი ხასიათი, იმდენად, რომ შტერნი იმასაც კი აღნიშნავს, რომ ამ შემთხვევაში „შეკითხვები“ არც იყო საჭირო, ვინაიდან ეს ბავშვი და-მის უშუალო გარემოში იზრდებოდა, რის გამო იგი მზა-მზარეულად იღებდა მათგან საგანთა სახელებსო (I, გვ. 191).

საქმე ისაა, რომ საგანთა სახელებს მზამზარეული სახით შტერნის პირველი ორი ბავშვიც იღებდა თავისი გარემომცველებისაგან; თუ კი ბავშვთა გარემოში ყოფნას ამ მხრივ გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს, მაშინ შტერნის

(<sup>1</sup> პირველი ციფრით აღნიშნულია წლები, მეორეთი თვეები, მესამეთი—დღეები.)



მეორე ბავშვიც ხომ თავისი დის გარემოში იზრდებოდა და მამ, ამ შემთხვევაშიაც ის უნდა მომხდარიყო, რაც მესამე ბავშვის შემთხვევაში, ე. ი. არც „შეკითხვები“ უნდა ყოფილიყო ხშირი და სიტყვათა მარაგიც უფრო ადრე უნდა განვითარებულიყო; ამის ნაცვლად კი, ლექსიკონის ზრდამ რამდენიმე თვით დაიგვიანა.

უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ქრონოლოგიური შეუთანხმებლობა არც თუ ისეთი სასხვათაშორისო და არაარსებითი მოვლენაა. საქმე ისაა, რომ ამ ასაკისათვის რამდენიმე თვე მთელი ეპოქაა ფსიქიკური განვითარების თვალსაზრისით. თუ კი გავიხსენებთ შტერნის შენიშვნას მისი მესამე ბავშვის მეტყველების განვითარების შესახებ, მაშინ ბუნებრივად გაჩნდება აზრი, რომ ლექსიკონის სწრაფი ზრდა არ ყოფილა აუცილებლად დამოკიდებული საგნის სახელთა შესახებ შეკითხვებზე<sup>(1)</sup>.

ჩვენთვის ეს საკითხი განსაკუთრებით მწვავედ დადგა იმის გამოც, რომ ჩვენი ბავშვის შემთხვევაში ლექსიკონის ზრდა ბევრად უფრო ადრე დაიწყო (ერთი წლის ასაკში და საკმარისად სწრაფად), ვიდრე ე. წ. „შეკითხვები“. „შეკითხვების“ (რომელთაც 1;6;10-ში ჰქონდათ ადგილი) გაჩენის შემდგომ კი ლექსიკონის ზრდის ტემპი არ მომატებულა.

2. ამ ფაქტის აღმოჩენამ და მისმა ასეთმა ინტერპრეტაციამ ფართო გამოხიზრება პოვა ფსიქოლოგიაში. ფაქტს ყველა აღიარებდა, მაგრამ შტერნისეულ ინტერპრეტაციას თითქმის არავინ ეთანხმებოდა. უპირველეს ყოვლისა სადავო გახდა ის, თუ რას ეხებოდა ბავშვის შეკითხვა. საკითხად იქცა — შეიძლებოდა თუ არა დაგვეუვა, რომ ბავშვი საგნის სახელს გვეკითხება. აღნიშვნის აქტი, თანახმად კასირერისა და სხვებისა, უცხოა ბავშვის ცნობიერებისათვის, ბავშვი ჯერ კიდევ არ იცნობს მას, როგორც იზოლირებულ აქტს, საერთოდ. ამიტომ მისი ინტერესი არ შეიძლება აღნიშვნის აქტზე იყოს შეჩერებული. ბავშვის ცნობიერებისათვის სიტყვა არაა საგანს დაცილებული, იგი შემადგენელია საგნისა.

აქედან, გასაგებია, რომ ამ მკვლევართა აზრით ბავშვის შეკითხვა საგნის სახელზე კი არაა მიმართული, არამედ თვით საგანზე, იგი საგნის რაობას ეხება. აქ უპირისპირდება კოფკასა და, განსაკუთრებით, კასირერის პოზიცია შტერნისას. მათი აზრით, ენა მზამზარეული საგნობრივი ხედვის სფეროში კი არ შედის, რათა იქ მოცემულსა და ცხადად ურთიერთგამოყოფილ ცალკეულ საგნებს მიაკუთვნოს მხოლოდ სახელი, როგორც გარეგანი და ნებისმიერი ნიშანი, არამედ იგი თვითონაა გარკვეული მნიშვნელობით საშუალება საგნის წარმოქმნისა; გარკვეული აზრით — ამბობს კასირერი — ენა არის უმნიშვნელოვანესი და საუკეთესო ინსტრუმენტი წმინდა საგნობრივი სამყაროს მოპოვებისა და აგებისა [2]. ამგვარად, თანახმად ამ შეხედულებისა, საგნობრივი წარმოდგენა ჯერ კიდევ უზრუნველსაყოფი აქვს ბავშვს. სახელის საშუალებით ახერხებს ბავშვი პერცეპტული შინაარსის ორგანიზაციას იდენტურ საგნად.

(<sup>1</sup> თავისი ჰიპოთეზის სასარგებლოდ შტერნს მოაქვს დაბადებით ბრმა-ყრუ-მუნჯთა მეტყველების განვითარების მასალა (ელენ კლერი და ლაურა ბრიჯმენისა). დაბადებით ბრმა-ყრუ-მუნჯების სასიცოცხლო გარემო და განვითარების კონკრეტული პირობები იმდენად სპეციფიკურია, რომ სრულიად მოზნნილია შესაძლებლობა მათი ფსიქიკური განვითარებისა ნორმალური ბუნებრივი ნაბიჯით — სოციალურ ურთიერთობაში გარესამყაროსთან შეგუების გზით. ამდენად და შეიძლება ამიტომაც არის აუცილებელი მათთვის ასეთი აღმოჩენები, ასეთი ინტელექტუალური ძვრები ფსიქიკური განვითარების ხაზზე.



გარდა თეორიული მოსაზრებებისა, ზოგიერთ შემთხვევაში ფაქტიურბუნებრივად არ იძლევა შესაძლებლობას ვითქვით, თითქოს ბავშვი საგნის სახელს გვეკითხება. მაგ.: ჩვენი ბავშვის შემთხვევაში აღნიშნული ქცევა პირველად მჭადის ნატეხების მიმართ გაჩნდა: „ესა!“ წამოძახა ბავშვმა მიმთითებელ ქუცთან ერთად ერთ-ერთი ნატეხის მიმართ (წამოძახილს კითხვითი ტონი არ დაჰყვებოდა). „ეს მჭადია!“ ვუპასუხეთ ბავშვს. — „წადია!“ გაიმეორა მან. „ესა!“ მიუთითა ბავშვმა ნამცეცებთან დაგდებულ კურკაზე. „ეს კურკა!“ — „კუკა!... ეს!“ და დაადო თითი ისევ პირველად მიმთითებულ მჭადის ნატეხს. — „ეეს? ეს ხომ გითხარი, მჭადია“ — „წადია!“ ...ეს“ — „ეს, აკი გითხარი, კურკა!“ — „კუკა“ და ა. შ. ბავშვი რამდენჯერმე ზედღივად დაუბრუნდა ერთსა და იმავე უკვე დასახელებულ მჭადის ნატეხსა და კურკას.

ბავშვის ქცევა რომ სახელის გასაგებად დასმული შეკითხვა ყოფილიყო, იგი აღარ უნდა დაბრუნებოდა რამდენიმე სეკუნდის შემდეგ ისევ შეკითხვით თანაც რამდენჯერმე უკვე დასახელებულ საგნებს. დროის შუალედი ბავშვის წამოძახილებს შორის თავისთავად მეტად მცირეა და ვიწყობისათვის საერთოდ. მაშასადამე, ბავშვი უბრუნდება ერთსა და იმავე საგანს არა სახელის დასამახსოვრებლად, უფრო ზუსტად — არა სახელის გასაგებად. გარდა ამისა, ბავშვს რომ ასეთი არასრულყოფილი მეხსიერება ჰქონოდა, მისი ლექსიკონის, ყოველ შემთხვევაში — სწრაფ ზრდას ვერ ექნებოდა ადგილი.

საკუთრადღებოა, რომ მსგავსი შემთხვევა შტერნის მიერ აღწერილ ფაქტივშიც მოიპოვება: როდესაც მისმა მეორე ბავშვმა სკამის შესახებ იკითხა: „das?“ მან პასუხის შემდეგ იმავე შეკითხვით ისევ სკამებს ჩამოუარა ისე რომ არც ერთი სხვა რომელიმე მისთვის უსახელო საგნის შესახებ არ უკითხავს ([1], გვ. 196). კიდევაც რომ დავეთანხმოთ შტერნს, რომ ბავშვმა ამ გზით სკამის „მრავლობითი ცნება“ (Plural begriff) შეიძინა, ეს მაინც ვერ გავგვაგებინებს, თუ საგანთა სახელების გაგების იმპულსით დაწყებული აქტივობა რატომ შემდეგ მისთვის უსახელო სხვა საგნების მიმართ არ გაიშალა.

ამ ე. წ. „შეკითხვის“ ფაქტის გაჩენის შემდგომ ჩვენ საგანგებოდ ვადიგნებდით თვალყურს ჩვენი ბავშვის ლექსიკონს და ვერც ერთხელ ვერ დავადასტურეთ, რომ მას გამოეყენებინოს ეს სიტყვები: „მჭადი“, „კურკა“. ეს სიტყვები არ მოხვდა მის სიტყვათა მარაგში. დაკვირვებამ ნათელყო, რომ შეძენილი სახელები, ე. ი. ის სიტყვები, რომელთაც ბავშვი იყენებს, არაა ამ გზით შეძენილი სიტყვები.

3. მეცნიერული ცოდნა ბავშვის ფსიქიკური ფუნქციების მომწიფებულობისა და საერთოდ მისი ფსიქიკური ცნობრების შესახებ გვაუწყებს ბავშვის (ამ ასაკში) ფსიქიკის დიფუზურობის შესახებ. ეს გარემოება და თუნდაც მხოლოდ იგი, რა თქმა უნდა, საეჭვოდ ხდის ისეთი მაღალი რიგის ანალიზის უნარის არსებობას, როგორც არის წარმოთქმულ ბგერებში რაიმე მნიშვნელობის გულისხმობის გზით ორი დამოუკიდებელი სინამდვილის — საგნობრივისა და გერბალურის — ცალ-ცალკე დანახვა და მათ შორის გარკვეული და საყოველთაო მიმართების აღიარება.

თუ გავანალიზებთ შტერნის მოღვაწეების, მაგ. კასირერის, ინტერპრეტაციას [2] ვნახავთ, რომ მასაც აკლია დამაჯერებლობა. კასირერის თანახმად ბავშვის შეკითხვა საგანს ეხება და არა მის სახელს. კასირერი თვლის, რომ სახელი (სიტყვა) ის საერთო ცენტრია, რომელთანაც მიმართებაში ყოფნის გამო სხვადასხვა გარძობადი მოცემულობანი იდენტური საგნის გამოვლინებად იქცევიან სუბიექტისათვის. სახელი (სიტყვა) ას ინსტრუმენტიცაა, რომელთაც წარმოებს მრავლიანობის სინთეზირება ერთიანობაში. მაგრამ საქმე ის არის, რომ იმისათვის, რომ სუბიექტისათვის სახელის (სიტყვის) არსებობის შესაძლებლობა გაჩნდეს, მისი შესატყვისი განცდების მრავლიანობა უკვე უნდა იყოს რო-

გორლაც მოწესრიგებული და ერთიანობაში მოყვანილი, რადგან ის, რაც ერთი-სა და იმავე საგნიდან მიღებულ ცალკეულ განსხვავებულ პერცეპტულ შინაარსებში საერთოა, თვითონ სახელისთვის ფუძემდებელი და არსებითი მომენტია: ამ ზოგადი მომენტის გარეშე სიტყვა აღარაა სიტყვა. მამასადამე, გამოდის, რომ სიტყვის საშუალებით მიიღება ის, რაც თვითონაა სიტყვის ცნობიერებისათვის აუცილებელი.

ამის გარდა, ჩნდება მეორე საკითხიც: თუ საგნობრივი წარმოდგენა ჯერ კიდევ არაა წარმოქმნილი, ე. ი. საგანი როგორც ასეთი ჯერ კიდევ არაა მოცემული ბავშვის ცნობიერებისათვის, როგორღა უჩნდება მას შეკითხვა საგნის შესახებ, ე. ი. იმის შესახებ, რაც მისთვის ჯერ კიდევ არ არსებობს?

შესაძლებელია, რომ გარკვეული თვალსაზრისით ენა წარმოადგენს კიდევაც ინსტრუმენტს საგნობრივი წარმოდგენის ჩამოყალიბების საქმეში, მაგრამ ასეთი იგი შეიძლება იყოს არა თვით შემეცნებელი ბავშვის ხელში, არამედ საგნის საშუალებით, საზოგადოებრივ პრაქტიკაში: ურთიერთობის პროცესში საგანთან ერთად მიწოდებული სიტყვა-სახელი მართლაც შეიძლება მუდმივ დასაყრდენს ქმნიდეს ამ საგნიდან მრავალმხრივი შემოქმედებით გამოწვეული პერცეპტული შინაარსების ცვლისას და როგორც მუდმივი და იგივე მომენტი აყალიბებდეს საგნობრივ წარმოდგენას. მაგრამ მაშინ საკითხი სხვაგვარად ისმის: თუ საგნობრივი წარმოდგენა ყალიბდება სიტყვა-სახელთან ერთად, ე. ი. ბავშვის ცნობიერებისათვის საგანი მის სახელთან ერთად როგორღა მოცემულია, მაშინ საერთოდ რატომ უჩნდება ბავშვს შეკითხვა, სულ ერთია საგნის თუ მისი სახელის შესახებ?

4. როგორც ჩვენთვის, ფსიქოლოგიაში ჩვენი საკითხის განხილვა საგნისა და სიტყვის ქვეშობის პრობლემის სიბრტყეში მიმდინარეობს და ითვლება, რომ გარდატეხა ხდება შემეცნებითი აქტივობის სფეროში: ბავშვის მეტყველებისა და აზროვნების განვითარებაში. როგორც მეთოდური მოსაზრებებით, ისე არსებითადაც, რაკი ვგულისხმობდით, რომ: 1) — ბავშვის მეტყველებაში სახელთან გაჩენის განმსაზღვრელი ფსიქოლოგიური საფუძველი არ უნდა იძებნებოდეს თვით ბავშვის შემეცნებითს აქტებში; 2) — რომ ბავშვის შემოაღწერილი ქცევა, რომელიც კვლითეორიულ იქნა „სახელის შესახებ შეკითხვად“, საკუთრივ თვითონაა სპეციალურად შესასწავლი, როგორც ყურადსაღები და მნიშვნელოვანი ფაქტი ბავშვის ფსიქიკურ განვითარებაში, — ჩვენ გამოვიტანეთ ეს, ზემოხსენებული ფაქტი მეტყველების ფსიქოლოგიის პრობლემათა სიბრტყიდან, შევეცადეთ სპეციალურად შეგვესწავლა იგი „სუფთა სახით“ და გავვეანალიზებინა: რას უნდა ეჩინა აუცილებლობით თავი 1; 6 წლის ბავშვის ფსიქიკურ განვითარებაში მისი ფიზიკური მომწიფებისა და ასაკობრივ გარემოში მომხდარი ცვლილებების კვლადაკვალ და პრინციპულად რისი დამწიფების შესაძლებლობას გვაძლევს ამ ხნის ბავშვის ფსიქიკური განვითარების დონე საერთოდ; სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ბავშვის რომელი აქტივობა სფეროსათვის უნდა მიგვეკუთვნებინა მისი შემოაღწერილი ქცევა.

ყურადსაღებია, რომ თვით ფაქტიური ვითარებაც იმგვარია, რომ იგი ბავშვის ამ ქცევის მოდამ შეკითხვად და თანაც ნამდვილ შეკითხვად კვალითეორიას საეჭვოდ ხდის. შტერნისც კი აღნიშნავს, რომ ბავშვი ხან შეკითხვის სახით მიუთითებს საგნებს: („isn das?“) ხან კი კითხვითი ტონის გარეშე: (demonstrativ „das?“) ([1], გვ. 191). შტერნის მიერვე მოყვანილ სხვათა დაკვირვებებიდანაც ჩანს, რომ ინტონაცია არაა მუდამ კითხვითი, მაგ. Major-ის და Neugebauer-ის დაკვირვებებიდან ([1], გვ. 191—192). რაც შეეხება პრაიერს, იგი პირდაპირ ხაზს უსვამს, რომ ბავშვის მიერ წარმოთქმულს: „is das“-ს — გარკვევით

აკლია კითხვითი ტონი; პრაიერის მიხედვით, იგი კვალიფიცირებულ უნდა იქნეს როგორც ეხოლალია („was ist das“-ისა), რომელიც კითხვითი ტონის გარეშე გვიბრუნდება უკან ([3], გვ. 332).

ჩვენი დაკვირვების შედეგი გარკვეული თვალსაზრისით ანალოგიურია ამისა. ჩვენი ბავშვის წამოძახილებს თავიდან არ ჰქონია კითხვითი ინტონაცია. ასეთი ელფერი ამ წამოძახილებმა შემდგომ მიიღო (შემთხვევათა პირველსავე ათეულში) და, ჩვენი აზრით, ჩვენთან ამ წამოძახილ-პასუხის ურთიერთობის შედეგად. ის ფაქტი, რომ ბავშვი, რამდენიმე ასეთი წამოძახილ-პასუხის შემდგომ უკვე სრულიად გამოკვეთილად პასუხს ელოდება ხოლმე, იყო შემჩნეული და იმის საბუთად ითვლება, რომ ბავშვს შემეცნებითი იმპულსი — საგნის სახელის გაგების იმპულსი — ამოქმედებს. ჩვენი ბავშვის განმეორებითმა და თანმიყოლებითმა „შეკითხვებმა“ ერთისა და იმავე საგნების შესახებ საჭმის ვითარების ასეთ ინტერპრეტაციაში ეჭვი შეგვატანინა. ეჭვს იწვევდა ისიც, რომ ბავშვის წამოძახილებს არ დაჰყვებოდა თავიდანვე კითხვითი ტონი. მაშ, საჭირო იყო შეგვემოწმებინა თუ რა ამოძრავებდა ბავშვს: მართლა რაიმეს გაგების იმპულსი ამოქმედებდა მას, თუ არა? ამიტომ ჩვენ გადავწყვიტეთ აღარ გვეპასუხა ბავშვისათვის მის ზომღვეო „შეკითხვაზე“ ამ — ერთისა და იმავე მჭადის ნატესასა და კურკის გამო — „შეკითხვათა“ გაუთავებელი რიგიდან. შედეგი სიმპტომატური აღმოჩნდა: ბავშვი აღარ მოგვცილდა არც ჩვენ და არც იმ ნატესს, რომლის შესახებაც, მგონი მერვეჯერ გვეკითხებოდა უკვე: „ეს! ...ეს! ...ეს?!“ რამდენიმე ხნის დუმილის შემდეგ ბავშვის ერთ-ერთ „ეს“-ზე ბგერებად დაუნაწევრებელი ხმით მივეცით რეაქცია: „ჰჰჰ!“ ბავშვმა იმავე წამს გადაიტანა ხელი კურკაზე და ეხლა იმაზე გვკითხა — „ეს!“ — „ჰჰჰ!“ ისევ ვუპასუხებთ ჩვენ. ბავშვმა არც გაიკვირვა და არც იუცხოვა, ისევ გადაიტანა ხელი ახლა სხვა ნამცეცხე, რომ ისევ ეკითხა: „ეს“ და ა. შ., სანამ ბავშვი სუფრას არ მოვაცილებთ.

ჩვენი პატარა ცდის შედეგი ცხადად გვიჩვენებს, რომ ეს საკამათოდ ქცეული მოქმედება ბავშვისა არ შეიძლება გავიგოთ, როგორც რაიმეს გასაგებებად მოცემული შეკითხვა. წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი არ დაკმაყოფილებოდა ჩვენი ბგერებად დაუნაწევრებელი რეაქციით. ჩვენივე ცდის შედეგი გვიჩვენებს, რომ საგნის სახელი არაა ის, რასაც ბავშვი ელოდება. ბავშვი შეკითხვაზე პასუხის შინაარსს კი არ ელოდება, არამედ უფროსის საპასუხო მოქმედებას, თვითონ პასუხს, როგორც ასეთს. ლიტერატურაში აღწერილი ყველა შემთხვევიდან ცხადად ჩანს, რომ ბავშვის ე. წ. შეკითხვა არასოდეს უპასუხოდ არ რჩება. ყოველი მისი წამოძახილი და მითითება უნებლიეთ იწვევს უფროსისაგან სახელდების რეაქციას. ასეთი ფაქტიური ვითარება, როგორც ვხედავთ, სრულიად გარკვეული სახის ურთიერთობას ამყარებს უფროსსა და ბავშვს შორის — ურთიერთობას, რომელიც სქემატურად შეიძლება გამოიხატოს, როგორც ბავშვის მოქმედება — უფროსის რეაქცია. აი, ეს ურთიერთობაა, რომ განსაზღვრავს როგორც ბავშვის მიერ სხვისგან პასუხის მოლოდინს (თუ იგი დაგვიანდა), ისე მისი შემდგომი წამოძახილების შეკითხვითის ინტონაციას და მასადასმე, „შეკითხვების“ განმეორებითობასაც; ურთიერთობაა, რომელსაც სულ მალე თავისი დასაწყისიდან თამაშის ბუნების აქტიობაში გადაყავს ბავშვი (1).

(1 დაახლოებით 2 თვის შემდგომ ჩვენი ბავშვი თვითონ უპასუხებდა ხოლმე თავისივე წამოძახილ-შეკითხვებზე როცა ჩვენ, უკვე განზრახ, უპასუხოდ ვტოვებდით მათ: „ესა?... ეს ტუფებია!“ — „ესა?... ეს ბუთია!“ და ა. შ.

რომ ბავშვის შეკითხვებს ყოველთვის გაგების მიზანი არ უდევს საფუძვლად, ამას მოწმობს ნამდვილ კითხვად გაფორმებული შეკითხვების საყოველთაო ფაქტი უფრო მოზრდილ ასაკში (2—2,6 წლიდან). ბავშვები ხშირად კითხულობენ ხოლმე: „რა არის ეს?“ —, თუმცა კითხვა-პასუხის შემდგომ ცხადად ჩანს, რომ შეკითხვამდეც ცნობილი იყო მათთვის ის საგანი თუ მოვლენა, რომლის შესახებ ისინი ახლაც შეგვეკითხნენ; საკმარისია ბავშვმა არასწორი პასუხი მიიღოს, რომ იმავე წამს შეიტანოს კორექტივი პასუხში. ეს იმის ნიშანია, რომ ბავშვის შეკითხვა ყოველთვის შემეცნებითი ბუნებისა არაა, იგი იხშირად თამაშის ბუნების აქტივობაა; ამ თამაშის აქტივობამ<sup>1</sup>, ე. ი. უკვე ცნობილის შესახებ განმეორებითა შეკითხვებმა, შეიძლება შემეცნებითი ხასიათის ეფექტი მოიტანოს შედეგად: არაა გამორიცხული, რომ იგი აფიქსირებს ერთხელ მიღებულ ცოდნას, რომ იგი აღრმავებს დარწმუნებულობის გრძობას; სადავო იქნებოდა, თუ ვიტყვოდით, რომ თვითონ მას, როგორც აქტივობის ფორმას, საფუძვლად შემეცნებითი ხასიათის იმპულსი, ცოდნის მიღების იმპულსი უდევს.

5. მაშ, უფრო ზუსტად, უფრო კონკრეტულად: როგორ გავიგოთ ბავშვების ხსენებული ქცევა, რისი ნიშანია იგი, რა შეიძლებოდა გაჩენილიყო ფსიქიკური განვითარების ამ დონეზე ისეთი, რასაც შეეძლო ბავშვის სრულიად უდავო, ახლად გაჩენილი აქტივობისათვის შემეცნებითი აქტივობის იერი მიეცა?

ე. წ. ძუძუს ხანაში, ე. ი. დაბადებიდან ვიდრე ფეხის ადგამამდე, ბავშვი უმწერო არსებობს. ბავშვის უმწერობა სხვადასხვა მხრიდან შეიძლება იქნეს დანახული. ამ შემთხვევაში ჩვენ გვინდა ყურადღების საგნად გავხადოთ ბავშვის ერთგვარი, ასე ვთქვათ, „პასივობა“, უმწერობა ზემოქმედ გამლიზიანებელთა წრესთან შეგუებაში. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ძუძუს ხანის ბავშვის ფსიქიკური ფუნქციების ამოქმედება და რაიმეზე მიმართვა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გამლიზიანებლები თვითონ მოხვდებიან (სხვისი საშუალებით ან გამლიზიანებლის ინტენსივობის გამო) ფსიქიკურ ფუნქციათა (აღქმის, ყურადღების) სფეროში. ბავშვსა და საგანს შორის დგას მოზრდილი ადამიანი, რომელსაც შეაქვს მისი აღქმის სფეროში საგნები და მოვლენები, რითაც აღქმის აქტივაციას იწვევს. ერთი სიტყვით, ის, რაც ამ პერიოდის ბავშვზე შთაბეჭდილებას ახდენს, ე. ი. მისი აღქმის საგანი ხდება და შეიძლება რჩებოდეს კიდევაც კვალის სახით, ბავშვის აქტიური მონაწილეობის გარეშე იქცევა ასეთად. მისი ფსიქიკური ფუნქციები გარედან შემოტანილი ბიძგიტაა გააქტივებული.

ბავშვის ფსიქიკურ მომწიფებასა და მთლიან განვითარებასთან ერთად, ე. ი. ფეხის ადგმასა, მოტორიკის დაუფლებასა და ამის შედეგად ასაკობრივი გარემოს რადიუსის მატებასთან ერთად, გარემოსთან აქტიური კონტაქტის დამყარების შესაძლებლობა უკვე უშუალოდ ეძლევა მას. ბავშვი დიდი წარმატებით იყენებს ამ შესაძლებლობას. ეს კი მისი ფსიქიკური ფუნქციების მოქმედების სფეროს უდავოდ აფართოებს. ეს იმას ნიშნავს, რომ ბავშვის ცნობიერების შინაარსად, მისი აღქმის საგნად ის კი აღარ იქცევა, რასაც მას გარედან, ასე ვთქვათ, „თავს მოახვევენ“, ე. ი. რაც პრაქტიკულ ურთიერთობაში არა მის მიერ, მისი აქტიური მონაწილეობის გარეშე იყო შემოტანილი, არამედ, შეიძლება ითქვას, უკვე „ყველაფერი“. თუ მანამდე ბავშვის აღქმის საგანი ვერ განდებოდა ვერც მჭადის ნატეხი, ვერც კარი, ქვა, კურკა და სხვ., ე. ი. საგანი, რაც მისი ყოველდღიური ჩვეული პრაქტიკული საქმიანობის წრეში არ იყო (ოდესმე სხვის მიერ) ჩართული, ეხლა ამისათვის ეს პირობა აღარაა სავალდებულო.

(<sup>1</sup> არ უნდა გავაიგიოთ თამაშთან, როგორც კონკრეტულ ქცევასთან, რომელსაც „შეკითხვობანას“ თამაში აქვს მიზნად.

ბავშვი უკვე აქტიურია; ეს ნიშნავს არა იმას, რომ ახლა იგი თავის მოძრაობებს უკეთაა დაუფლებული. ფიზიკური ბუნების აქტივობას ძუძუს ხანაშიც ჰქონდა ადგილი. ბავშვი აქტიურია — ნიშნავს იმას, რომ უკვე თვითონ ბავშვი თავისი ქცევების სუბიექტია: თვითონ ბავშვი მიიშორება ობიექტსადმი, თვითონ მას შემოაქვს უკვე ეს „ყველაფერი“ თავისი აქტივობის სფეროში, თვითონ ის აქცევს „ყველაფერს“ თავის აღქმის საგნად. ეს იმას ნიშნავს, რომ შეიცვალა ფსიქიკური ფუნქციების ფლობის ხასიათი: ბავშვს უკვე აქვს თავისი ფსიქიკური ფუნქციები, როგორც თავისი იარაღი, მომარჯვებელი. უფროსი, რომელიც იღვა მასსა და საგანს შორის, პრინციპში კარგავს შუამავლის ფუნქციას.

ბავშვის ფსიქიკურ განვითარებაში ამ ახალი ნაბიჯის, ამ ახლად გაჩენილი ფსიქიკური აქტივობის თვალსაჩინო გამოვლინებას წარმოადგენს წლინახევრის ბავშვის ქცევაში ახალი — საკამათოდ ქცეული — ფაქტის გაჩენა<sup>1</sup>: ბავშვი აქტიურად თვითონ მიიშორება საგნისადმი, უკვე როგორც ობიექტისადმი, რომელიც აქამდე შეიძლება ყოფილიყო მისი ყოველდღიური ჩვეული საქმიანობის — პრაქტიკული მოქმედებების თუ მანიპულაციების — საგანი.

ამგვარად, ეს ქცევა შეკითხვა არაა, იგი, ასე ვთქვათ, აღქმული სკანდალია, უფრო ზუსტად რომ ვთქვათ, მისი ვერბალური გარეპროექციები, რომელიც სულ მალე თამაშის ბუნების აქტივობაში გადადის.

ამ ფაქტის ასეთი გაგება არა მარტო ეთანხმება ფსიქოლოგიის მონაპოვრებს, არამედ აუცილებლობით გამომდინარეობს მათგან, რადგან თუ გავიხსენებთ, რომ ფსიქიკური განვითარების ამ დონის ბავშვის ცნობიერებაში სიტყვა საგნის შემადგენელი, გამოუყოფადი ნაწილია ([2], [4], გვ. 207), რომ ვერბალური მომენტი განცდის კონსტიტუტური მომენტი ([5], გვ. 102), მაშინ აღქმის ფაქტის ვერბალური გარე გამოვლინება აუცილებელი უნდა აღმოჩნდეს, რამდენადაც არცერთი განცდა არ შეიძლება იყოს სრულყოფილი და დასრულებული ვერბალური მომენტის გარეშე. განცდის ვერბალური გამოვლინება აუცილებელია თვით განცდისათვის, თვით აღქმისათვის, როგორც ასეთისათვის.

ამგვარად, ჩვენ ვასკვნით: შტერნის მიერ მოაზრებული ფაქტი 1;6-ის ბავშვის ქცევაში მიუთითებს ბავშვის საერთო ფსიქიკურ განვითარებაში მომხდარ გარდატეხაზე და არა რომელიმე ცალკეული ფუნქციის განვითარებაში, მაგ. მეტყველებაში მომხდარ გარდატეხაზე, როგორც ეს შტერნს აქვს წარმოდგენილი. ეს გარდატეხა უნდა იქნეს გაგებული, როგორც აქტიურის სუბიექტის გაჩენა, უფრო ზუსტად, თავისი ქცევის სუბიექტის გაჩენა. ეს იმას ნიშნავს, რომ შეიცვალა ფსიქიკური ფუნქციების ფლობის ხასიათი: ამიერიდან ბავშვი ფლობს მათ, როგორც თავის იარაღს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
დ. უხნაძის სახელობის  
ფსიქოლოგიის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 19.7.1956)

<sup>1</sup> ამ ახალმა ფსიქიკურმა აქტივობამ შეიძლება უფრო ადრეც იჩინოს თავი, ისე როგორც მაგ. ეს სკუპინის ბავშვის შემთხვევაში მოხდა 1;1 ასაკში.

## დამოწმებული ლიტერატურა

1. Cl. und W. Stern. Die Kindersprache, 4-te Aufe, 1928.
2. E. Cassirer. Die Sprache und der Aufbau der Gegenstandswelt.
3. W. Preier. Die Seele des Kindes. 1900.
4. К. Коффа. Основы психического развития. 1934.
5. დ. უზნაძე. ბავშვის ფსიქოლოგია. 1947.

ფილოლოგია

მ. ფიჩხაძე

## პრომეთეს პროზღემის ისტორიისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ბარამიძემ 18.1.1957)

პრომეთეს მითის სრული შინაარსი II საუკუნის (ჩ. ე.-მდე) მითოგრაფოსის აპოლოდორეს კრებულშია („ბიბლიოთეკა“ 1, 7, 1—2) გადმოცემული. აპოლოდორეს ტრადიციის მიხედვით პრომეთეს მითი შემდეგი ელემენტებისაგან შედგება: 1. პრომეთეს მიერ ადამიანის შექმნა, 2. პრომეთეს მიერ ცეცხლის მოტაცება, 3. პრომეთეს ბრძოლა ზევსთან, 4. პრომეთეს რჩევით დევკალიონის გადარჩენა.

ამჟამად დადგენილია, რომ მეორე და მესამე თქმულება პრომეთეს მითის უძველეს ელემენტებს წარმოადგენს, დანარჩენი თქმულებები კი პრომეთეს მითს უფრო გვიან დაუკავშირდა.

პრომეთეს თემა ძველ ბერძნულ ლიტერატურაში პირველად VIII საუკუნის (ჩ. ე.-მდე) პოეტმა ჰესიოდემ დაამუშავა პოემებში „თეოგონია“ (ტ. ტ. 507—616) და „სამუშაონი და ღვინი“ (ტ. ტ. 42—89). ჰესიოდეს რედაქციის მიხედვით პრომეთე ტიტანია; ტიტანები ძველი თაობის ღმერთები არიან. ახალმა ღმერთმა ზევსმა ტიტანები დაამარცხა და დასაჯა.

ჰესიოდეს პოემებში ფიქსირებულია პრომეთესა და ზევსის ბრძოლის პე-რიპეტიები. პრომეთე—ზევსის პროზღემა ჰესიოდემ ეთიკურ ასპექტში გადაჭრა. პრომეთე მისთვის ცეცხლის თავხედი ქურდია, რადგან მან უმაღლესი ღმერთი ზევსი მოატყუა და მასთან სიბრძნეში გაჯიბრება სცადა. ზევსი კი წესრიგისა და სამართლიანობის დაუძინებელი ზედამხედველია. პრომეთეს ფილანთროპია ჰესიოდემ უარყოფითად შეაფასა: მისი კონცეფციით ადამიანები პრომეთეს დანაშაულისთვის დაისაჯნენ.

V საუკუნის (ჩ. ე.-მდე) ტრაგიკოსმა პოეტმა ესქილემ თავის ტრილოგიაში („მიჯაჭვული პრომეთე“, „განთავისუფლებული პრომეთე“ და „ცეცხლოსანი პრომეთე“) პრომეთესა და ზევსის ბრძოლას ღრმა ფილოსოფიური შინაარსი მიანიჭა. ძველი ღმერთი პრომეთე მან კულტურისა და ცივილიზაციის მოთავედ გახადა და უმაღლესი ღმერთის ზევსის ტირანიასთან საბრძოლველად ამ-ხედრა.

ფილოსოფოსმა პლატონმა პრომეთეს მითი სოფისტიკის ძირითად პროზღემას — სათნოების შესწავლის შესაძლებლობის საკითხს დაუკავშირა („პროტაგორა“, 320DE; 321 BCDE; 322 BC D) და მითის ტრადიციული ფორმა ისე გადააკეთა, რომ პოლემიკურად მიემართა იგი პროტაგორას დებულების წინააღ-მდეგ. პლატონმა გვერდი აუხვია წინააღმდეგობას პრომეთესა და ზევსს შორის; მისი ვარიანტით ზევსი მისანთროპი არაა, პირიქით, მან ჩაუყარა საფუძველი



ცივილიზაციას და პრომეთეს ფილანთროპია კაცობრიობის საკეთილდღეოდ წარმართა.

პლატონისეული რედაქცია საყურადღებოა იმით, რომ მასში დამოწმებულია პრომეთეს ცეცხლის პირდაპირი კავშირი მეტალურგიულ წარმოებასთან<sup>14</sup>.

„ანტიკურობის ვოლტერის“—ლუკიანეს დიალოგებში, რომელთა ავტორი თანაბარი სიძლიერით დასცინოდა როგორც იუპიტერის, ისე ქრისტეს თაყვანისმცემელთ, პრომეთეს მითი კომიკურ ფონზეა დამუშავებული. დიალოგში „პრომეთე ან კაკასია“ სოფისტური რიტორიკით შეიარაღებული პრომეთე ღვთიურობის ნიღაბს ჩამოხდის ოლიმპიელ ღმერთებს, ამხელს მათ ანგარებისმოყვარულობას, შურთანობას, ღორმუცლობასა და გარყვნილებას.

ლუკიანეს დიალოგები პრომეთეს კულტისათვის მნიშვნელოვან ცნობებს შეიცავს. მაგ., ზემოთ დასახელებული დიალოგის (§ 14) მიხედვით პრომეთეს საკუთარი ტაძარი არსად არ ჰქონია, ხოლო მეორე დიალოგის („მას, ვინც მიწოდა მკვევრმეტყველების პრომეთე“, § 2) მოწმობით ათენის გარეუბნის — კერამიკონის ხელოსნები პრომეთეს კულტთან მჭიდროდ იყვნენ დაკავშირებულინი.

ვერგილიუსის ტრადიცია („გეორგიკები“, ტ. ტ. 121—135) ადასტურებს, რომ თქმულება პანდორაზე ორგანულ კავშირში არ იყო ცეცხლის მოტაცების მითთან, ხოლო ჰორაციუსის ტრადიცია (XVII ეპოდი, ტ. ტ. 65—67) იმაზე მიუთითებს, რომ პრომეთეს განთავისუფლების ეპიზოდი პრომეთეს მითს გვიან დაუკავშირდა.

პრომეთეს მითის ანტიკურ ინტერპრეტატორთა უმრავლესობის აზრით, ეს მითი საბერძნეთში წარმოიშვა, მაგრამ ზოგიერთი მათგანი მაინც მიუთითებს მის არაბერძნულ, სახელდობრ, სკვითურსა (აგრეთი და ჰეროდორე) და ეგვიპტურ (დიოდორე სიცილიელი) წარმოშობაზე, ზოგნი კი პირდაპირ აღნიშნავენ პრომეთეს მითის იგივეობას იმ კავკასიურ თქმულებებთან, რომლებიც კლდეზე მიჯაჭვულ გოლიათს შეეხება (სტრაბონი, არიანე, ფილოსტრატე).

ანტიკურ ეპოქაში პრომეთე იდეოლოგიური ბრძოლის ობიექტად იქცა. პრომეთეს ფილანთროპიულ მოღვაწეობას ერთნი კაცობრიობის შეგნებული ცხოვრებისა და კულტურის დასაწყისად მიიჩნევენ (ესქილე, პლატონი, თეოფრასტე, კლიმენტ ალექსანდრიელი), ხოლო მეორენი მას თვლიან ადამიანთა საზოგადოების დემორალიზაციის (კვინიკოსები: ანტისტენე და დიოგენე) და ყოველგვარ უზღელურებათა და სნეულებათა პირველ მიზეზად (პესიოდე, ჰორაციუსი, პროპერციუსი და სხვ.).

სტოიკოსებმა პრომეთეს მითი თავიანთი მოძღვრების დასამტკიცებლად გამოიყენეს. მაგ., ძენონის აზრით, პრომეთეს ცეცხლი არის სული, ღვთიური

<sup>14</sup> „პროტაგორაში“ პრომეთე ორჯერ სტაცებს ცეცხლს ათენასა და ჰეფესტოს. პირველად მოტაცებულ ცეცხლზე დიალოგში ნათქვამია: „... Ἐπιπρομηθεὺς, ἦντινα σαρτηρία τῶν ἀνθρώπων εἴποι, κλέπτει Ἡφαίστου καὶ Ἀθηναῖς τὴν ἔντεχον σοφίαν σὺν παρὶ—ἀμύχαιον γὰρ ἦν ἄνευ παρῶν ἀστὴν ἀνητήν τῶ ἦ χρεσίμην γυνέσθαι, καὶ οὕτω δὴ διορεῖται ἀνθρώπων (321 A). თუ გავითვალისწინებთ ათენასა და ჰეფესტოს მითოლოგიურ მნიშვნელობას (ჰეფესტო მკედლობის ღმერთი იყო, ათენა კი თავდაპირველად ელვის ქალღმერთი უნდა ყოფილიყო) და დიალოგში ხაზგასმულ მჭიდრო კავშირს ცეცხლსა და ხელოვნებისეულ სიბრძნეს შორის („უცეცხლოდ ამ სიბრძნის დაუფლება და გამოყენება შეუძლებელია“), შემდეგი დასკვნა უნდა გავაკეთოთ: აქ მითოლოგიურ ენაზე ის აზრია გადმოცემული, რომ პრომეთემ ადამიანებს ასწავლა, როგორ გამოიყენონ ცეცხლი მკედლობის ხელოვნებაში—ე. ი. ღითონის დნობის ხელოვნება.



ცეცხლის ან ეთერის დასაწყისი. ნეოპლატონიკოსთა პროკლესა და პლოტინის ინტერპრეტაციები კი ძლიერ სცილდება მითის თავდაპირველ აზრს.

\* \* \*

პრომეთესა და ზევსის ისეთმა დაპირისპირებამ, რომელიც ესქილეს ტრაგედიაშია („მიჯაჭვული პრომეთე“) მოცემული, დასაწყისი მისცა პრომეთეს პრობლემას, რომელსაც საუკუნეების ისტორია აქვს.

ბუჩქუთაზიულ ფილოლოგთა უმრავლესობა პრომეთეს პრობლემის კვლევისას ამ პრობლემის რელიგიურ-ეთიკური გაგებიდან გამოდიოდა და გამოდის. ამის გამო პრომეთეს პრობლემის გადაჭრის მრავალი ცდა უშედეგოდ დამთავრდა.

ფ. ველკერის ალეგორიული ინტერპრეტაციით პრომეთე ადამიანის გონებაა, რომელიც ღვთიური გონების წინააღმდეგაა მიმართული. პრომეთეს მიერ ზევსის მოტყუებას ველკერი განმარტავდა როგორც ადამიანის გონების მისწრაფებას ღვთიურის მისათვისებლად, რასაც ბერძენები ცეცხლის მოტაცებით გამოხატავდნენ. ასეთი ანტიისტორიული ინტერპრეტაცია სრულიად ვერ სწვდება პრომეთეს პრობლემის არსს და მას კვლავ საძიებლად ტოვებდა.

სამართლიანად მიუთითა ველკერმა პრომეთეს კავშირზე ლემნოსის კაბირების კულტთან, მაგრამ ამ კავშირს მან მისტიკური განმარტება მისცა.

გამოდიოდნენ რა პრომეთეს პრობლემის რელიგიურ-ეთიკური გაგებიდან, გ. შ ე მ ა ნ ი, ვ. ფ ი შ ე რ მ ა დ ა ნ. ვ ე კ ლ ე ი ნ მ ა ესქილეს „მიჯაჭვული პრომეთეს“ ზევსის ტირანული სახე შეუფერებლად მიიჩნის ესქილეს რელიგიური შეხედულებებისათვის და ზევსის ტირანიის გამართლება „პრომეთეს“ ესქილესეული დრამების ტრილოგიური კომპოზიციით სცადეს. მათი აზრით, ზევსის წინააღმდეგ ამბოხებული პრომეთე დაბოლოს თავის შეცდომას შეიგნებს და ტანჯვით მოღრეკილი ნებაყოფლობით დაემორჩილება ბრძენსა და ძლიერ ზევსს. ესქილეს ტრაგედიის თბიქტური მონაცემების ასეთი უგულვებელყოფით მათ ესქილეს ღრმავაზროვანი, კონცეფცია დოგმატურ-ქრისტიანულ ტრიადად დაცივანეს (დანაშაული, სასჯელი, მონანიება — სასჯელის გამოსყიდვა).

არც გ. ჰ ე რ მ ა ნ ის ინტერპრეტაციას ხვდა წარმატება. იმ განსხვავების ასახვას ნელად, რომელიც ესქილეს „მიჯაჭვული პრომეთეს“ ზევსსა და მისი სხვა დრამების ზევსს შორის არსებობს, ჰერმანმა ესქილეს რელიგიურ შეხედულებათა დუალიზმი დაუშვა.

ესქილეს ტრაგედიის ზევსის ჩირანული ხასიათის ახსნის ცდას წარმოადგენს ცეზარისა და დისენის შეხედულებანი. ამ მკვლევართა აზრით, ეს ზევსი იმ ეპოქის ზევსია, როცა სამყაროს წყობის ელიმენტები ჯერ კიდევ გაუწონასწორებელია. ამიტომ გადაჭარბება ორივე მხარეზე ბუნებრივია: ზევსი ცდებდა, რადგან ჯერ კიდევ არ შეუგნია პრომეთეს ღონისძიებათა ღრმა აზრი, ხოლო პრომეთეს შეცდომა ისაა, რომ არ სურს დაემორჩილოს ზევსს. როცა ორივენი შეიგნებენ თავიანთ დანაშაულს, ურთიერთდათმობაზე მიდიან, რითაც ახალი, უფრო მაღალი წესრიგის დამყარებას უზრუნველყოფენ. ამ ინტერპრეტაციებს ის ნაკლი ჰქონდათ, რომ მათი ავტორები პრომეთეს „დანაშაულს“ ზევსის დანაშაულთან ათანაბრებდნენ და სრულიად ვერ ხსნიდნენ ესქილეს მიზანდასახულებას.

შედარებითი მითოლოგიის სკოლის თვალსაზრისით პრომეთეს პრობლემის ახსნა სცადეს რუსმა მკვლევარებმა მიშჩენკომ და კაგაროვმა. იმყარებოდნენ რა კუნის მცდარ თეორიას პრომეთეს მითის ინდო-ევროპული წარმოშობის შესახებ, მათ პრომეთეც და ზევსიც ინდო-გერმანულ ღმერთებად ჩათვალეს.

ხოლო ესქილეს შემოქმედი როლი ისე დაამცირეს, რომ მას რამდენიმე მითოლოგიური ტრადიციის კომბინირება (მიმჩენკო) ან ამ ტრადიციების მცირეოდენი შეცვლა (კაგაროვი) მიაწერეს.

პრომეთეს პრობლემის გადაჭრის სწორი გზა პირველად მაშინ დაისახა, როცა გ. ვლასტოვმა 1883 წ. თავისი მონოგრაფია გამოაქვეყნა<sup>(1)</sup>.

გამოდიოდა რა სწორი მეთოდოლოგიური წინამძღვრიდან, რომ პრომეთეს მითის საფუძველი გარკვეული ისტორიული ფაქტი უნდა იყოს, და აღნიშნავდა, რომ „თეოგონიის“ და „სამუშაონი და დღენის“ თქმულებანი ყველა ბერძნულ თქმულებათაგან განირჩევიან ზეესისადმი მტრობით, ვლასტოვი (დასავლეთის ფილოლოგებზე გაცილებით აღრე) იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ ეს თქმულებები ბერძნების მიერ დაპყრობილ მოსახლეობაში უნდა შექმნილიყო და ისინი ასახავერვ მოსახლეობის პროტესტს თავიანთ დამპყრობელთა წინააღმდეგ. ვლასტოვის აზრით, ტიტან იაფეტის შვილების ისტორიაში უნდა დავინახოთ იმ ტომების განვითარებისა და კულტების ისტორია, რომელნიც ბალკანეთის ნახევარკუნძულზე მოსახლეობდნენ ბერძნების შეჭრამდე [1].

უ. ვილამოვიცმა [2] სწორად განსაზღვრა რა პრომეთეს მითის ბეოტიური და ატიკური რედაქციები, როგორც ესქილეს ძირითადი მითოლოგიური წყაროები, მცდარად დაუპირისპირა ისინი ერთმანეთს და კატეგორიულად უარყო პრომეთეს ატიკური კულტის კავშირი ცეცხლის მოტაცების მითთან. მაგრამ ვილამოვიცის ამ დებულებას აბათილებს პავსანიას<sup>(1)</sup>, 30,2) და კრინაგორას მოწმობანი<sup>(2)</sup>

ვილამოვიცი მართებულად ფიქრობდა, რომ პრომეთე არაა ცეცხლის ღმერთი. მაგრამ პრომეთეს გენეტური კავშირი ტიტანებთან მან უსაფუძვლოდ მიაწერა პესიოდეს გამოგონებას და უარყო რა პრომეთეს ღვთიური ბუნება („ღმერთი ღმერთების წინააღმდეგ ვერ გაილაშქრებდა“), იგი ბეოტიური მოსახლეობის მეგობარ გოლიათად ჩათვალა. ამ დებულების გაზიარება შეუძლებელია თუნდაც იმიტომ, რომ იგი აუხსნელს ტოკებს ატიკური **Προμηθεΐδος**-ის კავშირს ბეოტიურ **Προμηθεΐδας**-თან და იმასაც, რატომ მიეწერებოდა გოლიათს წინასწარმეტყველების უნარი, მაშინ როცა ხალხის ფანტაზიაში გოლიათთან დაკავშირებულია არა წინასწარჭკვრეტა, არამედ დიდი ფიზიკური ძალა და მოუხეშობა (პოლენცი).

დასავლეთის ბურჟუაზიულ ფილოლოგებს შორის მ. პოლენცი პირველი მივიდა სწორ დასკვნამდე პრომეთეს მითის ისტორიული საფუძვლის შესახებ. პოლენცის აზრით, პრომეთე, როგორც ტიტანი, წინაბერძნულ ღმერთებს მიეკუთვნება, რომელნიც თავიანთ თავყვანისმცემელთა მსგავსად დამპყრობელთა წინაშე უნდა მოდრეკილიყვნენ. ტიტანები, როგორც წინაბერძნული მოსახლეობის ღმერთები, წინააღმდეგობაში არიან ბერძნული პანთეონის ღმერთებთან—ზევსთან და მის ოლიმპიელებთან. აქედან გასაგებია ის ორმაგი როლი, რომელსაც პრომეთე თამაშობს ბერძნულ მითოლოგიაში როგორც ღმერთი, რომელიც კაცობრიობის მხარეზე დგას უმადლესი ღმერთის წინააღმდეგ [3].

ჯ. ტომსონის საინტერესო გამოკვლევაში, რომელშიც ესქილეს შემოქმედება ათენის დემოკრატიული სახელმწიფოს ფონზეა განხილული, სწორადაა ახსნილი ესქილეს პოზიცია პრომეთე-ზევსის პრობლემისადმი [4]. ტომსონის

(1) Prométhée, Pandore et la légende des Siècles. SPB. 1883. ეს გამოკვლევა გადაუშვებელი სახით რუსულად გამოიცა 1897 წ.

(2) ob. Anthologia Graeca, ed. Stadtmueller, vol. I, 1894, Lps., გვ. 278, ეპიგრ. № 100, კრინაგორას ამ ეპიგრამაში პირდაპირ ნათქვამია, რომ ჩირადნებით სირბილი (პრომეთეს ატიკური სადღესასწაულო პროცესია) არის **Προμηθεΐδας μνημα παρηνλιπης**.

აზრით, კონფლიქტის დასაწყისში ესქილემ ორივე მხარის — პრომეთესა და ზევსის — დანაშაულს უშვებდა, რათა კონფლიქტის ბოლოს მათი შინაგანი განვითარების მეოხებით მათ გარდაქმნასა და შეირყებინათ. ტომსონი მართებულად დასკვნის, რომ ესქილეს ტრაგედიაში რელიგიურადაა გამოხატული შემდეგი დოქტრინა: პროგრესი კონფლიქტის შედეგია. მაგრამ მიუღებელია ტომსონის მოსაზრება ესქილეს ტრილოგიაზე ორფიკული მოძღვრების გავლენის შესახებ და მეთოდოლოგიურად გაუმართებელია დიალექტიკური მატერიალიზმის ელემენტები ვეძებოთ ამ ტრილოგიაში.

პრომეთეს მითის მარქსისტული ინტერპრეტაციის პირველი ცდა პ. ლაფარგს ეკუთვნის. ლაფარგმა სწორად განსაზღვრა პრომეთესა და ზევსის ბრძოლის მითის შექმნის დრო, როგორც პერიოდი პატრიარქტით მატრიარქატის შენაცვლებისა. მაგრამ მიუღებელია ცეცხლის მოტაცების მითის ლაფარგისეული ინტერპრეტაცია, რადგან ეს უკანასკნელი მითი ლაფარგმა სულის კულტს დაუკავშირა და მისტიკურ საფუძველზე განმარტა.

პრომეთეს პრობლემის კვლევის დროს საბჭოთა ფილოლოგია ამ პრობლემის რელიგიურ-ეთიკური გაგებიდან კი არ გამოდის, არამედ მისი კულტურულ-ისტორიული შინაარსიდან. საბჭოთა ფილოლოგია თავის ამოცანას ესქილეს ტრაგედიის ინტერპრეტაციით კი არ ამოწურავს, არამედ პრომეთეს მითის წინაბერძნული ელემენტების დასადგენად წარმართავს კვლევას.

ესქილესეული რედაქციის ინტერპრეტაციის დროს საბჭოთა ფილოლოგია ხელმძღვანელობს მარქსიზმის კლასიკოსების ფუძემდებელი მითითებებით „მიჯაჭვული პრომეთეს“ დედაარსის შესახებ. კ. მარქსის აზრით, „მიჯაჭვულ პრომეთეში“ მოცემული ღმერთების გამოსახულება ოლიმპოს ღმერთებისათვის ტრაგიკულ ჩრილობას წარმოადგენდა [5], რომ ამიტომ ტრაგედია ობიექტურად ღმერთთან ბრძოლის იდეას გამოხატავდა და რომ პრომეთე ყვილაზე წმინდანი წამებულია ფილოსოფიურ კალენდარში [6].

ნ. დერატანის შეხედულებით, ტრაგედიაში ასახულია გმირული პიროვნება, რომელიც განასახიერებს ადამიანის ბრძოლას ბუნებასთან [7].

ს. რადციგის აზრით, „მიჯაჭვულ პრომეთეში“ გამოთქმული რელიგიური შეხედულებანი სრულ თანხმობაშია ესქილეს სხვა დრამებში გამოთქმულ რელიგიურ შეხედულებებთან [8]. ი. ტრონსკის აზრით, ესქილემ „მიჯაჭვულ პრომეთეში“ ვერ შეძლო ბოლომდე მიეყვანა მის მიერვე დასახული რევოლუციური და ღმერთთმებრძოლი პრობლემატიკა, მაგრამ ამასთან ი. ტრონსკი ხაზს უსვამს, რომ ესქილესთან ეჭვს არ იწვევს ცივილიზაციის გამარჯვება ბარბაროსობაზე [9].

არ შეიძლება გავიზიაროთ ა. ბელეცკის ჰიპოთეზა, რომელიც პრომეთეს სახით რადიკალურ დემოკრატიას გაიაზრებს და მრავალ საერთოს პოულობს პრომეთესა და დემოსის ისტორიულ ბელად თემისტოკლეს შორის [10], თუ გავითვალისწინებთ ესქილეს პოლიტიკურ პოზიციასა და სიმპათიურ განწყობას პრომეთესა და მისი ამბოხებისადმი, ძნელი იქნება პრომეთეს სახით რადიკალური დემოკრატია გავიაზროთ. დაუშვებელია პრომეთეს სიბრძნე და დამსახურებანი დემოკრატია გავიაზროთ. დაუშვებელია პრომეთეს სიბრძნესა და დამსახურებებთან, რადგან ესქილეს ტრაგედიაში ჩამოთვლილი პრომეთეს დამსახურებანი იმ მიღწევებს ასახავენ, რომელიც ადამიანებმა მიპოვეს პრომეთეს საჩუქრის — გონების — წყალობით და რომელთაც ადამიანი ველურიდან კულტურულ ქმნილებად აქციეს.

პრომეთეს მითის წინაბერძნული ელემენტების კვლევაში საბჭოთა ფილოლოგიამ მნიშვნელოვან შედეგებს მიაღწია.



ს. უ ე ბ ე ლ ი ო ვ მ ა სწორად განმარტა გადმოცემა ტიტანებისა და ბერძენების ბრძოლაზე როგორც წინაბერძნული, ავტობიოგრაფიული მოსახლეობის ბერძენებთან ბრძოლის რელიგიური რეკონსტრუქცია.

ს. ყ ა უ ხ ჩ ი შ ვ ი ლ ი „მიჯაჭვული პრომეთესა“ და პრომეთეს მითის პარალელური ანალიზის საფუძველზე იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ პრომეთე ზევსზე ძველი ღმერთია, რომ იგი მიეკუთვნება მაღალი კულტურის მქონე წინაბერძნულ მოსახლეობას და რომ ეს მითი ასახავს აზიისა და ევროპის კულტურათა შეჯახების ისტორიულ ფაქტს [11].

ი. შ ე ნ გ ე ლ ი ა ს აზრით, პრომეთეს მითის უძველესი ელემენტის — ცეცხლის მოტაცების მითის შესწავლისას გამოსავალ წერტილად უნდა მივიჩნიოთ პრომეთეს კავშირი მჭედლობასთან. პრომეთეს ატიკური კულტის მიხედვით პრომეთე ცეცხლს იტაცებდა ელვის ქალღმერთის ათენას საკურთხეველიდან და მიჰქონდა იგი კერამიკონში — ათენის მჭედლების გარეუბანში. ცეცხლის მოტაცების მითის წარმოშობის მიზეზი იმ გარდატეხაში უნდა ვეძიოთ, რომელიც ცეცხლის გამოყენებამ გამოიწვია მეტალურგიულ წარმოებაში. შენგელიას აზრით, ცეცხლის მოტაცების მითი მატრიარქატის რღვევის ეპოქაშია შექმნილი [12].

პრომეთეს პრობლემის მკვლევარი გვერდს ვერ აუხვევს პრომეთე-ამირანის პრობლემას. ამ ბერძნულ და ქართულ თქმულებათა იგივეობაზე ჯერ კიდევ ბერძენი მწერლები მიუთითებდნენ (სტრაბონი, არიანე, ფილოსტრატე და სხვ.). ახალი დროის მკვლევართა ერთი ნაწილის (ვს. მილერი, ა. წერეთელი, ა. ვესელოვსკი, პ. ინგოროვი და სხვ.) აზრით, პრომეთეს მითი კავკასიური სამყაროდან შევიდა ბერძნულ მითოლოგიაში. ნ. მარის შეხედულებაში, პრომეთეს მითი და ამირანის თქმულება წარმოშობილია ერთი საერთო წყაროდან, რომელიც იაფეტურ-კავკასიურ სამყაროშია საძიებელი. მ. ჩ ი ქ ო ვ ა ნ ი ამ თქმულებებს გენეტურად დამოუკიდებელ თქმულებებად თვლის.

შ. ნ თ ც უ ბ ი შ ი ს გამოკვლევაში, რომელიც უკანასკნელ წლებში გამოქვეყნებულ მის მიერ რესტავრირებულ „ამირანს“ უძღვის წინ [13], ფართოდაა დასახული პრობლემები როგორც თვით ქართული თქმულების შესასწავლად, ისე პრომეთე-ამირანის პრობლემის გადასაჭრელად. პროფ. ხუცუბიძის აზრით, ქართული „ამირანი“ ლითონის წარმოების ეპოსია; იგი მითოლოგიური ანარეკლია იმ საწარმოო გადატრიალებისა, რომელიც ცეცხლის გამოყენებამ გამოიწვია წარმოებაში. შავი ზღვის ნაპირებზე განსახლებული წინაპრები ქართველთა ტომებისა ლითონის დამუშავებით იყვნენ სახელგანთქმულნი ძველ მსოფლიოში. ბერძნული და ძველი ქართული სამყაროს საწარმოო კავშირისა და საქმიანი ურთიერთობის პირობებში ქართულმა თქმულებამ გზა გაიკაფა საბერძნეთში და პრომეთეს მითის სახით შევიდა ბერძნულ მითოლოგიაში.

შორეულ წარსულში არსებული ბერძნულ-ქართული ურთიერთობის დადასტურებას წარმოადგენს ბერძნული მითი არგონავტებზე. არგონავტების მითი იმ კავშირს ასახავს, რომელიც ძველად არსებობდა ლითონის დამამუშავებელ ლემნოსსა და ლითონის დამამუშავების ცენტრს — კოლხიდას შორის. არგონავტები კოლხიდისკენ იმ გზით მიემართებიან, რომლითაც ცეცხლის მომტაცების თქმულება უნდა შესულიყო საბერძნეთში.

ქართული თქმულების შემდგომი მეცნიერული შესწავლა, რომელსაც საფუძველი პროფ. მ. ჩიქოვანის მიერ „ამირანის“ ვარიანტების გამოქვეყნებამ შეუშალა, მეტ შუქს მოჰფენს პრომეთეს მითისა და ამირანის თქმულების ურთიერთმიმართების რთულ პრობლემას.

პრომეთეს პრობლემის ზემოთ წარმოდგენილ ისტორიას იმ დასკვნამდე მივყავართ, რომ პრომეთეს პრობლემა იმ საკითხების წრეში შედის, რომლებიც წინაბერძნული და ბერძნული მოსახლეობის ურთიერთობას შეეხება.

პრომეთეს პრობლემის გადაჭრისათვის უახლოეს ამოცანას წარმოადგენს გაგრძელებს მუშაობა პრომეთეს მითის წინაბერძნული ელიმენტების დადგინება და ინტერპრეტაციისათვის.

სტალინის სახელობის  
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 18.1.1957)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. Властов. Теогония Гезиода и Прометей. СПб. 1897.
2. U. Wilamowitz-Moellendorff. Aischylos. Interpretationen. Berlin. 1914, 114—162.
3. M. Pohlenz. Kronos und die Titanen. „Neue Jahrbücher für das klassische Altertum, Geschichte und deutsche Literatur und Pädagogik“. 1916, 549—594.
4. G. Thomson. Aeschylus and Athens. London. 1950, 317—346.
5. К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, М., т. 1, 1923, 369.
6. К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, М.—Л., т. 1, 1928, 26.
7. Н. Ф. Дератани. История античной литературы. Стенограммы лекций, II изд., Москва, 1938.
8. С. И. Радциг. Эсхил, История греческой литературы. Изд. АН СССР, М.—Л., 1946, 307—341.
9. И. М. Тронский. История античной литературы. Ленинград, 1947, 124—5.
10. А. И. Белецкий. Вступительная статья к изданию «Прометей закуттый», Киев. 1949, 5—95.
11. ს. ყაუხჩიშვილი. ბერძნული ლიტერატურის ისტორია. თბილისი, ტ. I, 1949 293—295; 297—299.
12. И. Г. Шенгелия. Древнейшие элементы мифа о Прометее, ТГУ им. Сталина, 1950.
13. Ш. Нуцубидзе. Амирани. Реставрированный перевод, Тбилиси, 1946.

მთ. რედაქტორის მოადგილე ი. გიგინეიშვილი

ხელნაწერი დასაბეჭდად 25.7.1957; შეკვ. № 1292; ანაწყოების ზომა 7×11;  
ქაღალდის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 8,2;  
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 10,9; უე 00632; ტირაჟი 1000.



დებულება „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა 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 ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), ცალკე ნაკვეთებად; დაახლოებით 8 ბეჭდური (10 სააღრიცხვო-საგამომცემლო) თაბახის მოცულობით თითოეულდ. ზოველი სახე-ვარი წლის ნაკვეთები (სულ 6 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 აკადემიკოსებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას; სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის ან წევრ-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილი უნდა იქნეს ავტორის მიერ ორ-ორ ცალად თითოეულ ენაზე, სასვებით გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეძლებისდა გვარად სოკული: საჭიროა აღინიშნოს ჟურნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულაა წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის დასახელება წერილს ბოლოში ერთვის სიის სახით. ლიტერატურაზე მითითებისას ტექსტში ან შენიშვნებში ნაჩვენებია უნდა იქნეს ნომერი სიის მახედვით, ჩანაშული კვადრატულ ფრჩხილებში.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა სათანადო ენებზე უნდა აღნიშნოს დასახელება და იდგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებზე შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ორი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოდგენლობის შემთხვევაში რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 25-25 მონაბეჭდი ქართულ და რუსულ ენებზე.

რედაქციის მისამართი: თბილისი, ძეგლძეძის ქ., 8

ტელეფონი: 3-03-52

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XIX, № 1, 1957

Основное, грузинское издание