

524

1957/2

საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის
მ ო ა მ ბ ე

გომი XVIII, № 6

ქიკიტაძე, ქართული გამომცემი

1957

ი ვ ნ ი ს ი

უნივერსი



მათემატიკა

- 1. ნ. ბერეჟაშვილი. ჯგუფთა სექტრების აქსიომატიკური თეორია 641
- 2. ა. ზერაგია. ს. ჩაბლიანის შეთოდის გამოყენება პარაბოლური ტიპის ერთი არა-წრფივი განტოლების მიახლოებითი ამოხსნისათვის 647

შიღრომეჰანიკა

- 3. რ. კილაძე. არხში ტალღის სიმაღლის შემცირება გვერდითი წყალსაშვით 655

ფიზიკა

- 4. ი. ვაშაკიძე. (იძ) არადრეკადი გაფანტვის შედეგად წარმოშობილი პოტონების კუთხური განაწილება 663
- 5. ი. ნასუღაშვილი და ე. დოლიძე. თუთიის თვითდიფუზიის კოეფიციენტის დამოკიდებულება მარცვლოვანებისაგან 671

ქიმიკა

- 6. თ. დავრიშვილი. W და Mo-ის პოლისულფიდურ არეში წარმოქმნილი გოგირდოვანი ნაერთები 679
- 7. მ. ზარეულიშვილი და ე. დოლიძე. თბილისის თერმების აირთა შედგენილობა და უანგვა-ალდგენითი პროცესები 687

ქიმიური ტექნოლოგია

- 8. რ. აგლაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი) და გ. დამანსკაია. მანგანუმის ანოდური გახსნა პერმანგანატისა და მანგანუმის ორჟანგის მიღებით 695

ბიოქიმიკა

- 9. ე. კლინინი. ადენილის სისტემის რესინთეზში მონაწილე ამინომჟავათა გარდაქმნები თავის ტვინის ჰომოგენატში 703

ტექნიკა

- 10. თ. კაციაძე. დარტყმითი საგამოცდო დანადგარი და ღეროების გამოცდის მეთოდი დარტყმით გრძელ ღუნვაზე 711

სამთო საქმე

- 11. თ. კარბელაშვილი და გ. ციციშვილი. ძლიერ წვრილი ძარღვების მოწინავე აღმავლობიდან მადნის მონგრევეთ დამუშავების სისტემის გამოცდა 719

ფიტოპათოლოგია

- 12. შ. ძაგნიძე. სოკო ფომოფისის (*Phomopsis Mali*) ბიოლოგიის ზოგიერთი საკითხი 727

მემცენარეობა

- 13. ბ. გერასიმოვი. ზოგიერთი მიკროელემენტის როლი ვაზის ქლოროზის მოვლენებში 733

ფიზიოლოგია

- 14. გ. ხვედელიძე და კ. ცინცაძე. ზეაყის სუნთქვით მოძრაობათა რეგულაციის საკითხისათვის 741

ექსპერიმენტული მედიცინა

- 15. ი. ტატიშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკად. წევრ-კორესპონდენტი). მიოკარდიუმისა და მისი საინერვაციო მექანიზმების ზოგიერთი ნაწილის სტრუქტურული ცვლილებებზე ცხოველის მწვავე დაღლის დროს 747

ენათმეცნიერება

- 16. ზ. ჯაფარიძე. შენიშვნები ხუნძური დიალექტოლოგიიდან 751

ისტორია

- 17. შ. გოზალიშვილი. რუს და ქართველ მეცნიერთა ურთიერთობიდან 759

- მეთურამეტე ტომის შინაარსი 767
- ავტორთა საძიებელი 772

გათემატიკა

6. ბერიკაშვილი

ჯგუფთა სპექტრების ასიმომრტიკური თეორია

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ჭოლოშვილმა 5.7.1956)

სიმოკლისათვის აქ განვიხილავთ მხოლოდ დისკრეტული და ბიკომპაქტური ჯგუფების პირდაპირ სპექტრებს (სპექტრის განმარტება იხ. [4, 5]).
§§ 1, 2-ში გადმოცემულ განმარტებათა და შედეგთა ანალოგიურ განმარტებებსა და შედეგებს ადგილი აქვთ შებრუნებული სპექტრების შემთხვევაშიც.
§§ 3, 4-ში ჯგუფის ცნებაში ვგულისხმობთ კომპლტატურ ჯგუფს, თუმცა ძირითადად ამ შეზღუდვის მოხსნა შესაძლებელი იყო.

§ 1. სპექტრების ზღვრული ჯგუფების თეორია. ვიტყვი, რომ მოცემული გვაქვს დისკრეტულ [ბიკომპაქტურ] ჯგუფთა პირდაპირი სპექტრების ზღვრულ ჯგუფთა თეორია, თუ რაიმე წესით ყოველ ასეთ a სპექტრს შეეთანადება დისკრეტული [ბიკომპაქტური] ჯგუფი a^∞ (ზღვრული ჯგუფი) და სპექტრების ყოველ წყვილს $a < b$ (ეს ნიშნავს, რომ a არის b -ს ქვესპექტრი)—ჰომომორფიზმი (უწყვეტი ჰომომორფიზმი) $p(a, b) : a^\infty \rightarrow b^\infty$. მოვითხოვთ, რომ სრულდებოდეს შემდეგი საზი აქსიომა.

1. თუ $a < b < c$, მაშინ

$$p(a, c) = p(a, b) p(b, c);$$

2. თუ a კონფინალურია b -ში, მაშინ $p(a, b)$ არის იზომორფიზმი „ზე“;

3. თუ სპექტრი შედგება ერთადერთი ჯგუფისაგან, მაშინ ზღვრული ჯგუფი ემთხვევა ამ ჯგუფს.

ქვემოთ $\{a^\infty, p(a, b)\}$ გამოსახულებით აღვნიშნავთ ხოლმე ზღვრული ჯგუფების რომელიმე ასეთ თეორიას. თუ ერთდროულად განვიხილება ორი თეორია, მაშინ, გარჩევის მიზნით, ზღვრულ ჯგუფებსა და ჰომომორფიზმებს მეორე თეორიაში აღვნიშნავთ შესაბამისად სიმბოლოებით a^∞ და $\bar{p}(a, b)$.

თეორემა 1. ყოველი a სპექტრისათვის $p(a, a)$ ენდომორფიზმი იგივეურია.

თეორემა 2. იზომორფულ სპექტრებს იზომორფული ზღვრული ჯგუფები აქვთ.

დამტკიცება. ორი იზომორფული სპექტრისათვის შეიძლება აიგოს სპექტრი, რომელშიაც ორივე კონფინალური იქნება.

თეორემა 3. ზღვრული ჯგუფი ისეთი სპექტრისა, რომლის ყოველი პროექცია არის იზომორფიზმი „ზე“, იზომორფულია სპექტრის ნებისმიერი ჯგუფისა.

დამტკიცება. თუ სპექტრი a აკმაყოფილებს თეორემის პირობებს, მაშინ შეგვიძლია ავაგოთ ისეთი b სპექტრი, რომ მასში კონფინალური იქნება როგორც სპექტრი a , ასევე b სპექტრის ნებისმიერი ჯგუფი.

თეორემა 4. ვთქვათ, $a < b$ და, ვთქვათ, a -ს ყოველი α ინდექსისათვის არსებობს b -ს ისეთი β ინდექსი, რომ $\alpha < \beta$ და ამ წყვილის შესაბამისი პროექცია ტრივიალურია. ასეთ პირობებში $p(a, b)$ არის ტრივიალური ჰომომორფიზმი.

დამტკიცება. არსებობს ისეთი c და d სპექტრები, რომ $a < c < d$, $c^\infty = 0$ და b კონფინალურია d -ში. ასეთ სპექტრთა არსებობიდან გამომდინარეობს თეორემის სამართლიანობა. სპექტრები c და d ასე განიმარტება. ვთქვათ, $b = \{g^x, \pi_x\}$. ვიგულისხმობთ, რომ d სპექტრის ინდექსებია b სპექტრის ინდექსთა დალაგებული (α, β) წყვილები, ისეთნი, რომ $\alpha < \beta$. ასეთ $\gamma = (\alpha, \beta)$ ინდექსის შესაბამის g^x ჯგუფად ავიღოთ g^x ჯგუფის ქვეჯგუფი, განსაზღვრული $g^x = (g^x) \pi_x^2$ ტოლობით. ვიგულისხმებთ, რომ $(\alpha, \beta) < (\alpha', \beta')$, თუ $\alpha < \alpha'$ და $\beta < \beta'$. თუ $\gamma < \gamma'$, მაშინ ბუნებრივად განიმარტება ჰომომორფიზმი $g^x \rightarrow g^{x'}$, რითაც მთავრდება d სპექტრის აღწერა.

$\gamma = (\alpha, \alpha)$ სახის ინდექსების შესაბამისი ქვესპექტრი d სპექტრისა შეგვიძლია გავაიგივოთ b სპექტრთან. ცხადია, რომ b იქნება კონფინალური d -ში. d სპექტრის ის ქვესპექტრი, რომელიც შეესაბამება იმ $\gamma = (\alpha, \beta)$ ინდექსებს, რომელთათვის $\alpha \in a$, აღვნიშნოთ c -თი. ცხადია, $a < c$. თეორემის პირობის ძალით, c სპექტრის ჯგუფთა კონფინალური რაოდენობა ნულოვანი ჯგუფებია და, მაშასადამე, მესამე თეორემის ძალით, c სპექტრის ზღვრული ჯგუფი არის ნულოვანი ჯგუფი.

პირველი და მეოთხე თეორემებიდან გამომდინარეობს შემდეგი თეორემის სამართლიანობა.

თეორემა 5. ვთქვათ, a სპექტრის ყოველი α ინდექსისათვის არსებობს ისეთი β ინდექსი, რომ $\alpha < \beta$ და ამ წყვილის შესაბამისი პროექცია ტრივიალურია. ამ პირობებში a სპექტრის ზღვრული ჯგუფი ნულოვანია.

ჩამოთვლილი თვისებები საკმარისია იმ გამოყენებებისათვის, რომლებიც ახლა აქვს სპექტრებს ტოპოლოგიაში. კერძოდ, ტოპოლოგიური სივრცეებისათვის ჩების ჰომოლოგიის ჯგუფები შეიძლება აიგოს სპექტრთა ზღვრული ჯგუფების ნებისმიერი თეორიის დახმარებით და მიღებული ჯგუფები დააკმაყოფილებენ აილენბერგ-სტინროდის აქსიომებს (იხ. [4]).

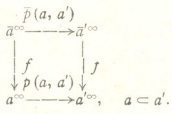
§ 2. აქსიომათა სისტემის სისრულე და კავშირი თეორიებს შორის. a სპექტრის g^x ჯგუფი შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც a -ს ქვესპექტრი და, მესამე აქსიომის ძალით, $p(g^x, a)$ იქნება g^x ჯგუფის ჰომომორფიზმი a^∞ ჯგუფში.

ნებისმიერი a სპექტრისათვის $b = (a, a^\infty)$ სპექტრი განვმარტოთ შემდეგნაირად. a სპექტრს უკანასკნელ ჯგუფად დავუმატოთ ჯგუფი a^∞ და შესაბამის პროექციებად მივიღოთ ჰომომორფიზმები $p(g^x, a) : g^x \rightarrow a^\infty$. იმისათვის, რომ ასე მიღებული სისტემა ნამდვილად სპექტრი იყოს, მოვითხოვთ, რომ $\{a^\infty, p(a, b)\}$ თეორია აკმაყოფილებდეს მეოთხე აქსიომას.

4. თუ b სპექტრი შედგება ორი $g_1 < g_2$ ჯგუფისაგან და თუ $\varphi : g_1 \rightarrow g_2$ აღნიშნავს b სპექტრის პროექციას, მაშინ

$$\varphi = p(g_1, b) p^{-1}(g_2, b).$$

ვთქვათ, გარდა $\{a^\infty, p(a, b)\}$ თეორიისა, მოცემული გვაქვს მეორე $\{\bar{a}^\infty, \bar{p}(a, b)\}$ თეორია. რადგან $b = (a, a^\infty)$ სპექტრში a არის ქვესპექტრი, ხოლო a^∞ კონფინალური ჯგუფია, ამიტომ ტოლობა $f = \bar{p}(a, b) \bar{p}^{-1}(a^\infty, b)$ განსაზღვრავს $f : a^\infty \rightarrow a^\infty$ ჰომომორფიზმს. ასე განსაზღვრულ f -ს ვუწოდოთ ბუნებრივი ჰომომორფიზმი. ადვილი სანახავია, რომ f არის $\{\bar{a}^\infty, \bar{p}(a, b)\}$ თეორიის ჰომომორფიზმი $\{a^\infty, p(a, b)\}$ თეორიაში, ე. ი. კომუტატურია შემდეგი დიაგრამა:



თუ

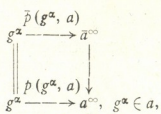
$$\{\bar{a}^\infty, \bar{p}(a, b)\} = \{a^\infty, p(a, b)\},$$

მაშინ, ცხადია, რომ ბუნებრივი $f : a^\infty \rightarrow a^\infty$ ჰომომორფიზმი არის a^∞ -ს ენდომორფიზმი. შემოვიღოთ შემდეგი, მეხუთე, აქსიომა.

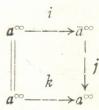
5. ზემოთ განსაზღვრული $a^\infty \rightarrow a^\infty$ ენდომორფიზმი არის იგივერი გადასახვა.

ლემა. ვთქვათ, $\{a^\infty, p(a, b)\}$ თეორია აკმაყოფილებს პირველ ოთხ აქსიომას, ხოლო $\{\bar{a}^\infty, \bar{p}(a, b)\}$ თეორია—ხუთსავე აქსიომას. თუ $f : a^\infty \rightarrow a^\infty$ და $\varphi : a^\infty \rightarrow \bar{a}^\infty$ ბუნებრივ ჰომომორფიზმებს აღნიშნავენ, მაშინ $f\varphi$ არის \bar{a}^∞ ჯგუფის იგივერი ენდომორფიზმი.

დაამტკიცება. განვიხილათ $b = (a, a^\infty)$, $b' = (a, \bar{a}^\infty)$ და აგრეთვე $b'' = (a, \bar{a}^\infty, a^\infty)$ სპექტრებს. ეს უკანასკნელი სპექტრი ასე განიმარტება. b'' თავის ქვესპექტრებად შეიკავს b და b' სპექტრებს და მისი ყოველი ჯგუფი შედის ერთ-ერთ ამ ქვესპექტრთაგანში; $\bar{a}^\infty < a^\infty$ და ამ წყვილის შესაბამისი პროექცია არის ბუნებრივი $f : a^\infty \rightarrow a^\infty$ ჰომომორფიზმი (ამრიგად, b' სპექტრი მიიღება a სპექტრისათვის \bar{a}^∞ და a^∞ ჯგუფების დამატებით). ასე განსაზღვრული b'' სისტემა მართლაც სპექტრია, რადგან დიაგრამა



რომელიც ზემოთ მოყვანილი დიაგრამის კერძო შემთხვევას წარმოადგენს, კომუტატურია. b'' სპექტრი $\{\bar{a}^\infty, p(a, b)\}$ თეორიის დახმარებით განსაზღვრავს შემდეგი კომუტატური დიაგრამის ჰომომორფიზმებს:



ადგილი სანახევია, რომ $i = \varphi$, $j = f$ და რომ k იგივეური ჰომომორფიზმია.

თეორემა 6. აქსიომათა 1—5 სისტემას შეიძლება აკმაყოფილებდეს ზღვრული ჯგუფების მხოლოდ ერთადერთი თეორია. დისკრეტულ ჯგუფთა შებრუნებული სპექტრების, ბიკომპაქტურ ჯგუფთა შებრუნებული სპექტრებისა და დისკრეტულ ჯგუფთა პირდაპირი სპექტრების შემთხვევაში ასეთ თეორიებს წარმოადგენენ ჩვეულებრივი თეორიები (განსაზღვა იხ. [4, 5]). ბიკომპაქტური ჯგუფების პირდაპირი სპექტრების შემთხვევაში ასეთ თეორიას წარმოადგენს ქოლოშვილის თეორია (განმარტებული იქნება § 3-ში). ამ თეორიებს ქვემოთ ვახსენებთ ხოლმე როგორც კლასიკურს.

თეორემა 7. ვთქვათ. $\{\bar{a}^\infty, \bar{p}(a, b)\}$ არის კლასიკური თეორია, ხოლო $\{a^\infty, p(a, b)\}$ — ნებისმიერი თეორია, რომელიც აკმაყოფილებს ოთხ პირველ აქსიომას. ადგილი აქვს ტოლობებს

$$a^\infty = \bar{a}^\infty + \bar{a}^\infty, \quad p(a, b) = \bar{p}(a, b) + \bar{p}(a, b), \quad (*)$$

სადაც $\{\bar{a}^\infty, \bar{p}(a, b)\}$ აკმაყოფილებს პირველ ორ აქსიომას და შემდეგ მესამე პირობას: 3'. თუ a სპექტრი შედგება ერთი ჯგუფისაგან, მაშინ $\bar{a}^\infty = 0$. პირუკუ, ნებისმიერი $\{\bar{a}^\infty, \bar{p}(a, b)\}$ სისტემისათვის, რომელიც ამ სამ პირობას აკმაყოფილებს, (*) ფორმულები განსაზღვრავენ ზღვრულ ჯგუფთა თეორიას და ეს უკანასკნელი აკმაყოფილებს მეოთხე აქსიომასაც.

§ 3. ქოლოშვილის თეორია. აქსიომატიკური მეთოდი საშუალებას იძლევა ბიკომპაქტური პირდაპირი სპექტრების ქოლოშვილის თეორია (იხ. [1, 6, 7]) ქვემოთ მოყვანილი წესით განიმარტოს.

ბიკომპაქტური ჯგუფების ნებისმიერი $\{g^x\}$ სისტემისათვის განვიხილოთ ჩვეულებრივი დისკრეტული პირდაპირი ჯამი $g = \sum g^x$. ამ ჯგუფში განვიხილოთ ტოპოლოგია, რომელიც შემდეგ სამ პირობას აკმაყოფილებს: 1. g -ს აქვს ბიკომპაქტური შეესება; 2. ჩადგმის $g^x \rightarrow g$ ჰომომორფიზმები უწყვეტია; 3. ნებისმიერი ალგებრული ჰომომორფიზმი g ჯგუფისა ნებისმიერ ბიკომპაქტურ h ჯგუფში არის უწყვეტი, როცა მის მიერ ინდუცირებული $g^x \rightarrow h$ გადასახეები უწყვეტია. g ჯგუფის ბიკომპაქტურ შეესებას ვუწოდოთ $\{g^x\}$ სისტემის პირდაპირი ბიკომპაქტური ჯამი.

$\sum g^x$ ჯგუფის ზემოთ აღწერილი ტოპოლოგია ერთადერთია. ასეთი ტოპოლოგიის არსებობა შეიძლება ნაჩვენები იქნეს როგორც უშუალოდ, ასევე ქარაქტერთა თეორიის დახმარებით.

ვთქვათ, $a = \{g^x, \pi_x^a\}$ ბიკომპაქტური ჯგუფების პირდაპირი სპექტრია. ვიგულისხმობთ, რომ g^* აღნიშნავს g^x ჯგუფების პირდაპირ ბიკომპაქტურ ჯამს, ხოლო g^0 — მის ქვეჯგუფს, წარმოქმნილს $x^x - (x^x) \pi_x^a$, $x^x \in g^x$ სახის ელემენტებით. ზღვრული a^∞ ჯგუფი განმარტოთ როგორც g^* ჯგუფის ფაქტორჯგუფი g^0 -ის ჩაქცევის მიხედვით. თუ $b \subset a$, მაშინ ჩადგმის

$$\sum_{b \in b} g^b \rightarrow \sum_{a \in a} g^x$$

ჰომომორფიზმი განმარტავს ბუნებრივ $p(b, a) : b^\infty \rightarrow a^\infty$ ჰომომორფიზმს. ამით ქოლოშვილის თეორიის აღწერა დამთავრებულია. უშუალოდ შეიძლება ჩვენება იმისა, რომ ქოლოშვილის თეორია აკმაყოფილებს ხუთსავე აქსიომას და რომ სამართლიანია შემდეგი

თეორემა 8. ქარაქტერთა თეორიის თვალსაზრისით ქოლოშვილის თეორია ორადულთა დისკრეტულ ჯგუფთა შებრუნებულ სპექტრების ზღვრული ჯგუფების კლასიკური თეორიისა.

§ 4. კლასიკურთაგან განსხვავებული თეორიები. აქ ჩვენ ავაგებთ ბიკომპაქტური ჯგუფების პირდაპირი სპექტრების ზღვრულ ჯგუფთა თეორიებს, განსხვავებულს ქოლოშვილის თეორიისაგან. ანალოგიურ აგებას ადგილი აქვს დისკრეტულ ჯგუფთა პირდაპირი სპექტრების შემთხვევაშიც.

ჩვენ ვისარგებლებთ შემდეგი ფაქტით, ყოველი დისკრეტული g ჯგუფისათვის არსებობს ისეთი ბიკომპაქტური g^* ჯგუფი, რომ: 1. ალგებრული თვალსაზრისით g წარმოადგენს g^* -ის ქვეჯგუფს; 2. g ყველგან მკვრივია g^* -ში; 3. g ჯგუფის ნებისმიერი ალგებრული ჰომომორფიზმი ნებისმიერ ბიკომპაქტურ ჯგუფში გრძელდება g^* -ის უწყვეტ ჰომომორფიზმამდე, ასეთი g^* ჯგუფი ერთადერთია. მას უწოდებენ ბიკომპაქტურ ჯგუფს, დაკავშირებულს g -სთან (იხ. [3]).

ჩვენ ახლა ავაგებთ $\{a^\infty, \tilde{p}(a, b)\}$ სისტემას, რომელსაც ეწეება მეშვიდე თეორემაში მითითებული თვისებები. ვიგულისხმობთ, რომ $\{a^\infty, \tilde{p}(a, b)\}$ აღ-

ნიშნავს ჰოლომორფული თეორიის. ვთქვათ, $a = [g^x, \pi_g^x]$ და, ვთქვათ, a^0 აღნიშნავს a^∞ -ის ქვეჯგუფს, განმარტებულს

$$a^0 = \bigcup_{a \in a} (g^x) p(g^x, a)$$

ტოლობით (a^0 ყველგან მკვრივი ქვეჯგუფია). თუ $b \subset a$, მაშინ ჰომომორფიზმს $p(b, a)$ იზომორფულად გადაყავს b^0 ჯგუფი a^0 ჯგუფზე. ამის გამო, თუ a^∞ / a^0 ფაქტორჯგუფებს განვიხილავთ დისკრეტულ ტოპოლოგიაში და თუ $p_1(b, a)$ -თი აღვნიშნავთ $p(b, a)$ -ს მიერ წარმოქმნილ $b^\infty / b^0 \rightarrow a^\infty / a^0$ ჰომომორფიზმს, მაშინ $p_1(b, a)$ არის იზომორფიზმი „ზე“, როცა b კონფინალურია a -ში. ჯგუფი \bar{a}^∞ განვმარტოთ როგორც ბიკომპაქტური ჯგუფი, დაკავშირებული a^∞ / a^0 ჯგუფთან. $\bar{p}(b, a)$ ჰომომორფიზმად მივიღოთ $p_1(b, a)$ -ს მიერ განსაზღვრული უწყვეტი ჰომომორფიზმი. ასე მიღებული $\{\bar{a}^\infty, \bar{p}(a, b)\}$ სისტემა აკმაყოფილებს საჭირო თვისებებს და, მაშასადამე, მეშვიდე თეორემის ფორმულებით ვიღებთ ჰოლომორფული თეორიისაგან განსხვავებულ თეორიას.

აგებული $\{\bar{a}^\infty, \bar{p}(a, b)\}$ სისტემა სხვა მრავალი ანალოგიური სისტემის აგების საშუალებას იძლევა და, მაშასადამე, აიგება სხვადასხვა თეორია, ჰოლომორფული თეორიისაგან განსხვავებული. ეს ასე კეთდება: ვთქვათ, მოცემული გვაქვს რაიმე M სიმრავლე და, ვთქვათ, $\{\bar{a}^\infty, \bar{p}(a, b)\}$ აღნიშნავს ზემოთ აგებულ სისტემას, ყოველი a სპექტრისათვის \bar{a}^∞ ჯგუფი განვმარტოთ როგორც M -ჯერ აღებული \bar{a}^∞ ჯგუფის პირდაპირი ბიკომპაქტური ჯამი. ვიგულისხმობთ, რომ $\bar{p}_*(a, b)$ აღნიშნავს $\bar{p}(a, b)$ ჰომომორფიზმისაგან წარმოქმნილ $\bar{a}^\infty \rightarrow \bar{b}^\infty$ ჰომომორფიზმს. ადვილი სინახავია, რომ მიღებული $\{\bar{a}_*^\infty, \bar{p}_*(a, b)\}$ სისტემა აკმაყოფილებს მეშვიდე თეორემაში მოთხოვნილ პირობებს.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 5.7.1956)

დამცემბეჭდული ლიტბრატურა

1. П. С. Александров. Основные теоремы двойственности для незамкнутых множеств n -мерного пространства. Мат. сб., 21(83), 1947, 161—232.
2. Н. А. Берикашвили. О группах гомологии пространства с компактной группой коэффициентов. Сообщения Академии Наук Грузинской ССР. т. XVI, № 10, 1955.
3. А. Вейль. Интегрирование в топологических группах и его применения. И.—Л., 1950.
4. S. Eilenberg and N. Steenrod. Foundations of algebraic topology. Princeton, 1952.
5. С. Лефшец. Алгебраическая топология. И.—Л., 1950.
6. G. Chogoshvili. Théorème de dualité pour le polyedre infini. C. R. Paris, 221, 1945, 15—17.
7. Г. С. Чогошвили. О гомологических аппроксимациях и законах двойственности для произвольных множеств. Мат. сб., т. 28(70):1, 1951, 89—117.

მათემატიკა

პ. ზერაზია

ს. ჩაპლიგინის მეთოდის გამოყენება პარაბოლური ტიპის ერთი არაწრფივი განტოლების მიახლოებითი ამოხსნისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. კუპრაძემ 14.3.1957)

1. განვიხილოთ პარაბოლური ტიპის არაწრფივი განტოლება

$$L(u) = f(x_1, x_2, x_3, t, u, p_1, p_2, p_3, q), \quad (1)$$

სადაც

$$L(u) \equiv \sum_{i,j=1}^3 a_{ij}(x, t) \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j} \quad (a_{ij} = a_{ji}),$$

$x = (x_1, x_2, x_3)$ წერტილია საკმარისად გლუვ S ზედაპირით შემოსაზღვრულ D არეში, t იცვლება $[0, T]$ სეგმენტში,

$$p_i = \frac{\partial u}{\partial x_i}, \quad q = \frac{\partial u}{\partial t};$$

$a_{ij}(x, t)$ ($i, j = 1, 2, 3$) უწყვეტი ფუნქციებია არეში:

$$x \in D + S, \quad 0 \leq t \leq T,$$

ხოლო კვადრატული ფორმა

$$\sum_{i,j=1}^3 a_{ij} \xi_i \xi_j$$

დადებითად განსაზღვრულია ამავე არეში.

ზოგიერთი (1) სახის განტოლების შესწავლაზე მიგვიყვანს ნიადაგის ფილტრაციის სხვადასხვა ამოცანები (იხ. პ. კოჩინა [1], გვ. 560), დინამიური მეტეოროლოგიის ამოცანა (ტურბულენტური შერევის ამოცანა იხ. [2]) და სხვა.

შემდეგი არაწრფივი განტოლებისათვის

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f\left(x, t, u, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial t}\right) \quad (2)$$

პირველი სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა, მიმდევრობით მიახლოების მეთოდით, მოცემულია მ. უეჯრეს [3] მიერ.

ჩვენს შრომაში [4] გამოიყენეთ ს. ჩაპლიგინის [5] მეთოდი შემდეგი არაწრფივი განტოლების

$$\sum_{i=1}^n \frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} - \frac{\partial u}{\partial t} = f(x_1, x_2, \dots, x_n, t, u) \quad (3)$$

სასაზღვრო ამოცანის ამოსახსნელად.

ამ სტატიაში ჩვენ განვიხილავთ შემდეგ სასაზღვრო ამოცანას:

მოცემულ არეში: $x \in D$, $0 < t \leq T$ ვიპოვოთ (1) განტოლების ისეთი ამოხსნა $u(x, t)$, რომელიც უწყვეტია $x \in D + S$, $0 \leq t \leq T$ არეში და რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ საწყის და სასაზღვრო პირობებს

$$u(x, 0) = \varphi(x) \quad (x \in D), \quad (4)$$

$$u(\xi, t) = \psi(\xi, t), \quad (\xi \in S, 0 \leq t \leq T). \quad (5)$$

ს. ჩაპლიგინის [5] გარკვეულ წესით განზოგადებული მეთოდის გამოყენებით ქვემოთ მოცემულია დასმული სასაზღვრო ამოცანის მიახლოებითი ამოხსნა შემდეგ პირობებში:

1) $f(x_1, x_2, x_3, t, u, p_1, p_2, p_3, q)$ ფუნქცია უწყვეტია ყველა თავის არგუმენტის მიმართ, როცა $x \in D$, $0 < t \leq T$ და u, p_i და q ლებულობენ სასარულ მნიშვნელობებს;

2) აღნიშნულ არეში f -ს აქვს უწყვეტი და შემოსაზღვრული კერძო წარმოებულები u, p_i და q არგუმენტების მიმართ, ამასთან

$$f_u > 0, \quad f_q > 0; \quad (*)$$

3) იმავე არეში f ფუნქციას აქვს მეორე რიგის წარმოებულები u, p_i და q არგუმენტების მიმართ, და კვადრატული ფორმა

$$\left(\frac{\partial}{\partial u} \xi_0 + \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial p_i} \xi_i + \frac{\partial}{\partial q} \xi_4 \right)^{(2)} f \equiv 0. \quad (**)$$

2. მოვიყვანოთ ზოგიერთი დებულების დამტკიცება.

თეორემა 1. თუ u_1 და u_2 (1) განტოლების რომელიმე ამოხსნებია $x \in D$, $0 < t \leq T$ არეში, მაშინ $u_1(x, t) - u_2(x, t)$ სხვაობამ არ შეიძლება მიიღოს ამავე არეში უარყოფითი მინიმუმი და არც დადებითი მაქსიმუმი.

დამტკიცება. პირობის თანახმად,

$$L(u_1) = f(x, t, u_1, p'_1, p'_2, p'_3, q_1), \quad (6)$$

$$L(u_2) = f(x, t, u_2, p''_1, p''_2, p''_3, q_2), \quad (7)$$

სადაც

$$p'_i = \frac{\partial u_1}{\partial x_i}, \quad p''_i = \frac{\partial u_2}{\partial x_i} \quad (i = 1, 2, 3), \quad q_1 = \frac{\partial u_1}{\partial t} \quad \text{და} \quad q_2 = \frac{\partial u_2}{\partial t}.$$

დავუშვათ, რომ $u_1 - u_2$ სხვაობა აღნიშნული არეს რომელიმე (x_0, t_0) წერტილზე იღებს უარყოფით მინიმუმს. მრავალცვლადის ფუნქციისათვის

სასრული ნაზრდის ფორმულის თანახმად (6) და (7) განტოლებებიდან მივიღებთ

$$L(u_1 - u_2) - (u_1 - u_2) f_u^* - \sum_{i=1}^3 (p'_i - p''_i) f_{p'_i}^* - (q_1 - q_2) f_q^* = 0, \quad (8)$$

სადაც

$$\begin{aligned} f_u^* &= f_u(x, t, u_2 + \theta_1(u_1 - u_2), p''_1, p''_2, p''_3, q_2), \\ f_{p'_1}^* &= f_{p'_1}(x, t, u_2, p''_1 + \theta_2(p'_1 - p''_1), p''_2, p''_3, q_2) \\ & \quad (0 < \theta_1, \theta_2 < 1); \end{aligned}$$

ანალოგიურ გამოსახულებებს ექნება ადგილი $f_{p'_2}^*$, $f_{p'_3}^*$ და f_q^* ფუნქციებისათვის.

მინიმუმის წერტილში გვექნება, რომ

$$u_1 - u_2 < 0, \quad p'_i - p''_i = 0 \quad (i = 1, 2, 3) \quad q_1 - q_2 \equiv 0 \quad (9)$$

(სადაც (x_0, t_0) წერტილში $q_1 - q_2 = \frac{\partial(u_1 - u_2)}{\partial t} = 0$, როცა $t_0 < T$, ხოლო $q_1 - q_2 = \frac{\partial(u_1 - u_2)}{\partial t} \equiv 0$, როცა $t_0 = T$); გარდა ამისა,

$$L(u_1 - u_2) = \sum_{i,j=1}^3 a_{ij}(x_0, t_0) \frac{\partial^2(u_1 - u_2)}{\partial x_i \partial x_j} \equiv 0. \quad (10)$$

(9) და (10)-ს ძალით (*) პირობის თანახმად გამომდინარეობს, რომ (8) განტოლების მარცხენა ნაწილი მეტია ნულზე, რასაც წინააღმდეგობამდე მივყავართ.

ანალოგიურად ნტკიცდება დებულება დადებითი მაქსიმუმის შესახებ.

შედეგი. თუ $u_1(x, t)$ და $u_2(x, t)$ უწყვეტი ფუნქციებია $x \in D + S$, $0 \leq t \leq T$ არეში, ხოლო $x \in D$, $0 < t \leq T$ არეში აკმაყოფილებენ (1) განტოლებას და შემდეგ პირობებს:

$$\begin{aligned} u_1(x, 0) &= \varphi_1(x) & u_2(x, 0) &= \varphi_2(x), \quad (x \in D) \\ u_1(\xi, t) &= \psi_1(\xi, t) & u_2(\xi, t) &= \psi_2(\xi, t), \\ & & & (\xi \in S, 0 \leq t \leq T) \end{aligned}$$

და

$$\varphi_1(x) \geq \varphi_2(x), \quad \psi_1(\xi, t) \geq \psi_2(\xi, t),$$

მაშინ

$$u_1(x, t) \geq u_2(x, t) \quad (x \in D + S, 0 \leq t \leq T).$$

დაეუშვათ წინააღმდეგი; მაშინ არსებობს ისეთი წერტილი (x_0, t_0) ,

$$x_0 \in D, \quad 0 < t_0 \leq T,$$

რომ

$$u_1(x_0, t_0) - u_2(x_0, t_0) < 0.$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ $u_1 - u_2$ სხვაობას $x \in D$, $0 < t \leq T$ არეში აქვს უარყოფითი მინიმუმი, რაც ეწინააღმდეგება 1 თეორემას.

თეორემა 2. თუ არსებობს $u(x, t)$ ფუნქცია, რომელიც უწყვეტია $x \in D + S$, $0 \leq t \leq T$ არეში, ხოლო $x \in D$, $0 < t \leq T$ არეში აკმაყოფილებს (1) განტოლებას და (4), (5) პირობებს, მაშინ იგი ერთადერთია.

მართლაც, $u_1(x, t) - u_2(x, t)$ სხვაობა აკმაყოფილებს ნულოვან საწყის და სისაზღვრო პირობებს. ამიტომ 1 თეორემის ძალით ადვილად მივიღებთ, რომ $u_1(x, t) \equiv u_2(x, t)$ $x \in D + S$, $0 \leq t \leq T$ არეში.

თეორემა 3. თუ $v(x, t)$ და $u(x, t)$ ფუნქციები უწყვეტია $x \in D + T$, $0 \leq t \leq T$ არეში, აკმაყოფილებენ (4), (5) პირობებს და

$$L(v) - f(x, t, v, p'_1, p'_2, p'_3, q') \equiv 0, \quad (11)$$

$$L(v) - f(x, t, v, p_1, p_2, p_3, q) = 0, \quad (1)$$

$$(x \in D, 0 < t \leq T),$$

მაშინ

$$u \equiv v \quad x \in D, 0 < t \leq T.$$

მართლაც, (11) და (1)-დან მივიღებთ, რომ

$$L(v - u) - (v - u) f_u^* - \sum_{i=1}^3 (p'_i - p_i) f_{p'_i}^* - (q' - q) f_q^* \equiv 0, \quad (12)$$

სადაც

$$x \in D, 0 < t \leq T$$

და

$$f_u^* = f_u(x, t, u + \theta_1(v - u), p_1, p_2, p_3, q),$$

$$f_{p'_i}^* = f_{p'_i}(x, t, u, p_1 + \theta_2(p'_1 - p_1), p'_2, p_3, q), \text{ და ა. შ.}$$

$$(0 < \theta_i < 1).$$

დავუშვათ, რომ $x \in D$, $0 < t \leq T$ არეს რომელიმე (x, t) წერტილზე $v > u$. მაშინ $x \in D + S$, $0 \leq t \leq T$ არეში უწყვეტი $v - u$ სხვაობა უეჭველად აღწევს დადებით მაქსიმუმს $x \in D$, $0 < t \leq T$ არეში. ამიტომ ამავე წერტილში გვექნება

$$v - u > 0, \quad p'_i - p_i = 0 \quad (i = 1, 2, 3), \quad q' - q \equiv 0, \quad L(v - u) \equiv 0.$$

მაშასადამე, მაქსიმუმის აღნიშნულ წერტილში (12) უტოლობის მარცხენა მხარე ნაკლებია ნულზე, რაც გვაიძვეს წინააღმდეგობას. ამრიგად,

$$v \equiv u \quad (x \in D, 0 < t \leq T).$$

ანალოგიურად მტკიცდება

თეორემა 4. თუ $W(x, t)$ და $u(x, t)$ ფუნქციები უწყვეტია $x \in D + S$, $0 \leq t \leq T$ არეში, აკმაყოფილებენ (4), (5) პირობებს და

$$L(w) - f(x, t, w, p''_1, p''_2, p''_3, q'') \equiv 0,$$

$$L(u) - f(x, t, u, p_1, p_2, p_3, q) = 0,$$

$$(x \in D, 0 < t \leq T),$$

მაშინ

$$w \equiv u, x \in D, 0 < t \leq T.$$

$v(x, t)$ და $w(x, t)$ ფუნქციებს, რომლებიც აკმაყოფილებენ (4), (5) პირობებს და უტოლობებს

$$L(v) - f(x, t, v, p'_1, p'_2, p'_3, q') \equiv 0, \quad (13)$$

$$L(w) - f(x, t, w, p''_1, p''_2, p''_3, q'') \equiv 0, \quad (14)$$

შესაბამისად ვუწოდოთ ქვედა და ზედა ფუნქციები (1) განტოლებისათვის.

თეორემა 5. თუ $v(x, t)$ და $w(x, t)$ შესაბამისად ნებისმიერი ქვედა და ზედა ფუნქციებია, მაშინ

$$v \equiv w \quad x \in D, 0 < t \leq T.$$

მართლაც, (13) და (14)-დან მივიღებთ

$$L(v - w) - (v - w) f_n^* - \sum_{i=1}^3 (p'_i - p''_i) f_{p_i}^* - (q' - q'') f_q^* \equiv 0, \quad (15)$$

როცა $x \in D, 0 < t \leq T$. დავუშვათ, რომ $x \in D, 0 < t \leq T$ არეს რომელიმე წერტილში $v > w$, მაშინ $x \in D + S, 0 \leq t \leq T$ არეში უწყვეტი $v - w$ სხვაობა, რომელიც აკმაყოფილებს ნულოვან საწყისს და სასაზღვრო პირობებს, $x \in D, 0 < t \leq T$ არეს რომელიმე წერტილზე ლეზულობს დადებით მაქსიმუმს და ამ წერტილზე გვექნება

$$v - w > 0, p'_i - p''_i = 0 \quad (i = 1, 2, 3), q' - q'' \equiv 0, L(v - w) \equiv 0.$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ (15) უტოლობის მარცხენა ნაწილი ნაკლებია ნულზე, რაც გვაძლევს წინააღმდეგობას.

3. ახლა ავავიკით ქვედა და ზედა ფუნქციების მიმდევრობები $V_n(x, t)$ და $W_n(x, t)$, რომლებიც თანაბრად იკრიბებიან (1) განტოლების ისეთი ამოხსნისაკენ, რომელიც აკმაყოფილებს (4) და (5) პირობებს.

განმარტების ძალით $v_n(x, t)$ და $w_n(x, t)$ აკმაყოფილებენ (4), (5) პირობებს და უტოლობებს

$$a_n(x, t) \equiv L(v_n) - f(x, t, v_n, p'_{1,n}, p'_{2,n}, p'_{3,n}, q'_n) \equiv 0, \quad (16)$$

$$a_n(x, t) \equiv L(w_n) - f(x, t, w_n, p''_{1,n}, p''_{2,n}, p''_{3,n}, q''_n) \equiv 0, \quad (17)$$

სადაც

$$x \in D, 0 < t \leq T, p'_{i,n} = \frac{\partial v_n}{\partial x_i}, \quad p''_{i,n} = \frac{\partial w_n}{\partial x_i} \quad (i=1, 2, 3),$$

$$q'_n = \frac{\partial v_n}{\partial t} \quad \text{და} \quad q''_n = \frac{\partial w_n}{\partial t}.$$

აღენიშნოთ

$$u - v_n = w, \quad w_n - u = \Omega_n.$$

(16), (17)-სა და (1) განტოლების ძალით გვექნება

$$L(u - v_n) - [f(x, t, u, p_1, p_2, p_3, q) - f(x, t, v_n, p'_{1,n}, p'_{2,n}, p'_{3,n}, q'_n)] + \alpha_n(x, t) = 0, \quad (18)$$

$$L(w_n - u) - [f(x, t, w_n, p''_{1,n}, p''_{2,n}, p''_{3,n}, q''_n) - f(x, t, u, p_1, p_2, p_3, q)] - \sigma_n(x, t) = 0, \quad (19)$$

აქედან ტეილორის ფორმულის თანახმად, მივიღებთ

$$L(w_n) - f_{v_n}(x, t, v_n, p'_{1,n}, p'_{2,n}, p'_{3,n}, q'_n) w_n - \sum_{i=1}^3 f_{p'_{i,n}}(x, t, v_n, p'_{1,n}, p'_{2,n}, p'_{3,n}, q'_n) \frac{\partial w_n}{\partial x_i} - f_{q'_n} \frac{\partial w_n}{\partial t} + \alpha_n(x, t) = R', \quad (20)$$

$$L(\Omega_n) - f_{w_n}(x, t, w_n, p''_{1,n}, p''_{2,n}, p''_{3,n}, q''_n) \Omega_n - \sum_{i=1}^3 f_{p''_{i,n}}(x, t, w_n, p''_{1,n}, p''_{2,n}, p''_{3,n}, q''_n) \frac{\partial \Omega_n}{\partial x_i} - f_{q''_n} \frac{\partial \Omega_n}{\partial t} - \sigma_n(x, t) = R'', \quad (21)$$

სადაც

$$R' = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\partial}{\partial v_n} (u - v_n) + \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial p'_{i,n}} \frac{\partial (u - v_n)}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial q'_n} \frac{\partial (u - v_n)}{\partial t} \right\}^{(2)} f,$$

ხოლო f ფუნქციის არგუმენტებს წარმოადგენენ

$$x, t, v_n + \theta_1 (u - v_n), \frac{\partial v_n}{\partial x_i} + \theta_1 \left(\frac{\partial u}{\partial x_i} - \frac{\partial v_n}{\partial x_i} \right) \quad (i=1, 2, 3),$$

$$\frac{\partial v_n}{\partial t} + \theta_5 \left(\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial v_n}{\partial t} \right), \quad (0 < \theta_j < 1, j=1, 2, 3, 4, 5).$$

ანალოგიური გამოსახულება გვექნება R^n -თვისაც.
განვიხილოთ შემდეგი წრფივი დიფერენციალური განტოლება

$$L(w^*_n) - f_{v_n}(x, t, v_n, p'_{1,n}, p'_{2,n}, p'_{3,n}, q'_n) w^*_n - \sum_{i=1}^3 f_{p'_{i,n}}(x, t, v_n, p'_{1,n}, p'_{2,n}, p'_{3,n}, q'_n) \frac{\partial w^*_n}{\partial x_i} - f_{q'_n} \frac{\partial w^*_n}{\partial t} + \alpha_n(x, t) = 0. \quad (22)$$

ვთქვათ, რომ w^*_n არის $x \in D, 0 < t \leq T$, არეში (22) განტოლების ისეთი ამოხსნა, რომელიც აკმაყოფილებს ნულოვან საწყისს და სასაზღვრო პირობებს

$$w^*_n(x, 0) = 0 \quad (x \in D),$$

$$w^*_n(\xi, t) = 0 \quad (\xi \in S, 0 \leq t \leq T). \quad (23)$$

თუ გამოვითვლით (22) განტოლების მარცხნივ მდებარე ოპერატორს, როცა $w^*_n = 0$ და ვინაიდან (16)-ს ძალით $\alpha_n(x, t) \equiv 0$, ამიტომ 3 თეორემა თანახმად გვექნება, რომ $0 \equiv w^*_n$. (20) განტოლების თანახმად და იმის გამო, რომ (**) პირობის ძალით $R' \equiv 0$, ხოლო w_n აკმაყოფილებს ნულოვან საწყისს და სასაზღვრო პირობებს, ამიტომ 4 თეორემის ძალით მივიღებთ $w_n \equiv w^*_n$.

ამრიგად,

$$0 \equiv w^*_n \equiv w_n,$$

როცა

$$x \in D, 0 < t \leq T,$$

ანუ

$$u - v_n \equiv w^*_n \equiv 0.$$

აქედან

$$u \equiv v_n(x, t) + w^*_n(x, t) \equiv v_n(x, t).$$

დაეუწვათ,

$$v_{n+1}(x, t) = v_n(x, t) + w^*_n(x, t),$$

მაშინ

$$u \equiv v_{n+1} \equiv v_n,$$

როცა

$$x \in D, 0 < t \leq T.$$

გარდა ამისა, ცხადია, რომ $v_{n+1}(x, t)$ აკმაყოფილებს (4) და (5) პირობებს.

ახლა ვუჩვენოთ, რომ $v_{n+1}(x, t)$ არის ქვედა ფუნქცია. ამისათვის საჭიროა ვუჩვენოთ, რომ

$$\alpha_{n+1}(x, t) \equiv L(v_{n+1}) - f(x, t, v_{n+1}, p'_{1,n+1}, p'_{2,n+1}, p'_{3,n+1}, q'_{n+1}) \equiv 0,$$

როცა

$$x \in D, 0 < t \leq T,$$

მართლაც,

$$\begin{aligned} \alpha_{n+1}(x, t) &= L(v_n) + L(w^*_n) - f(x, t, v_n, p'_{1, n}, p'_{2, n}, p'_{3, n}, q'_n) \\ &\quad - [f(x, t, v_{n+1}, p'_{1, n+1}, p'_{2, n+1}, p'_{3, n+1}, q'_{n+1}) \\ &\quad - f(x, t, v_n, p'_{1, n}, p'_{2, n}, p'_{3, n}, q'_n)] = \alpha_n(x, t) + L(w^*_n) \\ &\quad - f_{v_n}(x, t, v_n, p'_{1, n}, p'_{2, n}, p'_{3, n}, q'_n) w^*_n \\ &\quad - \sum_{i=1}^3 f_{p'_{i, n}}(x, t, v_n, p'_{1, n}, p'_{2, n}, p'_{3, n}, q'_n) \frac{\partial w^*_n}{\partial x_i} - f_{q'_n} \frac{\partial w^*_n}{\partial t} - R'. \end{aligned}$$

აქედან (22)-ს ძალით გვექნება $\alpha_{n+1}(x, t) = -R' \equiv 0$, ე. ი. $v_{n+1}(x, t)$ ნამდვილად წარმოადგენს ქვედა ფუნქციას.

ამგვარად, ჩვენ ავაგეთ $x \in D$, $0 < t \leq T$ არეში $v_{n+1}(x, t)$ ფუნქცია, რომელიც წარმოადგენს (1) განტოლების $u(x, t)$ ამოხსნასთან უფრო ახლოს მდგომ ქვედა ფუნქციას, ვიდრე $v_n(x, t)$.

თუ ვისარგებლებთ ამ ხერხით და ავირჩევთ ნებისმიერ გამოსავალ $v_0(x, t)$ ქვედა ფუნქციას. მაშინ ჩვენ ავაგებთ ქვედა ფუნქციათა მიმდევრობას.

$$u(x, t) \equiv \dots \equiv v_n(x, t) \equiv \dots \equiv v_0(x, t).$$

ასევე, თუ ვისარგებლებთ (21) განტოლებით, მაშინ ანალოგიურად შეგვიძლია შევადგინოთ ზედა ფუნქციათა მიმდევრობა

$$w_0(x, t) \equiv \dots \equiv w_n(x, t) \equiv \dots \equiv u(x, t).$$

თუ გამოვიყენებთ ნ. ლუზინის [6] ცნობილ მსჯელობას, მაშინ დავრწმუნდებით იმაში, რომ, მაგალითად, ზედა ფუნქციების მიმდევრობისათვის ადგილი ექნება უტოლობას

$$\max_{\substack{x \in D+S \\ 0 \leq t \leq T}} |w_n(x, t) - u(x, t)| < \frac{C}{2^{2^n}},$$

სადა C მუდმივია.

ამრიგად, მიღებულია ქვედა და ზედა ფუნქციების მიმდევრობები, რომლებიც თანაბრად იკრიბებიან შესაბამისად ქვემოდან და ზემოდან (1) განტოლებისათვის დასმული ამოცანის ამოხსნისაკენ.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციის მოუვიდა 14.3.1957)

დამოუკმეპული ლიტერატურა

1. П. Я. Полубаринова-Кочина. Теория движения грунтовых вод. Москва, 1952.
2. Труды главной геофизической обсерватории, вып. 4. 1935, стр. 57.
3. M. Gevrey. Sur les équations aux dérivées partielles du type parabolique, Journ. Math. pures et appl. (6), 9, 1913, 305—471.
4. П. К. Зераги. Решение основных граничных задач для нелинейного дифференциального уравнения параболического типа методом акад. С. А. Чаплыгина. Сообщения АН ГССР, т. XVII, № 2, 1956.
5. С. А. Чаплыгин. Новый метод приближенного интегрирования дифференциальных уравнений. М.—Л., 1950.
6. Н. Н. Лузин. О методе приближенного интегрирования акад. С. А. Чаплыгина. Успехи Математических наук, т. VI, в. 6,(46), 1951.

ჰიდრომეხანიკა

რ. კილაძე

არხში ტალღის სიმაღლის შემცირება ბვერდითი წახალსაზვით

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზაერეფმა 11.10.1956)

ჰიდროსადგურის დატვირთვის სრული ან ნაწილობრივი მოხსნა არის შემტობავე ტალღის წარმოქმნის მიზეზი დერივაციულ არხში. ეს ტალღა ვრცელდება არხის გასწვრივ და იწვევს წყლის დონის მკვეთრ აწევას.

გვერდითი წყალსაშვი, რომელსაც ჩვეულებრივ დერივაციის ბოლოში აგებენ, იძლევა დადებითი ტალღის სიმაღლის შემცირების საშუალებას წყალსაშვიდან ტალღური ხარჯის ნაწილის გადაღვრით.

ტალღის სიმაღლის შემცირების რაოდენობრივი ეფექტის დადგენა გარკვეულ პრაქტიკულ ინტერესს წარმოადგენს, რადგან ეს დაკავშირებულია ნაგებობის გათავისუფლებასა და უდაწნეო გვირაბების მუშაობის გაუმჯობესებასთან, თუ უკანასკნელი იმყოფებიან დერივაციაზე.

ამ საკითხის შესწავლისადმი მიძღვნილმა თეორიულმა და ექსპერიმენტულმა შრომებმა [3, 4, 5] აიყვანეს ის გარკვეულ დონემდე, მაგრამ იგი არ არის საკმარისი მიღებული შედეგების პრაქტიკული გამოყენებისათვის. გარდა ამისა, სასრულო სხვაობების მეთოდით გაანგარიშება, რომელიც საფუძვლად უდევს ზემოაღნიშნულ ხერხებს, მეტად შრომატევადია და უშვებს რა მხოლოდ რიცხვით ამოხსნებს, არ იძლევა ზოგადი დასკვნების გაკეთების საშუალებას. ეს არის ნაკლი, რომელიც საერთოდ ახასიათებს სასრულო სხვაობების მეთოდს.

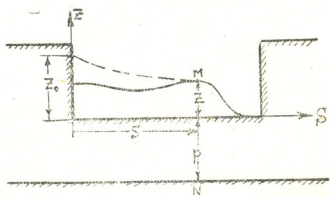
მოცემული შრომის მიზანია მოგვეცეს გაანგარიშების მეთოდი, რომელიც მდგომარეობს ფუნქციონალური დამოკიდებულების პოვნაში ტალღის სიმაღლესა და მის მიერ წყალსაშვის გასწვრივ გავლილ მანძილს შორის.

ეს დამოკიდებულება მიიღება უკუდადებითი ტალღის მახასიათებლის დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის ინტეგრაციით.

ნახ. 1-ზე წყვეტილი ხაზით ნაჩვენებია საძიებელი ფუნქციონალური დამოკიდებულება $Z = f(x)$, რომელიც წინა ტალღის უმაღლესი წერტილის ტრაექტორიის წარმოადგენს. უწყვეტი ხაზით ნაჩვენებია ტალღის მყისი პროფილი.

ერთგანზომილებიანი ტალღური მოძრაობის ამოცანის გადაწყვეტისას არხში გვერდითი წყალსაშვით ვლებულობთ შემდეგ დაშვებებს:

1. არხის ფსკერის ქანობი და დაკარგვები ხახუნზე გვერდითი წყალსაშვის უბანზე მცირეა და შეიძლება მათი უგულებელყოფა;
2. წყლის თავისუფალი ზედაპირი საწყისი დამყარებული მოძრაობის დროს ემთხვევა წყალსაშვის ზღურბლს ან მისი პარალელურია;
3. სიჩქარითი დაწნევის კოეფიციენტი $\alpha = 1$.



ნ.ბ. 1

ამ დაშვებისას ერთგანზომილებიანი დამყარებული მოძრაობის ზოგადი დიფერენციალური განტოლებები ნაკადის გასწვრივ ცვალებადი ხარჯით ასე დაიწერება:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial (Fu)}{\partial s} + q_s &= 0, \\ \frac{1}{g} \left(u \frac{\partial u}{\partial s} + \frac{\partial u}{\partial t} \right) &= - \frac{1}{b} \frac{\partial F}{\partial s} + \frac{q_s}{gF} (u - \theta), \end{aligned} \right\} \quad (2)^{1)}$$

სადაც θ გამომოყოფ მასათა სიჩქარის პროექცია ძირითადი ნაკადის მიმართულულებაზე,

q_s —გვერდითი წყალსაშვის კუთრი ხარჯი.

ეს განტოლებები წარმოადგენს ჰიპერბოლური ტიპის არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას, რომელსაც აქვს მახასიათებლების ორი ნამდვილი და განსხვავებული ოჯახი:

პირველი ოჯახი

$$\left. \begin{aligned} ds &= \left(u + \sqrt{\frac{gF}{b}} \right) dt \\ du &= -d\lambda - \sqrt{\frac{g}{bF}} \cdot q_s dt + \frac{u - \theta}{F} q_s dt \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

(¹ ამ სისტემის მეორე განტოლება პირველად მიიღო ვ. არხანგელსკიმ ([2], გვ. 55).

მეორე ოჯახი

$$ds = \left(u - \sqrt{\frac{gF}{b}} \right) dt$$

$$du = d\lambda + \sqrt{\frac{g}{bF}} \cdot q_s dt + \frac{u-\theta}{F} q_s dt, \quad (4)$$

სადაც

$$\lambda = \int_0^F \sqrt{\frac{g}{bF}} \cdot dF.$$

პირველი ოჯახი შეესაბამება დინების მიმართულებით მოძრავ ტალღებს, მეორე—დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრავ ტალღებს.

ამრიგად, გვერდითი წყალსაშვი არ ახდენს გავლენას ტალღის ფრონტის სიჩქარის სტრუქტურაზე, რადგან (3) და (4) სისტემის პირველი განტოლებები ზუსტად ემთხვევა ანალოგიურ განტოლებებს პრიზმატული არხისათვის.

შემდგომ, რადგან წყლის დონის მაქსიმალურ აწევას ადგილი აქვს უშუალოდ სადგურის დატვირთვის მოხსნის შემდეგ, რაც უკუდადებითი ტალღის სახით ვრცელდება დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით. ვისარგებლებთ მხოლოდ მეორე ოჯახის განტოლებათა სისტემით (4).

სწორკუთხოვანი კვეთის პირობებში (4) სისტემის გადაწერის, dt -ის გამორიცხვისა და ტალღის მოძრაობის დადებით მიმართულებად მიღების შემდეგ ვღებულობთ:

$$du = \sqrt{\frac{g}{h}} dh + \frac{1}{b} \left(\sqrt{\frac{g}{h}} + \frac{u-\theta}{h} \right) q_s \frac{ds}{-u + \sqrt{gh}}. \quad (5)$$

ჰიდროსადგურის დატვირთვის სრული მოხსნის შემთხვევაში წარმოქმნილი ტალღა დინების წინააღმდეგ გავრცელებისას ტოვებს უმოძრაო სითხეს ($U=0$), რომლის ზედა ფენები იღვრება წყალსაშვიდან ძირითადი ნაკადის მოძრაობის პერპენდიკულარული მიმართულებით ($\theta=0$).

მიუხედავად ამისა, ნაკადის საშუალო სიჩქარე U ტალღის შემდეგ მოძრავ MN კვეთის გასწვრივ (ნახ. 1), რომლისთვისაც დაწერილია (4) და (5) განტოლებები, პრაქტიკულად ნულის ტოლი რჩება. ეს გარემოება დასტურდება ჩვენ მიერ ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში ჩატარებული ცდებით.

დინების სრული გაჩერებით გამოწვეული ტალღის გავლისას დამყარებული მოძრაობის არეში მოთავსებული ტრიალა მყისვე ჩერდებოდა არამარტო ღარის პრიზმულ ნაწილში, არამედ არხის იმ უბანზეც, სადაც გვერდითი

წყალსაში იყო მოთავსებული. ტრიალა თავსდებოდა ერთსა და იმავე კვეთის სხედასხვა წერტილში.

დარჩენილი უმნიშვნელო სიჩქარე ტრიალას მიერ მხოლოდ წყალსაშის ბოლოში აღინიშნებოდა.

ამიტომ წყალსაშის უბანზე ზემოთ აღნიშნული კვეთის გასწვრივ საშუალო სიჩქარე U შეიძლება ნულის ტოლად მივიჩნიოთ, მიუხედავად სიღრმე h -ის ცვალებადობისა, რომელზედაც იგი ფუნქციონალურად დამოკიდებულია (5)-ში.

პირობიდან, რომ საშუალო სიჩქარე u იგივეურად ნულის ტოლია, გამომდინარეობს $du = 0$.

ვღებულობთ რა მხედველობაში, რომ $U = 0$, $du = 0$, $\theta = 0$, (5) უბრალო გარდაქმნების შემდეგ მიიღებს სახეს

$$-dh = \frac{q_s}{b} \frac{ds}{Vgh}. \quad (6)$$

გამოვსახოთ გვერდითი წყალსაშის ხვედრითი ხარჯი შემდეგნაირად

$$q_s = \sigma \cdot m \cdot \sqrt{2g \cdot Z^{3/2}}, \quad (7)$$

სადაც m სწორი წყალსაშის ხარჯის კოეფიციენტი და მყარებული მოძრაობის დროს; σ — შემასწორებელი კოეფიციენტი, რომელიც მხედველობაში იღებს გვერდითი წყალსაშიდან გადმოვრილ სითხის განივ განშლას; Z — ტალღის სიმაღლე წყალსაშის ზღურბლიდან.

ვერტიკალური თხელკედლიანი წყალსაშისათვის m შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგნაირად ([7], გვ. 63):

$$m = 0,402 + 0,054 \frac{Z}{p}, \quad (8)$$

სადაც p წყალსაშის ზღურბლის სიმაღლეა. თუ q_s -ის მნიშვნელობას (7) — ან ჩავსვათ (6)-ში (8)-ის გათვალისწინებით და მხედველობაში მივიღებთ, რომ $h = p + z$, $dh = dz$, ზოგიერთი გარდაქმნის შემდეგ, მივიღებთ

$$-\frac{1,31 \cdot b \cdot p}{\sigma} \cdot \frac{\sqrt{p+z} \cdot dz}{Z^{3/2} \cdot (7,45 \cdot p + Z)} = dS. \quad (9)$$

ინტეგრების მუდმივი განისაზღვრება საწყისი პირობებით, სახელდობრ: როცა $S = 0$ გვაქვს $Z = Z_0$ (ნახ. 1).

მაშინ (9) განტოლების ინტეგრალი მიიღებს სახეს

$$S = \frac{1,31 \cdot b \cdot p}{\sigma} [\varphi(z) - \varphi(z_0)] \quad (10)$$

სადაც

$$\varphi(z) = \frac{0,34}{p} \cdot \ln \frac{Z(k+1) + 14,37 \cdot p}{Z(k \times 1) + 0,53 \cdot p} + \frac{0,27}{Z(k+1)},$$

$$k = \sqrt{\frac{p}{Z} + 1}.$$

ნახ. 2-ზე ფუნქცია (10) წარმოდგენილია გრაფიკულად.



ნახ. 2

როგორც ვხედავთ, ტალღის სიმაღლე მის მიერ წყალსაშვის⁶ გასწვრივ გავლილი მანძილის ზრდისას ასიმპტოტურად მიისწრაფვის ნულისაკენ, რაც ექსპერიმენტით დასტურდება [3].

ანალოგიური შედეგების მიღება შეიძლება აგრეთვე პირდაპირ დადებითი ტალღისათვის, თუ საწყის განტოლებებზე ავიღებთ მახასიათებელთა პირველი ოჯახის სისტემას.

(10) ფორმულის შესამოწმებლად და აგრეთვე შესწორების კოეფიციენტ σ -ას მნიშვნელობის დასადგენად ვისარგებლებთ ჩვენ მიერ ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში ჩატარებულ ექსპერიმენტების შედეგებით.

ცდები ჩატარდა 20-მეტრიან სწორკუთხოვან ლარში, რომლის სიგანე 0,42 მ წყალსაშვის ზღურბლის 0,21 და 0,32 მეტრის სიმაღლეებისათვის.

ტალღა წარმოიქმნებოდა ფარის მყისი ჩაშვებით, რომელიც მოთავსებული იყო ლარის ბოლოში.

თხელკედლიანი გვერდითი წყალსაშვის სიგრძე უდრიდა 3,9 მ, რომელიც მოთავსებული იყო ფარიდან 2,5 მეტრის დაშორებით.

წყლის თავისუფალი ზედაპირი დამყარებული მოძრაობის დროს ყველა ხარჯისათვის ემთხვეოდა წყალსაშვის ზღურბლს, რასაც ვალწევდით ფარის მანევრებით.

მაქსიმალური დონეების ჩაწერა წარმოებდა МНО—ტიპის 8-შლიეფიანი ოსცილოგრაფით.

გარდამქმნელი წარმოდგენდა წყალში ჩაძირულ პარალელურად მიმართულ ლითონის ორ ლეროს.

პირველი გადამცემი აღნიშნავდა საწყისი ტალღის სიმაღლეს, მეორე, მესამე და მეოთხე განლაგებული იყო ლარის უბანზე, სადაც გვერდითი წყალსაშვი იყო მოთავსებული და აღნიშნავდა წყალსაშვის გასწვრივ თანდათან კლებადი ტალღის სიმაღლეს ყოველი 1,2 მეტრის შემდეგ.

ჩვენ მიერ შესრულებულმა გაანგარიშებებმა გვიჩვენა, რომ შესწორების კოეფიციენტი σ შეიძლება მუდმივ სიდიდედ ჩაითვალოს, რომელიც ტოლია 0,79-ისა.

ცხრილი 1

$$p = 0,21 \text{ მ.}$$

სხვადასხვა მეთოდით	მანძილი მეტრობით			
	0	1,2	2,4	3,6
(10) ფორმულით	6,3	4,1 4,1	2,8 2,7	2,0 1,9
	7,0	4,4 4,4	3,0 2,9	2,2 2,1
	8,4	5,1 5,2	3,4 3,4	2,3 2,3
	9,4	5,5 5,5	3,7 3,6	2,4 2,4
	11,6	7,0 6,9	4,1 4,2	2,8 2,9
	12,5	7,5 7,2	4,4 4,5	3,0 3,0

ცხრილი 2

$$p = 0,32 \text{ მ.}$$

სხვადასხვა მეთოდით	მანძილი მეტრობით			
	0	1,2	2,4	3,8
(10) ფორმულით	7,5	5,1 4,9	3,4 3,5	2,3 2,2
	8,0	5,4 5,5	3,7 3,6	2,5 2,4
	9,3	6,0 5,9	4,1 4,0	2,7 2,7
	11,5	7 7,2	4,5 4,6	3,0 3,0
	13	7,9 7,9	5,0 5,0	3,1 3,2
	14	8,5 8,4	5,3 5,4	3,3 3,4

ამ შემთხვევაში (10) ფორმულით გაანგარიშებული ტალღის სიმაღლეების მაქსიმალური განსხვავება ჩვენი ცდების მონაცემებთან არ აღემატება 6%/ს.

1 და 2 ცხრილებში, ინსტიტუტის ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში ჩატარებული ცდების შედეგები დაპირისპირებულია (10) ფორმულით გამოთვლილ λ -ის მნიშვნელობებთან სანტიმეტრობით.

დასკვნები

1. სხვა ავტორებისაგან განსხვავებით, გამოსავალ განტოლებებზე ჩვენ ავიღეთ ერთგანზომილებიანი დაუმყარებელი მოძრაობის უფრო ზოგადი განტოლებები ცვლადი მასით.

2. საანგარიშო დამოკიდებულება გამოყვანილია ერთმიმართულებიანი ტალღის მახასიათებლის დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის ინტეგრებით.

3. კ. დრიოლის მიერ დამუშავებული უბან-უბან გაანგარიშების გრაფიკულად ხერხისაგან განსხვავებით, ჩვენ მიერ მიღებულია მარტივი ფუნქციონალური დამოკიდებულება ტალღის სიმაღლესა და მის მიერ წყალსაშვის გასწვრივ გავლილ მანძილს შორის, რაც არსებითად ამარტივებს გაანგარიშების მეთოდოლოგიას.

4. (10) ფორმულით გაანგარიშებული ტალღის სიმაღლეების მაქსიმალური განსხვავება, ჩატარებული ცდების შედეგებთან, 10%/ს არ აღემატება, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ ჩვენი დაშვებები მისაღებია.

5. შესწორების კოეფიციენტი σ , რომელიც ითვალისწინებს წყლის მასის ინერციას, ცდების საფუძველზე შეიძლება მუდმივ სიდიდედ მივიჩნიოთ, რომელიც ტოლია 0,79-სა.

ნაგებობათა და ჰიდროტექნიკის
თბილისის სამეცნიერ-კვლევითი
ინსტიტუტი

(რედაქციის მოუვიდა 11.10.1956)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. С. А. Христианович. Неуставившееся движение в каналах и реках, В сборнике «Некоторые новые вопросы механики сплошной среды», М—Л., 1938.
2. К. Пан-Жу. Расчет неуставившегося движения в открытых водотоках по методу характеристик, Известия АН СССР, № 4, 1956.
3. К. Drioli. Esperienze sul moto perturbato nei canali industriali. Energia Elettrica № 4—5, 1937.
4. D. Citrini. Sull'influenza diminutiva di uno sfioratore laterale sull'onda positiva. Energia Elettrica, № 10, 1947.
5. B. Gentilini. L'azione di uno sfioratore laterale sull'onda positiva ascendente in un canali. Energia Elettrica, № 1, 1950.
6. В. И. Жамгорцян, Движение волны вдоль бокового водослива. Автореферат, 1956.
7. Справочник по гидротехнике. М., 1955.

ი. მაჟარაძე

(*nd*) არადრეკადი გაფანტვით წარმოქმნილი პროტონების კუთხური განაწილება

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 26.6.1956)

ჩვენ გამოვივალეთ (*nd*) არადრეკადი გაფანტვის ინტეგრალური განიკვეთი [1]. საკითხის სრული შეაწავლისათვის მიზანშეწონილია განხილულ იქნეს იმ პროტონების კუთხური განაწილება, რომლებიც ასეთი გაფანტვის დროს წარმოიქმნება.

არსებითი განსხვავება პროტონებისა და ნეიტრონების კუთხური განაწილების გამოთვლაში არ არსებობს, მაგრამ ექსპერიმენტული თვალსაზრისით უფრო ხელსაყრელია პროტონების განაწილება გვეკონდეს, ამიტომ გამოთვლებს მათთვის ჩავატარებთ.

დასმული ამოცანის ამოხსნისათვის საჭიროა საბოლოო მდგომარეობის ტალღური ფუნქციის დადგენა. ამასთან დაკავშირებით გამოვყოთ ორი საბოლოო მდგომარეობა: 1) წარმოქმნილი პროტონი სწრაფია და 2) წარმოქმნილი პროტონი ნელია.

§ 1. სწრაფი პროტონების განაწილება

თუ (*nd*) არადრეკადი გაფანტვის შედეგად სწრაფი პროტონი წარმოიქმნება, მაშინ შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ არსებითია ურთიერთქმედება მხოლოდ ორ ნეიტრონს შორის (ნაწილაკები 1 და 2), ხოლო პროტონი (ნაწილაკი 3) თავისუფალია. ამრიგად ხორციელდება შემთხვევა, რომელიც წინა სტატიაში აღნიშნული იყო შემთხვევა III-ით [1] (აქ ჩვენ ვინარჩუნებთ წინა სტატიის [1] აღნიშვნებს).

სათანადო ტალღური ფუნქცია იქნება

$$\psi_f = \exp \left[i \vec{k} \cdot \vec{r} \right] \left(\frac{3}{4} \vec{\chi} - \frac{1}{2} \vec{r} \right) \psi_k^{1,2} \left(-\vec{r} - \frac{1}{2} \vec{\chi} \right).$$

საჭიროა შევარჩიოთ სპინური ფუნქციები. შეუცვლელი დავტოვოთ „კვარტეტი“, ხოლო დანარჩენი ოთხი შევცვალოთ შემდეგნაირად:

$$\chi'_5 = \frac{1}{\sqrt{6}} (2\alpha_1\alpha_2\beta_3 - \alpha_1\beta_2\alpha_3 - \beta_1\alpha_2\alpha_3),$$

$$\chi'_6 = \frac{1}{\sqrt{6}} (2\beta_1\beta_2\alpha_3 - \beta_1\alpha_2\beta_3 - \alpha_1\beta_2\beta_3),$$

$$\chi'_7 = \frac{I}{\sqrt{2}} (\beta_1 \alpha_2 \alpha_3 - \alpha_1 \beta_2 \alpha_3), \quad \chi'_8 = \frac{I}{\sqrt{2}} (\beta_1 \alpha_2 \beta_3 - \alpha_1 \beta_2 \beta_3).$$

პირველი ორი სიმეტრიულია 1 და 2 ნაწილაკების გადასმის მიმართ, ორი კი ანტისიმეტრიული. ეს სპინური ფუნქციები შემდეგნაირადაა დაკავშირებული იმ სპინურ ფუნქციებთან, რომლებსაც წინა სტატიაში ვიყენებდით

$$\chi'_5 = -\frac{I}{2} \chi_5 + \frac{\sqrt{3}}{2} \chi_7, \quad \chi'_6 = -\frac{I}{2} \chi_6 + \frac{\sqrt{3}}{2} \chi_8,$$

$$\chi'_7 = \frac{\sqrt{3}}{2} \chi_5 + \frac{I}{2} \chi_7, \quad \chi'_8 = \frac{\sqrt{3}}{2} \chi_6 + \frac{I}{2} \chi_8.$$

სათანადო სპინური მატრიცული ელემენტების $-(\chi'_j (\vec{L} \vec{S}) \chi_i)$ —მნიშვნელობის გამოთვლა არ წარმოადგენს სიძინელს. ეს მატრიცული ელემენტი აკმაყოფილებს შემდეგ ტოლობებს:

$$(\chi'_j, (\vec{L} \vec{S}) \chi'_i) = \pm \sqrt{3} (\chi'_j, (\vec{L} \vec{S}) \chi'_i),$$

$$(\chi'_j, (\vec{L} \vec{S}) \chi'_8) = \pm \sqrt{3} (\chi'_j, (\vec{L} \vec{S}) \chi'_6),$$

სადაც ზედა ნიშანი ეკუთვნის S_{13} -ს და ქვედა S_{23} -ს. ასევე

$$(\chi'_j, (\vec{L} \vec{S}_{12}) \chi'_i) = (\chi'_j, (\vec{L} \vec{S}_{12}) \chi'_i) = 0.$$

თუ ჩავატარებთ წინამდებარე ნაშრომის ანალოგიურ გამოთვლებს, გადასვლის მატრიცული ელემენტებისათვის მივიღებთ:

$$M_{fi} = \sum_{j=1}^6 a_j \lambda_j^{fi},$$

სადაც

$$\lambda_1^{fi} = \left[\bar{k}, \frac{3}{2} \bar{k} + \frac{I}{2} \bar{q}'' - \bar{k}^{1,2} \right] \frac{4 \pi B'_{12}{}^{fi}}{\mu^2 + \left| \frac{3}{2} \bar{k} + \frac{I}{2} \bar{q}'' - \bar{k}^{1,2} \right|^2} \varphi \left(\left| \frac{3}{2} \bar{k} + \bar{q}'' \right| \right)$$

$$\lambda_2^{fi} = \left[\bar{k}, \frac{3}{2} \bar{k} + \frac{I}{2} \bar{q}'' + \bar{k}^{1,2} \right] \frac{4 \pi B'_{12}{}^{fi}}{\mu^2 + \left| \frac{3}{2} \bar{k} + \frac{I}{2} \bar{q}'' + \bar{k}^{1,2} \right|^2} \varphi \left(\left| \bar{k}^{1,2} + \frac{I}{2} \bar{q}'' \right| \right)$$

$$\lambda_3^{fi} = \left[\bar{k}, \frac{3}{2} \bar{k} + \frac{I}{2} \bar{q}'' - \bar{k}^{1,2} \right] \frac{4 \pi B'_{13}{}^{fi}}{\mu^2 + \left| \frac{3}{2} \bar{k} + \frac{I}{2} \bar{q}'' - \bar{k}^{1,2} \right|^2} \varphi \left(\left| \frac{3}{2} \bar{k} + \frac{I}{2} \bar{q}'' \right| \right)$$

$$\lambda_4^{fi} = \left[\bar{k}, \bar{q}'' \right] \frac{4 \pi B'_{13}{}^{fi}}{\mu^2 + \bar{q}''^2} \varphi \left(\left| \bar{k}^{1,2} + \frac{I}{2} \bar{q}'' \right| \right),$$

$$\lambda_5^{f'} = \left[\bar{k}, \frac{3}{2} \bar{k} + \frac{1}{2} \bar{q}'' + \bar{k}^{1,2} \right] \frac{4 \pi B'_{23} f'}{\mu^2 + \left| \frac{3}{2} \bar{k} + \frac{1}{2} \bar{q}'' + \bar{k}^{1,2} \right|^2} \varphi \left(\left| \bar{k}^{1,2} - \frac{1}{2} \bar{q}'' \right| \right),$$

$$\lambda_6^{f'} = [\bar{k} \bar{q}''] \frac{4 \pi B'_{23} f'}{\mu^2 + \bar{q}''^2} \varphi \left(\left| \bar{k}^{1,2} - \frac{1}{2} \bar{q}'' \right| \right).$$

a_j კოეფიციენტების წნიშვნელობები მოცემულია 1 ცხრილში, ხოლო B'_{12} კოეფიციენტები ანალოგიურია B'_{12} -ებისა.

ვიპოვოთ სწრაფი პროტონების კუთხური განაწილება ლაბორატორიულ სისტემაში. ამ შემთხვევაში $\bar{k}^{1,2}$ ნულის რიგისაა და ამიტომაც მატრიცულ ელემენტში ძირითად როლს თამაშობენ $\lambda_4^{f'}$ და $\lambda_6^{f'}$ შესაქრებები. მიახლოებითი გამოთვლის დროს შევინარჩუნოთ მხოლოდ ისინი, ისე, რომ მატრიცულმა ელემენტმა მიიღოს სახე

$$M^{f'} \cong a'_4 \int \psi_{k_1, z}^* (\vec{r}) \exp \left(-\frac{i}{2} \bar{q}'' \vec{r} \right) \frac{4 \pi [\bar{k} \bar{q}'']}{\mu^2 + \bar{q}''^2} B'_{12} f' \psi_0 (\vec{r}) d\vec{r} + a'_6 \int \psi_{k_1, z}^* (\vec{r}) \exp \left(\frac{i}{2} \bar{q}'' \vec{r} \right) \frac{4 \pi [\bar{k} \bar{q}'']}{\mu^2 + \bar{q}''^2} B'_{23} f' \psi_0 (\vec{r}) d\vec{r}, \quad (5,1)$$

$\psi_{k_1, z} (\vec{r})$ ორი ნეიტრონის ფარდობითი მოძრაობის ტალღური ფუნქციაა, რომლის სიმეტრიულობა დამოკიდებულია საბოლოო მდგომარეობისაგან. თუ საბოლოო სპინური ფუნქცია გამოიხატება $X'_1, X'_2, X'_3, X'_4, X'_5, X'_6$, მაშინ იგი ანტისიმეტრიულია, ხოლო, თუ სპინური ფუნქცია X'_7 და X'_8 -აა, მაშინ სიმეტრიულია.

ცხრილი 1

საწყისი მდგომარეობა	კვარტეტი	სიმეტრიული დუპლეტი	ანტისიმეტრიული დუპლეტი
a'_1	$\omega_n - m_n$	$\omega_n - m_n$	$\omega_n + m_n$
a'_2	$-\omega_n + m_n$	$-\omega_n + m_n$	$\omega_n + m_n$
a'_3	$\omega_p + b_p$	$\omega_p - 2b_p$	ω_p
a'_4	$m_p + h_p$	$m_p - 2h_p$	m_p
a'_5	$-\omega_p - b_p$	$-\omega_p + 2b_p$	ω_p
a'_6	$-m_p - h_p$	$-m_p + 2h_p$	m_p

ჩვენთვის საინტერესო პროცესის დიფერენციალური განივკვეთი ტოლია

$$d\sigma = \frac{M}{12 \pi^2 \hbar^2 k} \frac{1}{(2 \pi)^3} \frac{|M^{f'}|^2}{dE} \frac{d\bar{k}^{1,2} d\bar{k}^{2,1,2}}{dE}. \quad (6,1)$$

გამოვთვალეთ საბოლოო მდგომარეობის სიმკვრივე. სისტემის სრული ენერჯია ტოლია

$$E = \frac{\hbar^2 (\bar{k}^{3,12})^2}{\frac{4}{3} M} + \frac{\hbar^2 (\bar{k}^{1,2})^2}{M}, \quad \left(\frac{\partial E}{\partial \bar{k}^{1,2}} \right)_{3,12} = \frac{2 \hbar k^{1,2}}{M}$$

(დეიტონის ბმის ენერჯიას ყველგან უგულებელვყოფთ). ლაბორატორიულ სისტემაში პროტონის იმპულსი იქნება

$$\bar{k}_p = \bar{k}^{3,12} + \frac{1}{2} \bar{k} = \bar{q}'' + \frac{3}{2} \bar{k},$$

ამიტომაც

$$d\bar{k}_p = d\bar{k}^{3,12}$$

და (6,1) დიფერენციალური განიკვეთი ასე ჩაიწერება:

$$d\sigma = \frac{M^2}{24 \pi^2 \hbar^4 k} \frac{1}{(2\pi)^3} d\bar{k}_p \cdot k^{1,2} \int d\Omega^{1,2} |M^{\prime}|^2. \quad (7,1)$$

ადვილად დავინახავთ, რომ გამოთვლებში შეგვხვდება შემდეგი ტიპის ინტეგრალები:

$$A_1^{s,1} = \int d\Omega^{1,2} \left| \int \psi^{s,1,2}(\vec{r}) \psi_0(\vec{r}) \exp\left(\frac{i}{2} \vec{q}'' \cdot \vec{r}\right) d\vec{r} \right|^2 \quad (8,1)$$

$$A_2^{s,1} = \int d\Omega^{1,2} \operatorname{Re} \left\{ \int \psi^{s,1,2}(\vec{r}) \psi_0(\vec{r}) \exp\left(\frac{i}{2} \vec{q}'' \cdot \vec{r}\right) d\vec{r} \times \right. \\ \left. \times \int \psi^{s,1,2}(\vec{r}) \psi_0(\vec{r}) \exp\left(\frac{i}{2} \vec{q}'' \cdot \vec{r}\right) d\vec{r} \right\} \quad (9,1)$$

მასთან ერთად $\psi_{\mu,2}(\vec{r})$ ფუნქცია ერთხელ ეკუთვნის სინგლეთ, ხოლო მეორეჯერ ტრიპლეთ მდგომარეობებს.

ამ ინტეგრალების ამოხსნა შეიძლება მცირე $\bar{k}^{1,2}$ დროს. ჩვენ სწორედ ასეთი შემთხვევა გვაინტერესებს.

თუ $\psi_{\mu,2}(\vec{r})$ ავიღებთ ბრტყელი ტალღის სახით, მაშინ (8,1) და (9,1) ინტეგრალები ადვილად აიღება და მივიღებთ

$$A_1^s = A_2^s = (4\pi)^3 \frac{3\alpha}{2\pi} \frac{1}{\left(\alpha^2 + \frac{1}{4} \vec{q}''^2\right)^2}$$

$$A_1^T = A_2^T \cong 0.$$

მაშინ დიფერენციალური განიკვეთი მიიღებს სახეს

$$d\sigma = \frac{M^2 k^{1,2}}{9 \pi^2 \hbar^4 k} (4\pi)^2 (\lambda V_0)^2 \frac{1}{(2\pi)^3} \frac{3\alpha}{2\pi} \left(\frac{1}{\mu}\right)^6 \frac{[\bar{k}\vec{q}'']^2}{(\mu^2 + \vec{q}''^2)^2} \frac{d\bar{k}_p}{\left(\alpha^2 + \frac{1}{4} \vec{q}''^2\right)^2};$$

აქედან კუთხური განაწილებისათვის ვიღებთ

$$\frac{d\sigma}{d\Omega_p} = \frac{\sigma 4 M^2 k^{1,2}}{3 \pi \hbar^4} (\lambda V_0)^2 \left(\frac{1}{\mu}\right)^6 \alpha \frac{1}{(\mu^2 + \vec{q}''^2)^2} \frac{k \cdot k^4_p d\bar{k}_p}{\left(\alpha^2 + \frac{1}{4} \vec{q}''^2\right)^2} \sin^2 \vartheta, \quad (10,1)$$

სადაც Θ პროტონის ამოვარდნის კუთხეა ლაბორატორიულ სისტემაში. როგორც (10,1) გამოხატულებიდან ჩანს, პროტონები, რომლებიც წარმოიქმნება სპინ-ორბიტალური ძალებით დეიტონის გახლეჩის გამო, ძირითადად ამოვარდება 90° -იან კუთხეებზე, რაც სავსებით საწინააღმდეგოა ცენტრალური ძალებით გამოწვეული ეფექტისა.

ცენტრალური ძალებით გახლეჩილი დეიტონიდან ამოვარდნილი პროტონები ძირითადად მცირე კუთხეების ინტერვალშია მოთავსებული და აღებული კუთხისათვის საკმარისად მონოქრომატიულნიც არიან (სიგანე არ აღემატება 1 Mev-ს).

(10,1) ფორმულა გვიჩვენებს, რომ ამოვარდნილი პროტონების მაქსიმუმი 90° -მდებარეობს და გაცილებით ნაკლები მონოქრომატულობით ხასიათდება, რადგანაც α^2 სიდიდე დაახლოებით 30-ჯერ მეტია, ვიდრე a_2^{-2} სიდიდე, რომელიც ცენტრალური ძალების შემთხვევაში α^2 -ის როლს თამაშობს [2]. (a_2 სინგულეტური გაფანტვის სიგრძეა). მიღებული შედეგი გამოწვეულია სპინ-ორბიტალური ურთიერთქმედებით. აშკარაა, რომ მიღებული შედეგების ცდებითან შედარება საშუალებას მოგვცემდა შეგვეფასებინა ის როლი, რომელსაც სპინ-ორბიტალური ძალები ასრულებენ გაფანტვის პროცესებში.

არსებული ექსპერიმენტული მონაცემების ახსნა [3], მხოლოდ ცენტრალური ძალებით ალბათ შეუძლებელია. მართლაც, დაცემული ნეიტრონის 14 Mev ენერგიების შემთხვევაში, სწრაფი პროტონების კუთხური განაწილება, გარდა მაქსიმუმისა 0° -ზე, შესამჩნევი ზრდით ხასიათდება 90° -ზე, რაც, ჩვენი აზრით, გამოწვეულია სპინ-ორბიტალური ძალებით, მაგრამ რადგან ასეთ ენერგიებზე უკანასკნელი ურთიერთქმედება კიდევ მცირეა, ამიტომ მაქსიმუმიც შედარებით მცირე უნდა იყოს. დაცემული ნეიტრონის 100 Mev ენერგიების შემთხვევაში სპინ-ორბიტალური ურთიერთქმედების წვლილი რიგით ცენტრალური ურთიერთქმედების წვლილის ტოლია, ამიტომაც სათანადო მაქსიმუმები ერთნაირი იქნება.

სამწუხაროდ, მონაცემების უქონლობის გამო, ჩვენ მოკლებული ვართ შესაძლებლობას, რომ ჩვენ მიერ მიღებული შედეგი უფრო კონკრეტულად შევადაროთ ექსპერიმენტულ შედეგებს.

§ 2. ნელი პროტონების კუთხური განაწილება

სწრაფი ნეიტრონების არადრეკალი გაფანტვის შედეგად დეიტონებზე წარმოიქმნება ნელი პროტონები. ნელი პროტონების კუთხური განაწილების შესასწავლად აუცილებელია დავადგინოთ საბოლოო ტალღური ფუნქცია. ნელი პროტონების წარმოქმნა შეიძლება (np) და (nn) გაფანტვების შედეგად, როდესაც ხდება მცირე იმპულსების გადაცემა, ამიტომაც მდგომარეობა შეიძლება დახასიათებულ იქნეს შემთხვევა 1-ით; ე. ი. მცირე k^{1+23} -ით. ამ შემთხვევაში, როგორც წინა ნაშრომის (15,11) ფორმულიდან ჩანს [1], წევრები λ_1 და λ_2 დიდებია და ამიტომაც საკმაოდ კარგ მიახლოებაში შეგვიძლია მათი შენოსაზღვრა. გადასვლის მატრიცული ელემენტისათვის მაშინ გვექნება:

$$M^i = a_1 B_1^i{}_{12} 4\pi \frac{[\bar{k}\bar{q}]}{\mu^2 + q^2} \varphi \left(\left| \frac{1}{2} \bar{q} \right| \right) + a_3 4\pi B_1^i{}_{13} \frac{[\bar{k}\bar{q}]}{\mu^2 + q^2} \varphi \left(\left| \frac{1}{2} \bar{q} \right| \right). \quad (1, II)$$

ნელი პროტონების წარმოქმნის დიფერენციალური განივკვეთისათვის მივიღებთ

$$d\sigma = \frac{M^2}{24\pi^2 \hbar^4 k} \frac{1}{(2\pi)^3} d\bar{k}_p \cdot k^{1,2} (4\pi)^2 \frac{[\bar{k}\bar{q}]^2}{(\mu^2 + q^2)^2} \times \\ \times \int d\Omega^{1,2} \left| a_1 B_1^i{}_{12} \int \psi^*_{k^{1,23}}(\vec{r}) \exp\left(-\frac{i}{2} \bar{q}\vec{r}\right) \psi_0(\vec{r}) d\vec{r} \right. \\ \left. + a_3 B_1^i{}_{13} \int \psi^*_{k^{1,23}}(\vec{r}) \exp\left(\frac{i}{2} \bar{q}\vec{r}\right) \psi_0(\vec{r}) d\vec{r} \right|^2. \quad (2, II)$$

(2, II) გამოხატულებაში შემავალი ინტეგრალები იმავე ტიპისაა, რაც წინა პარაგრაფში გვქონდა, ამიტომაც $d\sigma$ ასე გადიწერება:

$$\frac{d\sigma}{d\bar{k}_p} = N \int \frac{[\bar{k}\bar{q}]^2 k^{1,2} d\Omega^{1,2}}{(\mu^2 + q^2)^2 \left(\alpha^2 + \frac{1}{4} q^2 \right)^2}, \quad (3, II)$$

სადაც N სავსებით გარკვეული მუდმივაა, რომლის მნიშვნელობა ჩვენს შემთხვევაში არ არის საინტერესო.

გამოვიყენოთ კავშირი $\bar{k}^{1,2}$ და \bar{q}'' -სა, $\bar{k}^{1,23}$ და \bar{q} -თან, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს:

$$\bar{q} = \bar{k}^{1,2} - \left(\frac{3}{2} \bar{k} + \frac{1}{2} \bar{q}'' \right), \quad \bar{k}^{1,23} = -\frac{1}{2} \bar{k}^{1,2} - \frac{3}{4} (\bar{k} + \bar{q}'')$$

მაშინ შეიძლება (3, II) გამოხატულებაში ინტეგრაციის ჩატარება. ავირჩიოთ პოლარული ღერძი ფიქსირებულად

$$\frac{3}{4} \bar{k} + \frac{1}{2} \bar{q}''$$

ვექტორის გასწვრივ, მივიღებთ:

$$\bar{q} = \bar{k}^{1,2} - \left(\frac{3}{2} \bar{k} + \frac{1}{2} \bar{q}'' \right) = \bar{k}^{1,2} - \left(\frac{3}{4} \bar{k} + \frac{1}{2} \bar{k}_p \right),$$

რადგანაც

$$\bar{k}_p = \frac{3}{2} \bar{k} + \bar{q}''$$

და

$$q^2 = (\bar{k}^{1,2})^2 + \left| \frac{3}{4} \bar{k} + \frac{1}{2} \bar{q}'' \right|^2 - 2 k^{1,2} \left| \frac{3}{4} \bar{k} + \frac{1}{2} \bar{k}_p \right| \cos \vartheta,$$

$$d q^2 = 2 k^{1,2} \left| \frac{3}{4} \bar{k} + \frac{1}{2} \bar{k}_p \right| \sin \vartheta d\vartheta$$

$$k^{1,2} d\Omega^{1,2} = \frac{\pi}{\left| \frac{3}{4} \bar{k} + \frac{1}{2} \bar{k}_p \right|} dq^2;$$

მაგრამ

$$\left| \frac{3}{4} \bar{k} + \frac{1}{2} \bar{k}_p \right| = \left\{ \frac{9}{16} k^2 + \frac{1}{4} k_p^2 + \frac{3}{4} \bar{k} \bar{k}_p \right\}^{1/2} = \frac{3}{4} k \left\{ 1 + \frac{4}{9} \frac{k_p^2}{k^2} + \frac{4}{3} \frac{(\bar{k} \bar{k}_p)}{k^2} \right\}^{1/2} \sim \frac{3}{4} k \left\{ 1 + \frac{2}{3} \frac{(\bar{k} \bar{k}_p)}{k^2} \right\} = \frac{3}{4} k + \frac{1}{2} \frac{(\bar{k} \bar{k}_p)}{k} \sim \frac{3}{4} k$$

ამიტომ

$$k^{1,2} d\Omega^{1,2} = \frac{4\pi}{3k} dq^2.$$

(3,II) გამოხატულება შეიძლება წარმოვიდგინოთ

$$\frac{d\sigma}{dk_p} = M \int_{q_{\min}^2}^{q_{\max}^2} \frac{[\bar{k}q]^2 dq^2}{(\mu^2 + q^2)^2 \left(\alpha^2 + \frac{1}{4} q^2 \right)^2}; \quad (4,II)$$

სადაც

$$q_{\max}^2 = \left\{ k^{1,2} + \frac{3}{4} k + \frac{1}{2} \frac{(\bar{k} \bar{k}_p)}{k} \right\}^2$$

$$q_{\min}^2 = \left\{ k^{1,2} - \frac{3}{4} k - \frac{1}{2} \frac{(\bar{k} \bar{k}_p)}{k} \right\}^2.$$

თუ გამოვიყენებთ ენერგიის შენახვის კანონს, შეიძლება დავწეროთ:

$$k^{1,2} \sim \frac{\sqrt{3}}{2} \left\{ \frac{3}{2} k_2 + (\bar{k} \bar{k}_p) - \frac{3}{4} \frac{M \varepsilon d}{h^2} \right\}^{1/2} \sim \frac{3}{4} k + \frac{1}{2} \frac{(\bar{k} \bar{k}_p)}{k} - \frac{2 M \varepsilon d}{3 h^2 k},$$

სადაც εd დეიტონის ბმის ენერგიაა, რომლის გათვალისწინება ახლა აუცილებელია, ამიტომაც

$$q_{\min}^2 \sim \left\{ \frac{3}{4} k + \frac{1}{2} \frac{(\bar{k} \bar{k}_p)}{k} - \frac{2 M \varepsilon d}{3 h^2 k} - \frac{3}{4} k - \frac{1}{2} \frac{(\bar{k} \bar{k}_p)}{k} \right\}^2 = \frac{4}{3} \left(\frac{M \varepsilon d}{h^2 k} \right)^2.$$

რადგანაც ინტეგრალქვეშა გამოხატულება დიდი არგუმენტების დროს საკმაოდ სწრაფად მიისწრაფვის ნულისაკენ, ამიტომაც ინტეგრაციის ზედა საზღვარი შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ:

$$q_{\max}^2 \sim \left\{ \frac{3}{4} k + \frac{1}{2} \frac{(\bar{k} \bar{k}_p)}{k} - \frac{2 M \varepsilon d}{3 h^2 k} + \frac{3}{4} k + \frac{1}{2} \frac{(\bar{k} \bar{k}_p)}{k} \right\}^2 = \left\{ \frac{6}{4} k + \frac{(\bar{k} \bar{k}_p)}{k} - \frac{3 M \varepsilon d}{2 h^2 k} \right\}^2 \cong \infty$$

და (4, II) დიფერენციალური განივკვეთი მიიღებს სახეს

$$\frac{d\sigma}{dk_p} = M' \int_0^{\infty} \frac{[\bar{k}\bar{q}]^2 dq^2}{\left(\frac{M\epsilon d}{h^2 k}\right)^2 (\mu^2 + q^2)^2 \left(\alpha^2 + \frac{1}{4} q^2\right)^2},$$

მაგრამ

$$[\bar{k}\bar{q}]^2 \sim k^2 q^2 - \frac{1}{4} q^4$$

და

$$\frac{d\sigma}{dk_p} = M' \left\{ \int_0^{\infty} \frac{k^2 q^2 dq^2}{\left(\frac{M\epsilon d}{h^2 k}\right)^2 (\mu^2 + q^2)^2 \left(\alpha^2 + \frac{1}{4} q^2\right)^2} - \frac{1}{4} \int_0^{\infty} \frac{q^4 dq^2}{\left(\frac{M\epsilon d}{h^2 k}\right)^2 (\mu^2 + q^2)^2 \left(\alpha^2 + \frac{1}{4} q^2\right)^2} \right\} \quad (5, II)$$

ისე, რომ ინტეგრალი უკვე \bar{k}_p -ზე არ არის დამოკიდებული. საბოლოოდ დიფერენციალური განივკვეთისათვის შეგვიძლია დავწეროთ

$$d\sigma = M k_p^2 dk_p d\Omega_p \quad (6, II)$$

სადაც M ადვილად გამოსათვლელი მუდმივაა.

ამრიგად, ნელი პროტონების განაწილება იზოტროპულობით ხასიათდება. ცენტრალური ძალების შესაბამისი განაწილება, როგორც ცნობილია, ხასიათდება ანიზოტროპულობით, ამიტომ საერთო ეფექტი ადიტიურად შეიცავს იზოტროპულ და ანიზოტროპულ წევრებს. დაცემული ნეიტრონის 14 Mev ენერგიებზე არსებული ექსპერიმენტები ალბათ ეთანხმება ამ შედეგებს. რადგანაც სათანადო მონაცემები არა გვაქვს დაცემული ნეიტრონის 90 Mev ენერგიისათვის, ამიტომ არ შეგვიძლია ჩავატაროთ თეორიისა და ექსპერიმენტის უფრო დეტალური შედარება.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 23.6.1956)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. Ш. В а ш а к и д з е. Неупругое рассеяние быстрых нейтронов на дейтонах с учетом спин-орбитального взаимодействия. Сообщения АН СССР, т. XVIII, № 4, 1957.
2. R. L. Gluckstern and H. A. Beth e. Phys. Rev, 81, 761—781, 1951.
3. R. M. Frank and J. L. Gam m e l. Phys. Rev. 93, 463—470, 1954.

ფიზიკა

ი. ნასხიდაშვილი და ვ. დოლიძე

თუთიის თვითდიფუზიის კოეფიციენტის დამოკიდებულება
მარცვლოვანებისაზე

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ე. ანდრონიკაშვილმა 15.11.1956)

შ ე ს ა ვ ა ლ ი

დიფუზიის კოეფიციენტის მარცვლის ზომისაგან დამოკიდებულების საკითხი პოლიკრისტალურ ნიმუშში ერთ-ერთ საინტერესო და ამავე დროს რთულ საკითხს წარმოადგენს მყარ სხეულებში დიფუზიური პროცესების შესწავლისას. სადღეისოდ ლიტერატურაში გვხვდება ცალკეული მონაცემი, იმის შესახებ, რომ პოლიკრისტალურ გარემოში დიფუზია გაცილებით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, ვიდრე მონოკრისტალურში. მაგრამ ეს მონაცემები ჯერ კიდევ არ არის საკმარისი პოლიკრისტალურში მარცვლის ზომისაგან დიფუზიის სიჩქარის რაოდენობრივი დამოკიდებულების ასაგებად.

ჯერ კიდევ 1927 წ. ცვიკიმ [1] აღმოაჩინა, რომ ნახშირბადის დიფუზია პოლიკრისტალურ ვოლფრამში 4-ჯერ უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, ვიდრე მონოკრისტალურში. ასეთივე შედეგები აქვთ მიღებული მეილსა და რაინსს [2], რომლებიც სწავლობდნენ სპილენძის დიფუზიას თუთიაში და აღმოაჩინეს, რომ სპილენძის ატომები პოლიკრისტალურ თუთიაში 6-ჯერ უფრო სწრაფად გადაადგილდებიან, ვიდრე მონოკრისტალურში.

უფრო დაწვრილებით ეს საკითხი განხილული იყო ვ. ბუგაკოვისა და ფ. რიბალკოს მიერ [3]. მათ დაადგინეს, რომ თუთიის დიფუზიის სიჩქარე პოლიკრისტალურ თითებში, რომლის მარცვლის საშუალო ზომაა 0,37 მმ, 700°C-ზე 13-ჯერ უფრო მეტია, ვიდრე მონოკრისტალურში, მაშინ როცა პოლიკრისტალში, რომლის მარცვლის ზომა 0,13 მმ-ია, დიფუზიის სიჩქარე, იმავე ტემპერატურაზე აღწევს $2,3 \cdot 10^{-2}$ სმ²/დღეამე, რაც თითქმის 40-ჯერ მეტია, ვიდრე მონოკრისტალში. დიფუზიური გამოწვის ტემპერატურის გაზრდით დიფუზიის სიჩქარეებში ასეთი განსხვავება მცირდება.

ლიუ და დრიკამერის მიხედვით [4], თვითდიფუზიის სიჩქარე პოლიკრისტალურ თუთიაში, მარცვლის საშუალო ზომა 0,2 მმ, 1,5 ჯერ მეტია, ვიდრე მონოკრისტალურში C ლერძის გასწვრივ (326°C ტემპერატურაზე).

ზემოთ მოყვანილი მონაცემები მიუთითებს, რომ მონოკრისტალიდან პოლიკრისტალზე გადასვლისას დიფუზიის სიჩქარე საგრძნობლად იზრდება. ეს, თავის მხრივ, იმას მოწმობს, რომ ატომთა გადაწვევა მარცვალთა

საზღვრის გასწვრივ გაცილებით უფრო ინტენსიურად წარმოებს, ვიდრე კრისტალის მოცულობაში, რაც შეიძლება დადასტურდა პირდაპირი ექსპერიმენტებით საზღვრითი დიფუზიის შესახებ. მართლაც, იუკავამ და სინოტიმ [5] ნიკელის საზღვრითი დიფუზიის სიჩქარის სპილენძის ბიკრისტალში ავტორადიოგრაფიის მეთოდით შესწავლისას დაადგინეს, რომ საზღვრითი და მოცულობრივი დიფუზიების კოეფიციენტი შეფარდება $D_s/D_m = 36.10 \pm 650^\circ C$ ტემპერატურაზე. ტემპერატურის გაზრდით ეს შეფარდება მცირდება 9-ჯერ და უფრო მეტჯერ.

ვერცხლის საზღვრითი თვითდიფუზიისათვის ჰოფმანი და ტურნბული [6] გვაძლევენ შემდეგ ფორმულას:

$$D_{საზ.} = 0,03 e^{-\frac{20200}{RT}}$$

მაშინ როცა, მათივე მონაცემების მიხედვით, ვერცხლის მოცულობრივი თვითდიფუზიის კოეფიციენტი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$D_{მოც.} = 0,895 e^{-\frac{49500}{RT}}$$

ასეთივე შედეგები აქვს მიღებული რ. სმოლუხოვსკისა [7] ვერცხლის საზღვრითი დიფუზიის შესწავლისას სპილენძში. მისივე მონაცემების მიხედვით [8], თუთიის საზღვრითი დიფუზიის აქტივაციის ენერგია სექტოვან სპილენძში არ აღემატება 24500 კალ/მოლს. გავიხსენოთ, რომ თუთიის მოცულობრივი დიფუზიის აქტივაციის ენერგია სპილენძში აღწევს 40000 კალ/მოლს.

ლიტერატურაში ჯერ კიდევ არ გვხვდება მონაცემები დიფუზიის კოეფიციენტის მარცვლოვანებისაგან დამოკიდებულების ხასიათის შესახებ, რაც დიდ თეორიულ ინტერესთან ერთად პრაქტიკულ მნიშვნელობასაც არ არის მოკლებული. როგორც ჩვენთვის ცნობილია, ამ მიმართულებით არსებული შრომა ბუგაკოვისა [3] არ შეიძლება საკმარისად ჩაითვალოს $D = f(n)$ დამოკიდებულების სახის გამორკვევისათვის (D დიფუზიის კოეფიციენტი, ხოლო n — მარცვალთა რიცხვი ფლიტის 1 მმ²-ზე). ამის გამო, ამ საინტერესო საკითხის შესწავლისათვის აუცილებელია ჩატარდეს რიგი გამოკვლევები.

წინამდებარე შრომაში ჩვენ შევეცადეთ დაგვედგინა სწორედ ასეთი დამოკიდებულება სუფთა თუთიისათვის.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად ვსარგებლობდით ნიშანდებული ატომების მეთოდით, რადგანაც სხვა მეთოდებით თვითდიფუზიის ექსპერიმენტული შეწავლა შეუძლებელია.

ექსპერიმენტის აღწერა

შესასწავლ ნივთიერებად აღებული იყო 99,96% სისუფთავის თუთია. სხვადასხვა მარცვლოვანების მქონე ნიმუშების მიღების მიზნით ვახდენდით გამდნარი ლითონის გადმოსხმას გრაფიტის ფორმაში, რომელიც ვიბ-

რაციას განიცდიდა. შედეგად ელემულობდით $12 \times 20 \times 50$ მმ ზომების მქონე სხმულებს. ფორმისათვის რხევის გადაცემა ხდებოდა მცირესიმძლავრეანი მოტორით. დანადგარის კონსტრუქცია საშუალებას იძლეოდა გვეცვალა რხევის სიხშირე 80 ჰც-მდე.

მიღებული სხმულებიდან გამოიკრებოდა სწორკუთხოვანი ფორმის ნიმუშები ზომით $8 \times 10 \times 40$ მმ. საშუაო ზედაპირად გამოიყენებოდა 10×40 მმ წახნაგი.

ხდებოდა საშუაო ზედაპირის (ე. ი. იმ ზედაპირისა, რომელიც შემდეგ დაფარებოდა რადიაქტიური თუთიის ფენით) მექანიკური პოლირება და მოწამლა მარცვალთა საზღვრების გამოვლინების მიზნით. მოწამლა წარმოებდა კონცენტრირებულ მარილმჟავაში ნიმუშების ჩაშვებით რამდენიმე წამით. შემდგომი გარეცხვა წარმოებდა ვამდინარე წყალში. შედეგად მიიღებოდა ზედაპირები კარგად გაქვლავებული მარცვალთა საზღვრებით.

მარცვალთა დათვლა წარმოებდა მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის ხედვის წრიულ არეში ჯეფრისის მეთოდით [9]. მარცვალთა რაოდენობა მოცულობის ერთეულში გამოითვლებოდა შემდეგი ფორმულით:

$$n = \frac{2(2z + w)}{d^2 w \operatorname{tg} \frac{w}{180}}$$

სადაც n არის ბრტყელ მარცვალთა რიცხვი შლიფის 1 მმ²-ზე, z —მთელ მარცვალთა რიცხვი ხედვის არის შიგნით, w —გადაკვეთილ მარცვალთა რიცხვი, d —მილიმეტრებით გამოსახული ხედვის არის ნაჭურალოური დიამეტრი, რომელშიც წარმოებდა დათვლა.

მარცვალთა რიცხვი განისაზღვრებოდა შლიფის რამდენიმე ადგილზე იმ ანგარიშით, რომ მარცვალთა საერთო რიცხვი ყველა არეში დაახლოებით 200—250 ყოფილიყო. ამის შემდეგ გამოითვლებოდა საშუალო მნიშვნელობა.

ასეთნაირად შერჩეული ნიმუშები, რომლებსაც ექსპერიმენტისათვის საჭირო მარცვლოვანობა ჰქონდათ, კვლავ პოლირდებოდა რადიაქტიური თუთიის დასაფენად.

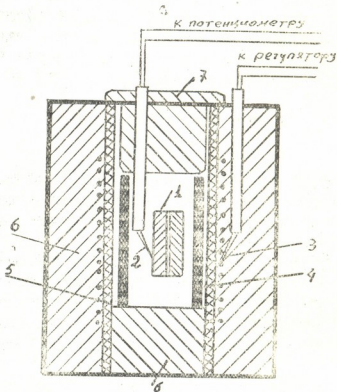
საშუაო ზედაპირის დაფარვა რადიაქტიური თუთიით წარმოებდა ელექტროლიტურად. რადიაქტიური ელექტროლიტის მოსამზადებლად $2-3\text{მCi}$ აქტივობის მქონე Zn^{65} გაიხსნებოდა 25 მლ განზავებულ გოგირდმჟავაში. მიღებული რადიაქტიური სითხის 25—30 წვეთი დაემატებოდა [10] შრომაში მოცემული ელექტროლიტის 150 მლ-ს.

დაფენა წარმოებდა ოთახის ტემპერატურაზე 10—15 წუთის განმავლობაში. დენის სიმკვრივე იყო 1 ამპ/დმ². ასეთ პირობებში მიიღებოდა $10 \mu\text{.ხე}$ ნაკლები სისქის ფენები, რომელთა აქტივობა იყო 3000—5000 იმპ/წუთი.

რადიაქტიური ფენით დაფარვის შემდეგ ხდებოდა ნიმუშის გვერდითი ზედაპირების ჩამოჭრა იმ რადიაქტიური დაქუქუქიანების მოსაშორებლად, რომელსაც ადგილი ჰქონდა, მიუხედავად იმისა, რომ ნიმუში ელექტროლიტს ეხებოდა მხოლოდ ერთი (საშუაო) ზედაპირით.

თვითდიფუზიის კოეფიციენტი იზომებოდა ოთხ სხვადასხვა ტემპერატურაზე (540° , 590° , 615° და $640^{\circ}K$). ყოველ ტემპერატურაზე გამოიწვებოდა ისეთ ნიმუშთა ჯგუფი, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებოდნენ მარცვლოვანობით.

აორთქლების პროცესის შესასუსტებლად ნიმუშების გამოწვა ხდებოდა ისე, რომ ყოველი ორი ნიმუში ერთმანეთზე მჭიდროდ იყო მიკრული რადი-აქტიური ფენებით. იმის მიხედვით, თუ როგორი იყო გამოწვის ტემპერატურა, გამოწვის ხანგრძლივობა იცვლებოდა 24-დან 96 საათამდე. დიფუზიის პროცესის შეწყვეტა ხდებოდა ნიმუშთა სწრაფი გაცივებით წყალში, რის შემდეგ ნიმუშის ყველა გვერდითი ზედაპირი კვლავ იშლიფებოდა ზედაპირული დიფუზიის ეფექტის თავიდან აცილების მიზნით.



სურ. 1. თერმოწყვილებისა და ნიმუშთა განლაგების სქემა ლუმელში: 1—აქტიური ფენებით ერთმანეთზე მიკრული ნიმუშები, 2—ტემპერატურის გამზომი თერმოწყვილი, 3—ტემპერატურის რეგულირებისათვის გამოყენებული თერმოწყვილი, 4—ლითონის მილი ლუმელში ტემპერატურის გათანასწოებისათვის, 5—ფაიფურის მილი, 6—აზბესტის თერმოიზოლატორი, 7—აზბესტის საცობი

დიფუზიური გამოწვა წარმოებდა მილისებრ ელექტროლუმელში. ტემპერატურის რეგულირება წარმოებდა ЭПД—17 ტიპის თერმორეგულატორიანი ავტომატური ელექტრონული პოტენციომეტრით. ლუმელში თერმოწყვილებისა და ნიმუშთა განლაგების სქემა მოცემულია სურ. 1-ზე. როგორც

ამ სურათიდან ჩანს, ტემპერატურის რეგულირება ხდებოდა გამათბობელი მავთულის მახლობლობაში, რაც საკმარისად ამცირებდა ნიმუშთა ტემპერატურის რჩევას. რეგულირების ასეთი სქემა საშუალებას იძლეოდა ნიმუშთა ტემპერატურა შეგვენარჩუნებინა $\pm 0,5^{\circ}$ -ის სიზუსტით.

ტემპერატურის გასაზომად გამოიყენებოდა მეორე თერმოწყვილი, რომლის ცხელი ბოლო უშუალოდ ნიმუშების გვერდით თავსდებოდა. ამ თერმოწყვილის ემპ იზომებოდა III TB—1 ტიპის პოტენციომეტრით. ტემპერატურის გაზომვის სიზუსტე აღწევდა $\pm 0,2^{\circ}$.

თვითდიფუზიის კოეფიციენტი იზომებოდა ფენების ალების მეთოდით (ფენების ალება მეთოდის შესახებ დაწვრილებით იხ. [11] შრომა). ყოველი აღებული ფენის სისქე იყო 100 μ , იგი კონტროლირდებოდა $\pm 5 \mu$ -ის სიზუსტით. ფენების ალება წარმოებდა გაშლიფვით. რათა თავიდან აგვეცილებინა ნიმუშების გათბობა გაშლიფვის დროს, გამოიყენებოდა ეთილის სპირტი.

აქტივობა იზომებოდა გეოგერის γ -მთვლელით, რომელიც მოთავსებული იყო ტუკიის სახლში. ცდის გეომეტრია ფენების აქტივობის გაზომვისას ყველა შემთხვევაში უცვლელი იყო.

გაზომვებით მიღებულია შედეგები, რომელთა მიხედვით აგებულ იქნა დამოკიდებულება $\ln \frac{\partial I}{\partial x} = f(x^2)$, სადაც $\frac{\partial I}{\partial x}$ არის სამუშაო ზედაპირიდან x მანძილზე მოთავსებული ფენის აქტივობა. როგორც თეორიიდან ცნობილია, ეს დამოკიდებულება სწორხაზოვანია

$$\ln \frac{\partial I}{\partial x} = - \frac{x^2}{4Dt} + \text{const},$$

სადაც D არის თვითდიფუზიის კოეფიციენტი, t —დიფუზიური გამოწვის ხანგრძლივობა. ამ წრფის დახრის კუთხის ტანგენსი $\text{tg } \alpha = - \frac{x^2}{4Dt}$ გამოითვლებოდა უმცირეს კვადრატთა მეთოდით, რის შემდეგ განისაზღვრებოდა D -ც. ვიცით რა D -ს მნიშვნელობა გამოწვის სხვადასხვა ტემპერატურისათვის, უმცირეს კვადრატთა მეთოდით ადვილად შეიძლება გამოთვლილ იქნეს როგორც აქტივაციის ენერგია Q , ისე ექსპონენტისწინა კონსტანტა D_0 შემდეგი ფორმულით:

$$\ln D = \ln D_0 - \frac{Q}{RT}.$$

თვითდიფუზიის კოეფიციენტის განსაზღვრაში ცდომილებათა მაქსიმალური მნიშვნელობის გამოთვლა იძლევა $\pm 15-16\%$ -ს.

მიღებული შედეგები

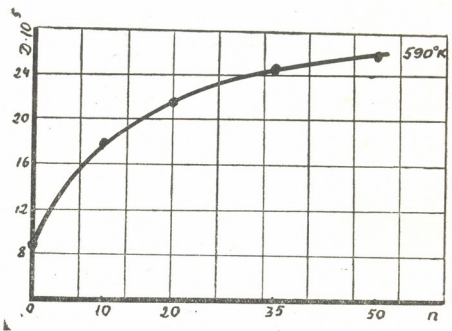
თუთიის თვითდიფუზიის კოეფიციენტის გაზომვის შედეგები სხვადასხვა მარცვლოვანებისათვის მოყვანილია 1 ცხრილში. აქ და ყველგან მონაცემები მონოკრისტალთა შესახებ მოყვანილია ნასყიდაშვილის შრომიდან [10].

ცხრილი 1

სხვადასხვა მარცვლოვანების თუთიის თვითდიფუზიის კოეფიციენტები
 $D \cdot 10^5$ სმ²/დღე-ღამე

T°K	მონოკრისტალი		პოლიკრისტალი			
	$\perp C$	$\parallel C$	$n = 10$	$n = 20$	$n = 35$	$n = 50$
540	0,52	1,74	4,30	6,30	6,60	7,10
590	3,90	8,00	17,7	21,8	24,1	26,0
615	10,0	15,7	31,3	38,6	—	—
640	18,0	29,0	55,0	67,0	75,0	80,2

როგორც ამ ცხილიდან ჩანს, მონოკრისტალიდან პოლიკრისტალზე გადასვლა იწვევს თუთიის თვითდიფუზიის კოეფიციენტის გაზრდას. მართლაც, თუ, მაგალითად, 540°K ტემპერატურაზე თვითდიფუზიის სიჩქარე მონოკრისტალურ თუთიაში C ღერძის მიმართულებით არის $1,74 \cdot 10^{-5}$ სმ²/დღე-ღამე, პოლიკრისტალში მარცვლოვანებით $n = 10$ იგი აღწევს $4,30 \cdot 10^{-5}$ სმ²/დღე-ღამეს, ე. ი. თითქმის 2,5-ჯერ მეტია, ვიდრე მონოკრისტალში. ნიმუშის

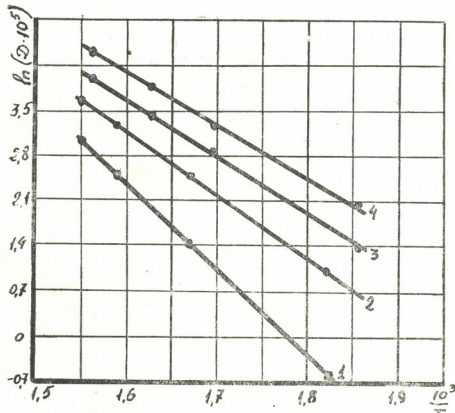


სურ. 2. თუთიის თვითდიფუზიის კოეფიციენტის დამოკიდებულება მარცვალა რიცხვისაგან შლიფის 1 მმ²ზე (T=590°K)

მარცვლოვანების შემდგომ გაზრდას მიეყვართ თვითდიფუზიის სიჩქარის გაზრდასთან და როცა $n = 50$ (დიფუზიური გამოწვის იმავე ტემპერატურაზე), იგი ტოლია $7.10 \cdot 10^{-5}$ სმ²/დღე-ღამისა, რაც თითქმის 3,5-ჯერ მეტია, ვიდრე მონოკრისტალში C ღერძის გასწვრივ.

დიფუზიის კოეფიციენტის მარცვლოვანობისაგან დამოკიდებულების ხაზიათი მოყვანილია სურ. 2-ზე. ამ სურათზე მოყვანილია დიფუზიური გამოწვის მრუდი მხოლოდ ერთი ტემპერატურისათვის. შეენიშნავთ, რომ დიფუ-

ზიური გამოწვევის სხვა ტემპერატურისათვის (54°C, 615°, 640°K) D-ს დამოკიდებულებას n -გან ანალოგიური სახე აქვს. როგორც სურ. 2-დან ჩანს, მარცვლოვანების გაზრდა (მარცვალთა რიცხვი ფლიფის 1 მმ²-ზე) თუთიის თვითღიფუზიის სიჩქარის გაზრდას იწვევს; ამასთან, გაზრდის ხარისხი მით უფრო მცირეა, რაც მეტია ნიმუშის მარცვლოვანება.



სურ. 3. თუთიის თვითღიფუზიის კოეფიციენტის ლოგარითმის ტემპერატურული დამოკიდებულება: 1—მონოკრისტალში ბაზისის გასწვრივ, 2—მონოკრისტალში C ლერძის გასწვრივ, 3— $n=10$ მარცვლოვანებისათვის, 4— $n=50$ მარცვლოვანებისათვის

თუთიის თვითღიფუზიის კოეფიციენტის ტემპერატურული დამოკიდებულება სხვადასხვა მარცვლოვანებისათვის ნაჩვენებია სურ. 3-ზე. ამ სურათიდან ჩანს, რომ მონოკრისტალიდან პოლიკრისტალზე გადასვლისას თუთიის თვითღიფუზიის აქტივაციის ენერგია მცირდება. მართლაც, $n=10$ მარცვლოვანების პოლიკრისტალში თვითღიფუზიის აქტივაციის ენერგია ტოლია 17300 კალ/მოლი, მაშინ როცა მონოკრისტალში იგი აღწევს 19000 და 26000 კალ/მოლი C-ლერძისა და ბაზისის გასწვრივ შესაბამისად. მარცვლოვანების შემდგომი გაზრდა 50-მდე იწვევს აქტივაციის ენერგიის შემცირებას 16450 კალ/მოლი-მდე (იხ. ცხრილი 2).

რაც შეეხება ექსპონენტის წინა კონსტანტას, თუმცა იგი უმნიშვნელოდ მცირდება, მაგრამ, როგორც ცხრილიდან ჩანს, ვერ ახდენს მკვეთრ გავლენას თვითღიფუზიის კოეფიციენტის მარცვლოვანებისაგან დამოკიდებულების ხასიათზე.

ცხრილი 2

სხვადასხვა მარცვლოვანების თუთიის თვითდიფუზიის კონსტანტები

კონსტანტა	მონოკრისტალი		პოლიკრისტალი			
	C	⊥ C	n=10	n=2J	n=35	n=50
Q	19000	26000	17300	16850	16550	16450
D ₀	1100	24.10 ⁴	470	380	345	355

დასკვნები

1. ლითონურ თუთიაში მარცვლოვანების გაზრდა იწვევს თვითდიფუზიის კოეფიციენტის მონოტონურ ზრდას.
2. მარცვლოვანების გავლენის ხარისხი თუთიის თვითდიფუზიის კოეფიციენტზე მით უფრო მეტია, რაც უფრო მცირეა მარცვალთა რაოდენობა შლიფის 1 მმ²-ზე.
3. მარცვალთა რაოდენობის გაზრდისას შენიშნული თვითდიფუზიის კოეფიციენტის გაზრდა გამოწვეულია აქტივაციის ენერჯის შემცირებით.
4. თუთიის თვითდიფუზიის კოეფიციენტის ტემპერატურული დამოკიდებულება, 540°K—640°K ტემპერატურულ შუალედში, მიუხედავად მარცვლოვანებისა, ექსპონენციალური რგება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 17.11.1956)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. В. З. Бугаков. Диффузия в металлах и сплавах. ГИЗ, Москва, 1949, стр. 81.
2. R. Mehl and F. Rhines. Metals Technology, New-York, 1938.
3. В. З. Бугаков и Ф. А. Рыбалако. Техническая физика, 2, 1935, 617.
4. T. Liu and H. G. Drickamer. The Effect of Compression and of Hydrostatic Pressure on the Diffusion Anisotropy in Zinc. J. Chem. Phys. 22, 1954, 312.
5. S. Yukawa and M. J. Sinnott. Grain Boundary Diffusion of Nickel into Copper. J. Metals s. two 7, 1955, 99f.
6. R. E. Hoffman and D. Turnbull. Lattice and Grain Boundary Self-Diffusion in Silver. J. Appl. Phys. 22, 1951, 634.
7. M. R. Achter and R. Smoluchowski. Grain Boundary Diffusion. Phys. Rev. 76, 1949, 470.
8. R. Flanagan and R. Smoluchowski. Grain Boundary Diffusion of Zinc in Copper. J. Appl. Phys. 23, 1952, 785.
9. С. А. Салтиков, Введение в стереометрическую металлографию. Ереван, 1950, стр. 37—44.
10. ი. ნასყიდაშვილი. სპილენძისა და ალუმინის მინარევების გავლენა თუთიის მონოკრისტალში თვითდიფუზიის კოეფიციენტის ტემპერატურულ დამოკიდებულებაზე სხვადასხვა კრისტალოგრაფიული მიმართულებით. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. XVI, № 7, 1955, 509.
11. П. Л. Грузин. Применения искусственно-радиоактивных индикаторов для изучения процессов диффузии и самодиффузии в сплавах. ДАН СССР, 86, 1952, 289.

ჰიზია

თ. ღავრიშვიძე

W და Mo-ის გოგირდოვანი ნაერთები, წარმოქმნილი პოლისულფიდურ არეში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა რ. აგლაძემ 28.12.1956)

W და Mo-ის გოგირდოვანი შენაერთების შესწავლა ბერცელიუსმა დაიწყო. მის მიერ სინთეზებული და აწერილია ამ ელემენტების რიგი სულფომარილები [1, 2].

ბერცელიუსის უახლოესი მიმდევრები იყვნენ კრუსი, გოფმანი და ფერნანდი. კრუსს ეკუთვნის გამოკვლევები Mo-ის ოქსისულფომარილებისა და პერსულფომარილების სფეროში [1, 3]. ვ. გოფმანის მიერ სინთეზებული იყო პერსულფომოლიბდენის მყავას ამონიუმის მარილი [3]. დ. ფერნანდმა [1, 4] შეისწავლა პარასულფომოლიბდატების რიგი და Mo-ის სულფომარილების პოლიოქსი ჟანგეულები.

განსაკუთრებულ ჯგუფს გოგირდოვანი შენაერთებისას მძიმე მეტალებთან წარმოადგენს მათი პოლისულფიდური ნაერთები, რომლებშიც S ატომი ჩანაცვლებულია გოგირდის კომპლექსით „Sn“, მაგალითად, Mo-ის პოლისულფიდი — MoS_2S_x , სინთეზებული ფაიგელის მიერ [1].

პოლისულფიდების შესახებ ლიტერატურაში არ არის მონაცემები. ჩვეულებრივ ისინი პოლიპალოგენების აგებულების ანალოგიურად მიაჩნიათ და შეიძლება მათი გამოსახვა საერთო ფორმულით $Me_2[S(Sn)]_n$, სადაც „n“ იცვლება 1-დან 8-მდე [5].

ა. გრინბერგის [5] მიხედვით, პოლისულფიდების კომპლექსის წარმოქმნა შეიძლება აიხსნას პოლარიზაციული მოვლენის საფუძველზე, რაც ძირითადად ფაიანსმა განავითარა. მისი მიხედვით, კომპლექსის წარმოქმნის პროცესი კომპლექსწარმოქმნელის გაცვლითი პოლარიზაციითა და აღენდებით აიხსნება. რამდენადაც ცენტრალური ატომის S-ის კოორდინაციული რიცხვი ოთხის ტოლია, ცხადია, რომ პოლისულფიდები $Me_2[S(S)]_n$, $Me_2[S(S)_2]_n$, $Me_2[S(S)_3]_n$ რეაქციულად აქტიურია, ე. ი. აღენდების შემდგომი შეერთების უნარი აქვთ.

ქვემოთ ჩამოთვლილია პოლისულფიდურ არეში W და Mo-ის გოგირდოვანი ნაერთების გამოკვლევის შედეგები. მათ ბუნებაში დადგენილმა განსხვავებამ შესაძლებლობა მოგვცა გვეპოვნა W და Mo-ის ერთმანეთისაგან დაცილების ქრომოტოგრაფიული მეთოდი, რომლის დროსაც ერთ-ერთი კომპონენტი W რაოდენობრივად ადსორბირდება ალუმინის ჟანგზე გოგირ-

დის კომპლექსური შენაერთის სახით, ხოლო მეორე—Mo—რაოდენობრივად გაივლის ფილტრში სულფომარილების სახით.

I. W და Mo-ის ზოგირდოვანი ნაერთების თვისებები და წარმოქმნის პირობები პოლისულფიდურ არეში

ნატრიუმის ან ამონიუმის პოლისულფიდის მოქმედებით ნატრიუმის ვოლფრამატის სუსტმჟავა ხსნარზე წარმოიქმნება ინტენსიური მწვანე შეფერვა, რომელიც არაა დამახასიათებელი ვოლფრამის სხვა სულფომარილების ხსნარებისათვის. იმავე პირობებში ნატრიუმის მოლიბდატის ხსნარი ყვითლად იფერება, რაც დამახასიათებელია მოლიბდენის სულფომარილებისათვის; პოლისულფიდურ არეში მიღებული W და Mo-ის ნაერთები შემდეგით ხასიათდება:

1. ვოლფრამატის პოლისულფიდის მწვანე ხსნარის HCl-ით შემჟავებისას არ წარმოებს WS_2 -ის მოშაო ნალექის წარმოქმნა, რასაც ადგილი ექნებოდა W-ის სულფომარილებისა და პარასულფომარილების სიჭარბისას, არამედ წარმოიქმნება ნოლურჯო-იისფერი შეფერვა, რომელიც ქრება გაცხელებისას და ხსნარიდან გამოყოფს ყვითელ H_2WO_4 -ს. ცხადია, ასევე HCl-ით მოლიბდენის პოლისულფიდური ხსნარის შემჟავებისას გამოიყოფა MoS_2 -ის მოშაო ნალექი, რაც დამახასიათებელია Mo-ის სულფომარილებისათვის.

2. ბარიუმის ქლორიდი ვოლფრამატის პოლისულფიდური ხსნარიდან გამოყოფს მძიმე მუქი ლურჯი ფერის ნალექს. ეს ნალექი, წინასწარ გარეცხილი Ba^{++} და S^{--} -ის იონებისაგან, იშლება მასზე 10% HCl-ის მოქმედებით, რომლის დროსაც ხდება H_2S -ის გამოყოფა, Ba^{++} -ის იონების მოცილება და მონაცრისფრო-მოშაო დაშლის პროდუქტის წარმოქმნა.

თუ აღწერილი ბარიუმისანი ნაერთი ვოლფრამატთან, გამოყოფილი პოლისულფიდური არიდან, ავადუღეთ 10% HCl-თან ჰაერზე ან წყალბადის ნაკადში, მაშინ მისი დაშლის პროცესი H_2WO_4 -ის ყვითელი ნალექის გამოყოფით დამთავრდება.

ამ დაკვირვების საფუძველზე შეგვიძლია გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნა: სულფიდური გოგირდი შედის W-ის გამოსაკვლევი ნაერთის მოლეკულის შედგენილობაში. უქანასქნელი არ შეიცავს W-ის აღდგენილ ატომებს, რამდენადაც მისი დაშლის საბოლოო პროდუქტი H_2WO_4 წყალბადის არეშიც გამოიყოფა. ცხადია, გამოსაკვლევ W-ის ნაერთში არის ვოლფრამის მქავას აგრერირებული მოლეკულები, რომლებიც იშლება მისი დუდილის დროს HCl-თან.

II. პოლისულფიდურ არეში მიღებული W და Mo-ის ზოგირდოვანი ნაერთების გამოკვლევა

1. W და Mo-ის გოგირდოვანი ნაერთების დიალიზის კოეფიციენტები პოლისულფიდურ არეში

ენშტეინმა პირველმა მოგვცა რაოდენობრივი დამოკიდებულება დიფუზიურ უნარიანობასა და ნაწილაკების ზომას შორის. რიკშენის [1] მიხედვით,

ორი ნივთიერების მოლეკულური წონის სიდიდე და დიფუზიის კოეფიციენტები ერთმანეთთან შემდეგ დამოკიდებულებაშია:

$$\frac{M_X}{M_B} = \frac{\lambda_X}{\lambda_X} \quad (1)$$

უფრო გვიან ბრინციანგერმა თავის თანამშრომლებთან ერთად [6] დაადგინა იონების წონის განსაზღვრის შესაძლებლობა მისი დიალიზის კოეფიციენტების საშუალებით, ზემოთ მოყვანილი განტოლების (1) გამოყენებით. აღნიშნულ სამუშაოებში დიალიზის კოეფიციენტის მნიშვნელობა შემდეგი ემპირიული განტოლებით გამოითვლებოდა:

$$C_t = C_0 e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

სადაც C_0 გამოსაკვლევი იონის საწყისი კონცენტრაციაა ხსნარში.
 C_t —გამოსაკვლევი იონის კონცენტრაცია ხსნარში t დროის შემდეგ.
 λ —მისი დიალიზის კოეფიციენტი.
 t —დიალიზის დრო.

W და Mo-ის ნაერთების დიალიზის კოეფიციენტის განსაზღვრისას, რომელიც მიღებულია პოლისულფიდურ არეში, „ცნობილი“ წონის იონების სახით იყო გამოყენებული WS_4 და MoS_4 იონები. დამოკიდებულება W და Mo-ის ნაერთების დიალიზის კოეფიციენტებისა, რომელიც მიღებულია პოლისულფიდურ და სულფიდურ არეში, ახასიათებს გამოსაკვლევი იონების სიდიდეს. გამოსაკვლევი იონების წონის ანგარიში მოყვანილი არ არის, რამდენადაც არაა ცნობილი მათი კონცენტრაცია. ექსპერიმენტების ჩატარების პირობები აღებულია ზემოთ აღწერილი ბრინციანგერის შრომიდან. უკანასკნელის მიხედვით მიღებული იყო გრემუს დიალიზატორი ცელოვანის მემბრანით.

W და Mo-ის ნაერთების გამოსაკვლევი იონების დიალიზის კოეფიციენტების მნიშვნელობა, რომელიც მიღებულია პოლისულფიდურ არეში, და WS_4 და MoS_4 იონები მოცემულია 1 ცხრილში.

ცხრილი 1

იონები	W-ის იონური შენაერთი პოლისულფიდურ არეში	WS_4	Mo-ის იონური ნაერთი პოლისულფიდურ არეში	MoS_4
λ	0,047	0,118	0,170	0,144
იონური წონა	—	312	—	224

1 ცხრილში მოცემული ექსპერიმენტული მონაცემების განხილვის შემდეგ შეიძლება მივიღოთ შემდეგ დასკვნამდე: W-ის გოგირდოვანი ნაერთი, წარმოქმნილი პოლისულფიდურ არეში, მაღალმოლეკულურ ნაერთს წარმოადგენს, რამდენადაც მისი დიალიზის კოეფიციენტი გაცილებით უფრო მცო-

რეა ვოლფრამის ნორმალურ სულფომარილების დიალიზის კოეფიციენტზე. Mo-ის გოგირდოვანი ნაერთი, წარმოქმნილი ანალოგიურ პირობებში, ცხადია, Mo-ის ოქსისულფომარილს წარმოადგენს, რამდენადაც მისი დიალიზის კოეფიციენტი რამდენადმე მეტია, ვიდრე Mo-ის ნორმალური სულფომარილის დიალიზის კოეფიციენტი.

2. პოლისულფიდურ არეში წარმოქმნილ გოგირდოვან ვოლფრამთან ბარიუმის ნაერთის ქიმიური ანალიზი

გოგირდოვან ვოლფრამთან ბარიუმის ნაერთის სინთეზი შესრულებული იყო შემდეგი მეთოდით: ამონიუმის ვოლფრამატის ხსნარის 200 მლ-ს, რომელიც შეიცავდა 1 მლ-ში 5 გრ W-ს, ამჟავებდნენ 1/1 N HCl-ით სუსტ მჟავა რეაქციაზე მეთილორანჯის მიმატებით. შემდეგ ვოლფრამატის ხსნარს ენერგიული არევის პირობებში ემატებოდა 40 მლ 5% Ma_2S_2 -ის ხსნარი, რითაც მიღებულ იქნა ინტენსიური მწვანე ფერის W-ის გოგირდოვანი ნაერთი. მკიდრო ფილტრში გაფილტრულ W-ის გოგირდოვანი ნაერთის პოლისულფიდურ ხსნარს თანდათანობით ემატებოდა ძლიერი არევის პირობებში 80 მლ 10%-იანი $BaCl_2$ -ის ხსნარი. რამოდენიმე ხნის შემდეგ გამოიყოფოდა მუქი ლურჯი ფერის მქონე მძიმე ნალექი. ნალექს გაფილტვრისა და გამოხდილი წყლითა და სპირტით ჩარეცხვის შემდეგ აშრობდნენ საფილტრი ქაღალდით, შემდეგ P_2O_5 -ით 2-3 საათის განმავლობაში, რის შემდეგაც შეიძლება ანალიზის ჩატარება. მიღებული მონაცემები მოყვანილია მე-2 ცხრილში. ყოველი ანალიზი მიღებულია ახლად სინთეზებული რეაქტივიდან.

ცხრილი 2

	Ba		W		S		H ₂ O %
	%	გრ. ატომი	%	გრ. ატომი	%	გრ. ატომი	
1	34,14	0,248	45,50	0,247	1,73	0,054	
2	33,93	0,247	45,14	0,245	1,70	0,053	
3	33,85	0,246	45,23	0,246	1,73	0,054	2,48
4	33,61	0,245	45,29	0,246	1,72	0,054	2,72
საშუალო	33,88	0,247	45,29	0,246	1,72	0,054	2,60

მოყვანილ ანალიზებში გოგირდოვან ვოლფრამთან ბარიუმის ნაერთში მოცემულია W-ის %-ული შემცველობა, ფაქტობრივ კი, როგორც ქვემოთ იქნება აღნიშნული, იგი შეიცავს ვოლფრამის მჟავას აგრერირებულ მოლეკულებს.

მოყვანილი ანალიზური მონაცემების საფუძველზე შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ W-ის გამოსაკვლევი ნაერთი შემდეგი კომპონენტებისაგან შედგება:

WO ₄ ²⁻	— 61,05%
Ba	— 33,88%
S	— 1,72%
H ₂ O	— 2,60%
99,25%	

აუცილებელია მივიღოთ მხედველობაში, რომ W-ის გამოსაკვლევი ნაერთი არ იწმინდებოდა ანალიზის წინ, რითაც შეიძლება აეხსნათ მისი კომპონენტების ჯამის შემცირებული რაოდენობა. გოგირდოვანი W-ის ბარიუმიანი ნაერთის აღწერისას აღნიშნული იყო მისი თვისება: იგი HCl-ის მოქმედებისას იშლება H₂S და Ba²⁺ იონის გამოყოფით და ჯერ მიიღება დაშლის შუალედი პროდუქტი, თითქმის შავად შეფერილი, ხოლო შემდეგ დაშლის საბოლოო პროდუქტი H₂WO₄.

გამოყოფილ იქნა დაშლის შუალედი პროდუქტი და მასში თანმიმდევრობით განისაზღვრა:

- 1) დანაკარგები გამოწვისას, დაახლოებით 700° ტემპერატურაზე.
- 2) WO₃-ის შემცველობა ბერცელიუსის მიხედვით. ანალიზით მიღებული მონაცემები მოყვანილია ზე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

ცდები	დანაკარგები გამოწვისას %/ით	გამოწვის ნარჩენები %/ით	WO ₃ -ის შემცველობა %/ით
1	12,62	87,38	87,26
2	12,52	87,48	87,34
საშუალო	12,57	87,43	87,30

ამ ცხრილის მონაცემების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ გამოსაკვლევ პროდუქტში გამოწვით მიღებული ნარჩენი სუფთა WO₃-ს წარმოადგენს.

3. გოგირდოვანი ვოლფრამის ბარიუმიანი ნაერთში W და Ba-ის შეფარდება

იმის დასამტკიცებლად, რომ BaCl₂-ის მოქმედებით ვოლფრამატის პოლისულფიდურ ხსნარზე ხდება მუდმივი შედგენილობის გარკვეული ქიმიური ნაერთის დალექვა, დაყენებულ იყო შემდეგი ცდები: რამდენიმე 100 მლ-იან საზომ კოლბაში ასხამდნენ W-ის გოგირდოვანი ნაერთის განსაზღვრული კონცენტრაციის პოლისულფიდური ხსნარის სხვადასხვა რაოდენობას, რის

შემდეგაც მათ ემატებოდა $BaCl_2$ -ის ხსნარი, რომლის ტიტრიც ცნობილი იყო. ამ საზომ კოლბებს 100 მლ-მდე გამოხდილი წყლით ავსებდნენ და კარვად ურევდნენ. 2 საათის შემდეგ ხსნარს ფილტრავდნენ მშრალ ფილტრზე, წარმოქმნილი ნალექის მოსაშორებლად. თითოეული ფილტრატის ალიკვოტურ ნაწილში ისაზღვრებოდა Ba და W-ის შემცველობა. მიღებული შედეგები მოცემულია მეოთხე ცხრილში.

ცხრილი 4

№ რიგზე	100 მლ ხსნარში — დალე- ქვამდე			დალექვის შემდეგ 100 მლ ხსნარში		დალექილია		ნალექი
	W	Ba	W:Ba	W	Ba	W	Ba	W : Ba
	მილ. ატ.	მილ. ატ.		მილ. ატ.	მილ. ატ.	მილ. ატ.	მილ. ატ.	
1	2,006	1,228	1: 0,6	0,887	0,190	1,119	1,038	1:0,93
2	2,006	2,456	1: 1,2	0,460	1,000	1,546	1,456	1:0,94
3	2,255	4,755	1: 2,1	0,375	2,850	1,880	1,905	1:1,01
4	2,180	4,880	1: 2,2	0,440	3,120	1,740	1,760	1:1,01
5	2,069	4,755	1: 2,3	0,210	2,885	1,859	1,870	1:1,00
6	1,003	2,456	1: 2,4	0,129	1,612	0,874	1,844	1:0,97
7	1,003	3,684	1: 3,7	0,260	2,908	0,743	0,776	1:1,04
8	0,316	3,750	1:11,8	0,080	3,500	0,236	0,250	1:1,05

მე-4 ცხრილის მონაცემებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ გამოსავალ არეში W და Ba-ის კონცენტრაციის სხვადასხვა შეფარდების მიუხედავად, გოგირდოვან ვოლფრამთან ბარიუმის ნაერთში ყოველთვის შედის მათი ეკვივალენტური რაოდენობები, ერთ ატომ W-ზე ერთი ატომი Ba.

4. პოლისულფიდურ არეში წარმოქმნილი გოგირდოვანი W-ის ნაერთის სპექტროფოტომეტრული გამოკვლევა

W-ის გოგირდოვანი ნაერთის სპექტროფოტომეტრიული გაუკვლევა ჩატარდა მისი ხსნარების მოლეკულის აგებულებაში ოპტიკური სიმკვრივის იდენტურობის დადგენის მიზნით, სიმკვრივისა, რომელიც წარმოიქმნება სხვადასხვა კონცენტრაციის პოლისულფიდურ არეში.

აღწერილი სპექტროფოტომეტრული განსაზღვრები წარმოებდა ბეკმანის ტიპის C. Ф. 11 სპექტროფოტომეტრში. სითხის ფენის სისქე ყველგან ტოლი იყო 10 მმ ±0,01-ისა.

W-ის გოგირდოვანი ნაერთას ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივის ცვლის ინტერვალი ტალღის სიგრძის 420 მკმ—700 მკმ მოცემულია მე-5 ცხრილში.

ცხრილი 5

WO ₃ 100 მლ-ში	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054
Na ₂ S ₂ 100 მლ-ში	1,24	1,65	2,07	2,48	2,89	3,31	3,72
ოპტიკური სიმკვრივე	D _λ	D _λ	D _λ	D _λ	D _λ	D _λ	D _λ
λ = 700 მკმ	0,200	0,215	0,220	0,200	0,195	0,210	0,180
680	0,285	0,300	0,307	0,280	0,275	0,290	0,260
660	0,350	0,365	0,375	0,350	0,340	0,360	0,310
640	0,345	0,350	0,365	0,330	0,330	0,350	0,300
620	0,290	0,290	0,305	0,270	0,260	0,280	0,240
600	0,245	0,230	0,245	0,210	0,210	0,230	0,200
580	0,190	0,165	0,175	0,160	0,150	0,170	0,130
560	0,130	0,100	0,110	0,100	0,090	0,120	0,080
540	0,105	0,090	0,070	0,060	0,060	0,080	0,060
520	0,110	0,055	0,070	0,060	0,060	0,090	0,060
500	0,155	0,095	0,105	0,100	0,100	0,140	0,110
480	0,275	0,225	0,250	0,260	0,260	0,300	0,300
460	0,600	0,570	0,630	0,670	0,700	0,760	0,770
440	1,25	1,35	1,45	1,62	1,68	1,86	1,90
420	2,00	2,10	2,10	2,60	2,60	2,70	2,50

თანახმად ე. შტირკისა [7], გამოსაკვლევი ნივთიერების იდენტიფიკაციის გასაგებად შთანთქმის მრუდების შედარებისას განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ორი კრიტერიუმი:

- 1) მაქსიმუმისა და მინიმუმის არსებობა და
- 2) ამ მაქსიმუმებისა და მინიმუმების ტალღის სიგრძე.

გამოსაკვლევი W-ის გოგირდოვანი ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივის შედარებისას 420 მკმ—700 მკმ ტალღის სიგრძის ინტერვალში შეიძლება აღვნიშნოთ შემდეგი:

- 1) ყველა გამოსაკვლევი ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივის პირველი მაქსიმუმი შეეფარდება 420 მკმ ტალღის სიგრძეს;
- 2) ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივის მეორე მაქსიმუმი შემჩნეულია 660 მკმ ტალღის სიგრძის დროს;
- 2) ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივის მინიმუმი შეესაბამება 520—540 მკმ ტალღის სიგრძეს.

W-ის გოგირდოვანი ხსნარის სპექტროფოტომეტრული გამოკვლევით მიღებული შედეგები გვაძლევს საფუძველს ჩავთვალოთ, რომ რეაგირებული WO₃ და Na₂S₂-ის სხვადასხვა რაოდენობის დროს რეაქციის ერთი და იგივე პროდუქტი მიიღება.

დასკვნები.

1. პოლისულფიდურ არეში მიღებული W-ის შეფერილი ნაერთი შეიცავს აგრერირებულ ვოლფრამის მქავეასა და გოგირდს, ის კომპლექსურ ანიონს წარმოადგენს.

2. პოლისულფიდურ არეში წარმოქმნილი მოლიბდენის ნაერთი წარმოადგენს მოლიბდენის სულფო- და ოქსისულფომარილს.

ნავთობის საკვშირო სამეცნიერო-კვლევითი გეოლოგიური
დაზვერვის ინსტიტუტის საქართველოს
ნავთობის კომპლექსური ექსპედიცია

(რედაქციას მოუვიდა 15.1.1957)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Smelin. Handbuch der anorg. chemi 1935; Molibden, 133, 182, 226, 241—243, 267—269.
2. Abegg. Anorg. chemi 1924, B. 4, 837.
3. K. A. Hofmann. Z. f. anorg. chemi 1896, B—XII, 55.
4. D. Fernandes. Atti Zincei 1927, 339.
5. А. А. Гринберг. Введение в химию комплексных соединений, 268, 263, Госхимиздат, 1951.
6. H. Brintzinger u. Trocmer. Z. f. anorg. chemi B. 181, 237, 1929.
7. Е. Стиркс. Анализ видимой и ультрафиолетовой области спектра. Сборник статей—Адсорбционная спектроскопия. Изд. ИЛ, Москва, 1953, стр. 257.

პივი

მ მზარაულიშვილი

თბილისის თერაპიის პირთა შედგენილობა და ქანგვა-ალღბენითი პროცესები

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა რ. აგლაძემ 18.4.1957)

როგორც ცნობილია, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, მტკნარი და მინერალური, შეიცავს სხვადასხვა შედგენილობისა და წარმოქმნის აირებს. ამიტომ წყლების აირთა შედგენილობის შესწავლა, მათ ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებთან ერთად, აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ბუნებრივი წყლების მთლიანი დახასიათებისა და გენეზისის საკითხის გარკვევისათვის.

ბუნებრივი აირების უდიდეს მნიშვნელობაზე აკად. გ. ვერნადსკიმ შემდეგი აღნიშნა: „დედამიწის ქერქში არ არის წყალი, რომელიც არ შეიცავდეს განსაზღვრული შედგენილობისა და რაოდენობის აირს. ბუნებრივი წყალი არის, უპირველეს ყოვლისა, წონასწორობა წყალი ჰაირი; ამიტომ ბუნებრივი წყლების აირები განსაზღვრავენ წყლის მთელ ქიმიას“ [1].

წარმოქმნის მიხედვით არჩევენ:

1. ჰაეროვან აირებს: აზოტსა და ქანგბადს, რომლებიც წარმოიშობიან სათანადო გეოლოგიური პირობების დროს, ჰაერის მთის ქანებში ღრმად შეჭრის შემდეგ;
2. ბიოქიმიურ აირებს: მეთანს, ქანგბადს, აზოტსა და გოგირდ-წყალბადს, რომლებიც წარმოადგენენ სხვადასხვა მიკროორგანიზმების ცხოველყოფილობის რთული პროცესის შედეგად მიღებულ პროდუქტებს;
3. მეტამორფულ აირებს, წარმოქმნილს მთის ქანებზე მაღალი ტემპერატურისა და წნევის მოქმედებით; ასეთებია: ნახშირორქანგი, გოგირდწყალბადი, მეთანი, ნახშირქანგი და წყალბადი;
4. იუვენულიურ აირებს, რომლებსაც მაგმატური ან ვულკანური წარმოქმნა აქვთ;
5. კეთილშობილ აირებს, რომლებიც თან ახლავს ზემოთ ჩამოთვლილ აირებს [2].

სხვადასხვა ტიპის ბუნებრივი აირების წარმოქმნა და გავრცელება დამოკიდებულია დედამიწის ქერქის შედგენილობისა და სტრუქტურისაგან, რის გამოც აირები შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც მგრძნობიარე ინდიკატორები მინერალური წყლების წარმოქმნის რთული გეოლოგიური პროცესების შესაცნობად.

მინერალურ წყლებში აირები თავისუფალ და გახსნილ მდგომარეობაშია. დიდ სიღრმეში მაღალი ჰიდროსტატიკული წნევის გამო აირები ხსნად მდგომარეობაშია. მინერალური წყალი ეხება აირებს და ჯერდება ამ უკანასკნელივით. ზედაპირთან მიახლოებისას, წყლის ტემპერატურისა და წნევის შემცირებისთან დაკავშირებით, ხსნად მდგომარეობაში მყოფი აირები გამოიყოფა წვრი-

ლი ბუშტუკების სახით. აირის ამ ნაწილს თვითნებურად გამოყოფილს, ანუ სპონტანურ აირს უწოდებენ. პირველ რიგში გამოიყოფა მაღალი პარციალური სიმკვრივის მქონე აირები. წყალში რჩება უმცირესი სიმკვრივის მქონენი. ამიტომ თავისუფლად გამოყოფილი აირები თავისი შეთავსებით განსხვავდება იმ აირებისაგან, რომლებიც ხსნარშია (ე. წ. წყალში გახსნილი აირებისაგან).

ბალნეოლოგიური უბნის ბურღილებას წყლის თავისუფლად გამოყოფილი აირის ანალიზი ჩატარებულია სხვადასხვა დროს სხვადასხვა ქიმიკოსების მიერ. რაც შეეხება ქალაქის განაპირას მდებარე ღრმა ბურღილების წყლების აირებს, ისინი ჩვენ მიერ პირველადაა გამოკვლეული. პირველადაა განსაზღვრული აგრეთვე თბილისის თერმებში ინერტული აირები. თავისუფლად გამოყოფილი აირის სინჯებს ჩვეულებრივი წესით ვიღებდით, გახსნილ აირებს კი დუღილის საშუალებით ვყოფდით.

თბილისის თერმების აირების ანალიზის დროს ჩვენ მიერ კომბინირებულ მეთოდია გამოყენებული. ანალიზს ვატარებდით გახსნალოზატორ „БТИ“-ით.

ჩვენ მიერ გამოკვლეულია ბალნეოლოგიური უბნის ბურღილების № № 2, 4, 6, 7, 8 და ქალაქის განაპირას მდებარე ღრმა ბურღილების № 5 და 7-ის აირები.

თავისუფლად გამოყოფილი აირის ანალიზის მონაცემები მოგვყავს პირველ ცხრილში.

ცხრილი 1

შემადგენელი კომპონენტები	ბ უ რ ლ ი დ ი						
	2	4	6	7	8	ღრმა ბურღილი № 5	ღრმა ბურღილი № 7
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ S	0,05	კვალი	0,11	კვალი	—	—	—
მეთანი მისი ჰომოლოგები	59,53	54,01	47,20	40,57	52,02	80,70	96,40
N ₂ -ინერტ. აირები	40,42	45,99	52,69	59,43	47,98	19,30	3,60
CO	—	—	—	—	—	—	—
H ₂	—	—	—	—	—	—	—

1 ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ თბილისის თერმებში თავისუფლად გამოყოფილი აირები ძირითადად მეთანისა და აზოტისაგან შედგება; აზოტის რაოდენობა აღნიშნული ბურღილის წყლების აირებში 3-დან 60%/მდე მერყეობს; აზოტის შედარებით მაღალი პარცენტული შემცველობით ხასიათდება № № 6, 7, 4, 8-ის ბურღილის აირები; მცირე რაოდენობით შეიცავენ მას ღრმა ბურღილი № 7 და № 5-ის აირები. ამ უკანასკნელში აზოტის შემცველობა მხოლოდ 3,6%/მ-ს შეადგენს. რით შეიძლება აიხსნას ერთისა და იმავე საბადოს, სხვადასხვა ნაწილის წყლებში აზოტის რაოდენობის ასეთი მკვეთრი სხვაობა? — აღნიშნული ბურღილების წყლის ფორმირების თავისებური გეოლოგიური პირობებით. ცნობილია, რომ ბალნეოლოგიური უბნის ბურღილები № № 4, 6, 7, 8 შედარებით ღია კ/გეოლოგიური სტრუქტურით ხასიათდება, რაც აადვილებს აზოტით მდიდარი ზედაპირული წყლების შერევის შესაძლებლობას ძირითადი ნაკადის წყალთან; ქალაქის განაპირას მდებარე



ღრმა ბურღილები, სადაც წყლის მომცემი ჰორიზონტი საკმაოდ ღრმად არის გადაკვეთილი, შედარებით დახურული ჰ/გეოლოგიური სტრუქტურით ხასიათდება, რის გამოც აქ ნაკლები ალბათობაა აზოტიანი ზედაპირული წყლების დიდი რაოდენობით შერევისა და ამიტომ ამ ბურღილთა წყლის აირები აზოტის დაბალი მაჩვენებლებით ხასიათდება.

სონტანური აირების ერთ-ერთ წამყვან კომპონენტს მეთანი წარმოადგენს. ჩვენ მიერ გამოკვლეული წყლების აირებში მეთანის რაოდენობა 40—96%-ის ფარგლებშია. მეთანის მაღალი მაჩვენებლებით ხასიათდება ღრმა ბურღილ № 5 და № 7-ის წყლის აირები; ბალნეოლოგიური კურორტის უბანზე მდებარე ბურღილის წყლების აირები კი მეთანს შედარებით ნაკლები რაოდენობით შეიცავს.

თბილისის თერმების ჰიდროქიმიის შესწავლამ დაგვანახა, რომ ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ბალნეოლოგიური უბნის ბურღილის წყლები მკვეთრად განსხვავდება ღრმა ბურღილის წყლებისაგან. აღნიშნულ ბურღილთა წყლების ქიმიური შედგენილობის სხვაობამ თავისი გამოხატულება ჰპოვა აირის შედგენილობაშიც, რის გამოც ბალნეოლოგიური კურორტის ტერიტორიაზე მდებარე ბურღილის წყლების აირებში მეთანს გაბატონებული ადგილი კი არ უკავია, ის აზოტთან ერთად თითქმის თანაბარი რაოდენობით არის წარმოდგენილი.

მასშაბაზე, თბილისის თერმების აირის შედგენილობა საბადოს რთული გეოლოგიური აღნაგობის ფუნქციას წარმოადგენს.

გოგირდწყალბადის მცირე შემცველობით ხასიათდება № 2 და № 6-ის ბურღილის წყლების აირები.

რაგორც ჩატარებულმა გამოკვლევამ დაგვანახა, თბილისის თერმების აირები წყალბადს არ შეიცავს.

გარდა სონტანური აირებისა, ჩვენ მიერ გამოკვლეულია ამავე ბურღილების წყლებში გახსნილი აირებიც, რომელთა ანალიზის მონაცემებს ვიძლევიტ მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

შემაღვენილი კომპონენტები	ბ უ რ ლ ი ლ ი				
	2	4	6	7	8
CO ₂	—	—	3,81	—	—
H ₂ S	1,03	0,48	10,15	0,45	0,40
მეთანი+მისი ჰომოლოგები	49,61	48,07	39,10	41,24	48,40
N ₂ ინერტული აირები	59,36	51,45	46,94	58,31	51,20
CO	—	—	—	—	—
H ₂	—	—	—	—	—

გახსნილი აირების შედგენილობა, მსგავსად სონტანური აირისა, ძირითადად გაპირობებულია ორი კომპონენტით: აზოტითა და მეთანით. გახსნილი აზოტის რაოდენობა აღნიშნული ბურღილის წყლებში ცვალებადობს 47—59%, ხოლო მეთანის რაოდენობა 39—49%-მდე.

თბილისის თერმების წყლისა და აირის ანალიზების საფუძველზე ირკვევა, რომ წყლის მინერალიზაციის გაზრდით იზრდება აირის საერთო რაოდენობა, ეს

გარემოება კი მიუთითებს წყლის მინერალიზაცია და აირის რაოდენობას შორის ფუნქციონალურ კავშირზე.

უკანასკნელ წლებამდის ბალნეოლოგიაში ნაკლები ყურადღება ექცეოდა მეთანისა და აზოტის შესაძლო ბიოლოგიურ მნიშვნელობას, მათი დაბალი ქიმიური აქტივობის გამო. ამჟამად დადგინილია, რომ მიუხედავად მათი მცირე აქტივობისა, აღნიშნულ აირთა ბიოლოგიური მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე მნიშვნელოვანია. დამტკიცებულია, რომ აზოტი მაღალი წნევის დროს ნარკოტიკულად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე, კრუპის მიერ ჩატარებული გამოკვლევების მიხედვით გამორკვეულია, რომ ინერტული აირების ბიოლოგიური მოქმედების მექანიზმი აიხსნება არა მათი ქიმიური, არამედ ფიზიკური თვისებებით [3].

ამიტომ თბილისის თერმების ბალნეოლოგიური მიზნებისათვის შეფასებისას ყურადღება უნდა მიექცეს არა მარტო აღნიშნული წყლის იონურ-მარილოვან, არამედ აირთა შედგენილობასაც.

ინერტული აირებიდან თბილისის თერმებში განსაზღვრულია არგონი და ჰელიუმი (იხ. ცხრილი 3).

ცხრილი 3

ინერტული აირები	ბ უ რ დ ი ლ ი			
	ღრმა ბურღ. № 7	ღრმა ბურღ. № 5	№ 6	№ 8
Ar	0,0681	0,2481	1,0320	0,8480
He	0,0061	0,0042	0,0062	0,0063

ანალიზის მონაცემებიდან ნათლად ჩანს, რომ აღნიშნულ ბურღილის წყლებში სპონტანურად გამოყოფილ აირებში ჰელიუმი თანაბარი რაოდენობით არის წარმოდგენილი, მაშინ როდესაც არგონის პროცენტული შემცველობის მხრივ მკვეთრ სხვაობას აქვს ადგილი. არგონის მაღალი რაოდენობრივი მაჩვენებლებით ხასიათდება № 6 და № 8 ბურღილის წყლების აირები, ხოლო ღრმა ბურღილები № 5 და № 7-ის წყლის აირებში (განსაკუთრებით ამ უკანასკნელში) არგონი შედარებით უმნიშვნელო რაოდენობითაა წარმოდგენილი.

თბილისის თერმების აირებში არგონის ასეთი რაოდენობრივი სხვაობა მისი ატმოსფერული წარმოშობით უნდა აიხსნას.

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ არგონი არ წარმოიქმნება და არც შთანთქმდება დედამიწის ქერქში, არამედ შეიჭრება ატმოსფეროდან, რის გამოც მისი რაოდენობა მიწისქვეშა წყლების მოცულობის ერთეულში უცვლელი რჩება: ამიტომ არგონის რაოდენობრივი მაჩვენებლების მიხედვით შეგვიძლია გამოავთქვათ მოსაზრება მინერალური წყლის ძირითადი ნაყადის ზედაპირული წყლით განსაჯების ხარისხზე. გამოკვლეული თერმებიდან ბალნეოლოგიური უბნის ბურღილ № 6 და № 8-ის წყლები შედარებით მეტად განსაჯებულია, რის გამოც მათი აირები არგონის შედარებით მაღალი პროცენტული შემცველობით ხასიათდება.

ამრიგად, მინერალური წყლის არგონით გამდიდრება დამოკიდებულია სტრუქტურის ჰელოლოგიურ ხასიათზე (მისი გახსნილობის ხარისხზე).

ინტერესს მოკლებული არ არის თბილისის თერმების აირებში აზოტისა და მეთანის წარმოქმნის საკითხის გარკვევა. საჩიენკოს ფორმულის საშუალებით, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს:

$$\alpha = \frac{A_r(\text{газ}) \cdot 100}{N_2(\text{газ}) \cdot 1,18}$$

გამოთქმულია მოსაზრება აზოტის ჰაეროვან წარმოქმნაზე. ამაზე მიუთითებს არგონისა და აზოტის თანაფარდობა თავისუფლად გამოყოფილ აირებში (იხ. ცხრილი 4).

ცხრილი 4

ბურღილების დასახელება	α
ღრმა ბურღილი № 7	1,6
„ „ „ № 5	1,05
ბ უ რ ლ ი ლ ი № 8	1,49
„ „ „ № 6	1,04

თანამედროვე შეხედულებით მეთანი და მის ჰომოლოგებს ბიოქიმიურ ან მეტამორფულ წარმოქმნას მიაწერენ.

ბიოქომიური წარმოქმნის აირები: მეთანი, გოკირდწყალბადი, აზოტი წარმოადგენენ დანალექ ქანებში სხვადასხვა მიკროორგანიზმების ცხოველყოფილობის რთული პროცესის შედეგად მიღებულ პროდუქტებს.

თბილისის თერმები, აკად. ი. კაჭარავას გამოკვლევით, შუა ეოცენის ორგანული ნივთიერებით სავსეაოდ მდიდარ დანალექ ქანებთან არის დაკავშირებული. აღნიშნული საბადოს თერმების მიკროფლორის შესწავლით აღმოჩენილია მიკროორგანიზმთა ჯგუფი, რომელთა საშუალებით ხდება ორგანული ნივთიერების ნახშირწყალბადებად გარდაქმნა. ამიტომ ზემოთქმულიდან გამომდინარე შესაძლებელია გამოვთქვათ მოსაზრება თბილისის თერმების მეთანის ბიოქიმიური წარმოქმნის შესახებ. მით უმეტეს, რომ აღნიშნული წყლების აირები არ შეიცავს ნახშირჟანგსა და წყალბადს, რაც მეტამორფული აირებისათვის არის დამახასიათებელი.

სულფიდიან მინერალურ წყლებში ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალის სიდიდეების განსაზღვრა აუცილებელ საჭიროებას წარმოადგენს ამა თუ იმ საბადოს მინერალური წყლის ფიზიკურ-ქიმიური ბუნების მთლიანი შეცნობისა და მისი თერაპიული აქტივობის საკითხის შეფასებისთვის. სწორედ ამ თვალსაზრისით შესწავლილია თბილისის თერმულ სულფიდიან წყლებში ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალის სიდიდეები [4].

ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალის გაზომვისათვის ჩვენ მიერ გამოყენებულია პ. კრიუკოვის მიერ რეკომენდებული პოტენციომეტრის კომბინაცია კათოდურ ვოლტმეტრთან [5]. კათოდური ვოლტმეტრი დიდი სიზუსტითა და ელექტროსტატიკურობით ხასიათდება, რის გამოც გაზომვის პროცესში ელექტროდების პოლარიზაცია გამორიცხულია. შესადაარებელ ელექტროდად ავიღეთ კალომელის ნახევარელემენტი, რომლის პოტენციალი წყალბადის ელექტროდთან შედარებით ლიტერატურაიდანაა ცნობილი. პოტენციალების გასაზომად ჩვენ ვსარგებლობდით პლატინის ელექტროდებით.

ჰაერის ქანგვადასის უარყოფითი მოქმედების თავიდან ასაცილებლად გამოსაკვლევ წყალს უშუალოდ ბურღილზე ვიღებდით. ჩვენ თბილისის თერმებში ქანგვა-აღდგენითი პოტენციალები 1953—54 წწ. გავზომეთ.

ჩატარებული გამოკვლევით გამოირკვა, რომ სხვადასხვა ბურლილებისა და წყაროთა წყლები პოტენციალის შემდეგი მაჩვენებლებით ხასიათდება (იხ. ცხრილი 5):

ცხრილი 5

წყაროები და ბურლილები	თავის H_2S რაოდენობა მგ/ლ	E_h მილივოლტებით
„გოგილო“	16,70	-166
№ 6	11,67	-125
№ 1	0,40	-104
№ 2	0,21	-100
№ 4	0,15	- 88
„W“	0,14	- 82
„A“	0,11	- 70
„E+Q“	0,10	- 68
№ 7	0,10	- 62
ღრმა ბურღ. № 5	—	+ 45

მე-5 ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ შედარებით მაღალი აღმდგენელი პოტენციალით ხასიათდება ჰიდროგეოლოგიურად შედარებით უფრო გაძნელებულ პირობებში მყოფი წყარო „გოგილო“ და ბურღული № 6-ის წყლები, რომლებიც გოგირდწყალბადის შედარებით მაღალი მაჩვენებლებით ხასიათდება, ხოლო ყველაზე დაბალი აღმდგენელი პოტენციალით იმ ბურღულისა და წყაროს წყლები, რომლებიც დაკავშირებული არიან თბილისის ანტიკლინის დანაპირლიანებულ, ღერძულ ზოლთან (ბურღული № 7, წყარო „E+Q“ და „A“ წყლები). ამ უკანასკნელებში ზედაპირული წყლების შერევის გამო აღვილი აქვს ჰაერის ჟანგბადის მეტი ოდენობით შეჭრას, რაც იწვევს გოგირდწყალბადის ნაწილობრივ დაჟანგვას და წყლის აღდგენითი პოტენციალის შემცირებას.

ხოლო იმ ბურღულისა და წყაროთა წყლები, რომელნიც გოგირდწყალბადს კვალის სახითაც კი არ შეიცავენ, დამჟანგველი პოტენციალით ხასიათდება.

ამრიგად, თბილისის თერმების ჟანგვა-აღდგენითი პროცესები გაპირობებულია გოგირდწყალბადის, როგორც აღმდგენლის, არსებობით.

E_h მონაცემთა შედარება გოგირდის აღდგენილ (გოგირდის აღდგენილ ფორმად ვგულისხმობთ H_2S და HS^- -ს) და დაჟანგულ ფორმასთან (S_2O_3 , SO_3 , SO_4) შემდეგ სურათს გვაძლევს (იხ. ცხრილი 6).

როგორც მე-6 ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რედოქს-პოტენციალი ურთიერთკავშირში იმყოფება გოგირდის აღდგენილ და დაჟანგულ ფორმასთან. თავისუფალი გოგირდწყალბადისა და ჰიდროსულფიდ იონის კონცენტრაციის გაზრდით იზრდება მისი უარყოფითი მნიშვნელობა (წყარო „გოგილო“) და, პირუკუ, თავისუფალი გოგირდწყალბადისა და ჰიდროსულფიდ იონის კონცენტრაციის შემცირება იწვევს წყლის აღდგენითი პოტენციალის

ცხრილი 6

წყაროები და ბურღილები	მგ/ლ		E _n მილივოლტებით
	თავის. H ₂ S	HS'	
№ 7	0,10	4,3	— 62
„E+Q“	0,11	3,3	— 68
„A“	0,11	6,3	— 70
№ 2	0,20	13,5	— 100
№ 1	0,40	18,5	— 104
„გოგილო“	16,70	40,8	— 166

შემცირებას, ე. ი. მისი ქანგვითი თვისებების გაზრდას. ამიტომ თბილისის სულფიდურ წყლებში ქანგვა-ალდგენითი პოტენციალის სიდიდე თავისუფალი გოგირდწყალბადის კონცენტრაციის კარგ მაჩვენებელს წარმოადგენს.

დასკვნები

1. თბილისის თერმების აირები ძირითადად ორი კომპონენტისაგან — აზოტისა და მეთანისაგან — შედგება. ამ უქანასკნელთა რაოდენობითი შემცველობის მიხედვით თბილისის თერმები შეიძლება ორ ჯგუფად გაიყოს: ა) ქლორ-ნატრიუმ-კალციუმიანი წყლები, რომლებიც ხასიათდება მეთანის მაღალი და აზოტის დაბალი პროცენტული შემცველობით (ქალაქის განაპირას მდებარე ორმა ბურღილები № 5 და № 7); ბ) ქლორიდულ-ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმიანი და სულფატურ-ქლორიდულ-ნატრიუმიანი წყლები, სადაც მეთანი და აზოტი თითქმის თანაბარი რაოდენობითაა წარმოდგენილი (ბურღილები № 1, 2, 4, 6, 8 და წყარო „გოგილოს“ წყლები);

2. თბილისის თერმებში ქანგვა-ალდგენითი პროცესები გაპირობებულია გოგირდწყალბადის, როგორც აღმდგენლის, არსებობით;

3. რედოქს პოტენციალი შეიძლება ჩავთვალოთ იმ ქანგვითი მოქმედების საზომად, რომელსაც განიცდის მიწის პირზე მოხვედრილი სიღრმიდან მომდინარე ძირითადი ნაკადის წყალი; ამიტომ აღნიშნული სიდიდის განსაზღვრა დამატებით მასალას გეძლევის თბილისის თერმულ-სულფიდური წყლის ფორმირების საკითხის გარკვევისათვის.

საქართველოს სსრ კურორტოლოგიისა და
ფიზიო-თერაპიის სამეცნიერო-კვლევითი
ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 28.1.1957)

დაბრუნებული ლიტერატურა

1. В. Вернадский. О классификаций природных газов. Сборник природные газы, № 2, 1931.
2. А. Черепенникова. Происхождение природных газов и нефти. Сборник ВСГИ, 1954—55.
3. Е. Кремс. Инертные газы и их применение в водолазном деле. Природа, 12, 1942.
4. Д. Эристави. Окисление и восстановление в гидрохимии. Труды Тбилисского Политехнического института, т. 28, 1953.
5. П. Крюков. Об окислительно-восстановительном состоянии кавказских минеральных вод. Гидрохимические материалы, т. XXIV, 1948.

ქიმიური ტექნოლოგია

რ. აბლაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი) და
 ბ. ღომანსკაია

**მანგანუმის ანოდური გახსნა პერმანგანატისა და მანგანუმის
 ორჰანგის მიღებით**

ელექტროლიტური მანგანუმის ტუტე ხსნარებში ანოდური გახსნით კალიუმის პერმანგანატისა და მანგანატის მიღების პროცესის გამოკვლევამ ცხადი გახადა, რომ ხსენებულ პროცესს ყოველთვის თან სდევს შლამის გამოყოფა, რომელიც ძირითადად მანგანუმის ორჰანგს წარმოადგენს. შლამის გამოყოფის მიზეზებად შეიძლება დავასახელოთ: პერმანგანატის კათოდური აღდგენა, მანგანუმის არასრული დაქანგვა ანოდზე, პერმანგანატის აღდგენა ტუტით და ა. შ. ეს ფაქტორები, იმის მიხედვით, თუ როგორია დენის სიმკვრივე, ელექტროლიტის ტემპერატურა, კონცენტრაცია და სხვა, სხვადასხვა ინტენსივობით მოქმედებენ. მაგალითად, ელექტროლიტის ტემპერატურის გაზრდით გამოყოფილი შლამის რაოდენობა იზრდება, ამავე დროს იგი ხელს უწყობს ლითონის ანოდურ გახსნას. შლამის გამოსავლის ზრდას ხელს უწყობს ანოდური დენის დაბალი სიმკვრივეც.

ლაბორატორიული ცდების მონაცემების დასაზუსტებლად ჩატარდა მსხვილი ლაბორატორიული ცდები მანგანუმის ანოდური გახსნით, კალიუმის ტუტისა და კარბონატული ხსნარებიდან კალიუმის პერმანგანატისა და მანგანატის მისაღებად. ისინი ჩატარდა 200-ამპერიან უდიაფრაგმო საექტროლიზო დანადგარზე, გადამდარი და ჩამოსხმული ელექტროლიტური მანგანუმის ზოდების (270×45×20 მმ) გამოყენებით. ხსენებულმა ცდებმა საშუალება მოგვცა ჩვენს განკარგულებაში ვეკონოდა ელექტროლიზის პროდუქტები, მათ რიცხვში საგრძნობი რაოდენობით ელექტროლიტური შლამისა, რამაც შესაძლებელი გახადა შევესწავლა მათი თვისებებთან.

1 ცხრილში წარმოდგენილია მონაცემები იმ ცდებისა, რომლებშიც საწყის ელექტროლიტად გამოყენებული იყო 300 გ/ლ კონცენტრაციის K_2CO_3 -წყალხსნარი. აღსანიშნავია, რომ ლაბორატორიული მონაცემებით ელექტროლიტის კონცენტრაციის ცვლილება 100—500 გ/ლ ზღვრებში უმნიშვნელოდ მოქმედობს ელექტროლიზის შედეგებზე.

ცდის ბოლოსათვის ელექტროლიტი შეიცავდა 15—20 გ/ლ $KMnO_4$, დანარჩენი $KMnO_4$ ელექტროლიტურ შლამთან ერთად გამოიყოფა აბაზანის ფსკერზე მყარ ფაზაში წვრილი კრისტალების სახით. რაც შემთხვევაში კრისტალები გამოიყოფოდა თვით ელექტროდებსა და აბაზანის ცივ კედლებზე. ნაღები ელექტროლიტს სცილდებოდა ფილტრაციით, რის შემდეგ მორევით მუ-

შედებოდა ცხელი წყლით. ამ დროს პერმანგანატი ხსნარში გადადიოდა, მეორადი ფილტრაციით სცილდებოდა შლამს. დედა ხსნარის კრისტალიზაციით გამოიყოფოდა მაღალი სისუფთავის (ქიმიურად სუფთა მარკის შესაბამისი) მყარი პერმანგანატი, რაც ხარისხოვანი ანოდური ლითონისა და სუფთა ელექტროლიტის გამოყენების შედეგია.

ცხრილი 1

ცდის პირობები:
 ელექტროლიტის საწყისი კონცენტრაცია—300 გ/ლ K_2CO_3 ;
 ელექტროლიტის რაოდენობა —16 ლ;
 აბაზანის ვაციების წესი—ცდა 1-5-წყლის პერანგი;
 ცდა 6 - მაცივარა კათოდი.

ცდის №	საშუალო დენის ძალა ა	ძაბვა ვ	ტემპერატურა °C	ცდის ხანგრძლივობა საათობით	გატარებული ამპერ-საათები ა/საათ.	ანოდების ფართი დმ²	ანოდური დენის სიმკვრივე ა/დმ²	მალბული $KMnO_4$ გ		მანგანუმის გადასვლა %		დენით გამოსავალი %	
								ხსნარში	ნალექში	$KMnO_4$ -ში	MnO_2 -ში	$KMnO_4$	MnO_2
1	75	6,0-6,7	33-38	20	1523	6,6	11,4	249,8	229,7	58,5	41,5	37,4	15,1
2	75	5,9-6,4	26-32	28	2108	4,0	18,7	256,0	230,0	66,6	34,4	37,1	11,0
3	72	5,9-6,5	25-28	21	1459	4,3	16,7	76,0	412,0	68,7	32,3	39,6	10,2
4	90	5,1-6,2	20	12	1050	5,8	15,5	32,0	141,4	58,6	41,4	19,6	7,9
5	85	5,2-6,0	18	30	2610	4,3	18,2	635,6		57,3	42,7	29,3	11,4
6	70	4,7-5,2	19	25	1843	4,2	16,6	104,5	355,7	81,0	19,0	32,1	3,9

1-ლ ცდაში, რომლის დროსაც ტემპერატურა 33—38° იყო, დენით გამოსავალი პერმანგანატისათვის 37,4%/6-ია, მანგანუმის ორჯანისათვის კი 15,1% (1). ანოდურად გახსნილი მთელი მანგანუმის 58,5% წარმოქმნის პერმანგანატს, დანარჩენი კი — შლამს. მანგანუმის პერმანგანატად გარდაქმნის პროცენტის გაზრდის მიზნით ცდაში შემდეგი ცვლილებები შევიტანეთ: შემცირდა ტემპერატურის მერყეობის ზღვარი და გადიდა დენის სიმკვრივე ანოდზე. ცდები 2 და 3 ხასიათდება დენით გამოსავალის სიდიდით 37,1 და 39,6%, ამ დროს მანგანუმის 66,6 და 68,1% გარდაიქმნებოდა პერმანგანატად. ყველა შემთხვევაში ცდის ბოლოს, ანოდები გახსნილი იყო თანაბრად, ხოლო მისი ფერი, მასზედ წარმოქმნილი ჯანგეულების ძალზე თხელი ფენის გამო, რუხი იყო. კათოდები იფარებოდა პერმანგანატის კათოდური ალდგენის გამო წარმოქმნილი MnO_2 -ს თხელი და მკვრივი ფენით.

ელექტროლიტის ტემპერატურის შემცირება ხელს უშლის მანგანუმის შლამში გადასვლას, ამიტომ შემდგომი ცდები 18—20°-ზე ჩატარდა. ამ ტემპე-

(1 პირველი და მეორე ცხრილებში მოთავსებული MnO_2 ს დენით გამოსავლის გაანგარიშებისას, ცალკეულ ცდებში მიღებული მონაცემების შედარების მიზნით, პირობითად მიღებულია, რომ MnO_2 -ს მთელი რაოდენობა წარმოიქმნება ანოდური პროცესის შედეგად.

რატურაზე ელექტროლიზის პროცესზე საგრძნობი გავლენა მოახდინა ანოდების ზედაპირზე კრისტალების წარმოქმნამ. თუმცა იგი არ იწვევს ზედაპირის მექანიკურ პასივაციას, რასაც გვიმოწმებს აბაზანზე ძაბვის სიდიდე, მაგრამ მავნე ფაქტორს წარმოადგენს, რადგანაც ხელს უშლის დაბალი ტემპერატურის დადებითი მოქმედების გამოვლინებას ანოდის ზედაპირზე პერმანგანატის წერილი კრისტალების ფხვიერი ფენა წარმოქმნის თავისებურ გარსს, რომელიც ხელს უწყობს ანოდურ ფენაში ტუტთანობის ხარისხის მკვეთრ შემცირებას. ამით იქმნება პირობები, რომლის დროსაც ანოდური გახსნის პროცესი მიმდინარეობს H_2MnO_4 -ს წარმოქმნით. ეს უკანასკნელი ადვილად იშლება მანგანუმის ორცენის გამოყოფით. ცდა 6 ჩატარებულია მაცივარა-კათოდის გამოყენებით, რაც უზრუნველყოფს აბაზანის მთელ მოცულობაში თანაბარ ტემპერატურას და მანგანუმის პერმანგანატად გადასვლის მაღალ პროცენტს — 81%, დენით გამოსავლი 32,10%.

მანგანუმის ანოდური გახსნისას, იმის მიხედვით, თუ როგორია მწვევე ტუტის კონცენტრაცია, ელექტროლიზის პროდუქტებია KMnO_4 ან K_2MnO_4 უკანასკნელი წარმოიქმნება პერმანგანატის აღდგენით ტუტე არეში. ელექტროლიტის კონცენტრაციისა და ტემპერატურის გაზრდით პროცესი მანგანატის წარმოქმნისაკენ იხრება. ცხრილში 2 ცდებით 1—3 წარმოდგენილია მანგანატის მიღების მონაცემები KOH -ს 46%-იან ხსნარში. მანგანატის ხსნალობა ხსენებუ-

ცხრილი 2

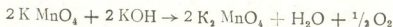
ცდის №№	KOH-ს კონცენტრაცია %	დენის ძალა ა	ძაბვა ვ	ტემპერატურა °C	ცდის ხანგრძლივობა საათობით	ანოდის ფართი დმ ²	კათოდის ფართი დმ ²	დენით გამოსავალი %			MnO ₂ -ს დენით მოსავალი %	მანგანუმის გადასვლა %		
								KMnO ₄	K ₂ MnO ₄	ლ		KMnO ₄ და K ₂ MnO ₄	MnO ₂ -ში	
1	46	70—85	3,2	20	12	6,0	11,6—14	910	2,3	21,6	23,9	4,10	79,5	20,5
2	46	110	3,9—4,6	28	24	3,0	36,6	2640	—	23,1	23,1	4,23	78,6	21,4
3	46	70	3,0	40—48	24	7,0	10	1680	—	11,0	11,0	—	62,0	38,0
4	36	57	2,8—3,6	14	53	4,1	13,4	3021	18,2	4,2	22,4	3,15	79,9	20,1
5	36	87	2,8—3,8	16	30	6,6	13,2	2610	18,4	—	18,4	2,15	80,0	20,0
6	36	100	3,0—3,4	—	77	7,2	14,2	9737	3,4	14,3	14,7	4,2	69,0	31,0
7	36	87	2,9	38—47	16	6,6	13,2	1392	—	—	—	11,3	—	100
8	18—20	86	3,6—4,4	20	30,7	3,2	27	2513	27,0	1,9	28,9	0,84	94,7	5,3
9	18—20	100	3,8—4,7	18	28	5,8	17,2	2800	29,1	—	29,1	0,29	96,6	3,4
10	18—20	110—80	3,9—4,7	18—20	82	3,8	29—32	7126	25,2	1,4	26,4	0,74	95,0	5,0

ლი კონცენტრაციის ტუტე ხსნარში 2 გ/ლ არ აღემატება, ამიტომ მთელი წარმოქმნილი მანგანატი გამოიყოფა ნალექის სახით. მანგანატის კრისტალებით იფარება აგრეთვე ანოდების ზედაპირი. ელექტროდების წყლით ჩაერცხვამ გამოამჟღავნა, რომ ელექტროდზე კრისტალების მიმაგრების ადგილას წარმოიქმნა ბორცვები, რაც გახსნის პროცესის დარღვევაზე მივითითებს. კრისტალებისაგან თავისუფალი ელექტროდის ზედაპირი თანაბრად გახსნილი და გლუვი იყო. 20 და 28°-ზე ჩატარებულ ცდებში დენით გამოსავალი შეადგენდა 23—24%-ს,

ხოლო მანგანუმის მანგანატში გადასვლა დაახლოებით 80%/ე-ია. ელექტროლიტის ტემპერატურის გაზრდამ ვერ უზრუნველყო ანოდის ზედაპირზე წარმოქმნილი კრისტალების გახსნა. აქაც ელექტროდები დაიფარა სქელი, ადგილებში ატეცილი, კრისტალების გარსით. ამასთან მანგანატის დენით გამოსავალი 11%-მდე შემცირდა, ხოლო მანგანუმის მანგანატში გადასვლის ხარისხი 62%/ე-ს შეადგენდა. ცდებისათვის, რომლებიც ჩატარდა 360%/ე-ნ KOH-ით, დამახასიათებელია ის, რომ ელექტროლიზის შედეგად ვლუბულობით ხსნარს, რომელიც 10—12 გ/ლ მანგანატს შეიცავს, ნალექში კი გვაქვს პერმანგანატი მანგანატის მინარევით. ცდაში 5 საწყის ელექტროლიტად გამოყენებული იყო მანგანატით გაჯერებული ტუტე ხსნარი. ელექტროლიზის მაჩვენებლები დაახლოებით უტოლდება შესაბამისად უფრო კონცენტრირებულ ხსნარებში მიღებულ სიდიდეებს. აბაზანიდან ამოღებული ანოდები აღმოჩნდა მსხვილი, კარგად გამოსახული პერმანგანატის კრისტალებით დაფარული. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ცდის ბოლოსათვის ძაბვა მიახლოებით ერთი ვოლტით გაიზარდა. აღინიშნებოდა, რომ ელექტროდის ზედაპირიდან კრისტალების მექანიკური მოცილებით ძაბვა აბაზანაზე თითქმის საწყის სიდიდემდე ეცემოდა.

მე-6 ცდა, რომლის ხანგრძლივობა სამ დღე-ღამეს აჭარბებდა, ხასიათდება ტემპერატურული რეჟიმის დარღვევით, რამაც გამოიწვია ნალექში ადრე გამოყოფილი პერმანგანატის გახსნა, ამ უკანასკნელმა კი ტუტე ელექტროლიტთან რეაგირებით წარმოქმნა მანგანატი. ტემპერატურული რეჟიმის აღდგენით აბაზანის ფსკერზე გამოილექა მანგანატის კრისტალები. მანგანატის დენით გამოსავალი 14,7%/ე-ს შეადგენდა და შლამში გადასული მანგანუმის რაოდენობა 31% იყო.

ელექტროლიტის ნალექთან ერთად დაყოვნების დროს მიმდინარე რეაქცია განტოლებით:



იწვევს მანგანატის დაგროვებას და ჟანგბადის გამოყოფას.

მე-7 ცდა, რომელიც ჩატარდა 38—40°-ზე, 16 საათის შემდეგ შეეწყვიტეთ. მიღებული ნალექი მხოლოდ მანგანუმის ორქანგისაგან შედგებოდა. იმავე ნალექით იყო დაფარული თვით ანოდების ზედაპირიც. ცხრილით წარმოდგენილი ცდები 8—10 ჩატარებულა 20%-ან KOH-ით. ტუტის კონცენტრაციის შემცირება ხელს უშლის ანოდზე კრისტალებისა და ნალექში მანგანატის მინარევების წარმოქმნას.

ტუტის 18—20%-ან ხსნარებში, წარმოქმნილი პერმანგანატი ნაწილობრივ აღდგება მანგანატამდე. ელექტროლიტში ხსენებული მარილების კონცენტრაცია მიადრევეს რა 30—35 გ/ლ, იწყება ახლად წარმოქმნილი პერმანგანატის გამოყოფა მყარ ფაზაში. ელექტროლიტის სიბლანტის შემცირებისა და დენის მაღალ სიმკვრივეზე ინტენსიურად გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტებით ანოდის ზედაპირის ენერგიული ჩარეცხვის გამო იქმნება პირობები, რომლის დროსაც პერმანგანატის კრისტალები არ აჯდება ანოდის ზედაპირს, არამედ მთლიანად გამოიყოფა აბაზანის ფსკერზე. წარმოქმნება ნალექი, რომელიც შედგება პერმანგანატის ძალზე წვრილი კრისტალებისაგან, რომელსაც შერეული აქვს მცი-



რე რაოდენობით მანგანუმის ორჟანგი. ტემპერატურული რეჟიმის დაცვა, ელექტროლიტის ზომიერი ტუტიანობა და ანოდის ზედაპირზე კრისტალების გარსის წარმოქმნის თავიდან აცილება იწვევს შლამის მინიმალური ოდენობით წარმოქმნას. ამ დროს მანგანუმის პერმანგანატად გადასვლა საშუალოდ 95%-ს შეადგენს, ამასთან პერმანგანატის დენით გამოსავალი დაახლოებით 30%-ია. 82 საათიანი ელექტროლიზი იძლევა ანალოგიურ შედეგებს. ამ სერიის ცდებში აბაზანაზე ძაბვის ზრდა განპირობებულია ანოდების გახსნით გამოწვეული დენის სიმკვრივის გაზრდით, აგრეთვე გამტარების გაცხელებით.

ნალექიდან პერმანგანატის კრისტალების მისაღებად გამოყენებული იყო კარბონატული ელექტროლიტისათვის ადრე უკვე აღწერილი მეთოდი. მიღებული პროდუქტი ქიმიურად სუფთა იყო.

ელექტროლიზის პროცესში მიღებული შლამის გამოყენებით დამზადდა თუთია-მანგანუმის ორჟანგის სისტემის გალვანური ელემენტები ჯიბის ბატარეისათვის. ამ ელემენტების ხარისხის გამოკვლევას მიზნით ერთდროულად შზადდებოდა და გამოიცდებოდა ელემენტები, სადაც დადებითი ელექტროდის აქტიურ მასად გამოყენებული იყო გააქტივებული და ბუნებრივი პირობებში.

იზომებოდა: ე. მ. ძ., საწყისი და საბოლოო ძაბვა და ელემენტის მუშა ტევადობა მისი, მუდმივი გარეგანი წინააღობით — 3,33 ომი, განმუხტვისას (განმუხტვის ელნათურის რეჟიმი). ელემენტის განმუხტვა წარმოებდა $25 \pm 1^\circ$ -ზე, საბოლოო ძაბვამდე — 0,67 ვოლტი. ე. მ. ძ.-ის გასაზომად გამოყენებული იყო სამვოლტიანი მუდმივი დენის ვოლტმეტრი შინაგანი წინააღობით 1000 ომი.

შლამი, განკუთვნილი ელემენტის დადებითი ელექტროდის მასის დასამზადებლად, პერმანგანატისა და ტუტე ელექტროლიტის ნარჩენების მოცილების მიზნით ირეცხებოდა გამოხდილი წყლით. აღინიშნებოდა, რომ ჩანარეცხი წყალი კიდევ დიდხანს ინარჩუნებს ტუტე რეაქციას, მას შემდეგაც კი, როდესაც იგი კარგავდა MnO_4^- -სათვის დამახასიათებელ შეფერვას. მეორე ნიმუში, აღსორბირებული ტუტისა და ამონიუმის ქლორიდის ხსნარში, მანგანუმის ხსნადი პიდრატული ნაერთების შესაძლო მინარევების უფრო სრული მოცილების მიზნით დამატებით მუშავდებოდა NH_4Cl -ს 20%-ანი ხსნარით, რის შემდეგ შლამი ხელმეორედ რამდენჯერმე ირეცხებოდა წყლით ქლორ-იონის მოცილებამდე. შლამი, 100° -ზე ორსაათიანი გამოშრობის შემდეგ, გამოიყენებოდა დადებითი ელექტროდის მასის დასამზადებლად.

მას შეიცავდა: შლამი 80%-ს; გრაფიტს 16,5% ს; აცეტილენის ქვარტლს 3,5%-ს, NH_4Cl — 10%-ს მასის წონიდან.

ელემენტების დასამზადებელი მასალები ქარხნული იყო და აკმაყოფილებდა სტანდარტით გათვალისწინებულ მოთხოვნებს. დადებითი ელექტროდი თუთიასთან ერთად განმუხტვის წინ იდგმებოდა მინის კიქაში, რომელშიაც ისხმებოდა NH_4Cl -ს 20%-ანი ხსნარი. მასის ხეთუფთიანი გაყენთვისა და ე. მ. ძ. გაზომვის შემდეგ ელემენტი ჩაირთვებოდა წინააღობაზე. ელემენტის მუშა ტევადობის გამოთვლას ვაწარმოებდით მიახლოებითი ფორმულით:

$$Q = \frac{V_{საწ.} + 2 V_{საბ.}}{3} \cdot \frac{t}{R}$$

სადაც Q ელემენტის მუშა ტევადობა ამპერსაათებით; $V_{საწ.}$ —ელემენტის საწყისი დაბვა; $V_{საბ.}$ —დაბვა, რომლის დროსაც ვწყვეტთ ელემენტის განმუხტვას; R—წინაღობა (3,33 ომი); t—დრო საათობით.

ცხრილი 3

დრო წუთობით	ს ე რ ი ა						
	I ბუნებრივი პირო- ლუზიტი	II ГАП	შლამი KOH-ს ხსნა- რიდან		შლამი K_2CO_3 -ს ხსნარიდან		
			III წყლით ჩაოც- ხილი	IV NH_4Cl -ის ხსნარით და- მუშავებული	V წყლით ჩა- რეციხილი	VI $(NH_4) Cl$ -ის ხსნარით და- მუშავებული	VII წყლით ჩა- რეციხილი (24- საათიანი გაქ- ლენთვა ელექ- ტროლიტით)
	გ. მ. დ. და დაბვა ვოლტებით						
0	1,51	1,74	1,66	1,74	1,61	1,62	1,68
20	1,21	1,43	1,14	1,34	1,22	1,33	1,32
40	0,89	1,14	0,93	1,06	1,00	1,09	1,06
60	0,82	1,07	0,85	0,96	0,92	0,97	0,99
80	0,77	1,02	0,76	0,89	0,88	0,93	0,93
100	0,76	0,97	0,75	0,84	0,84	0,89	0,88
120	0,74	0,93	0,73	0,81	0,80	0,84	0,84
140	0,72	0,89	0,72	0,77	0,77	0,80	0,81
160	0,69	0,85	0,70	0,74	0,73	0,76	0,78
180	0,67	0,82	0,68	0,72	0,70	0,74	0,75
200	0,64	0,78	0,68	0,72	0,67	0,72	0,72
220	0,61	0,74	0,67	0,70	0,63	0,71	0,70
240	0,59	0,70	0,66	0,68	0,61	0,70	0,67
260		0,67	0,65	0,67		0,69	0,65
280		0,63	0,64	0,66		0,68	0,68
300		0,60	0,62	0,64		0,68	0,62
320						0,67	0,66

შენიშვნა: ცალკეული სერიების დაბვის სიდიდეები წარმოადგენს ოთხი პარალელური ცდით მიღებულ მნიშვნელობათა საშუალო არითმეტიკულს.

მე-3 ცხრილში მოყვანილია ელემენტების გამოცდის შედეგები. ცხრილში შესული თითოეული სერიის ცდები ოთხი ერთნაირი ელემენტის პარალელური გამოცდის შედეგია. პირველი სერიის ცდებში გამოყენებული იყო ჭიათურის ბუნებრივი პიროლუზიტი, რომელიც 92,18% MnO_2 -ს შეიცავდა; მეორე სერიაში—აქტივირებული პიროლუზიტი (ГАП) 74,41% MnO_2 -ით. მესამე სერიის ცდებში გამოყენებული იყო KOH-ის ხსნარებიდან პერმანგანატის მიღების პროცესში წარმოქმნილი შლამი 84%⁰-ანი MnO_2 -ით, მეოთხე სერიის ცდებში კი იგვე შლამი, მხოლოდ დამატებით დამუშავებული ამონიუმის ქლორიდის ხსნარით. დანარჩენი სერიების ცდები ჩატარდა კალიუმის კარბონატის ხსნარებიდან პერმანგანატის მიღების პროცესში წარმოქმნილი შლამით და შეიცავდა 63,9% MnO_2 -ს. შლამი მეხუთე სერიის ცდებისათვის ირეცხებოდა წყლით; მეექვსე სერიისათვის კი იგი მუშავდებოდა ამონიუმის ქლორიდის ხსნარით. მე-

ვიდე სერიის ცდები იმით გამოირჩევა, რომ ელემენტი გამოიკვებოდა მისი დამზადებიდან 100 საათის შემდეგ და ზემოთ აღწერილი NH_4Cl -ს ხსნარით დამუშავება შეცვლილ იქნა მის გამოცდამდე ხანგრძლივად (24 საათი) ელექტროლიტში მოთავსებით. ცხრილი გვიჩვენებს, რომ შლამებისაგან დამზადებული ელემენტები თავისი ე. მ. ძ. და საწყისი ძაბვის სიდიდით აღმატება ბუნებრივი პირობებისაგან დამზადებულ ელემენტს, მაგრამ თითქმის ყველა შემთხვევაში ჩამორჩება $ΓAlI$ -ისაგან დამზადებულს. თუ $PVΦ$ -ის მარკის ელემენტის ძაბვა ზღვრულ სიდიდემდე ეცემა 2 საათსა და 40 წუთში, შლამისაგან დამზადებული და NH_4Cl -ში დამუშავებული ელემენტი განიმუხტება 4 და 5 საათში. პარალელურად გამოცდილი $ΓAlI$ -ისაგან დამზადებული ელემენტები 4 საათში განიმუხტა.

ცხრილი 4

სერიის №№	სინჯის დასახელება	MnO_2 %	ელემენტის ე. მ. ძ. ვ	საწყისი ძაბვა ვ	ელემენტის მუშა ტევადობა ამპერსაათებში	აქტიუობა %e		მ. კ. კ. MnO_2 %
						პირობებისთან შედარებით	$ΓAlI$ -ის მითოდით მიღებულ MnO_2 -თან შედარებით	
1	კვათერის ბუნებრივი პირობებით	92,18	1,61	1,21	0,68	100,0	51,5	17,6
2	$ΓAlI$ -ის ნეთოდით მიღებული MnO_2	75,14	1,74	1,43	1,08	194,0	100,0	34,2
3	KOH -ის ხსნარებიდან მანგანუმის ანოდური გახსნით მიღებული შლამი, წყლით ჩარეცხილი	84,0	1,66	1,14	0,82	160,0	87,0	29,9
4	იგივე, NH_4Cl -ის ხსნარით ჩარეცხილი	84,0	1,74	1,34	1,07	223,0	115,2	39,4
5	K_2CO_3 -ს ხსნარებიდან მანგანუმის ანოდური გახსნით მიღებული შლამი, წყლით ჩარეცხილი	63,97	1,61	1,22	0,77	214,0	110,0	37,6
6	იგივე, NH_4Cl -ის ხსნარით ჩარეცხილი	63,97	1,62	1,33	1,33	368,0	189,8	64,9
7	იგივე, (ელექტროლიტით გაყვანილი 24 საათი)	63,97	1,68	1,32	0,97	272,0	140,2	47,9

მე-4 ცხრილში შეტანილია ელემენტების მუშა ტევადობის გამოანგარიშებული მნიშვნელობები. შედარება გვიჩვენებს, რომ შლამისაგან დამზადებული ყველა ელემენტის მუშა ტევადობა საგრძნობლად აჭარბებს პირობებისაგან დამზადებული ელემენტების ტევადობას.

NH_4Cl -ით დამუშავებული ორი ნიმუშის ელემენტის ტევადობებიდან ერთ-ერთი თავისი მნიშვნელობით უტოლდება $ΓAlI$ -ის ელემენტის ტევადობას—1,0 ა-საათი, მეორე კი (კარბონატული ელექტროლიტით მიღებული შლამი) აჭარბებს მას 0,26 ა-საათით. აღსანიშნავია, რომ გამოსაცდელად აღებული შლამის მოჩვენებითი ზვედრითი მოცულობა მეტია ვიდრე პირობებისა. ამი-

ტომ, თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ ბუნებრივი ორქანგისაგან დამზადებული აგლომერატის წონა 17 გრამია, შლამისაგან დამზადებულისათვის კი მხოლოდ 13 გრამია, მაშინ აგლომერატის 17 გრამზე გადაანგარიშებით მივიღებთ გაცილებით მეტ მუშა ტევადობას, სახელდობრ — 1,74 ა საათს.

სხვადასხვა სინჯის აქტივობა გამოანგარიშებულია პიროლუზიტისა და FAII-ის აქტივობასთან შედარებით. თუ ერთმანეთს შევადარებთ აქტივობებს ისე, რომ ბუნებრივი პიროლუზიტის აქტივობას 100%-ს გავუტოლობთ, დავინახავთ, რომ FAII-ი იძლევა 194% აქტივობას, KOH-ის ხსნარებში მიღებული შლამები 160 და 223%⁰, ხოლო K₂CO₃-ს ხსნარებიდან მიღებული შლამისათვის იგი შეადგენს 214, 272 და 368%⁰-ს.

თუ ბუნებრივ პიროლუზიტში შემავალი MnO₂-ის მარგკმედების კოეფიციენტი 17,6%⁰-ს შეადგენს, ხოლო FAII-ის მეთოდით დამზადებული MnO₂-სათვის იგი 34,19%⁰-ა, მაშინ აქტივობა KOH-ის ხსნარებიდან მიღებული შლამისა MnO₂-სათვის 37,38%⁰-ს უტოლდება, ხოლო K₂CO₃—ხსნარებიდან მიღებული შლამებისათვის—37,57; 47,94 და 64,89%⁰-ა. აღსანიშნავია, რომ შლამის ის ნიწუშები, რომლებიც ჩარეცხილი იყო NH₄Cl-ს ხსნარით, გაცილებით უკეთესი მაჩვენებლებით ხასიათდება, ვიდრე ნიმუშები, რომლებიც წყლით ჩაირეცხა. უკვე დამზადებული ელემენტის დადებითი მასის ელექტროლიტით ხანგრძლივი გაყენებით დამუშავება ნაკლებ ეფექტს იძლევა, ვიდრე შლამის წინასწარი გარეცხვა, რომლის დროსაც ხდებოდა შლამისა და ხსნარისაგან წარმოქმნილი პულვის არეგა და მისი შემდგომი ჩარეცხვა ლაბორატორიულ ვაკუმ-ფილტრზე. ხსენებული ოპერაციები ხელს უწყობს ადსორბირებული ტუტის უფრო სრულ მოცილებას.

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ K₂CO₃-ს ხსნარებიდან მიღებული შლამი, მიუხედავად იმისა, რომ მცირე რაოდენობით შეიცავს MnO₂-ს, უფრო აქტიურ პროდუქტს წარმოადგენს, ვიდრე მწკავე კალიუმის ხსნარებში მიღებული შლამი. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ასეთი განსხვავების მიზეზია როგორც სხვადასხვა რაოდენობის ჰიდრატული წყლის შეცულობა, რაც დიდ გავლენას ახდენს მანგანუმის ორქანგის აქტივობაზე, ისე ტუტე ელექტროლიტის ადსორბციის სხვადასხვა ხასიათი KOH-ისა და K₂CO₃-ის ხსნარებში, აგრეთვე წარმოქმნილი შლამების დისპერსიის ხარისხი.

დასკვნები

ცდები KMnO₄-ისა და K₂MnO₄-ის მიღებისა ელექტროლიტური მანგანუმის ელექტროდების გამოყენებით უღიაფრაგმო აბაზანებში გვიჩვენებს, რომ ცდის პირობებისა და ტუტე ელექტროლიტის შედგენილობის მიხედვით ელექტროლიტის პროდუქტებია კრისტალური პერმანგანატი, მანგანატი ანდა მათი ნარევი, აგრეთვე მანგანუმის ორქანგის შემცველი შლამი.

მარილთა დენით გამოსავალი 30—40%⁰-ს არ აღემატება. ადილად განსახორციელებელი პერმანგანატისა და შლამის დაცილება იძლევა ქიმიურად სუფთა კრისტალურ პერმანგანატს და მანგანუმის ორქანგს, რომლისგანაც დამზადებული გალვანური ელემენტის დადებითი ელექტროდის აგლომერატის მასა რივი ძირითადი მაჩვენებლებით შესაძინევიად აღემატება როგორც ბუნებრივი ჭიათურის პიროლუზიტის, ისე FAII-ის მეთოდით მიღებულ MnO₂-ს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

გამოყენებითი ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 14.11.1956)

ალეინლის სისტემის რესინთეზში მონაწილე ამინომჟავათა
ბარდაქმნები თავის ტვინის ჰომოგენატში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა პ. ქომეთიანმა 6.3.1956)

წინა შრომებში [1-3] ექსპერიმენტულად ნაჩვენებია იყო, რომ თავის ტვინში ალეინლის სისტემის რესინთეზი შესაძლებელია განხორციელდეს ამინომჟავების — გლუტამინის, γ -ამინოვარსისა და β -ალანინის ამინოაზოტის ხარჯზე. მაგრამ ამ რეაქციის მექანიზმის გამოსაკვლეველად საჭირო იყო იმის დადგენა, თუ ჩვენი ცდების პირობებში რა გარდაქმნებს განიცდიან ზემოხსენებული ამინომჟავები.

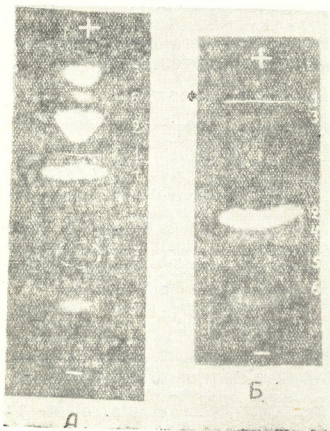
ამჟამად ასე თუ ისე ნათელი წარმოდგენა არსებობს ნერვულ ქსოვილში ამინომჟავების გარდაქმნათა გზების შესახებ [4, 5, 6, 11]. მათ შესაძლებელია განიცადონ დეჰამინირება, დეკარბოქსილირება, ამიდირება და გადაამინირების სხვადასხვა რეაქცია. დაისვა საკითხი, თუ ჩვენი ცდების პირობებში რომელი მათგანი ან როგორი ინტენსივობით ხორციელდება.

მ ე თ ო დ ი კ ა

მუშაობა წარმოებდა ვირთავას თავის ტვინის ჰომოგენატზე. ცდების ჩატარების პირობები ისეთივე იყო, როგორიც წინათ [1, 2, 3]. ჰომოგენატი მზადდებოდა სიცივეში 0,08 M კალიუმის ფოსფატის ბუფერზე, pH — 7,5; ინკუბირება წარმოებდა 0,04 M კალიუმის ფოსფატისა (pH — 7,5) და 0,003 მაგნიუმის ქლორიდის შემცველ სარეაქციო არეში შენჯღრევით 37°-ზე. რიგ ცდებში შეგვექონდა 0,003 M იზოზინმონოფოსფატი (იმფ) ან იზოზინტრიფოსფატი (იტფ) და 0,015 M ამინომჟავები. ინკუბირება ტარდებოდა აერობულ პირობებში სხვადასხვა ხანგრძლივობით. ინკუბირების დამთავრების შემდეგ ნარევეს ემატებოდა 75%-მდე სპირტი. სპირტის ექსტრაქტიდან ამინომჟავები გამოიყოფოდა ქილალდზე ელექტროფორეზის მეთოდით. მათი რაოდენობითი განსაზღვრა წარმოებდა სპეციალური რეაქციით ნინჰიდრინთან.

წინასწარ გამოვცადეთ ლიტერატურაში არსებული ამინომჟავების ქრომატოგრაფიული და ელექტროფორეტიული გამოყოფისა და ნინჰიდრინით განსაზღვრის რამდენიმე ვარიანტი, ჩვენს მოთხოვნას არც ერთი მათგანი არ აკმაყოფილებდა. ჩვენ ვისარგებლეთ ზოგიერთი ხერხით სხვადასხვა მეთოდთან, შევიტანეთ მათში ცვლილებები და შევქმნილთ ორჯერადი ერთგანზომიანი ელექტროფორეზის საშუალებით ტვინის ქსოვილიდან ყველა ამინომჟავას სრული და სწრაფი გამოყოფის წესის გამომუშავება. ქვემოთ აღნიშნული პირობების დაცვისას ამინომჟავების შეფერვით ქილალდზე ჩვენ ვახდენდით ნინჰიდრინის დიდი რაოდენობის დახარჯვის გარეშე (რასაც ადვილი აქვს საზოგადოდ გამოყენებული ფერადი რეაქციისას სინჯარებში) ამინომჟავების ზუსტ რაოდენობით განსაზღვრას. აღწერით ჩვენ მიერ გამოყენებულ წესს.

15—20 მკ ტვინის ქსოვილის შესაბამისი 1—1,5 მლ რაოდენობის სპირტის ექსტრაქტი ორთქლდებოდა პლექსიგლასის ჯამებში 40°-ზე. ნალექი იხსნებოდა 20—30 მლ წყალში და იწვეთებოდა ქალალზე (პლექსიგლასი არ სველდება წყლით, რაც ჯამიდან ქალალზე მთელი სითხის გადატანის საშუალებას იძლევა). ჯამი ირეცხებოდა კიდევ 20—30 μ ლ წყლით. დაწვეთება წარძობებდა თბილი ჰაერის ნაკადში გაშრობით. ქალალის ზომა იყო 4.5×38 სმ.



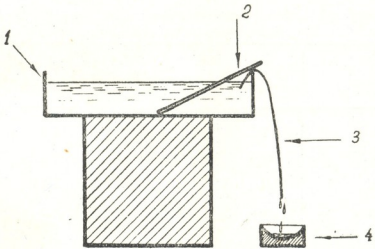
სურ. 1. თავის ტვინის ჰომოგენატის ამინომჟავების ელექტროფორეზი (ანაბეჭდი ფოტოქაქალალზე):

A—I ელექტროფორეზი (pH—4,0): 1—ექსტრაქტის დაწვეთების ადგილი; 2—გლუტამინის მჟავა; 3—ასპარაგინის მჟავა; 4—ნეიტრალური ამინომჟავები და გლუტამინი; 5— γ ამინოვარბოს მჟავა; 6—არაიდენტიფიცირებული ნივთიერება; 7— β -ალანინის ადგილი;

B—II ელექტროფორეზი (ლაქა A—4-დან ნეიტრალური ამინომჟავების გაყოფა, pH—2,4): 1—დაწვეთების ადგილი; 2—გლუტამინი; 3—6-ნეიტრალური ამინომჟავები

ელექტროფორეზი წარმოებდა პირიდან — ძმარმჟავას ბუფერში, რომელსაც იყენებდნენ თავის ცვლებში გ რ ა ს მ ა ნ ი და ჰ ა ნ ი ნ გ ი [7]. ამ ბუფერის ის უპირატესობა აქვს, რომ შესაძლებელია ქალალიდან მისი სრულიად მოშორება, რის გამოც ფერადი რეაქცია ნინჰიდრინთან დაუბრკოლებლად მიმდინარეობს. პირველადი ელექტროფორეზი ტარდებოდა pH 4,0 ბუფერში (0,05M ძმარმჟავა და 0,01M პირიდინი 1 ლიტრში) 2—4° ტემპერატურაზე 3,5 საათის განმავლობაში, ძაბვა — 500 ვოლტი, თითოეულ ქალალზე დენის ძალა — 1,5—2 mA. ერთდროულად იდგმებოდა 8—12 ქალალი. ელექტროფორეზის დამთავრების შემდეგ ქალალი შრებოდა, ისინჯებოდა ულტრავიოლეტში, ნეიტრალური ამინომჟავების (სურ. 1-A) შესაბამისი ლაქა ამოიჭრებოდა და ექსტრაჰირდებოდა დენტის წყლით [8] (სურ. 2). პლექსიგლასის ჯამებში შეგროვებული ექსტრაქტი (1—1,5 მლ) ორთქლდებოდა და მშრალი ნაშთი გადაიტანებოდა ქალალზე ზემოთ აღნიშნული წყლით. მეორადი ელექტროფორეზი წარმოებდა ბუფერში pH—2,4 (1 N ძმარმჟავა, რომელსაც იონური ძალის გასაღიდეზლად მომატებული ჰქონდა 0,02M ნატრიუმის ქლორიდი) 4 საათის განმავლობაში, 500 ვოლტი ძაბვის დროს.

პირველადი და მეორადი ელექტროფორეზის შემდეგ ქალაღი შრებოდა ბუფერის სუნის სრულ გაქრობამდე, ესხურებოდა 1% ნინჰიდრინის ხსნარ ბუფანოლში და მელავნდებოდა წყლის ორთქლის (შეფერვის უკეთესი გამოვლინებისათვის) ატმოსფეროში 105°-ზე 5—7 წუთის განმავლობაში. ჩვენთვის საინტერესო ამინომჟავების ლაქები ამოიჭრებოდა, ექსტრაჰირდებოდა 50% მეთანოლით 25 წუთის განმავლობაში შენჯღრევით და ექსტრაქტი ფოტომეტრირდებოდა. ზუსტი შედეგების მისაღებად ჩვენი ცდის პირობებში (ქალაღის მოცემული (სიგანისას) ლაქაში ამინომჟავების რაოდენობა 25 μ გ არ უნდა აღმატებოდეს.



სურ. 2. ლაქადან ამინომჟავას ელუცია: 1—პეტრის ჯამი; 2—მინის ფირფიტა (სასაგნე მინის ნახევარი); 3—ტრომოტოგრაშიდან ამოკრილი ქალაღი ამინომჟავას ლაქათი; 4—პლესიგლასის ჯამი ექსტრაქტის ასაორთქლებლად

პირველადი ელექტროფორეზის შემდეგ ისაზღვრებოდა: გლუტამინის, ასპარაგინისა და γ -ამინოერბოს მჟავები და β -ალანინი (სურ. 1-A), ხოლო მეორადის შემდეგ — გლუტამინი (სურ. 1-B). ერთდროულად წარმოებდა სტანდარტული ხსნარების სხვადასხვა რაოდენობის ელექტროფორეტიული გამოყოფა სტანდარტის მრუდის შესადგენად. ელექტროფორეგრამების რამდენიმე თვის განმავლობაში შესანახად მივმართავდით 0,5 N ნიკელის სულფატის ხსნარის მისხურებას [9]. უფრო ხანგრძლივი შენახვისათვის ვაკეთებდით ფოტონახებულებს (ელექტროფორეგრამა თავსდებოდა კონტრასტულ ფოტოქალაღზე და განათება გრძელდებოდა 1 წამის განმავლობაში).

შედგებები და მათი განხილვა

მიღებული მონაცემებიდან ირკვევა, რომ ტვინის ჰომოგენატის ამინოაზოტის ძირითადი ნაწილი ოთხი ნაერთის — გლუტამინის, ასპარაგინისა და γ -ამინოერბოს მჟავებისა და გლუტამინის — შედგენილობაშია (ცხრ. 1, სურ. 1). ჰომოგენატში ამ ნაერთების რაოდენობა დაახლოებით შეესაბამება ლიტერატურულ მონაცემებს ტვინის ამინომჟავური შედგენილობის შესახებ [10, 11], ე. ი., როგორც ჩანს, ჰომოგენატის მომზადებისას ამინომჟავათა გარდაქმნები პრაქტიკულად შეაკვებულია.

როგორც უკვე იყო აღნიშნული, დასაწყისში ჩვენ განზრახული ვიქონიდა მხოლოდ გლუტამინისა და γ -ამინოჰობოს მჟავების, β ალანინისა და გლუტამინის გარდაქმნების შესწავლა. მაგრამ ჰომოგენატში ასპარაგინის მჟავას, რომელიც ინკუბირებისას საგრძნობ ცვლილებას განიცდის, დიდი რაოდენობის აღმოჩენის გამო ჩვენი გამოკვლევის ობიექტს ეს ამინომჟავაც დაემატა.

ზემოაღნიშნული შედეგნილობის სარეაქციო არეში ჰომოგენატის ინკუბირებისას, ამინომჟავებისა და აღენილის სისტემის კომპონენტების შეტანის გარეშე, ადგილი აქვს ქსოვილის ამინომჟავური შედეგნილობის შემდეგ ცვლილებებს (ცხრ. 1).

ცხრილი 1
 ტენის ჰომოგენატში ამინომჟავების რაოდენობის ცვლილება აერობულ პირობებში
 ინკუბირებისას მგ %/‰ N—NH₂

ცდის პირობები	გლუტამინის მჟავა	გლუტამინი	γ -ამინოჰობოს მჟავა	ასპარაგინის მჟავა
ინკუბაციამდე	9,5	6,4	2,8	4,5
ინკუბაცია 15 წ.	16,6	კვალის სახით	3,5	6,1
" 1 ს.	11,9	"	4,9	6,5
" 2 ს.	10,6	"	7,0	8,9

ინკუბირების პირველი 15 წუთის განმავლობაში გლუტამინი თითქმის მთლიანად ქრება, ამასთანავე მატულობს გლუტამინის მჟავას რაოდენობა, რომელიც შემდგომ თანდათან მცირდება, აღწევს რა 1—2 საათის შემდეგ დაახლოებით საწყის დონეს. საგრძნობლად იზრდება — ამინოჰობოს მჟავას, ასევე ასპარაგინის მჟავას რაოდენობა. ანაერობულ პირობებში სამივე ამინომჟავას რაოდენობის მომატება უფრო მკვეთრადაა გამოხატული (ცხრ. 2).

ცხრილი 2
 ტენის ჰომოგენატში ამინომჟავათა რაოდენობის ცვლილება აერობულ და ანაერობულ პირობებში ინკუბირებისას, ინკუბირება 1 საათის განმავლობაში მგ %/‰ N—NH₂

ცდის პირობები	გლუტამინის მჟავა	γ -ამინოჰობოს მჟავა	ასპარაგინის მჟავა
აერობულ პირობებში	12,9	3,6	6,8
ანაერობულ პირობებში	14,8	4,0	7,4

გამოსაკვლავი ამინომჟავების გარდაქმნათა უფრო ნათლად გარკვევის მიზნით, ჩვენ რიგ-რიგობით ვზრდიდით თითოეული მათგანის კონცენტრაციას (0,01—0,015M-მდე) და ამ პირობებში ვაკვირდებოდით დანარჩენი ამინომჟავების შემცველობის ცვლილებებს (იხ. ცხრ. 3).

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, გლუტამინის მჟავას შეყვანის შემდეგ კიდევ უფრო მეტად იზრდება γ -ამინოჰობოსა და ასპარაგინის მჟავების რაოდენობა. ასეთსავე მოვლენას აქვს ადგილი გლუტამინის მიმატებისას. უკანას-

კენელ შემთხვევაში გლუტამინის მჟავას რაოდენობა ძალიან დიდ ოდენობას აღწევს (განუსაზღვრელი), γ -ამინოჰერბოს მჟავას დამატება იწვევს გლუტამინისა და ასპარაგინის მჟავების მომატებას. ასპარაგინის მჟავა β -ალანინის გარდა დანარჩენი ამინომჟავების რაოდენობაზე შესამჩნევ გავლენას არ ახდენს. ცდების ჩვეულებრივ პირობებში ტვინში ნაკლები შემცველობის გამო β -ალანინი სრულიად არ ისაზღვრება. ჰომოგენატში ასპარაგინის მჟავას შეყვანისას კი ელექტროფორეგრამაზე ჩნდება მისი ლაქა. სარეაქციო არეში β -ალანინის დამატება დანარჩენი ამინომჟავების რაოდენობას არსებითად არ ცვლის.

ცხრილი 3

ტვინის ჰომოგენატის ამინომევათა რაოდენობის ცვლილებები ინკუბირების პროცესში გლუტამინის, γ -ამინოჰერბოსა და ასპარაგინის მჟავებისა და β -ალანინის დამატების შემდეგ. ინკუბირება აერობულ პირობებში 1 საათის განმავლობაში. მგ %/‰ N—NH₃

მომატებული სუბსტრატი	გლუტამინის მჟავა	γ -ამინოჰერბოს მჟავა	ასპარაგინის მჟავა	β -ალანინი
სუბსტრატის გარეშე	—	4,3	6,8	არ არის
გლუტამინის მჟავა	—	5,0	8,9	"
სუბსტრატის გარეშე	13,2	3,7	6,8	"
გლუტამინი	ძალიან ბევრი	5,6	8,4	"
სუბსტრატის გარეშე	11,3	—	7,7	"
γ -ამინოჰერბოს მჟავა	13,7	—	10,0	"
სუბსტრატის გარეშე	13,7	2,5	—	ცვლის სახით
ასპარაგინის მჟავა	13,6	2,5	—	"
სუბსტრატის გარეშე	13,6	2,7	6,1	არ არის
β -ალანინი	13,8	2,9	5,5	"

შემომოყვანილი ცდებიდან (ცხრ. 1—3) ჰომოგენატის ინკუბირებისას როგორც ამინომჟავების დამატებით, ასევე მათ გარეშე ჩანს, რომ ჰომოგენატში ხორციელდება ტვინის ქსოვილისათვის დამახასიათებელი თითქმის ყველა რეაქცია. უპირველესად მელავნდება გლუტამინის დეჰამინირების მაღალი სისწრაფე, მისი დიდი რაოდენობით შეყვანის დროსაც კი ის 15 წუთის განმავლობაში თითქმის მთლიანად ქრება გლუტამინის მჟავას დაგროვებასთან ერთდროულად. γ -ამინოჰერბოს მჟავას რაოდენობის მომატება, რომელიც გლუტამინის მჟავას შეყვანისას კიდევ უფრო მატულობს, ლაპარაკობს უკანასკნელის დეკარბოქსილირების შესახებ. ასპარაგინის მჟავას შემცველობის გაზრდა, აგრეთვე უფრო შესამჩნევი გლუტამინის მჟავას მომატების შემდეგ, ალბათ მიუთითებს გლუტამინიდან მჟაუნ-მარმჟავაზე გადაამინირების რეაქციაზე. ასპარაგინის მჟავას შეყვანისას β -ალანინის გამოჩენა მისი დეკარბოქსილირების მაჩვენებელია. γ -ამინოჰერბოს მჟავას მიმატებისას გლუტამინის მჟავას რაოდენობის გაზრდა საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ γ -ამინოჰერბოს მჟავადან კეტოგლუტარატზე გადაამინირების რეაქცია მიმდინარეობს.

ინკუბირებისას შემჩნეული გლუტამინის სწრაფი დეზამინირებით პირობადებული გლუტამინის მკაფას შემცირება, მისი თავდაპირველი მომატების შემდეგ ალბათ ხდება, ერთი მხრით, დეკარბოქსილირებასა და დეზამინირებაზე მისი დახარჯვის, ხოლო, მეორე მხრით, ჟანგვითი დეზამინირების წყალობით. აღნიშნულ პირობებში გლუტამინის დეზამინირებას ვხვდებით წინა შრომებშიც [1, 2]. გარდა ამისა, ჟანგვით რეაქციაში გლუტამინის მოხმარების სასარგებლოდ ლაპარაკობს ანაერობულ პირობებში მისი უფრო მაღალი შემცველობა (ცხრ. 2).

ამგვარად, გამოირკვა, რომ ტვინის ჰომოგენატის ამინოაზოტის ძირითადი მასის შემცველი სამი ამინომჟავას — გლუტამინის, ასპარაგინისა და γ -ამინოვობის მჟავების — გარდაქმნები მკვიდროდაა ერთმანეთთან დაკავშირებული. ერთი მათგანის კონცენტრაციის ცვლილება სწრაფად შედარდება დანარჩენის რაოდენობაზე. რამდენადმე განცალკევებით არის β -ალანინის ცვლა. ამკარაა, რომ მისგან ამინოაზოტის კეტომჟავებზე გადასვლა ჩვენს პირობებში გაძნელებულია.

შემდეგ განმეორებით ჩავატარეთ წინა შრომებში [1—3] აღწერილი ადენილის სისტემის რეამინირების ცდები, ე. ი. სარეაქციო არეში შეგვქონდა იმფინკუბირების შემდეგ ისაზღვრებოდა ამინომჟავების რაოდენობა. საკონტროლოდ აღებოდა სინჯები იმფ დამატების გარეშე. აღნიშნული ცდების შედეგები მოცემულია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4
ამინომჟავების შემცველობის ცვლილებები ჰომოგენატის ინკუბირებისას იმფ თანდასწრებით მგ %/‰ N-NH₂

ცდის პირობები	გლუტამინის მკაფა	γ -ამინობის მკაფა	ასპარაგინის მკაფა
აერობული პირობები			
იმფ გარეშე	10,5	4,6	6,8
იმფ	8,6	2,4	4,5
ანაერობული პირობები			
იმფ გარეშე	10,6	4,2	7,2
იმფ	9,9	3,3	5,7

როგორც გამოირკვა, იმფ შეყვანა ამცირებს გლუტამინის, ასპარაგინისა და γ -ამინობის მკაფების რაოდენობას. აერობულ პირობებში ეს შემცირება (საკონტროლო სინჯთან შედარებით) უფრო მკვეთრადაა გამოხატული. ტვინში β -ალანინის უმნიშვნელო შემცველობის გამო მისი რაოდენობითი ცვლილებების შემჩნევა ძნელია. ამის გამო ის წინასწარ შეგვყავდა სარეაქციო არეში და შემდეგ ვსაზღვრავდით (ინკუბირების შემდეგ) მის რაოდენობას. β -ალანინი შეიყვანებოდა 30 μ გ ამინოაზოტის რაოდენობით (იხ. ცხრ. 5).

ირკვევა, რომ აერობულ და ანაერობულ პირობებში იმფ მიმატებისას β -ალანინის რაოდენობაც მცირდება. პირველ შემთხვევაში ეს შემცირება კვლავ უფრო მკვეთრადაა გამოხატული. იმფ მიმატებისას ამინომჟავების რაოდენობის შემცირება უნდა განვიხილოთ როგორც იმფ ამინირებაზე მათი დახარჯვის გამოხატულება.

ცხრილი 5
სარეაქციო არეში შეყვანილი β -ალანინის რაოდენობის ცვლილება
ჰომოგენატის ინკუბირებისას იმდენ თანადასწრებით
მგ %/‰ N-NH₂

ცდის პირობები	β -ალანინის რაოდენობა
აერობული პირობები	
იმდ გარეშე	28,3
იმდ	18,8
ანაერობული პირობები	
იმდ გარეშე	24,5
იმდ	21,3

ამგვარად, მტკიცდება ჩვენ მიერ წინათ გამოყვანილი დასკვნა ამ რეაქციაში გლუტამინისა და γ -ამინოიზობოს მჟავებისა და β -ალანინის მონაწილეობის შესახებ. დამატებით, ამინოჯგუფების შესაძლებელი დონორის სახით ელინდება ასპარაგინის მჟავა. ხოლო საკითხი იმის შესახებ, წარმოადგენს თუ არა ამ ამინომჟავებიდან თითოეული ამინოჯგუფების უშუალო წყაროს, ან წინასწარ ზორციელდება თუ არა ერთ-ერთ მათგანად გარდაქმნა, ჯერჯერობით ღიად რჩება. თუ მივიღებთ მხედველობაში მათ ადვილად ურთიერთგარდაქმნას, შესაძლებელია მეორე მოსაზრების დაშვებაც.

ის გარემოება, რომ იმდ აერობულ პირობებში უფრო მკვეთრად ამცირებს ამინომჟავების რაოდენობას, ვიდრე ანაერობულში, შეიძლება აეხსნათ იმით, რომ რეამინირებული ადენილის სისტემა აძლიერებს უახვევით პროცესებს. ე. ი. ამინომჟავების დაზარაებას. ეს მტკიცდება ჩვენი წინანდელი შრომით [2] და ლიტერატურული მონაცემებით [12].

ჩვენ მიერ წინათ ჩატარებული ცდებით [1, 2, 3] დასტურდებოდა ტვინის ჰომოგენატში ადენილის სისტემის რეამინირების შესაძლებლობა იმ შემთხვევაში, თუ ამინირებისათვის აღებული იყო არა იმდ, არამედ იტფ, ვინაიდან მთლიან ჰომოგენატში შესაძლებელია განზორციელდეს უკანასკნელის წინასწარი დეფოსფორირება. თუმცა, როდესაც წინამდებარე შრომაში ჩვენ შევეცადეთ იმდ შეგვიცვალა იტფ-ით, უარყოფითი პასუხი მივიღეთ. იტფ არ იწვევს ამინომჟავების დონის დაწევას, რასაც ადვილი აქვს იტფ-ის შეტანისას. ამ წინააღმდეგობის მიზეზი ჯერჯერობით გაურკვეველია.

დასკვნა

1. ვირთავებს თავის ტვინის ამინოაზოტის უმეტესი ნაწილი თავმოყრილია გლუტამინში, გლუტამინის, ასპარაგინისა და γ -ამინოიზობოს მჟავებში.
2. ჰომოგენატის ინკუბირებისას კალიუმის ფოსფატისა და მავნიუმის იონების შემცველ სარეაქციო არეში ამინომჟავები მრავალფეროვან გარდაქმნებს განიცდიან. ზორციელდება ტვინის ქსოვილისათვის დამახასიათებელი თითქმის ყველა რეაქცია: გლუტამინის დეჰამინირება, გლუტამინის მჟავას დეჰამინირება და დეკარბოქსილირება, ასპარაგინის მჟავას დეკარბოქსილირება და გადაამინირების რიგი რეაქციები.

3. გლუტამინის, ასპარაგინისა და γ -ამინოერბოს მჟავების გარდაქმნები მკიდრო ურთიერთკავშირშია. ერთ-ერთი მათგანის რაოდენობის შეცვლა გავლენას ახდენს დანარჩენის რაოდენობაზე. β -ალანინის ცვლა უფრო განსხვავებულია.

4. ჰომოგენატის ინკუბირებისას შეყვანილი ინოზინმონოფოსფატი იწვევს გლუტამინის, ასპარაგინისა და γ -ამინოერბოს მჟავებისა და β -ალანინის რაოდენობის შემცირებას. ეს ფაქტი ადასტურებს წინათ გამოყვანილ დასკვნას იმის შესახებ, რომ ადენილის სისტემის რეამინირებისათვის ამინოგლუტის დონორს წარმოადგენს გლუტამინისა და γ -ამინოერბოს მჟავები და β -ალანინი. დამატებითი დონორის სახით გვევლინება ასპარაგინის მჟავა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

აკად. ი. ბერიტაშვილის სახელობის

ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 14.3.1956)

დამოუკიდებელი ლიტერატურა

1. П. А. Ко мети ани и Е. Э. Клейн. О путях ресинтеза аденозинтрифосфата. Реаминирование инозинтрифосфата гомогенатом головного мозга. Сообщения АН ГССР, т. XIV, 1953, 407.
2. П. А. Ко мети ани и Е. Э. Клейн. О путях ресинтеза аденозинтрифосфата. Использование γ -аминомасляной кислоты и β -аланина в реаминировании адениловой системы гомогенатом головного мозга, Сообщения АН ГССР, т. XVI, 691, 1955.
3. П. А. Ко мети ани и Е. Э. Клейн. О путях реаминирования адениловой системы в нервной и мышечной тканях, Биохимия, 21, 389, 1956.
4. А. Е. Браунштейн. Биохимия аминокислотного обмена, Москва, 1949.
5. E. Roberts a. S. Frankel. γ -Aminobutyric acid in brain; its formation from glutamic acid. J. biol. Chem., 187, 55, 1950.
6. S. P. Bessmann, T. Rossen a. E. C. Layne. γ -Aminobutyric acid—glutamic acid transamination in brain, J. biol. chem., 201, 385, 1953.
7. W. Grassmann, K. Hanning u. M. Plöcke. Eine Methode zur quantitativen Bestimmungen der Aminosäurezusammensetzung durch combination von Electrophorese und Chromatographie. Hoppe-Seil. Z., 299, 258, 1955.
8. E. E. Dent. The aminoaciduria in Fanconi syndrome. A study making extensive use of techniques based on paper partition chromatography. Biochem. J., 41, 240, 1947.
9. И. М. Хаба с и С. Б. Элькин. Метод фиксации хроматограмм аминокислот, проявленных нингидрином. Бюллетень Эксп. Биол. и Мед., XI, 79, 1955.
10. G. B. Ansell a. D. Richter. A note on free aminoacids content of rat brain. Biochem. J., 57, 70, 1954.
11. H. Walsch. Glutamic acid and cerebral function. Adv. in prot. chem., VI, 299-1951.
12. C. R. Rayford a F. Friedberg. Metabolism of glutamic—1—C¹⁴ and aspartic—4—C¹⁴ acids in homogenates of brain and liver tissues of rats. Bioch. et Bioph. Acta, 14, 13, 1951.

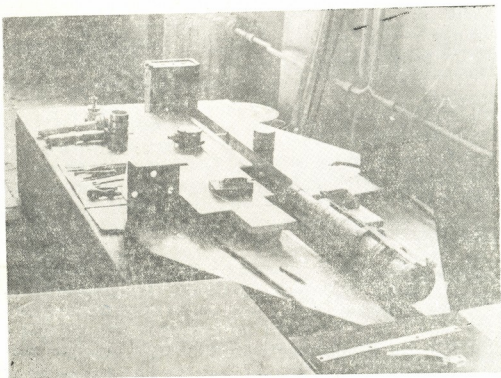
ტექნიკა

ო. კანიტაძე

დარტყმითი საგამოცდო დანადგარი და ღეროების გამოცდის
მეთოდი დარტყმით ბრძიმ ღუნვაზე

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზაფრეევმა 22.12.1956)

გამოყენებითი დინამიკის თანამედროვე ამოცანათა შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია დარტყმით ამოცანას, რომელსაც აქტუალური მნიშვნელობა აქვს სწრაფმსვლელ და ზესწრაფმსვლელ მანქანათა განვითარების საკითხში. აღნიშნული ამოცანის თეორიული ანალიზის დროს ვხვდებით რიგ სიძნელეებს. მათი ნაყოფიერი გადაწყვეტა შესაძლებელია მხოლოდ საწ-



სურ. 1. დარტყმითი საგამოცდო დანადგარი

ყისი მონაცემების ზუსტი ექსპერიმენტული გამოკვლევით. ამიტომ დიდ ინტერესს წარმოადგენს გამოსაკვლევნი მანქანებისა და საკონტროლო-საზომი

აპარატურის შექმნა დარტყმითი მოვლენების ყოველმხრივ შესწავლის მიზნით.

ამჟამად არსებული ყველა სახის ურნალები საშუალებას იძლევიან განისაზღვროს სხვადასხვა მასალისათვის მხოლოდ დარტყმითი ფარდობითი სიბლანტე და რიგი უარყოფითი თვისებები ახასიათებთ [1].

ანალოგიური საკითხები წყდება ვიტმანის ურნალის საშუალებითაც, რომელიც განსხვავდება წინაარსებული ურნალებისაგან თავისი კონსტრუქციით. უკანასკნელი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სხვადასხვა მასალის დარტყმითი ფარდობითი სიბლანტე დარტყმის დიდი სიჩქარეების დროს ($5 \div 100$ მ/წმ). მაგრამ არასაკმარისი სიზუსტე ახასიათებს [1].

ქვემოთ მოყვანილია აღწერილობა ავტორის მიერ დაპროექტებული და შესრულებული ახალი კონსტრუქციის დარტყმითი დანადგარისა, რომელიც განკუთვნილია ექსპერიმენტების ჩასატარებლად როგორც სტატიკური, ისე დინამიკური (დარტყმით) დატვირთვების დროს ლუნვის სხვადასხვა შემთხვევაში (იხ. სურ. 1).

I. დარტყმითი დანადგარის აღწერილობა

დანადგარი დაკომპლექტებულია შემდეგი ძირითადი ნაწილებისა და მექანიზმებისაგან:

1. დ გ ა რ ი—ყველა ძირითადი ნაწილებისა და მექანიზმების ურთიერთქმედებისა და დამავრებისათვის;

2. ლ უ ლა—ანიჭებს ჭურვს ან დამკვრელს მოძრაობას განსაზღვრული მიმართულებით;

3. დ ა მ კ ვ რ ე ლ ი ზ ა მ ბ ა რ ა—ენერგიის აკუმულირებისათვის;

4. დ ა მ კ ვ რ ი მ ე ქ ა ნ ი ზ მ ი—ჭურვის ან დამკვრელის განსაზღვრულ მდებარეობაში მოსათავსებლად დამკვრელ ზამბარასთან ერთად და აგრეთვე მათი განთავისტულებისათვის დარტყმითი დატვირთვის განხორციელებისას;

5. ხ რ ა ხ ნ უ ლ ი მ ე ქ ა ნ ი ზ მ ი—დამკვრელი ზამბარის შესაკუმშავად, რომელიც ერთსა და იმავე დროს გამოყენებულია სიჩქარის მზომი მექანიზმის ტარირებისათვის;

6. ხ რ ა ხ ნ უ ლ ი მ ე ქ ა ნ ი ზ მ ი—ლულის გადასაადგილებლად სხვადასხვა სიგრძის ნიმუშების გამოცდის მიზნით და სიჩქარის მზომი მექანიზმის ტარირების ჩასატარებლად.

7. ხ ე ლ ს ა წ ყ ო ე ბ ი დ ა მ ო წ ყ ო ბ ი ლ ო ბ ე ბ ი—გამოსაცდელი ნიმუშების სხვადასხვა დამავრების სქემების განხორციელებისა და მისი მიმართულების შენარჩუნებისათვის;

8. ს ა კ ო ნ ტ რ ო ლ ო ს ა ზ ო მ ი—ხელსაწყობები ჭურვის ან დამკვრელის კინემატიკური ელემენტების განსაზღვრისათვის;

9. დ ა მ კ ვ რ ე ლ ე ბ ი ს ა დ ა ჭ უ რ ვ ე ბ ი ს ს ხ ვ ა დ ა ს ხ ვ მ ა ს ე ბ ი ს მ ქ ო ნ ე კ ო მ პ ლ ე ქ ტ ი;

10. ხ ი დ ი (დგარი)—ფოტო-კინომოწყობილობების დასადგმელად;

- 11. და ფ ა — გამოსაცდელი ნიმუშის დეფორმაციის სიდიდეების ათვლის და მისი გრძივი ღერძის ტრაექტორიის ასაგებად;
- 12. კ ა ლ ი მ ა ტ ო რ ი (კ ო ნ დ ე ნ ს ო რ ი) და ფ ო ტ ო ე ლ ე მ ე ნ ტ ე ბ ი — ჭურვის ან დამკვრელის სიჩქარის განსაზღვრისათვის;
- 13. ღ ი ნ ა მ ო მ ე ტ რ ი — სტატიკური დატვირთვისა და ნიმუშის გრძივი ან განივი გადაადგილების სიდიდის განსაზღვრისათვის.

დანადგარის ძირითადი მონაცემები:

სიგრძე 1750 მმ, სიგანე 900 მმ, სიმაღლე 300 მმ, წონა 80 კგ, მაქსიმალური კინეტიკური ენერგია 3,0 კგმ, ზამბარის ჯდომის ფასი 1,2 კგ/მმ, ჭურვის სიჩქარე 0—25 მ/წმმ (25 მ/წმ — სფერული ჭურვისათვის).

გამოსაცდელი ნიმუშების გეომეტრიული ზომები:

- ა) სიგრძე 500—1300 მმ, ბ) სიგანე 50 მმ, გ) სისქე 5 მმ.

აღნიშნული დარტყმითი დანადგარი საშუალებას იძლევა ჩავატაროთ ექსპერიმენტები შემდეგი ვარიანტებით:

პირველი ვარიანტი განკუთვნილია ნიმუშების გამოსაცდელად გრძივი და განივი ღუნვის დროს სტატიკურ დატვირთვებზე. ამ მიზნით დანადგარის ლულის წინა ნაწილში თავსდება განსაზღვრული ყალიბის მბიძგავი, რომელიც ეყრდნობა ზამბარას, დამკერი მექანიზმი ღიაა და მთელი დარტყმითი მანქანის გადაადგილებით დგარის მიმართ (აღნიშნული გადაადგილება ხორციელდება სპეციალური ხრახნული მექანიზმით) მბიძგავი ეხება გამოსაცდელ ნიმუშს და ზამბარას, რომლის ჯდომის სიდიდის მიხედვით ვსაზღვრავთ სტატიკური ძალის სიდიდეს.

საზომი ხელსაწყოები სტატიკური ძალის სიდიდესთან ერთად საშუალებას იძლევიან გავზომოთ ნიმუშის დეფორმაციისა და მასზე დახარჯული ენერგიის სიდიდეებს.

აღნიშნული ვარიანტით მუშაობისას შესაძლებელია განსაზღვრული ნიმუშების (იხ. დანადგარის მონაცემები) გამოცდა როგორც დრეკადობის, აგრეთვე მის ზემო ფარგლებშიც.

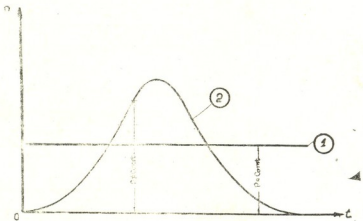
მეორე ვარიანტი განკუთვნილია ნიმუშების დინამიკურ (დარტყმით) დატვირთვებზე გამოცდიასათვის.

უკანასკნელი განსხვავდება პირველი ვარიანტისაგან დამკვრელისა და ჭურვის კონსტრუქციით, რომელთა გასროლა ხდება წინასწარ აკუმულირებული ზამბარის ენერგიის საშუალებით, დამკერი მექანიზმის ჩაბმაზე მოქმედების შემდეგ.

ზამბარის საშუალებით დამკვრელს ან ჭურვს ენიჭება განსაზღვრული საწყისი სიჩქარეები და მათი გამოსაცდელ ნიმუშთან შეხვედრისას წარმოიქმნება დარტყმითი დატვირთვა და ხდება უკანასკნელის დეფორმაცია. დარტყმითი დანადგარისა და საზომი აპარატურის საერთო ხედი (იხ. სურ. 2).

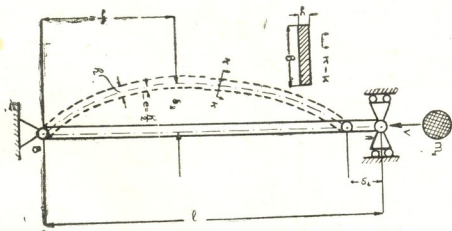
ამგვარად, ზემოთ აღნიშნული დარტყმითი დანადგარის საშუალებით შესაძლებელი ხდება სათანადო ნიმუშების გამოცდა სტატიკური და დინამიკური სახის დატვირთვებზე განივი და გრძივი ღუნვების შემთხვევებში.

პირუკუ, დარტყმითი დატვირთვების დროს, რადგან აღნიშნული პროცესი ძალიან ხანმოკლე პერიოდის განმავლობაში მიმდინარეობს და დარტყმის დროს აღძრული ძალა ძშირად მეტიც არის, ვიდრე კრიტიკული ძალის სიდიდე, ძელმა შეიძლება ვერ მოასწროს მდგრადობის დაკარგვის განვითარება და აღადგინოს მისი საწყისი ფორმა, თუ ღეფორმაციის სიდიდე არ აღემატება დრეკადობის ფარგლებს (იხ. სურ. 3).



სურ. 3

შემოთქმულიდან გამომდინარე, შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ ძელის გრძივი მდგრადობის საკითხი დარტყმითი დატვირთვების დროს განსაკუთრებულ მიდგომას მოითხოვს, რადგან ამ შემთხვევაში არსებობს ძელის მუშაობის საშუალება არა მარტო მდგრადობის ფარგლებში (სტატისკის თვალსაზ-



სურ. 4

რისით), არამედ მის ზევითაც—მასალის დრეკადობის ფარგლებში, თუ ძელის მოსაზღვრე კონსტრუქციები იძლევიან ამის საშუალებებს (მხედველობაშია გადაადგილების საშუალება მისი გეომეტრიული თვალსაზრისით, ე. ი. გრძეა-

დარტყმით ღუნვაზე მომუშავე ძელი მისი დეფორმირების დროს არ უნდა ეხებოდეს მოსაზღვრე ნაწილებს ან კონსტრუქციებს).

გამომდინარე ზემოთ ჩამოყალიბებული აზრის რეალობიდან, ავტორისა და დოც. გ. რაზმაძის მიერ (დარტყმის ენერგეტიკული თეორიის საფუძველზე) მიღებულ იქნა ძელში აღძრული ნორმალური დაბევის საანგარიშო ფორმულა დარტყმითი გრძივი ღუნვის შემთხვევისათვის, როდესაც უკანასკნელი ორივე მხრივ სახსრულადაა დამაგრებული (იხ. სურ. 4 და (1) ფორმულა)⁽¹⁾.

$$\sigma_c = (1 \pm k) \nu \sqrt{\frac{Em_1}{Fl \left(1 + \frac{k^2}{2\beta}\right) \left(1 + \alpha \frac{m_2}{m_1}\right)}}, \quad (1)$$

$$\max \sigma_c = (1 + k) \nu \sqrt{\frac{Em_1}{Fl \left(1 + \frac{k^2}{2\beta}\right) \left(1 + \alpha \frac{m_2}{m_1}\right)}}, \quad (2)$$

$$\min \sigma_c = (1 - k) \nu \sqrt{\frac{Em_1}{Fl \left(1 + \frac{k^2}{2\beta}\right) \left(1 + \alpha \frac{m_2}{m_1}\right)}}. \quad (3)$$

ექსპერიმენტების ჩატარების გაადვილების მიზნით ავტორის მიერ (1), (2) და (3) ფორმულებს მიეცა შემდეგი შეცვლილი სახე:

$$\max \sigma_c = \left(1 + \frac{6cl}{h}\right) \sqrt{\frac{2EU_{დფვ.}}{s \left[1 + 6\left(\frac{cl}{h}\right)^2\right] \left(1 + \alpha \frac{m_2}{m_1}\right)}}, \quad (4)$$

$$\min \sigma_c = \left(1 - \frac{6cl}{h}\right) \sqrt{\frac{2EU_{დფვ.}}{s \left[1 + 6\left(\frac{cl}{h}\right)^2\right] \left(1 + \alpha \frac{m_2}{m_1}\right)}}. \quad (5)$$

სადაც:

h — ღეროს სისქეა, $c = \frac{\delta}{l}$ — ფარდობითი ჩალუნვა (ანგარიშის დროს წინასწარ ინიშნება), $s = Fl$ — ღეროს მოცულობა, E — გამოსაცდელი ნიმუშის დრეკადობის მოდული, $U_{დფვ.}$ — დარტყმის ენერგია, m_1 — დამკვრელის მასა, m_2 — ღეროს მასა, α — დაყვანილი მასის კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე დაზუსტებული იქნება ექსპერიმენტებით, β — ღეროს განივი გალუნვის სიდიდე, l — ღეროს სიგრძე.

ექსპერიმენტების პირველი სერიების ჩატარებისას ვვარაუდობთ, რომ

$$\alpha = \frac{1}{3}.$$

(¹ აღნიშნული შრომა უახლოეს პერიოდში გამოქვეყნდება.

ღეროს დინამიკური მდგომარეობისათვის უნდა იყოს დატული პირობა:

$$C = \frac{\delta}{l} = \frac{0}{l} = 0$$

მაშინ:

$$\max \sigma_0 = \sqrt{\frac{2EU_{დფ.}}{s \left(1 + \alpha \frac{m_2}{m_1}\right)}} \equiv [\sigma_0] \quad (6)$$

სადაც: $[\sigma_0]$ დასაშვები ძაბვაა გრძივი მდგრადობის დროს, რომლის სიდიდე საჭიროა დადგენილ იქნეს ექსპერიმენტებით.

მცირე სიჩქარეებით დარტყმისას ვითვალისწინებთ, რომ

$$[\sigma_0] = \varphi[\sigma] \quad (7)$$

სადაც: φ გრძივი ღუნვის კოეფიციენტია სტატიკური დატვირთვების შემთხვევაში, ხოლო $[\sigma]$ —მასალის დასაშვები ძაბვა კუნწვის დეფორმაციის დროს.

იმ შემთხვევებში, როდესაც კონსტრუქციებში დასაშვებია ძელის განსაზღვრული სიდიდით $\delta \neq 0$ გაღუნვა, ე. ი. $C = \frac{\delta}{l} \neq 0$, მაშინ სიმტკიცისა და მდგრადობის განზოგადებული ფორმულა შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\max \sigma_c = \left(1 + \frac{6cl}{h}\right) \sqrt{\frac{2EU_{დფ.}}{s \left[1 + 6\left(\frac{cl}{h}\right)^2\right] \left(1 + \alpha \frac{m_2}{m_1}\right)}} \equiv [\sigma_c] \quad (8)$$

სადაც: $[\sigma_c]$ დასაშვები დინამიკური ძაბვაა, რომლის სიდიდე განსაზღვრულ უნდა იქნეს ექსპერიმენტების საშუალებით.

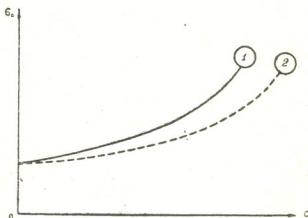
თეორიული და ექსპერიმენტული მონაცემების დაპირისპირება

თეორიული და ექსპერიმენტული მონაცემების დაპირისპირების მიზნით ვაგებთ $\sigma_c = f(c)$ ფუნქციონალურ თეორიულ და ექსპერიმენტულ მრუდებს (2), (3), (4) და (5) ფორმულების საშუალებით (იხ. სურ. 5).

შემდეგ, α კოეფიციენტის შერჩევით ვაღწევთ თეორიული (1) და ექსპერიმენტალური (2) მრუდების მიახლოებას.

ექსპერიმენტებით მიღებულ მრუდს აქვს ის თვისება, რომ უკანასკნელი გვაძლევს საშუალებას დავადგინოთ დამოკიდებულება დასაშვებ ძაბვასა

[σ_c] და C კოეფიციენტს შორის, რის შემდეგ შესაძლებელია ცხრილების შედგენა.



სურ. 5

ექსპერიმენტული მრუდის აგება საშუალებას იძლევა დავადგინოთ ზემოთ მოყვანილი ფუნქციონალური დამოკიდებულების ანალიზურის სახე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 სამშენებლო საქმის ინსტიტუტი
 თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 26.12.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. М. Беляев. Лабораторные и практические работы по сопротивлению материалов, 1955.
2. Г. Н. Карцивадзе. К построению инженерной теории поперечного удара. Труды Института строительного дела АН ГССР, т. V, 1955.

სამთო სამუშაო

მ. კარბელაშვილი და ბ. ციციშვილი

ძლიერ წვრილი ძარღვების მოწინავე აღმავლობიდან მადნის
მონგრავით დამუშავების სისტემის გამოცდა

(წარმოადგინა აკადემიოსმა რ. ავლაძემ 28.9.1956)

ძლიერ წვრილი ძარღვების ექსპლატაციის დროს პრაქტიკაში ფართოდ გავრცელებული დამუშავების ცაკიბური სისტემა გამოიმუშავებული სივრცის ვსებით და აგრეთვე სსრკ აკადემიის სამთო საქმის ინსტიტუტის მიერ მოწოდებული და წარმატებით დანერგული ახალი სისტემა ფუჟი ქანის დამაგაზინებით, ძარღვის გვერდებიდან მოსანგრევი ფუჟი ქანის დიდი მოცულობით ხასიათდება. მათი გამოყენებისას ფუჟი ქანის მონგრევა გვიხდება (სანგრევის ნორმალური სამუშაო სიმაღლის მიღების მიზნით) ძარღვის მთელ დასამუშავებელ ფართზე, ამასთან მონგრეული ფუჟი ქანის მოცულობა თითქმის მუდამ რამდენჯერმე მეტია მადნის რაოდენობაზე, რაც პროდუქციის თვითღირებულებას იძივე ტვირთად აწევა.

ბუნებრივია, რომ მონგრეული ფუჟი ქანის რაოდენობის შემცირებამ თვითღირებულების საგრძნობი შემცირება უნდა გამოიწვიოს.

ალბათ სწორედ ამ მოსაზრებებით ხელმძღვანელობდნენ ინჟინრები მერცალოვი და ტარარინი, როცა მათ ჯერ კიდევ 1935—36 წწ. შეიმუშავეს ძლიერ წვრილი ძარღვების დამუშავების ორიგინალური სისტემები, რომლებითაც გათვალისწინებულია გვერდითი ქანების მონგრევის სამუშაოთა მოცულობის შეკვეცა დაახლოებით 40—50%-ით.

როგორც ცნობილია, ხსენებული სისტემების არსი იმაში მდგომარეობს, რომ, ჩვეულებრივებისაგან განსხვავებით, მათი გამოყენებისას გვერდითი ქანები ინგრევა ბლოკის არა მთელ ფართზე, არამედ მხოლოდ მოწინავე სანგრევებში (საქვესართულე შტრეკებში ინჟ. მერცალოვის სისტემის დროს და აღმავალ გვირაბებში ინჟ. ტარარინის სისტემის დროს), რომლებიც ერთიმეორისაგან 6—7 მ-ის დაცილებითაა გაყვანილი.

აღნიშნულ გვირაბებს შორის კი ინგრევა მხოლოდ მადანი, რითაც იქმნება დაახლოებით ძარღვის სისქის ტოლი ვიწრო გამოიმუშავებული სივრცე.

ინჟ. მერცალოვის სისტემა პრაქტიკაში რამდენჯერმე გამოცადეს ([1], გვ. 16; [2], გვ. 11; [3], გვ. 18) ცდებმა გამოავლინა, რომ მისი გამოყენება შეიძლება

მხოლოდ მადნეულის წოლის მეტად შეზღუდული პირობების დროს, რის გამოც ამ სისტემაში პრაქტიკაში მოსალოდნელი გავრცელება ვერ პოვა.

ინჟ. ტარარინის სისტემა, რომელიც პროფ. პროკოფიევის მიერ აღწერილია მოსკოვის ფერადი ლითონებისა და ოქროს ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომების კრებულში (4, გვ. 59), აგრეთვე მის ცნობილ სახელმძღვანელოში (5, გვ. 215), სადაც იგი მას მაღალ შეფასებას აძლევს და ასახელებს მის რიგ უპირატესობებს ინჟ. მერცალოვის სისტემასთან შედარებით, მიუხედავად დიდი დროის გასვლისა ამ სისტემის მოწოდებიდან, რამდენადაც ვიცით, იგი ჯერ არ გამოუცდიათ, თუმცა ამ სისტემას თითქოს ყოველმხრივი მოწონება და მხარდაჭერა უნდა დამსახურებინა, რადგან ძლიერ წვრილი ძარღვების დამუშავების ეფექტური სისტემის შექმნის საკითხი დიდ აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს და ამომწურავ გადაწყვეტას მოითხოვს კიდევ.

1954—1955 წწ. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ლითონისა და სამთო საქმის ინსტიტუტის მიერ ქუთაისის ლიტობონის ქარხნის ერთ-ერთ ბარიტის საბადოზე ძლიერ წვრილი ძარღვების დამუშავების სისტემების შესარჩევი საკვლევი სამუშაოების ჩატარებისას შესაძლებლობა მოგვეცა გამოგვეცადა ინჟ. ტარარინის სისტემა.

ქვემოთ მოგვყავს ამ ცდების აღწერა და მისი შედეგები.

ცდების აღწერა

ცდების ჩატარების სადგილას ბარიტის ძარღვის სისქე ცვალებადობდა რამდენიმე სანტიმეტრიდან 1,0 მ-მდე, საშუალო სისქე შეადგინდა 0,26 მ, ძარღვის დახრის კუთხე — 85°.

ბარითი — მსხვილკრისტალური, ფირფიტოვანი სტრუქტურისა, სიმაგრის კოეფიციენტით $f = 5$ პროფ. პროტოდიაკონოვის შკალით. მადნის მოცულობითი წონა — 4,1 ტ/მ³.

გვერდითი ქანები — მდგრადი პორფირიტული ტუფობრექჩიები, სიმაგრის კოეფიციენტით $f = 12$. ფუკი ქანის მოცულობითი წონა — 2,6 ტ/მ³.

ბარიტის კონტაქტი გვერდით ქანებთან მკაფიო და არამტკიცე იყო. გვერდითი ქანები გარეგნულად მკვეთრად განსხვავდებოდა ბარიტისაგან.

ძარღვის კონტური მადნის სხეულის სისქის, დახრის კუთხისა და მიმართების ხშირი ცვალებადობის გამო უსწორმასწორო იყო.

საბადო გახსნილია ძარღვის მიმართულებით გაყვანილი შტოლნით.

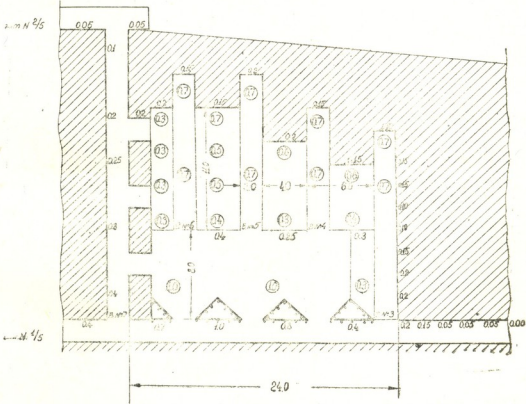
რადგან ძარღვის სისქე, უშუალოდ შტოლნის ზემოდან, ცვალებადობდა 0,6—1,0 მ ფარგლებში, ამიტომ შტოლნის ქერიდან პირველი 8 მ გამომუშაებულ იქნა ცაიბური სისტემით გამზჭენი ბიგების გამოყენებით. აქ გამომუშავებული სივრცის საშუალო სიმაღლე გამოვიდა 1,0 მ.

ინჟ. ტარარინის სისტემაზე გადავედით მხოლოდ მაშინ, როცა ძარღვის სისქე 0,4—0,5 მ-მდე დავიდა.

საფეხურებში ყოველი 6 მ შემდეგ მიცემულ იქნა აღმავალი გვირაბები № № 4, 5 და 6.

ამას გარდა აღდგენილ იქნა საძიებო აღმავალი № 3. ბლოკის სიგრძე შე-
ადგენდა 24 მ (ნახ. 1).

აღმავლები, რომელთა კვეთი იყო 2,0×0,7 მ, გაიყვანებოდა საგები გვერ-
დის მონგრევით.



ნახ. 1. წმენდით და მოსანაადებელ სამუშაოთა საერთო ზედი საცდელ
ბლოკში
ციფრები რგოლებში აღნიშნავს გამონამუშევრების სიმძლავს,
ციფრები ურგოლოდ—ძარღვის სისქეს.

წმენდითი სამუშაოები დაწყებულ იქნა მას შემდეგ, როცა აღ-
მავლები საფეხურების ჰორიზონტს ასცდა 3,0 მეტრით.

აღმავლებიდან, მათ ორივე მხარეს, ძარღვში იბურღებოდა ჰორიზონტა-
ლური შპურები სიღრმით 1,9 მ. ამასთან ერთად იბურღებოდა 6—6 შპური აღ-
მავლობის მოწინავე სანგრევებში (ნახ. 2). აქ შპურების სიღრმე იღებოდა: გამ-
ყელავი (ბარიტში) — 1,2 მ, მომგრევი (ფუჭ ქანში) — 1,1 მ.

ჰორიზონტალური შპურები ეძლეოდა ერთ რიგად, ოღონდ მათი მცირე-
დენი გადახრით ძარღვის ცენტრალური ხაზიდან მარჯვნივ და მარცხნივ (ნახ. 3).

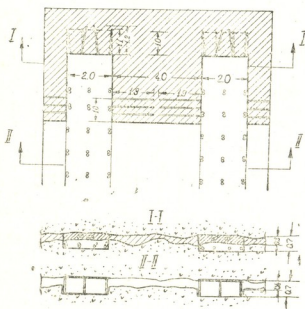
ჰორიზონტალურ შპურებს შორის მანძილი იღებოდა ფენის სისქის მიხედ-
ვით და გაითვლებოდა შემდეგი ფორმულით:

$$a = M_{MC} + 0.1 \div 0.2M,$$

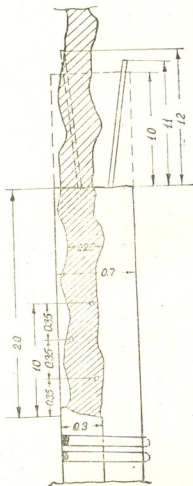
სადაც a შპურებს შორის მანძილია მ-ში,

M_{MC} —ძარღვის სისქე მ-ში.

აგრეთვე ძარღვის სისქის მიხედვით იბურღებოდა სხვადასხვა დიამეტრის შპურები: ძარღვის 0,2 მ-ზე ნაკლები სისქის დროს ბურები იღებოდა 30 მმ-იანი დიამეტრის თავებით; ძარღვის 0,2—0,4 მ-ს სისქის დროს — 35 მმ და 0,4 მ-ს მეტი სისქისა — 42 მმ.



ნახ. 2. წმენდითი სამუშაოები



ნახ. 3. შპურების განლაგება აღმავლებში

ამასთან დაკავშირებით, შპურების დატენა წარმოებდა სათანადო დიამეტრის ვაზნებით (ამონიტი № 6): 23 მმ (100 გრ), 28 მმ (150 გრ) და სტანდარტული 32 მმ (200 გრ).

შპურების მუხტი იღებოდა უწყვეტი, საბრძოლო ვაზნა ბოლოს თავსდება.

ჰორიზონტალური შპურების რიცხვი იღებოდა იმ ანგარიშით, რომ სანგრევის წინ წაწევა ყოფილიყო 1,0 მ. ძარღვის 0,2 სისქის დროს, საშუალოდ იბურღებოდა 3 შპური, რომელთა შორის მანძილი 0,30—0,35 მ-ს უდრიდა (ბურღვა-ფეთქითი სამუშაოების ასეთი პასპორტი ჩვენ მიერ შერჩეულ იქნა

აღწერილი ძარღვის მეზობელ ბლოკებში, სადაც საკმაოდ კარგი შედეგები გამოიღო).

როგორც ჰორიზონტალური, ისე აღმავალი შპურების აფეთქება ერთდროულად ხდებოდა. ამასთან ერთად, თანახმად სისტემის ავტორის წინადადებისა, მოწინავე სანგრევში აღმავალი შპურები როგორც მადანში, ისე ფუქ ქანში ერთად ფეთქდებოდა.

მონგრეული მადნის გამოზიდვა წარმოებდა თვითგორვით, ჯერ ვიწრო გამომუშავებულ სივრცეში, ხოლო შემდეგ ცაიბური სისტემით გამომუშავებული არით, საიდანაც დახრილი ხენაგებებით ბარიტი ხვდებოდა კონსპირებში.

გამაგრება ხდებოდა მხოლოდ აღმავალი გვირაბებისა ისე, როგორც ამას ვარაუდობს სისტემის ავტორი. გამბრჯენების ჰორიზონტალური რიგი იდგმებოდა 0,8—1,0 მანძილზე ერთმანეთისაგან და სამი გამბრჯენისა და შუახერხილისაგან შედგებოდა (ნახ. 2).

მუშაობის გრაფიკი ითვალისწინებდა ბურღვისა და გამაგრების მორიგეობით შესრულებას, უკანასკნელთან ვიწრო გამომუშავებული არის გაწმენდის შეთავსებით: როცა ორ მეზობელ აღმავლებში იბურღებოდა წმენდითი და მოწინავე სანგრევები, მეორე წყვილ აღმავლებში წარმოებდა გამაგრება და გამომუშავებული სივრცის გაწმენდა. მომდევნო ცვლაში ეს ოპერაციები იცვლებოდა. ამგვარად, მუშაობის გრაფიკი ითვალისწინებდა სანგრევების საერთო ხაზის ზევით გადაადგილებას 0,5 მ-ზე ცვლაში.

ცდების შედეგები

დასაწყისში მუშაობა ნორმალურად მიმდინარეობდა. აღმავლებს შორის გამომუშავებული სივრცის სიმაღლე მცირეოდენად აღემატებოდა ძარღვის სისქეს. მონგრეული ბარიტის გადაადგილება აქ არ ხდებოდა წინაღობებს. გრაფიკი ადვილად სრულდებოდა. მაგრამ მას შემდეგ, რაც სანგრევებმა წაიწია ზევით 5—7 მ-ზე, აღმავლებს შორის გამომუშავებულ სივრცეში (რომლის სიგანე ქვედა ნაწილში 35 სმ იყო) მადნის ნატეხების გაქეჩა სულ უფრო და უფრო ხშირად ხდებოდა.

გარდა ამისა, საცდელი ბლოკის საგრძნობი ნაწილის (170—180 მ²) გამომუშავების შემდეგ აღმავლებს შორის გამომუშავებული სივრცის გვერდით ქანებში, რომლებიც არაფრით არ იყო აქ შეკავებული, ჯერ გაჩნდა ბზარები, შემდეგ კი მადანთან ერთად ფუქი ქანის ნატეხებმაც იწყო მონგრევა. აღსანიშნავია, რომ, რაც უფრო მაღლა მიიწევდა სანგრევი, მით უფრო მეტად ზიანდებოდა გვერდითი ქანები და გამომუშავებული სივრცის სიგანე აღმავლებს შორის მატულობდა. მაგალითად, № 6 და № 5, აგრეთვე № 5 და № 4 აღმავლებს შორის 11 მ-ს სიმაღლეზე გამომუშავებული სივრცის სიმაღლემ 0,6—0,7 მ მიიღწია, მაშინ როდესაც ძარღვის სისქე 0,15 მ უდრიდა, ქანების სიმაგრე $f=12$ და შპურებს შორის მანძილი — 0,3 მ.

გვერდებიდან მოცილებული ქანის ნატეხების უმრავლესობა იპეკებოდა გამოქმულებული სივრცის ვიწრო ნაწილში და ხელს უშლიდა აქ მადნის მოძრაობას. აღმავლებს შორის გამოქმულებული სივრცის გაწმენდა მთავარ და მეტად რთულ პროცესად გადაიქცა.

გაწმენდა ჩვეულებრივად წარმოებდა თოხებითა და ლომებით, მაგრამ ხშირად გვიხდებოდა გაქეილი ნატეხების გაბურღვა და აფეთქებაც.

ამის გამო, გრაფიკით გათვალისწინებული 2 საათის ნაცვლად, გაწმენდას უნდებოდა 4—5 საათი, ხოლო ორ შემთხვევაში მასზე დაიხარჯა 7 და 9 საათი.

საერთო ჯამში გაწმენდაზე დახარჯული საშუალო დრო ამ სისტემით მუშაობის საერთო დროის 40%-ს უდრიდა.

დიდი დრო, ბევრი მუშახელი და ხემასალა დაიხარჯა აღმავლების გამაგრებაზედაც, რადგან აღმავლების მოწინავე სანგრევებში მონგრეული მადანი და ფუჭი ქანი, ქვევით გადაადგილებისას, ადვილად ანგრევდა სისტემის ავტორის მიერ გათვალისწინებული აღმავლობის ჩვეულებრივი გამბჯენებით გამაგრებას.

საქირო გახდა უფრო გაძლიერებული გამაგრების გამოყენება, მაგრამ ბიგების გატეხა და სამაგრის გამოადგება მაინც არც თუ ისე იშვიათი იყო.

აღნიშნული ხელშემშლელი მიზეზების გამოქმულებების გრაფიკის დაცვა ძნელი იყო და ხშირად არ ხერხდებოდა.

ნაცვლად გათვალისწინებული წმენდითი სანგრევის ცვლაში 0,5 მ წინწაწევისა, ფაქტობრივი საშუალო ცვლური წაწევა გამოვიდა 0,28 მ (სისტემებისაგან დამოუკიდებელი გაცდენების მხედველობაში მიუღებლად).

გვერდითი ქანებისაგან მონგრეული ნატეხების მადანთან შერევის გამო ძალიან გაიზარდა მადნის გაღარიბებაც.

მადნის დატოვების შემთხვევებს გვერდითი ქანების უსწორმასწორობებში არა ჰქონდა ადგილი. უმნიშვნელო იყო აგრეთვე გამოქმულებულ სივრცეში მონგრეული მადნის დანაკარგები. დანაკარგების უმთავრესი გამომწვევი მიზეზი იყო № 7 სავენტლაციო აღმავალთან დამცავი მთელანის დატოვება, რომლის გამოქმულებაც შემდგომ აღარ მოხერხდა.

სულ უფრო მზარდი სიძნელებისა და მადნის დიდი გაღარიბების გამო იწყ. ტარარინის სისტემის გამოცდა შეჩერებულ იქნა.

ცდების განმავლობაში სულ გამოქმულებული იყო 338 მ² ფართი, სადაც ძარღვის საშუალო სისქე იყო 0,28 მ, ხოლო გამოქმულებული სივრცის საშუალო სიმაღლე — 0,6 მ.

მიღებული საშუალო ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლები ასეთი იყო:

- | | |
|---|--------|
| 1. ბლოკის ცვლური წარმადობა მ ³ -ით | — 6,15 |
| 2. მბურღავების ცვლური წარმადობა: | |
| გამოქმულებული სივრცის მ ³ -ით | — 5,1 |
| გამოღებული სამთო მასის მ ³ -ით | — 3,06 |

3. სანგრევის მუშის ცვლური წარმადობა:	
გამომუშავებული სივრცის მ ² -ით	— 1,63
გამოღებული სამთო მასის მ ² -ით	— 0,98
4. ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯი კგ-ით:	
გამომუშავებული სივრცის მ ² ით	— 1,15
გამოღებული სამთო მასის მ ² -ით	— 1,92
5. სამაგრი მასალის ხარჯი მ ² -ით:	
გამომუშავებული სივრცის მ ² -ით	— 0,049
გამოღებული სამთო მასის მ ² -ით	— 0,081
6. მადნის გაღარიბება %-ით	— 43,8
7. მადნის დანაკარგები %-ით	— 13,7

დასკვნები

ძლიერ წვრილი ძარღვების დამუშავების სისტემა მადნის მონგრევით მოწინავე აღმავლებიდან გამოცდილ იქნა მეტად ხელსაყრელ პირობებში, მაგრამ მისი კონსტრუქციული ხასიათის რიგი ნაკლოვანებების გამო ცდებმა არადაამაყ-მაყოფილებელი შედეგები მოგვცა.

ამ ნაკლოვანებათა შორის უმთავრესად შეიძლება ჩაითვალოს:

1. წმენდითი სანგრევიდან საზიდ შტრეკამდე მადნის გამოზიდვა წარმოებს თვითგორვით მეტად ვიწრო გამომუშავებულ სივრცეში. ამის გამო ადგილი აქვს მადნისა და ფუჭი ქანის მსხვილი ნატეხების ხშირ გაქექვას, რაც ძლიერ უშლის ხელს მადნის გადაადგილებას.

ვიწრო გამომუშავებული სივრცის გაწმენდა მოითხოვს ძლიერ ბევრ დროსა და შრომას, ამასთანავე არ არის უსაფრთხო.

2. გამომუშავებული სივრცე აღმავლებს შორის არაფრით არ არის შეკავებული, რის გამო ძარღვის საგრძნობ ფართზე გამომუშავების შემდეგ მდგრადი გვერდითი ქანების არსებობის დროსაც კი მათში, აფეთქების ძალით ჩნდება ბზარები და შემდეგ მადანთან ერთად ინგრევა ფუჭი ქანიც, რაც იწვევს მადნის დიდ გაღარიბებას.

3. აღმავალ გვირაბებში არ არის გათვალისწინებული შტროების მოწყობა, რის გამოც მონგრეული სამთო მასა ძირს ვარდნისას ანგრევს გამაგრებას. სამაგრის აღდგენა მოითხოვს დიდ შრომასა და ხემასალის საგრძნობ ხარჯს.

4. აღმავლობის მოწინავე სანგრევებში მადნისა და ფუჭი ქანის მონგრევა ერთად წარმოებს, რაც იწვევს მადნის დიდ გაღარიბებას (60—70%) და ხშირად გამდიდრებისათვის უვარგისად ხდის. განცალკევებული გამოღების შემთხვევაში კი მოგვიხდება ფუჭი ქანის ბლოკიდან გამოზიდვა, რადგან იქ მისი მოსათავსებელი ადგილი არ არის.

5. ყოველი აფეთქების შემდეგ ვიწრო გამომუშავებული სივრცის გაწმენდის აუცილებლობა გამოირიცხავს აღმავლების აფიკვრას და მათში შურობებისა და კოდისპირების მოწყობის შესაძლებლობას. ამიტომ აღმავლებში მონგრეული სამთო მასა უშუალოდ შტრეკში ცვივა და მისი შემდგომი აწმენდა ართულებს და აფერხებს ტრანსპორტს.

ცდებმა დაგვანახვა, რომ ინჟ. ტარარინის სისტემის გამოვლინებულ ნაკლოვანებებთან ერთად პრინციპი მადნის მონგრევისა მოწინავე სანგრევებიდან, რომელიც საფუძვლად უდევს ამ სისტემას, უდავოდ ფრიალ მიზანშეწონილი ხერხია ფუჭი ქანის სამუშაოების შესამცირებლად ძლიერ წვრილი ძარღვების დამუშავებისას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ლითონისა და სამთო საქმის
ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 28.9.1956)

დამიწმეხებული ლიტმრატურა

1. В. Н. Мерцалов. Разработка тонких крутопадающих жил путем выемки руды из передовых забоев, «Золотая промышленность», № 4, 1940.
2. Р. П. Ржондковский. Разработка крутопадающих весьма тонких жил системой подэтажных штреков, «Горный журнал», № 5, 1949.
3. Р. П. Ржондковский, В. А. Пожарский. Применение системы подэтажных штреков для разработки крутопадающих весьма тонких жил. «Горный журнал», № 1, 1951.
4. Е. П. Прокопьев. Новые системы разработки весьма тонких жил. Юбилейный сборник научных трудов МИИМ и з, X выпуск, № 9, Москва, 1940.
5. Е. П. Прокопьев. Разработка рудных и россыпных месторождений. Металлургиздат, Москва, 1944.

ფიტოპათოლოგია

შ. ძანანიძე

სოკო *Phomopsis mali* (PHOMOPSIS MALI) ბიოლოგიის ზოგიერთი
საკითხი

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ყანჩაველმა 15.1.1957)

სოკო *Phomopsis mali* შეუსწავლელ ორგანიზმთა რიცხვს ეკუთვნის. მიწ
მიერ გამოწვეული ავადმყოფობის გავრცელებისა და მნიშვნელობის შესახებ
აც ჩვენში (სსრ კავშირში) მასალები არ მოიპოვება, თუ მხედველობაში არ
მივიღებთ მკვლევართა ზოგიერთ მონაცემს.

Phomopsis mali პირველად ამერიკაში აღწერილი რობერტის მიერ
1912 წელს [4]; პირველად ბელგიაში აღწერეს ვაშლის ფომოფისის ჩანთიანი
სტადია [3]. *Diaporthe pernicioso* Marchal სახელწოდებით (1921). მანვე
ხელოვნური დასენიანების გზით დაადგინა სოკოს პათოგენობა ვაშლის მიმართ
და რომ იგი აზიანებს როგორც ნერგებს, ისე მსხმოიარე ვაშლისა და მსხლის
ტოტებს, ყლორტებსა და ნაყოფს.

ვაშლის საწყობებში ფომოფისით გამოწვეული დანაწარგები ინგლისში
მეტად მნიშვნელოვანია. კერძოდ, ჩრდილო ირლანდიაში 1924 წელს საწყობებ-
ში შენახული ვაშლის ლბობის გამომწვევე სხვადასხვა სოკოორგანიზმს შორის
ფომოფისის პირველი აღიღი ეკავა [4].

ჩვენში ფომოფისით გამოწვეული ვაშლის ნაყოფის ლბობა ხშირია. იგი
პირველად დასავლეთ საქართველოში აღნიშნული გალის რაიონიდან ჩამოტა-
ნულ „რკინა ვაშლის“ ნაყოფზე 1951 წ. (ნ. კანტურია, მ. მაყაშვილი)
[2]. ვაშლის ფომოფისის გავრცელების დადგენისათვის ჩვენ მიერ ჩატარებუ-
ლი სპეციალური გამოკვლევებით დადგენილია მისი ფართო გავრცელება და
მავნეობა, მეტადრე ვაშლის ზოგიერთი ჯიშისათვის. *Phomopsis mali*
პირველად ჩვენ მიერ ვაშლის ნერგებსა და ტოტებზე, აგრეთვე მსხლის ნაყოფ-
ზე იყო აღნიშნული 1954 წელს დასავლეთ საქართველოში.

ჩვენს შრომაში მოცემულია ფომოფისის მალის გავრცელებისა და ბიოლო-
გიის ზოგიერთი მომენტის ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგი.

Phomopsis mali-ს გავრცელება საქართველოში

ფომოფისის მალის გავრცელების არეალის დადგენის მიზნით ჩატარდა მარ-
შრუტული გამოკვლევები აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს მეხილე-
ობის რაიონებში (გორი, ქარელი, ხაშური, ბორჯომი, თბილისი, ქუთაისი, სამ-
ტრედია, ვანი, გალი, თანამირე, სოხუმი, გაგრა და მახარაძე). გამოკვლეული

იყო როგორც მსხმოიარე ვაშლისა და მსხლის ბაღები, ისე სანერგეები და საწყობებში შენახული ხილი.

ვალის რაიონის სოფ. თქუმის ლენინის სახ. კოლმეურნეობაში ნერგების გამოკვლევისას აღნიშნული იყო ვაშლის ორწლიანი ნერგების დაავადება. ნერგებზე ვადამყოფობის გავრცელება 25—30%/მდე აღწევდა. ოჩამჩირის, სოხუმის, ვაგრისა და მახარაძის რაიონებში ფომოფისის მალით ნერგების დაავადება 5% ან აღემატებოდა. მსხმოიარე ბაღების გამოკვლევისას აღნიშნულია ცალკეული ტოტების ხმობა. უნდა აღვნიშნოთ, რომ *Phomopsis mali*-ის ყოველთვის თანამგზავრობდა *Speropsis malorum*. ვანის რაიონის სოფ. სალხინოს მალენკოვის სახ. კოლმეურნეობაში, მოზრდილ მსხმოიარე ვაშლის ხეების გამხმარ ტოტებსა და ყლორტებზე აღნიშნულია აგრეთვე ფომოფისისთა და სფეროფისისთ ერთდროული დაავადება.

გამოკვლეული იყო აგრეთვე სხვადასხვა ორგანიზაციის საწყობებში შენახული ხილიც. გამოკვლევა წარმოებდა შემდეგი მეთოდით: ყუთებში ჩაწყობილი ნაყოფის გადასინჯვისას გადაარჩეული და დათვლილი იყო ფომოფისისთ დაავადებული ნაყოფები და სალი ნაყოფების რიცხვთან შეფარდებით გამოგვევადა ფომოფისისთ დამავალი ნაყოფების პროცენტი. გამოკვლევისას ყურადღება ექცეოდა ხილის შენახვის პირობებს. ტემპერატურა სხვადასხვა საწყობში 6°-დან 10°-მდე მერყეობდა.

Phomopsis mali-ის ბიოლოგიური თავისებურებანი

Phomopsis mali-ის მორფოლოგიისა და განვითარების ციკლის შესასწავლად გამოვიყენეთ სოკოს წმინდა კულტურა, რომელიც მიღებული იყო დაავადებული ვაშლის ნაყოფებიდან და ორ-სამწლიან ნერგების მიერქნიდან ლუდ-აგარზე. დაავადებული ქსოვილის ლუდ-აგარზე გადათესვისას სოკოს მიცელიუმში მესამე დღეს ვითარდება. მიცელიუმში პირველ ხანებში უფერულია, სუბსტრატზე განრთხმული, შემდეგ თანდათან სქელდება, კოლონიის ნაპირებზე პეროვანია, ხოლო თანდათან მოყვითალო-მოთეთრო ნაცრისფერი ხდება. პიკნიდიანი ნაყოფიანობის განვითარება 22—25° ტემპერატურაზე მეცხრე დღიდან იწყება შავი სხეულების სახით, რომლებიც ხშირად რქისებრ წარმონაქმნებს ავითარებს, სპოროვანი მასა ლორწოს სახით ნაყოფსხეულის წვერიდან (პორუსიდან) გადმოდის. პიკნიდიუმების ზომა 360—600×340—408. პიკნიდიუმები კამერებიანია, რომელთა კედლები დაფარულია სწორმდგომი, უფერული ძაფნარი კონიდიოთეტარების სქელი ფენით. სპორები ორგვარია — სტილოსპორები და პიკნოსპორები, რომლებიც ხშირად ერთდროულად გვხვდებიან. პიკნოსპორები ერთუჯრედიანია, ლინზისებრი, უფერულები, ორი ცხიმის წვეთით, ზომით 7,10×2,7—3. სტილოსპორები ერთუჯრედიანია, უფერული, ძაფნარი, ბოლო მოკაუჭებული, ზომით 27—40×1,5—2,7.

სოკო *Phomopsis mali*-ის პათოგენობის დასადგენად გამოვიყენეთ ნერგების ხელოვნური დასენიანების მეთოდი. ვაშლისა და მსხლის ორწლიანი ნერგების შტამბს მექანიკურად ვაზიანებდით და ქირკის ქვევ წმინდა კულტურისა და აღებულ მიცელიუმს ვათავსებდით, შემდეგ ჭრილობის ადგილს სილი ბამბით ვფარავდით და პერგამენტის ქალაღში ვახვევდით ტენის შექმნის მიზნით. საკონტროლო მიცენარეებს მხოლოდ ჭრილობას ვაყენებდით.

ხელოვნურად დასენიანებულ ნერგებზე დაავადება მე-10 დღეს გამოვლინდა. ინფექციის შეტანის ადგილზე ჯერ მოწითალო-ყავისფერი ლაქა ვითარდება, რომელიც ტოტის გასწვრივ ნელა იზრდება და შვიდი თვის განმავლობაში 5, 6 სანტიმეტრს აღწევს.

ლაქა ცენტრში ჩაზნეჭილია, პერიფერიისაკენ კი ოდნავ ამოწეულია და დაფარულია ხშირი შავი წერტილებისაგან შემდგარი სოკოს ნაყოფიანობით — პიკნიდიუმებით. ლაქის ზედაპირი დამსკდარია და სალი ნაწილისაგან მკვეთრად განსაზღვრული.

ლაქის ქვეშ ხშირად კალუსი ვითარდება, რის გამოც ლაქა მერქნიდან აიყრება. ასეთი ადგილის ანატომიურმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ლაქის ქვეშა ქსოვილები გამუქებულია და გუმისებრი ნივთიერებითაა ამოვსებული. აღნიშნული გამუქება ზოლის სახით ლაქის ზედაპირს გასდევს და ინფექციის საწყისიც ამავე სახითაა მერქნის სიღრმეში შეჭრილი. ამ შავი ზოლის ქვემოთ მთელ სიგრძეზე რამდენიმე წყება საფევი ქსოვილის უჭრედება განვითარებული, რომლის ქვემოთ მერქნის ახალი შრე იქმნება და დაავადებული ნაწილის იზოლირება ხდება.

მსხლის ნერვებზე ავადმყოფობა მე-8 დღეს გამოამკლავნდა. ქრილობის ადგილზე აქაც ყავისფერი ლაქა ვითარდება, რომელიც ვაშლის ლაქასთან შედარებით სწრაფად იზრდება და 7 თვის განმავლობაში 9—10 სანტიმეტრს აღწევს. ლაქას ჩაღრმავება არ ეტყობა, სალსა და დაავადებულ ქსოვილს შორის ხაზი გასდევს. ლაქის ზედაპირი სოკოს ნაყოფიანობით იფარება.

ნაყოფების ხელოვნური დაავადება სპოროვანი სუსპენზიით ჩავატარეთ. ცდა ორი ვარიანტით ჩატარდა — ქსოვილის მექანიკური დაზიანებით და დაუზიანებლად. პირველი სუსპენზიის წვეთი გადაგვქონდა ვაშლის ნაყოფის ზედაპირზე და შემდეგ წვეთში შეტანილი ნემსის წვერით ვაზიანებდით ნაყოფის კანს. მეორე სუსპენზიის წვეთი გადაგვქონდა მექანიკურად დაზიანებულ ნაყოფებზე.

მექანიკური დაზიანების დროს ვაშლის ნაყოფის ხელოვნურად დაავადებისას საინკუბაციო პერიოდი 10 დღემდე გრძელდება, ხოლო ნაყოფი მთლიანად 35—45 დღის განმავლობაში დალბება. მექანიკურად დაუზიანებელ ნაყოფებზე სუსპენზიის გადატანისას ინკუბაციური პერიოდი 28—30 დღემდე გრძელდება, ხოლო ნაყოფის მთლიანი ღებობა შედარებით ძლიერ გახანგრძლივებულია: ნაყოფი მთლიანად 62—65 დღეში ღებება. ვაშლის მკვახე, კაკლის ოდენა ნაყოფების დასენიანებისას 22—25¹/₆-ზე ნაყოფი 30 დღეში მთლიანად ღებება.

მსხლის ნაყოფების დასენიანებისას ავადმყოფობა მე-4 დღეს გამოჩნდა (25—28¹/₆ ტემპერატურაზე). დაავადებული ნაყოფი მუქი ყავისფერი ხდება და წვეის დენა იწყება. მალე სოკოს ნაყოფიანობით იფარება.

როგორც ბუნებრივ, ისე საწყობის პირობებში ნაყოფების გამოკვლევიტ გამოირჩევა, რომ *Phomopsis mali*-ით ძირითადად ავადდება ვაშლის ადგილობრივი ჯიშები, როგორცაა „რკინა ვაშლი“, „დანა ვაშლი“ და „ბერძნულა“. დაავადების ერთეული შემთხვევები აღნიშნული იყო ჯიშ „კეხურაზე“. ფომოფსის მიმართ გამძლე ჯიშების გამოვლინების მიზნით ჩავატარეთ ხელოვნური დასენიანება საქართველოში გავრცელებულ ვაშლის უმთავრეს ჯიშებზე, როგორცაა: რკინა ვაშლი (დემირა), კანადური რენეტი, შამპანური რენეტი, ბელფლორი, ყირიმულა, ლაგოდეხის რენეტი, ნახევრად სამეფო, ჩეხურა.

ზემოთ ჩამოთვლილი ჯიშებიდან „რკინა ვაშლი“ მიღებული გვქონდა გალის რაიონიდან. იგი ადგილობრივი ჯიშია, ძირითადად გავრცელებულია დასავლეთ საქართველოში, ჭავჭავთში. დანარჩენი ჯიშები მიღებული იყო გორის რაიონიდან.

1. „რკინა ვაშლზე“ (დემირა) ავადმყოფობა მე-10 დღეს ვლინდება მუქი ყავისფერი ლაქის სახით; იგი სწრაფად ვრცელდება და ნაყოფის ზედაპირს მთლიანად 27 დღეში ფარავს. სოკოს ნაყოფიანობა ნაყოფის მთლიან

დალზობიდან 20—30 დღის შემდეგ ვითარდება. დაავადებული ნაყოფი თითქოს გაბერილია დრეკადი კანით და რბილი კონსისტენციისაა; სუნი სპირტოვანი დუღილისაა, რაც იმითაც მტკიცდება, რომ ფომოფისით დაავადებისას ნაყოფი ნახშირორჟანგს გამოყოფს [2].

2. კ ა ნ ა დ უ რ რ ე ნ ე ტ ზ ე ინფექციის ადგილზე ვითარდება ყავისფერი არასწორი ლაქა, რომელიც პერიფერიაზე ღია ყავისფერია. ვაშლის ნაყოფის ხორცი რბილი კონსისტენციისა, წყლიანობა და სპირტის სუნი ახასიათებს. ინკუბაციური პერიოდი 10 დღეს უდრის, მთლიანი ლზობა კი 35 დღეში მიიღება. სოკოს ნაყოფიანობა დაავადებიდან 10 დღის შემდეგ შავი წერტილების სახით ებიდერმისის ქვეშ ჩნდება.

3. ბ ე ლ ლ ო რ ი. ინფექციის ადგილზე ყავისფერი მომრგვალო ლაქა ჩნდება, რომელიც პერიფერიისაკენ ღია ყავისფერია. ინკუბაციური პერიოდი 10 დღეს უდრის, ნაყოფის მთლიანი ლზობა 35 დღეში მიიღება.

4. ლ ა გ ო დ ე ხ ი ს რ ე ნ ე ტ ი. ლაქა ხორცისფერია, დაკუთხული, ინკუბაციური პერიოდი 13 დღეა. ნაყოფი მთლიანად 35 დღეში ლბება. ნაყოფის ზედაპირი სოკოს ნაყოფიანობით იფარება.

5. ნ ა ხ ე ვ რ ა დ ს ა მ ე ფ ო . ლაქა, რომელიც დაავადებიდან 12 დღის შემდეგ ვითარდება, ცენტრში ყავისფერია, საღ ნაწილთან ბაცდება, რბილი კონსისტენციისაა. დამახასიათებელია წვეწვანის დენა. ნაყოფი მთლიანად ლბება 35 დღეში.

6. ყ ი რ ი მ უ ლ ა . დასენიანებიდან 15 დღის შემდეგ ჩნდება ყავისფერი ლაქა; საღა და დაავადებულ ნაწილს შორის გარდამავალი შეფერვა არ ემჩნევა; ნაყოფის მთლიანი ლზობა 35—40 დღემდე გრძელდება.

7. შ ა მ მ ა ნ უ რ ი რ ე ნ ე ტ ი . დაავადება დასენიანებიდან 12 დღის შემდეგ ვითარდება. დაავადებულისა და საღის საზღვარზე ლაქა მუქი ყავისფერიდან მკრთალ ყავისფერში გადადის. მთლიანად დაავადებული ნაყოფი ყავისფერია. სოკოს ნაყოფიანობა დასენიანებიდან მე-20 დღეს ებიდერმისის ქვეშ შავი წერტილების სახით ჩნდება, მე-35 დღეს მთლიანად ლბება.

8. კ ე ხ უ რ ა . ინკუბაციური პერიოდი ხანგრძლივდება 21—25 დღემდე. დაავადება ნელა მიმდინარეობს, ლაქა ყავისფერია, არასწორი. ნაყოფის მთლიანი ლზობა მიღებულია 40 დღის შემდეგ; მთლიანად დამავალი ნაყოფი მაგარი კონსისტენციისაა, წყლიანობა არ ახასიათებს.

ამგვარად, როგორც ხელოვნური დასენიანებიდან ჩანს, ფომოფისის მალესადმი ყველაზე მიმდებარე ჯიშად „რკინა ვაშლი“ (დემურა) უნდა ჩაითვალოს, ამ ჯიშზე ინკუბაციური პერიოდი 10 დღეს არ აღემატება, ხოლო ვაშლის ლზობა 27 დღეს გრძელდება. ჯიშები: ანტონოვკა, ბელგოლორი, ლავოდების რენეტ-ი, ნახევრად სამეფო შედარებით გამძლეა; ინკუბაციური პერიოდი 10—13 დღეს უდრის, ნაყოფის ლზობა კი 35—40 დღემდე გრძელდება. ჯიშ კეხურაზე ინკუბაციური პერიოდი საგრძნობლად გახანგრძლივებულია (20—25 დღე), ხოლო ნაყოფის მთლიანი ლზობა 40 და მეტ დღეს გრძელდება.

დასკვნები

1. ჩატარებული გამოკვლევებით დადგენილია *Phomopsis mali*-ს ფართო გავრცელება დასავლეთ საქართველოში, საწყობების პირობებში, აგრეთვე ნაულებში ვაშლის ნერგებზე და მოზარდი ხეების ტოტებზე, იშვიათად მსხლის ნერგებზე;

2. ვაშლისა და მსხლის ნერგებისა და ნაყოფების ხელოვნური დაავადებით დადგენილია ფომოფისის მალის პათოგენობა როგორც ნაყოფების, ისე ნერგების მიმართ. ავადყოფობისადმი უფრო მიმდებარე მსხლის ნერგები უნდა ჩაითვალოს; ვაშლის ნერგები უფრო გამძლეობას იჩენენ, ვინაიდან ხშირად აღ-

გოლი აქვს ლაქის მთელი ფენის ავარდნას, რაც ლაქის ქვემოთ საფეხვი ქსოვი-
ლების ძლიერ განვითარებას იწვევს; ინფექციის საწყისი, რომელიც მერქნის
სიდრემშია შეჭრილი, გარშემო ახლად განვითარებული საფეხვით იფარება, რო-
მელიც დაავადების გავრცელების საშუალებას არ იძლევა.

3. დაავადების ყველაზე მიმდებარე ჯიშად „რკინა ვაშლი“ უნდა ჩაითვა-
ლოს. სუსტი გამძლეობით ხასიათდებიან ანტონოვკა, ბელფლორი, შამპანური
რენეტი, ლავოდების სინაპი, ნახევრად სამეფო, კრიშკა, ხოლო გამძლეობით
Phomopsis mali-სადმი ჯიშში კეხურა გამოირჩევა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 15.1.1957)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ნ. მ. გ. ზურაბიანი, ე. ერისთავი. საქართველოს ადგილობრივი ხილის ჯიშები.
გამომც. „ტექნიკა და შრომა“. 1938.
2. Г. А. Макашвили. Изучение длительного хранения яблок, произрастающих в не-
которых районах Грузинской ССР. Тбилиси, 1953.
3. G. Arnaud, M. Arnaud. Traite de pathologie vegetale. Tom I, vol Paris,
1931.
4. John Colhaum. Fungi causing rots of apple fruit in stratoe in Northern
Ireland. Applied Biology, vol XXXV, №, London, 1938.

მეცნიერება

ბ. ბარასიმოვი

ზოგიერთი მიკროელემენტის როლი ვაზისა ქლოროზის მოვლენებში

(წარმოადგინა აკადემიოსმა ლ. ჯაფარიძემ 24.4.1957)

მას შემდეგ, რაც ცნობილი გახდა, რომ მცენარის ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის, გარდა ძირითადი საკვები ნივთიერებებისა, რომელიც შედარებით დიდი რაოდენობით მოიხმარებიან, საჭიროა აგრეთვე სხვა ქიმიური ელემენტებიც, მხოლოდ მცირე დოზებით, მიკროელემენტების მოძრაობის საკითხს ნიადაგსა და მცენარეში, აგრეთვე მათს გავლენას ორგანიზმების ცხოველქმედებაზე სერიოზული ყურადღება მიექცა.

ამ სტატიაში გაშუქებულია Fe, Mn, Cu-ის რაოდენობითი შედგენილობისა და მათი დინამიკის საკითხი ქლოროზით დაავადებულ და საღი ვაზის ფოთლის ნაცარში სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში.

ხსენებული მიკროელემენტები, როგორც ცნობილია [1], რაღაც გარკვეულ როლს ასრულებენ ქლოროფილის წარმოქმნის პროცესში, ხოლო რადგან ქლოროზით დაავადება დაკავშირებულია მის დაშლასთან, ამდენად ამ ელემენტების მოძრაობათა თავისებურების გამოკვლევა მოგვცემს გარკვეულ მასალას ქლოროზის მოვლენათა გაგებისათვის.

შესწავლის ობიექტად ავიღეთ საღი და ქლოროზით დაავადებული შემდეგი ჯიშის ვაზები: გორული მწვანე, პინო შავი და ალიგოტი, ორივე 3309 საძირეზე, აგრეთვე ჯიში (პინო შავი 5 — B, B საძირეზე), რომელიც არ ავადდებოდა ქლოროზით საცდელი პერიოდის განმავლობაში.

ნიმუშების აღება საანალიზოდ წარმოებდა სამი წლის მანძილზე მუხრანის სასწავლო მეურნეობის ნაკვეთებიდან, სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში სამჯერ, შემდეგ ვადებში: პირველი აღება — ივნისის მეორე დეკადაში, როდესაც იწყება ქლოროზის შესამჩნევი გამოვლენა.

მეორე — ივლისის პირველ ან მეორე დეკადაში, ქლოროზის მორფოლოგიური ნიშნების მაქსიმალურად გამოვლინების პერიოდში, და მესამე — აგვისტოს მესამე დეკადის განმავლობაში, როდესაც ქლოროზის გარეგნული გამოვლინების შემცირება ხდება.

Fe, Mn და Cu-ის რაოდენობრივი შემცველობის მონაცემთა შედარებამ, ერთი მხრივ, დაავადებული ჯიშების ფოთლების ნაცარში, ჯიშ პინო შავთან საძირეზე 5—B, B, რომელიც არ ავადდებოდა ქლოროზით, არ მოგვცა საფუძველი რაიმე დასკვნების გამოსატანად ქლოროზის შესახებ, მაგრამ შედეგების შედარებამ ამავე ელემენტების შემცველობაზე საღ და ქლოროზიან მცენარეებში თითოეული ჯიშის პირობებში, რომლებიც განიცდიდნენ დაავადებას, გარკვეულ სურათი მოგვცა, მაგ.: ჩვენ მიერ კონსტანტირებულია, რომ Fe, Mn და Cu-ის ონებისა და აგრეთვე საერთო ნაცრის დაკრთვების პროცესი მიმდინარეობს, უფრო სხვაგვარად ქლოროზიან მცენარეებში, ვიდრე საღ მცენარეებში.



ცხრილი I

ნაცრის შემცველობა და მისი დინამიკა ქლოროზიანი და სალი ვახის ფოთლებში %ით აბს. მშრალ ნივთიერებაზე განჯარიშებით

ჯიში →	ა ლ ი გ ო ტ მ						პ. რ. ნ. თ. შ. ა. ე. ი.						გორჯული მწვანე						
	ნაკეთი № 1			ნაკეთი № 2			3309—საძირებზე			5 B, B—საძირებზე			ნაკეთი № 1			ნაკეთი № 2			
	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	
ნიმუშის აღება																			
1934 წ.	სალი	7,75	8,40	9,54	6,40	6,85	10,00	6,70	7,20	9,90	6,36	6,02	8,44	6,06	8,02	9,90	6,83	8,20	9,68
	ქლოროზიანი	7,85	9,20	11,15	8,20	7,70	9,95	9,10	9,37	10,49	—	—	—	6,43	9,42	9,78	6,60	7,82	9,04
1934 წ.	სალი	6,30	7,75	9,84	5,08	7,94	8,30	6,72	8,06	8,59	9,02	9,40	10,50	5,84	8,74	10,10	5,37	7,88	8,98
	ქლოროზიანი	8,92	9,24	10,95	6,27	8,40	9,05	8,08	9,32	8,94	—	—	—	6,10	9,02	9,96	6,42	8,86	9,00
1935 წ.	სალი	7,01	8,95	9,43	7,27	8,10	9,28	7,43	7,60	10,82	7,08	7,38	11,02	7,79	8,79	10,34	7,30	9,20	9,82
	ქლოროზიანი	8,70	10,18	10,32	8,39	9,06	11,26	8,79	7,33	11,14	—	—	—	8,08	9,43	9,84	8,26	10,00	11,40

აღნიშნული მდგომარეობა ილუსტრირებულია ქვემოთ წარმოდგენილი ანალიზური მონაცემებით. პირველ ცხრილში ნაჩვენებია ნაცრის დინამიკა თითოეული ჯიშის პირობებში ცდისათვის გამოყოფილი პერიოდის განმავლობაში.

ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, რომ ქლოროზით დაავადებულ მცენარის ფოთლებში მინერალურ ნივთიერებათა საერთო ოდენობის დაგროვების უფრო ინტენსიური პროცესი მიმდინარეობს, რის შედეგადაც დაავადებული მცენარის ფოთლებში, მცირე გამონაკლისის გარდა, სალთან შედარებით დიდი ნაცრიანობით ხასიათდება. როგორც ჩანს, ქლოროფილის დაზიანება ქლოროზიან მცენარეებში რატომღაც დაკავშირებულია ნაცრის გარკვეული ელემენტების მიღებასთან.

ვეგეტაციის დასასრულს ნაცრის რაოდენობრივი შემცველობის ერთდაგვარი გათანაბრება დაავადებულსა და სალ ნიმუშებში ძირითადად შემჩნეულია ჯიშ გორჯული მწვანეს მცენარეებში.



ცხრილი 3

სილენის შემცველობა და მისი დინამიკა ქლოროზიანი და სალი ვაზის ფოთლების ნაკარში ზე-ით 100 გ ნაკარზე განგარიშებით

ჯგუში →	ა ლ ი ბ ლ ტ ბ						პ ი ნ ა შ ა ვ ი						გ ზ ა უ ლ ი მ წ ა ნ ე					
	ნაკეთი № 1			ნაკეთი № 2			3309—საძირზე			5 B, B—საძირზე			ნაკეთი № 1			ნაკეთი № 2		
	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3
სალი	200	72	81	220	117	63	120	71	75	111	95	75	149	133	220	270	158	75
ქლოროზიანი	273	200	260	250	141	125	197	151	163	—	—	—	301	224	243	290	189	100
სალი	80	226	135	66	157	206	185	327	120	150	347	124	57	287	156	93	292	160
ქლოროზიანი	168	240	249	88	414	331	170	505	179	—	—	—	95	394	257	102	253	251
სალი	172	117	38	110	148	45	134	221	41	90	335	33	123	239	57	128	185	60
ქლოროზიანი	230	205	60	249	231	63	376	342	69	—	—	—	132	286	64	192	210	86

ფოთლები ზოგ შემთხვევაში შეიცავს რკინას საღ მცენარეებში არსებული რაოდენობის თანაბარ ან უფრო მეტი ოდენობით, ამიტომ ამ უკანასკნელის აბსოლუტური შემცველობა ბევრს ვერაფერს იტყვის მისი როლის შესახებ ქლოროფილის სინთეზის პროცესებში.

როგორც ჭკვემით იქნება ნაჩვენები, საღ და ქლოროზიან მცენარეებში Mn : Fe თანაფარდობათა ურთიერთდაპირისპირება უფრო მეტ საფუძველს იძლევა ზოგიერთი დასკვნის გამოსატანად.

ბ) სპილენძი. რაც შეეხება სპილენძის არსებობას ქლოროზით დაავადებულ და ნორმალურ ფოთლებში, აქ გარკვევით ემჩნევა მისი კონცენტრირების ინტენსიური პროცესი ქლოროზიან ნიმუშებში; ეს მოვლენა, როგორც ჩანს, ნაწილობრივ დაკავშირებულია ქლოროზიანი ფოთლის უჯრედების (2) ნორმალურთან შედარებით უკეთესი გამტარობით, რის გამოც ვაზის ფოთლის შეწამულისას შაბიამანის ხსნარით სპილენძის იონები ადვილად იჭრებიან დაავა-

დებულის ფოთლის უფ-რედებში და მეტი რაოდენობით გროვდებიან; მხოლო ერთ შემთხვევაში აღმოჩნდა სალი ფოთლის ნაცარი აღნიშნული ელემენტით უფრო მეტად მდიდარი. იშვიათია აგრეთვე შემთხვევები, როდესაც სპილენძის იონების დაგროვება თითქმის თანაბრად მიმდინარეობს.

გ) მ ა ნ გ ა ნ უ მ ი. თუ სპილენძი დიდი რაოდენობით კონცენტრირდება ქლოროზიან ფოთლებში, ღანგანუმის მიმართ შემჩნეულია საწინააღმდეგო სურათი; როგორც წესი, სალი ფოთლი მისი უფრო მაღალი შემცველობით ხაიათდება. მართალია, აღნიშნული მდგომარეობიდან ზოგიერთ გადახრას აქვს ადგილი, როდესაც მანგანუმის რაოდენობა სალ და ქლოროზიან ნიმუშებში თითქმის ერთნაირია, მაგრამ საწინააღმდეგო პროცესი, ე. ი. ქლოროზიან ფოთლებში მისი მეტი ოდენობით დაგროვება არ ყოფილა შენიშნული. რამდენადაც ქლოროზით დაავადება დაკავშირებულია ქლორო-

ცხრილი 4
მანგანუმის შემცველობა და მისი დინამიკა ქლოროზიან და სალი ვახის ფოთლების ნაცარში მე-ით 100 გ ნაცარზე გაანგარიშებით

ჯიშის აუცა	ა ლ ი ბ ა ტ ე						პ ი ნ ა						შ ა ვ ი						გ ო რ უ ლ ი მ უ ე ნ ე					
	ნაკეთი № 1			ნაკეთი № 2			3306—საძირებუ			5 B, B—საძირებუ			ნაკეთი № 1			ნაკეთი № 2			ნაკეთი № 1			ნაკეთი № 2		
	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3			
სალი	134	212	230	101	197	192	110	189	197	55	152	132	145	193	220	160	193	110	160	193	110			
ქლოროზიანი	94	91	148	48	157	137	55	118	165	—	—	—	116	103	220	66	112	96	66	112	96			
სალი	106	143	167	121	174	161	143	196	144	107	235	88	139	116	124	161	102	73	161	102	73			
ქლოროზიანი	68	120	121	64	96	103	80	105	98	—	—	—	144	64	76	110	66	71	110	66	71			
სალი	186	88	124	123	84	113	121	104	114	113	161	124	103	164	124	110	144	113	124	110	144			
ქლოროზიანი	80	67	83	61	45	55	80	75	61	—	—	—	99	92	107	85	90	60	92	107	85			



ცხრილი 5

ჩაოდენობრივი თანაფარდობები Mn : Fe ქლოროზიანი და სალი ვახის ფიოლებს ნაგარში

ჯგუში →	ა ლ ი გ ო ტ ი						პ ი ნ ო შ ე ი						გ ო რ უ ლ ი მ უ ე ა ნ ე					
	ნაკვეთი № 1			ნაკვეთი № 2			3309—საძირეზე			ნაკვეთი № 1			ნაკვეთი № 2					
	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3	1-ლი	მე-2	მე-3			
ნიმუშის აღება																		
სალი	0,67	0,85	1,84	0,55	0,77	1,54	0,43	0,80	1,60	0,74	0,84	1,63	0,83	0,83	0,55			
ქლოროზიანი	0,47	0,41	0,74	0,29	0,67	0,69	0,20	0,44	1,73	0,56	0,49	1,26	0,30	0,54	0,48			
სალი	0,79	2,04	2,49	0,55	2,45	2,06	1,12	1,26	1,71	0,86	1,18	1,57	1,00	1,29	0,95			
ქლოროზიანი	0,64	1,50	1,80	0,34	1,02	1,75	0,96	1,48	1,46	1,41	1,07	1,25	1,32	0,81	0,89			
სალი	1,80	0,79	0,70	0,88	0,43	0,53	1,19	0,63	0,88	0,99	1,24	0,68	0,96	1,21	0,48			
ქლოროზიანი	1,01	0,61	0,62	0,64	0,37	0,35	0,66	0,38	0,48	1,02	0,79	0,63	1,20	0,78	0,34			

ფილის დაშლასთან, ამდენად დაავადებული ფოთოლი მას უნდა შეიცავდეს უფრო ნაკლები რაოდენობით სალთან შედარებით, ამავე დროს ქლოროზიანი, როგორც ეს ჩვენმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, ხასიათდება მანგანუმის მცირე შემცველობითაც. აქედან გამომდინარე შეიძლება ვიფიქროთ, რომ არსებობს რაღაც დამოკიდებულება მანგანუმის შემცველობასა და ქლოროფილის შორის ვახის ფოთლებში. ამგვარად, ჩვენი ანალიზური მასალა დასტურდება ლიტერატურაში [1] არსებული მონაცემებით ქლოროფილის რაოდენობასა და მანგანუმის შემცველობას შორის პირდაპირი შეფარდების არსებობის შესახებ სხვა მკვნარეუბის ფოთლებშიც.

გამორკვეულია აგრეთვე, რომ ნორმალური ფოთოლი განსხვავდება ქლოროზიანისაგან Mn : Fe შეფარდებით; მონაცემები ამ საკითხის შესახებ წარმოდგენილია მე-5 ცხრილში.

როგორც მე-5 ცხრილიდან ჩანს, Mn : Fe შეფარდების მაჩვენებელი აბსოლუტური რიცხვები არ გამოხატავს მკენარის მდგომარეობას, ე. ი. ეს უკანასკნელი დაავადებულია ქლოროზით თუ არა, მაგრამ შედარება Mn : Fe შეფარდებისა, რომელსაც აქვს ადგილი დაავადებული და ნორმალური მკენარეების ფოთლებში,

რომლებიც აღებულია ერთისა და იმავე ნაკვეთიდან ერთსა და იმავე ვადებში, თითოეული ჯიშის პირობებში იძლევა საფუძველს დავასკვნათ, რომ სალი ფოთლების ნაცარი, ძირითადად, ზემოაღნიშნული შეფარდების უფრო მაღალი მაჩვენებლებით ხასიათდება.

შემდგომ, გამოკვლევის შედეგები მოწმობს, რომ ვიგეტაციის დასასრულს (ნოემბრის მე-3 ალბა) ჯიშ ალიგატესა და პინო შავში მეტწილ შემთხვევებში (68,8%) მიმდინარეობს **Mn-ის** დაგროვება და **Fe-ის** შეფარდებითი შემცირება როგორც სალი, ისე ქლოროზიანი მცენარეების ფოთლებში, ე. ი. როდესაც შემჩნეულია ერთგვარი გათანაბრება მათი მორფოლოგიური ნიშნებისა. ალბათ, მანვანუშის შეფარდებითი რაოდენობის ზრდა ახდენს გარკვეულ გავლენას და ავადმყოფი მცენარის ფოთლებში ქლოროფილის დაშლის პროცესის შესუსტებაზე.

ნათქვამი არ ვრცელდება ჯიშ გორულ მწვანეზე, სადაც მიღებული ანალიზური მონაცემებიდან მხოლოდ 35% ადასტურებს ზემოაღნიშნულ დებულებას.

საერთოდ, აუცილებელია აღინიშნოს, რომ მოცემული ჯიშის ქლოროზიანი მცენარეები მორფოლოგიურად მკვეთრად განსხვავდებიან სხვა ჯიშებისაგან იმით, რომ უკანასკნელთა ფოთლები დაავადებისას თანდათანობით განიცდიან შეყვითლებას, მაშინ როდესაც ჯიშ გორულ მწვანეზე შემჩნეულია ფოთლის მწვანე ფონზე ყვითელი ლაქების წარმოქმნა ლამაზი მოხაიკური სურათის შექმნით. შემდგომი, პროცესის პროგრესირებისას, ლაქები დიდდება, ერთდება და საბოლოოდ იწვევს ფოთლის მთლიან გაყვითლებას. ლიტერატურაში (3) არის მითითებული იმის შესახებ, რომ „გორულის ტიპის ქლოროზი“, ანუ ინფექციური ვირუსული ქლოროზი, შემჩნეულია მუხრანის გარდა საქ. სსრ-ში გაშენებულ ზოგიერთ სხვა ვაზის ჯიშზეც; იქვე მოცემულია დაავადების სიმპტომების აღწერა და ვირუსის თვისებები (ავადმყოფობა გადაეცემა ვიგეტაციური გზით). ცნობილია, რომ მორფოლოგიური ნიშნები მჭიდროდ არის დაკავშირებული ქიმიური თვისებების გარკვეულ კომპლექსთან. მოცემულ შემთხვევაში მორფოლოგიის სხვაგვარი გამოვლინება ჯიშ გორულ მწვანეში ნაწილობრივ განპირობებულია ამ უკანასკნელის ფოთლებში **Fe**, **Mn** და **Cu-ის** რამდენიმე სხვაგვარი მოძრაობით. მოვიყვანთ ზოგიერთ მასალას გამოთქმული აზრის სასარგებლოდ.

ა) როგორც უკვე იყო აღნიშნული, ქლოროზიანი ფოთლის ნაცარი საერთოდ მანვანუშის მკირე რაოდენობას შეიცავს, მაშინ როდესაც გორული მწვანეს ქლოროზიანი და ნორმალური მცენარის ფოთლებში (სახეზე 3 შემთხვევა 13-დან) მანვანუშის დაგროვება მიმდინარეობდა თითქმის ერთნაირად;

ბ) გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ ქლოროზიანი ფოთლის ნაცარი, უმრავლეს შემთხვევებში, მოიღარა სპილენძის იონებით და ეს მდგომარეობა იშვიათად იცვლება. მაგალითად, ალიგატესა და პინო შავში შემჩნეული იყო მხოლოდ ორი შემთხვევა (7,4%) სპილენძის დაახლოებით თანაბარი შემცველობის ნაცარში. ჯიშ გორულ მწვანეში კონსტანტირებულია ასეთი 4 შემთხვევა და ერთი — როდესაც სალი ფოთლი აღმოჩნდა ხსენებული მიკროელემენტით მდიდარად (ე. ი. აქაც უდღევს პროცენტი (27,8%) გადახრებისა ჯიშ გორულ მწვანეზე მოდის.

გ) როგორც უკვე იყო ნახვენი შეფარდება **Mn:Fe** მაღალია სალი ფოთლებში. გორულ მწვანესა და პინო შავის ჯიშებში აღნიშნულ მოვლენიდან არსებობს გადახრები. სულ ასეთი 8 შემთხვევაა დადგენილი, რომელთაგან ოთხმა გვიჩვენა დაახლოებით თანაბარი თანაფარდობა **Mn:Fe** როგორც ქლოროზიან, ისე სალი მცენარეების ფოთლებში, ამათგან 3 მოდის გორულ მწვანეზე. რაც შეეხება დანარჩენებს, მათ გამოავლინეს საწინააღმდეგო სურათი, ე. ი. გვიჩ-

ვენეს უფრო მაღალი თანაფარდობა ქლოროზიან ნიმუშებში, რომელთაგან 3. ე. ი. მეტი წილი ისევ ჯიმ გორულ მწვანეზე მოდის.

ნორმალური და დაავადებული მცენარეების ფოთლებში Mn-ის დინამიკის საკითხის განხილვისას ჩვენ უკვე აღვნიშნეთ, რომ ვეგეტაციის დასასრულს ჯიმ ალოგოტესა და პინო შავს ემჩნევა Mn:Fe-ის თანაფარდობის მაჩვენებელი რიცხვების ზრდა და, პირუკუ, მისი შემცირება გორულ მწვანეს შემთხვევაში.

ყველაფერი ეს მიგვითითებს იმაზე, რომ ჯიმ გორულ მწვანეს ქლოროზიანი ვაზები განსხვავდებიან დასახლებული სხვა ჯიმებისაგან არა მარტო თავისი მორფოლოგიით, არამედ ზოგიერთი ქიმიური მაჩვენებლითაც. როგორც ჩანს, გორულისათვის დამახასიათებელი ქლოროზის არსი განსხვავდება ჩვეულებრივი ქლოროზისაგან, რომლითაც ავადდება მუხრანის სასწავლო მეურნეობაში გაშენებული ყველა დანარჩენი ჯიმი.

დასკვნისას საჭიროა ხაზი გაესვას იმას, რომ მუხრანის პირობებში შესწავლილ ქიმიურ ელემენტთა შორის განსაკუთრებული როლი ქლოროზის მოვლენებში Mn-ს ეკუთვნის, რომლის რაოდენობრივი შეხამება რკინასთან, მცირე გამონაკლისის გარეშე, მიუთითებს მცენარის ამა თუ იმ მდგომარეობაზე, ამასთანავე Mn:Fe უფრო მაღალი თანაფარდობა დამახასიათებელია საღისათვის, მცირე — დაავადებულისათვის.

ვინაიდან ფესვები როგორც საღი, ისე ქლოროზიანი მცენარეებისა მოყვანილ შემთხვევაში თითქმის ერთნაირ პირობებში იყო, უფრო მცირე თანაფარდობა დაავადებულ მცენარეებში შეიძლება გამოწვეულ იქნეს მთელი ორგანიზმის განსაკუთრებული ფიზიოლოგიური მდგომარეობით, რის შედეგადაც ფესვის უნარი მიკროელემენტების გარკვეული შეხამებით შეწოვისა, მოკრძოლ შემთხვევაში კი, Mn-ისა და Fe-ის რაოდენობისა, ირღვევა, ამიტომ ნორმალური შეხამების Mn:Fe აღდგენა მანგანუმის ხსნადი ნაერთების შეტანის გზით ნიადგაში, ჩვენი აზრით, არ უნდა ითვლებოდეს დადებით ეფექტს.

ჩვენ აღვნიშნავთ, რომ ქიმიური დახასიათების მოსაცემად როგორც გორული მწვანეს ტიპის, ისე ჩვეულებრივი ქლოროზისა, გარდა Fe, Mn და Cu საჭიროა შესწავლილ იქნეს კიდევ რიგი მაკრო- და მიკროელემენტების შემცველობა და დინამიკა არა მარტო ფოთლებში, არამედ მცენარის სხვა ორგანოებშიაც.

პირველ რიგში ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნება ბორისა და თუთიის მოძრაობა, შემდეგ კი სხვა ელემენტებისაც.

საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო
ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 24.4.1957)

დაპროვამებული ლიტერატურა

1. М. Я. Школьник. Значение микроэлементов в жизни растений и земледелии. Изд. АН СССР, 1950, стр. 90, 91.
2. Т. С. Сулакадзе. Особенности поступления воды в ткани хлорозных растений и влияние стимуляторов роста на этот процесс. ДАН СССР. т. XXVI, № 6, 1951.
3. Л. А. Канчавели, Е. М. Эристави, Ш. И. Церивадзе, М. Р. Таргамдзе. Инфекционный хлороз лозы в ГССР. АН ГССР. Труды Института Защ. растений, т. X, 1954.

ფიზიოლოგია

ბ. ხაშაშვილი და კ. ცინცაძე

ბაყაყის სუნთქვით მოძრაობათა რეპულაციის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა დ. გედევანიშვილმა 29.11.1956)

როგორც ცნობილია, ბაყაყის პირის ღრუს ფსკერის მოძრაობანი დიდი და მცირე ამპლიტუდებისაა. პირველნი დაკავშირებული არიან ფილტვების ვენტრაციასთან და „ფილტვის“, ანუ ქეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობად იწოდებიან. ხოლო მეორე სახის მოძრაობანი — „ოსცილაციები“ გვხვდებიან დანარჩენი სასუნთქი აპარატის უმოქმედობის დროს და თავს იჩენენ ქეშმარიტ მოძრაობათა შუალედებს შორის.

ნ. ვედენსკის [6], კ. ჰეინემანის [4], ე. ბაბაკისა [3] და დ. სმიტი [5] აზრით, არსებობს ორი ნერვული ცენტრი: ერთი ფილტვებით სუნთქვისათვის — მოგრძო ტვინში, მეორე კი ოსცილაციებისათვის — შუა ტვინში. ეს დებულება იმით დაამტკიცა ბაბაკმა [3], რომ შუა ტვინის დანგრევის შემდეგ ფილტვითი მოძრაობები რჩებოდა, ოსცილაციები კი ქრებოდა. ამ დებულების სხვა დამტკიცებას წარმოადგენს ისეთი ცდები, რომელთა დროსაც სხვადასხვა ფარმაკოლოგიური ნივთიერებანი ფილტვით მოძრაობებზე გავლენის მოუხდენლად იძლევიან ოსცილაციების შეკავებას¹.

ზემონახსენები ავტორების მოსაზრებათა საწინააღმდეგოდ ა. როიტბაკი [1, 2] თვლის, რომ როგორც ფილტვითი, ისე ოსცილატორული მოძრაობები მოგრძო ტვინში მდებარე ერთიანი ცენტრიდან რეგულირდება. ოსცილაციები მის მიერ განიხილებიან, როგორც შეკავებული ფილტვითი მოძრაობანი.

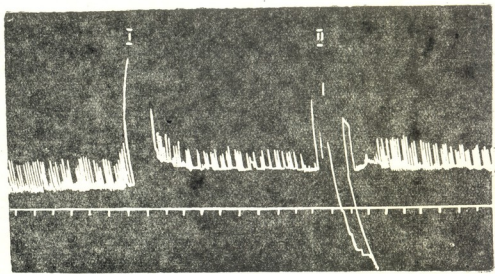
ბაყაყის სუნთქვის ცენტრის მოქმედების მექანიზმის გამოკვლევას, როგორც ა. როიტბაკის [1, 2] ცდებში, შეიძლება დაეხმაროს მისი რეაქციების შესწავლა სხვადასხვა გამაღიზიანებელთა ზეგავლენით.

ცდები ტარდებოდა ახლად დაკერილ ბაყაყებზე შემოდგომისა, ზამთარსა და გაზაფხულზე. ბაყაყის კიდურებს ფიქსირებას ვუკეთებდით ბინტებით, ხოლო ამ უკანასკნელს ქინძისთავებით ვამაგრებდით საცობის ფირფიტაზე. ბაყაყის თავს ფიქსირებას არ ვუკეთებდით. პირის ღრუს ფსკერის მოძრაობათა რე-

¹ მსგავსი დაკვირვებანი მოგვცემა, კერძოდ, ჩვენს ლაბორატორიასაც, რომლებიც აღწერილი იქნება სპეციალურ წერილში.

გისტრირებას ვაწარმოებდით მოვრათის საშუალებით. ცდებს ვატარებდით ისეთ პირობებში, რაც გამორიცხავდა ცხოველის გარეშე ხასიათის ბგერით, სინათლით და მექანიკურ გაღიზიანებებს თავის ან ბარძაყის კანის მექანიკური გაღიზიანება წარმოებდა პატარა რბილი ჯაგრისით; ვიბრაციული გაღიზიანებანი — მაგიდაზე ან ფირფიტაზე დაკაკუნებით, რომელზედაც იყო ხოლმე მოთავსებული ბაყაყი; პროპრიოცეპტორების გაღიზიანებას ვახდენდით უკანა კიდურთა კუნთების მყესთა მიკუყლეთით ან გაკიმვით; ბგერით გამაღიზიანებლად ვიყენებდით მეტრონომის ხმაურს, სინათლით გამაღიზიანებლად — ელექტრობის ჩართვას ან გამორთვას.

1. სუნთქვის ცვლილებები ბაყაყის განთავისუფლებითი მოძრაობების გამო. ნ. ვედენსკიმ [6] შენიშნა, რომ ფიქსირებულ ბაყაყებზე დროდადრო აღინიშნება განთავისუფლებითი მოძრაობანი, რომლებსაც ჩვეულებრივად წინ უსწრებს სუნთქვის პაუზა. განთავისუფლებით მოძრაობებს ჩვენს ცდებში აგრეთვე წინ უსწრებდა ხოლმე ჰემმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა შესუსტება (სურ. 1—II). მაგრამ არაიშვიათად განთავისუფლებითი მოძრაობები ვითარდებოდა სუნთქვის დათრგუნვის გარეშეც (სურ. 1—I). განთავისუფლებითი მოძრაობების წინ სუნთქვის დათრგუნვა ჩვენ მიერ აღნიშნული იყო 42-ჯერ, დათრგუნვის არსებობა კი 40-ჯერ.



სურ. 1. სუნთქვის ცვლილება განთავისუფლებით მოძრაობებთან დაკავშირებით: I—დიდი ტალღების გაძლიერება განთავისუფლებითი მოძრაობამდე და მის შემდეგ, II—ჰემმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა დათრგუნვა განთავისუფლებით მოძრაობამდე და მის შემდეგ. დროის აღნიშვნა 3 სკუნდი

ნ. ვედენსკის [6] აზრით, განთავისუფლებითი მოძრაობების შემდეგ ვლინდებიან დიდი ძალის „მბერავი“ სუნთქვითი მოძრაობანი, რასაც ჩვენს ცდებშიაც ვხვდებით (სურ. 1—I), მაგრამ მათ შეიძლება თან სდევდეს აგრეთვე ოსცილაციებიც (სურ. 1—II). პირველი შემთხვევა ჩვენს ცდებში ნა-

ხული იყო 29-ჯერ, მეორე — 24-ჯერ; სულ მხოლოდ ერთხელ იყო შესაძლებლობა გვენახა ერთმანეთის მიმდევრობითი რიგი ჭეშმარიტი სუნთქვითი მოძრაობებისა და ოსცილაციებისა, რომელთა დასაწყისშიაც ლაგდებოდა ოსცილაციები, შუაში — გარდამავალი ფორმები, ხოლო ბოლოში — ჭეშმარიტი სუნთქვითი მოძრაობანი (როგორც ეს აღწერილია როიტბაის შრომაში).

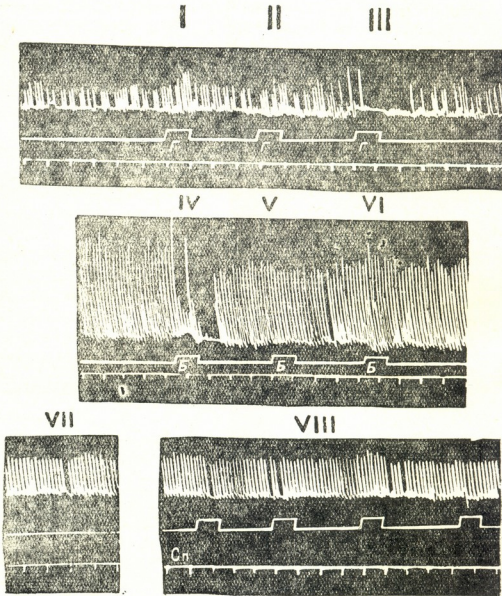
2. თავის ან ბარძაყის კანის მექანიკური გაღიზიანება. თავის კანის რბილი ფუნჯით გაღიზიანება იწვევს ან ოსცილაციების რიცხვის მომატებას (სურ. 2—III), ან ჭეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა გახშირებასა და გაძლიერებას (სურ. 2—I), ანდა, ბოლოს, არ ახდენს გავლენას სუნთქვაზე (სურ. 2—II). სახელდობრ, თავის კანის მექანიკური გაღიზიანებისას ოსცილაციების რიცხვის მატებას ადგილი ჰქონდა 20-ჯერ, ჭეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა გახშირებასა და გაძლიერებას — 47-ჯერ და გავლენის უქონლობას — 22-ჯერ.

რბილი ფუნჯით ბარძაყის კანის გაღიზიანება იწვევს ჭეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა ან გახშირებასა და გაძლიერებას (სურ. 2—IV), ან ოსცილაციების გამოვლინებას (სურ. 2—IV), ანდა კიდევ არ ახდენს გავლენას სუნთქვაზე (სურ. 2—V). სახელდობრ, ბარძაყის კანის მექანიკური გაღიზიანებისას ჭეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა გახშირებასა და გაძლიერებას ადგილი ჰქონდა 14-ჯერ; ოსცილაციების რიცხვის მატებას — 11-ჯერ, ხოლო გავლენის უქონლობას — 16-ჯერ. ამრიგად, თავისა და ბარძაყის კანის მექანიკური გაღიზიანებისას არსებითად არ აღინიშნებოდა განსხვავება რეაქციებში სუნთქვის მხრივ.

3. პოპრიოცენტული გაღიზიანებანი. წვივის კუნთის მყესის მოკიშვა იწვევს ერთი ან ორი ჭეშმარიტი სუნთქვითი მოძრაობის გამოვარდნას, ან ჭეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა გაძლიერებას, ან პირუტყუ, მყესის მოკიშვარ ამჟღავნებს გავლენას სუნთქვაზე (სურ. 2—VIII). მაგალითად, ერთი ჭეშმარიტ სუნთქვითი მოძრაობის გამოვარდნა აღინიშნებოდა 14-ჯერ; ჭეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა გაძლიერება — 10-ჯერ და გავლენის უქონლობა — 11-ჯერ.

4. ვიბრაციული გაღიზიანებანი. დარტყმები მაგიდაზე, რომელზედაც ბაყაყზე ცდა მიმდინარეობს, მეტწილად ჭეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა გაძლიერებას იწვევს. დარტყმები ფირფიტაზე, რომელზედაც გამაგრებულია ბაყაყი, იწვევს ჭეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა როგორც გახშირებასა და გაძლიერებას, აგრეთვე სხვა შემთხვევებში ადგილი აქვს მათ დასუსტებას, ან კიდევ არ ახდენს მათზე რაიმე გავლენას.

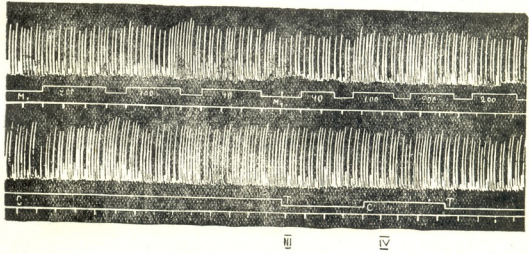
5. ბგერითი გაღიზიანებანი. მეტრონომის ხმაურმა მხოლოდ სამჯერ გამოიწვია ჭეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა გახშირება და გაძლიერება; 6-ჯერ მან, უკუ, გამოიწვია სუნთქვის დათრგუნვა, ხოლო 28-ჯერ სუნთქვაზე მოქმედება არ გამოუვლინებია. საჭიროა აღინიშნოს, რომ მეტრონომის ხმაური სუნთქვაზე გავლენას ახდენს იმ პირობით თუ იგი იმავე მაგიდაზე დევს, რომელზედაც მიმდინარეობს ცდა ბაყაყებზე. თუკი მეტრონომს სხვა მაგიდაზე მოვათავსებთ მოშორებით, მაშინ მისი კაქუნი არ ახდენს გავლენას სუნთქვაზე (სურ. 3—I, II).



სურ. 2. სუნთქვის ცვლილება კანის მექანიკური გაღიზიანებისა და პრიოცეპტულ გაღიზიანებათა გავლენით.

აღნიშვნები სასიგნალო ხაზზე: Γ —თავის მიდამოს კანის გაღიზიანება; E —ბარძაყის მიდამოს კანის გაღიზიანება; Cn წვივის კუნთის მყესის გამოწვევა. თავის მიდამოს კანის გაღიზიანებისას: I—კეშმარტ სუნთქვით მოძრაობათა გაძლიერება, II—სუნთქვაზე გავლენის უქონლობა, III—კეშმარტ სუნთქვით მოძრაობათა დათრგუნვა. ბარძაყის მიდამოს კანის გაღიზიანებისას: IV—კეშმარტ სუნთქვით მოძრაობათა დათრგუნვა, V—სუნთქვით მოძრაობებზე გავლენის უქონლობა, VI—მათი გაძლიერება, VII—ერთი დიდი ტალღის სპონტანური გამოვარდნა. წვივის კუნთის მყესის გამოწვევისას: VIII—ერთი ან რამდენიმე დიდი ტალღის გამოვარდნა, დიდი ტალღების გაძლიერება ან გავლენის უქონლობა, დროის აღნიშვნა 3 სეკუნდი.

6. სინათლითი გაღიზიანებანი. სინათლის გამორთვისას, ე. ი. სიბნელეში, მხოლოდ სამჯერ აღინიშნებოდა ოსცილაციების რიცხვის მატება, 24-ჯერ ადგილი ჰქონდა გავლენის უქონლობას (სურ. 3, III) სინათლის ჩართვისას (სურ. 3, IV) (50 ვატის ელნათურის ანთება), მხოლოდ ერთჯერ შეენიშნეთ ოსცილაციების რიცხვის მომატება, ხოლო 18-ჯერ ადგილი ჰქონდა გავლენის უქონლობას. ეს გვაძლევს ჩვენ უფლებას დავასკვნათ, რომ სინათლით გაღიზიანებანი (სიბნელეში 50 ვატის მქონე ელნათურის ანთება და გამორთვა) არ ახდენენ გავლენას ბაყაყის პირის ღრუს ფსკერის მოძრაობათა ხასიათზე.



სურ. 3. ბგერით და სინათლით გაღიზიანებათა გავლენა სუნთქვაზე. აღნიშნები სასიგნალო ხაზზე: M—მეტრონომი (ციფრები მიუთითებს დარტყმათა რიცხვზე 1 წუთში); M₁—მეტრონომი იმ მაგიდაზე, რომელზედაც ედა მიმდინარეობს M₂—მეტრონომი სხვა მაგიდაზეა, C—ჩართვა, T—გამორთვა სინათლისა. I—ბგერითი გაღიზიანების (200) გავლენის უქონლობა სუნთქვაზე, კეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა ჯერ შესუსტება, შემდეგ გაძლიერება (100), II—გავლენის უქონლობა მეტრონომის მეორე მაგიდაზე მდებარეობისას. III— და IV—სუნთქვაზე გავლენის უქონლობა სინათლის ჩართვისა და ამორთვის დროს. დროის აღნიშვნა—3 სეკუნდი

ჩვენ არ შეგვიძლია დავეთანხმოთ ა. როიტაკის [1, 2] მტკიცებას, რომ თავის ტვინის ჰემისფერობშენარჩუნებული მთლიანი ბაყაყი გარემოს ზემოქმედებაზე განსაზღვრულ რეაქციას იძლეოდა; რომ თავის მიდამოს კანის მექანიკური გაღიზიანება იწვევდეს დიდი ტალღების დათრგუნვას, ხოლო ბარძაყის მფარველი კანის ისეთივე გაღიზიანება კი გაძლიერებას; რომ უკანა კიდურის კუნთის მიჭყლეტა ან მყესის მოჭიმვა იწვევდეს სუნთქვის დამახასიათებელ ცვლილებას ერთი დიდი ტალღის გამოვარდნის სახით ან დიდი ტალღების ფონზე 2—3 ოსცილაციის გამოჩენას, რომ მეტრონომის კაკუნის, იმ მაგიდაზე დარტყმა, რომელზედაც ედა მიმდინარეობს, ან ფირფიტაზე, რომელზედაც დამაგრებულია ბაყაყი, იწვევდეს დიდი ტალღების მატებას მცირე ტალღების ხარჯზე; ანდა, ბოლოს, რომ სინათლის ჩართვა ან ამორთვა სუნთქვაზე ახდენდეს დამახასიათებელ გავლენას.

ამიტომ ძნელია დაეთანხმით როიტბაკის თეორიულ დებულებებს ბაყაყის სუნთქვის ნერვული ცენტრის აგებულების შესახებ, რადგანაც ეს დებულებები ემყარება ავტორის შემონახსენებ დაკვირვებებს, რომლებიც ექსპერიმენტში კანონზომიერად არ მეორდება.

ჩვენი ცდების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ თავის ტვინის დიდ ჰემისფერებშენარჩუნებული მთლიანი ბაყაყი განსაზღვრულ გარეგან გალიზიანებაზე არ იძლევა სტერეოტიპულ რეაქციებს სხვადასხვა გამაღიზიანებლის პასუხად: თავისა და ბარძაყის მფარველი კანის მექანიკური გაღიზიანების, პროპრიოცეპტულ, ვიბრაციულ, ბგერით, სინათლით, გაღიზიანებისას აღინიშნება ქეშმარიტ სუნთქვით მოძრაობათა გაძლიერებაც, ოსცილაციების რიცხვის მატებაც და სუნთქვაზე გავლენის უქონლობაც.

საესებით სამართლიანია ნ. ვედენსკის [6] დასკვნა იმის შესახებ, რომ „ბაყაყში სუნთქვის რიტმის არამუდმივობა გამოკვლევათა ამ ჩვეულებრივად კლასიკურ ობიექტს მიუღებლად ხდის სუნთქვის შესწავლისათვის“.

თბილისის საზღვარგარეთო სამედიცინო
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 29.11.1956)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. И. Ройтбак. Механизм деятельности дыхательного центра. Сообщение 1-ое. Физиологический журнал СССР, 1947, т. XXXIII, № 2, стр. 171—182.
2. А. И. Ройтбак. Механизм деятельности дыхательного центра лягушки. Сообщение 2-ое. Физиологический журнал СССР, т. XXXIII, № 2, 1947, стр. 183—192.
3. E. Babak. Ueber die Kehl- und Lungenatembewegungen der Amphibien und ihre Regulation, Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol., 1913, Bd. 1954, S. 66—139.
4. C. Heinemann. Ueber nicht der Lungenrespiration dienende sogenannte oscillatorische Kehlbeugungen bei Amphibien, Reptilien und Vögeln. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol., 1884, Bd. 14, S. 275—279.
5. D. H. Smyth. The central and reflex control of respiration in the frog, J. Physiol., 1939, Vol. 95, p. 305—327.
6. N. E. Wedensky. Ueber die Atmung des Frosches (Rana temporaria), Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol., 1881, Bd. 25, 129—149.

მკვებრივმენტული მემდინა

ირ. ტატიშვილი

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

**მიოკარდიუმისა და მისი საინერვაციო მუხანიზმების ზოგიერთი
ნაწილის სტრუქტურული ცვლილებები ცხოველის მფვამე
დალის დროს**

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის კლინიკური და ექსპერიმენტული კარდიოლოგიის ინსტიტუტში უკანასკნელი რამდენიმე წლის მანძილზე მუშავდებოდა დალის პრობლემა. ამ მიზნით ისწავლებოდა დალილი გულის კლინიკა, ბიოქიმია და პათომორფოლოგია.

ინსტიტუტის თანამშრომლებმა დაადგინეს, რომ დალის დროს ხდება გულის რიტმისა და სუნთქვის გახშირება და ნივთიერებათა ცვლის მოშლა კუნთში, რაც იწვევს გულის კუნთის ბიოქიმიურ ძვრებს; ხარჯვა წყალში უხსნადი ბარიუმის ფრაქციისა ორჯერ სჭარბობს სპირტში უხსნადი ფრაქციის ხარჯვას, ხდება ცილის დენატურაცია, რასაც თან ახლავს რეაქციული ჯგუფების მომატება.

გამომდინარე იქიდან, რომ დალის კლინიკურ სიმპტომებს და ბიოქიმიურ ძვრებს აუცილებლად უნდა ჰქონდეთ თავისი მორფოლოგიური ეკვივალენტი, ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა მიკრომორფოლოგიური ცვლილებანი მიოკარდის მწვავე დალის დროს, იმ ანგარიშით, რომ მორფოლოგიური ხასიათის ცვლილებების დადგენა დალის დროს ხელს შეუწყობს პროფილაქტიკურ ღონისძიებათა გამომუშავებას.

ჩვენ გვაინტერესებდა საკითხი, თუ როგორ იცვლება ექსტრაკარდიული საინერვაციო მუხანიზმები მწვავე დალის დროს. გამოკვლევების ამ ეტაპზე შევისწავლეთ სტრუქტურა შესაბამისი სიმპათიკური კვანძებისა და მათი შემადგენელი ტოტების, ცთომილი ნერვებისა და მათ განგლიების, მალთაშუა კვანძების, ზურვის ტვინისა და მოგარძო ტვინის სათანადო სეგმენტებისა.

ზღვის გოქებს (20) ვლილით ცურვით თბილის წყლის აუზში; შემდეგ ცხოველებს ვკლავდით 15, 30, 45, 60 წუთის და მეტი დროს გავლის შემდეგ და 1, 2, 3, 5, 10, 20 დღე-ღამის შემდეგ, როცა ცხოველები უკვე გამოვიდოდნენ დალის მდგომარეობიდან. მიკრომორფოლოგიური გამოკვლევისათვის მასალა იღებოდა გულის სხვადასხვა ადგილიდან. გარდა ჩვეულებრივი წესებისა,

ანათლები იღებოდა არაგიროფილურ ბოქკოებზე ბილშოვსკი-მარეშის მე-
თოდით დონსკოის მოდიფიკაციით; ნერვულ ბოქკოებზე ბილშოვსკი-გროს-
ლავრენტიევის მეთოდით, ცხიმზე სუდან III და გლიკოგენზე ბესტის კარმი-
ნით. სიმპათიკური, მალთაშუა კვანძები და ცთომილი ნერვის განგლიები იღე-
ბებოდა ნისლის, ბილშოვსკი-გროს-ლავრენტიევის, კამპასის მეთოდით.

მიკრომორფოლოგიური გამოკვლევით აღმოჩნდა, რომ მწვევე დაღლის
დროს ცხოველის მიოკარდში ადგილი აქვს სისხლსავსეობას, ერთნაირად გა-
მოხატულს როგორც არტერიულ და ვენურ სისხლძარღვებში, ისე კაპილარებ-
ში. საინტერესოა, რომ ასეთი ძლიერი სისხლსავსეობა არტერიული ჰიპერემიის
შთაბეჭდილებას ტოვებს იმ შემთხვევაში, როდესაც ზღვის გოჭები იკვებებოდ-
ნენ 30—45 წუთის გავლის შემდეგ, ხოლო ცდის დაწყებიდან ერთი საათის
გავლის შემდეგ მიოკარდში უკვე სჭარბობდა პასიური ჰიპერემიის მოვლენები
სტაზთან ერთად.

სისხლსავსეობასთან პარალელურად ინტერსტიციაში აღმოჩენილია აგ-
რეთვე ლიმფური მილების გაფართოება ლიმფოსტაზთან ერთად.

ამას გარდა, მიოკარდის ინტერსტიციაში ნახულია შეშუპების მოვლენები,
რაც გამოიხატება სეროზული სითხის დაგროვებით არა მარტო სტრომაში, რო-
მელიც წარმოდგენილია ბოქკოვანი შემაერთი ქსოვილით, არამედ მისი დაგრო-
ვებით კუნთოვან ბოქკოებს შორისაც. სადაც არ არის შემაერთებელქსოვი-
ლოვანი ხარისხები და სადაც კუნთოვანი ბოქკოები ერთმანეთისაგან გაყოფილია
მხოლოდ არაგიროფილური ბოქკოებით.

ასეთი შეშუპების გამო მიოკარდში ადგილი აქვს მისი ელემენტების
მოლიან დისოციაციას. მიოკარდის ელემენტების დისოციაცია გამოიხატება
სტრომის ბოქკოებად დაშლით, კუნთოვანი ბოქკოების გაწვევ-გამოწვევით და,
რაც განსაკუთრებით საყურადღებოა, სივრცეების წარმოქმნით ნერვულ და-
ბოლოებებსა და მათ მიერ ინერვირებულ ქსოვილებს შორის. მიოკარდის ელე-
მენტების აღნიშნული დისოციაცია კარგად არის გამოხატული ცდის უკვე 30
წუთზე და შემდეგ პროგრესულად მატულობს.

იცვლება არაგიროფილური ბოქკოების სტრუქტურაც. უკანასკნელნი ნორ-
მულ მიოკარდში წვრილებია და სპირალისებური, დაღლის დროს კი სქელდე-
ბიან და იღებენ სწორ და კუთხოვან სტრუქტურას. საჭიროა აღინიშნოს, რომ
არაგიროფილური ბოქკოები იცვლება უფრო ადრე, შეშუპებამდე, უკვე ცდის
25-ე წუთზე და ეს ცვლილება თანდათან პროგრესულ ხასიათს იღებს.

მიოკარდის ნერვულ ბოქკოებში სტრუქტურული ცვლილებები რეაქციუ-
ლი ხასიათისაა და გამოიხატება ნერვული ბოქკოების გაყოლებით და მათ ბო-
ლოებში ვარიკოზული და ფოლაქისებრი შემსხვილებების წარმოქმნით. ეს
ცვლილებები დასაწყისში, ცდის 25-ე წუთზე აღინიშნება მხოლოდ წვრილ ურ-
ბილგარსო ნერვულ ბოქკოებში, შემდეგ კი მსხვილ რბილგარსიან ღერძ ცილინ-
დრებშიც გვხვდება. გულის ინტრამურულ განგლიებში აგრეთვე აღინიშნება
რეაქციული ცვლილებანი, რაც გამოიხატება ბირთვების გადაადგილებით, მათ
და ხშირად ბირთვების ექსცენტრული მდებარეობით და იშვიათად ნერვული

უჯრედის სხეულში ქრომატოფილური ნივთიერების არათანაბარი განაწილებით.

მიოკარდის პარენქიმაში სტრუქტურული ცვლილებები გამოიხატება კუნთოვანი ბოჭკოების შესივებით, წვრილმარცვლოვანობის გაჩენით და იშვიათად გარდიგარდმო დახაზულობის წაშლით. კუნთოვანი ბოჭკოების შესივება იწყება ცდის დაწყებიდან 30 წუთის გავლის შემდეგ და შემდეგ მატულობს; კუნთოვანი ბოჭკოების განივზოლიანი დახაზულობის წაშლა აღინიშნება ექსპერიმენტის დაწყების მხოლოდ 1 საათის შემდეგ.

სიმპათიკური, მალთაშუა კვანძებისა და განკლიების მიკრომორფოლოგიურმა გამოკვლევამ გამოაშკარავა, რომ მწვავე დაღლის პირობებში ნერვული სისტემის ზემოაღნიშნულ ნაწილებში ადგილი აქვს რეაქციულ ცვლილებებს, რაც გამოიხატება ნერვული უჯრედების სხეულში ქრომატოფილური ნივთიერების გადანაწილებით, ბირთვების გადაადგილებით, ნერვული უჯრედების სხეულების ჰიპერიმპრეგნაციითა და მათი მორჩების არათანაზომიერი გასქელებით. მითითებული ხასიათის სტრუქტურული ცვლილებები უპირატესად სიმპათიკურ კვანძებში გვხვდება. ზურგის ტვინისა და მოგრძო ტვინის სეგმენტების მიკრომორფოლოგიური გამოკვლევისას აღსანიშნავი ცვლილებები არ აღმოჩნდა.

ზემოთქმულიდან ნათელია, რომ ცხოველის მწვავე დაღლის დროს მიოკარდში და მის საინერვაციო მექანიზმებში ვითარდება ცვლილებები, რომელთა თანამიმდევრობა შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ: გარეგანი გაღიზიანება ცხოველის დატვირთვის სახით იწვევს სიმპათიკუსის აგზნებას მიოკარდის შეკუმშვის უნარის შემდგომი გაძლიერებით. რამდენადაც ყოველ ნერვულ იმპულსს აქვს აგრეთვე ტროფიკული იმპულსი, ბუნებრივია, კუნთის შეკუმშვის უნარის აწევას საფუძვლად უდევს ქსოვილის ტროფიკის გაძლიერება, რაც გამოიხატება მისი არა მარტო სისხლავსეობით, არამედ მასში ნივთიერებათა ცვლის გაძლიერებითაც. ვინაიდან ცვლის გაძლიერება მიოკარდში იწვევს ამ ქსოვილისა და მისი ნერვულ აპარატისათვის არაადეკვატური ნივთიერებების წარმოქმნას, ამიტომ იცვლება სისხლის ძარღვების ირგვლივ არსებული არგიროფილური მემბრანების სტრუქტურა, რის გამოც თავის მხრივ დიდდება კაპილარების გაფოვნადობა ჯერ კიდევ აქტიური ჰიპერემიის დროს. ზემოხსენებულის საფუძველზე ვითარდება შემუბება, რასაც თან სდევს მიოკარდის ელემენტების დისოციაცია. სეროზული სითხის წარმოქმნა კუნთოვან ბოჭკოებსა და სისხლის ძარღვებს შორის ხელს უშლის საკვები ნივთიერებების და მათ რიცხვში ჟანგბადის მიწოდებას კუნთოვან ბოჭკოებში, რის გამოც ვითარდება უკანასკნელთა დისტროფია. ამას გარდა, ნერვული ბოჭკოების და მათ მიერ ინერვირებული ქსოვილების დისოციაცია ცვლის ნერვულქსოვილოვან კავშირს, ამის გამო კი ირღვევა ნერვული იმპულსების გადაცემა ქსოვილებზე, რაც კიდევ უფრო აუკულმარტებს ნერვული სისტემის ტროფიკულ ფუნქციას და იწვევს ჰემოდინამიკისა და ნივთიერებათა ცვლის მოშლას გულის კუნთში და განაპირობებს გულის მოქმედების მწვავე ნაკლოვანებას.

გამომდინარე იქიდან, რომ სიმპათიკური ნერვული სისტემა ნერვული სისტემის ეფერენტულ ნაწილს წარმოადგენს და რომ მწვავე დაღლისას ეს სის-

ტემა უპირატესად თავის სტრუქტურას იცვლის, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ არაადეკვატური იმპულსაცია, რომელიც ცვლის სიმპათიკუსის სტრუქტურას და განაპირობებს მის ავზნებას, გამომდინარეობს გულის საინერვაციო მექანიზმების არა აფერენტული ნაწილებიდან, არამედ ნერვული სისტემის უმაღლესი ნაწილიდან; წინააღმდეგ შემთხვევაში მწვავე დაღლის დროს შეიცვლებოდა სტრუქტურა არა უპირატესად სიმპათიკუსისა, არამედ გულის საინერვაციო მექანიზმების აფერენტული ნაწილებისა.

საინტერესოა მწვავე დაღლიდან 1—20 დღე-ღამის გავლის შემდეგ მიღებული მიკრომორფოლოგიური მონაცემები.

ცხოველის დაღლის მდგომარეობიდან გამოყვანის შემდეგ პირველი დღე-ღამის განმავლობაში მიოკარდში მკლავდება ძირითადად ისეთივე ხასიათის ცვლილებები, როგორც დაღლის უმაღლეს წერტილზე. მომდევნო ორ დღე-ღამეში ხდება გულის ნერვული აპარატისა და მისი ექსტრამერული საინერვაციო მექანიზმების რეაქციული ცვლილებების, ჰემოდინამიკის დარღვევისა (ჰიპერემიის, სტაზის) და შეშუპების გაქრობა. სამი დღე-ღამის შემდეგ ქრება კუნთოვანი ბოჭკოების მღვრიე შესივების მოვლენებიც. დაწყებული კუნთოვანი ბოჭკოების პათოლოგიური ორგანიზაცია 2—3 კვირაზე მეტ ხანს გრძელდება.

მაშასადამე, მიოკარდის სტრუქტურის აღდგენის პროცესი დაღლის შემდეგ გაცილებით მეტ ხანს გრძელდება, ვიდრე მისი დაზიანების პროცესი დაღლის დროს. აღნიშნული წარმოდგენს მორფოლოგიურ დასაბუთებას ფიზიოლოგების, კერძოდ ა. უხტომსკის აზრისას იმის შესახებ, რომ დაღლით გამოწვეული მოვლენების მოცილებისათვის საჭიროა გაცილებით მეტი დრო, ვიდრე დაღლის მოვლენების გამოწვევისათვის.

საინტერესოა, რომ დაზიანებული მიოკარდის სტრუქტურის აღდგენას წინ უსწრებს სიმპათიკური ნერვული სისტემის ნორმალიზაცია.

ეს მიუთითებს სიმპათიკოტონუსის ნორმალიზაციის აუცილებლობაზე ორგანიზმის დაღლის მდგომარეობიდან გამოყვანისა და სიმპათიკური ნერვული სისტემის ნორმული მდგომარეობის შენარჩუნებაზე საერთოდ დაღლის პროფილაქტიკის მიზნით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
კლინიკური და ექსპერიმენტული
კარდიოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 22.1.1957)



ენათმეცნიერება

ზ. ჯავახიძე

შენიშვნები ხუნძური დიალექტოლოგიიდან

(დადგენის ასსრ-ის ბუინაქსის რაიონის აულეების მანას-აულისა და არკასის მატყველების მიხედვით)

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა არნ. ჩიქობავამ 27.11.1956)

დადგენის ასსრ-ის ბუინაქსის რაიონში, ყუმიხური ენისა და ხუნძური ენის ჩრდილოური დიალექტის გავრცელების ტერიტორიაზე, მდებარეობს ორი ხუნძური აული: მანას-აული და არკასი, რომლებიც აღსანიშნავნი არიან იმით, რომ სამხრულ ხუნძურისათვის დამახასიათებელ თვისებებს ავლენენ. ეს მოჩვენებითი შეუსაბამობა ადვილად აიხსნება, თუ გავიხსენებთ, რომ ამ აულების მოსახლეობა წარმოადგენს აქ აულ ლუნიბიდან (ანდალალი) ჩამოსახლებული ხუნძების შთამომავლობას.

ლუნიბელთა ჩამოსახლება მანას-აულსა და არკასში XIX ს. მესამეოცე წლებში მომხდარა ([4], გვ. 45). ამ აულთაგან, პირველი ბუინაქსიდან ათი-ოდე კილომეტრითაა დაშორებული და ყუმიხური სოფლის აღაჩ-ყალას მახლობლად მდებარეობს. მეორე—ორმოცამდე კილომეტრით შორდება ბუინაქსს და მდებარეობს ძველ გზაზე, რომელიც ბარისა და მთის აულებს აკავშირებს.

ორივე აულში ეხლაც დაიძებნებიან მოხუცები, რომელთა მამები ლუნიბში დაბადებულან და ბავშვობაც იქ გაუტარებიათ.

მანას-აულელთა და არკასელთა მეტყველება ნაკლებად შეცვლილა და, ძირითადად, ინარჩუნებს სამხრულ ხუნძურისათვის (კერძოდ, ანდალალური-სათვის) დამახასიათებელ თვისებებს. მეტიც, ამ აულების მოსახლეობის მეტყველებაში ხშირად შეინიშნება არქაული მოვლენები, რომლებიც ჯერ არ ყოფილა შენიშნული ხუნძურის დიალექტებში, ან ისეთი მოვლენები, რომლებიც სხვა დიალექტების მონაცემებს შეავსებენ და მათ ახსნაში გვეხმარებიან.

ქვემოთ განიხილება სამი ასეთი მოვლენა, ესენია:

- I. კლასის აღნიშვნა ზედსართავებისა და მიმღეობების გარკვეულ ჯგუფის მრავლობითი რიცხვის ფორმებში,
- II. ერგატების ფორმის უქონლობა I და II პირის ნაცვალსახელებთან,
- III. პირის კატეგორიის გამოხატვისკენ მისწრაფება ბრძანებით კილოში (ე. წ. ბრძანებითის III პირის ფორმა).

I. ხუნძური ზედსართავებისა და მიმლეობის მრავლობითი რიცხვის ფორმები, მხოლოდითის ფორმებისაგან განსხვავებით, გრამატიკულ კლასს არ განარჩევენ. კლასის ბოლოკიდურ მაჩვენებლების ადგილზე მრავლობით რიცხვში -ელ და -ალ სუფიქსები გვაქვს. ხოლო თუ მიმლეობებსა და ზედსართავებში თავიკიდური ან შუა კლასნიშნები გვხვდება, მათ მრავლობით რიცხვში აფიქსი რ ენაცვლება (ისტორიულად აწ დაკარგული IV გრამატიკული კლასის მაჩვენებელი) ([1], გვ. 100).

- ვათარავ, აათარავ, ბათარავ — ნახული (I, II, III კლ.)
- რათარალ — ნახულნი (დამოუკიდებელი კლასისაგან)
- ცევესევე, ცეჟესეჟე, ცეზესეზე — წინა (I, II, III კლ.)
- ცერესელ — წინანი (დამოუკიდებელი კლასისაგან)

საინტერესო სურათი შეინიშნება ასეთ შემთხვევებში მანას-აულისა და არკასის ზოგიერთი მცხოვრების მეტყველებაში. ამგვარ სიტყვათა მრავლობითი რიცხვი, ჩვეულებრივი ხერხის გარდა (ე. ი. კლასის ნიშანთა რ აფიქსით შეცვლის გზით), შეიძლება იწარმოოს კლასის ნიშანთა შენარჩუნებითაც. ეს უკანასკნელი ფორმები, გადმონაშთის საბით, გვხვდება ამ აულთა მოსახლეობის მხოლოდ მცირე ნაწილის მეტყველებაში. მცხოვრებთა უმეტესობა კი სადაოდ ხდის და უარყოფს კიდევ ამგვარ ფორმების სისწორეს. ასაკობრივ, ისინი, ვინც ზედსართავებისა და მიმლეობების ფორმებს კლასის ნიშნების შენარჩუნებით აწარმოებენ, მოხუცთა ან მოზარდთა თაობას განეკუთვნებიან. საშუალო ასაკის წარმომადგენლებისთვის, რომლებიც, საერთოდ, ნაკლებად ხმარობენ დიალექტიზმებს, ასეთი ფორმები უცხოა.

მოგეყავს მაგალითები:

- ჰალ ჩი შაჰრალ'ასა ნაჯ ეუსარალ — ეს კაცები ქალაქიდან დაბრუნდნენ. ჩი რუგო
- ჰალ რუჩაბი ბეთინლ'ასა ნაჯ აუ — ეს ქალები ქორწილიდან დაბრუნსარალ რუჩაბი რუგო.
- მირიჩლობი ნაჯ ბუსინალ ჰანქალ — მერცხლები უკან ბრუნდებიან. რუგო.
- ჰალ უყბი დუცა ჰუბურალიშ? — ეს ნალები შენი გაკეთებულია?
- რეტე დიჟე ბარშურალ ჭეჩი(ბი) — მომიწყვიტე მწიფე ვაშლები!
- მა'არდე 'ად ბაჯურალ უცალ — მთაზე ასული ხარები ხომ არ გირეხქიშ დუღა?
- ღვაჲ ებელალ' აბინა... ვეჰარალ — ეს დედა ეუბნება... მოსულ კაჩიაზდა... — ცებს...
- ...ჰალ აყა ბოსარალ რუგო — ესენი (წიგნები) დღესაა ნაციდი
- ბაწადალ ანჩალ... — სუფთა ფურცლები...
- ვიცათალ ჩი... — სქელი კაცები (მსუქნები)...
- ვორხათალ ჩი... — მაღალი კაცები...

ორმაგდაბოლოებიანი ფორმები, რომლებიც კლასის ნიშანსაც შეიცავენ (სიტყვის თავში ან შუაში), მრავლობითის წარმოებისას შეიძლება ინარჩუნებდნენ პირველ, ან პირველი ორ კლასის ნიშანს.

- ბაწადალალ || ბაწადაბალ — სუფთანი (სხვათა შორის)
- ბორხათალალ || ბორხათაბალ — მალანი
- ბიცათალალ || ბიცათაბალ — სქელნი
- ცებესელალ || ცებესებალ — წინანი

ლიტერატურული ფორმების: კუდიხალალ, წადალალ და სხვათა გვერდით ორმაგდაბოლოებიანი ზედსართავეები შეიძლება ინარჩუნებდნენ წინაკლასნიშანს:

- კუდიხაბალ (უცალ) — დიდი (ხარები) (სხვათა შორის)
- მუნ ვეჰარავგო ბაშლა ჰარუნა — რაც შენ მოხვედი წვიმიანი დღეები წადალაბალ ყოხალ დაიწყო. (წადალაბ(აბ)—წვიმიანი)

როგორც ვხედავთ, ეს ფორმები ერთდროულად რიცხვისა და კლასის კატეგორიას გამოხატავენ. ბრუნებისას კლასის ნიშანი უცვლელი რჩება, რიცხვის კატეგორიის გადმოცემა კი მრავლობითი რიცხვის ბრუნვის ნიშანს ეკისრება.

- ვორხათავაზ ბაჩანთე ჰედე ჰალ — (დაე) მალღებმა დასდონ ეს წიგნები ახალ 'ად ზევით.
- კუდიხაბაზე ჭემერაბ ყურეჭინა — დიდებს (ხარებს) ბევრი საქმელი ქვენ სჭირდებათ.

სპეციალურ ლიტერატურაში გამოთქმულია აზრი, რომ მრავლობითი რიცხვის ერთი, საზიარო ფორმის ხმარება სხვადასხვა კლასებისათვის მეორეული მოვლენაა. მონათესავე ენების მონაცემებთან შედარების საფუძველზე აღნიშნული იყო, რომ წარსულში ხუნძური ენისათვის მრავლობითის სხვაგვარი წარმოება საეარაუდებელი, კერძოდ კი, თითოეული კლასისათვის მრავლობითის საკუთარი ფორმის არსებობა. ასეთი მდგომარეობა შეინიშნება ამჟამად ანდიურში ([1], გვ. 103). ხუნძურ-ანდიურ-დიდორი ჯგუფის სხვა ენები გამოავლენენ გარდამავალ საფეხურებს ანდიურში შემორჩენილი მდგომარეობიდან იმ მდგომარეობისაკენ, რომელიც ბოთლიხურსა და ხუნძურში დასტურდება ([1], გვ. 103; [2], გვ. 5, 6).

ის, რაც მონათესავე ენებთან შედარების საფუძველზე ივარაუდებოდა, თვით ხუნძური ენის დიალექტებში პოულობს მხარდაჭერას.

მანას-აულელთა და არკასელთა მეტყველებიდან ზემოთმოტანილი მაგალითების მნიშვნელობა სწორედ იმაში მდგომარეობს, რომ ხუნძური ენის ფარგლებშივე ვპოულობთ განვითარების იმ საფეხურს, რომელიც ხუნძურმა ენამ, მთლიანობაში აღებულმა, დიდი ხანია გაიარა და რომელიც შემოგვი-

ნახა მონათესავე ანდიურმა ენამ. განსხვავება იმაშია, რომ ანდიურში ეხლაც ცოცხლობს ოთხი გრამატიკული კლასი, მანას-აულსა და არკასში კი, ისევე როგორც მთლიანად ხუნძურში, მეოთხე გრამატიკული კლასი უკვე დაკარგულია.

II. ხუნძურ ენაში ძირითადი ბრუნვებიდან მხოლოდ ერგატივი აწარმოებს თავის ფორმებს სხვადასხვაგვარად (მაჩვენებლები: -ხ, -ლ'ა, -ცა, -დ, -ჴ).

გამოთქმულია მოსაზრება, რომ ერგატივის ფორმისათვის გარკვეული დაბოლოების ხმარება ვანისაზღვრებოდა იმით, თუ რომელ კლასს მიეკუთვნებოდა სახელი ([3], გვ. 11).

ეს პრინციპი ირღვევა სახელთა იმ ჯგუფში, სადაც ერგატივი გაცილებით გვიან ჩამოყალიბდა ([3], გვ. 16).

ასე მაგალითად, სუფიქსი -ცა, რომელიც ისტორიულად მესამე კლასს უკავშირდებოდა, გვხვდება I და II პირის ნაცვალსახელთა ერგატივში. ცხადია, ეს ნაცვალსახელები ვერ აღნიშნავენ მესამე კლასის საგნებს.

დუნ—ერგ.	დიცა—„მე“
მუნ	„ დუცა—„შენ“
ნიუ	„ ნეჟეცა „ჩვენ“ (ექსკლ.)
ნუუ	„ ნოჯოცა „თქვენ“

მაგრამ მონათესავე ენებთან შედარებითა და ზოგიერთი ხუნძური აულის წარმომადგენლების ჩვენების გათვალისწინებით ირკვევა, რომ I და II პირის ნაცვალსახელებს ადრე არ ჰქონდათ ერგატივისთვის სპეციალური ფორმა, და მისი მნიშვნელობით სახელობითი ბრუნვის ფორმებს ხმარობდნენ ([3], გვ. 14).

ასე, ლოდობერიულსა და ანდიურ ენებში I და II პირის ნაცვალსახელები მხოლოდობით რიცხვში (მრავლობითისაგან განსხვავებით) არ განარჩევენ სახელობითსა და ერგატიულ ბრუნვებს.

დინ || დენ—„მე“, მინ || მენ—„შენ“—ანდიურ ენაში და იგივე დინ || დენ—„მე“, მინ || მენ—„შენ“—ლოდობერიულში ასრულებენ როგორც ერგატივის, ისე სახელობითი ბრუნვის ფუნქციებს ([3], გვ. 15).

ამ ენების ანალოგიურად ხუნძურ ენაში პირის ნაცვალსახელთა მიერ სახელობითისა და ერგატივის გარჩევა მრავლობითში უფრო ადრე ივარაუდება, ვიდრე მხოლოდობითში ([3], გვ. 14).

ხუნძური აულებს: ქოჭორის, კახიბისა და ტიდიბის ზოგიერთი წარმომადგენლის მეტყველებაში აღნიშნული იყო, გადმონათვის სახით, I და II პირის ნაცვალსახელთა სახელობითი ბრუნვის ხმარება ერგატივის ნაცვალად:

ჰალმალას ჩედ ქვანა, მაგრამ:
 ნიუ ჩედ ქვანა,
 ნუუ ჩედ ქვანა,
 დვაზ წა ბაქინა, მაგრამ:

ნუე წა ბაქინა,
ნილ'ა წა ბაქინა...

([3], გვ. 14).

უცნაური იყო მხოლოდ ის, რომ ეს ძველი სურათი შემოგვრჩა მრავლობით რიცხვში, იქ, სადაც ამ ბრუნვათა გარჩევა უფრო ადრე ივარაუდებოდა, ვიდრე მხოლოდობით რიცხვში (შდრ. ანდიური და ლოდობერიული ენები).

საინტერესო ფაქტები დასტურდება მანას-აულის მცხოვრებთა უფროსი თაობის ზოგიერთი წარმომადგენლის მეტყველებაში. გადმონაშთის სახით აქ შეიძლება დავადასტუროთ I და II პირის ნაცვალსახელთა სახელობითი ბრუნვის ფორმათა ხმარება ერგატივის მნიშვნელობით როგორც მრავლობით, ისე მხოლოდობით რიცხვში:

- დოს ლაბან ჭვანა, მაგრამ:
- დუნ ლაბან ჭვანა,
- მუნ ლაბან ჭვანა,
- ნიე ლაბან ჭვანა,
- ნუე ლაბან ჭვანა,
- დოს წულ ყუტანა, მაგრამ:
- დუნ წულ ყუტანა,
- მუნ წულ ყუტანა,
- ნიე წულ ყუტანა,
- ნილ'ა წულ ყუტანა,
- ნუე წულ ყუტანა... (აბდურახმან ჰამზატოვი—მანას-აულიდან).

საშუალო და უმცროსი თაობის მეტყველებაში ამგვარი ფორმები უკვე აღარ გვხვდება, და უფროსი თაობის ბევრ წარმომადგენელსაც ეს ფორმები არასწორად ეჩვენება. ისიც, ვინც ამგვარ ფორმებს ხმარობს, უფრო ხშირად -ცა-თი გაფორმებულ ერგატივს მიმართავს, მაგრამ უშვებს ერგატივის ნაცვლად სახელობითის ხმარების შესაძლებლობასაც.

მანას-აულის მონაცემები განამტკიცებენ დებულებას იმის შესახებ, რომ I და II პირის ნაცვალსახელებს ერგატივი შედარებით გვიან განუფითარდათ და, მაშასადამე, იმ დებულებასაც, რომ ერგატივის მაჩვენებლები და გრამატიკული კლასები გარკვეულ მიმართებაში იყვნენ.

III. ხუნძური ენის ანწუხურ დიალექტში დადასტურებული იყო ე. წ. „III პირის ბრძანებითის“ სპეციფიკური ფორმები. ისინი იწარმოებოდა „II პირის ბრძანებითის“ ფორმებზე -ბი სუფიქსის დართვით ([5], გვ. 181).

II პირი

- ტაპი! — დაარტყი!
- ყოტი! — ჭერი!
- წალი! — იკითხე!
- ტაპუგი! — არ დაარტყა!
- ყოტუგი! — არ გაჭრა!
- წალუგი! — არ წაიკითხო!

III პირი

ტაპიბი! — დაარტყას!
 ყოტიბი! — ჭრას!
 წაალიბი! — იკითხოს!
 ტაპუგიბი! — არ დაარტყას!
 ყოტუგიბი — არ გაჭრას!
 წაალუგიბი! — არ იკითხოს!

ზემოთმოყვანილი ფორმები საინტერესონი არიან იმით, რომ ხუნძურენაში არ შეიძინევა პირის კატეგორიის მორფოლოგიურად გამოხატვის სხვა შემთხვევები¹.

მანას-აულსა და არკასში ანწუხური -ბი სუფიქსიანი ფორმების ადგილზე შეიძლება შეგვხვდეს შემდეგი ფორმები (მოგვეყვას მხოლოდ ერთი ზმნის ფორმები, რადგან ყოველი ზმნა ამ ფორმებს ამგვარადვე აწარმოებს):

ყოტაბი! — გაჭრას!
 ყოტეაბი!
 ყოტებე!
 ყოტინაბე!

უარყოფითი ფორმები:

ყოტუგეაბი! — არ გაჭრას!
 ყოტუგებე!

აულ სალტაში (ანდალალი) ხმარობენ ფორმებს: ყოტეაბე! და ყოტუგეაბე! სხვადასხვა პირთა მიერ ხმარებული ეს ფორმები წარმოადგენენ საწყისი ფორმის ყოტეაბე-ს ცვლის პროცესის სხვადასხვა საფეხურებს. თვით ყოტეაბე—კი წარმოადგენს ბრძანებითში დასმული ორი ზმნის: ყოტე!—„ჭერი“! და აბე!—„უთხარი“-ს შეერთებას.

შინაარსობლივი ცვლის გზა ნათელია: „ჭერი“—უთხარი! ე. ი. უთხარი, რომ (მან) გაჭრას > მან გაჭრას.

მეორე კომპონენტის,—აბე—„უთხარი“-ს შინაარსის დაჩრდილვას თანსდევდა მისი შეზრდა წინამავალ ზმნასთან. (ყოტე აბე > ყოტეაბე); აქედან იწარმოება ფორმები: ყოტეაბე (ა-ს ჩავარდნით), ყოტაბე || ყოტაბი² (ე-ს ჩავარდნითა და ბგერათა გადასმით). არკასული ყოტებე და ანწუხური ყოტიბი წარმოადგენენ განვითარების უკანასკნელ საფეხურს: დაიკარგა ნახევარხმოვანი ჟ-ც, რადგან მას უკვე აღარ ეკისრება ხმოვანთა გაყრა.

¹ გარდა ერთი შემთხვევისა ქართულში: ღუნ ვერაგ—მე ლოკედი, ვერი—შენ ან ის მოვიდა, რერი—ჩუნ, (თქვენ, ისინი) მოვედი, (მოხვედი, მოვიდნენ) ([5], გვ. 182, შენიშვნა 1).

² ბოლოკიდური ე-ს დავიწროვება, რაც რიგ თქმებში დასტურდება, ფუფეში ცვლილებისაგან დამოუკიდებლად მიმდინარეობდა.

ფორმაში ყოტინაბე -ინ სიტყვის შუაში წარმოადგენს გაქვავებულ სხვათა სიტყვის ნაწილას.

ყოტინაბე < ყოტეინ აბე!

ანალოგიურად მიმდინარეობდა ცვლა უარყოფით ფორმებშიც.

ზნნა აბ დე — „თქმა“ (ხუნძახური ა ბ ი ზ ე) ობიექტს I სერიის ადგილობით ბრუნვაში მართავს:

ჰამზატიდა აბე — ჰამზატს უთხარი!

ზემოთმოტანილ მაგალითებში დამოუკიდებლობის დაკარგვასთან ერთად იგი კარგავს აგრეთვე ობიექტის ბრუნვაში მართვის ძალასაც.

შდრ.: ჰამზატიდა ყოტეინ აბე! — უთხარი ჰამზატს „ქერი“-ო

ჰამზატიცა ყოტეები! — ჰამზატმა დაქრას!

(ჰამზატიცა—ერგატივია, როგორც ამას მოითხოვს ზნნა ყოტდე— „ქრა“); „უთხარი ქერი“-ს მნიშვნელობით „ყოტე აბე“ ენაში არსებობს ყოტაბი—ყოტეები, ყოტებე და სხვათა გვერდით (ამ უკანასკნელთა მნიშვნელობა: „ქრას“!).

წარმოშვა რა ეს ფორმები, იგი თვით არ ქრება, რადგან ინარჩუნებს მათგან განსხვავებულ, საკუთარ შინაარსს. სამაგიეროდ ფორმები ყოტეები, ყოტაბი, ყოტებე და ა. შ., რომლებიც შინაარსობლივ არ განსხვავდებიან, დიდხანს ვერ იარსებებენ ერთმანეთის გვერდით. მათგან უნდა გაიმარჯვოს ერთ-ერთმა. როგორც ჩანს, ანწუხურში ასეთი ფორმა აღმოჩნდა ყოტიბი. მანას-აულსა და არკასში, მგონი, რომ, ყოტეები პოულობს სხვა ფორმებთან შედარებით, მეტ გავრცელებას.

დასასრულ, უნდა აღვნიშნოთ, რომ III ს. ბრძანებითის ფორმები არაა უცხო არც ჩრდილო ხუნძურისთვის, რომელიც ლიტერატურულ ხუნძურს დაედო საფუძვლად.

დადილ ურღელ ღორტა ქაურას — სადღეობის დარდი სახელურის
ჰაბეაბე! დამქერს ჰქონდეს!

ბიჯარას ბუყეაბე ყოხოლ ზობ — გამხვემა გაკეროს (ტყავის) ცა!

(ი. სულემანოვი—ხუნძახის რაიონის სოფელ ახალჩიდან).

სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემია
ენათმეცნიერების ინსტიტუტი
მოსკოვი

(რედაქციას მოუვიდა 27.11.1956)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. არნ. ჩიქობავა. გრამატიკული კლასების ისტორიისათვის ხუნძურში. ვნიმვის მოამბე, I, თბილისი, 1937.
2. ნ. ანდღულაძე. გრამატიკული კლასების კატეგორია იბერიულ-კავკასიურ ენებში. ავტორეფერატი, თბილისი, 1954.
3. არნ. ჩიქობავა. ფრაგატიული (აქტიური) ბრუნვის წარმოქმნის ისტორიიდან ხუნძურ ენაში (რუსულ ენაზე); დალესტნის ენები, ნაკვეთი I, მახაჩყალა, 1948.
4. შ. მიქაილოვი. ხუნძური ენის კონსტრუქციის ძირითადი ფონეტიკური და მორფოლოგიური თავისებურებანი (რუსულ ენაზე); დალესტნის ენები, ნაკვეთი I, მახაჩყალა, 1948.
5. ი. ცერცვაძე. ხუნძური ენის ანწუხური დიალექტი. იბერიულ-კავკასიური ენათმეცნიერება, ტ. II, თბილისი, 1948.

ისტორია

ზ. გოზალიაშვილი

რუს და ქართველ მეცნიერთა ურთიერთობიდან

(კლ. ტიმირაშვილი და ალ. ხახანაშვილი)

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. აბულაძემ 12.12.1956)

დიდი რუსი ხალხისა და ქართველი ხალხის ისტორიულმა მეგობრობამ თავისი ღრმა ასახვა პოვა კულტურისა და მეცნიერების მოწინავე მოღვაწეთა საზოგადოებრივ ურთიერთობაში. „იგი ჩაისახა იმ შორეულ წლებში, როცა რუსი ხალხი აერთიანებდა და რაზმავდა ჩვენს სამშობლოში მოსახლე ყველა ხალხს, რათა წინააღმდეგობა გაეწია უცხოელი დამპყრობლებისათვის, რომლებსაც თვალი ეპირათ ჩვენს მიწა-წყალზე, ჩვენს აურაცხელ ბუნებრივ სიმდიდრეზე. ეს მეგობრობა ვითარდებოდა იმ პერიოდში, როცა რუსეთის პროლეტარიატი კომუნისტური პარტიის ხელმძღვანელობით სხვა ეროვნებათა მუშებს რაზმავდა მეფის თვითმპყრობელობისა და კაპიტალიზმის წინააღმდეგ საბრძოლველად“ [1]. ჩვენ მოგვეპოვება ამისი არა მარტო სიტყვიერი ან საქმიანი მაგალითები, არამედ წერილობითაც არის შემონახული მრავალი მნიშვნელოვანი დოკუმენტი. მეგობრობის ერთ-ერთ თვალსაჩინო მაგალითს წარმოადგენს 1898 წელს რუსეთის მოწინავე საზოგადოების მიერ გამართული კლიმენტი არკადის ძე ტიმირაშვილის სამეცნიერო და საზოგადოებრივი მოღვაწეობის 30 წლის იუბილე. რუსული მეცნიერების ამ ზეიმში მსურველე მონაწილეობა მიიღო იმ დროს მოსკოვში მოსწავლე ორმოცდაათმა ქართველმა სტუდენტმა ახალგაზრდა მეცნიერისა და უკვე ცნობილი ქართველი საზოგადო მოღვაწის ალექსანდრე სოლომონის ძე ხახანაშვილის ხელმძღვანელობით. გამოჩენილ რუს მეცნიერს მათ ხავერდგადაკრულ ყდაში ჩასმული ადრესით მიმართეს¹.

ეს ადრესი უაღრესად საყურადღებო დოკუმენტია თავისი შინაარსით და ადასტურებს, რომ, მიუხედავად ცარიზმის შავნელი ეპოქისა, ყოველთვის მეგობრული საზოგადოებრივი ურთიერთობა არსებობდა დიდი რუსი ხალხისა და ქართველი ხალხის კულტურისა და მეცნიერების მოღვაწეთა და ახალგაზრდობას შორის. მოწინავე პროგრესული ძალები ერთა შორის მუდამ ნერგავდნენ ხალხთა მეგობრობის საუკეთესო მისწრაფებასა და სიყვარულს.

რუსული მოწინავე მეცნიერების მიღწევები საერთო და სასიხარულო იყო მოწინავე ქართველი ახალგაზრდობისათვის, რომელიც ამ მიღწევებით საზრდოობდა, სწავლობდა, მეცნიერული ცოდნით იარაღდებოდა და ემზადებოდა სამშობლოს თავისუფლებისა და ხალხთა კეთილდღეობისათვის საბრძოლველად.

¹ ადრესი, დაწერილი რუსულად, იხსნება მოსკოვში, კ. ტიმირაშვილის მემორიალური სახლ-მუზეუმის არქივში. მისი ფოტოპირი და შავი დედნის ტექსტი, რომელიც გადმოგვცა აკად. ალ. ჯავახიშვილმა, იხსნება საქ. საზ. მეზუუმის ხელნაწერთა განყოფილების ალ. ხახანაშვილის პირად ფონდში.

ალექსანდრე ხახანაშვილი და ორმოცდაათი ქართველი სტუდენტი მთელი მოწინავე ქართველი ხალხის მისწრაფებას გამოხატავდნენ სახელოვანი რუსი მეცნიერისა და მოაზროვნის კლიმენტი არკადის ძე ტიმირიაზევისადმი 1898 წელს გაგზავნილ ადრესში. ამის ნათელსაყოფად საჭიროდ მიგვაჩნია მთლიანად გავიციოთ ადრესის შინაარსი. ისინი წერდნენ:

„ღრმად პატივცემულო

კლიმენტი არკადის ძე!

მიიღეთ ქართველი სტუდენტებისაგანაც სალამი, მოლოცვა და გულწრფელი მადლობა.

ნება მოგვეცით ჩვენც მცირე მონაწილეობა მივიღოთ დღევანდელ დღესასწაულში და თავმდაბლად ვაგიზიაროთ ჩვენი აზრები და გრძნობები.

გიმნაზიის მერხიდან ჩვენთვის კარგად ცნობილია სახელი კლიმენტი არკადის ძე ტიმირიაზევისა მშვენიერი წიგნის „მცენარის სიციცხლის“ საშუალებით, რომელიც თითქმის ერთადერთი წიგნი იყო, რომელსაც ურთიერთობაში მოვეყავით გარემო სამყაროსთან; უნივერსიტეტში ეს სახელი სრული შეგნებით ძვირფასი და საყვარელი შეიქმნა. ისეთი გზანტები, როგორც კლიმენტი არკადის ძე ტიმირიაზევი, გვიზიდავენ ჩვენ შორეული მშვენიერი საქართველოდან ცენტრისაგან, ზათი დავინახოთ, მოვისმინოთ და ვისწავლოთ ასეთი დიდი ადამიანისაგან, გარემოცვათ მისი ფოტოსფერო. — აი რა გვიზიდავს ჩვენ აქეთკენ. და ჩვენ შეგვიძლია ვიამაყოთ, რომ ჩვენი მეცნიერული ინტერესები და ახალგაზრდული მისწრაფებები დაკმაყოფილებულია, თითოეულმა ჩვენგანმა, თქვენმა მსმენელმა უნივერსიტეტში, სამეცნიერო საზოგადოებაში თუ საჯარო ლექციაზე, ვისაც კი წილად ზედა ბედნიერება ურთიერთობა ჰქონდა მეცნიერების დიდ მოღვაწესთან, ცოცხალ ნიჭიერ პიროვნებასთან, იცის, რაზომ მიიზიდავს, ღრმა და წარუბოცებელი ამ კეთილნაყოფიერი ურთიერთობის ზეგავლენა; თქვენ ყველაში ერთნაირი წარმატებით ავითარებთ მისწრაფებას ქეშმარიტი მეცნიერებისადმი. თქვენი დაუღალავი მოღვაწეობა საკუთარი მეცნიერული გამოკვლევებისა და მეცნიერულ ქეშმარიტებათა პოპულარიზაციის სფეროში თუ მსმენელ-სტუდენტთა სწავლებაში, დაუღალავი და თამამი დაცვა მეცნიერულ ქეშმარიტებათა და მათი დღეგრევა მაინც გავლენებისაგან, ურყევი ლოგიკურობა, რომელიც მელანდებდა მთელს თქვენს მოღვაწეობაში, — საუკეთესო მაგალითს წარმოადგენენ ჩვენი ცხოვრებისათვის და ჩვენთვის აღმზრდელი მნიშვნელობაც აქვთ. თქვენ არ ემსგავსებით სწავლულს, რომელიც ღრმად ჩაფლულა თავის სპეციალურ სფეროში და ძალუწებურად გამოითიშვია იმას, რაც მის გარშემო ჰდებდა. არა, თქვენი გონებრივი პირიზინტი უფრო ფართო და ღრმაა; თქვენ გარშემო იხედებით, გიყვართ გარემოც, იციბთ მისი საჭიროებანი და დახმარებას უწევთ მათ, და ჩვენ ვხედავთ, რომ პიროფესორი, რომელიც დილით კითხულობს ბრწყინვალე ლექციას „მცენარის მიერ სინათლის შეთვისება“ ან „ქლოროფილის ფიზიოლოგიური მნიშვნელობა“, საღამოთი მეცნიერული საზოგადოების წინაშე გამოდის მგზნებარე სიტყვით — „მეცნიერულ საზოგადოებათა საზოგადოებრივი ამოცანები“, ხვალ კი კითხულობს საჯარო ლექციას „ორგანული ევოლუციის ფაქტორები“, ან ენერგიულად და აღტყინებით იცავს სამეცნიერო ქეშმარიტებებს ლექციაში — „ეოტალიზმი და მეცნიერება“. ან გუშინ პასუხს იძლეოდა ფეფერის კრიტიკაზე, დღეს კი რუსულ ენაზე ამუშავებს ჩ. დარვინის თხზულებებს ან წინასიტყვაობას წერს რომელიმე სასწავლო წიგნისათვის, რომელიც მისი რედაქციით გამოდის. ამავე დროს ბეჭდავს თავის ახალ გამოკვლევებს, რამდენიმე ხნის შემდეგ კი თვითვე პოპულარიზაციას უყუბთ მათ საზოგადოების წინაშე.

ეს ფართო სამეცნიერო და საზოგადოებრივი მოღვაწეობა ნერგავს ჩვენში და უშრეტელ გრძნობებს თქვენდამი პატივისცემისას, სიყვარულისა და მადლობისას.

ამის შემდეგ გასაგებია, რომ თქვენ ჩვენთვის ძვირფასი და საყვარელი ხართ, რომ ჩვენ შეგვიძლია ვიამაყოთ თქვენით. და შორეულ მომავალშიც და თქვენგან დამორებიტაც თქვენი სახელი მუდამ სასოვარი და ძვირფასი იქნება. ყოველივე ამისთვის მიიღეთ ჩვენგან გულწრფელი მადლობა, ღრმად პატივცემულო კლიმენტი არკადის ძე.

მოგესალმებით რა ამ ჩვენთვის უღრესად სასოვარ დღეს, ამასთანავე ვლდესასწაულობთ რუსული მეცნიერების ზემს. ლომონოსოვის წინასწარმეტყველება: „და შეუძლია საუკეთარო პლატონები და გონებით სწრაფი ნეტონები რუსეთის მიწაწყალმა წარმოშვას“ საუკეთესოდ ასრულდა ახლაც. ვის შეუძლია ასე ძალუ-მად აიძულოს პატივი სცენ რუსეთის სახელს აზროვნების, მეცნიერებისა და ჰუმანურობის სფეროში, თუ არა თქვენ, ქეშმარიტი ცოდნის საუკეთესო წარმომადგენელს! თქვენ მიგვაყოთ რუსეთის მეცნიერული აზროვნება უღრესად ბუნებრივად და წარმატებით ზუსტი ცოდნის გზით. თქვენ მეცნიერების სფეროში რუსეთის სახელს მოუხვემეთ მტკიცე დიდება შორს, სამშობლოს ფარგლებს იქითაც. ამიტომ ჩვენ უფლება გვაქვს დღევანდელი დღესასწაული განვიხილოთ აგრეთვე როგორც რუსეთის მეცნიერების დღესასწაული. და თუ დღევანდელი დღე თქვენთვის სასიქადელო და სასიამოვნოა, ჩვენთვისაც იგი ძვირფასი და სასოვარია!

ჩვენ, რა თქმა უნდა, არ ძალგვიძს დღევანდელი დღის როგორც მეცნიერების დღესასწაულის, შეფასება. ჩვენთვის საკმარისია ვიცოდეთ, რომ თქვენი გამოკვლევებმ დგას მეცნიერების უძვირფასესი მონაპოვრების მწყკრეში და მიღებულია ევროპისა და ამერიკის მეცნიერთა მიერ. კიდევ ერთხელ მიიღეთ ჩვენგან სალამი, მილოცვა და გულწრფელი მადლობა, ღრმად პატივცემულო კლიმენტი არკადის ძე! სულითა და გულით გისურვებთ მრავალ და მრავალ წელს სიცოცხლეს მეცნიერების, სამშობლოს და ჩვენი მოსწავლე ახალგაზრდობის საკეთილდღეოდ.

თქმანი ღრმად პატივცემული ალ. ხახანაშვილი

და მართმული სტუდენტები¹.

ასეთი ხალასი ქეშმარიტი სიყვარული და მეგობრობა არსებობდა იმ დროის ქართველ ახალგაზრდობაში დიდი რუსი ხალხის მეცნიერების საუკეთესო წარმომადგენლებისადმი, რომლებიც მთელ თავის სიცოცხლეს მშობლიური ხალხის კეთილდღეობისათვის ბრძოლას ახმარდნენ.

ამ უღრესად საყურადღებო დოკუმენტზე ალექსანდრე ხახანაშვილის გარდა ქართველი სტუდენტებიდან ხელს აწერენ შემდეგი ცნობილი მოღვაწენი: კომპოზიტორი-აკადემიკოსი დიმიტრი არაყიშვილი, ივანე გომართელი, აკადემიკოსი ალექსანდრე ჯავახიშვილი და სხვ.

იმ დროს უკვე ცნობილი ახალგაზრდა ქართველი ისტორიკოსი ალ. ხახანაშვილი, რომელიც მოსკოვის უნივერსიტეტში რუსული მოწინავე მეცნიერებისა და კულტურის დიდ მემკვიდრეობაზე აღიზარდა, ახლად იყო გამოსული მეცნიერულ და საზოგადოებრივ ასპარეზზე სამოღვაწეოდ. იგი მუშაობდა პროგრესულ რუს მეცნიერთა შორის, მათ წრეში ტრიალებდა და მათთან ყოველთვის ახლოს იყო დიდურ, საზოგადოებრივ და მეცნიერულ საქმიანობაში. ამის ნათელ გამოხატულებას წარმოადგენს აგრეთვე მთელი საუტლასნიერო დოკუმენტი — ადრესი პატივისმცემელთაგან (от почтителей) 1898 წლის აპრილში გაგზავნილი გამოჩენილი მეცნიერის კ. ა. ტიმირიაზევისადმი¹.

რუსეთის მოწინავე საზოგადოების მიერ ამ ადრესის მიმართმევთა შორის ალ. ხახანაშვილიც იმყოფებოდა და დამსახურებული პატივისცემითაც სარგებლობდა. იგი იმავე დროს სათავეში ედგა მოსკოვში სასწავლებლად თავმოყრილ მოწინავე ქართველ ახალგაზრდობას და მათში ნერგავდა რუსეთის გამოჩენილი მოაზროვნების დემოკრატიულ-რევოლუციურ იდეებს, ხელს უწყობდა მათ

¹ დატულია კ. ტიმირიაზევის მემორიალურ სახლ-მუზეუმის არქივში.

ლარიბ ქართველ სტუდენტთა სასარგებლოდ, რომელიც მისაწვევ ბარათთან ერთად კ. ტიმირიაზევისათვის მიუერთმევიათ.

თვით საღამოს მოწყობა-ჩატარებაში მხურვალე მონაწილეობას იღებდნენ რუსეთის საუკეთესო ძალები. მუსიკალურ ნაწილს ხელმძღვანელობდა ა. კორეშჩენკო, მონაწილეობდნენ: ა. ფოსტრევი, ლ. ზვიაგინოვი, ა. დან. პროკოპოვიჩები, ჩიარლონი, ლ. პინალოზა, ლ. არენცი, მ. პოკროვსკი, თ. ასპერგერა, ნაციონალურ კოსტიუმებში მორთული გუნდი უ. ავრანეკის ხელმძღვანელობით ასრულებდა ქართულ სიმღერებს, რომლებიც ადგილობრივ იყო ჩაწერილი ა. კორეშჩენკოს მიერ.

პროგრამის პირველ განყოფილებაში შესრულებული ყოფილა შემდეგი ქართული სიმღერები: „დანამა“, „სიძე-სიმამრი“, „ნანიანა“, „გალიაში რომ გაგზარდე“, „შემოდგომა“, „ჩქარა მოდი“, „დედამ კაბა შემეკრა“, „შემიყვარე, შემებრალე“ და სხვ.

მეორე განყოფილებაში ქართული სიმღერებიდან შეუსრულებიათ: „თეთრო ბატო“, „ორიდა თქროს დიელო“, „გოგონა“, „არ მინდა ქალი ლამაზი“, „მელოდია“, „შენ გეტრფი მარად“, „ფერხული“ და სხვა მრავალი.

პროგრამასთან ერთად კ. ტიმირიაზევისადმი გაგზავნილია ღარიბ ქართველ სტუდენტთა სასარგებლოდ გამართული იმავე საღამოს მისაწვევი საპატიო ბილეთი⁽¹⁾.

ასეთივე მისაწვევი სამი საპატიო ბილეთი დიდი მეცნიერისადმი გაგზავნილია სხვადასხვა დროს: 1897 წლის 12 თებერვალს, 1898 წლის 15 ნოემბერს, 1899 წლის 21 ნოემბერს⁽²⁾.

ნათელია, რომ დიდი რუსი მეცნიერი კ. ტიმირიაზევი ყოველთვის გულისხმიერი თანაგრძნობით ეკიდებოდა ქართველ ღარიბ სტუდენტთა მატერიალური მდგომარეობის გაუმჯობესებას.

დიდი მეცნიერის მიერ შემონახული დოკუმენტების საშუალებით ჩვენ მიერ წარმოდგენილი მოსაზრებები დასტურდება აგრეთვე იმ დროის რუსულ და ქართულ პრესაში გამოქვეყნებული წერილებითა და კორესპონდენციებით. რუსეთის საუნივერსიტეტო ქალაქებში ღარიბი ქართველი სტუდენტობის დასახმარებლად „ქართული მხატვრული საღამოები“ იწყობოდა.

კერძოდ, მოსკოვში მოწინავე საზოგადოების მხარდაჭერითა და თანაგრძნობით სისტემატურად იმართებოდა ასეთი „ქართული საღამოები“ [2]. ერთ-ერთი საღამოს პროგრამაში დასახელებული ა. კორეშჩენკო (მოსკოვის კონსერვატორიის პროფესორი) 1897 წლის ზათხელში საქართველოში იყო. მას გურბიასამეგრელოში მრავალი სახალხო სიმღერა ადგილზე ჩაუწერია [3].

იმავე წლის შემოდგომაზე მოსკოვში დაბრუნებისას პროფესორმა კორეშჩენკომ მხურვალე მონაწილეობა მიიღო 1897 წლის 23 ნოემბერს ღარიბ ქართველ სტუდენტთა სასარგებლოდ გამართულ „ქართულ საღამოში“. როგორც პროგრამიდან და ისე გაზეთებში მოთავსებული წერილებიდან [4] ჩანს, საღამოს ჩატარებაში მხურვალე მონაწილეობა მიიღეს აგრეთვე მოსკოვის თეატრების საუკეთესო ძალებმა, მათ შორის რუსული მუსიკალური კულტურის თვალსაჩინო მოღვაწემ, მოსკოვის დიდი თეატრის დირიჟორმა და ქორმეისტერმა ულრიხ იოსების ძე ავრანეკამ და სხვ. [5].

1898 წლის 15 ნოემბერს ტიმირიაზევისადმი გაგზავნილი მისაწვევი ბარათით აღნიშნული საღამოც, როგორც „ივრია“ [6] იუწყებოდა, მრავალრიცხოვანი რუსული საზოგადოების მონაწილეობით ჩატარებულა.

(1) დაცულია კ. ტიმირიაზევის მემორიალური სახლ-მუზეუმის არქივში.
(2) იქვე.

როგორც ვხედავთ, მოსკოვში მოსწავლე ქართველი ახალგაზრდობა რუსეთის ფართო საზოგადოებრივ წრეებში ყოველთვის ხვდებოდა მხარდაჭერასა და თანაგრძობას. ეს იყო საუკეთესო გამოხატულება პროგრესული ძალების ისტორიული მეგობრობის, სიყვარულისა და მხარდაჭერისა.

მოსკოვისა და პეტერბურგის ქართველი სტუდენტების წაბაძვით რუსეთის სხვა საუნივერსიტეტო ქალაქებშიც იწყეს ქართველმა სტუდენტებმა „ქართული საღამოების მართვა“. უნდა ითქვას, რომ თავის დროზე ამ „საღამოებმა“ ერთგვარი გარკვეული დადებითი როლი შეასრულეს რუსეთის საზოგადოებასთან დაახლოებისა და ურთიერთობის განმტკიცების საქმეში. აღსანიშნავია აგრეთვე ის გარემოება, რომ რუსულ პრესაში სისტემატურად იბეჭდებოდა წერილები მოსკოვისა და სხვა საუნივერსიტეტო ქალაქებში გამართული „ქართული საღამოების“ მოწყობა-ჩატარების შესახებ. ცალკეული კორესპონდენტები იბეჭდებოდა ქართულ პრესაშიაც.

მაშინდელი რუსეთის საუნივერსიტეტო ქალაქებში მომუშავე მცირერიცხოვან ქართველ მეცნიერთა შორის თვალსაჩინო ადგილი ეკავა ალექსანდრე ხახანაშვილს. ქართველი ხალხის წინაშე დიდ დამსახურებასთან ერთად ალექსანდრე ხახანაშვილს განსაკუთრებული ღვაწლი მიუძღვის დიდი რუსი ხალხის მეცნიერული და კულტურული მემკვიდრეობის ცხოველყოფილი იდეების აღმოჩენის საქმეში. ქართული მეცნიერული აზროვნებისა და კვლევის განვითარებისათვის. მისი მეცნიერული და საზოგადოებრივი მოღვაწეობის დამოძრავებელ ძალას წარმოადგენდა ხალხთა მეგობრობისა და სიყვარულის იდეა. ალექსანდრე ხახანაშვილის ხანმოკლე ცხოვრების ერთ-ერთ ლამაზ მხარეს სწორედ ის შეადგენდა, რომ მას ღრმად სწამდა დიდი რუსი ხალხისა და ქართველი ხალხის ისტორიული მეგობრობა, რომ მას სწორედ ესმოდა საქართველოს აუცილებელი ისტორიული განვითარების გზა დიდი რუსეთის ხალხთან ერთად. ამისი ნათელი დადასტურებაა მთელი მისი საზოგადოებრივი და მეცნიერული ტერატურული მოღვაწეობა. კერძოდ, თუ გავცნობით საქართველოს რუსეთთან შეერთების ასი წლის თავთან დაკავშირებით ალექსანდრე ხახანაშვილის მიერ გამოქვეყნებულ წერილებს რუსულ და ქართულ პრესაში, ეს ჩვენთვის უფრო ნათელი გახდება.

მოსკოვის სამეცნიერო და საზოგადოებრივ წრეებში ალ. ხახანაშვილის ნაყოფიერი მუშაობის მეოხებით, მოწინავე რუსი მეცნიერებისა და საზოგადო მოღვაწეთა მხარდაჭერითა და დახმარებით, 1900 წლიდან მოსკოვის უნივერსიტეტის აღმოსავლური ენების ფაკულტეტთან დაარსდა ქართული ენის კათედრა. ამ ფაქტს ქართული საზოგადოებრიობა უდიდესი კმაყოფილებით შეხვდა და ერთხმად აღიარებდა მის პროგრესულ მნიშვნელობას ქართული კულტურის განვითარებისათვის.

1901 წელს აკადემიკოსი ნ. დერჟავინი აღნიშნავდა ალ. ხახანაშვილის დიდ დამსახურებას რუსული საზოგადოების ფართო წრეებისათვის საქართველოს მდიდარი კულტურული მემკვიდრეობის გაცნობის საქმეში [7].

მაშინდელი ქართული საზოგადოებრივი ცხოვრების დიდი მოღვაწეები: ილია ჭავჭავაძე, აკაკი წერეთელი, იაკობ გოგებაშვილი, გ. წერეთელი, ალ. წულუკიძე და სხვები, დიდად აფასებდნენ ალ. ხახანაშვილის უანგარო მეცნიერულ და საზოგადოებრივ მოღვაწეობას. მისი სახით მათ ჰყავდათ საიმედო მეცნიერული ძალა და დიდი მოსიყვარული ადამიანი, მოქალაქე, რომელსაც ყოველთვის შესტყობდა გული სამშობლო ქვეყნის კეთილდღეობისა და თავისუფლებისათვის.

რუსეთის მოწინავე საზოგადო მოღვაწეებთან და მეცნიერთა წრისთან მუდამ მჭიდრო საზოგადოებრივ-მეცნიერული და მეგობრული ურთიერთობით

ალ. ხახანაშვილმა შეძლო მაქსიმალური ნაყოფიერებით ემუშავა მშობლიური ხალხის კულტურის განვითარებისა და აღორძინებისათვის.

მიუხედავად თავიანთი მეცნიერული კვლევა-ძიების სხვადასხვა დარგისა, ტიმირიაზევი და ალ. ხახანაშვილი საზოგადოებრივი მოღვაწეობით, ერთმანეთისადმი ღრმა პატივისცემით იყვნენ გამსჭვალულნი, რადგან მათ ორივეს აკავშირებდა მშობლიური ხალხის კეთილდღეობისათვის ზრუნვა და სიყვარული.

კ. ტიმირიაზევისათვის უცხო იყო ვიწრო ნაციონალურ ჩარჩოებში ჩაკეტვა. დიდი რუსი მეცნიერი და მოაზროვნე იმავე დროს დიდი ჰუმანისტიც იყო. მას დიდ რუს ხალხთან ერთად თანასწორი სიყვარულით უყვარდა პატარა ერების პროგრესული ძალები და ხელს უწყობდა მათ უკეთესი მომავლისათვის ბრძოლაში.

ამითაც აიხსნება დიდი მეცნიერისადმი უზომო სიყვარული, მეგობრობა და თავყვანისცემა მაშინდელი მოწინავე ქართველი სტუდენტებისა.

ასეთი გრძნობის გამომატველია 1893 წლის 21 ნოემბერს კახეთის მეღვინეთა პირველი ყრილობის სახელით 12-ის ხელმოწერით საყვარელი მეცნიერებისადმი გაგზავნილი დეპეშა⁽¹⁾ რომელშიაც წერდნენ: «Группа Петровцев и других ваших почитателей из числа членов первого съезда виноградо-владельцев и виноделов Кахетии в воспоминании дня открытия дорогой бывшей Петровской Академии с чувством любви и глубокого уважения пьет Ваше здоровье как незабвенного учителя и воспитателя».

კ. ტიმირიაზევისადმი 1899 წლის 12 იანვარს თბილისიდან სტუდენტთა ჯგუფის მიერ გაგზავნილი დეპეშაც⁽²⁾ ასეთივე სულისკვეთებით იყო გაქვნილი.

თბილისიდან სტუდენტთა ჯგუფი საყვარელ მასწავლებელსა და მეცნიერს სწერდა: «Ваши слушатели студенты университета и петровцы в день родной всему русскому студенчеству собравшись за трапезой высоко поднимаем бокал, пьют за Ваше здоровье на пользу науки и русской молодежи».

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკად. ს. ჯანაშიას სახელობის საელმწიფო მუზეუმში ძველი ქართული კულტურის მდიდარი მემკვიდრეობის მრავალმხრივ შესწავლასთან ერთად მიმდინარეობს აგრეთვე გამოჩენილ ქართველ მოღვაწეთა პირადი ფონდების შექმნა, დამუშავება და შესწავლა. ამის შედეგად უკანასკნელ დროს მუზეუმის ხელნაწერთა განყოფილებაში თავი მოიყარა ახალმა დოკუმენტალურმა მასალამ ღვაწლმოსილი ქართველი მეცნიერის ალექსანდრე ხახანაშვილის ცხოვრებისა და მოღვაწეობის შესახებ.

ამ მასალებიდან ჩვენ გამოვყავით დოკუმენტების მხოლოდ ის ნაწილი, რომლის საშუალებითაც ნათელი ხდება რუს და ქართველ მეცნიერთა საზოგადოებრივი ურთიერთობა და მეგობრობა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

აკად. ს. ჯანაშიას სახელობის

საქართველოს საელმწიფო მუზეუმი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.12.1956)

(¹) დატულია კ. ტიმირიაზევის მოსკოვის მემორიალური სახლ-მუზეუმის არქივში.

(²) იქვე.

დამოწმებული ლიტერატურა

1. გაზ. „პრავდა“, № 343, 1953 წლის 9 დეკემბრისა (მოწინავე).
2. გაზ. „ივერია“, № 37, 1890; გაზ. „ცნ. ფურცელი“, № 129, 1897.
3. გაზ. „ივერია“, № 99, № 119, 1897.
4. გაზ. „ცნ. ფურცელი“, №№ 373, 391, 1897.
5. გაზ. „ნოვოე ობოზრენიე“, № 4782, 1897; „სოვეტსკაია კულტურა“, № 5 (83), 1954 წ.
6. გაზ. „ივერია“, № 251, 1898.
7. «Этнографическое Обзорение», 1901, № 3 (кн. 50), стр. 139.

მ მ თ ვ რ ა მ ე ტ ე ტ ო მ ი ს შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

შ. მიქელაძე. (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). შესაძლოდ მდალი სიზუსტის მქონე კვადრატული ფორმულები ჭერადი ინტეგრალებისათვის	3
ც. დიდიძე. ალგებრათა არაასოციაციური თავისუფალი ჯამები გაერთიანებული ქვეალგებრივ	11
ზ. ხვედელიძე. კოშინგულიან სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემების შესახებ	129
ო. წერეთელი. რიმანის ჯამების შესახებ.	137
თ. გეგელია. ი. პრივალოვის ძირითადი ლემა სივრცითი პოტენციალებისათვის	257
შ. მიქელაძე. (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). რიცხვითი გაწარმოება კომპლექსურ არეში.	385
გ. თევზაძე. წრფეთა კანონიერი კონის შესახებ	513
ნ. ბერიკაშვილი. ჭრუფთა სპექტრების აქსიომატიკური თეორია	641
პ. ზერაგია. ს. ჩაპლინის მეთოდის გამოყენება პარაბოლური ტიპის ერთი არაწრფივი განტოლების მიახლოებითი ამოხსნისათვის	647

მეზანიკა

შ. მიქელაძე. ანიზოტროპული, თითქმის ცილინდრული გარსების პლასტიკური ხისტი ანალიზი	265
---	-----

დრეკადობის თეორია

ი. ამენაშაძე. წრიული ღეროთი არმირებული კვადრატული განიკვეთის მქონე პრიზმული ძეგლის გრუნა	271
გ. ხატიაშვილი. შედგენილი ძეგლის დრეკადი წონასწორობა მსახველის გასწვრივ ცვალებადი დატვირთვის შემთხვევაში	393
შ. მეცხოვრიშვილი. ტორული გარსის უსასრულოდ მცირე ლუნვის შესახებ	521

ჰიდრომეჰანიკა

რ. კილაძე. არხში ტალღის სიმაღლის შემცირება გვერდითი წყალსაშვით	655
--	-----

ფიზიკა

ა. ლოგუნოვი და ა. თავჯელიძე. დისპერსიული თანაფარდობანი მეზონურული დაჯახებათა პროცესებისათვის ფიქსირებული ნუკლონის შემთხვევაში	19
ს. მატინიანი. k მეზონების დაშლის საკითხისათვის	143
გ. შილაშვილი. ზოგიერთი მსუბუქი გულის სტრუქტურის შესახებ	279
თ. დავითაშვილი. სინათლის ნაკადების რეგისტრაციის მეთოდის შესახებ	283
ს. მატინიანი. k-მეზონის ურთიერთქმედება ჰელიუმის ატომბირთვებთან და იზობარული ინვარიანტობა	401
ი. ვაშაკიძე. სწრაფი ნეიტრონების დეტონებზე გაფანტვა სპინორბიტალური ურთიერთმოქმედების გათვალისწინებით	405
თ. განჩილაძე. $Be^9 (He^3, p) B^{11}$ რეაქციის კუთხური განაწილება	529
ა. ლოგუნოვი და ა. თავჯელიძე. დისპერსიული თანაფარდობები და ფიზური წანაცვლებების განტოლებები მეზონურ-ნუკლონურ დაჯახებათა პროცესებისათვის ფიქსირებული ნუკლონის შემთხვევაში	533
ი. ვაშაკიძე. ...არადრეკადი გაფანტვის შედეგად წარმოშობილი პროტონების კუთხური განაწილება	663

ი. ნასყიდაშვილი და ვ. დოლიძე. თუთიის თვითღებულის კოფეციენტის და-
მოკიდებულება მარცვლოვანებისაგან 671

ბაიოფიზიკა

ე. სავარენსკი და ე. ჭიბლაძე. კავკასიონის მიწისძვრა ენერჯის შესახებ 25
 ა. ბალაბუევი. ბუმბულისებურ ღრუბელთა ერთი ფორმის შესახებ 149
 ბ. ბალაბუევი. გეოსინკლინური არის სიძაბვის ძალის ანომალის კლასიფიკაციის
საკითხისათვის 155
 ა. ცხაკაია და დ. სიხარულიძე. სოჭის რაიონის სეისმურობა და 1955 წლის
21 და 27 დეკემბრის კრასნაია პოლიანის მიწისძვრა 287

ელექტრონიკა

გ. მუსხელიშვილი და ნ. კილაძე. ინდუქტიობისა და ტრეადობის მზომი 293

ასტროფიზიკა

ი. ალანია. ვალკტიკაში შერჩევითი შთანთქმის შესწავლა მოკლებერიოდიანი ცეფე-
იდების ფერის სიპარბების მიხედვით 159

მეცნიერება

მ. მზარეულიშვილი. თბილისის აერმული წყლებს ჰიდროქიმიური გამოკვლევა 299
 თ. დავრიშვივა. W და Mo-ის პოლისულფიდურ არეში წარმოქმნილი გოგირდოვანი
ნაერთები 679
 მ. მზარეულიშვილი. თბილისის თერმების აირთა შედგენილობა და ქანგვა-აღდგე-
ნითი პროცესები 687

ქიმიური ტექნოლოგია

ნ. ჯინჭარაძე და კ. ქუთათელაძე. ცეცხლაძე ცემენტის მიღება დოლო-
მიტისა და ალუნიტისაგან 31
 ნ. კაკაბაძე, შ. სარქიშ'ოვა და ზ. რუდინა. საქართველოს მინდვრის-
შპათიანი კვარცის ქვიშები და გრანიტები როგორც ფაქიზი კერამიკის წარმოების
ნედლეულის ახალი სახე 167
 ი. ბუჩუკური. მანგანუმის შლამების ქიმიური გამდიდრების საკითხისათვის 175
 ვ. ჩაგუნავა და ი. ბუჩუკური. მანგანუმის მასების გამოყენება გოგირდწყალ-
ბადისა და გოგირდნაწიბრბადისაგან აირის გასაწმენდად 541
 ვ. კაკაბაძე და ი. კაკაბაძე. ნიტროზული აირების შთანთქმა მშრალი ხერ-
ხით და ერთდროულად რთული სასუქების მიღება 549
 რ. აგლაძე და ზ. დამანაკაია. მანგანუმის ანოდური გახსნა, პერმანგანატისა
და მანგანუმის ორჟანგის მიღება 695

აბრკმეცნიერება

ი. ზარდალიშვილი. ბორისა და მანგანუმის ხსნარებში თესლის დაღობვის გე-
ლენა შაქრის ჰარბლის ზრდა-განვითარებაზე 307

ბიოქიმია

მ. ბრეგაძე. კავშირი ცხოველის თმოვან საფარეულსა და სპერმატოზოიდებში არსე-
ბული გოგირდის რაოდენობას შორის 39
 თ. ცეცხლაძე, რ. ყიფიანი, ა. ლაშხი. γ - გამოსხივებით გამოწვეული ღვინის
ორგანოლექტიური და ბიოქიმიური ცვლილებები 183
 ლ. ტყეშელაშვილი. ფოსფორილქოლისისა და ფოსფორილეთანოლამინის განახლე-
ბის სისწრაფე ცხოველის ორგანიზმში. 413
 შ. გონაშვილი. ზოგიერთი მონაცემი სამქლორიან ძმარმეკავთი ცილის კოაგულაციის
პროცესის შესწავლისათვის 421
 ე. კლდინი. ადენილის სისტემის რეგისტრებში მონაწილე ამინომეკავთა გარდაქმნები
თავის ტვინის ჰომოგენატში 703

ბიოგრაფია

გ. გურგენიძე. ქვემო ქართლის მოსახლეობის გეოგრაფიისათვის 47
 ლ. ვლადიმეროვი. ჩამონადენის კანონზომიერებანი მდინარე ალანის აუზში. 189
 ლ. ვლადიმეროვი. თუშეთის მდინარეთა ჩამონადენის გამოკვლევისათვის 311

ბიოლოგია

მ. ვახანიძე და ლ. პაპავა. ლეჩხუმის დებრესის ქვედა მთოვანი ნალექები 55

მ. ვახანიძე. კოლხიდის სერიის ასაჯის შესახებ 315

მ. ქელიძე. აქარის პლიოცენური ნალექები 557

პალეონტოლოგია

მ. ქვალაიაშვილი. გვარ ეოპროზოდაქნას (*Eoprosodacha*) ახალი წარმომადგენლების შესახებ აღმოსავლეთ საქართველოს კოჭახურის ჰორიზონტის ნალექებიდან 563

კრისტალოგრაფია

ა. ქილიძე აური. ზოგიერთი ფერადი ლითონის კრისტალების ზრდის წახანაგების მიკრორელიეფის შესწავლის საკითხისათვის 321

ტიჰნიკა

ნ. პოპოვი და ა. ტატიშვილი. პიდროფობული დანამატების გავლენა მსუბუქი ბეტონების თვისებებზე 59

ა. ლუღუშაური. სასრულო სიხისტის მქონე ზოლის ანგარიში დრეკად ნახევარ-სიბრტყეზე რეაქციული მგები ქიმიკების გათვალისწინებით 67

გ. ხაჩალია. დამრეცი სფერული გარსების ნგრევის სქემების დადგენა ექსპერიმენტულ-თეორიული გზით 75

ვ. შაიშველაშვილი. დამრეცი გარსების ანგარიში ზოლების მეთოდით 197

ნ. ახვლედიანი. რკინაბეტონის ბრუნვითი გარსების ზღვრული წონასწორობის მეთოდით ანგარიშისათვის 205

დ. თოლორაია. ასაწყობი მშენებლობისათვის ჯოჯგური ამწის ახალი ტიპის შესახებ 327

მ. კალანდაძე. „МБК“ ტიპის ელექტრობურღებში მიწოდების ძალის რეგულირების საკითხისათვის 331

გ. ნაჭყებია. ორგანიზებული ელექტროფიცირებული რკინიგზის საკონტაქტო ქსელის დაცვა მოკლედ შერთვის დენებისაგან 337

ო. დალაქიშვილი. თერმოპიდრომეტრის გამოყენება წყლის დინების მცირე სიჩქარეების გასაზომად 427

თ. ფაშალიშვილი. კაშმის არევის ხანგრძლივობის გავლენა ბეტონის სიმტკიცეზე 433

ვ. შვენიჩიშვილი. ქარგილ-ბაღრა სისტემების ანგარიშისათვის 441

მ. შვარცხაიდი და ლ. ბოლქვაძე. კირ-ქვიშოვან ავტოკლავურ მასალებში კირის რაოდენობის შესახებ 571

ვ. ბალავაძე. მსუბუქი რკინაბეტონის ზოგიერთი თავისებურების შესახებ 577

ლ. რაბუხიანი. მრგვალ მილებში არათანაბარი მოძრაობის განტოლების ინტეგრება 585

ო. კაციტაძე. დარტყმითი საგამოცდო დანადგარი და ლეროების გამოცდის მეთოდი დარტყმით ვრძივ ღუნვაზე 711

მეტალურგია

ფ. თავაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი) და ქ. დოლიაშვილი. MnSi-FeSi-C სისტემის შენადნობების მიკროსტრუქტურა და ზოგიერთი თვისება 211

სამთო საჭმე

ა. ზურაბიშვილი. ლავის სიგრძის გაზრდის ეფექტურობის შესახებ 449

ა. გავაშვილი. კითურა-სახეგრის აუზის მარგანცის მადნების სახესხვაობათა სამრეწველო მნიშვნელობის დადენისათვის 593

ო. კარბელაშვილი და გ. ციციშვილი. ძლიერ წვრილი ძარღვების მოწინავე აღმავლობიდან მადნის მონგრევით დამუშავების სისტემის გამოცდა 719

ბოტანიკა

მ. კოსტავა. კოლხეთის დაბლობის ტყეცვენარეების ტრანსპირაციული უნარის შესახებ 341

ფიტოკატეოლოგია

- ვ. დონაძე. დაავადებული მცენარეული ნარჩენების როლი ლიმონების ხმელას (მალსკეოს) ფესვიდან ინფექციის შესაძლებლობისა და ავადმყოფობის ჯავრცელებაში 595
- შ. ძაგნიძე. სოკო ფომოფოსის (*Phomopsis Mali*) ბიოლოგიის ზოგიერთი საკითხი 727

მეტეოროლოგია

- ე. ტატიშვილი. ზრდის პირობების გავლენა ეკალიპტის მერქნის ანატომიურ აღნაგობაზე 349

მემცნარეობა

- ო. ლექვაძე. რწყვის გავლენა იონჯის სათესლე პროდუქტიულობაზე ქვემო ქართლის პირობებში 217
- ბ. დანცესი. მინერალური სასუქების დოზები და „დოლის პური 35/4“-ის თესვის ნორმები 603
- ბ. გერასიმოვი. ზოგიერთი მიკროელემენტის როლი ვაზის ქლოროზის მოვლენებში 733

ნიღაბგმცოდნეობა

- ი. გოგობერიძე. სამგორის ვაკის ნეშომპალა-სულფატური (გაჯანი) ნიადაგების გაყუდებების საკითხისათვის მინერალური და მწვანე სასუქებით 225

ენტომოლოგია

- გ. დოლიძე. კომბოსტოს თავის მუწერების შესწავლისათვის აღმოსავლეთ საქართველოში 83
- ტ. ნოვიკვაია. ფქვილისებრ ცრუფარიანებზე თიოფოსის მოქმედების შესწავლისათვის 457

ზოოლოგია

- ა. პატარიძე. ოლიგონეტას ანალი საბეობა — *Nais iorensis* — მდინარე იორიდან 91
- პ. კანტურიშვილი. საშვილოსნოსგარეშე შაკეობა თავებში 463
- მ. კუტუბიძე. კავკასიის კაების *Alectoris graeca caucasica suschkin*) გამრავლების შესახებ 611

პარაზიტოლოგია

- ნ. როსტომბეკოვა. წყლის, ბოსტნეულისა და მწვანე მინიშენელობა ჰელმინთოზების გავრცელებაში 467

ფიზიოლოგია

- გ. ხვედელიძე და კ. ცინცაძე. ბაყაყის სუნთქვით მოძრაობათა რეგულაციის საკითხისათვის 741

მასპირიძმენტული მილიცინა

- გ. ბოქორიშვილი. მოტეხილობის შეზრდის პროცესის ზოგადი პათოლოგიურ-ანატომიური დასასიათება კვებისა და თევზის რეგულაციების შეჯახების პირობებში 95
- ა. სინარულიძე. კუჭის შეჭარბეულობის გავლენის შესახებ 103
- ვ. ცინცაძე. გლუტამინის დაავადებულთა სინათლის პიოტენზური ეფექტის შუქის შეგრძნების მდგომარეობისაგან დამოკიდებულების შესახებ 109
- კ. ერისთავი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიოსი), გ. გიორგაძე და ვ. ლეკიშვილი. ბრომისა და კოფეინის გავლენა სიმსივნის ინდუცირებაზე ამირკავკასიის ზაზუნებში 233
- გ. ზვიადაძე. ძვლის ტვინის ცვლილებები თირეოტიკოზის დროს 237
- ე. კვლიაშვილი. სქესობრივი მომწიფება და ძლოვანი სისტემა 357
- გ. ზვიადაძე. ძვლის ტვინის ცვლილებები თირეოტიკოზის ოპერაციული მკურნალობის შემდეგ 473
- ბ. მანჯგალაძე. წვრილი ნაწლავების ვრცელი რეზექციის გავლენის საკითხისათვის დარჩენილი ნაწილის ფერმენტგამოყოფ ფუნქციაზე 475

მ. გაჩეჩილაძე. კუქის სეკრეცია და საკმლის მონელებითი ლეიკოციტოზი კუქისა და თორმეტგოჯა ნაწლავის წყლულოვანი დაავადების დროს	483
ე. თოფურიძე და ბ. მთვარაძე. ფილტვის ამებური აბსცესის შესწავლის საკითხისათვის	619
მ. მანაბელი. სისხლის სისტემის ადრეული ცვლილებების საკითხისათვის ექსპერიმენტული ონკოგენეზის პროცესში	623
ი. რ. ტატიშვილი. მიოკარდიუმისა და მისი საინერვაციო მექანიზმების ზოგიერთი ნაწილის სტრუქტურული ცვლილებები ცხოველს მწვავე დიპტერიის დროს	747

ენათმეცნიერება

ქ. წერეთელი. <i>ka-sa-</i> კაუზატეის კვალი თანამედროვე ასურული ენის ურმიის დიალექტში	117
თ. გამყრელიძე. *so, *sa, *tod ნაცვალსახელი და ე. სტერტევანტის „ინდო-ხეთური“ ჰიპოთეზა	241
გ. თოფურია. ბრძანებთის წარმოებისათვის ლეზგიურში	363
ზ. ჯაფარიძე. შენიშვნები ხუნძური დიალექტოლოგიიდან	751

ფილოლოგია

ბ. ჭუმბურიძე. მოთხრობითი ბრუნვა „ვეფხისტყაოსანში“	631
---	-----

ისტორია

ოთ. ლორთქიფანიძე. სტრაბონის ცნობა იბერიის მოსახლეობის პირველი გენოსის შესახებ	369
დ. კაპანაძე. მ. ბარათაივისა და ვ. ლანგლუას ზოგიერთი განსაზღვრის შესახებ	491
შ. გოზალიშვილი. რუს და ქართველ მეცნიერთა ურთიერთობიდან	759

არქეოლოგია

პ. ფირფილაშვილი. თრიალეთსა და სამთავროში არქეოლოგიური თხრისას აღმოჩენილი გველისგამოსახულებიანი ჭურჭლების დანიშნულების შესახებ	377
---	-----

მეცნიერების ისტორია

პ. ფირფილაშვილი. არქეოლოგიური გათხრებისას მოპოვებული ზოგიერთი სადას-ტაქრო იარაღის შესახებ	495
---	-----

ხელოვნების ისტორია

ზ. მაისურაძე. სამთავროს სამაროვნის ორმოსამარხების შავი და რუხი კრიალა ჭურჭლის მხატვრულად შემკობის ტექნიკური ხერხების შესახებ	125
ს. ბარნაველი. საქართველოს ანტიკური საბეჭდავების ისტორიიდან	248
რ. შშერლინგი. ზედიის ტაძრის მხატვრობის დათარიღების საკითხისათვის	503
ო. ჩიჯავაძე. მიტავლ მოდრეკილის ერთი შენიშვნის გამო	637

ა ბ ტ ო რ თ ა ს ა ძ ი ე ბ ე ლ ი

- აგლაძე რ. 695
 ალანია ი. 159
 ამენზადე ი. 271
 ახვლედიანი ნ. 205
 ბალაბუევი ა. 149
 ბალაგაძე ბ. 155
 ბალაგაძე ვ. 577
 ბარნაველი ს. 248
 ბერიაშვილი ნ. 641
 ბოლქვაძე ლ. 571
 ბოჭორიშვილი გ. 95
 ბრეგაძე მ. 39
 ბუჩუკური ი. 175, 541
 გავაშვილი ა. 593
 გამყრელიძე თ. 241
 გაჩეჩილაძე თ. 529
 გაჩეჩილაძე მ. 483
 გეგელია თ. 257
 გერასიმოვი ბ. 733
 გიორგაძე გ. 233
 გოგობერიძე ი. 225
 გოშალიშვილი შ. 759
 გონაშვილი შ. 421
 გურგენიძე გ. 47
 დავითაშვილი თ. 283
 დავრიშვეა თ. 679
 დალაქიშვილი თ. 427
 დანცესი ნ. 603
 დიდიძე ც. 11
 დოლიაშვილი ქ. 211
 დოლიძე გ. 83
 დოლიძე ვ. 671
 დომანსკაია გ. 695
 დონაძე ვ. 595
 ერისთავი ქ. 233
 ვაშაკიძე ი. 405, 663
 ვახანია ე. 55, 315
 ვლადიმეროვი ლ. 189, 311
 ზარდალიშვილი თ. 307
 ზერაგია პ. 647
 ზვიადაძე გ. 237, 473
 ზურაბიშვილი ი. 449
 თავაძე ფ. 211
 თაველიძე ა. 19, 533
 თევზაძე გ. 513
 თოლორაია დ. 327
 თოფურია გ. 363
 თოფურიძე ე. 619
 კაკაბაძე ვ. 549
 კაკაბაძე ი. 549
 კაკაბაძე ნ. 167
 კალანდაძე მ. 331
 კაპანაძე დ. 491
 კარბელაშვილი თ. 719
 კაციაძე თ. 711
 კვალაშვილი ა. 357
 კვალაშვილი გ. 563
 კილაძე ნ. 293
 კილაძე რ. 655
 კლეინი ე. 703
 კოსტავა გ. 341
 კუტუბიძე მ. 611
 ლაშვი ა. 183
 ლეკიშვილი ვ. 233
 ლეკავა თ. 217
 ლოგუნოვი ა. 19, 533
 ლორთქიფანიძე თ. 369
 მაისურაძე ზ. 125
 მანჯგალაძე პ. 475
 მატინიანი ს. 143, 401
 მაჩაბელი მ. 623

მცხოვრიშვილი შ. 521	ლულუშაური ი. 67
მზარელიშვილი მ. 299, 687	ყიფიანი რ. 183
მთვარაძე ბ. 619	შაიშველაშვილი ვ. 197
მიქელაძე მ. 265	შვარცზაიდი მ. 571
მიქელაძე შ. 3, 385	შმერლინგი რ. 503
მუსხელიშვილი გ. 293	
ნასყიდაშვილი ი. 671	ჩაგუნავა ვ. 541
ნაჭყეზია გ. 337	ჩიჯავაძე თ. 637
ნოვიცკაია ტ. 457	ცეცხლაძე თ. 183
პაპავა დ. 55	ცინცაძე ვ. 109
პატარიძე ა. 91	ცინცაძე კ. 741
პოპოვი ნ. 59	ციციშვილი გ. 719
პშენიჩნოვი გ. 441	ცხაკაია ა. 287
რაზუხინი ლ. 535	ძაგნიძე შ. 727
როსტომშეკოვა ნ. 467	წერეთელი კ. 117
რუდინა ზ. 167	წერეთელი ო. 137
სავარენსკი ე. 25	ჭანტურიშვილი პ. 463
სარქისოვა მ. 167	ჭელიძე გ. 557
სინარულიძე ა. 103	ჭილაშვილი გ. 279
სინარულიძე დ. 287	ჭუმბურიძე ზ. 631
ტატიშვილი ა. 59	ხაზალია გ. 75
ტატიშვილი ე. 349	ხატიაშვილი გ. 393
ტატიშვილი ირ. 747	ხვედელიძე ბ. 129
ტყეშელაშვილი ლ. 413	ხვედელიძე გ. 741
ფაშალიშვილი თ. 433	ჯაფარიძე ზ. 751
ფირფილაშვილი პ. 377, 495	ჯიბლაძე ე. 25
ჭილითაური ი. 321	ჯინჭარაძე ნ. 31
ჭუთათელაძე კ. 31	

სარედაქციო კოლეგია

რ. აგლაძე, ი. ბერიტაშვილი, ნ. ბერძენიშვილი, ა. ბოჭორიშვილი,
ი. გიგინეიშვილი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ნ. კეცხოველი,
ნ. მუსხელიშვილი (მთავარი რედაქტორი), რ. შადური
(მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ა. ჯანელიძე

მთ. რედაქტორის მოადგილე ი. გიგინეიშვილი

ბელოწერილია დასაბეჭდად 25.6.1957; შეკვ. № 976; ანაწყოების ზომა 7×11 ;
ქაღალდის ზომა 70×108 ; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 8,8;
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 8,57; უფ 01260; ტირაჟი 1000.



დ ა მ ტ კ ი ც ე ბ უ ლ ი ა
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
პრეზიდიუმის მიერ 31.1.1957 წ.

დებულება „საბართმელოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“ 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 სალიტერატურო-საგამოცემლო) თაბახის მოცულობით თითოეული. ყოველი ნახევარი 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, საესებით 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 სრული: საჭიროა აღინიშნოს ავტორის სახელწოდება, ნომერი სერისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია 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 მიხედვით, ჩასმული კვანძულ ფრჩხილებში.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა სითანადო ენებზე უნდა აღინიშნოს დასახელება. და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, ორ ან სამეტი ორი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოდგენლობის შემთხვევაში რედაქციის უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 25-25 ამონაბეჭდი ქართულ და რუსულ ენებზე.

აკადემიის მისამართი: თბილისი, ძეგლისძის ქ., 8

ტელეფონი: 3-03-52

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XVIII, 1957

Основное, грузинское издание



6.103/193

ფაზი 5 მან.

დ ა მ ტ კ ი ც ე ბ უ ლ ი ა
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
პრეზიდიუმის მიერ 31.1.1957 წ.

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 ხარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბე“ გამოდის ყოველთვიურად (თვის ბოლოს), ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 8 ბეჭდური (10 საარტიკულო-საგამომცემლო) თაბახის მოცულობით თითოეული. ყოველი ნახევარი 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, სავსებით გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულეზა 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 სრული: საჭიროა აღინიშნოს ჟურნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია 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 მიხედვით, ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა სათანადო ენებზე უნდა აღინიშნოს დასახელება და იდგომდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებად 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 ამონაბეჭდი ქართულ და რუსულ ენებზე.

ჩედაქციის მისამართი: თბილისი, ძეგლისძის ქ., 8

ტელეფონი: 3-03-52

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, Т. XVIII, № 6, 1957

Основное, грузинское издание