

527
1956/3



საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის
გ ლ ე გ ბ ე

ტომი XVII, № 8

ძიებითარი, ქართული გამომცემი

1956

მეცნიერებათა
აკადემია

შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

- 1. შ. ქემხაძე. რეგულარული p -ჯგუფი უსასრულო სიმაღლის ელემენტის გარეშე 673
- 2. ი. მელნიკი. ... წირითი ინტეგრალით წარმოდგენილი ანალიზური ფუნქციის სასაზღვრო მნიშვნელობანი 681

ქიმია

- 3. ე. ბენაშვილი. თიოზარდოვანას საშუალებით იზოპარაფინული და ნაფტენური ნახშირწყალბადების გამოყოფის საკითხისათვის 689

ქიმიური ტექნოლოგია

- 4. მ. მერაბიშვილი და ო. მდივნიშვილი. საყალიბო ნარეგებში ასკანის ბენტონიტების გამოყენების საკითხისათვის 697
- 5. ი. ბუჩუკური, ვ. ჩაგუნავა, თ. ფანცულაია. მანგანუმის სულფიდური მასის გამოწვა 703

ბიოქიმია

- 6. ლ. ტყეშელაშვილი. ფოსფორილქოლინისა და ფოსფორილეთანოლამინის რაოდენობითი განაწილება ცხოველის ორგანიზმში 711

გეოგრაფია

- 7. პ. კოვალევი. ყინვარი ტიპბერი 719

გეოლოგია

- 8. ნ. ხიმშიაშვილი. რიბისის სინკლინის ზედაიურული ნალექების სტრატиграფიისათვის 727

ტექნიკა

- 9. დ. ცხვირაშვილი. ნატრიუმის ქლორიდის ხსნადობის გამოკვლევა მაღალი წნევის გადაზურბული წყლის ორთქლში 731
- 10. ვ. ბალავაძე. მსუბუქი რკინაბეტონის კონსტრუქციების ზიდვის უნარის საკითხისათვის ბზარწარმოქმნის მიხედვით 737

ფიზიოლოგია

- 11. თ. ონიანი. მდინარის კიბოს (*Astacus fluviatilis*) ნერვ-კუნთის პრეპარატის ოპტიმალური და პესიმალური რეაქციების შესახებ 745

ექსპერიმენტული მედიცინა

- 12. გ. მჭედლიშვილი. სისხლძარღვთა და ქსოვილთა რეაქციების ცვლილებები აცეტილქოლინის მრავალჯერის მოქმედების შედეგად 753

ხელოვნების ისტორია

- 13. გ. გაფრინდაშვილი. 995 წ. ხუროთმოძღვრების ძეგლი ნასოფლარ ფიაში 761

მათემატიკა

შ. ჭიჭინაძე

რეგულარული p -ჯგუფი უსასრულო სიმაღლის ელემენტის ბარეში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ჭოლოშვილმა 24.12.1955)

§ 1. G , p -ჯგუფის $a \neq I$ ელემენტს ეწოდება n სიმაღლის ელემენტი, თუ განტოლებას

$$a^{p^k} = a$$

ერთი ამოხსნა მაინც აქვს G ჯგუფში, როცა $k \leq n$, მაგრამ არა აქვს ამოხსნა, როცა $k = n + 1$. თუ ეს განტოლება G -ში ამოიხსნება ყოველი k -თვის, მაშინ ვიტყვი, რომ a ელემენტს აქვს უსასრულო სიმაღლე. a ელემენტის სიმაღლე აღვნიშნოთ $H(a)$ სიმბოლოთი. ამიტომ, თუ a ელემენტს G ჯგუფში აქვს სასრული სიმაღლე n , დავწერთ $H(a) = n$, ხოლო, თუ უსასრულო სიმაღლე აქვს—მაშინ $H(a) = \infty$.

G ჯგუფის ელემენტთა რომელიმე A სიმრავლის სიმაღლე ვუწოდოთ ამ სიმრავლეში შემავალ ელემენტთა მაქსიმალურ სიმაღლეს, ე. ი.

$$H(A) = \max_{a \in A} H(a).$$

თუ A სიმრავლეში არაა მაქსიმალური სიმაღლის ელემენტი, მაშინ დავწერთ $H(A) = \infty$.

როგორც ცნობილია [2], p -ჯგუფს G ეწოდება რეგულარული, თუ ნებისმიერი ორი $a, b \in G$ ელემენტისათვის ყოველთვის მოიძებნება ისეთი S ელემენტი $\{a, b\}$ ქვეჯგუფის $K\{a, b\}$ კომეტანტიდან, რომ

$$(ab)^p = a^p b^p s^p.$$

რეგულარული p -ჯგუფის განმარტებიდან გამომდინარეობს, რომ რეგულარული p -ჯგუფის ყოველი ქვეჯგუფი და ყოველი ფაქტორ-ჯგუფი რეგულარულია.

რეგულარული p -ჯგუფებისათვის, რომელთა ყოველი ორი ელემენტი-საგან შექმნილი ჯგუფი სასრულია, აღვნიშნოთ შემდეგი თვისებები [3]:

1. ნებისმიერი ორი $a, b \in G$ ელემენტისათვის ადგილი აქვს ტოლობას

$$a^{p^\alpha} \cdot b^{p^\alpha} = c^{p^\alpha},$$

სადაც

$$c \in \{a, b\};$$

2. თუ ნებისმიერი ორი $a, b \in G$ ელემენტის რიგი არ აღემატება p^α , ე. ი.

$$a^{p^\alpha} = I, \quad b^{p^\alpha} = I,$$

7383

მაშინ

$$(ab)^{p^\alpha} = 1;$$

3. თუ $a, b \in G$ ელემენტებისათვის ადგილი აქვს

$$a^{p^\alpha} = b^{p^\alpha},$$

მაშინ

$$(ab^{-1})^{p^\alpha} = 1$$

და პირუტყვ;

4. თუ a და b ელემენტთა სიმალღე შესაბამისად უდრის α და β , სადაც $\alpha < \beta$, მაშინ $a \cdot b$ ნამრავლის სიმალღე უდრის α , მაგრამ, თუ

$$H(a) = H(b) = \alpha,$$

მაშინ

$$H(a \cdot b) \equiv \alpha.$$

ამ შრომაში ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ ისეთ რეგულარულ p -ჯგუფებს, რომელთა ყოველი ქვეჯგუფი, შექმნილი ორი ელემენტისაგან, სასრულოა.

1 და 2 თვისებებიდან გამოდის, რომ: ა) ასეთი G ჯგუფის ყველა ელემენტის p^α ხარისხი ქმნის ჯგუფის სახასიათო ქვეჯგუფს, რასაც აღვნიშნავთ $G^{(\alpha)}$ სიმბოლოთი; ბ) სიმრავლე ასეთი G ჯგუფის იმ ელემენტებისა, რომელთა რიგი არ აღემატება p^α , აგრეთვე ქმნის G ჯგუფის სახასიათო ქვეჯგუფს, რომელსაც ჩვენ აღვნიშნავთ $G_{(\alpha)}$ სიმბოლოთი.

განმარტება 1. G ჯგუფის L მწკრივი ეწოდება ზრდად ინვარიანტულ მწკრივს p -რიგის ციკლური ფაქტორებით, აგებულს $G^{(1)}$ -დან G -მდე,

$$G^{(1)} = L_0 \subset L_1 \subset L_2 \subset \dots \subset L_\alpha \subset \dots \subset G.$$

კერძოდ, L -მწკრივი გააჩნია ყოველ რეგულარულ ZA , p -ჯგუფს. იმიტომ, რომ ყოველ ZA , p -ჯგუფს გააჩნია ზრდადი ინვარიანტული მწკრივი ციკლური ფაქტორებით [1].

ელემენტთა სიმრავლეს, რომელიც შედის $L_{\alpha+1}$ -ში და არ შედის L_α -ში ($\alpha \in \mathbb{N}$, სადაც \mathbb{N} არის $<$ დამოკიდებულების დახმარებით სრულად დალაგებული ნიშნაკების სიმრავლე) ეწოდება G -ჯგუფის L -მწკრივის α -ნახტომი და აღვნიშნება $L_{\alpha+1} - L_\alpha$ სიმბოლოთი.

განმარტება 2. G , p -ჯგუფის L მწკრივის ყოველ α ნახტომში ამოვირჩიოთ ისეთი თითო-თითო a_α ელემენტი

$$a_\alpha \in L_{\alpha+1} - L_\alpha,$$

რომლებსაც ამ ნახტომში აქვს უმცირესი რიგი. $\{a_\alpha\}$ ელემენტთა ერთობლიობას ეწოდება G , p -ჯგუფის ელემენტთა კანონიკური სისტემა.

განმარტება 3. G , p -ჯგუფის ელემენტთა

$$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_\alpha, \dots$$

მიმდევრობას, რომელთა რიგები შესაბამისად უდრის

$$p^{\alpha_1}, p^{\alpha_2}, \dots, p^{\alpha_\alpha}, \dots$$

(სადაც ყველა $n_\alpha \equiv 1$, ე. ი. $\theta_\alpha \neq 1$) ეწოდება G , p -ჯგუფის ერთადერთობის ბაზა, თუ ყოველი $x \neq 1$, $x \in G$ ელემენტი შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ერთი და მხოლოდ ერთი სახით შემდეგნაირად:

$$x = \theta_{a_1}^{k_1} \theta_{a_2}^{k_2} \dots \theta_{a_r}^{k_r},$$

სადაც

$$0 \equiv k_i < p^{n_{\alpha_i}}, \quad i = 1, 2, \dots, r;$$

და, გარდა ამისა,

$$\alpha_1 > \alpha_2 > \dots > \alpha_r.$$

§ 2. სასრული რეგულარული G , p -ჯგუფებისათვის დავამტკიცოთ შემდეგი ლემა.

ლემა 1. სასრული რეგულარული G , p -ჯგუფის $G_{(1)}$ ქვედა ფენას გააჩნია G ჯგუფის ნორმალური გამყოფებისაგან შემდგარი L მწკრივი.

დამტკიცება: რადგან სასრულო p -ჯგუფია ZA ჯგუფია, ჩვენ შეგვიძლია $G_{(1)}$ ქვეჯგუფისათვის ავაგოთ ზრდადი ინვარიანტული მწკრივი p -რიგის ციკლური ფაქტორებით,

$$E = A_0 \subset A_1 \subset A_2 \subset \dots \subset A_\alpha \subset \dots \subset G_{(1)}. \quad (1)$$

აღვნიშნოთ $L_\alpha = A_\alpha \cap G_{(1)}$ და განვიხილოთ მწკრივი

$$E = L_0 \subseteq L_1 \subseteq L_2 \subseteq \dots \subseteq L_\alpha \subseteq \dots \subseteq G_{(1)}. \quad (2)$$

ცხადია, ყველა L_α იქნება G ჯგუფის ნორმალური გამყოფები. (2) მწკრივის ფაქტორ-ჯგუფები არის (1) მწკრივის შესაბამისი ფაქტორების ქვეჯგუფები (იხ. [1], გვ. 358) და, მაშასადამე, (2) მწკრივის ყველა E -გან განსხვავებული ფაქტორები იქნება p -რიგის ციკლურები და ამით ლემა დამტკიცებულია.

შევნიშნოთ, რომ ანალოგიური ლემა შეიძლება დავამტკიცოთ ნებისმიერი რეგულარული ZA , p -ჯგუფისათვის. ამ შრომის ძირითადი თეორემის დამტკიცებისათვის არსებითად გამოიყენება შემდეგი ლემა.

ლემა 2. თუ G , p -ჯგუფის $G_{(1)}$ ქვედა ფენას გააჩნია L -მწკრივი

$$E = L_0 \subset L_1 \subset L_2 \subset \dots \subset L_\alpha \subset \dots \subset G_{(1)}, \quad (3)$$

შედგენილი G ჯგუფის ნორმალური გამყოფებისაგან, მაშინ G ჯგუფის ყოველ $G_{(n)}$ ქვეჯგუფს ექნება L -მწკრივი, შედგენილი G ჯგუფის ნორმალური გამყოფისაგან.

ამის დასამტკიცებლად G ჯგუფისათვის ავაგოთ დამხმარე ინვარიანტული მწკრივი ციკლური ფაქტორებით

$$E = L_0 \subset L_1 \subset L_2 \subset \dots \subset L_\alpha \subset \dots \subset G_{(1)} \subseteq L_1^{(1)} \subseteq L_2^{(1)} \subseteq \dots \subseteq L_\alpha^{(1)} \subseteq \dots \subseteq G_{(2)} \subseteq \dots \subseteq G_{(n-1)} \subseteq L_1^{(n-1)} \subseteq L_2^{(n-1)} \subseteq \dots \subseteq L_\alpha^{(n-1)} \subseteq \dots \subseteq G_{(n)} \subseteq \dots \subseteq G \quad (4)$$

შემდგენიარად: ნებისმიერი ელემენტი $x \in G$ მაშინ და მხოლოდ მაშინ მივაკუთვნოთ $L_\alpha^{(n)}$, როცა

$$x \in G_{(n+1)} \text{ და } x^{p^n} \in L_\alpha.$$

ლემა 3. თუ რეგულარული p -ჯგუფის $G_{(1)}$ ქვედა ფენას გააჩნია (3) L -მწკრივი, ზრდადობით სრულად დალაგებული, შედგენილი G ჯგუფის ნორმალური გამყოფებისაგან და განლაგებული ნახტომთა არაკლებადი სიმალღეების მიხედვით, რომლებიც იგულისხმება სასრული, მაშინ G ჯგუფს გააჩნია ერთადერთობის ბაზა.

დამტკიცება. (3) მწკრივის ყოველ ნახტომში ამოვირჩიოთ თითო-თითო ელემენტი, რომელსაც ამ ნახტომის ელემენტთა შორის უდიდესი სიმალღე აქვს, მივიღებთ ელემენტთა კანონიკურ სისტემას

$$a_1, a_2, \dots, a_\alpha, \dots$$

რომლებიც განლაგებულია არაკლებადი სიმალღეების მიხედვით, ეს იმიტომ, რომ (3) მწკრივი, პირობის თანახმად, განლაგებულია ნახტომთა არაკლებადი სიმალღეების მიმართ.

ვთქვათ, $a_\alpha \in L_{\alpha+1} - L_\alpha$ ელემენტის სიმალღე G ჯგუფში უდრის h_α და θ_α ისეთი ელემენტია G -დან, რომ $\theta_\alpha^{h_\alpha} = a_\alpha$. ჩვენ დავამტკიცებთ, რომ ყველა θ_α ქმნის G ჯგუფის ერთადერთობის ბაზას. ამისათვის პირველად ვუჩვენოთ, რომ ყველა θ_α , რომელთა რიგია p^{k_α} , როცა $k_\alpha \leq n$, და ყველა $\theta_\alpha^{p^{k_\alpha - n}}$, სადაც რიგი უდრის p^{k_α} , როცა $k_\alpha > n$, (იხ. გვ. 1) ქმნის $G_{(n)}$ ჯგუფის ელემენტთა კანონიკურ სისტემას.

(4) მწკრივის აგების თანახმად, ამ მწკრივის ყოველ ნახტომში შეიძლება ამოვირჩიოთ შემდეგი სახის ელემენტები:

$$\theta_\alpha, \theta_\alpha^p, \dots, \theta_\alpha^{p^{h_\alpha}} = a_\alpha;$$

მაშასადამე, (3) მწკრივის ყოველ ნახტომში მოიძებნება ამ სახის ელემენტები. ამავე დროს გამოყენებული იქნება ყველა θ_α ელემენტი, რომელთა რიგი $\leq p^n$ და ელემენტები $\theta_\alpha^{p^{k_\alpha - n}}$ სახისა, თუ θ_α ელემენტის რიგი $p^{k_\alpha} > p^n$. ყველა სხვა ხარისხი ან არ შედის $G_{(n)}$ -ში, ან შედის $G_{(n)}^{(1)}$ -ში. ადვილი შესამჩნევია, რომ ამ ელემენტთა თანამიმდევრობა (4) მწკრივში არ იცვლება, ეს იმიტომ, რომ ჩვენ ვიგულისხმეთ ისინი (3) მწკრივში განლაგებული არაკლებადი სიმალღეების მიხედვით. ყოველ θ_α ელემენტს თავის ნახტომში აქვს უმცირესი რიგი. მართლაც, ვთქვათ,

$$y \in L_{\alpha+1}^{(m)} - L_\alpha^{(m)},$$

მაშინ ნახტომში არსებობს ისეთი θ_α ელემენტი, რომ

$$\theta_\alpha^m = a_\alpha \in L_{\alpha+1} - L_\alpha,$$

აქედან

$$\theta_\alpha^{m+1} = a_\alpha^p = I,$$

ე. ი. θ_x ელემენტის რიგი უდრის p^{m+1} . მაშინ y ელემენტის რიგი არაა ნაკლები, ვიდრე p^{m+1} . დავუშვათ საწინააღმდეგო, ვთქვათ, $y^{p^m} = 1$, მაშინ

$$y \in G_{(m)} \subseteq L_{\alpha-1}^{(m)},$$

რაც ეწინააღმდეგება y ელემენტის არჩევას. მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს იმას, რომ θ_x თავის ნახტომში უმცირესი რიგისაა. მაშასადამე, ზემოთ აღნიშნული ელემენტები ქმნიან $G_{(m)}$ ჯგუფის ელემენტთა კანონიკურ სისტემას. ამრიგად, $G_{(m)}$ ჯგუფისათვის სრულდება ყველა პირობა თეორემისა ([3] შრომიდან), რომელიც დამტკიცებულია ელემენტთა რიგით შემოსახვლევრული რეგულარული p -ჯგუფისათვის. მაშასადამე, აღნიშნული ელემენტები ქმნიან $G_{(n)}$ ჯგუფის ერთადერთობის ბაზას.

დავამტკიცოთ ახლა, რომ ყველა θ_x ელემენტი ქმნის ერთადერთობის ბაზას მთელი G ჯგუფისათვის. ამისათვის დავამტკიცოთ, რომ ყოველი $x \in G$ ელემენტი წარმოიდგინება გარკვეული რიგით აღებული θ_x ელემენტების ხარისხების ნამრავლად და რომ ასეთი წარმოდგენა ერთადერთია.

აღრე ჩვენ შევნიშნეთ, რომ, როცა $G_{(1)}$ -დან გადავივაროთ $G_{(n)}$ -ზე, $G_{(n)}$ ჯგუფისათვის ამორჩეულ ელემენტთა კანონიკური სისტემის თანმიმდევრობის რიგი არ იცვლება. ვუჩვენოთ, რომ G -ში ელემენტთა ჩაწერის მიმდევრობა $\{\theta_x\}$ საშუალოდ იგივე რჩება.

G , p -ჯგუფიდან ავიღოთ $x \in G$; მას აქვს სასრული რიგი, მაგალითად p^n , ე. ი. $x \in G_{(n)}$, მაშასადამე, x ელემენტი ჩაიწერება $\{\theta_x\}$ ელემენტების ხარისხებით აღებული ჩვენი მიმდევრობით. დავამტკიცოთ, რომ ყოველი ჩაწერა ერთადერთია. ვთქვათ, $x \in G$ წარმოიდგინება ორი სხვადასხვა სახით:

$$x = \theta_{\alpha_1}^{i_1} \theta_{\alpha_2}^{i_2} \dots \theta_{\alpha_l}^{i_l} = \theta_{\beta_1}^{j_1} \cdot \theta_{\beta_2}^{j_2} \dots \theta_{\beta_r}^{j_r}. \quad (7)$$

ყველა $\theta_{\alpha_1}, \dots, \theta_{\alpha_l}, \theta_{\beta_1}, \dots, \theta_{\beta_r}$ ელემენტს აქვს სასრული რიგი, და, რადგან ნათი რიცხვი სასრულია, რიგს შორის შეიძლება მოენახოთ უდიდესი; ვთქვათ, ის უდრის p^m , ამიტომ ყველა ელემენტი $\theta_{\alpha_i}, \theta_{\beta_j} \in G_{(m)}$ შედის $G_{(m)}$ ჯგუფის ერთადერთობის ბაზაში (თანაც აღებული იმავე მიმდევრობით). მაგრამ (7) დაშვება ეწინააღმდეგება $G_{(m)}$ -ში ერთადერთობის ბაზის განმარტებას, და ამით ლემა 3 დამტკიცებულია.

§ 3. თეორემა. თუ თვლადი რეგულარული G , p -ჯგუფის, რომელსაც არ გააჩნია უსასრულო სიმადლის ელემენტი, ყოველი ქვეჯგუფი $\{a, b\}$ სახის სასრულია და ქვედა ფენა მდებარეობს ცენტრში, მაშინ G ჯგუფს ექნება ერთადერთობის ბაზა.

დამტკიცება. ჩვენ უნდა ვუჩვენოთ, რომ G ჯგუფის ქვედა ფენას $G_{(1)}$ გააჩნია ზრდადობით სრულად დალაგებული L მწკრივი, განლაგებული ნახტომთა არაკლებადი სიმადლებების მიხედვით, თანაც ნახტომთა სიმადლე სასრულია. რადგან ქვედა ფენა $G_{(1)}$ მდებარეობს ჯგუფის ცენტრში, ის დაიშლება თვლადი რაოდენობის p -რიგის ციკლური ჯგუფების პირდაპირ ჯამად.

$$G_{(1)} = \sum_{i=1}^{\infty} \{b_i\}.$$

$G_{(1)}$ ჯგუფისათვის შეიძლება ავაგოთ L მწკრივი

$$E = L_0 \subset L_1 \subset L_2 \subset \dots \subset L_\alpha \subset \dots \subset G_{(1)} \quad (8)$$

ვიგულისხმობთ, რომ

$$L_1 = \{b_1\}, L_2 = \{L_1, b_2\} = \{b_1, b_2\}, \dots, L_{\alpha+1} = \{L_\alpha, b_{\alpha+1}\}, \dots$$

ყველა L_α ქვეჯგუფში სასრულია და, მაშასადამე, ყოველ ნახტომში სასრული რაოდენობის ელემენტი, ამიტომ იქ შეიძლება მოვნახოთ ელემენტი, უდიდესი სიმალის მქონე G -ში,

$$a_\alpha \in L_{\alpha+1} - L_\alpha.$$

ცხადია,

$$G_{(1)} = \sum \{a_\alpha\}. \quad (9)$$

$a_1, a_2, \dots, a_\alpha, \dots$ ელემენტთა შორის ამოვირჩიოთ უმცირესი სიმალის მქონე ელემენტი და მათ შორის ავიღოთ a_{k_1} , რომელსაც უმცირესი ნომერი აქვს. აღვნიშნოთ

$$L_1 = \{a_{k_1}\}.$$

შემდეგ დარჩენილი ელემენტებიდან ამოვირჩიოთ უმცირესი სიმალის მქონე ელემენტი და მათ შორის ავიღოთ a_{k_2} , რომელსაც უმცირესი ნომერი აქვს. აღვნიშნოთ

$$L_2 = \{a_{k_1}, a_{k_2}\} = \{L_1, a_{k_2}\}$$

და ასე შემდეგ.

განვიხილოთ ორი შემთხვევა

1. თუ

$$H(a_{k_2}) > H(a_{k_1}),$$

მაშინ, თანახმად რეგულარული p -ჯგუფის მე-4 თვისებისა, ნებისმიერი $x \in L_2 - L_1$ ელემენტისათვის

$$x = l_1 a_{k_1} + l_2 a_{k_2}, \quad l_1 < p, \quad l_2 < p, \quad H(x) = H(a_{k_1}) < H(a_{k_2}),$$

როცა

$$l_1 \neq 0,$$

და $H(x) = H(a_{k_2})$ როცა

$$l_1 = 0,$$

მაშასადამე, a_{k_2} არის ის ელემენტი, რომელსაც ნახტომში უდიდესი სიმალე აქვს, ე. ი.

$$H(L_2 - L_1) = H(a_{k_2}).$$

2.

$$H(a_{k_2}) = H(a_{k_1}), \quad k_2 > k_1.$$

ვთქვათ,

$$x = l_1 a_{k_1} + l_2 a_{k_2}; \quad l_1 < p, \quad l_2 < p$$

ნებისმიერი ელემენტია $L_2 - L_1$ ნახტომისა. მაშინ $l_2 \neq 0$. დავუშვათ, რომ

$$H(x) > H(a_{k_2}). \quad (10)$$

ამ შემთხვევაში $l_1 \neq 0$. მაშინ (8) მწკრივში $x \in L'_{k_2} - L'_{k_1}$, აგრეთვე $a_{k_2} \in L'_{k_2} - L'_{k_1}$ და, a_{k_2} -ს, პირობის თანახმად, ამ ნახტომში უდიდესი სიმალე აქვს, ე. ი.

$$H(x) \equiv H(a_{k_2}),$$

რაც ეწინააღმდეგება (10) დაშვებას. მაშასადამე, $L_2 - L_1$ ნახტომში a_{k_2} ელემენტი უდიდესი სიმადლისაა, ე. ი.

$$H(L_2 - L_1) = H(a_{k_2}) \cong H(L_1 - E) = H(a_{k_1}).$$

დავუშვათ, რომ აგებულია ყველა L_β , ქვეჯგუფი $\beta \equiv \alpha$ ისე, რომ ნახტომთა სიმადლე არ კლებულობს და ამორჩეული a_β ელემენტები თავის ნახტომში უდიდესი სიმადლისაა და ყოველი არაზღვრული α -თვის

$$L_\alpha = \{L_{\alpha-1}, a_{k_\alpha}\}.$$

დარჩენილი $\{a_\alpha\}$ ელემენტებიდან ამოვირჩევთ უმცირესი სიმადლის $a_{k_{\alpha+1}}$ ელემენტს, რომელსაც უმცირესი ნომერი აქვს (უმცირესსიმადლიან ელემენტთა შორის).

განვიხილოთ ორი შემთხვევა:

$$1. \quad H(a_{k_{\alpha+1}}) > H(a_{k_\beta}), \quad \beta \equiv \alpha;$$

მაშინ, ცხადია,

$$H(L_{\alpha+1} - L_\alpha) > H(L_\beta - L_{\beta-1}), \quad \beta \equiv \alpha$$

და ანალოგიურად იმისა, როგორც ეს გაკეთებულია ზემოთ, შეიძლება ვუჩვენოთ, რომ $a_{k_{\alpha+1}}$ თავის ნახტომში უდიდესი სიმადლის მქონე ელემენტია.

$$2. \quad H(a_{k_{\alpha+1}}) = H(a_{k_\beta})$$

ერთი მაინც $\beta \equiv \alpha$ -თვის.

აგებიდან ჩანს, რომ

$$H(a_{k_\beta}) = H(a_{k_{\beta+1}}) = \dots = H(a_{k_\alpha}) = H(a_{k_{\alpha+1}}).$$

ჩვენ ვიგულისხმებთ, რომ $H(a_{k_\gamma}) < H(a_{k_{\alpha+1}})$, როცა $\gamma < \beta$. ავიღოთ ნებისმიერი x ელემენტი $L_{\alpha+1} - L_\alpha$ ნახტომიდან და დავამტკიცოთ, რომ

$$H(x) \equiv H(a_{k_{\alpha+1}}).$$

მართლაც, x ელემენტი შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით:

$$x = \sum_{\gamma < \beta} r_\gamma a_{k_\gamma} + r_\beta a_{k_\beta} + r_{\beta+1} a_{k_{\beta+1}} + \dots + r_\alpha a_{k_\alpha} + r_{\alpha+1} a_{k_{\alpha+1}}, \quad (11)$$

სადაც

$$H(a_{k_\gamma}) < H(a_{k_{\alpha+1}});$$

მაშინ, ცხადია,

$$H(\sum r_\gamma a_{k_\gamma}) < H(a_{k_{\alpha+1}}),$$

რადგან $\sum r_\gamma a_{k_\gamma}$ მოთავსებულია უკვე აგებული ნაწილი მწკრივის რომელიმე ნახტომში, რომლის სიმადლე ნაკლები იქნება, ვიდრე $H(a_{k_{\alpha+1}})$.

ვთქვათ,

$$\sum r_\gamma a_{k_\gamma} \neq 0.$$

მაშინ, რადგან

$$H(r_\beta a_{k_\beta} + r_{\beta+1} a_{k_{\beta+1}} + \dots + r_{\alpha+1} a_{k_{\alpha+1}}) \equiv H(a_{k_{\alpha+1}}),$$

რეგულარული p -ჯგუფის მე-4 თვისების თანახმად მივიღებთ

$$H(x) = H(\sum r_\gamma a_{k_\gamma}) < H(a_{k_{\alpha+1}}).$$

ვთქვათ, ახლა

$$\sum r_\gamma a_{k_\gamma} = 0,$$

მაშინ

$$x = r_\beta a_{k_\beta} + r_{\beta+1} a_{k_{\beta+1}} + \dots + r_{\alpha+1} a_{k_{\alpha+1}},$$

ვიპოვოთ x ელემენტის სიმაღლე. თანახმად აგებისა,

$$k_\beta < k_{\beta+1} < \dots < k_\alpha < k_{\alpha+1};$$

მაშასადამე,

$$x \in L'_{k_{\alpha+1}} - L'_{k_\alpha}.$$

მაგრამ

$$a_{k_{\alpha+1}} \in L'_{k_{\alpha+1}} - L'_{k_\alpha}$$

ელემენტი ამ ნახტომში უდიდესი სიმაღლის ელემენტია, ამიტომ

$$H(x) \equiv H(a_{k_{\alpha+1}}).$$

მაშასადამე, $a_{k_{\alpha+1}}$ ელემენტი $L_{\alpha+1} - L_\alpha$ ნახტომში უდიდესი სიმაღლის ელემენტია. ამრიგად ნაჩვენებია, როგორ უნდა აიგოს მწკრივის წევრები, რომლებსაც არაზღვრული ნომრები აქვთ.

რადგან G ჯგუფს არ აქვს უსასრულო სიმაღლის ელემენტები, ამ პროცესის ტრანსფინიტული გაგრძელებით თუ ზღვრულ ადგილებზე ავიღებთ ადრე აგებული წევრების გაერთიანებას, მივიღებთ $G_{(1)}$ ჯგუფის საძიებელ L მწკრივს. აქედან, ვლემის თანახმად მივიღებთ, რომ G , p -ჯგუფს გააჩნია ერთადერთობის ბაზა და ამით თეორემა დამტკიცებულია.

ადვილად შევნიშნავთ, რომ დამტკიცებული თეორემის კერძო შემთხვევას წარმოადგენს პრიუფერის მეორე თეორემა:

უსასრულო თვლადი პრიმარული ჯგუფი, რომელიც არ შეიცავს უსასრულო სიმაღლის ელემენტს, დაიშლება ციკლური ჯგუფების პირდაპირ ჯამად.

მოვიყვანოთ მაგალითი არაბელური სასრულო რეგულარული p -ჯგუფისა, რომლის ქვედა ფენა მდებარეობს ცენტრში.

ავილოთ G , p -ჯგუფი, შექმნილი ორი a და b ელემენტით, ე. ი. $G = \langle a, b \rangle$ შემდეგი განმსაზღვრელი თანადარდობებით:

$$a^{p^2} = 1, \quad b^{p^2} = 1, \quad ab = ba^{1+p}.$$

მისი ცენტრი $Z = \langle a^p, b^p \rangle$ ემთხვევა $G_{(1)}$ ქვედაფენას.

დასასრულ ავტორი მადლობას უძღვნის პროფ. ა. კუროშს ამ შრომის შესრულების დროს სათანადო მითითებისათვის.

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელობის

პედაგოგიური ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 24.12.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Г. Курош. Теория групп. М.—Л., Гостехиздат, 1953.
2. Ш. С. Кемхадзе. К определению регулярных p -групп. Успехи мат. наук, т. VII, вып. 6, 1952.
3. Ш. С. Кемхадзе. Базы единственности в бесконечных регулярных p -группах. Украинский матем. журнал, 4, стр. 57—64, 1952.

0. მელნიკი

$\frac{1}{2\pi i} \int \frac{P(\tau, z)}{Q(\tau, z)} d\tau$ წირითი ინტეგრალით წარმოდგენილი ანალიზური ფუნქციის სასაზღვრო მნიშვნელობანი

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 23.11.1955)

ვთქვათ, L შეკრული ან გახსნილი გლუვი კონტურია. მოცემული გვაქვს ფუნქციები $P(\tau, z)$ და $Q(\tau, z)$, სადაც τ კომპლექსური კოორდინატაა L კონტურის წერტილებისა. დავუშვათ, რომ $P(\tau, z)$ და $Q(\tau, z)$ ფუნქციები აკმაყოფილებენ შემდეგ პირობებს:

1. $P(\tau, z)$ და $Q(\tau, z)$ მთელი ფუნქციებია z ცვლადისა ყოველი τ -თვის, რომელიც L ეკუთვნის.

2. ფუნქცია $Q(\tau, z)$ უწყვეტია და აქვს τ -ს მიმართ უწყვეტი პირველი წარმოებული, რომელიც ჰელდერის პირობას აკმაყოფილებს L კონტურზე.

3. $P(\tau, z)$ ფუნქცია აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას L -ზე.

4. იმ წერტილებში, სადაც $Q(\tau, z) = 0$, $Q'_\tau(\tau, z)$ და $Q'_z(\tau, z)$ განსხვავდებიან ნულისაგან.

ამ პირობებს ადგილი აქვს z წერტილებისათვის, რომელნიც სიბრტყის სასრულ ნაწილს ეკუთვნიან. სიმოკლისათვის მათ „II“ პირობები ვუწოდოთ.

„II“ პირობებიდან გამომდინარეობს, რომ ფუნქცია

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{P(\tau, z)}{Q(\tau, z)} d\tau \quad (*)$$

ანალიზურია მთელს სიბრტყეზე იმ წერტილების გამოკლებით, სადაც $Q(\tau, z) = 0$ და შესაძლოა, უსასრულოდ დაშორებული წერტილისა.

როდესაც τ შემოიფარგლება L კონტურს, განტოლება $Q(\tau, z) = 0$ იძლევა სასრულ ან უსასრულო რაოდენობას Γ_k წირებისა.

Γ_k წირის w წერტილს და L წირის t წერტილს, რომლებისათვისაც $Q(\tau, w) = 0$, ვუწოდოთ შესაბამისი წერტილები.

ჩვენ ვსვამთ ამოცანას:

გამოვიკვლიოთ $F(z)$ ფუნქციის სასაზღვრო მნიშვნელობანი, როდესაც z უახლოვდება Γ წირის w წერტილს Γ -ს მარცხენა ან მარჯვენა მხრიდან.

პირველად (*) ინტეგრალი ერმიტმა განიხილა [1] ნაშრომში. მან მოგვცა მხოლოდ ფორმულა სასაზღვრო მნიშვნელობების სხვაობისათვის, ამასთან იგი $P(\tau, z)$ და $Q(\tau, z)$ ფუნქციებს თვლის ანალიზურ ფუნქციებად τ და z მიმართ.



თითქმის იმავეს იძლევა ს. იანჩევსკი [2], რომელიც ამ საკითხს ინტეგრალურ განტოლებათა შესწავლასთან დაკავშირებით განიხილავდა¹.

აღნიშნულ ინტეგრალს უფრო დაწვრილებით განიხილავდა ლ. მიხაილოვი [3] ნაშრომში, მაგრამ ის დაკმაყოფილდა $Q(\tau, \chi)$ ფუნქციის (t, w) მახლობლობაში წარმოდგენით, უკუაგდო რა შეფასებების გარეშე ყველა დანარჩენი წევრი. ამიტომ (*) ინტეგრალის მთავარი მნიშვნელობის არსებობის დამტკიცება ბუნდოვანი აღმოჩნდა, სასაზღვრო მნიშვნელობების ფორმულები მიღებულია ჯეროვანი მათემატიკური სიმკაცრის გარეშე, ინტეგრების რიგის გადასმის ფორმულა ორმაგ ინტეგრალში ნაჩვენებია არასწორად.

§ 2. განვიხილოთ განტოლება $Q(\tau, \chi) = 0$. ფიქსირებული $\tau = t$ შემთხვევაში $Q(\tau, \chi) = 0$ განტოლებას აქვს სასრული ან უსასრულო სიმრავლე ფესვებისა $w_k = \psi_k(t)$ ($Q(t, w_k) = 0$). ვთქვათ ახლა τ განუწყვეტლივ იცვლება და შემოწერს L კონტურს. ამასთან, ცხადია, თითოეული ფესვი $\psi_k(t)$ შესაბამის Γ_k კონტურს შემოწერს.

ვთქვათ, Γ არის ერთ-ერთი Γ_k მრუდეებიდან. თუ აღვნიშნავთ ζ -თი Γ -ს წერტილების ცვლად კომპლექსურ კოორდინატას, Γ წირის განტოლება შეიძლება ჩავწეროთ $\zeta = \psi(\tau)$ სახით.

Γ წირის შესწავლისათვის მივმართოთ ვეიერშტრასის თეორემას [4]. შევნიშნოთ, რომ თეორემა უშუალოდ არ შეიძლება იყოს გამოყენებული, რადგანაც ფუნქცია $Q(\tau, \chi)$ არაა ანალიზური τ -ს მიმართ, მაგრამ სათანადო განზოგადების შემდეგ, რაც სიძნელეს არ წარმოადგენს, იგი სავსებით გამოსადეგია ჩვენი შემთხვევისათვის.

ვთქვათ, t და w დაფიქსირებული შესაბამისი წერტილებია, $Q(\tau, w) = 0$. ვეიერშტრასის თეორემის მიხედვით იმ τ -ებისათვის, რომლებიც საკმაოდ ახლოს არიან t -თან და χ -ებისათვის w წერტილის საკმაოდ მცირე მიდამოდან, $Q(\tau, \chi) = 0$ განტოლება განსაზღვრავს $\psi(\tau)$ ფუნქციას, რომელსაც იგივე თვისებები აქვს, რაც ჰქონდა $Q(\tau, \chi)$ ფუნქციას τ ცვლადის მიმართ, ე. ი. $\psi(\tau)$ ცალსახაა, უწყვეტია და აქვს პირველი წარმოებული, რომელიც ჰელდერის პირობას აკმაყოფილებს, ამასთან $\psi'(t) \neq 0$. რადგანაც L წირის ყოველი t წერტილისათვის და შესაბამისი w წერტილისათვის Γ წირისა შესრულებულია პირობები $Q(t, w) = 0$ და $Q'_\tau(t, w) \neq 0$ და, მაშასადამე, ყოველი ორი შესაბამისი t და w წერტილების მიდამოებისათვის ვეიერშტრასის თეორემა გამოდგება, ამიტომ აქედან გამომდინარეობს, რომ Γ წირი გლუვია, სიბრტყის სასრულ ნაწილში ძევს და სხვა Γ_k წირებთან საერთო წერტილები არა აქვს. ნათქვამიდან დავასკვნით, რომ Γ წირსა და მეზობელ Γ_k წირებს შორის მანძილი დადებითია. ვთქვათ, მათგან უმცირესი 2-ე ტოლია. Γ წირი მოვათავსოთ D არეში, რომელიც გლუვი წირითაა შემოსაზღვრული, ისე, რომ მანძილი D არის საზღვრის ყოველი წერტილიდან Γ -დე δ ტოლი იყოს. ამ პირობებში $Q(\tau, \chi) = 0$ განტოლებას ყოველი დაფიქსირებული $\tau \in L$ აქვს

¹ ს. იანჩევსკის შრომაში კიდევ რამდენიმე შრომაა მითითებული ამ საკითხის შესახებ.



ერთი და მხოლოდ ერთი ფესვი D არეში. ვეიერშტრასის. იმავე თეორემის ძალით $\tau \in L$ და $z \in D$ -თვის $Q(\tau, z)$ ფუნქცია წარმოიდგინება სახით,

$$Q(\tau, z) = [\psi(\tau) - z] \Omega(\tau, z),$$

სადაც $\psi(\tau)$ აქვს ადრე აღნიშნული თვისებები, ხოლო $\Omega(\tau, z)$ ანალიზურია z მიმართ, უწყვეტი და უწყვეტად წარმოებადია τ მიმართ და არ იქცევა ნულად D არეში.

§ 3. ახლა განვიხილოთ ინტეგრალი

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{P(\tau, z)}{\Omega(\tau, z)} \cdot \frac{d\tau}{\psi(\tau) - z},$$

სადაც $z \in D$.

ვთქვათ, $\zeta = \psi(\tau)$. $\psi'(\tau) \neq 0$ L -ზე. ამიტომ არსებობს შექცეული ფუნქცია $\tau = \omega(\zeta)$, რომელსაც იგივე თვისებები აქვს, რაც $\psi(\tau)$ ფუნქციას. თუ დავუშვებთ

$$\varphi(\zeta, z) = \frac{P[\omega(\zeta), z] \omega'(\zeta)}{\Omega[\omega(\zeta), z]},$$

გვექნება

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\varphi(\zeta, z)}{\zeta - z} d\zeta. \quad (**)$$

შევნიშნოთ, რომ $\varphi(\zeta, z)$ ფუნქცია ζ მიმართ ჰელდერის პირობას აკმაყოფილებს და ანალიზურია z მიმართ მხოლოდ $z \in D$ -სათვის. ამიტომ მიღებული ინტეგრალი (***) არ წარმოადგენს კოშის ტიპის ინტეგრალს სრული მნიშვნელობით, მაგრამ, რადგან ჩვენ გვაინტერესებს მხოლოდ მისი სასაზღვრო მნიშვნელობანი, შეიძლება ვისარგებლოთ კოშის ტიპის ინტეგრალის თეორიით. ასეთი ინტეგრალის ან უფრო ზოგადისათვისაც კი სოხოცკის ფორმულების მართებულება დაამტკიცა ნ. მუსხელიშვილმა [5] პუნკარე-ბერტრანის ფორმულის გამოყენების დროს; იქვეა ნაჩვენები, რომ არსებობს მთავარი მნიშვნელობით ინტეგრალი

$$F(w) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\varphi(\zeta, w)}{\zeta - w} d\zeta.$$

ვთქვათ, ახლა z მიისწრაფვის Γ წირის w წერტილისაკენ Γ მარცხნიდან ან მარჯვნიდან.

ვისარგებლობთ რა აღნიშნული შედეგებით, გვაქვს:

$$F^\pm(w) = \pm \frac{1}{2} \varphi(w, w) + \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\varphi(\zeta, w)}{\zeta - w} d\zeta.$$

თუ დავუბრუნდებით L კონტურს, მივიღებთ ძირითად ფორმულებს სა-
საზღვრო მნიშვნელობებისათვის

$$F^+(w) = \frac{1}{2} \frac{P(t, w)}{Q'_\tau(t, w)} + \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{P(\tau, w)}{Q(\tau, w)} d\tau,$$

$$F^-(w) = -\frac{1}{2} \frac{P(t, w)}{Q'_\tau(t, w)} + \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{P(\tau, w)}{Q(\tau, w)} d\tau.$$

განვიხილოთ $F(z)$ ყოფაქცევა Γ კონტურის ბოლოების მახლობლად. L კონტურის ბოლო წერტილები აღვნიშნოთ a, b ; ვივარაუდოთ, რომ დადებით მიმართულებას მივყავართ a -დან b -საკენ. Γ შესაბამისი ბოლოები აღვნიშნოთ w_a, w_b, c აღნიშნავდეს ერთ-ერთს a, b ბოლო წერტილებიდან.

მაშინ w_c მახლობლად

$$F(z) = \mp \frac{P(c, w_c)}{Q'_\tau(c, w_c)} \cdot \frac{\ln(z - w_c)}{2\pi i} + F^*(z),$$

სადაც ზედა ნიშანი უნდა ავიღოთ, როცა $c = a$, ქვედა—როცა $c = b$. $F^*(z)$ ფუნქცია ანალიზურია w_c მახლობლობაში Γ -ს გასწვრივ გაჭრილ სიბრტყეზე, უწყვეტად გაგრძელებადია Γ -ზე და თვით w_c წერტილში.

ამრიგად, სავსებით დამტკიცებულია შემდეგი

თეორემა. თუ $P(\tau, z)$ და $Q(\tau, z)$ ფუნქციები „II“ პირობებს აკმაყოფილებენ, მაშინ $F(z)$ ფუნქცია უწყვეტად გაგრძელებადია Γ -ზე მარცხნიდან და მარჯვნიდან, გარდა იმ w_c ბოლოების, რომელზედაც $P(c, w_c) \neq 0$.

§ 4. ვთქვათ, 1) $P(\tau, z)$ და $Q(\tau, z)$ მთელი ფუნქციებია z მიმართ ყოველი $\tau \in L$; 2) $P(\tau, z)$ აქვს უწყვეტი კერძო წარმოებულები τ -თი p რიგამდე,

ამასთან $\frac{\partial^p P(\tau, z)}{\partial \tau^p}$ ჰელდერის პირობას აკმაყოფილებს τ მიმართ L -ზე;

3) $Q(\tau, z)$ აქვს უწყვეტი კერძო წარმოებულები τ -თი $p+1$ რიგამდე,

ამასთან $\frac{\partial^{p+1} P(\tau, z)}{\partial \tau^{p+1}}$ აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას L -ზე; 4) იმ წერტი-

ლებში, სადაც $Q(\tau, z) = 0$, $\frac{\partial Q(\tau, z)}{\partial \tau}$ და $\frac{\partial^{p+1} Q(\tau, z)}{\partial \tau^{p+1}}$ განსხვავდებიან ნუ-

ლისაგან, ხოლო $\frac{\partial^s Q(\tau, z)}{\partial \tau^s} = 0$, როცა $s = 1, 2, \dots, p$.

ამ პირობებიდან გამომდინარეობს, რომ დაფიქსირებული τ -თვის ყოველი ფესვი განტოლებისა $Q(\tau, z) = 0$ ($p+1$)-ჯერადია, და, რადგანაც აღნიშნული პირობები დატულია ყოველი τ და z -თვის, რომელთათვისაც $Q(\tau, z) = 0$, ყოველი ფესვი ცალსახა და წარმოებადი ფუნქციაა L კონტურის წერტილებისა.

მაშასადამე, არც ამ შემთხვევაში გადაიკვეთებიან Γ_k წირები.

აღვნიშნავთ რა რომელიმეს Γ_k წირებისაგან Γ -თი, ავაგებთ D არეს. წინა შემთხვევის ანალოგიურად. მაშინ $z \in D$ -თვის

$$Q(\tau, z) = [\psi(\tau) - z]^{p+1} \Omega(\tau, z).$$

ვიგულისხმებთ რა L კონტურს შეკრულად, განვიხილოთ ინტეგრალი

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{P(\tau, z)}{\Omega(\tau, z)} \cdot \frac{d\tau}{[\psi(\tau) - z]^{p+1}},$$

ანუ

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\varphi(\zeta, z) d\zeta}{(\zeta - z)^{p+1}},$$

სადაც $z \in D$.

თუ გამოვიყენებთ ნაწილობით ინტეგრებას და გავითვალისწინებთ, რომ Γ კონტური შეკრულია, გვექნება:

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i p!} \int_{\Gamma} \frac{\partial^p \varphi(\zeta, z)}{\partial \zeta^p} \frac{d\zeta}{\zeta - z}.$$

ვთქვათ, z მიისწრაფვის Γ კონტურის w წერტილისაკენ Γ -ს მარცხენა ან მარჯვენა მხრიდან. მაშინ

$$F^\pm(w) = \pm \frac{1}{2p!} \frac{\partial^p \varphi(w, w)}{\partial \zeta^p} + \frac{1}{2\pi i p!} \int_{\Gamma} \frac{\partial^p \varphi(\zeta, w)}{\partial \zeta^p} \frac{d\zeta}{\zeta - w},$$

ანუ

$$F^\pm(w) = \pm \frac{1}{2p!} \frac{\partial^p \varphi(\zeta, w)}{\partial \zeta^p} \Big|_{\zeta = \psi(t)} + \frac{1}{2\pi i p!} \int_L \frac{\partial^p \varphi(\zeta, w)}{\partial \zeta^p} \Big|_{\zeta = \psi(\tau)} \cdot \frac{\psi'(\tau) d\tau}{\psi(\tau) - w}.$$

§ 5. დავამტკიცოთ ინტეგრების რიგის გადასმის ფორმულა, ანალოგიურ პუანკარე-ბერტრანის ფორმულისა. დამტკიცების დროს გადამწყვეტი როლი ექნება შემდეგ ლემას.

ლემა. ვთქვათ L კონტურზე მოცემულია $\varphi(t, \tau)$ ფუნქცია, რომელიც შემდეგ პირობებს აკმაყოფილებს: 1) იგი უწყვეტია ორივე ცვლადის მიმართ და აქვს წარმოებულნი τ -თი, რომელიც ჰელდერის პირობას აკმაყოფილებს τ და t მიმართ;



2) $\varphi(t, t) = 0$, ხოლო $\varphi'_\tau(t, t) \neq 0$. მაშინ $\varphi(t, \tau)$ წამოდგენილია სახით

$$\varphi(t, \tau) = (\tau - t) s(t, \tau),$$

სადაც $S(t, \tau)$ აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას t და τ მიმართ და

$$S(t, t) = \varphi'_\tau(t, t).$$

ჩავთვლით რა t წერტილს დაფიქსირებულად L -ზე, დავწერთ ცხად ტოლობას

$$\varphi(t, \tau) - \varphi(t, t) = \int_t^\tau \varphi'_\tau(t, u) du.$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $\varphi(t, t) = 0$ და დავუშვებთ

$$u = t + x(\tau - t), \quad (1)$$

გვექნება:

$$\varphi(t, \tau) = (\tau - t) \int_{L_1} \varphi'_\tau[t, t + x(\tau - t)] dx,$$

ანუ

$$\varphi(t, \tau) = (\tau - t) s(t, \tau),$$

სადაც

$$S(t, \tau) = \int_{L_1} \varphi'_\tau[t, t + x(\tau - t)] dx. \quad (*)$$

აქ L_1 რეალურ ბოლო წერტილებით 0 და 1, რომელშიდაც (1) გარდაქმნა გადაიყვანს L კონტურის t, τ რეალს.

ჯერ ვაჩვენოთ, რომ $S(t, \tau)$ აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას ცალკე-ცალკე თითოეული ცვლადის მიმართ. მართლაც,

$$S(t_2, \tau) - S(t_1, \tau) = \int_{L_1} \{\varphi'_\tau[t_2, t_2 + x(\tau - t_2)] - \varphi'_\tau[t_1, t_1 + x(\tau - t_1)]\} dx,$$

$$|S(t_2, \tau) - S(t_1, \tau)| \leq \int_{L_1} |\varphi'_\tau[t_2, t_2 + x(\tau - t_2)] - \varphi'_\tau[t_1, t_1 + x(\tau - t_1)]| dx|,$$

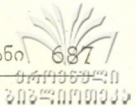
ანუ

$$|S(t_2, \tau) - S(t_1, \tau)| \leq \int_{L_1} \{A|t_2 - t_1|^\alpha + B|t_2 - t_1|^\beta |1 - x|^\beta dx\},$$

სადაც

$$0 < \alpha < 1; \quad 0 < \beta < 1;$$

A და B დადებითი მუდმივებია.



ვთქვათ δ უმცირესია α და β რიცხვებიდან. მაშინ

$$|S(t_2, \tau) - S(t_1, \tau)| \leq A_0 |t_2 - t_1|^\delta.$$

ანალოგიურად გვაქვს

$$S(t, \tau_2) - S(t, \tau_1) = \int_{L_1} \{\varphi'_\tau [t, t + x(\tau_2 - t)] - \varphi'_\tau [t, t + x(\tau_1 - t)]\} dx,$$

ანუ

$$|S(t, \tau_2) - S(t, \tau_1)| \leq \int_{L_1} B |\tau_2 - \tau_1|^\beta |x|^\beta |dx| \leq B_0 |\tau_2 - \tau_1|^\beta.$$

თუ შევნიშნავთ, რომ

$$|S(t_2, \tau_2) - S(t_1, \tau_1)| \leq |S(t_2, \tau_2) - S(t_1, \tau_2)| + |S(t_1, \tau_2) - S(t_1, \tau_1)|,$$

გვექნება

$$|S(t_2, \tau_2) - S(t_1, \tau_1)| \leq A_0 |t_2 - t_1|^\delta + B_0 |\tau_2 - \tau_1|^\beta.$$

დავუშვათ (*) ფორმულაში, რომ $\tau = t$; გვექნება

$$S(t, t) = \varphi'_\tau(t, t),$$

რის დამტკიცებაც გვინდოდა.

გადავიდეთ ინტეგრების რიგის ვადასმის ფორმულის დამტკიცებაზე. ვთქვათ: 1) L -ზე ნოცემული $P(\tau, \sigma)$ ფუნქცია აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას τ და σ მიმართ; 2) $\omega(\tau, \sigma)$ ლემის პირობებს აკმაყოფილებს; 3) $Q(\tau, \omega)$ ფუნქცია, რომელიც „II“ პირობებში გვხვდება, ამასთან ω ნებისმიერი წერტილია Γ კონტურისა.

ამ პირობებში ადგილი აქვს ფორმულას

$$\int_L \frac{d\tau}{Q(\tau, \omega)} \int_L \frac{P(\tau, \sigma)}{\omega(\tau, \sigma)} d\sigma = -\pi^2 \frac{P(t, t)}{Q'_\tau(t, \omega) \omega'_\tau(t, t)} + \int_L d\sigma \int_L \frac{P(\tau, \sigma) d\tau}{Q(\tau, \omega) \omega(\tau, \sigma)}.$$

ლემიდან გამომდინარეობს, რომ $\omega(\tau, \sigma) = (\sigma - \tau) S(\tau, \sigma)$. რადგან $\omega = \psi(t)$, ამიტომ $Q(\tau, \omega) = Q[\tau, \psi(t)]$ აკმაყოფილებს ლემის პირობებს. მაშასადამე

$$Q[\tau, \psi(t)] = (\tau - t) S^*(\tau, t).$$

აქედან

$$\int_L \frac{d\tau}{Q(\tau, \omega)} \int_L \frac{P(\tau, \sigma)}{\omega(\tau, \sigma)} d\sigma = \int_L \frac{d\tau}{\tau - t} \int_L \frac{\varphi(\tau, \sigma, t)}{\sigma - \tau} d\sigma,$$

სადაც ფუნქცია

$$\varphi(\tau, \sigma, t) = \frac{P(\tau, \sigma)}{S^*(\tau, t) S(\tau, \sigma)} \quad (2)$$

აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას τ და σ მიმართ, როცა $t \in L$. ამიტომ უკანასკნელი გამოსახულებისადმი შეიძლება გამოვიყენოთ პუანკარე-ბერტრანის ფორმულა:

$$\int_L \frac{d\tau}{Q(\tau, w)} \int_L \frac{P(\tau, \sigma)}{w(\tau, \sigma)} d\sigma = -\pi^2 \varphi(t, t, t) + \int_L d\sigma \int_L \frac{\varphi(\tau, \sigma, t) d\tau}{(\tau-t)(\sigma-\tau)}.$$

შევცვლით რა $\varphi(\tau, \sigma, t)$ ფუნქციას (2) ფორმულის მიხედვით და გავითვალისწინებთ, რომ $S^*(t, t) = Q'_\tau(t, w)$; $S(t, t) = w'_\tau(t, t)$, მივიღებთ საჭირო შედეგს.

დასასრულ, მადლობას მოვახსენებ პროფ. თ. გახოვს, რომელიც ნაშრომის შესრულებას უწევდა ხელმძღვანელობას.

ვ. მოლოტოვის სახელობის
როსტოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 28.1.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Ш. Эрмит. Курс анализа. ОНТИ, 1936, стр. 212.
2. С. А. Янчевский. Комплексные уравнения Фредгольма, Труды второго Всесоюзного математического съезда, Ленинград, 24—30 июня, 1934, том II, стр. 266.
3. Л. Г. Михайлов. Предельные значения аналитической функции, представленной криволинейным интегралом $\frac{1}{2\pi i} \int \frac{P(\tau, z)}{Q(\tau, z)} d\tau$; Ученые Записки Таджикского Государственного университета, том I, 1952.
4. А. И. Маркушевич. Теория аналитических функций, М.—Л., Гостехиздат, 1950, стр. 352.
5. Н. И. Мусхелишвили. Сивгулярные интегральные уравнения, М.—Л., Гостехиздат, 1946.

ქიმია

ე. ბენაშვილი

თიოზარდოვანას საშუალებით იზოპარაფინული და ნაფტენური ნახშირწყალბადების გამოყოფის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ციციშვილმა 12.12.1955)

ალიფატიური და ციკლური ორგანული ნაერთების თიოზარდოვანასთან შეერთების პირველი პროდუქტები მიღებული იყო ვ. ანგლას [1] და შემდეგ სხვა მკვლევართა მიერ [2—4].

როგორც ლიტერატურული მონაცემებიდან ჩანს, ეს ახალი ნაერთები კომპლექსური ბუნებისაა და თავისი აღნაგობით დიდ მსგავსებას იჩენენ შარდოვანასთან შეერთების პროდუქტებთან.

ალიფატიური რიგის ნახშირწყალბადებიდან, როგორც წესი, თიოზარდოვანასთან მხოლოდ ის იზოაღნაგობის პარაფინები ურთიერთქმედებენ, რომლებიც შეიცავენ არა ნაკლებ ორ გვერდით ჯაჭვს მეთილის რადიკალების სახით. რაც მეტია გვერდითი ჯაჭვების რიცხვი, მით მეტია თიოზარდოვანასთან შეერთების უნარი. გრძელი გვერდითი ჯაჭვების არსებობა ეთილის, იზოპროპილის რადიკალების სახით ამცირებს თიოზარდოვანასთან კომპლექსის წარმოქმნის უნარს.

რაც შეეხება ციკლურ ნახშირწყალბადებს, დღეისთვის შესწავლილი ყველა ციკლოპარაფინი, ციკლოპენტანიდან ციკლოქტანამდე, ადვილად უერთდება თიოზარდოვანას.

ყველაზე პატარა მოლეკულა ალიფატიური ნახშირწყალბადებიდან, რომელიც იძლევა კომპლექსს თიოზარდოვანასთან, არის 2, 3-დიმეთილბუთანი, აღწერილი ვ. შლენკის [3] მიერ. მანვე მიიღო კრისტალური პროდუქტი 2, 6, 9, 12, 16—პენტამეთილჰექტანის თიოზარდოვანასთან შეერთების შედეგად.

უნდა ვიფიქროთ, რომ ამ მოლეკულის სიგრძე არ წარმოადგენს ზედა ზღვარს მოლეკულის სიდიდისას, რომელიც საჭიროა კომპლექსის წარმოქმნისათვის.

როგორც ვ. შლენკის [3] გამოკვლევებიდან ჩანს, არსებობს რაღაც მინიმალური და მაქსიმალური სიგრძე ჯაჭვისა, რის ზევით ან ქვევით მცირდება კომპლექსწარმოქმნის უნარი. ეს ზღვარი დამოკიდებულია შესაერთებელი კომპონენტის ქიმიურ ბუნებაზე, როგორც შარდოვანასთან კომპლექსის წარმოქმნის შემთხვევაში [6].



თიოზარდოვანასთან შეერთების პროდუქტთა მდგრადობა იზრდება ორგანული კომპონენტის ჯაჭვის სიგრძის ზრდასთან ერთად. კომპლექსი იზოოქტანისა თიოზარდოვანასთან მთლიანად იშლება 24 საათის განმავლობაში, მაშინ როდესაც პენტამეთილჰექტან-თიოზარდოვანა, პირუკუ, ოთახის ტემპერატურაზე მტკიცე ნაერთს წარმოადგენს.

როგორც ლიტერატურული მონაცემებიდან [2—4] ჩანს, ინდივიდუალურ ნახშირწყალბადებზე თიოზარდოვანას მოქმედების შესახებ დიდი ექსპერიმენტული მასალაა დაგროვებული; ნახშირწყალბადთა რთულ ნარეგებზე თიოზარდოვანას მოქმედების შესახებ კი, რამდენადაც ვიცით, ჯერჯერობით არაფერი არ გამოქვეყნებულა.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა თიოზარდოვანას მოქმედება ნავთობის სხვადასხვა ფრაქციაზე 60—300°-მდე და შესაძლებლობის ფარგლებში დავედგინა თიოზარდოვანასთან შეერთებული ნახშირწყალბადების თვისობრივი და ოდენობრივი შემადგენლობა.

ამ საკითხს გარკვეული თეორიული ინტერესი აქვს და არ არის მოკლებული პრაქტიკულ მნიშვნელობასაც, რადგან იზოპარაფინული ნახშირწყალბადები თავისი მრავალი მნიშვნელოვანი თვისების გამო ფრიად სასურველ კომპონენტებს წარმოადგენენ არა მარტო ბენზინისათვის, არამედ კეროსინ-ლიგროინის ფრაქციისათვისაც, რომელიც დიდად გამოიყენება როგორც საწვავი თხევად რეაქტიულ ძრავებში. საკმარისია ითქვას, რომ იზოპარაფინულ ნახშირწყალბადებს დაბალი გაყინვის ტემპერატურა და მაღალი ხვედრითი წონა აქვთ დიდ თბოუნარიანობასთან შეხამებით.

კვლევის პროცესში ნორიოს ნავთობის ფრაქციები დამუშავდა შარდოვანათი ნორმალური აღნაგობის პარაფინული ნახშირწყალბადების მოცილების მიზნით. როგორც ექსპერიმენტული მონაცემებიდან ჩანს, ნავთობის მსუბუქი ფრაქციებიდან აღნიშნულ პირობებში ვერ მოხერხდა ნორმალური აღნაგობის პარაფინული ნახშირწყალბადების გამოყოფა. ეს შეიძლება აიხსნას ნ-ჰექსანიდან ნ-ნონანამდე შარდოვანასთან წარმოქმნილი ადუქტების მცირე მდგრადობით ოთახის ტემპერატურაზე, რის გამოც წარმოებს მათი სწრაფი დაშლა ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადის გამოყოფით. ამას ხელს უწყობს აგრეთვე გამხსნელების მონაწილეობა ამ რეაქციაში, ვინაიდან ის კომპონენტები, რომლებიც არ ურთიერთქმედებენ შარდოვანასთან, შეიძლება წარმოადგენდნენ გამხსნელებს წარმოქმნილი კომპლექსისათვის.

ამგვარად, საკითხი ნ-პარაფინების გამოყოფის შესახებ ნავთობის მსუბუქი ფრაქციებიდან შარდოვანას საშუალებით მოითხოვს კიდევ დამუშავებას.

ნორიოს ნავთობი საქართველოს სხვა ნავთობებთან შედარებით ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადების ძლიერ მცირე შემცველობით ხასიათდება. ამით შეიძლება აიხსნას ის ფაქტი, რომ 150—200° ფრაქციიდან შარდოვანას საშუალებით არ გამოიყოფა ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადები, მაშინ როდესაც იმავე პირობებში მირზანის ლიგროინიდან გამოყოფილია და იდენტიფიცირებული ნ-ნონანი, ნ-დეკანი და ნ-უნდეკანი—9,6% რაოდენობით საკვლევე ფრაქციაზე [9].

კვლევის მეთოდიკა

ნავთობის ფრაქციების თიოზარდოვანათი დამუშავებას, გარკვეული მე-
 თოდიკის უქონლობის გამო, ვაწარმოებდით ჩვენ მიერ შემუშავებული ქვემო-
 მოყვანილი სქემის მიხედვით.

ფრაქციების დამუშავება თიოზარდოვანათი წარმოებდა არომატული
 ნახშირწყალბადების და, შესაძლებლობის ფარგლებში, ნ-პარაფინული ნახშირ-
 წყალბადების მოცილების შემდეგ. ლიტერატურაში არის მითითება [4] იმის
 შესახებ, რომ ბენზოლი და მისი მარტივი ჰომოლოგები და ზოგიერთი ნ-პა-
 რაფინული ნახშირწყალბადი შეიძლება შეყვანილ იქნეს კომპლექსში თიოზარ-
 დოვანასთან ისეთი ნახშირწყალბადების თანადასწრებით, როგორცაა ციკ-
 ლოპქსანი, ტრიპტანი ან იზოოქტანი.

ექსპერიმენტული გზით დადგენილი იყო, რომ თიოზარდოვანას რაოდე-
 ნობა საკვლევი ფრაქციის მიხედვით უნდა აღებული იყოს 1:1 წონითი თანა-
 ფარდობით. ეს უზრუნველყოფს მყარი და თხევადი ფაზის კარგ არევის გან-
 მზავებლის გამოყენების გარეშე.

საკვლევი ობიექტი მუშავდებოდა თიოზარდოვანათი ორჯერ, მესამედ
 დამუშავების დროს კომპლექსის წარმოქმნას ადგილი ჰქონდა უმნიშვნელოდ.

რევენარის არევა წარმოებდა 2,5—3 საათის განმავლობაში ავტომატურ
 სანჯღრეველაში ოთახის ტემპერატურაზე. აქტივატორს წარმოადგენდა მეთი-
 ლის სპირტი, რომელიც აღებული იყო 20% რაოდენობით თიოზარდოვანას
 წონის მიმართ.

თიოზარდოვანათი გამოყოფილი კომპლექსის გარეცხვა წარმოებდა ვა-
 კუუმფილტრზე იზოოქტანით 150° ზევით მდულადი ფრაქციების შემთხვევაში.
 რაც შეეხება 150°-მდე მდულადი ფრაქციიდან გამოყოფილ კომპლექსს, მისი
 გარეცხვა ჩატარდა გაცივებული პენტანის მცირე ოდენობით, რათა თავიდან
 აგვეცილებინა კომპლექსის საგრძნობი დაშლა. ამ შემთხვევაში იზოოქტანის
 გამოყენება შეუძლებელი იყო იმის გამო, რომ მისი დუდილის ტემპერატურა
 საკვლევი ფრაქციის დუდილის ტემპერატურის ზღვრებში იმყოფებოდა.

გარეცხილი კომპლექსი ვაკუუმფილტრზე კარგად გაწურვისა და ფილ-
 ტრის ქალაღებს შორის გაშრობის შემდეგ იშლებოდა ცხელი (70°) დესტი-
 ლირებული წყლის ოთხმაგი მოცულობით. დაბალმდულადი ფრაქციის შემ-
 თხვევაში კომპლექსის დაშლისას გამოყენებული იყო უკუმაცივარი დანაკარ-
 გების თავიდან აცილების მიზნით.

რეგენერირებული ნახშირწყალბადები იწვლილებოდა ეთილის ეთერით.
 პარალელურად წარმოებდა ნახშირწყალბადების უშუალო გამოყოფა თიოზარ-
 დოვანას წყალხსნარიდან, მათი გარეცხვა დესტილირებული წყლით და ქლორ-
 კალციუმზე გაშრობის შემდეგ გამოხდა მეტალური ნატრიუმის თანადასწრე-
 ბით. ამ პირობებში მიღებული იყო ნახშირწყალბადთა დუდილის ტემპერა-
 ტურის უფრო ზუსტი ზღვრები განსაკუთრებით ნავთობის დაბალმდულად
 ფრაქციებთან მუშაობისას.

ექსპერიმენტული ნაწილი

გამოსაკვლევად აღებული იყო ნორიოს ნავთობი, რომელიც თავდაპირ-
 ველად გამოიხდა ლითონის კუბიდან უდფლემატოროდ და შეგროვდა
 ფართო ფრაქცია დუდილის დაწყებიდან 200°-მდე.



აღნიშნული ფრაქცია გაირეცხა 70% გოგირდის მჟავათი, სოდის 10% ხსნარით და დესტილირებული წყლით, გაშრა ქლორკალციუმზე და შემდეგ დაფრაქციონირდა მეტალური ნატრიუმის თანადასწრებით 18 თეორიული თეფშის ეფექტურობის მქონე სარექტიფიკაციო სვეტში. 60—150° ფრაქციის გამოხდის შემდეგ ნარჩენი გამოიხადა 200°-მდე ფავორსკის კულიდან. კეროსინის ფრაქციები დუღილის ტემპერატურით 200—250° და 250—300° გამოყოფილ იქნა 200° ზევით მდუღადი ნარჩენიდან ვაკუუმში 20 მ/მ ნარჩენი წნევის დროს.

კეროსინის ფრაქციები აგრეთვე გაირეცხა 70% გოგირდის მჟავათი 10% სოდის ხსნარით და დესტილირებული წყლით იმ არანახშირწყალბადოვანი მინარევების მოცილების მიზნით, რომლებიც გვხვდება ნავთობში კვალის სახით და ინჰიბიტორებს წარმოადგენენ შარდოვანასთან კომპლექსწარმოქმნის პროცესისათვის [7].

საკვლევი ფრაქციების დეარომატიზაცია ჩატარდა 1,84 ხვედრითი წონის მქონე გოგირდის მჟავათი. არომატული ნახშირწყალბადების მოცილების სისრულე მოწმდებოდა ფორმოლიტური რეაქტივით ა. ნასტიუკოვის მიხედვით [10]. საკვლევი ფრაქციების ფიზიკური თვისებები დეარომატიზაციამდე და მის შემდეგ, აგრეთვე მათი ჯგუფური შემადგენლობა გროზნოს სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მიხედვით [11] მოცემულია 1 ცხრილში.

კვლევის შემდგომ სტადიას წარმოადგენდა ფრაქციების დამუშავება შარდოვანათი და თიოშარდოვანათი.

დეარომატიზებული ბენზინის შარდოვანათი დამუშავება წარმოებდა ავტომატურ სანჯღრეველაში ოთახის ტემპერატურაზე 2 საათის განმავლობაში; შარდოვანას რაოდენობა დადგენილი იყო დეარომატიზებულ ბენზინში არსებული პარაფინული ნახშირწყალბადების ჯგუფური შემცველობის მიხედვით, მათი საშუალო მოლეკულური წონა მიღებული იყო ნ-ჰეპტანის მოლეკულური წონის—100-ის ტოლად.

შარდოვანას რაოდენობა პარაფინული ნახშირწყალბადების მიმართ აღებული იყო ნ:1 წონითი თანაფარდობით; შარდოვანას საჭირო რაოდენობა საკვლევ სინჯს ემატებოდა ორ ულუფად.

შარდოვანათი დამუშავების შემდეგ ბენზინის 60—150° ფრაქციიდან არ გამოიყო ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადები და ბენზინის ფიზიკური თვისებებიც არ შეიცვალა. თიოშარდოვანათი დამუშავების შემდეგ ბენზინის კვლავ შარდოვანათი დამუშავებამ აგრეთვე არ მოგვცა დადებითი შედეგი, თუმცა ბენზინის ფიზიკური თვისებები შარდოვანათი დამუშავების შემდეგ მის მცირეოდენ დეპარაფინირებაზე მიგვიითიებებს (იხ. 1 ცხრილი).

ბენზინის თიოშარდოვანათი დამუშავების შედეგად გამოყოფილი ნახშირწყალბადები გამოიხადა მეტალური ნატრიუმის თანადასწრებით 18 თეორიული თეფშის ეფექტურობის მქონე სარექტიფიკაციო სვეტში.

100 მლ ნახშირწყალბადთა ნარევიდან 8 მლ ეთილის ეთერის მოცილების შემდეგ გამოყოფილი იყო 85,5 მლ ფრაქცია, მდუღადი 78—154° შუალედში, ნარჩენი კოლბაში შეადგენდა 5 მლ, ხოლო დანაკარგი—1,5 მლ. აღნიშნული ფრაქციის ფიზიკური თვისებები და შემადგენლობა მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 1

№-ს რიგზე	ფრაქციის დასახელება °C	მაქსიმალური ანალიზის წერტილი °C				h _D ²⁰			
		არომატული ნახშირწყალბადების მოცილებამდე	არომატული ნახშირწყალბადების მოცილების შემდეგ	შარდოვანათი დამუშავების შემდეგ	თიოზარდოვანათი დამუშავების შემდეგ	არომატული ნახშირწყალბადების მოცილებამდე	არომატული ნახშირწყალბადების მოცილების შემდეგ	შარდოვანათი დამუშავების შემდეგ	თიოზარდოვანათი დამუშავების შემდეგ
1	60—150	58,7	61,4	62,1*	62,6	1,4140	1,4130	1,4129	1,4120
2	150—200	53,4	68,2	68,1	68,5	1,4410	1,4260	1,4260	1,4244
3	200—250	59,4	73,5	73,0	71,9	1,4640	1,4450	1,4462	1,4482
4	250—300	65,2	81,3	80,9	79,1	1,4800	1,4538	1,4550	1,4590

* ფრაქციის დამუშავება შარდოვანათი ჩატარდა მისი თიოზარდოვანათი დამუშავების შემდეგ.

ცხრილი 1-ის გაგრძელება

№-ს რიგზე	ფრაქციის დასახელება °C	d ₄ ²⁰				ფრაქციების შედგენილობა წონით %						
		არომატული ნახშირწყალბადების მოცილებამდე	არომატული ნახშირწყალბადების მოცილების შემდეგ	შარდოვანათი დამუშავების შემდეგ	თიოზარდოვანათი დამუშავების შემდეგ	გროზნის ნ. ს. ი-ის მეთოდით			შარდოვანათი დაზუსტებულ ჯგუფური შედგენილობა			
						არომატული ნახშირწყალბადები	ნაფტენური ნახშირწყალბადები	პარაფინული ნახშირწყალბადები	არომატული ნახშირწყალბადები	ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადები	იზობარაფინული ნახშირწყალბადები	ნაფტენები
1	60—150	0,7433	0,7400	0,7424	0,7393	3,3	36,6	60,1	3,3	60,1	36,6	
2	150—200	0,7917	0,7746	0,7716	0,7691	22,2	49,2	28,6	22,2	28,6	49,2	
3	200—250	0,8330	0,8073	0,8103	0,8120	23,1	47,3	29,6	23,1	2,5	26,8	47,6
4	250—300	0,8607	0,8252	0,8276	0,8404	28,0	42,1	29,9	28,0	2,0	27,7	42,3

ნახშირწყალბადთა ნარევი ხეთ- და ექვსწევრიანი ციკლანების როდენობრივი შეიცვალის დადგენისათვის გამოყენებული იყო ნ. ზელინსკის დეჰიდროგენური კატალიზის მეთოდი [12]. ექვსწევრიანი ციკლანების დეჰიდროგენისათვის მომზადებული იყო 20% პლატინის კატალიზატორი მოწამლული რკინით, ციკლოპენტანური ნახშირწყალბადების ჰიდროგენოლისათვის ი-ციკლანისათვის წყალბადის არეში [13].

კატალიზატორის აქტივობა შემოწმებული იყო ციკლოპექსანის დეჰიდროგენებით 310°; იგი ტარდებოდა კატალიზატორზე 0,5 მოცულობითი სიჩქა-



რით (კატალიზატორის მოცულობა—85 მლ). კატალიზატორი ახდენდა ციკლოპექსანის სრულ დეჰიდრირებას ბენზოლამდე, ამ კატალიზატორზე გატარდა თიოშარდოვანათი გამოყოფილი ნარევი იზოპარაფინული და ნაფტენური ნახშირწყალბადებისა 310—315°, 0,6 მოცულობითი სიჩქარით პირველი გატარების დროს და 0,3 მოცულობითი სიჩქარით მეორედ გატარებისას.

კატალიზატის დეარომატიზაცია წარმოებდა 1,84 ხვედრითი წონის მქონე გოგირდის მჟავათი. კატალიზატის ფიზიკური თვისებები დეარომატი-

ცხრილი 2

	მაქსიმალური ანალიზის წერტილი °C			n _D ²⁰		
	კატალიზამდე	კატალიზის შემდეგ	კატალიზატის დეარომატიზაციის შემდეგ	კატალიზამდე	კატალიზის შემდეგ	კატალიზატის დეარომატიზაციის შემდეგ
ფრაქცია 60—150°						
თიოშარდოვანათი გამოყოფილი ნახშირწყალბადები 78—154°	58,4	37,2	64,2	1,4170	1,4362	1,4120
ბენზინი თიოშარდოვანათი დამუშავების შემდეგ	62,1	44,2	64,6	1,4129	1,4281	1,4110

ცხრილი 2-ის გაგრძელება

	d ₄ ²⁰			შედგენილობა წონით %			ჰექსაჰიდროარომატული ნახშირწყალბადების ნაფტენების საერთო რაოდენობიდან
	კატალიზამდე	კატალიზის შემდეგ	კატალიზატის დეარომატიზაციის შემდეგ	ჰექსაჰიდროარომატული ნახშირწყალბადები	ნუთწვერიანი ნაფტენები	იზობარაფინული ნახშირწყალბადები	
ფრაქცია 60—150°							
თიოშარდოვანათი გამოყოფილი ნახშირწყალბადები 78—154°	0,7512	0,7757	0,7402	30,3*	17,9	51,8	63,0
ბენზინი თიოშარდოვანათი დამუშავების შემდეგ	0,7424	0,7633	0,7365	15,9	19,3	64,8	45,2

* ჰექსაჰიდროარომატული ნახშირწყალბადები გამონაგარი შეზღუდულია სხვაობით.

ზაციამდე და მის შემდეგ მოყვანილია მე-2 ცხრილში, იქვეა მოცემული ჰექსაჰიდროარომატული და ციკლოპენტანური ნახშირწყალბადების რაოდენობრივი შემცველობა გამოსაკვლევ ნარევიში.

დეარომატიზებული კატალიზატი წარმოადგენდა გამარტივებულ ნარეგს, რომელიც შეიცავდა იზოპარაფინულ ნახშირწყალბადებს 72,4%-ის, ხოლო ნაფტენებს—27,6%-ის რაოდენობით.

შარდოვანათი და თიოზარდოვანათი დამუშავების შემდეგ დარჩენილი ბენზინის დახასიათებისათვის იგი გატარდა აგრეთვე პლატინის კატალიზატორზე აღნიშნულ პირობებში. ამ ბენზინის ფიზიკური თვისებები კატალიზამდე, კატალიზის შემდეგ და კატალიზატის დეარომატიზაციის შემდეგ მოცემულია მე-2 ცხრილში. იქვე მოგვყავს აღნიშნული ბენზინის ჯგუფური შემადგენლობა.

150—200° ფრაქციის შარდოვანათი დამუშავების დროს შარდოვანა ავიღეთ 8,5:1 წონითი თანაფარდობით პარაფინული ნახშირწყალბადების მიმართ. ამ უკანასკნელის მოლეკულური წონა მიღებულ იქნა დეკანის მოლეკულური წონის—142-ის ტოლად.

აღნიშნულ პირობებში საკვლევი ობიექტის შარდოვანათი დამუშავების შედეგად კომპლექსის წარმოქმნას ადგილი არ ჰქონია. 150—200° ფრაქციიდან თიოზარდოვანათი გამოყოფილი ნახშირწყალბადების ფიზიკური თვისებები და ჯგუფური შემადგენლობა მოყვანილია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

№№ რიგზე	ფრაქციების დასახელება °C	თიოზარდოვანათი გამოყოფილი ნახშირწყალბადების გამოსავალი პროცენტადი დამუშავების დროს წონით %-ით	გამოყოფილი ნახშირწყალბადების დუღილის ტემპერატურა °C	მაქსიმალური ანილინის წერტილი °C	n _D ²⁰	d ₄ ²⁰	შედგენილობა წონით %-ით	
							ნაფტენური ნახშირწყალბადები	იზოპარაფინული ნახშირწყალბადები
1	60—150	17,9	78—154	58,4	1,4170	0,7512	48,2	51,8
2	150—200	25,3	117—216	67,1	1,4230	0,7650	71,3	28,7
3	200—250	34,6	192—256	74,1	1,4452	0,8099	58,5	41,5
4	250—300	41,2	252—328	83,3	1,4520	0,8222	48,5	51,5

კეროსინის ფრაქციების დამუშავება შარდოვანათი წარმოებდა ისე, როგორც მითითებულია ლ. როზენბერგისა და ი. გენეხის [14] შრომაში. ასეთი დამუშავების შედეგად გამოყოფილი იყო ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადების ნარევი, რომელთა აღნაგობა შემდგომ იქნება შესწავლილი.

200—250° და 250—300° ფრაქციებში შემავალი ნორმალური და იზოპარაფინული ნახშირწყალბადების დაზუსტებული შემცველობა მოცემულია პირველ ცხრილში. ამავე ფრაქციებიდან თიოზარდოვანათი გამოყოფილი ნახშირწყალბადების ფიზიკური თვისებები და ჯგუფური შემადგენლობა მოცემულია მე-3 ცხრილში.

დასკვნა

1. თიოზარდოვანათი გამოყოფილი პროდუქტები წარმოადგენენ იზოპარაფინული და ნაფტენური ნახშირწყალბადების რთულ ნარეგს, დაახლოე-

ბით თანაბარი რაოდენობით. გამონაკლისს შეადგენს 150—200° ფრაქცია, სადაც ნაფტენური ნახშირწყალბადების შემცველობა საგრძნობლად მეტია იზოპარაფინული ნახშირწყალბადების შემცველობაზე.

2. ნაფტენური ნახშირწყალბადებიდან დიდი რაოდენობითაა (63,0%) წარმოდგენილი ჰექსაჰიდროარომატული ნახშირწყალბადები ბენზინიდან თიო-მარდოვანათი გამოყოფილ ნახშირწყალბადთა ნარევეში.

3. ფრაქციის დუღილის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად მატულობს თიომარდოვანათი გამოყოფილ ნახშირწყალბადთა გამოსავალი, რადგან ამავე მიმართულებით მატულობს თიომარდოვანას აღუქტების მდგრადობა.

4. მარდოვანას საშუალებით დადგენილია ნორმალური და იზოპარაფინული ნახშირწყალბადების რაოდენობრივი შემადგენლობა ნორიოს კეროსინის ფრაქციებში.

5. აღნიშნული ფრაქციები ხასიათდება იზოპარაფინული ნახშირწყალბადების დიდი სიჭარბით ნორმალურ პარაფინებთან შედარებით. პარაფინული ნახშირწყალბადების საერთო რაოდენობიდან იზოპარაფინები შეადგენენ 93,3—91,5%.

დასასრულ მადლობას ვუცხადებ დოცენტ ქ. არეშიძეს ამ სამუშაოს შესრულებისას ხელშეწყობისა და ყურადღებისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

პ. მელიქიშვილის სახელობის

ქიმიის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 12.12.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. B. Angla. Sur les complexes moleculaires fournis par la thiouree avec composés organiques. *Compt. rend.*, 224, 1947, 402.
2. O. Redlich, C. M. Sable, L. R. Reason und R. W. Millar. Addition compounds of Thiourea. *Am. Soc.* 72, 1950, 4161.
3. W. Schlenk. Die Thioharnstoff-addition organischer Verbindungen. *Lie. Ann.*, 573, 1951, 142.
4. W. Schlenk. Les composés d'insertion de l'uree et de la thiouree et leurs utilisations. *Chimie et Industrie.* 69, 1953, 454.
5. F. Bengen u W. Schlenk. New addition products of Urea. *Experientia.* 5, 1949, 200.
6. W. Schlenk. Die Harnstoff-Addition der aliphatischen Verbindungen. *Lieb. Ann.* 565, 1949, 204.
7. W. I. Zimmerschied, R. A. Dienerstein, A. M. Weiterkamp and R. F. Marschner. Crystalline Adducts of Urea with Linear Aliphatic Compounds. *Ind. Eng. Chem.* 42, 1950, 1301.
8. А. В. Толпчиев, Л. М. Розенберг и др. Дифференциально-термическое исследование комплексообразования мочевины с n-парафинами. *ДАН СССР*, 98, 1954, 223.
9. X. И. Арещидзе и Е. М. Бенашвили. Исследование n-парафиновых углеводородов фракции 150—200° мирзанской нефти. *Сообщения АН ГССР*, т. XVI, № 10, 1955, стр. 875.
10. А. М. Настюков. Действие формалина на нефть и ее погоны. *ЖРХО*, 36, 1904, 881.
11. Химический состав нефтей и нефтяных продуктов. *Труды ГрозНИИ ОНТИ*, М.—Л., 84, 1935.
12. Н. Д. Зелинский. О дегидрогенизации катализом. *ЖРХО*, 43, 1220, 1911; Об избирательном дегидрогенизационном катализе. *ЖРХО*, 45, 1913, 52.
13. И. А. Мусаев и Г. Д. Гальперн. Катализатор для аналитического гидрирования и дегидрирования углеводородов. *ДАН* 88, 1953, 77.
14. Л. М. Розенберг и И. С. Генек. К вопросу о выделении n-парафиновых углеводородов с помощью мочевины. *ДАН*, 84, 1952, 523.

ქიმიური ტექნოლოგია

მ. მარაბიშვილი და ო. გივინიშვილი

 საქალაქო ნარევიზი ასკანის ბენტონიტების გამოყენების
 საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. თვალჭრელიძემ 23.9.1955)

საქალაქო თიხა საყალიბო და ღეროების ყველა ნარევის აუცილებელი შემადგენელი ნაწილია. ის აძლევს საყალიბო მასალას საჭირო სიმკვრივესა და პლასტიკურობას, აგრეთვე ამცირებს ყალიბებისა და ღეროების გაფართოებას მათი გახურების დროს.

ამასთანავე, ნარევის თიხოვანი ნაწილი არის მიზეზი მრავალი უარყოფითი მოვლენების, კერძოდ, ზოგიერთი თიხა სხმულზე იძლევა მინამწვარს, ვერ უზრუნველყოფს ყალიბის ზედაპირულ სიმკვრივეს, აძნელებს ლითონის მოცულობის შემცირებას (ჩაჯდომას) გაციების დროს, აუარესებს ყალიბიდან აირების გამოსვლის პირობებს, ართულებს მზა სხმულიდან ღეროების ამოღებას.

თუ მხედველობაში მივიღებთ აღნიშნულს, დასაბუთებულად უნდა ჩაითვალოს ნისწრაფება, რომ ამ ტექნოლოგიური პროცესისათვის გამოყენებული იყოს ისეთი თიხები, რომლებსაც ახასიათებთ ნაკლები უარყოფითი თვისებები და ამასთანავე აქვთ დიდი შეჭიდულობის უნარი, რაც მოგვცემს საშუალებას მინიმალური რაოდენობით შევიტანოთ ეს თიხები საყალიბო ნარევიში.

თიხის შეფასება-შერჩევა ხდება საამქროებში უშუალოდ გამოცდის საფუძველზე. ამასთანავე ცხადია, რომ თიხის უარყოფითი და დადებითი ტექნოლოგიური თვისებები დამოკიდებულია მის მინერალოგიურ შედგენილობასა და ფიზიკურ-ქიმიურ ბუნებაზე.

ი. გრიგორევის [1], უფრო გვიან კი ი. კუმანინის [2] მიერ კავშირის სხვადასხვა საბადოების საყალიბო თიხების გამოკვლევის შედეგად მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემები გვაძლევს საშუალებას თიხოვანი მინერალები განვალაგოთ მათი შეჭიდულობის თვისებების შემცირების მიხედვით. საყალიბო ნარევეს უფრო მეტ სიმკვრივეს ანიჭებს მონტმორილონიტი, მის შემდეგ ჰიდროქარსი და კაოლინიტი. განიხილა რა ეს განლაგება, კუმანინი აღნიშნავს, რომ მინერალების ასეთი განლაგება შეესაბამება თიხების ორიენტირებულ და დაკავშირებულ წყლის კლებად რაოდენობას. ამან საშუალება მისცა მას გამოეთქვა აზრი, რომ ერთისა და იმავე შედგენილობის



თიხებს შორის მეტი შეჭიდულობის უნარით ხასიათდებიან დიდი შთანთქმითი კომპლექსის მქონე თიხები ნაჯერი ნატრიუმის იონებით.

როგორც ცნობილია, ასკანის ჯგუფის საბადოების ბენტონიტური თიხები წარმოდგენილია ორი სახესხვაობით, რომლებიც ცნობილი არიან ასკანგელისა და ასკანთიხის სახელწოდებით [3]. ასკანგელი ხასიათდება შთანთქმულ კომპლექსში უფრო მეტი ტუტე კათიონებით (ძირითადად ნატრიუმის), ასკანთიხა კი — უფრო მეტი მოტუტო კათიონებით (ძირითადად კალციუმისა).

1930—32 წლებში ვ. არონოვიჩის [4] და ს. ფილატოვის [5] მიერ იყო დადასტურებული ასკანგელის გამოყენების შესაძლებლობა და მიზანშეწონილობა შემაკავშირებლად საყალიბო ნარევებში. ასკანთიხის სამსხმელო საქმეში გამოყენების საკითხი კი დღევანდლამდე არ ყოფილა შესწავლილი. ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებების საფუძველზე უარყოფდნენ მის გამოყენებას, რადგან გულისხმობდნენ, რომ ტუტე ბენტონიტს, რომლის ნაწილაკებსაც ძლიერ განვითარებული სოლვატური გარსი აქვთ, გაცილებით მეტი შეჭიდულობის უნარი გააჩნიათ, ვიდრე მოტუტო ბენტონიტის ნაწილაკებს, რომლებსაც არა აქვთ ძლიერ განვითარებული სოლვატური გარსი.

ასკანგელისა და ასკანთიხის წებოვნობის შედარებითმა შესწავლამ სინესტის ფართო დიაპაზონში, რაც ჩვენ მიერ იყო ჩატარებული, გვიჩვენა ასეთი მტკიცების უსაფუძვლობა.

საკვლევად აღებულ ასკანგელსა და ასკანთიხას შთანთქმული კათიონებისა და შთანთქმის საერთო კომპლექსის შემდეგი მაჩვენებლები ჰქონდათ (მგ/ეკვ-ში 100 გრ თიხაზე) (იხ. ცხრილი 1):

ცხრილი 1

დასახელება	Ca+Mg	Na+K	შთანთქმის საერთო კომპლექსი
ასკანგელი	18,58	70,90	89,48
ასკანთიხა	61,20	29,07	90,27

წებოვნობის უნარი ისაზღვრებოდა ზამბარიანი დინამომეტრის საშუალებით. ცდების შედეგები წარმოდგენილია მრუდების სახით ნახ. 1-ზე.

მიღებული მონაცემები გვიჩვენებს, რომ ასკანთიხა ასკანგელისაგან (1 განსხვავებით თავის წებოვნობის უნარის გამოვლინებას მხოლოდ იმის შემდეგ იწყებს, როდესაც მისი კონცენტრაცია სისტემაში 30%-ს აღწევს. მაგრამ თიხის პასტაში დისპერსიული ფაზის ზრდასთან ერთად ნატრიუმისა და კალციუმის ბენტონიტების წებოვნობის უნარის განსხვავება ისპობა. ოპტიმალური 50% სინესტის დროს ბენტონიტების აღნიშნული ორივე სახე-

(1 შემდეგ მათ ვუწოდებთ ნატრიუმისა და კალციუმის ბენტონიტს.

სხვაობა თითქმის თანაბარ წებოვნობას იჩენს. ნატრიუმიანი და კალციუმიანი ბენტონიტების მოქმედების ასეთი განსხვავება დაბალი კონცენტრაციის დროს და იდენტურობა მაღალი კონცენტრაციის დროს, ჩვენი თვალსაზრისით, თიხის ნაწილაკების სოლვატური გარსის აგებულებით აიხსნება.

ნატრიუმიანი ბენტონიტი, რომელსაც მტკიცედ ბმული წყლის ფენის ზედნაშენის (სუსტად ბმული წყლის სახით) ხარჯზე ძლიერ განვითარებული სოლვატური გარსი აქვს, თავის წებოვნობას ავლინებს დაბალი კონცენტრაციების დროს. კალციუმიანი ბენტონიტს კი, რომლის სოლვატური გარსი უფრო თხელია და ძირითადად მტკიცედ ბმული წყლის მოლეკულებისაგან შედგება, თავისი წებოვნობა შეუძლია გამოავლინოს მხოლოდ მაღალი კონცენტრაციის დროს, როდესაც ნაწილაკებს შორის თანხების რიცხვი იზრდება. ნატრიუმიანი ბენტონიტს 50% სინესტის დროს არ შეუძლია განავითაროს სოლვატური გარსი იმ ზომამდე, რასაც ის აღწევს უფრო მეტი სინესტის დროს. ამიტომ ოპტიმალური 50% სინესტის დროს ნატრიუმიანი ბენტონიტის წყლიანი გარსი თავისი აგებულებით უახლოვდება კალციუმიანი ბენტონიტის გარსის აგებულებას. ამით აიხსნება ის ფაქტი, რომ ნატრიუმიანი და კალციუმიანი ბენტონიტების წებოვნობის უნარი ოპტიმალური კონცენტრაციის დროს თითქმის ერთი და იგივეა.

მიღებული შედეგები შემოწმებული იყო საყალიბო ნარეგებზე ლაბორატორიულ და ქარხნულ პირობებში. ლაბორატორიული ცდების ჩასატარებლად აღებული იყო ტამანსკისა და გუსაროვსკის ქვიშები. საყალიბო ნარეგს ემატებოდა 3% აერმზრალი ბენტონიტის ფხვნილი და 3% წყალი. გულდასმით არევის შემდეგ ისაზღვრებოდა (სტანდარტულ ხელსაწყოებზე) მისი სიმაგრე და აირშელწვეადობა. მიღებული მონაცემები მოყვანილია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

საყალიბო ნარევი	მექანიკური გამძლეობა კგ/სმ ²	აირშელწვეადობა სმ/წ
გუსაროვსკის ქვიშა +3% ასკან-გელი	0,40	670,0
გუსაროვსკის ქვიშა +3% ასკან-თიხა	0,40	846,0

როგორც მე-2 ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ასკანგელი და ასკანთიხა გუსაროვსკის ქვიშასთან ერთნაირ შედეგებს იძლევა. ტამანსკის ქვიშასთან ნარეგშიც ბენტონიტების ორივე სახესხვაობაზე აგრეთვე ერთნაირი მაჩვენებლები იყო მიღებული.

ქარხნული ცდები ჩატარდა ნამუშევარ ნარეგზე და ტამანსკის ქვიშაზე, შეფარდებით 2:1. აერმზრალი ბენტონიტის ორივე სახესხვაობა ნარეგში შეგვქონდა ფხვნილის სახით 3%-ის რაოდენობით. ნარევი სველდებოდა და მისი არევა წარმოებდა რბიანზე. ნარევის სინესტე 2,5—3%-ის ფარგლებში მერყეობდა.

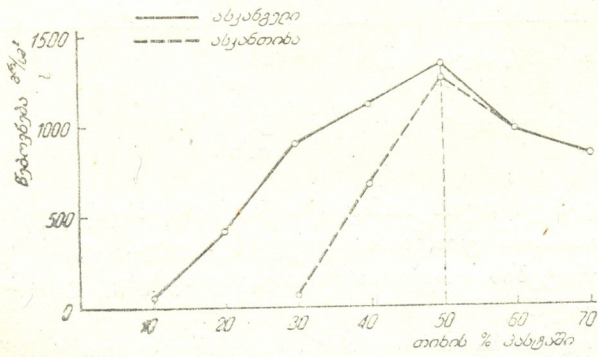


დამზადებულ საყალიბო ნარევის შემდეგი მაჩვენებლები ჰქონდა (იხ. ცხრილი 3):

ცხრილი 3

საყალიბო ნარევი	მექანიკური გამძლეობა კგ/სმ ²	აირზელწვეადობა სმ/წ
ტამანსკის ქვიშა 30%	0,55	75,0
ნამუშევარი ნარევი 64%		
ასკანგელი 3%		
წყალი 3%		
ტამანსკის ქვიშა 30%	0,55	75,0
ნამუშევარი ნარევი 64%		
ასკანთიხა 30%		
წყალი 3%		

უნდა აღინიშნოს, რომ საყალიბო ნარევისათვის ქარხანა იყენებს სურამის ქვიშას, რომელიც დიდძალ თიხოვან ფრაქციას შეიცავს. ნამუშევარ ნარევი დარჩენილი გამომწვარი თიხა უარყოფით გავლენას ახდენს ახალი საყალიბო ნარევის აირზელწვეადობაზე. ამავე დროს ცხადია, რომ ბენტონიტი ვერ ითვისებს საყალიბო ნარევის წყლის მთელ რაოდენობას, წყლის ნაწილი მიდის თვით ქვიშისა და ნამუშევარი ნარევით შემოტანილი გამომწვარი თიხის დასველებაზე. ამიტომ ბენტონიტის წებოვნობის სიდიდე უნდა მდებარეობდეს მრუდებზე (ნახ. 1) ოპტიმალური წერტილიდან მარჯვნივ. ამასთანავე,



ნახ. 1

წებოვნობის აბსოლუტური სიდიდე მცირდება, თუმცა ასკანგელისა და ასკანთიხის წებოვნობის განსხვავება ისპობა. ამიტომ საყალიბო ნარევებში ასკან-

თიხის გამოყენებისას საჭიროა ოპტიმალური სინესტის ზუსტად დაცვა. ოპტიმალური პირობიდან მცირე გადახრა დასაშვებია მხოლოდ სინესტის შემცირების მხრივ, წინააღმდეგ შემთხვევაში ასკანთიხა ვერ შეძლებს იმავე წებოვნობის რეალიზაციას, როგორც ასკანგელი, რის გამოც საყალიბო ნარევის სიმაგრე გაცილებით უფრო დაბალი იქნება.

როგორც ქარხნული ცდების შედეგები გვიჩვენებს, სიმაგრით, აირშედწევადობითა და მიღებული სხმულების ხარისხით საყალიბო ნარევი, სადაც შემამჭიდროებლად გამოყენებული იყო მოტუტო ბენტონიტი (ასკანთიხა), არაფრით არ ჩამოუვარდება ტუტე ბენტონიტის (ასკანგელის) საფუძველზე დამზადებულ ნარევს.

ამრიგად, ჩატარებული კვლევის შედეგად დადგენილია, რომ ასკანთიხა (ისე როგორც ასკანგელი) შესაძლებელია გამოყენებული იყოს კვარცის საყალიბო ქვიშების შემაკავშირებლად.

ექსპერიმენტული ნაწილის შესრულებაში მონაწილეობა მიიღო უმც. მეცნ. მუშაკმა ლ. ურიდიამ. ქარხნული ცდები ჩატარდა სტალინის სახელობის თბილისის ორთქლმავალ-ვაგონსარემონტო ქარხნის სამსხმელო საამქროში საამქროს მუშაკების ი. იმერლიშვილის, ა. ეტმაგჩიანისა და ა. არუთინოვის მონაწილეობით.

მინერალური ნედლეულის კავკასიის
ინსტიტუტი

(რედაქციის მოუვიდა 23.9.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. С. Григорьев. Повышение степени дисперсности формовочных глин. Литейное дело, № 8, 1935; № 8—9, 1938.
2. И. Б. Куманин. Исследование свойств формовочных глин. Москва, 1948.
3. Сборник „Бентонитовые глины Грузии и их применение в народном хозяйстве“. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1953.
4. В. А. Аронович. Бентонитовые глины в литейном деле. Литейное дело, № 1, 1923.
5. Сборник „Бентонитовые глины Грузинской ССР“. Изд. „Техника да Шрома“, Тбилиси, 1941.

ქიმიური ტექნოლოგია

ი. ბუჩუკური, მ. ჩაბუნავა, თ. ფანცულაია

მანგანუმის სულფიდური მასის გამოწვა

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა რ. აგლაძემ 6.1.1956)

კოქსის, გენერატორისა და სხვა წვადი აირებიდან გოგირდის დაქერის საკითხს დიდი ხანია სწავლობენ, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, წვადი აირების გოგირდის ნაერთებისგან გაწმენდის ტექნიკამ ჯერ კიდევ ვერ მიაღწია სრულყოფას. ეს პირველ რიგში ეხება აირის გაწმენდას გოგირდის ორგანული ნაერთებისგან, რომელთა მოცილება ნაკარნახევია ორგანული სინთეზის, ამიაკისა და სხვა კატალიზატორის დაცვის აუცილებლობით.

ორგანული გოგირდის დასაქერად ღრემდე ხმარებული გამწმენდი მასები ხასიათდებიან დაბალი აქტივობით, დაბალი გოგირდტევადობით და ამასთანავე არ ემორჩილებიან რეგენერაციას. ბოლო წლებში აზოტის მრეწველობის სახელმწიფო ინსტიტუტის მიერ გამოცდილმა თუთიის გამწმენდმა მასებმა [1, 2] მაღალი გოგირდტევადობა უჩვენეს, მაგრამ მათი მაღალი ღირებულების გამო ახალი გამწმენდი მასის მონახვის საკითხს არ დაუკარგავს თავისი აქტუალობა.

უფრო აქტიური და იაფი აღმოჩნდა მანგანუმის ბაზაზე დამზადებული გამწმენდი მასები [3, 4, 5], რომელთაც სამრეწველო აირზე (გენერატორული) შემოწმებისას აჩვენეს მაღალი გოგირდტევადობა. ამასთან დაკავშირებით ისმის ნამუშევარი მანგანუმის გამწმენდი მასების რეგენერაციის ან გადამუშავების საკითხი. გამწმენდი მასის გადამუშავების ამა თუ იმ გზის შერჩევა დამოკიდებულია თვით გამწმენდი მასის ხასიათზე, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია მათი მიღების პირობებზე, ძირითადად აირის გაწმენდის ტემპერატურაზე.

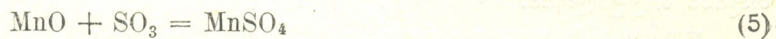
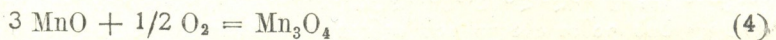
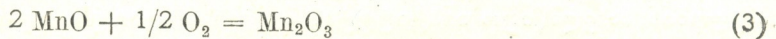
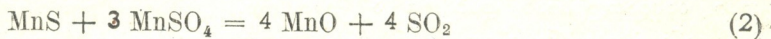
ქვემოთ მოცემულია მანგანუმის გამწმენდი მასების გამოწვაზე ჩატარებული მუშაობის შედეგები. ცდებისათვის აღებული იყო გოგირდნახშირბადისაგან აირის გაწმენდით მიღებული სულფიდური მასა, რომელიც მანგანუმს შეიცავდა მწვანე სულფიდის სახით.

მანგანუმის სულფიდის გამოწვის საკითხზე, როგორც ჩვენთვის მისაწვდომი ლიტერატურიდან ჩანს, ღრემდე არავის უმუშავია არც თეორიული და არც პრაქტიკული თვალსაზრისით.

უნდა ვიგულოთ, რომ მანგანუმის სულფიდის გამოწვისას, როგორც სხვა ლითონთა სულფიდების გამოწვისას, რთული ქიმიური პროცესი მიმდინარეობს. ამიტომ სულფიდების დაჟანგვის მექანიზმი ჯერ კიდევ დადგენილი

არ არის [6, 7]. სულფიდების ჟანგვის ორი — სულფატური და ოქსიდურთეორიდან — მკვლევართა უმრავლესობა პირველს ემხრობა. ასე, მაგალითად, ვ. სმირნოვის [8] და გ. ფრენცისა და დ. ჩიჟიკოვის [9] მიხედვით, სულფიდების წვის პროცესის მექანიზმი შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი ძირითადი სტადიების სახით: 1) მოლეკულური ჟანგბადის ადსორბცია სულფიდის ზედაპირზე და მისი დისოციაცია ატომურ ჟანგბადად; 2) ჟანგბადის დიფუზია სულფიდის გისოსის შიგნით; 3) სულფიდის პირველადი ნაერთის (სულფატის ტიპის) წარმოქმნა ატომურ ჟანგბადთან; 4) წარმოქმნილი შუალედი პროდუქტის (სულფატის) ქიმიური ურთიერთმოქმედება შიგნითდარჩენილ სულფიდთან სათანადო ლითონის ჟანგის წარმოქმნისა და გოგირდოვანი ანჰიდრიდის გამოყოფით; 5) ჟანგის ზედაპირული აბსკის აირებთან ქიმიური ურთიერთმოქმედება მეორეული სულფატის წარმოქმნით.

თუ საფუძვლად მივიღებთ სულფიდების ჟანგვის სულფატურ თეორიას. და მივიჩნევთ, რომ ჟანგბადით სულფიდების ჟანგვის პროცესთა კანონზომიერებანი ყველა სულფიდისათვის იდენტურია, მაშინ მანგანუმის სულფიდის ჟანგვის ძირითადი სტადიები შეიძლება შემდეგი რეაქციებით გამოვსახოთ:



სულფიდის პირდაპირი დაჟანგვით მიღებული მანგანუმის სულფატი გამომწვარ მასაში არ შეიძლება მნიშვნელოვანი რაოდენობით იყოს მისი სულფიდთან ურთიერთმოქმედების გამო (2) რეაქციით. ასეთ დასკვნამდე მიყვავართ თერმოდინამიკურ ანგარიშს. ცხრილში მოცემულია (2) რეაქციის თავისუფალი ენერჯიის მნიშვნელობანი სხვადასხვა ტემპერატურისას.

ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ უკვე დაბალი ტემპერატურისას (2) რეაქცია შეიძლება ხდებოდეს საკმაოდ ინტენსიურად. ამრიგად გამომწვარ მასაში მანგანუმის სულფატის დაგროვება შეიძლება მიმდინარეობდეს არა სულფიდის პირდაპირი დაჟანგვით, არამედ წარმოქმნილი ჟანგეულების სულფატიზაციით.

ცხრილი

$MnS + 3 MnSO_4 = 4 MnO + 4 SO_2$ რეაქციის თავისუფალი ენერგიის მნიშვნელობანი

°K	°C	ΔZ
673	400	— 7779
873	600	—49759
1073	800	—91683

დანადგარის სქემა და ექსპერიმენტების მეთოდოლოგია

მანგანუმის სულფიდის ჟანგვას ვსწავლობდით 600—1000°-ის ინტერვალში ჰაერისა და ჟანგბადის თანაობისას. ცდებისთვის აღებული იყო აირის გაწმენდით (ორგანული გოგირდისაგან) მიღებული მანგანუმის მწვანე სულფიდი. საკვლევ ნიმუშებში გოგირდის შეცულობა უდრიდა 28,03%, მარცვლების ზომა 1,5—2,0 მმ (ნიმუში № 1) და 0,07—0,12 მმ (ნიმუში № 2).

ნიმუშებში გოგირდის შეცულობას ვსაზღვრავდით იოდომეტრიული მეთოდით, მისი გოგირდწყალბადის სახით გამოძეგებისა და კადმიუმის აცეტატის ხსნარში შთანთქმით.

დანადგარის სქემა მანგანუმის სულფიდის დესულფურიზაციის შესწავლისთვის წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე. აღვნიშნავთ, რომ დესულფურიზაციის სიდიდე რამდენადმე ახასიათებს სულფიდის ჟანგვის სიჩქარეს.

~ 0,20 გ გოგირდის სათანადო სულფიდის წონაკი ნავით თავსდებოდა მილისებრ ლუმელში უშუალოდ თერმოწყვილის ცხელი ნაჩრჩილის ქვეშ.

ასპირატორების დახმარებით სისტემაში ვაწვდიდით ჰაერს მუდმივი სიჩქარით 2,5 ლ/სთ, მისი გოგირდმჟავათი და ქლორკალციუმით წინასწარი გაწმენდის შემდეგ.

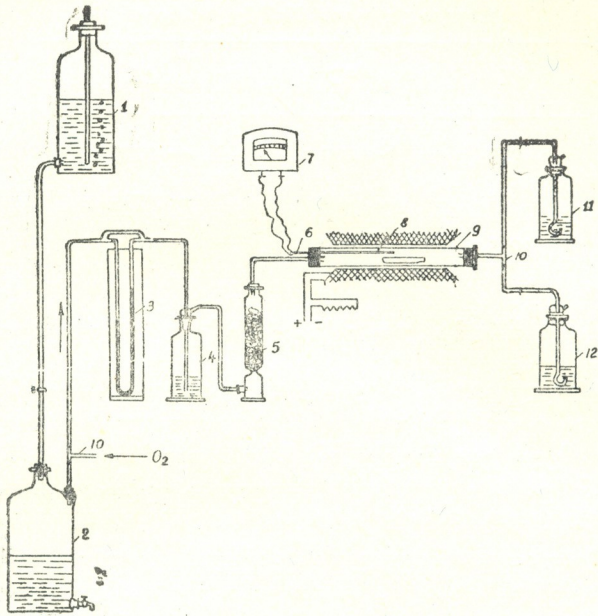
დესულფურიზაციის სიჩქარეზე წვისთვის მიწოდებული ჰაერის რაოდენობის გავლენის დასადგენად ზოგიერთ ცდაში ვცვლიდით ჰაერის სიჩქარეს 2,5-დან 10,5 ლ/სთ-მდე.

მანგანუმის სულფიდის ჟანგვის სიჩქარის შესწავლისთვის დროის მიხედვით, გოგირდოვანი აირისა და გოგირდის ანჰიდრიდის შემცველი ნამწვი აირი ზუსტად აღრიცხული დროის შუალედში შეგვყავდა სამსვლიანი ონკანის დახმარებით 11 ან 12 შთამნთქმელში, რომლებიც შეიცავდნენ $KClO_3$ -ის 3%-იან ხსნარს.

შთამნთქმელები წარმოადგენენ სარეცხავებს მფილტრავი ფირფიტებით, რომლებითაც უზრუნველყოფილია აირის დანაწილება უწვრილეს ბუშტებად და ამით გოგირდოვანი აირისა და გოგირდის ანჰიდრიდის სრული შთანთქმა.

ერთ შთამნთქმელში აირის გატარებისას მეორე მზადდებოდა $KClO_3$ -ის ახალი ხსნარით. ცდის დამთავრების შემდეგ ხსნარი შთამნთქმელში იტიტრე-

ბოდა ტუტით; დახარჯული ტუტის მოცულობით ვითვლიდით ამომწვარ გოგირდს მოცემული დროის მონაკვეთში.



ნახ. 1. დანადგარის სქემა: 1, 2—ასპირატორი; 3—რეომეტრი, 4—სარეცხლა გოგირდმჭავათი; 5—სვეტი ქლორალკალიუმით; 6—თერმოაწვეილი; 7—გალვანომეტრი; 8—ელექტროლუმენი; 9—ფაიფურის მილი; 10—სამსვლიანი ოწყანი; 11, 12—შთამნთქმელი

შედეგების განხილვა

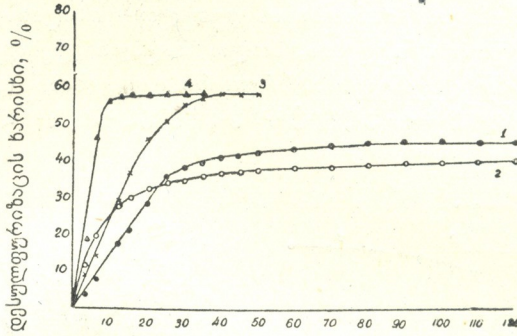
ნახ. 2—6-ზე წარმოდგენილია დესულფურიზაციის ხარისხის დამოკიდებულება დროსთან, დაქვეის სიწმინდესა და ტემპერატურასთან. წვის მრუდებიდან ჩანს, რომ მანგანუმის სულფიდის დაჟანგვა (ნიმუში № 1) ჰაერის თანაობისას საკმაოდ სწრაფად მიმდინარეობს პირველ 40—50 წუთში, რის შემდეგ სიჩქარე საგრძნობლად ეცემა, განსაკუთრებით დაბალი (600—700°) ტემპერატურისას. 800°-ის დროსაც კი დესულფურიზაციის ხარისხის ზრდა 50—100 წუთის ინტერვალში სულ 6,06% შეადგენს 77,2% დესულფურიზაციის საერთო ხარისხისას.

დამახასიათებელია ჟანგბადის კონცენტრაციის გავლენა მანგანუმის სულფიდის ჟანგვის სიჩქარეზე. ჟანგბადის თანაობისას ჟანგვის საჩქარე ორჯერ და კიდევ უფრო მეტად იზრდება. თუ ჰაერის თანაობისას ძირითადი მასა იჟანგება 40—50 წუთში, ჟანგბადის თანაობისას საკმარისია მხოლოდ 10—20 წუთი.

ყურადღებას იპყრობს ის ფაქტი, რომ, მიუხედავად მანგანუმის სულფიდის ჟანგვის მაღალი საწყისი სიჩქარისა ჟანგბადის თანაობისას, დესულ-

ფურიზაციის საბოლოო ხარისხი უფრო დაბალია, ვიდრე ჰაერში დაჟანგვისას. ეს განსაკუთრებით მკვეთრად გამოვლინებული 600—700°-ის დროს.

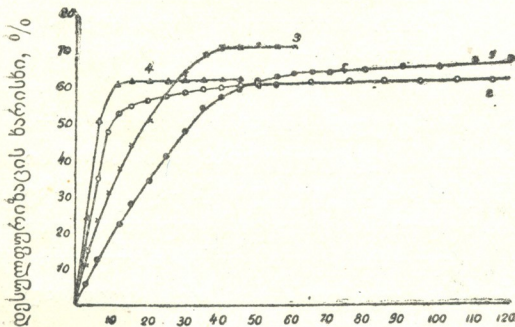
ასეთ მოვლენას არ აქვს ადგილი სხვა სულფიდების გამოწვისას. ალბათ ეს დამახასიათებელია მანგანუმისათვის. უნდა ვიფიქროთ, რომ მანგანუმის სულფიდის ჟანგვისას მისი ნაწილი იჟანგება სულფატამდე. ჟანგბადის კონ-



დრო წუთობით

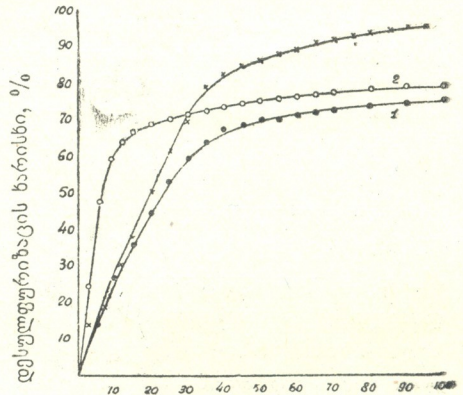
ნახ. 2. MnS-ის დესულფურიზაცია 600°-სას: 1—სინჯი № 1, გამომწვარი ჰაერის ატმოსფეროში; 2—სინჯი № 1, გამომწვარი ჟანგბადის ატმოსფეროში; 3—სინჯი № 2, გამომწვარი ჰაერის ატმოსფეროში; 4—სინჯი № 2, გამომწვარი ჟანგბადის ატმოსფეროში

ცენტრაციის გადიდებით იზრდება სულფიდის სულფატიზაციის ხარისხი და ამიტომ მცირდება დესულფურიზაციის ხარისხი. ამით იხსნება, რომ მანგა-



დრო წუთობით

ნახ. 3. MnS-ის დესულფურიზაცია 700°-სას: 1—სინჯი № 1, გამომწვარი ჰაერის ატმოსფეროში; 2—სინჯი № 1, გამომწვარი ჟანგბადის ატმოსფეროში; 3—სინჯი № 2, გამომწვარი ჰაერის ატმოსფეროში; 4—სინჯი № 2, გამომწვარი ჟანგბადის ატმოსფეროში



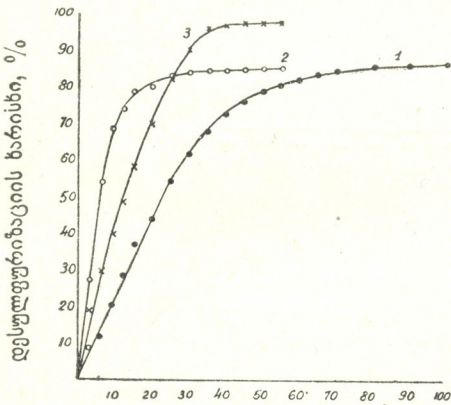
დრო წუთობით

ნახ. 4. MnS-ის დესულფურიზაცია 800°-სას: 1—სინჯი № 1, გამომწვარი ჰაერის ატმოსფეროში; 2—სინჯი № 1, გამომწვარი ჟანგბადის ატმოსფეროში; 3—სინჯი № 2, გამომწვარი ჰაერის ატმოსფეროში



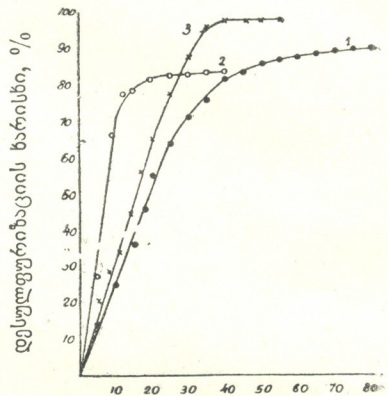
ნუმის სულფიდის ჟანგვის მრუდები ჟანგბადში გამოწვისას ჰაერში გამოწვის მრუდებთან შედარებით უფრო დაბლა გაივლიან.

დესულფურიზაციის ხარისხზე ჟანგბადის კონცენტრაციის გავლენა წარმოდგენილია აგრეთვე ნახ. 7-ზე. ამ ნახაზზე შეტანილია დესულფურიზაციის ხარისხის მნიშვნელობანი სხვადასხვა ტემპერატურისას. როგორც სურათიდან ჩანს, ჟანგბადის თანაობისას დესულფურიზაციის ხარისხი დაბალი ტემპერატურისას უფრო ნაკლებია, ხოლო მაღალი ტემპერატურისას უფრო მეტი, ვიდრე ჰაერში დაჟანგვისას. მრუდები იკვეთებიან დაახლოებით 700—750°-სას, ე. ი. მანგანუმის სულფატის ენერგიულად დაშლის ტემპერატურისას [6].



დრო წუთობით

ნახ. 5. MnS-ის დესულფურიზაცია 900°-სას: 1—სინჯი № 1, გამომწვარი ჰაერის ატმოსფეროში; 2—სინჯი № 1, გამომწვარი ჟანგბადის ატმოსფეროში; 3—სინჯი № 2, გამომწვარი ჰაერის ატმოსფეროში



დრო წუთობით

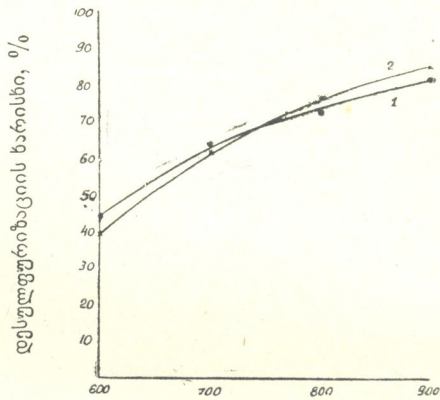
ნახ. 6. MnS-ის დესულფურიზაცია 1000°-სას: 1—სინჯი № 1, გამომწვარი ჰაერის ატმოსფეროში; 2—სინჯი № 1, გამომწვარი ჟანგბადის ატმოსფეროში; 3—სინჯი № 2, გამომწვარი ჰაერის ატმოსფეროში

დესულფურიზაციის ხარისხზე საგრძნობ გავლენას ახდენს ტემპერატურა. 700°-ზე მეტად ტემპერატურის გადიდებისას დესულფურიზაციის ხარისხი იზრდება დაახლოებით 7—8%-ით (ნიმუში № 1) ყოველ 100°-ზე. 700°-ზე დაბალი ტემპერატურისას კი მანგანუმის სულფიდის ჟანგვის პროცესი იზრდება სულფატის წარმოქმნისაკენ, რომელიც სულფიდის ქვედა ფენას იზოლაციას უკეთებს ჟანგბადის შეხებისაგან, რის გამო რეაქციის სიჩქარე მკვეთრად მცირდება.

უნდა აღინიშნოს, რომ წვის საჭირო ტემპერატურა შეიძლება განვითარდეს მანგანუმის სულფიდის ჟანგვის სითბოს ხარჯზე. აირის გაწმენდის პროცესში გამწმენდ მასაში გოგირდის შემცველობა მიაღწევს 20—25%-ი ამასთანავე ამ მასის თბოუწარმოება ანგარიშის თანახმად შეადგენს 880—1090 კკალ/კგ, ე. ი. 100—130 კკალ-ით მეტს 25%-იან ალმადანთან შედარებით.

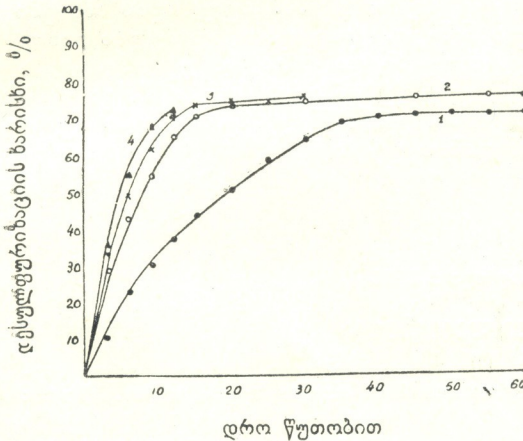
წვის პროცესის ავტოთერმულობისათვის გამწმენდი მასის თბოუნარიანობის აღნიშნული სიდიდე სრულიად საკმარისია, მით უმეტეს, რომ მასში მანგანუმის ჟანგიც იქნება, რომელიც, როგორც ცნობილია, ენერგიულად იჟანგება Mn_2O_3 ან Mn_3O_4 -მდე (ტემპერატურასთან დამოკიდებულების მიხედვით) სითბოს გამოყოფით.

დესულფურიზაციის სიჩქარეზე დიდ გავლენას ახდენს გამოსაწვავი მასის დაფქვის ხარისხი. ასე, მაგალითად, დესულფურიზაციის ხარისხი ჰაერის თანაობისას 60 წუთი დროისა და 800°—ტემპერატურის დროს აღწევს № 1 ნიმუშისათვის 72,69%, მაშინ როცა № 2 ნიმუშისთვის შეადგენს 90,00%; 900°—ტემპერატურისას—სათანადოდ 82,49% 98,00%; 1000°-სას—88,04% და 98,50%.



ტემპერატურა, °C

ნახ. 7. MnS-ის დესულფურიზაციის ხარისხი 60-წუთიანი გამოწვისას: 1—ჰაერის თანაობისას, 2—ჟანგბადის თანაობისას



დრო წუთობით

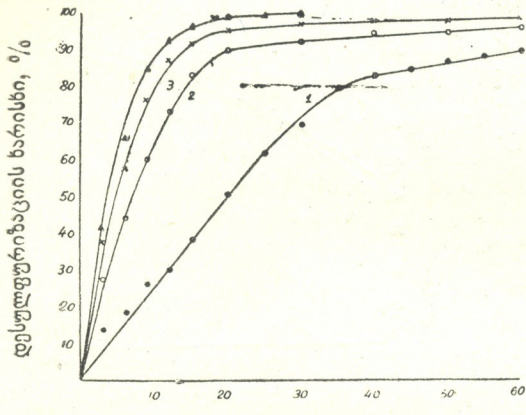
ნახ. 8. MnS-ის დესულფურიზაციის ხარისხის დამოკიდებულება (სინჯი № 2) ჰაერის მიწოდების სიჩქარესთან 700°-სას: 1—2,5 ლ/ს; 2—5,15 ლ/ს; 3—7,25 ლ/ს; 4—10,5 ლ/ს

ქარე დროის მიხედვით მცირდება ჟანგეულის ფენის ზრდასთან ერთად, მით უმეტეს, რომ არხებმა და ფორებმა გარსის ფენაში უნდა გაატარონ აირი (O_2 და SO_2) ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით. მაშასადამე, მანგანუმის სულფიდის გამოწვის დასაჩქარებლად საჭიროა მისი მაქსიმალური დაწვარილმანება.

მე-8 და მე-9 ნახაზებზე წარმოდგენილია დესულფურიზაციის ხარისხის დამოკიდებულება სულფიდის წვისთვის მიწოდებული ჰაერის სიჩქარესთან. რო-



გორც მე-8 და მე-9 ნახ.-დან ჩანს, ჰაერის სიჩქარის გადიდებით დესულფურიზაციის სიჩქარე ძალიან იზრდება, მაგრამ დესულფურიზაციის ხარისხი უმნიშვნელოდ იცვლება.



დრო წუთობით

ნახ. 9 MnS -ის დესულფურიზაციის ხარისხის დამოკიდებულება (სინჯი № 2) ჰაერის მიწოდების სიჩქარესთან 800° -სას: 1—2,5 ლ/ს; 2—5,15 ლ/ს; 3—7,25 ლ/ს; 4—10,5 ლ/ს

გვექნება Mn_2O_3 და Mn_3O_4 და ან მათი ნარევი, რაც დამოკიდებულია გამოწვის ტემპერატურაზე. აღნიშნული ჟანგეულები და მათი ნარევი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს იმ დარგებში, რომლებშიც გამოყენებულია მანგანუმის ჟანგეული მადნები, კერძოდ მეტალურგიაში. უკანასკნელ შემთხვევაში აუცილებელია წინასწარი ავლომერაცია ან დაბრიკეტება.

ს. კიროვის სახელობის
საქართველოს პოლიტექნიკური
ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 6.1.1956)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Я. Д. Зельвенский, С. Ю. Герчикова. Очистка газов от органических сернистых соединений при помощи поглотителей на основе окиси цинка. Труды ГИАП, вып. 2, Госхимиздат, 1953.
2. С. Ю. Герчикова, Я. Д. Зельвенский. Очистка газов от органических сернистых соединений поглотителями на основе окиси цинка. Сообщение второе: очистка коксового газа. Труды ГИАП, вып. 4, Госхимиздат, 1954.
3. В. Т. Чагунава и Я. Г. Бучукури. Очистка полукоксового газа от сероводорода марганцевым шламом. Аннот. докл. 14 научн. техн. конфер. ГПИ, 1952.
4. В. Т. Чагунава и Я. Г. Бучукури. Использование отходов марганцевой промышленности и марганцевых руд для очистки и горючих газов от серосодержащих соединений. Аннот. докл. 4-ой научн. конфер. проф.-преподавательского состава ГПИ, Ав. ИИ, Ав. ПИ, Ер. ПИ, ТБИЖТ, 1953.
5. В. Т. Чагунава. Обессеривание газов марганцевыми массами, Автореферат. 1954.
6. В. Н. Смирнов. Окислительный обжиг медных руд и концентратов, 1938.
7. В. Н. Смирнов. Гидрометаллургия меди. 1947.
8. В. Н. Смирнов. Metallurgy of copper and nickel. 1950.
9. Проблемы металлургии. Издательство АН СССР, 1953.

ბიოქიმია

ლ. ტყეშელაშვილი

ფოსფორილქოლინისა და ფოსფორილეთანოლამინის რაოდენობითი განაწილება ცხოველის ორგანიზმში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა პ. ქობეთიანმა 7.7.1955)

ქოლინისა და ეთანოლამინის ფოსფორის ეთერები—ფოსფორილქოლინი (ფქ) და ფოსფორილეთანოლამინი (ფეთ) ფოსფორის ნაკლებად შესწავლილი ნაერთების რიგს ეკუთვნის. ცხოველის ორგანიზმში აღნიშნული ეთერები გვხვდება როგორც თავისუფალი სახით, ასევე დაკავშირებული—ფოსფოლიპიდების, გლიცერილფოსფორილქოლინისა და გლიცერილფოსფორილეთანოლამინის მოლეკულაში.

ფქ პირველად გამოყვეს იაპონელმა მკვლევრებმა—ინუკაიმა და ნაკაჰაჰარამ ხარის ღვიძლიდან [1]. მისი რაოდენობითი განაწილება დღემდე არავის შეუსწავლია.

ფეთ პირველად აღწერა ოუტკაჟმა ავთვისებიან სიმსივნეებში [2]. თავდაპირველად ითვლებოდა, რომ ფეთ სპეციფიკურ ნაერთს წარმოადგენს მხოლოდ აღნიშნული ქსოვილისათვის [3]. შემდგომმა გამოკვლევებმა [4,5,6,7] ნათელყო, რომ ფეთ ყოველ ქსოვილში გვხვდება. განსაზღვრის რაციონალური მეთოდის უქონლობის გამო ეთერის რაოდენობის შესახებ ცხოველის ორგანიზმში მხოლოდ მიახლოებითი მონაცემები გვაქვს.

ფქ და ფეთ ძლიერ გამძლეობას იჩენენ მჟავების, ტუტეებისა და დამჟანგველი აგენტების მიმართ [8,9]. ფერმენტულ ჰიდროლისს შედარებით ადვილად განიცდიან. ფქ რეინეკატთან არადამახასიათებელ ნალექს იძლევა [10], სტანეის რეაქტივთან არ რეაგირებს [11]. ჩვენ გამოვიკვლიეთ, რომ ფქ და ფეთ არ რეაგირებენ აგრეთვე აზოტოვანი ფუძეებისათვის სპეციფიკურ რეაქტივებთან, როგორცაა ფოსფომოლიბდენის მჟავა, პიკრატი, დიპიკრილამინი და სხვა. ნიშანდებული ფქ-ის გამოყენებით გამოირკვა, რომ ფქ ორგანიზმში არაჩვეულებრივი ლაბილობით ხასიათდება [12]. იგივე შეიძლება ითქვას ფეთ-ის შესახებაც.

ორგანიზმში მიმდინარე ბიოქიმიურ გარდაქმნებში ფქ და ფეთ-ის მონაწილეობის სამი შესაძლებლობა არსებობს, სახელდობრ: ფოსფატიდების წარმოქმნაში, ტრანსმეთილირების რეაქციასა და აცეტილქოლინის სინთეზში. აქედან მხოლოდ უკანასკნელია ექსპერიმენტულად დასაბუთებული [13].

იმისათვის, რომ დადგენილი ყოფილიყო ფქ-ისა და ფეთ-ის როლი ორგანიზმში მიმდინარე ბიოქიმიურ გარდაქმნებში, უწინარეს ყოვლისა საჭირო

ვახდა მათი განაწილების შესწავლა. ამ მიზნით პირველ რიგში დავამუშავეთ აღნიშნული ნაერთების რაოდენობითი განსაზღვრის მეთოდი.

მეთოდიკა

ქსოვილებიდან ფქ და ფეთ-ს გამოვყოფდით ფოსფორის იმ ფრაქციის სახით, რომელიც სპირტის ხსნარში ბარიუმის ჰიდრატით არ ილექება. ამ მიზნით ვამზადებდით ქსოვილის ან ორგანოს 5% სამქლორმმარმჟავას ექსტრაქტს, რომლის 1 მლ შეიცავდა ქსოვილის 0,4 გრამს. ჩისი ბარიუმის ჰიდრატის ნაჯერი ხსნარით ნეიტრალიზაციის (ფენოლფტალეინის მიხედვით) შემდეგ ვუმატებდით 4 მოცულობა 96° სპირტს [13]. ერთი დღე-ღამის დაცოვნების შემდეგ ნარევეს ვაცენტრიფუგირებდით. ამ პირობებში ფოსფორის სხვა ნაერთები ხსნარში არ გადადიან. ცდების პირველ სერიაში ფქ და ფეთ რაოდენობას ვსაზღვრავდით ცენტრიფუგატის ალიქვოტურ ნაწილში (10—20 მლ) წარმოდგენილი ფოსფორის საერთო რაოდენობის მიხედვით.

იმის გამო, რომ აღნიშნული მეთოდით ისაზღვრება ქოლინთან და ეთანოლამინთან დაკავშირებული ფოსფორის საერთო რაოდენობა და იგი წარმოდგენას არ იძლევა ცალ-ცალკე ფქ და ფეთ-ის რაოდენობის შესახებ, იძულებული ვაგხდით დავვემუშავებინა მათი ცალ-ცალკე განსაზღვრის რაოდენობითი მეთოდი.

ქსოვილის სპირტის ექსტრაქტიდან ფქ და ფეთ სუფთა სახით გამოყოფისათვის ვისარგებლეთ ქალაღდის ქრომატოგრაფიის მეთოდით. წინასწარ ჩავატარეთ მოსამზადებელი მუშაობა ქალაღდის, გამხსნელების, ექსპონირების დროისა და გამოსაყოფი ნივთიერების ოპტიმალური რაოდენობის შესარჩევად.

სპირტის ექსტრაქტის ალიქვოტური ნაწილი (10—20 მლ, მასში გამოსაკვლევი ნივთიერების რაოდენობის მიხედვით) ბოლომდე ორთქლდებოდა. ნალექი იხსნებოდა 1—2 მლ წყალში, მუშავდებოდა 5% ფოსფომოლიბდენის მჟავათი და გადაგვქონდა ცენტრიფუგის სინჯარებში. ფოსფომოლიბდენის მჟავას ვუმატებდით დანართ ნივთიერებათა სრულ დალექვამდე. ცენტრიფუგირების შემდეგ მიღებულ ნალექს 1—2 ჯერ ვრეცხავდით 2,5% ფოსფომოლიბდენის მჟავას ხსნარით. ამ უკანასკნელის ზედმეტი რაოდენობის ჩამოშორებას ცენტრიფუგატიდან ვახდენდით ბარიუმის ჰიდრატის ნაჯერი ხსნარით. ბარიუმის ნალექის წყლით 1—2 ჯერ ვარეცხვის შემდეგ ცენტრიფუგატსა და განარეცხ სითხეებს ბოლომდე ვაორთქლებდით და ვხსნიდით მცირე მოცულობის წყალში. მიღებულ ხსნარს ვაწვეთებდით ქრომატოგრაფიულ ქალაღდზე. ნაერთების გამოყოფა წარმოებდა ერთგანზომილებიანი აღმავალი ქრომატოგრაფიული მეთოდის საშუალებით. ფქ-ისათვის გამხსნელად ვიყენებდით ბუთანოლს, ძმარმჟავას, წყალს (5:1:4), ფეთ-ისათვის—1) მეთანოლს, ძმარ-მჟავას 0,5% შარდოვანათი და წყალს (83%, 2%, 15% და 2) იმავე გამხსნელს, რაც ფქ-ისათვის.

ექსპონირების დრო ბუთანოლის ნარევეში—20 საათი, მეთანოლის—24 საათი. ქალაღდის სიგანე—9—10 სმ, გამოსაკვლევი ხსნარი ეწვეთებოდა ვიწრო ზოლის სახით კიდებიდან 1,5 სმ-ის დაშორებით.

ფქ-ის გამოყოფის შემთხვევაში თითოეულ ქალაღზე ვაწვეთებდით გამოსაკვლევი ხსნარის 0,025 მლ (ამ ხსნარის 1 მლ შესაბამებოდა ქსოვილის 2 გრამს). ქალაღის გაშრობის შემდეგ დაწვეთება რამდენჯერმე მეორედებოდა (დაახლოებით 8—10-ჯერ). ფეთ-ის გამოსაყოფად თვითეულ ქალაღზე ვაწვეთებდით 0,1 გ ქსოვილის შესაბამის ხსნარს 0,01—0,05 მლ-ის რაოდენობით.

ერთდროულად ვაწვეთებდით ფქ და ფეთ-ის სტანდარტულ ხსნარებს.

ფეთ ადგილმდებარეობის შესახებ ვმსჯელობდით საკონტროლო ქრომატოგრამის 0,1% ნინჰიდრინით გამომქლავნებით, ხოლო ფქ-ის შემთხვევაში წინასწარ რადიოფოსფორის შემცველი ფქ-ით ჩატარებული ცდების მიხედვით. ვახდენდით გამოსაკვლევი ნივთიერებების ლაქების შესაბამისი მიდამოს ელუირებას ფქ-ის შემთხვევაში მარილმჟავათი შემჟავებული წყლით, ხოლო ფეთ-ის—წყლით. ელუატს ბოლომდე ვაორთქლებდით.

ფეთ ვსაზღვრავდით სპეციფიკური რეაქციით ნინჰიდრინთან მურისა და სტეინის მიხედვით [14]. მეთოდში შეტანილი იქნა ზოგიერთი შესწორება, განსაკუთრებით გამოყენებული რეაქტივების მხრივ.

ვინაიდან, მიუხედავად ჩვენი მრავალი ცდისა, ფქ-ისათვის სპეციფიკური დალექვითი თუ ფერადი რეაქციის შერჩევა ვერ მოხერხდა, სპირტის ექსტრაქტიდან ქრომატოგრაფიული მეთოდით გამოყოფილი ფქ-ის რაოდენობით განსაზღვრას ვაწარმოებდით ეთერის ჰიდროლიზის გამო გათავისუფლებული ქოლინის მიხედვით. ამ მიზნით ქალაღის ელუატს ვუმატებდით კონცენტრირებულ მარილმჟავას და ჰიდროლიზს ვაწარმოებდით 110°-ზე 30 საათის განმავლობაში. ჰიდროლიზატს აორთქლებსა და სპირტის საშუალებით მარილმჟავას მოშორების შემდეგ ვხსნიდით წყალში და ვსაზღვრავდით ქოლინის იოდომეტრიული მეთოდით [15]. 30 საათიანი მჟავური ჰიდროლიზისას ქოლინის დანაკარგით გამოწვეული შეცდომის აცილების მიზნით ვაწარმოებდით შესწორების შეტანას, რაც გამოიანგარიშებოდა საკონტროლო ცდებში მიღებული შედეგების მიხედვით. ქოლინის 1 მკ შესაბამება ფქ-ის 1,65 მკ.

ფქ-ისა და ფეთ-ის რაოდენობით განსაზღვრას შევისწავლიდით ვირთავასა და კურდღლის თავის ტვინსა და შინაგან ორგანოებში (ჩონჩხისა და გულის კუნთები, ღვიძლი, ელენთა და თირკმლები) და ძალღის თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში (დიდი ჰემისფეროების რუხი და თეთრი ნივთიერება, ნათხემი და მოგრძო ტვინი).

მიღებული შედეგები და მათი განხილვა

ჩვენი მონაცემების თანახმად, სხვადასხვა ორგანოში ფქ და ფეთ-ის ფოსფორის საერთო რაოდენობა მერყეობს 1—10 მკ ფარგლებში 100 გ ქსოვილზე, რაც საშუალოდ მჟავაში ხსნადი ფოსფორის 5% შეადგენს.

ქოლინთან და ეთანოლამინთან დაკავშირებული ფოსფორი ვირთავასა და კურდღლის ჩვენ მიერ შესწავლილი ორგანოებიდან ყველაზე მეტი რაოდენობით წარმოდგენილია ღვიძლში, ყველაზე მცირე რაოდენობით—ჩონჩხის



კუნთებში, დანარჩენ ორგანოებს კი მათ შორის საშუალო ადგილი უჭირავს (იხ. ცხრილი 1).

ცხრილი 1

ვირთაგვასა და კურდღლის თავის ტვინსა და შინაგან ორგანოებში ქოლინთან და ეთანოლამინთან დაკავშირებული ფოსფორი მგ-ით ნედლი ქსოვილის 100 გ-ზე (საშუალო მონაცემები 10 ცდიდან)

ორგანო	ცხოველები	
	ვირთაგვა	კურდღელი
ჩონჩხის კუნთები	1,4	1,6
გულის კუნთი	3,6	4,0
თავის ტვინი	3,2	2,0
ღვიძლი	4,3	10,0
ელენთა	2,6	3,9
თირკმლები	3,4	3,0

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, ვირთაგვასა და კურდღლის ჩვენ მიერ შესწავლილ ორგანოებში ფქ-ისა და ფეთ-ის ფოსფორის განაწილება დიდ ფარგლებში არ მერყეობს. გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ თავის ტვინი და ელენთა. ვირთაგვასა და კურდღლის ღვიძლში, სხვა ორგანოებთან შედარებით, ქოლინთან და ეთანოლამინთან დაკავშირებული ფოსფორის განსაკუთრებით დიდი რაოდენობა მიუთითებს, რომ ფქ და ფეთ-ს აღნიშნული ორგანოს ქიმიზმში გარკვეული მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეს.

ქოლინთან და ეთანოლამინთან დაკავშირებული ფოსფორის რაოდენობა შევისწავლეთ აგრეთვე ძალის თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში. გამოირკვა, რომ ძალის თავის ტვინი ამ ნაერთების განსაკუთრებით დიდ რაოდენობას შეიცავს. მიღებული შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

ძალის თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში ქოლინთან და ეთანოლამინთან დაკავშირებული ფოსფორი მგ-ით ხედლი ქსოვილის 100 გ-ზე (საშუალო მონაცემები 5 ცდიდან)

დიდი ჰემისფეროები		ნათხემი	მოგრძო ტვინი
რუხი ნივთიერება	თეთრი ნივთიერება		
6,8	3,7	8,0	3,4

მე-2 ცხრილიდან ირკვევა, რომ ძალის თავის ტვინი, ვირთაგვასა და კურდღლისაგან განსხვავებით, ფქ და ფეთ ფოსფორის გაცილებით მეტ რაოდენობას შეიცავს. ამ მხრივ განსაკუთრებით გამოირჩევა ნათხემი და დიდი ჰემისფეროების რუხი ნივთიერება, ხოლო თეთრი ნივთიერება და მოგრძო ტვინი ეთერების საერთო ფოსფორის უფრო მცირე რაოდენობას შეიცავს.

ვინაიდან მიღებული მონაცემები მიუთითებს ფქ და ფეთ საერთო რაოდენობაზე და წარმოდგენას არ იძლევა ორგანიზმში მათი ცალ-ცალკე შემცველობის შესახებ, ცდების მომდევნო სერიაში ქოლინისა და ეთანოლამინის ფოსფორის ეთერებს ჩვენ მიერ დამუშავებული მეთოდით ვსაზღვრავდით.

ვირთავასა და კურდღლის თავის ტვინსა და შინაგან ორგანოებში ფქ-ის განაწილების შესწავლამ უჩვენა, რომ ის ყველაზე მეტი რაოდენობით წარმოდგენილია ღვიძლში, ყველაზე მცირე რაოდენობით—ჩონჩხის კუნთებში. ვირთავასაგან განსხვავებით, კურდღლის თავის ტვინში ფქ-ის შედარებით დიდი რაოდენობაა და ამ მხრივ ის მეორე ადგილზე დგას ღვიძლის შემდეგ (იხ. ცხრილი 3).

ცხრილი 3
 ვირთავასა და კურდღლის თავის ტვინსა და შინაგან ორგანოებში ფქ-ის განაწილება მგ-ით ნედლი ქსოვილის 100 გ-ზე
 (საშუალო მონაცემები 8 ცდიდან)

ორგანო	ცხოველები	
	ვირთავა	კურდღელი
ჩონჩხის კუნთი	4,95	5,8
გულის კუნთი	2,2	3,9
თავის ტვინი	2,8	6,43
ღვიძლი	12,95	14,35
ელენთა	4,78	5,64
თირკმლები	2,97	3,74

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, ორივე ცხოველის ღვიძლში, სხვა ორგანოებთან შედარებით, ფქ დიდი რაოდენობითაა წარმოდგენილი, დანარჩენ ორგანოებში კი მისი რაოდენობა დიდ ფარგლებში არ მერყეობს. ის გარემოება, რომ ფქ ყველაზე მეტი რაოდენობით გვხვდება ღვიძლში, ორგანოში, რომელიც ფოსფატიდების სინთეზის ადგილს წარმოადგენს, ხოლო, მეორე მხრით, ის, რომ ფქ სტრუქტურული ერთეულის სახით გვხვდება ლეციტინსა და სფინგომიელინში, გვაფიქრებინებს ფქ-ის აღნიშნული ნაერთების სინთეზში უშუალო მონაწილეობის შესაძლებლობაზე. როგორც ცნობილია, ამ საკითხზე ლიტერატურაში ერთი აზრი არ არსებობს. ფოსფატიდების წარმოქმნაში ფქ-ის უშუალო მონაწილეობა ექსპერიმენტულად ჯერ კიდევ დაუდასტურებელია.

ღვიძლში აღნიშნული ნაერთის დიდი რაოდენობით დაგროვებას შესაძლებელია ხელს უწყობდეს ის გარემოება, რომ, სხვა ორგანოებისაგან განსხვავებით, ღვიძლის ფოსფატაზა მასზე არ მოქმედებს [16].

ძალის თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში ფოსფორილქოლინის განაწილების შესწავლით გამოირკვა, რომ, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ნათხემს, აღნიშნული ეთერი ტვინის დანარჩენ ნაწილებში თითქმის თანაბრადაა წარმოდგენილი (იხ. ცხრილი 4).



როგორც მე-4 ცხრილიდან ჩანს, ფქ-ის მეტი რაოდენობა აღინიშნება ჰემისფეროების რუხ ნივთიერებაში, უფრო მცირე—მოგრძო ტვინში, ჰემისფეროების თეთრ ნივთიერებასა და, ბოლოს, ნათხემში.

ფქ-ისაგან განსხვავებით, ცხოველების (ვირთაგვა, კურდღელი, ძაღლი) თავის ტვინსა და შინაგან ორგანოებში ფეთ-ის რაოდენობითი განაწილება შესწავლილი აქვთ, გამოყოფისა და განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდის გამო-

ცხრილი 4
ძაღლის თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში ფქ-ის განაწილება მგ-ით ნედლი ქსოვილის 100 გ-ზე (საშუალო მონაცემები 5 ცდიდან)

დიდი ჰემისფეროები		ნათხემი	მოგრძო ტვინი
რუხი ნივთიერება	თეთრი ნივთიერება		
9,88	7,75	4,29	8,41

ყენებით, რიგ მკვლევარებს [5, 6, 7]. მათ მიერ მიღებული შედეგების თანახმად, ძაღლის თავის ტვინში ფეთ-ის რაოდენობა 22,75 მგ% აღწევს [5]; ვირთაგვას თავის ტვინში 4,13 მგ% [7], ხოლო ვირთაგვას შინაგან ორგანოებსა და თავის ტვინში 6—116 მგ%-ის ფარგლებში მერყეობს [6].

ჩვენ ფეთ-ის რაოდენობა შევისწავლეთ ვირთაგვას, კურდღლისა და ძაღლის იმავე ორგანოებსა და ტვინის ნაწილებში, რომელშიც ფქ.

აღმოჩნდა, რომ ყველა შემთხვევაში ფეთ გაცილებით მეტი რაოდენობითაა წარმოდგენილი, ვიდრე ფქ (იხ. 5, 6 და 7 ცხრილები).

ცხრილი 5
ვირთაგვას თავის ტვინსა და შინაგან ორგანოებში ფეთ-ის განაწილება მგ-ით ნედლი ქსოვილის 100 გ-ზე (საშუალო მონაცემები 5 ცდიდან)

ჩონჩხის კუნთები	გულის კუნთი	თავის ტვინი	ღვიძლი	ელენთა	თირკმლები
19,5	23,0	18,2	18,0	40,0	21,7

მე-5 ცხრილიდან ჩანს, რომ ჩვენ მიერ შესწავლილ ორგანოებში, ელენთის გარდა, ფეთ-ის რაოდენობა მცირე ფარგლებში მერყეობს. ის შემდეგი თანამიმდევრობით მცირდება: ელენთა, გულის კუნთი, თირკმლები, ჩონჩხის კუნთები, თავის ტვინი და, ბოლოს, ღვიძლი. შესწავლილი ორგანოებიდან თირკმლები ფეთ-ის რაოდენობის მიხედვით მესამე ადგილზეა, რაც სხვა ავტორების [6] მონაცემებს არ ეთანხმება.

კურდღლის თავის ტვინსა და შინაგან ორგანოებში ფეთ-ის განაწილების შესწავლამ უჩვენა, რომ აღნიშნული ეთერი ყველაზე დიდი რაოდენობითაა ელენთაში, უფრო მცირე—გულისა და ჩონჩხის კუნთებში, თირკმლებში, ღვიძლში და ყველაზე მცირე—თავის ტვინში (იხ. ცხრილი 6).



ლიტერატურულ წყაროებში კურდღლის შინაგან ორგანოებში ფეთ-ის-განაწილების შესახებ არაავითარი ცნობები არ არსებობს, გარდა კუნთისა-სადაც ფეთ-ის რაოდენობა 1,3ნ მგ¹⁰⁰-ს აღწევს [5], რაც არ უნდა ასახავდეს კუნთში აღნიშნული ეთერის ჭეშმარიტ ოდენობას. ჩვენი მონაცემების თანა-

ცხრილი 6
კურდღლის თავის ტვინისა და შინაგან ორგანოებში ფეთ-ის განაწილება მგ-ით ნედლი ქსოვილის 100 გ-ზე (საშუალო მონაცემები 5 ცდიდან)

ჩონჩხის კუნ- თები	გულის კუნთი	თავის ტვინი	ღვიძლი	ელენთა	თირკმლები
21,0	24,5	17,0	18,5	39,0	18,75

ხმად, ძალღის თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში ფეთ-ის რაოდენობა ქსო-ვილის 100 გ-ზე 14—37,5 მგ ფარგლებში მერყეობს (იხ. ცხრილი 7). ყველა-ზე დიდი რაოდენობით ფეთ წარმოდგენილია დიდი ჰემისფეროების რუხ ნივ-თიერებაში, შემდეგ თეთრ ნივთიერებასა და ნათხემში, ხოლო ყველაზე მცირე რაოდენობით—მოგრძო ტვინში.

ცხრილი 7
ძალღის თავის ტვინის სხვადასხვა ნაწილში ფეთ-ის განაწილება მგ-ით ნედლი ქსოვილის 100 გ-ზე (საშუალო მონაცემები 5 ცდიდან)

დიდი ჰემისფეროები		ნათხემი	მოგრძო ტვი- ნი
რუხი ნივ- თიერება	თეთრი ნივ- თიერება		
37,5	27,0	25,2	14,0

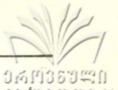
როგორც ცხრილებიდან ჩანს, ცხოველთა თავის ტვინისა და შინაგან-ორგანოებში ფეთ გაცილებით სჭარბობს ფქ-ს.

ამ გამოკვლევის თემა მოცემულია პროფ. პ. ქო მეთიანის მიერ და-შესრულებულია მისი ხელმძღვანელობით.

დასკვნა

ქოლინისა და ეთანოლამინის ფოსფორის ეთერების—ფოსფორილქოლი-ნისა და ფოსფორილეთანოლამინის რაოდენობითი განაწილების შესწავლით აღმოჩნდა, რომ აღნიშნული ეთერები ცხოველთა ორგანიზმში საკმაო რაო-დენობითაა წარმოდგენილი. ამასთანავე ფოსფორილეთანოლამინის რაოდენო-ბა გაცილებით სჭარბობს ფოსფორილქოლინის რაოდენობას.

ჩვენ მიერ შესწავლილ ორგანოებში ფქ-ს რაოდენობა 2,2—14,35 მგ ფარგლებში მერყეობს ნედლი ქსოვილის 100 გრამზე. მისი განსაკუთრებით დიდი რაოდენობა გვხვდება ვირთავასა და კურდღლის ღვიძლში, ხოლო



ძალის თავის ტვინში, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ნათხმს, მტკიცე ფარგლებში მერყეობს. რაც შეეხება ფეთ-ს, მისი რაოდენობა 14,0—40,0 მგ ფარგლებში მერყეობს ნედლი ქსოვილის 100 გრამზე. მისი დიდი რაოდენობა გვხვდება ვირთავასა და კურდღლის ელენტაში და ძალის თავის ტვინის დიდი ჰემისფერობის რუხ ნივთიერებაში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
აკად. ი. ბერიტაშვილის სახელობის
ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 8.7.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. F. Jnukai a. W. Nakahara. Isolation of phosphocholine from beef liver. Proc. Imp. Acad. Tokyo, 11, 260, 1935.
2. E. L. Outhouse. Amino—ethyl phosphoric ester from tumours. Biochem. J. 30, 197, 1936.
3. E. L. Outhouse. Further studies of amino—ethyl phosphoric ester. A compound apparently specific to malignant tumours. Biochem. J., 31, 1459, 1937.
4. S. P. Colowick. a. C. F. Cori. Aminoethyl phosphoric ester in the small intestine of rabbits and pigs. Proc. Soc. exp. Biol. a. Med., 40, 586, 1939.
5. W. E. Stone. Acid soluble phosphorus compounds of cerebral tissue. J. biol. Chem., 149, 29, 1943.
6. J. Awapara, A. J. Landua a. R. Fuerst. Free aminoethyl phosphoric ester in rat organs and human tumors. J. biol. Chem., 183, 545, 1950
7. G. B. Ansell a. R. M. C. Dawson. Ethanolamine O phosphoric acid in rat brain. Biochem. J., 50, 241, 1951.
8. A. B. L. Beznak a. E. Chain. Studies on phosphorilcholine. Quart. J. exp. Physiol., 26, 201, 1937.
9. R. H. A. Plimmer a. W. J. N. Burch. Esters of phosphoric acid. Phosphoryl-aminoethanol and phosphorylcholine. Biochem. J., 31, 398, 1937.
10. G. Schmidt, B. Hershman a. S. J. Thannhauser. The isolation of GPC from incubated beef pancreas: its significance from intermediary metabolism of Iecithin. J. biol. Chem., 161, 523, 1945.
11. П. А. Кометиани. Исследование распределения и превращений фосфорилхолина, этаноламинфосфата и глутаминовой кислоты в головном мозгу. Биохимия нервной системы, Киев, 1954, стр. 98.
12. B. F. Riley. Metabolism of phosphorylcholine. II. Partition of phosphorylcholine phosphorus between blood phosphate fractions. III. Partition of phosphorylcholine phosphorus between tissues. IV. Distribution of phosphorylcholine phosphorus in tissue lipids. J. biol. Chem., 153, 535, 1944.
13. П. А. Кометиани. Изменение распределения фосфорных соединений в процессе синтеза ацетилхолина в экстрактах мозговой ткани. Сообщения АН ГССР, XII, 17, 1951.
14. S. Moore a. W. H. Stein. Photometric ninhydrin method for use in the chromatography of amino acids. J. biol. Chem., 176, 367, 1948.
15. B. N. Erickson, J. Arvin, D. M. Teague a. H. H. Williams. Micromethods for the determination of sphingomyelin and choline. J. biol. Chem., 135, 671, 1940.
16. A. D. Welch a. M. S. Welch. Lipotropic action of certain compounds related to choline chloride. Proc. Soc. exp. Biol. a. Med., 39, 7, 1938.

გამორავია

პ. კოვალევი

ქინვარი ტვიბერი

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. ჯავახიშვილმა 15.7.1955)

კავკასიის ერთ-ერთ რაიონს, სადაც ყინვარები უაღრესად გავრცელებულია, წარმოადგენს ზემო სვანეთი, რომელიც ცენტრალური კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე, მდინარე ენგურის აუზში მდებარეობს. სვანეთში თავმოყრილია გამყინვარებისა და კავკასიონის ქედის სამხრეთ ფერდობის ყინვართა უმეტესი ნაწილი. აქ არის ისეთი დიდი ყინვარები, როგორცაა ტვიბერი, ლეხზირი, წანერი და სხვა.

ზემო სვანეთის ოროგრაფია რიგი ქედებით ხასიათდება; ეს ქედები სამი მხრიდან ზღუდავს ღრმა ქვაბულს, რომელშიც მდინარე ენგური მიედინება. ზემო სვანეთს ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან აკრავს კავკასიონის მთავარი ქედის ყველაზე მაღალი ნაწილი ისეთი მწვერვალებით, როგორცაა დონლუზ-ორუნი (4468 მეტრი), შხელდა (4320 მ), უშბა (4709 მ), ტიხტიგენი (4614 მ), ბეზინგის კედელი კავკასიონის მთავარი ქედის უმაღლეს მწვერვალ შხარათი (5201 მ) და სხვა. სამხრეთიდან ქვაბულს კეტავს სვანეთის ქედი, რომელიც ნამყვამის მწვერვალიდან გამოეყოფა მთავარ ქედს და ყველაზე მეტ სიმაღლეს აღწევს შუა ნაწილში, სადაც მდებარეობს ქედის უმაღლესი მწვერვალი ლაილა (4006 მ).

როგორც ცნობილია ([6], გვ. 407), კავკასიონის მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობი ჩრდილოეთთან შედარებით გამყინვარების უფრო სუსტი განვითარებით ხასიათდება იმის გამო, რომ ფერდობები საგრძნობლად დაქანებული და მცირედ დანაწილებულია. გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ ენგურის აუზი, რომელიც ყინვარების რაოდენობით და სიდიდით ჩრდილოეთის ფერდობს არ ჩამოუვარდება. აქ არის 130 ყინვარი, რომელთაგან 34 მიეკუთვნება პირველი თანრიგის (ხეობების) ყინვარებს, ჩრდილოეთის ფერდობის იმავე სიგრძეზე კი 106 ყინვარია და მათგან მხოლოდ 35 არის პირველი თანრიგისა ([4], გვ. 163).

ზემო სვანეთის საგრძნობი გამყინვარების მიზეზი შემდეგში მდგომარეობს:

1. აქ ენგურის ხეობით შავი ზღვიდან თავისუფლად აღწევს ტენიანი ჰაერის მასა, რომელიც ნალექების დიდ რაოდენობას იძლევა.
2. თოვლისა და ბზარის დაგროვებისათვის აქ არის რელიეფის ხელსაყრელი ფორმები (ფართო უღელტეხილოვანი ზეგანი, ქედებს შორის განლაგებული უამრავი ამფითეატრი).

3. ზემო სვანეთს ჩრდილო-აღმოსავლეთით ესაზღვრება კავკასიონის მთა-ვარი ქედის ყველაზე მაღალი ნაწილი, რის გამოც ჰაერის მასა, რომელიც კავკასიონის მთავარი ქედის ამ ნაწილზე გადადის, განსაკუთრებით ბევრ ნალექს ტოვებს.

ზემო სვანეთის ერთ-ერთ დიდ ყინვარს წარმოადგენს ტვიბერი, საიდანაც სათავეს იღებს მდინარე ტვიბერი—მულხრის შენაკადი. ვ. რუტკოვის კაიას აზრით ([6], გვ. 408), ყინვარი ტვიბერი თავისი ფართობით კავკასიონის მესამე ყინვარს წარმოადგენს და ამ მხრივ მხოლოდ ყინვარ დიხსუსა და ბეზინგს ჩამოუვარდება.

ყინვარი ტვიბერი იწყება ტვიბერის უღელტეხილთან (3580 მ.) ეს უღელტეხილი, რომელსაც ჩეგემის ველიდან ზემო სვანეთში მიეყვება, მსუბუქ უღელტეხილებს მიეკუთვნება: მასზე პირუტყვსაც ადვილად გადარეკავ.

ყინვარ ტვიბერის ხეობის მარჯვენა ფერდობი შეადგენს კავკასიონის მთავარი ქედის ნაწილს, შემოზღუდულს ბოდორკუ-ბაშილ-თაუს კლდოვანი მწვერ-



სურ. 1

ვლებით და შემდეგ მთავარი ქედის სამხრეთი შტოებით—სვეტლარის, ასმაშისა და ღვალდას ქედებით. მარცხნივ ხეობა შემოზღუდულია კავკასიონის მთავარი ქედის შტოთი, რომელიც მწვერვალ კულაკადან სამხრეთისაკენ მიემართება.

ყინვარ ტვიბერის ფორმა ძალიან რთულია. ყინვარის ძირითადი ნაკადის ზემო ნაწილს ყინვარ ლიჩათს უწოდებენ, შუას—ძინალსა და ქვემოს—



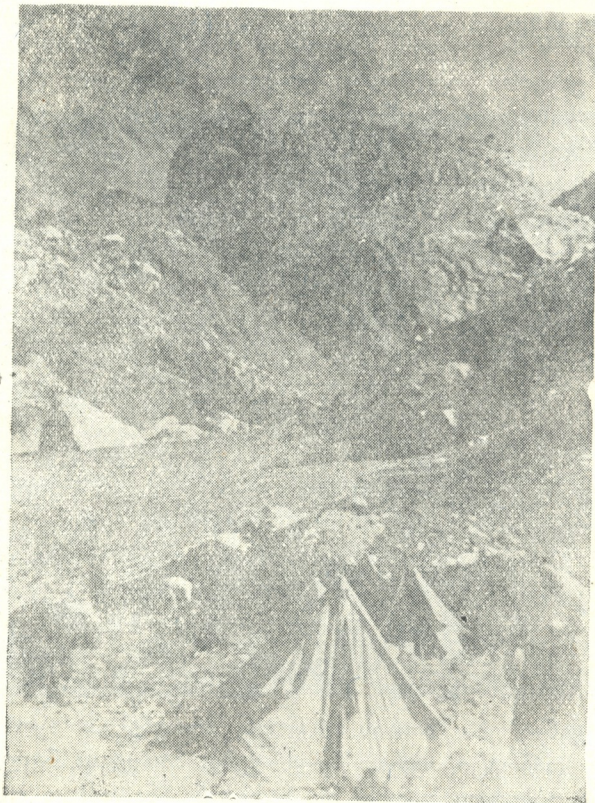
ტვიბერს. მას ერთვის უამრავი შენაკადი, რომელთაგან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მარჯვენა შენაკადები. ზემოდან პირველი მარჯვენა შენაკადია ყინვარი ლასხედარი, რომელიც ლასხედარის უღელტეხილიდან ჩამოდის. ის ძირითად ყინვარს ციკაბო ყინულვარდნილად ერთვის, მაშინ როდესაც ყინვარი ირეთი, რომელიც ბაშის უღელტეხილიდან იღებს სათავეს და ცოტა ქვემოთ ერთვის ტვიბერს, საგრძნობლად დამრეცია. შემდეგ ყინვარ ტვიბერს ერთვის შეერთებული ყინვარები ასმაში და თოთი; ეს ყინვარები თავის სახელობისავე უღელტეხილებიდან იღებენ სათავეს. ისინი მეტად დასერილი არიან ნაპრალებით, ყინულვარდნილებით და გადასალახავად მეტად რთულია. უფრო ქვემოთ ყინვარ ტვიბერს ერთვის ყინვარი ზერი ანუ სერი, რომელიც მომწყვედებულია ასმაშისა და ღვალდას ქედებს შორის და სათავეს ნურშიშის (3600 მ) უღელტეხილიდან იღებს.

მარცხნივ, შუა ნაწილში, ყინვარ ტვიბერს რამდენიმე პატარა ყინვარი ერთვის. ყინვარის ბოლოსთან ახლოს ამ რამდენიმე ხნის წინ ტვიბერს ერთოდა დიდი ყინვარი კიტლოდი, რომელიც მწვერვალ ტიბტინგენის ფერდობებიდან და სემისა (3850 მ) და კიტლოდის (3800 მ) უღელტეხილებიდან იწყება. 1933 წელს ყინვარი კიტლოდი ყინვარ ტვიბერს შეუერთდა, თუმცა უკვე მაშინვე ეტყობოდა, რომ იგი კვლავ ჩამოშორდებოდა მას. ვ. რუტკოვსკაია ასე აღწერს ამ ორი ყინვარის შეერთებას ([6], გვ. 436): „თუ ამჟამად შეხედავთ კიტლოდს ტვიბერის მარცხენა ნაპირიდან, ის ტოვებს დამოუკიდებელი ყინვარის შთაბეჭდილებას, რომელიც მკვეთრი ორი გრძივი ნაღვარევისაგან გადაკვეთილი თათით მთავრდება. ფაქტობრივ ყინვარი კიტლოდი არ მოსწყვეტია ტვიბერს. ძალიან დასერილი ყინვარის მარცხენა მხარე შეუმჩნეველად ერთვის ტვიბერის ყინულის მასას. დამოუკიდებლობის შთაბეჭდილება კი იმის შედეგად გვჩნდება, რომ, ჯერ ერთი, ყინულოვანი ენის ცენტრალურმა ნაწილმა ძალზე დაიწია და ყინვარის ზედაპირიდან რამდენიმე მეტრით დაბლა გაწოლილი; მეორეც—მარჯვენა მხარე ყინვარისა შემცირდა და ყინულისაგან გაათავისუფლა ხეობის საგრძნობი ნაწილი“. ლ. მარუაშვილი 1937 წ. ([3], გვ. 282) აგრეთვე მიუთითებს, რომ კიტლოდსა და ტვიბერს აქვს შესაერთი, მაგრამ მალე ერთმანეთს უნდა დასცილდნენ. მართლაც, როცა ყინვარების კიტლოდისა და ტვიბერის შეერთების ადგილი დავათვალიერეთ 1954 წლის 24 ივლისს, აღმოჩნდა, რომ ყინვარმა კიტლოდმა დაახლოებით 200 მეტრით დაიხია ყინვარ ტვიბერიდან. მთელი ფართობი ამ ყინვარებს შორის ფსკერის მორენებით იყო სავსე. ყინვარი კიტლოდი ორი დამრეცი თათით მთავრდება: მარჯვენა ნაკლებად დასერილი და ძალზე უკან დახეული თათით და მარცხენა ნაკლებად უკან დახეული და მუქი ფიქლის მთლიანი ზედაპირული მორენებით დაფარული თათით.

ყინვარ ტვიბერის ზემო ნაწილი - ყინვარი ლიხათი—უზარმაზარ ამფითეატრს წარმოადგენს. ყინვარის ზედაპირი დაქანებულია; 1954 წლის ივლისში ყინვარი თოვლით იყო დაფარული ყინვარ თინალთან შეერთების ადგილამდე. ყინვარის თოვლის საფარი უთანაბროა: უამრავია თოვლის ორმოები სიღრმით 10—15 მეტრამდე. ზემო ნაწილში თოვლის ზედაპირი დაკვა-

ლულია ტალღისმაგვარი ბორცვებით, რომლებსაც ყინვარის მიმართ სიგრძივი მდგომარეობა უჭირავთ. ბორცვები ზოგან გაწყვეტილია და მაშინ მოჩანს თოვლის ფორმები, რომლებიც „მონანიე თოვლს“, ანუ კალვასპორებს მოგვაგონებს. ყინვარზე არის ნაპრალები [2], მაგრამ 1954 წელს ისინი თოვლით იყო დაფარული. თოვლის ზედაპირზე ბევრ ადგილას გვხვდება თოვლის წყალმცენარის წითელი კოლონები.

ყინვარ ლიჩათის შეერთება ყინვარ ტვიბერის შუა ნაწილთან ყინვარ ძინალთან ხდება ვეებერთელა კორომზე, რომელიც მარჯვენა ნაწილში უკვე თავისუფალია ყინულისაგან და ზედაპირული მორენითაა დაფარული. ეს მოწმობს ყინვარის ფართობის საგრძნობ შემცირებას და ყინვარ ლიჩათის ყინვარ ძინალისაგან ჩამოშორების ტენდენციას. ყინვარ ლიჩათის ხეობა ყინვარ ძინალისაზე უფრო მაღლა მდებარეობს.



სურ. 2

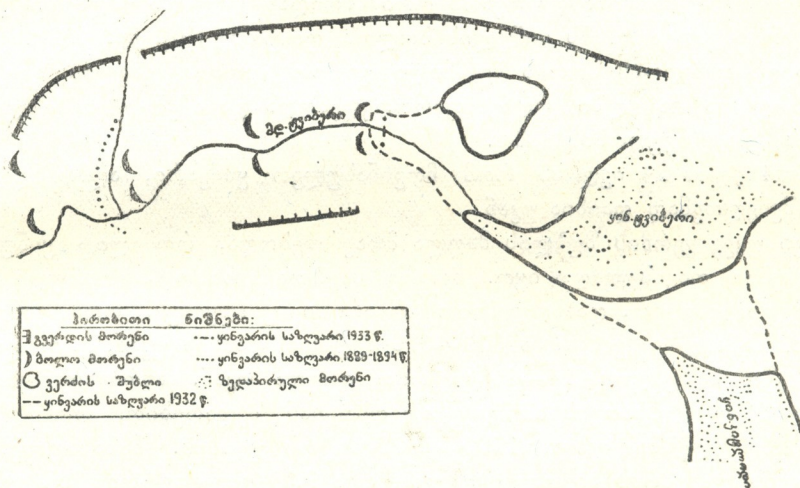
ყინვარი ძინალი დანრეცი დაღმართით და ზედაპირული მორენების საგრძნობი განვითარებით ხასიათდება. უკვე იმ ადგილას, სადაც ყინვარი ძინალი ყინვარ ლიჩათს უერთდება, შეიმჩნევა ორი, ცოტა ქვემოთ კი სამი შუა მორენი და კარგად განვითარებული გვერდითი მორენები. ქვემოთ ეს მორენები ერთდებიან და მთლიან ზედაპირულ მორენებს ქმნიან.

საქართველოს
გეოგრაფიული

ყინვარის მხოლოდ მარცხენა ნაწილში თითქმის ბოლომდე მოინახსნა სუფთა ყინულის ვიწრო ზოლი. ყინვარ ძინალის ქვემო ნაწილი იმდენადაა მორენებით დაფარული, რომ ისეთი შთაბეჭდილება გექმნებათ, თითქოს ყინვარზე კი არა, ქვიშრობზე ან დიდი ზეავის ადგილზე იდგეთ, მით უმეტეს, რომ მორენებში უზარმაზარი კაჭრებიცაა, რომელთა მოცულობა 1000 კუბ. მეტრს აღწევს. მაგალითად, სახაზო ზომები ერთი კაჭრისა, რომელსაც იქ შევხვდით, $12 \times 10 \times 9$ მეტრი იყო.

ყინვარ ძინალისა და ყინვარ ტვიბერის შესართავში ჩნდება მორენული წარმონაქმნის მთელი ქაოსი, რომელიც გადასალახავად გარკვეულ სიძნელეს წარმოადგენს, რადგან მისი შემადგენელი ნაწილები მყარი არაა.

ქვემო ნაწილი რთული ყინვარი ტვიბერისა—საკუთრივ ყინვარი ტვიბერი, რომელიც ყინვარ ძინალის შესართავის ქვემოთ იწყება, დასაწყისში



სურ. 3

ნაკლებადაა დაფარული ზედაპირული მორენებით და მდიდარია პატარა, მაგრამ ღრმა ყინვარული ტბებით, ყინვარული ჭიქებით, ყინვარული ნაკადულის კალაპოტებით, ყინვარული წისკვილებით. დასასრულის მახლობლად ყინვარი საესეა რუხი გრანიტის დიდი კაჭრებით.

ყინვარ ტვიბერის ბოლო მეტად ორიგინალურია, მარცხენა ნაწილში იგი წარმოადგენს ვიწრო, ნაპრალებით მეტისმეტად დასერილ ყინულოვან კედელს, რომლის სიმაღლე 40 მეტრს აღწევს, სიგანე კი უკიდურეს ნაწილში სულ 1—2 მეტრია. კედელი ხეობის ფერდობს ებჯინება. ყინული დაფარულია დნობის შედეგად წარმოქმნილი უამრავი ნახვრეტით და ამიტომ ალაგ-ალაგ მაქმანს წაგავს. მარჯვენა ნაწილში ყინვარის ბოლო თხელი და მეტად დამრეცია.

ყინვარ ტვიბერს მკვლევარნი იშვიათად მოინახულებდნენ ხოლმე, ამიტომ ლიტერატურაში თითქმის ვერ შეხვდებით მონაცემებს იმის შესახებ,

თუ როგორი იყო მისი ბოლო ადრე. 1885 წელს ცინვარი დაათვალიერა უნგრელმა მკვლევარმა მ. დეჩიმ. მ. დეჩის ნაშრომში მოთავსებულ ფოტოზე ([7], გვ. 217) ჩანს, რომ მაშინ ცინვარს ჰქონია მძლავრი გადაკვეთილი ენა, რომელიც თითქმის იქ თავდებოდა, სადაც ცინვარის ნაკადი ვიწრო ხეობაში შედის. ვ. რუტკოვსკაიას ანგარიშით ([6], გვ. 435), ცინვარმა ტვიბერმა 1885 წლიდან 1933 წლამდე (47 წლის განმავლობაში) 800—900 მეტრით დაიხია უკან. 1889—1794 წლებში გადაღებულ რუკაზე აღნიშნულ მდგომარეობასთან შედარებით ცინვარმა 700 მეტრით დაიხია.

1932 წელს ცინვარს იკვლევდა მეორე საერთაშორისო პოლარული წლის ექსპედიციის რაზმი. ცინვარის ბოლოსთან დააყენეს ნიშანი. როცა 1933 წელს ნიშანი შეამოწმეს, აღმოჩნდა, რომ ცინვარის ბოლომ ერთი წლის განმავლობაში 41 მეტრით დაიხია ([6], გვ. 433). მეორე საერთაშორისო წლის რაზმის მუშაობისას ცინვარს ორი მხრიდან უვლიდა მძლავრი ვერძის შუბლი, რაც კარგად ჩანს ცინულის ბოლოს ფოტოზე ([6], გვ. 432); ვერძის შუბლსა და ფერდობს შორის შექმნილი ვიწრო ხეობის გავლის მერე ცინვარი მარცხენა ნაწილში კვლავ ფართოვდებოდა და აქეთ-იქით იშლებოდა ცინულის პლასტიკურობის გამო.

1954 წლის 24 ივლისს რომ მოვინახულეთ ცინვარი, აღმოჩნდა, რომ მან მნიშვნელოვნად დაიხია უკან.

იგი უკვე ვერძის შუბლის მაღლა მთავრდებოდა, რომელიც ცინულისაგან საეხებით თავისუფალი იყო. მეორე საერთაშორისო პოლარული წლის ნიშანი ვერ ვიპოვეთ. დაახლოებითი ანგარიში ცხადყოფს, რომ განვლილი 21 წლის მანძილზე ცინვარმა 300—350 მეტრით დაიხია უკან, ე. ი. ცინვარი წელიწადში საშუალოდ 14—15 მეტრით იხევდა უკან. ამრიგად, ცინვარის უკუხევა 1954 წლისათვის იმ მდგომარეობასთან შედარებით, რომელიც მას 1887—1894 წლებში ეკავა, 1000—1500 მეტრს უდრის. მაშასადამე, 1954 წლისათვის ცინვარის სიგრძე იყო უკვე არა 9,34 კილომეტრი ([6], გვ. 432), არამედ დაახლოებით 9 კილომეტრი. ცინვარი შემცირდა არა მარტო სიგრძეში, არამედ სიგანეშიც. საგრძნობლად შემცირდა ცინვარის სიმძლავრეც, რაც ნათლად ჩანს, თუ შევადარებთ მ. დეჩის ([7], გვ. 217), ვ. რუტკოვსკაიას ([9], გვ. 432) და ჩვენ მიერ გადაღებულ ფოტოებს.

ტვიბერის ხეობაში კარგადაა შენახული ძველი, ბევრად უფრო მძლავრი, გამყინვარების მრავალი კვალი. ტვიბერის მთელ ხეობას თვით შესართავამდე ვარცლიყბური ფორმა აქვს, მაგრამ ტვიბერის უღელტეხილის „სამხრეთ თავშესაფარის“ ცოტა ზემოთ მდინარე ვარცლისებრი ხეობის ფსკერს ხრამავს და ღრმა ხევის ქმნის. ტვიბერის უძველესი ცინვარული ხეობა შესართავთან მაღალი საფეხურით მთავრდება, რომელსაც მდინარე კვლავ ხრამავს. ხეობის ფსკერზე შემონახულია უძველესი გვერდითი და ბოლო მორენები. მდინარე ტვიბერის შესართავის გვერდზე უზარმაზარი სანაპირო მორენის ნაშთი დევს, რაც უკვე ე. ფავრის ნაშრომშია აღნიშნული [8].

ცინვარიდან 1100—1200 მეტრის მანძილზე (დაახლოებით იქ, სადაც იყო ცინვარი 1885 წელს, როცა იგი მ. დეჩიმ მოინახულა) არის მძლავრი

ბოლო მორენი, რომელიც უკვე დაუფარავს მცენარეულობას. აქედან ყინვარისაკენ მარჯვენა ფერდობის გასწვრივ მდინარის დონიდან 150—180 მეტრის სიმაღლეზე მიემართება კარგად გამოხატული სანაპირო მორენი; მარცხენა ფერდობზე სანაპირო მორენები მხოლოდ ალაგ-ალაგა შემონახული. ბოლო მორენიდან ყინვარამდე მთელ სივრცეზე მიმოხილულია მორენული მასალა, რომელთა შორის შეიძლება გამოვყოთ კიდევ ბოლო მორენების საგრძნობლად გადარეცხილი სამი სერი.

უძველესი დანალექი მორენები ისეთივე მასალისაგან შედგება, როგორიც ამჟამად გამოაქვს ყინვარს—გრანიტის ნამსხვრევები, თიხნარი ფიქლები და პორფირიტის ცალკეული კაჭრები ([6], გვ. 435). გრანიტი მოაქვთ ყინვარ ძინალსა და ყინვარ კიტლოდს მთავარი ქედიდან, ფიქალი—ყინვარ ასმაშს და ყინვარ სერს სვეტლარის, ასმაშისა და ღვალდის ქედებიდან.

ფრიალ საინტერესოა შემოხსენებული ვერძის შუბლი; იგი ყინვარის ბოლოს ქვევით მდებარეობს და წვრილმარცვლოვანი ქლოროვან-კარბონატოვან-სერიციტოვანი რუხ-მომწვანო ფერის ქანისაგან შედგება, მარჯვენა ძირითადი ნაპირი კი შავი თიხნარი ფიქლისაგან შედგება [6]. ვ. რუტკოვსკაია [6] ამ გლიაციოგრაფიულ ფორმას რიგელს უწოდებს. მაგრამ შეუძლებელია რიგელი დავარქვათ მას, რადგან იგი ორივე ფერდობიდან ყინულოვანი ეროზიითაა გამოყოფილი. ეს უზარმაზარი ვერძის შუბლია, ყინვარისაკენ მიმართული დამრეცი ფერდობი; საწინააღმდეგო მხარეს იგი ციცაბოა. მისი ზედაპირი ყინვარს კარგად მოუგლუვებია და უამრავი კაჭრითაა მოფენილი. ვერძის შუბლის სიმაღლე 100 მეტრამდე იქნება მდინარის დონიდან.

ყინვარის ბოლოს ქვემოთ ყოველწლიურად შევხვდებით თოვლის 3—4 დიდ ხიდს, რომლითაც თავისუფლად შევიძლიათ გადასვლა მდინარის ერთი ნაპირიდან მეორეზე. ცხადია, ისინი იმ ადგილებში იქნებიან, სადაც ყველაზე ხშირად ჩამოდის ზევაი.

(რედაქციას მოუვიდა 21 4.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. В. Жуков. Описание некоторых ледников Сванетии. Записки Кавк. отдела Русского Географического Общества, кн. XVI, Тифлис, 1894.
2. Э. С. Левин. Перевалы Центрального Кавказа. М., 1938.
3. Л. И. Маруашвили. О некоторых фактах изменений ледникового покрова Кавказа. Известия Государств. Географического Общества, т. 69, № 2, 1937.
4. В. Михайловский. Горные группы и ледники Центрального Кавказа. Землеведение, кн. I, 1894.
5. К. И. Подоверский. Ледники Кавказского хребта. Записки Кавказского отдела Русского Географического Общества, т. 29, в. I, 1911.
6. В. А. Рутковская. Ледники Верхней Сванетии. Труды ледниковых экспедиций, в. I, Кавказ, Ледниковые районы, Л., 1936.
7. М. Dechy. Kaukasus. В. I, 1905—1907.
8. E. Favre. Recherches géologiques dans la partie centrale de la chaîne du Caucase. Geneve, 1875.

გეოლოგია

6. სინკლიზიზმი

რიზისის სინკლიზის ზედაიურული ნალექების
სტრატობრაზიისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. დავითაშვილმა 26.10.1955)

მდ. ლიახვისა და მდ. ყვირილის სათავეების წყალგამყოფს წარმოადგენს მთის მასივი, რომელიც ძირითადად აგებულია კარბონატული ნალექებით—მერგელების შუაშრების შემცველი მასიური კირქვებით, მერგელოვანი კირქვებით და შრებრივი კირქვებით. ეს ნალექები საკმაოდ დიდ სინკლიზქმნიან, რომელიც ლიტერატურაში, მის ღერძულ ნაწილში განლაგებული მასივის მთავარი მწვერვალის რიზისის სახელწოდების მიხედვით, რიზისის სინკლიზის სახელით არის ცნობილი.

მთა რიზისა მის აღმოსავლეთით მდებარე მთა ალხაშენდასაგან გამოყოფილია პატარა უნავირათი. მასიური რიფული კირქვების მცირედ დაქანებული შრეები მთა რიზისის სამხრეთ ფერდობებზე ლამაზ ფლატებს ქმნიან და კარგი გაშიშვლებები როგორც სინკლიზის სტრუქტურის, ისე ცალკეულ წყებათა თანამიმდევრობის გაკვლევის საშუალებას იძლევა. მაგრამ იმის გამო, რომ რიზისის სინკლიზის კარბონატული ნალექები ღარიბია განამარხებული ნაშთებით, მათი სტრატოგრაფია დღემდე საკმაოდ არ არის შესწავლილი.

ყველა ძველი მკვლევარი—ე. ფავრი [1], ე. ფურნიე [2], ა. სოროკინი [3] რიზისა-ალხაშენის კირქვებს ქვედა ცარცს აკუთვნებდა. კ. აბიხი [4] მათ იურულადა და ცარცულად ათარილებდა, მაგრამ უფრო გვიან ვ. ბოგაჩევი [5] და ს. დანილოვი [6] ამ კირქვებს ისევ ქვედა ცარცულად ათარილებდნენ.

ბ. კანდელაკმა (1934) პირველმა გამოთქვა აზრი ამ კირქვების ზედაიურული ასაკის შესახებ, მაგრამ მათ ზედა ნაწილს მაინც ცარცულად თვლიდა. ასეთივე აზრის იყო ამ რაიონში მომუშავე მეორე მკვლევარი—ა. ლალიევიც [7]. შემდეგ ორივე ხსენებულმა ავტორმა უარყო აქ ცარცული ნალექების არსებობის შესაძლებლობა, მაგრამ იმის გამო, რომ მათ თავისი აზრის სასარგებლოდ არ გააჩნდათ დამაჯერებელი პალეონტოლოგიური საბუთი, კ. მასლოვმა, რომელიც ამ რაიონში უფრო გვიან მუშაობდა, ზედაიურულის გარდა გამოყო ნეოკომურის ყველა სართული და ამასთანავე აბტურიც, თუმცა არც მას დაუსაბუთებია ამგვარი დანაწილება ([8], გვ. 164).

ბ. კახაძის [8] მონაცემებით, რიზისის სინკლიზის არეში წარმოდგენილია ზედაიურულის თითქმის სრული კრილი. კარბონატული ნალექები

ბაიოსურ პორფირიტულ წყებაზე კუთხური უთანხმოებითაა განლაგებული. ეს ნალექები იწყება ქვედაკალოვიურით, შეიცავს ოქსფორდულს და ლუზიტანურს და, როგორც ჩანს, ქვედაკიმერიჯულსაც. ვ. პჩელინცევიმა [9] აქედან განსაზღვრა რიგი ფორმები, რომელთა საფუძველზედაც მათი შემცველი ნალექები ქვედა კიმერიჯულად დაათარიღა: *Pseudomelania gigantea* d'Orb., *Natica hemisphaerica* Roem., *Perna subplana* Etall., *Lima corallina* Thurm., *Astarte morini* Lor., *Ostrea pulligera* Goldf., *O. quadrata* Etall., *Terebratulula formosa* Zittl., *T. andilatensis* Haas., *T. subformosa* Roll., *T. xieteni* Lor., *T. valfmensis* Lor., *Rhynchonella corallina* d'Orb., *Perisphinctes* sp.

მოყვანილი სიის შესახებ უნდა აღინიშნოს, რომ, თუმცა ფაუნის საერთო ხასიათი ჭრილში ქვედაკიმერიჯულის არსებობაზე მიგვიითითებს, ფორმათა უმეტესობა ამ ქვესართულის ფარგლებს გარეთაც გვხვდება. თუ მივიღებთ მხედველობაში იმასაც, რომ ზემოთ ჩამოთვლილი ფორმები სხვადასხვა ადგილას და სხვადასხვა სტრატეგრაფიულ დონეზეა მოპოვებული, ძნელდება მსჯელობა იმის შესახებ, თუ ჭრილის რომელი ნაწილი შეესაბამება ქვედაკიმერიჯულს. უცნობი რჩება აგრეთვე მთა რიბისის ზედა ნაწილის შემადგენელი შრეების ასაკიც.

საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პალეობიოლოგიის სექტორის ექსპედიციაში მუშაობისას, იმ იმედით, რომ პალეონტოლოგიური მასალის გულდასმით შეკრება სამხრეთ ოსეთის კარბონატული ნალექების სტრატეგრაფიის დაზუსტების საშუალებას მოგვცემდა, ჩვენ განსაკუთრებული ყურადღება მივაქციეთ რიბისის სინკლინის რაიონს, რადგანაც გეოლოგ ა. ჩიქვაინის ზეპირი გადმოცემით, მას თეთრალელის ხეობაში ნაპოვნი ჰქონდა ცუდად დაცული ამონიტების ნაშთები. მდ. ყვირილის მარჯვენა შენაკადის თეთრალელის ხეობა განლაგებულია რიბისის სინკლინის ღერძულ ნაწილში და კარგ გაშიშვლებებს ქმნის, განსაკუთრებით კარბონატული ნალექების წყების ზედა ნაწილში. თეთრალელის შესართავიდან დაახლოებით 300 მეტრის მანძილზე, მის მარჯვენა ნაპირის გასწვრივ, მასიურ რიფულ კირქვებს თავზე ადევს შრეებრივი კირქვები და მერგელები. აქ საკმაოდ გრძელი გაშიშვლებაა მუქი მერგელოვანი კირქვებისა მუქი ნაცრისფერი მერგელების შუაშრეებით. უკანასკნელებში ჩვენ დავაგროვეთ ამონიტებისა და წვრილი ორსაგდულიანების ფაუნა. ამონიტები განამარხების პროცესში მეტწილად დაფორმებული შიგა კალაპოტების სახითაა წარმოდგენილი, რომელთაც, მიუხედავად ამისა, კარგად ემჩნევათ მოკაზმულობის უფაქიზესი დეტალები.

ამ წყებიდან ჩვენ მიერ განსაზღვრულია შემდეგი ფორმები: *Phylloceras praeposterius* Font., *Ph. atf. beneckeii* Zittl., *Lytoceras orsinii* Opp., *Oppelia frotho* Opp., *Opp. cf. holbeini* Opp., *Perisphinctes heimi* Favre, *P. allobrogicus* Pillet, *P. malletanus* Font., *Ydoceras planula* Hehl., *Y. balderus* Opp., *Opis carinata* Quenst., *O. angulosa* Opp., *Mytilus longaevus* Contej. და მცენარის ტოტი, რომელიც, ფ. მჭედლის შვილის განსაზღვრით, გვარ *Cladophebis*-ს ეკუთვნის.

საქართველოს კიმერიჯულ ნალექებში ამონიტების არსებობა იმ მხრივ არის აღსანიშნავი, რომ ეს ამონიტები შეიცავენ გვარ *Perisphinctes*-ის და

Ydoceras-ის თავისებურ ძლიერ სწრაფად ცვალებად წარმომადგენლებს, რომლებიც მათი შემცველი შრეების ზუსტი დათარიღების საშუალებას იძლევიან. მათი მიხედვით კირქვებისა და მერგელების წყება ქვედაკამერიჯულს და, კერძოდ, *Streblites tenuilobatus*-ის ზონას მიეკუთვნება. ამ ზონის სახელმძღვანელო ნამარხებია *Idoceras planula*, *Perisphinctes malletanus* და *Phylloceras praeposterius*. *Streblites tenuilobatus*-ის ზონის უკრო ზეატი დანაწევრება ქვეზონებად, მიღებული ზოგიერთი მკვლევრის მიერ დასავლეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ ევროპისათვის, საქართველოში არ ხერხდება, რადგან აქ სხვადასხვა ქვეზონისათვის (მაგალითად, *Idoceras planula*-ს ქვეზონისა და *Idoceras balderum*-ის ქვეზონისათვის) სახელმძღვანელო ფორმები ერთ შრეშია თავმოყრილი. დანარჩენი ამონიტებიც *Streblites tenuilobatus*-ის ზონისათვისაა დამახასიათებელი, თუმცა უფრო ზემოთაც — *Aspidoceras acanthicum*-ის ზონაშიაც გვხვდებიან. ამგვარად, დაბეჯითებით მხოლოდ *Streblites tenuilobatus*-ის ზონის არსებობაზე შეგვიძლია ლაპარაკი, რაც შეეხება ზედაკამერიჯულს, მას, შესაძლებელია, შეესაბამებოდეს ზემოთ განლაგებული კირქვები და მერგელები, რომელნიც ნამარხი ფაუნის ნაშთებს აღარ შეიცავენ. არაპირდაპირ საბუთად ამ მოსაზრების სასარგებლოდ შეიძლება მოვიყვანოთ ზემოთ მდებარე ნალექებში ქვედატიტონური ორსაგდულიანების არსებობის ფაქტი: ღელის აღმა, მის მარცხენა შენაკადში, ზემოთ აღწერილი გაშიშვლებებიდან დაახლოებით 600 მეტრის მანძილზე, ასეთსავე კირქვებსა და მერგელებში შემჩნეულია ქვიშიანი მერგელების რამდენიმე შუაშრე, გაჭედილი მცირე ზომის ორსაგდულიანებითა და გასტორიზაციებით. აქ გვხვდება *Cardium bernouilense* Lor., *Opis suprajurensis* Bu. და *Nerinea* sp.; ერთ-ერთ შრეში ნაპოვნია განუსაზღვრელი *Litoceras* sp., უფრო ზევით კი ერთი 0,5 მ. სისქის შრე მთლიანად შედგენილია ეგზოგიტებისაგან, უმთავრესად *Exogyra nana* Sow.-ისაგან. ეს შუაშრე მთა რიბისის შემადგენელ ნალექთა შორის უახალგაზრდეს ჰორიზონტს წარმოადგენს და მისი გაკვლევა საკმაოდ დიდ მანძილზე ხერხდება: იგი შიშვლდება უნაგირაზე მთა რიბისისა და ალხაშენდას შორის და რამდენიმე ადგილას ორივე მწვერვალის ჩრდილო ფერდობების გასწვრივ. *Exogyra nana* Sow.-ს საკმაოდ ფართო ვერტიკალური გავრცელება ახასიათებს, მაგრამ ზედაიურულის საზღვარს ზემოთ არ არის ცნობილი. შესაძლებელია, რომ რიბისის სინკლინის უახალგაზრდესი ნალექების ასაკის ზედა საზღვარი ქვედატიტონურ რამდე ადის, რადგან ჩამოთვლილ ფორმათაგან პირველი ლორიოლის მიხედვით ქვედატიტონურში გვხვდება. ამ შემთხვევაში ერთგვაროვანი ნალექების უწყვეტ წყებაში ამონიტების ფაუნით დახასიათებულ ქვედაკამერიჯულსა და ქვედატიტონურს შორის ზედაკამერიჯულის არსებობაც უნდა დავუშვათ. მაგრამ წყების ზედა ნაწილის ასაკის დაზუსტებამდის, ნამარხი ფაუნის დამატებითი დაგროვებისა და განსაზღვრის გზით, საკმაოდ დასაბუთებულად შეიძლება ჩავთვალოთ მხოლოდ ის, რომ იგი არა სცილდება ზედაიურულის საზღვრებს.

რიბისის სინკლინის კარბონატულ ნალექებს ჩრდილო-აღმოსავლეთისა და ჩრდილო-დასავლეთი მიმართულებით თანდათან ცვლის ფერადი წყება.



საქართველოს
აкадеმიის
ბიბლიოთეკა

ფაციესების ცვლის სურათი, პირველად გეოლოგ ნ. კანდელაკის მიერ აღწერილი, დასტურდება ი. კახაძისა და ჩვენი დაკვირვებებით. რიბისის რაიონის კარბონატულ ზღვიურ ნალექებს აღნიშნული მიმართულებით თანდათან ცვლიან ფერადი წყების თანადროული ლაგუნური ნალექები. ეს ფაქტი კიდევ ერთხელ ადასტურებს რაჭისა და სამხრეთ ოსეთის ფერადი წყების ძირითადად კიმერიჯულ ასაკს. მაგრამ ამავე წყების ასაკის ქვედა საზღვრის საკითხი საქართველოს სხვა რაიონებისათვის ისევ ღია რჩება. არ არის გამორიცხული შესაძლებლობა, რომ იმ რაიონებში, სადაც არა გვაქვს ზედაიურულის ნორმული ზღვიური ნალექები, ამ ხნის განმავლობაში ფერადი წყების ლაგუნური ნალექები გროვდებოდა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
პალეობიოლოგიის სექტორი

(რედაქციას მოუვიდა 26.10.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. E. Favre. Recherches géologiques dans la partie centrale de la chaîne du Caucase. Lyon, 1875.
2. E. Fournier. Description géologique du Caucase centrale (Thèse), Marseille, 1896.
3. А. Сорокин. Геологическое описание частей Горийского и Душетского уездов Тифлисской губ. и Шорapanского уезда Кутаисской губ. Мат. д. геол. Кавказа, сер. I, кн. 10, Тифлис, 1883.
4. Н. Абиш. aperçu du mes voyages en Transcaucasie en 1864, Moscou, 1865.
5. В. Богачев. Нефть в юре Юго-Осетии. Аз. Нефт. Хоз. 1928, № 18/84. Баку, 1928.
6. С. Данилов, Н. Барышев и А. Яковлев. Некоторые данные геологического строения р. Джебжоры. Мин. Сырье, 1930, т. I, № 4, Москва, 1930.
7. А. Лалиев. Проблема юрской нефти на южном склоне Кавказа. Нефт. хозяйство, 1936 г., № 2, Москва, 1936.
8. И. Р. Кахадзе. Грузия в юрское время. Труды геологического института АН ГССР, сер. геол., т. III (VIII), 1947.
9. В. Ф. Пчелинцев. Материалы по изучению верхнеюрских отложений Кавказа. Труды ГРУ, вып. 91, Ленинград, 1931.

დ. ცხვირაშვილი

ნატრიუმის ქლორიდის ხსნადობის გამოკვლევა მაღალი წნევის
ბადახურებულ ვაქუის ორთქლში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა რ. აგლაძემ 12.11.1955)

თბოენერგეტიკის განვითარება საბჭოთა კავშირში მაღალი საწყისპარამეტრებიანი ორთქლის თბოსადგურების ფართო შემოღებით ხასიათდება. მაღალი და ზემალალი პარამეტრების ორთქლის წარმატებით ათვისების საქმეში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ეძლევა ორთქლის სისუფთავის გამოკვლევას. როგორც ცნობილია, მარილების მცირე დანალექები (5—10 კგ) მაღალი წნევის ტურბინების ფრთებზე უკვე იწვევენ სიმძლავრის დაწევას და მიყვავართ ჩარეცხვის აუცილებლობამდე, ე. ი. გამოყენების კოეფიციენტის შემცირებამდე. ამჟამად საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ორთქლის გადახურებულ ტურბინებში, სწვრივდენითი ქვაბდანდგარების გარდამავალ სარტყელსა და ტურბინებში დანალექების წარმოქმნის პირობები გადახურებულ ორთქლში სხვადასხვა ნივთიერების ხსნადობით განისაზღვრება. მიუხედავად ამისა, ჯერჯერობით არაააკმარისადაა ცნობები გადახურებულ ორთქლში ნივთიერებათა ხსნადობის შესახებ. კერძოდ, ნატრიუმის ქლორიდის ხსნადობის შესახებ არსებობდა БИР-ს (სწვრივდენითი ქვაბშენებლობის ბიურო, [1]) ცდები, ჩატარებული საცდელ სწვრივდენით ქვაბზე. ამ ცდების თანახმად, გადახურებულ ორთქლში NaCl-ის ხსნადობა 140 კგ/სმ³ წნევის დროს დაახლოებით 16 მგ/კგ შეადგენს.

ნატრიუმის ქლორიდის გადახურებულ ორთქლში ხსნადობის ლაბორატორიულ გამოკვლევას შტრაუბი [2] და შპილნერი [3] აწარმოებდნენ. მაგრამ ეს ცდები წნევითა და ტემპერატურათა ვიწრო დიაპაზონშია ჩატარებული. გარდა ამისა, ისინი ძლიერ განსხვავდებიან ერთიმეორისაგან. ამასთანავე უკვე 120 კგ/სმ³ წნევის დროს NaCl-ის ხსნადობა შესამჩნევ გავლენას ახდენს ორთქლის სისუფთავეზე [4]. გარდა ზემოაღნიშნული გამოკვლევებისა, არსებობდა აგრეთვე მოსკოვის ენერგეტიკის ინსტიტუტისა [5] და გ. მორეის [6] ერთეული მონაცემები.

NaCl-ის ხსნადობის გამოკვლევას შტრაუბი ხარისხოვანი ფოლადის ლაბორატორიულ ყუმბარაში აწარმოებდა. ცდის ჩატარების წინ ყუმბარაში იტუმბებოდა ნატრიუმის ქლორიდის კონცენტრირებული ხსნარი. შემდგომ წარმოებდა ხსნარის აორთქლება, რის შედეგად მყარი მარილი ყუმბარაში მყოფ სპილენძის მავთულბზე ილექებოდა. ამის შემდეგ გადახურებულ



ორთქლი წონასწორობაში მოჰყავდათ სპილენძის მავთულებზე დალექილ მარილთან. ორთქლის მარილშემცველობა ისაზღვრებოდა როგორც კონდენსატის ვერცხლის ნიტრატით ტიტრირებით, ასევე ელექტროგამტარობის მეთოდით, გადახურებული ორთქლის ტემპერატურის განსაზღვრას შტრაუბის ყუმბარის მასიური თავის გამოსასვლელში აწარმოებდა. ამიტომ ის მარილთან წონასწორობაში მყოფი ორთქლის ტემპერატურის რამდენადმე შემცირებულ მნიშვნელობას იძლევა. შტრაუბის შედეგების ყურადღებით განხილვა ამ შემცირების დაახლოებით 20—30°-ით შეფასების საშუალებას იძლევა.

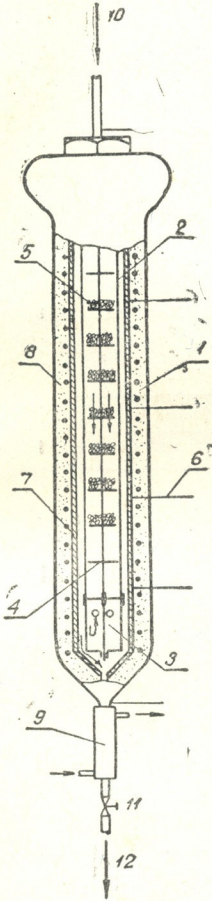
თავის გამოკვლევებს შპილნერი უფრო რთული კონსტრუქციის ლაბორატორიულ ყუმბარაში აწარმოებდა. ნატრიუმის ქლორიდი ამ შემთხვევაში უქანგავი ფოლადის ნათალზე იყო დატანილი. ორთქლში მარილის შეცულობის განსაზღვრას შპილნერი ელექტროგამტარობის მეთოდით აწარმოებდა. მაგრამ არ ხდებოდა სინჯად აღებული კონდენსატის დეგაზაცია. გარდა ამისა, ადვილი ჰქონდა მკვებავი წყლის გაჟუჭყიანებას დანადგარის მკვებავ სისტემაში. ცხადია, რომ ამ ფაქტებს შეეძლოთ არსებითი გავლენა მოეხდინათ შპილნერის ცდების შედეგებზე.

გადახურებულ ორთქლში მყარი მარილების ხსნადობის შესწავლისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ცდის ტემპერატურის სწორ შერჩევას. ტემპერატურის დაწვეა დანადგარში მარილის ნაჯერი ხსნარის დუღილის ტემპერატურაზე ქვემოთ იწვევს ორთქლის კონდენსაციას კრისტალების ზედაპირზე. მაშასადამე, ამ შემთხვევაში ორთქლი წონასწორობაში მოდის გამოსაკვლევი მარილის წყალხსნართან. დანადგარში წარმოქმნილი თხევადი ფაზა ადვილად შეიძლება გამოტანილ იქნეს ორთქლის ნაკადის მიერ, რაც არსებითად დაამახინჯებს ცდის შედეგებს. მითითებული პირობები შპილნერისა და ნაწილობრივ შტრაუბის ცდებში დაცული არ იყო. ასე, 407° ტემპერატურის დროს, რომელზედაც შპილნერი მუშაობდა, თხევადი ფაზა შეიძლება წარმოქმნილიყო უკვე 180 კგ/სმ² წნევის დროს [4, 7]. ამიტომ შემთხვევითი არ არის ის, რომ შპილნერის მიხედვით 280 კგ/სმ² წნევის დროს გადახურებულ ორთქლში შეიძლება ნატრიუმის ქლორიდის კოლოსალური (40000 მგ/კგ) რაოდენობა გაიხსნას.

ჩვენ მიერ ნატრიუმის ქლორიდის ხსნადობის გამოკვლევა გადახურებულ ორთქლში სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის ენერგეტიკის ინსტიტუტში ტარდებოდა სსრკ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტის მ. სტირიკოვიჩის ხელმძღვანელობით. ცდების ჩასატარებლად აგებულ იქნა მაღალი წნევის სტენდი, რომლის აგების დროს მხედველობაში იქნა მიღებული წინამორბედი დანადგარების ნაკლოვანებები. ჩვენი დანადგარის მთავარი კვანძის — რეაქტორის — სქემა წარმოდგენილია ფიგ. 1-ზე.

რეაქტორი წარმოადგენს მილს, მოთავსებულს მილში. გარე მილზე რეაქტორის სამუშაო ტემპერატურამდე შესათბობად და მასში ორთქლის შეშვების შემდეგ, სითბური დანაკარგების ასანაზღაურებლად, დახვეულია ელექტროლუმელის სამი სექცია. რეაქტორი ღუმელებთან ერთად ქანსელის შრითაა ჯანმხოლოებული. მარილთან შეხებაში მყოფი ორთქლის ტემპერატურის გან-

საზღვრის მიზნით გარე მილზე დაკვერილი იყო ხუთი ხრომელ—ალუმელის თერმოწყვილი. თერმოწყვილები რეაქტორის სიმაღლეზე იყო განლაგებული. გარდა აღნიშნული თერმოწყვილებისა, განმამხოლოებელ შრეში განლაგებული იყო სამი დიფერენციალური თერმოწყვილი, რითაც რეაქტორის კვეთში მუდმივი ტემპერატურის დამყარება აღინიშნებოდა.

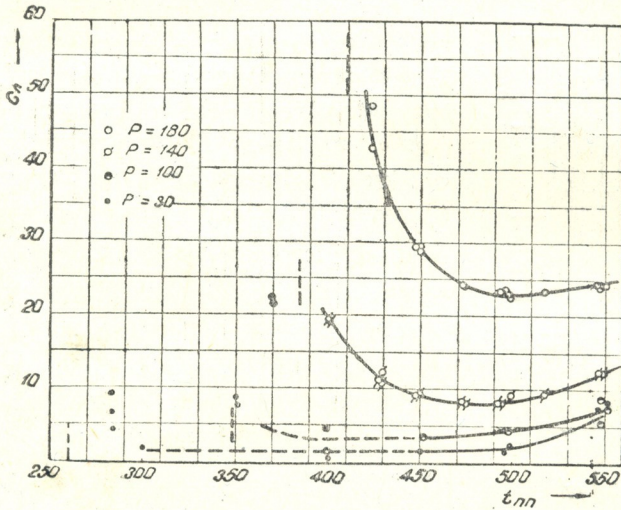


ფიგ. 1. რეაქტორის სქემა: 1—გარეთა მილი, 2—შიგა მილი, 3—შემთხვევით გატაცებული კრისტალების დამჭერი, 4—ცხავი, 5—შესასწავლი მარილის კრისტალები, 6—თერმოწყვილი, 7—გამთბობი გრაგნილი, 8—ქანსკლის განმამხოლოებელი შრე, 9—წყლის ზედაპირული მაცივარი, 10—მაღალი წნევის გადახურებული ორთქლის შესასვლელი მილი, 11—მარგულირებული სრახნსაცობი, 12—ორთქლის კონდენსატის გამოსასვლელი მილი

რეაქტორის შიგა მილში იმყოფება 2 მმ ხერტილებიანი ცხავების „თაროები“. ამ ცხავებზე იყრებოდა გამოსაკვლევი მარილის კრისტალები. ორთქლის ნაკადით მარილის გამოტანის თავიდან აცილების მიზნით ვამზადებდით შედარებით მსხვილ კრისტალებს. ამისათვის ქიმიურად სუფთა ნატრიუმის ქლორიდს პლატინის ტიგელში ვაღლობდით. მარილის ტემპერატურა, რათა არ მომხდარიყო მასის ზედმეტი გადახურება, არ აღემატებოდა მისი ლღობის ტემპერატურას. შემდგომ ვაღლობილ მასას ნელა ვაცივებდით, ვფშენებდით და ვცრიდით ჯერ 4 მმ, ხოლო შემდგომ 2 მმ ხერტილებიან საცერში. დასაწყისში ცხავებზე იტვირთებოდა პირველ საცერზე მიღებული ფრაქცია, ხოლო შემდგომ მას ეყრებოდა მეორე საცერზე მიღებული ფრაქცია.



ცია. კრისტალების ცხავებზე ამგვარი მოყრა სპობდა მექანიკური გატაცების შესაძლებლობას და ამავე დროს უზრუნველყოფდა გადახურებულ ორთქლთან შეხების დიდ ფართს. რეაქტორში გადახურებული ორთქლი შემოდოდა ზემოდან და გადიოდა ნატრიუმის ქლორიდის კრისტალების შრეს. ამის შემდეგ ორთქლი სრული წნევის ქვეშ კონდენსირდებოდა წყლის მაცივარში, რომელიც უშუალოდ რეაქტორის ძროზე იყო მიდებული. სრულ კონდენსირებამდე ორთქლი გადიოდა დანადგარის გაუთბობელ ნაწილს, სიგრძით 140 მმ. თავდაპირველად არსებობდა იმისი საშიშროება, რომ აღნიშნულ ზონაში შეიძლება ორთქლში გახსნილი მარილის ნაწილობრივი გამოკრისტალება. მაგრამ დანადგარის ექსპლოატაციამ აღნიშნული მოვლენა არ დაადასტურა. როგორც ჩანს, ეს აიხსნება კონდენსატის აფსკის სწრაფი შექმნით დანადგარის გაუთბობელ ნაწილში. წყლის აფსკი კი წინააღმდეგობას უწევდა ორთქლიდან მარილის დაღეკვას, რადგან მარილის კონცენტრაცია ამ აფსკში გაჯერებიდან შორს იყო. წყლის ზედაპირული მაცივრის შემდეგ წარმოებდა ორთქლის კონდენსატის ართმევა ქიმიური ანალიზისათვის. იმისთვის, რომ მიგველო საშუალო შედეგები, სინჯებს ვიღებდით მინის კოლებში 600—700 მლ.

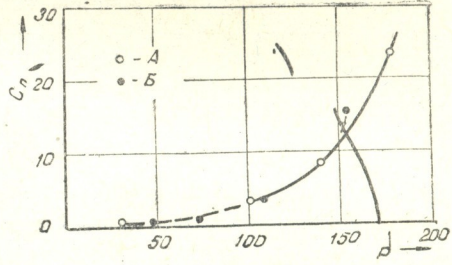


ფიგ. 2. ნატრიუმის ქლორიდის ხსნადობა გადახურებულ ორთქლში: C_n —ორთქლში ნატრიუმის ქლორიდის შეცულობა მგ/კგ, t_{0n} —გადახურებული ორთქლის ტემპერატურა, P—წნევა კგ/სმ²

რაოდენობით. ორთქლის ერთ გარკვეულ პარამეტრებზე წარმოებდა არანაკლებ 2 ლიტ. კონდენსატის ართმევა. კონდენსატის სინჯებში ნატრიუმის ქლორიდის რაოდენობის განსაზღვრას ვაწარმოებდით ქლორ-იონის მიხედვით, რომელსაც ვიღებდით სინჯის ვერცხლის ნიტრატის ხსნარით ტიტრირებით. ფიგ. 2-ზე ნაჩვენებია ჩვენი ცდების შედეგები ნატრიუმის ქლორიდის ხსნადობაზე გადახურებულ ორთქლში.

გრაფიკზე ვერტიკალური წყვეტილი ხაზებით აღნიშნულია NaCl-ის ნაჯერი ხსნარის დუდილის ტემპერატურა ყოველი წნევისათვის. ორთქლის ტემპერატურის გადიდება აღნიშნულ ტემპერატურაზე ზევით იწვევს მასში NaCl-ის შეცულობის შემცირებას, ამასთან ტემპერატურის 50°-ით გადიდება იწვევს ხსნადობის დაახლოებით 2-ჯერ შემცირებას. მაგრამ ხსნადობის კლება ორთქლის ტემპერატურის გადიდებასთან ერთად წყდება 180 კგ/სმ² წნევისათვის 500°-ის დროს. ამ ტემპერატურის დროს 180 კგ/სმ² წნევის გადახურებულ ორთქლში ნატრიუმის ქლორიდის ხსნადობას მინიმალური — 23 მგ/კგ მნიშვნელობა აქვს. ტემპერატურის შემდგომი გადიდება კი იწვევს უკვე ხსნადობის ზრდას და $t_{\text{მ}} = 550^\circ$ დროს იგი 24,5 მმ/კგ-ს აღწევს. 140 კგ/სმ² წნევის დროს ხსნადობის მინიმუმი ~ 475° ტემპერატურაზე მიიღება, ე. ი. ისევე, როგორც 180 კგ/სმ² წნევის დროს, ნაჯერი ხსნარის დუდილის ტემპერატურაზე დაახლოებით 100°-ით ზემოთ. დაბალი წნევების დროს ჩვენი მონაცემები არ შეიძლება დამაკმაყოფილებლად ჩაითვალოს დაბალ ტემპერატურათა არეში (ადგილი აქვს ცდების წერტილთა დიდ გაფანტვას). ჩვენ მიერ მიღებული შედეგების შედარება შტრაუბის მონაცემებთან ჩატარებულია ორთქლში NaCl-ის მინიმალური შეცულობის წნევაზე დამოკიდებულების მიხედვით. ამასთან შტრაუბის მონაცემებში შეტანილია სათანადო შესწორება ტემპერატურაში (ფიგ. 3).

როგორც ფიგ. 3-დან ჩანს, შტრაუბისა და ჩვენ მიერ მიღებული მინიმალური მარილშემცველობანი კარგად ლაგდებიან ერთ მრუდზე. მაშასადამე, შტრაუბის მონაცემები უფრო ზუსტად უნდა ჩაითვალოს, ვიდრე შპილნერისა, როგორც ეს ამდენ ხანს იყო მიღებული [4]. ფიგ. 3 დან ჩანს, რომ წნევის გადიდებასთან ერთად მკვეთრად მცირდება ნატრიუმის ქლორიდის დალექვის შესაძლებლობა როგორც ორთქლის გადამხურებელში, ასევე სწვრივდენითი ქვების გარდამავალ სარტყელში.



ფიგ. 3. NaCl-ის გადახურებულ ორთქლში ხსნადობის მინიმუმის ცვლა წნევისაგან: A—ჩვენი მონაცემები, B—შტრაუბის მონაცემები

თავისი ცდების საფუძველზე შპილნერმა დაასკვნა, რომ ორთქლში მარილის ხსნადობაზე უფრო მეტ გავლენას ახდენს წნევა, ვიდრე ტემპერატურა. ჩვენი ცდების საფუძველზე კი შპილნერის ვარაუდი სამართლიანია მხოლოდ გადახურებული ორთქლის დაბალ ტემპერატურათა არეში. მაღალ (500—550°) ტემპერატურათა შემთხვევაში წნევის გავლენა ხსნადობაზე შესამჩნევი ხდება მხოლოდ 100 კგ/სმ²-ზე მეტ წნევის დროს.

ნატრიუმის ქლორიდის გადახურებულ ორთქლში ხსნადობის ნაჯერ ორთქლში ხსნადობასთან დაკავშირების მიზნით ჩატარებულია შემდეგი შედარება. ЭНИИ-ის გამოკვლევების თანახმად [8], NaCl-ის გაჯერებულ ორთქლში ხსნადობა 180 კგ/სმ² წნევის დროს, როდესაც ორთქლი მარილის



ნაჯერი ხსნართანაა შეხებაში, 450 მგ/კგ-ს უდრის. ნატრიუმის ქლორიდის ნაჯერი ხსნარის მაღალი წნევის ორთქლში ხსნადობის შესწავლას აწარმოებდნენ აგრეთვე ვ. ტრონევი და ა. გრიგოროვიჩი [4]. ამ გამოკვლევათა თანახმად, NaCl-ის შეცულობა 180 კგ/სმ² წნევის გაჯერებულ ორთქლში 400 მგ/კგ შეადგენს, როცა სითხე 490 მგ/კგ მარილს შეიცავს. ამ მნიშვნელობების NaCl-ის გადახურებულ ორთქლში ხსნადობასთან შედარება გვიჩვენებს, რომ მარილის ნაჯერი ხსნარის დუდილის ტემპერატურის ზემოთ ხსნადობა მკვეთრად მცირდება (450 მგ/კგ-დან 410°-ის დროს 23 მგ/კგ-ზე 500° დროს). დაბალი წნევების დროს სხვაობა NaCl-ის ხსნადობაში ნაჯერი ხსნარის დუდილის ტემპერატურისა და უფრო მაღალი ტემპერატურის დროს ნაკლებია. მაგალითად, 154 კგ/სმ² და $t = t_s + \Delta t_s$ დროს ოლანდერმა [9] მიიღო 50 მგ/კგ, ხოლო შტრაუბის თანახმად NaCl-ის ხსნადობა გადახურებულ ორთქლში, როდესაც $P = 154$ კგ/სმ² და $t_{nm} = 455^\circ$, 16 მგ/კგ-ს შეადგენს.

ჩატარებული მუშაობის თანახმად შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ NaCl-ის მაღალი წნევის ქვაბდანადგარების ორთქლის გადამხურებლებში არ ილექება და ორთქლთან ერთად მიემართება ტურბინაში ორთქლხსნარის სახით. NaCl-ის გადახურებულ ორთქლში ხსნადობით აიხსნება ორთქლის გადამხურებლიდან ევტონიკური ნარევის (NaCl—53%, K₂SO₄—44% და Na₂SO₄—3%) სეპარაციის არადამაკმაყოფილებელი შედეგები, БПК-ის აფსკიანი სეპარატორების საშუალებით. ამიტომ ორთქლძალოვანი დანადგარის ორთქლის ტრაქტში მარილთა დანალექის შემცირების ყველაზე რადიკალურ საშუალებად ამჟამად ორთქლის გარეცხვის მეთოდი უნდა ჩაითვალოს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. დიდებულის სახელობის

ენერგეტიკის ინსტიტუტი

თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 10.11.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Ф. Г. Прохоров и Н. Г. Пацуков. Внедрение пара высоких параметров в энергетику СССР. Сборник, Госэнергоиздат, 1941.
2. F. G. Straub. Univ. of Illinois Bull., 43, № 59, 1946.
3. F. Spilner. Die chem. Fabr., № 22, 405, 1940.
4. Внутрикотловые физико-химические процессы и водный режим котлов высокого давления. Сборник, Госэнергоиздат, 1951.
5. Труды Московского энергетического института им. В. М. Молотова, вып. 11, 1953.
6. G. W. Morey and I. M. Hesselgesser. Trans. of the ASME, № 7, 1951.
7. N. B. Keevil. Journal of the American Chemical Society, 64, 1942.
8. М. А. Стырикович, И. Х. Хайбуллин и Д. Г. Цхвирашвили. Исследование растворимости солей в водяном паре высокого давления, ДАН СССР, том 100, № 6, 1955.
9. A. Olander, H. Liander. Acta chem. Scandinavica, № 9, 1437, 1950.

ტექნიკა

3. ბალავაძე

 მსუბუქი რკინაბეტონის კონსტრუქციების ზიდვის უნარის
 საკითხისათვის ბზარწარმოქმნის მიხედვით

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზავრიევა 7.5.1956)

დავას არმირებული ბეტონის პლასტიკურობის შესახებ ნახევარ საუკუნეზე მეტი ისტორია აქვს, მაგრამ ამ საკითხზე დღემდე მაინც არ არსებობს ერთი შეხედულება. ზოგიერთი მკვლევარი ემხრობა ცნობილი ფრანგი სწავლულის ლუი კონსიდერის თვალსაზრისს, რომელმაც ცდების საფუძველზე ჯერ კიდევ გასული საუკუნის მიწურულში გამოთქვა აზრი არმირებული ბეტონის მეტი ჭიმვადობის შესახებ არაარმირებულ ბეტონთან შედარებით. სხვა მკვლევრები კი უარყოფენ ბეტონის პლასტიკურობას და არმატურის გავლენას მის ჭიმვადობაზე.

ცნობილი სპეციალისტები ბახი, პრობსტი, მერში არ იზიარებდნენ კონსიდერის თვალსაზრისს; მიუხედავად ამისა, მათ მიერ ცდებით მიღებული გამჭიმავი ძაბვების ეპიურის გამოსახულება ყოველთვის აჩვენებდა ბეტონის პლასტიკურობას წყვეტის წინ.

პროფ. ბანმა, რომელიც უარყოფდა საზოგადოდ არმატურის გავლენას ბეტონის ჭიმვადობაზე, საკუთარი ცდების საფუძველზე გვიჩვენა, რომ სწორად განაწილებულ არმატურას შეუძლია ბეტონის ჭიმვადობის 3—4-ჯერ გაზრდა [1].

დიდი ხანი არაა, რაც პროფ. ვ. მიხაილოვმა [2] გამოაქვეყნა ცდების შედეგები ბეტონის პლასტიკურობისა და მნიშვნელოვანი ადგილობრივი ზღვრული ჭიმვადობის შესახებ.

ბეტონის პლასტიკურობას ზოგიერთი მკვლევარი ფიქტიურად თვლის და მას განიხილავს როგორც უხილავი ბზარების გახსნას (რკინაბეტონში) ანდა ბზარიანობის განვითარებას (ბეტონში).

ცდები გვიჩვენებს მსუბუქი ბეტონის (და მძიმე ბეტონისაც) უნარს წმინდა პლასტიკური დეფორმაციების მიმართ და ამასთან არმირების მნიშვნელოვან გავლენას მსუბუქი ბეტონის დრეკად-პლასტიკური დეფორმაციის სიდიდეზე.

სპეციალურად ჩატარებული ცდების საფუძველზე ჩვენ მივიღეთ ემპირიული ფორმულა [3] ცენტრალური გაჭიმვის დროს არმირებული მსუბუქი ბეტონის ზღვრული ჭიმვადობის განსასაზღვრავად:

$$\sigma_{p \cdot \text{ზღ. დრ. პლ.}} = 1,25 R_p (1 + 5 \omega) \cdot 10^{-5},$$

(1)

სადაც

$$\omega = \frac{d}{e},$$

d — ღეროების დიამეტრია, e — მანძილი ღეროებს შორის სიოში. მაშასადამე, რამდენადაც მეტია არმატურის რაოდენობა და ხშირადაა ის განლაგებული, მით უფრო მეტია ბეტონის ზღვრული ჭიმვადობა.

ცდებმა აგრეთვე გვიჩვენა, რომ არმატურის გავლენა ბეტონის ჭიმვადობის ცვლილებაზე იზრდება წმინდა ბეტონის ჭიმვადობის ზრდასთან ერთად.

რკინაბეტონში მსუბუქი ბეტონების მაღალი ჭიმვადობა ხელსაყრელ პირობებს ქმნის მსუბუქი რკინაბეტონის კონსტრუქციების ბზარმედეგობის გასაძლიერებლად, რასაც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს და შეუძლია მოგვეცეს ლითონის მნიშვნელოვანი ეკონომია.

როგორც ცნობილია, რკინაბეტონის ლუნვადი კონსტრუქციების გასანგარიშებლად ბზარწარმოქმნის მიხედვით სარგებლობენ ელემენტის მუშაობის დრეკადი სტადიის საანგარიშო სქემით, ანდა დაუშვებენ იდეალურ პლასტიკურობას (ძაბვათა ებიურა მიიღება სწორკუთხოვანი) ბეტონის გაჭიმულ ზონაში და მის დრეკადობას შეკუმშულ ზონაში.

გაანგარიშების ამ ხერხებიდან პირველი სავსებით საიმედოა, მაგრამ არაეკონომიური, ვინაიდან ამ მეთოდით გაანგარიშებულ კონსტრუქციებში ადგილი აქვს ლითონის მნიშვნელოვან გადახარჯვას.

გაანგარიშების მეორე ხერხი საზღვრავს ყველა შემთხვევაში მუდმივი სიდიდით ბეტონის ზღვრული ფარდობით ჭიმვადობას; ამიტომ ეს ხერხი ყოველთვის არაა საიმედო და ეკონომიური.

რკინაბეტონის ელემენტების ბზარწარმოქმნის მიხედვით გაანგარიშების უფრო ეკონომიური და ამავე დროს საკმაოდ საიმედო ხერხი შეიძლება მივიღოთ მხოლოდ ბეტონის ზღვრული ჭიმვადობის ნაძვლი მნიშვნელობის გათვალისწინებით, ე. ი. მისი პლასტიკური თვისებების სწორად შეფასების საფუძველზე.

რკინაბეტონის ლუნვადი კონსტრუქციის ბზარწარმოქმნის მიხედვით გაანგარიშების საუკეთესო ხერხს მივიღებთ, თუ დავუშვებთ, რომ ყველაზე უფრო დაძაბულ კვეთში ერთდროულად განხორციელდება არმატურისა და კიდური გაჭიმული და შეკუმშული ბეტონის ბოჭკოების (სამმაგი) ზღვრული მდგომარეობა. ეს იმას ნიშნავს, რომ ელემენტის კვეთში შეიქმნა ისეთი დაძაბული მდგომარეობა, როცა ძაბვა არმატურაში დენადობის ზღვრის ტოლია, აგრეთვე ბეტონის კიდური გაჭიმული ბოჭკოების დეფორმაცია, ტოლია მისი ზღვრული ჭიმვადობისა, ხოლო ბეტონის კიდურ შეკუმშულ ბოჭკოებში ძაბვამ მიაღწია თავისი სიმტკიცის ზღვარს.

მაგრამ ეს შესაძლოა მხოლოდ თეორიულად; პრაქტიკულად კი ეს განუხორციელებელია ბეტონის შედარებით მცირე გაჭიმვის ზღვრული დეფორმაციის გამო.

რკინაბეტონის ღუნვადი ელემენტების ბზარწარმოქმნაზე გაანგარიშება არსებითად წარმოადგენს ბეტონის გაჭიმული ზონის კიდური ბოჭკოების გაანგარიშებას ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით, ამასთან ჩვეულებრივ რკინაბეტონში საგრძნობლად გამოუყენებელი რჩება არმატურის დასაშვები დაბეჭდა ბეტონის შეკუმშული ზონის ზიდვის უნარი.

ეს საკითხი დადებითად გადაჭრილია ბეტონში ფოლადის წინასწარი დაჭიმვით, რაც ბეტონის ჭიმვადობის გაზრდის შესაძლებლობას ქმნის მისი საწყისი კუმშვის ხარჯზე.

აღნიშნული საშუალება ეფექტიურია, მაგრამ მას ერთგვარ სირთულემდე და ნაწილობრივ არმატურის სიმტკიცის დაკარგვამდე მიყვავართ.

გარდა ამისა, კიდევ რომ შეგვექმნა რკინაბეტონის ელემენტის კვეთში სამმაგი ზღვრული მდგომარეობა, ე. ი. მიგვეღწია დამრღვევი სტადიის და ბზარწარმოქმნის მიხედვით ზიდვის უნარის თანხვედნას, ჩვენ მაინც უნდა გვექონოდა სიმტკიცის გარკვეული მარაგი, რომელიც დაახლოებით ტოლი იქნებოდა 1,8—2-ისა.

ამიტომ, ჩვენ რომ შეგვეძლებოდა რკინაბეტონის კონსტრუქციის საშიშ კვეთში ისეთი დაძაბული მდგომარეობის მიღება, როდესაც ბეტონის შეკუმშულ და გაჭიმულ ზონაში განხორციელდებოდა ზღვრული მდგომარეობა, ხოლო არმატურაში დაბეჭდა იქნებოდა დასაშვები, მაშინ აღნიშნულ დაძაბული მდგომარეობისათვის გვექნებოდა ბზარწარმოქმნის მიხედვით გაანგარიშების სრულიად დამაკმაყოფილებელი ხერხი.

ასეთი დაძაბული მდგომარეობა ჩვენ მიერ მიღებულ იქნა მსუბუქი რკინაბეტონის კოჭებისათვის გარკვეული არმირებისა და არმატურის განლაგების დროს.

გამოიცადა (3) ტუფორკინაბეტონის კოჭები სიდიდით $16 \times 25 \times 230$ სმ, საანგარიშო მალით—200 სმ. ბეტონი მზადდებოდა ცემენტის 200 კგ/მ³ ხარჯით. ბეტონის სიმტკიცის ზღვარი იცვლებოდა 55—63 კგ/სმ² საზღვრებში. შენახვის რეჟიმი—ნოტიო. გამოიცადა ერთი თვის ასაკის ნიმუშები.

იზომებოდა დეფორმაციები როგორც არმატურისა, ისე ბეტონის შეკუმშული და გაჭიმული ზონის კიდური ბოჭკოებისა.

ცდების მონაცემების მიხედვით ფერეს მეთოდით აგებულ იქნა ბეტონისა და არმატურის გაჭიმვისა და ბეტონის კუმშვის მრუდები.

როგორც ცნობილია, ეს მეთოდი საშუალებას გვაძლევს ბეტონის კოჭის წმინდა ღუნვის უბანზე გაჭიმული და შეკუმშული ზონის კიდური ბოჭკოების გაზომილი დეფორმაციების მიხედვით განვსაზღვროთ შესაბამისი დაბეჭდა.

დეფორმაციებისა და დაბეჭდების მიღების შემდეგ ადვილად აიგება ბეტონის როგორც გაჭიმვის, ისე კუმშვის დეფორმაციების მრუდები.

პროფ. ი. სტოლიაროვი [4] გამოიყენა რა ფერეს მეთოდი რკინაბეტონის კოჭებისათვის, მიიღო ორი დიფერენციალური განტოლება ბეტონის გამჭინავი და მკუმშავი დაბეჭდების, σ და σ_p -ს განსასაზღვრავად:

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{d_m}{d\varepsilon} \left[e_1 + 2m \frac{de_1}{d_m} - \frac{E_a \mu}{e_1} \left(\frac{d\beta}{d_m} - \varepsilon_p \frac{dC}{d_m} \right) \right] \\ \sigma_p &= \frac{d_m}{d\varepsilon_p} \left[e_1 + 2m \frac{de_1}{d_m} - \frac{E_a \mu}{e_1} \left(\frac{d\beta}{d_m} - \varepsilon \frac{dC}{d_m} \right) \right] \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

და განტოლება არმატურის ძაბვის განსასაზღვრავად:

$$\sigma_a = E_a (\eta e_1 + \varepsilon). \quad (3)$$

ამ განტოლებებში:

$$m = \frac{M}{bh^2};$$

M — მლუნავი მომენტი; b — კოჭის კვეთის სიგანე; h_0 — კოჭის კვეთის სიმაღლე; h_0 — კვეთის სასარგებლო სიმაღლე; F_a — არმატურის კვეთი; $\mu = \frac{F_a}{bh}$ — არმირების კოეფიციენტი; ε — ბეტონის ფარლობითი შეკუმშვა; ε_p — ბეტონის ფარლობითი წაგრძელება;

$$e_1 = \varepsilon + \varepsilon_p;$$

E_a — ფოლადის დრეკადობის მოდული;

$$B = e_1 (\eta e_1 + \varepsilon)^2;$$

$$C = e_1 (\eta e_1 + \varepsilon);$$

$$\eta = \frac{h_0}{h}.$$

კოჭები იტვირთებოდა თანდათანობით (საფეხურებით) და m -ის ყოველი მნიშვნელობისათვის წარმოებდა კიდური ბოჭკოების დეფორმაციების გაზომვა. m , ε , ε_p , e_1 -ს მნიშვნელობის მიხედვით გამოიანგარიშებოდა:

$$\frac{\Delta m}{\Delta \varepsilon}, \quad \frac{\Delta m}{\Delta \varepsilon_p}, \quad \frac{\Delta e_1}{\Delta m}, \quad \frac{\Delta B}{\Delta m}, \quad \frac{\Delta C}{\Delta m},$$

რომლებითაც შეცვლილ იქნა (2) განტოლებებში წარმოებულები და ამრიგად განისაზღვრებოდა ძაბვები σ და σ_p .

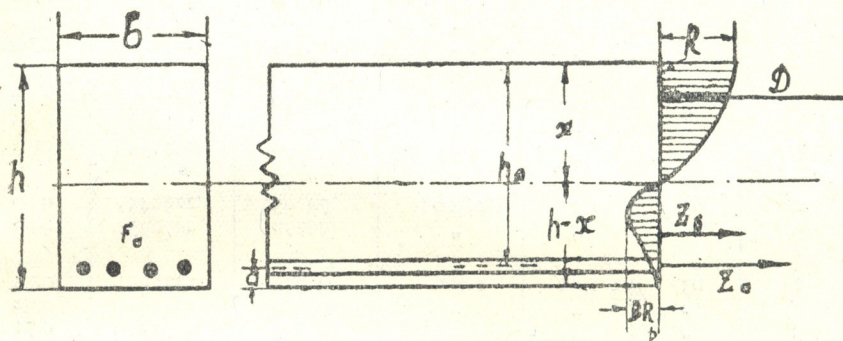
ცდების შედეგად დადგინდა [3], რომ შედარებით სუსტი არმირებისას, როდესაც $p < 1\%$ ან $\omega < 0,25$ ბეტონი, მიაღწევს რა გაჭიმვის სიმტკიცის ზღვარს — R_p , იწყებს დენას და ეს მუდმივი ტვირთის დროსაც კი აუცილებლად ბზარით (ბეტონის წყვეტით) მთავრდება. არმატურას არ ძალუძს ამის აცდენა.

სხვა სურათს მივიღებთ, თუ არმირება შედარებით ძლიერია, ე. ი. თუ დატულია პირობები: $p \geq 1\%$ და $\omega \geq 0,25$.

ამ შემთხვევაში ბეტონის დენას აკავებს არმატურა და ტვირთის ზრდასთან ერთად მას თან ახლავს დაბვის თანდათანობითი შემცირება და შთელი ტვირთის არმატურაზე ასევე თანდათანობითვე გადაცემა.

ამგვარად, თუ ბეტონის კიდურ გაჭიმულ ბოჭკოებში მიღწეულ იქნება ზღვრული ჭიმვადობა, მაშინ მათში დაბვეები ნულის ტოლია. ცდები გვიჩვენებს, რომ ამ მომენტისათვის მსუბუქი ბეტონის კიდური შეკუმშული ბოჭკოების დაბვეები თავის სიმტკიცის ზღვარს აღწევს.

მაშასადამე, მსუბუქი რკინაბეტონის ღუნვად ელემენტებში პირველი ბზარის წარმოქმნის მომენტში, თუ დაცულია პირობები $p \cong 1\%$ და $\alpha \cong 0,25$, გვექნება ელემენტის მუშაობის ისეთი სტადია, რომელიც ხასიათდება საშიშ კვეთში დაბვეების უჩვეულო ეპიურით (იხ. ნახ. 1).



ნახ. 1

ამასთან, ჩვენ ცდებში ბეტონის ზღვრული ფარდობითი ჭიმვადობა აღწევდა $(70 \div 70) \cdot 10^{-5}$, დაბვეები არმატურაში შეადგენდა 1200—1700 კგ/სმ². არმატურის ეს დაბვეები იცვლება ჩვეულებრივ ხმარებულ 0 და 3 ფოლადისათვის დასაშვები დაბვეების ფარგლებში. ამრიგად, მსუბუქ რკინაბეტონის კონსტრუქციებში შესაძლოა მივიღოთ ისეთი დაძაბული მდგომარეობა, როდესაც ბეტონის სიმტკიცე (როგორც შეკუმშულ, ისე გაჭიმულ ზონაში) აგრეთვე არმატურის სიმტკიცეც (დასაშვები) მთლიანად გამოიყენება.

ასეთი დაძაბული მდგომარეობა შეუძლებელია მიღწეულ იქნეს ჩვეულებრივ რკინაბეტონში. რაც უფრო მეტია ბეტონის ჭიმვადობა, მით უფრო დაბალი შეიძლება იყოს p და α -ს მნიშვნელობა აღნიშნული დაძაბული მდგომარეობისას.

ამრიგად, მსუბუქი რკინაბეტონის (ბუნებრივ შემავსებლებზე) ბზარწარმოქმნის მიხედვით ზიდვის უნარის განსაზღვრისას ბზარის წარმოქმნის მომენტში მივიღებთ მუშაობის ისეთ სტადიას, რომელიც ხარისხობრივად განსხვავდება ჩვეულებრივი რკინაბეტონის დაძაბულობის სათანადო სტადიისაგან, რაც იძლევა მასალების მაქსიმალურად გამოყენების საშუალებას და მნიშვნელოვნად ამარტივებს კონსტრუქციების გაანგარიშებას. ცნობილია, რომ ჩვეულებრივ რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაჭიმულ ზონაში ბზარებთ

ცხრილი

სერია	ნიმუშების №№№	კგ/სმ ²	ρ %	ω	M_{mp} კგსმ	M_p კგსმ	$\frac{M_{mp}}{M_p}$
I	1	71	0,48	0,224	38445	84370	0,45
"	2	"	"	"	38445	79145	0,48
"	3	"	"	"	38445	84370	0,45
2	1	65	0,49	0,347	33495	99770	0,34
"	2	"	"	"	38445	89595	0,43
"	3	"	"	"	33496	99770	0,34
3	1	65	1,18	0,500	99770	177045	0,56
"	2	"	"	"	99770	157795	0,63
"	3	"	"	"	104995	167420	0,63
4	1	63	2,0	0,500	99770	157795	0,63
"	2	"	"	"	84370	177045	0,48
"	3	"	"	"	84370	157795	0,53
5	2	65	1,57	0,500	74195	128645	0,60
"	3	"	"	"	99770	147895	0,68
6	1	63	1,98	0,600	109670	147895	0,74
"	2	"	"	"	109670	177045	0,62
"	3	"	"	"	104995	147895	0,71
7	1	71	1,13	0,322	104995	167420	0,63
"	2	"	"	"	94545	177045	0,54
"	3	"	"	"	89595	157795	0,57
8	1	71	1,57	0,167	104995	167420	0,63
"	2	"	"	"	84370	147895	0,57
"	3	"	"	"	74195	157795	0,48
9	1	63	1,57	0,250	112500	180000	0,68
"	2	"	"	"	135000	256900	0,53
"	3	"	"	"	127500	232500	0,55
10	1	53	1,13	0,500	142500	195000	0,73
"	2	"	"	"	135000	255000	0,51
"	3	"	"	"	127500	247500	0,52
11	1	55	1,18	0,670	127500	174400	0,73
"	2	"	"	"	127500	213800	0,60
"	3	"	"	"	135000	180000	0,75

შენიშვნა: 9, 10 და 11 სერიების ნიმუშების სიდიდე— $16 \times 25 \times 230$ სმ დანარჩენი ნიმუშების სიდიდე— 20×20 — 130 სმ.

წარმოიქმნება თითქმის ყოველთვის მაშინ, როცა დატვირთვები საექსპლოატაციოზე ნაკლებია, ე. ი. რკინაბეტონის ღუნვადი ელემენტები ნორმალურად

მუშაობენ ბზარების წარმოქმნის შემდეგ გაჭიმულ ზონაში და ადგილი აქვს უტოლობას

$$\frac{M_{mp}}{M_p} < 0,5,$$

სადაც M_{mp} პირველი ბზარის წარმოქმნის შესაბამისი მღუნავი მომენტია, ხოლო M_p —მრღვევი მღუნავი მომენტი.

სულ სხვა სურათს მივიღებთ მსუბუქი რკინაბეტონის არმირების ნორ-
 მალურ და უფრო დიდი პროცენტის დროს.

ცხრილში მოყვანილ ექსპერიმენტული გზით მიღებულ მონაცემებიდან აშკარაა, რომ ტუფორკინაბეტონის კოჭების შემთხვევაში, თუ $p \cong 1\%$ და $\omega \cong 0,25$ ყოველთვის დაცულ იქნება უტოლობა

$$\frac{M_{mp}}{M_p} > 0,5.$$

აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მსუბუქი რკინაბეტონის ღუნვადი ელემენტების ბზარწარმოქმნის მიხედვით ზიდვის უნარის განსასაზღვრავად, როდესაც გვაქვს პირობა $p \cong 1\%$ და $\omega \cong 0,25$ საკმარისია ეს ელემენტები გავინაგარიშოთ მხოლოდ I ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით (ე. ი. სიმტკიცის მიხედვით). ასეთნაირად მიღებული დასაშვები მღუნავი მომენტი M_p უნდა მივიღოთ M_{mp} მაგიერ.

თუკი გაანგარიშებას ვაწარმოებთ ბზარწარმოქმნის ფორმულების მიხედვით, მაშინ საჭირო იქნება შემოწმება ჩავატაროთ I ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით, ვინაიდან შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ

$$\frac{M_{mp}}{K} > M,$$

სადაც K სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტია ბზარმდეგობაზე. ცდები გვიჩვენებს, რომ რკინაბეტონის კოჭის შეკუმშული ზონის არმატურით გაძლიერება აძლიერებს ელემენტის ზიდვის უნარს ბზარწარმოქმნის მიხედვით. პროფ. გ. ცისკრელისა და პროფ. მ. სიმონოვის ცდებიდან ცნობილია, რომ ახლად დამზადებული მსუბუქი (ტუფზე და პემზაზე) და მძიმე ბეტონის შეკიდულობა მტკიცეა. ამიტომ მიზანშეწონილია ღუნვადი ელემენტების შეკუმშული ზონის გაძლიერება მოგვეხდინა ამ ზონაში მძიმე ბეტონის ჩაწყობით როგორც დრეკადობის უფრო მაღალი მოდულის მქონე მასალისა (მსუბუქ ბეტონთან შედარებით).

ასეთი გზით მიღებულ კომბინირებულ ორფენიან ელემენტებს ექნება არამარტო უფრო დიდი ბზარმდეგობა, არამედ მეტი სიხისტე, ამასთან მივიღებთ არმატურის ერთგვარ დამატებით სასარგებლო დატვირთვას.

კომბინირებული ორფენიანი არმირებული ელემენტების დამზადება ხშირ შემთხვევაში არ იქნება რთული, იმ დროს, როდესაც ამას შეუძლია მოგვეცეს ლითონის მნიშვნელოვანი ეკონომია.

სსრ კავშირის ელექტროსადგურების სამინისტროს

თბილისის ნაგებობათა და ჰიდროენერგეტიკის

სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 7.5.1956)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1907, S. 207.
2. В. В. Михайлов. Самонапряженный железобетон. Научное сообщение ЦНИПС. Госиздат литературы по строительству и архитектуре. Москва, 1955.
3. В. К. Балавадзе. Некоторые вопросы трещинообразования в легком железобетоне. Сообщения АН ГССР, т. XVII, № 4, Тбилиси, 1956.
4. Я. В. Столяров. Теория железобетона на экспериментальной основе. Харьков, 1934.

თ. მნიანი

 მდინარის კიბოს (*ASTACUS FLUVIATILIS*) ნერვ-კუნთის პრეპარატის
 ოპტიმალური და პესიმალური რეაქციების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 30.11.1955)

როგორც ცნობილია, ნ. ვედენსკიმ დაადგინა, რომ ბაყაყის კუნთი მისი მამოძრავებელი ნერვის ძლიერ და ხშირ გალიზიანებას სუსტი (პესიმალური) მექანიკური ეფექტით უპასუხებს, მაშინ როცა შედარებით სუსტ და იშვიათ გალიზიანებაზე ია ძლიერი (ოპტიმალური) შეკუმშვით [4,5] რეაგირებს.

აკად. ი. ბერიტაშვილი ამ მოვლენის დეტალური ანალიზის შედეგად იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ ნერვ-კუნთის პესიმალური მდგომარეობა გაპირობებულია აგზნების რეფრაქტორული ფაზებით და ის შეიძლება სამი გზით განვითარდეს: 1. თვით კუნთის პესიმალური მდგომარეობით (ცნობილია, რომ კუნთის აგზნების რეფრაქტორული ფაზები უფრო ხანგრძლივია, ვიდრე ნერვისა. ამიტომ გალიზიანების განსაზღვრულ სიხშირისას ნერვი შეიძლება ოპტიმალურ მდგომარეობაში იმყოფებოდეს, ხოლო კუნთი პესიმალურში), 2. ნერვის პესიმალური მდგომარეობით და 3. ნერვულ დაბოლოებათა პესიმალური მდგომარეობით. ცნობილია, რომ მამოძრავებელი ნერვული დაბოლოებები უფრო ჩქარა იღლებიან, ვიდრე ნერვული ან კუნთოვანი ბოჭკო. დაღლა იწვევს აგზნების რეფრაქტორული ფაზების გახანგრძლივებას, ამიტომ სასესებით შესაძლებელია, რომ ნერვულ დაბოლოებებში განვითარდეს პესიმალური მდგომარეობა გალიზიანების ისეთ სიხშირეზე, რომელიც არც ნერვისა და არც კუნთისთვის პესიმალურს არ წარმოადგენს [2].

რამდენადაც გალიზიანების სიხშირე, რომლის დროსაც მიიღება პესიმალური მდგომარეობა, განსაზღვრულია აგზნების რეფრაქტორული ფაზების ხანგრძლივობით, ამდენად პესიმალური და ოპტიმალური რეაქციების განვითარების შესწავლის საფუძველზე შეიძლება ვიმსჯელოთ გამოსაკვლევი ნერვ-კუნთოვანი სისტემის აგზნების პროცესის თავისებურებებზე.

სწორედ ამ მიზნით გადავწყვიტეთ პესიმალური და ოპტიმალური რეაქციების განვითარების პირობების შესწავლა მდინარის კიბოს გაზის ნერვ-კუნთის პრეპარატში.

მ ე თ ო დ ი კ ა

შესწავლის ობიექტი იყო მდინარის კიბო (*Astacus fluviatilis*). კვლევის პერიოდში ცხოველებს გამავალ აკვარაჟუმში ვათავსებდით.

ნერვ-კუნთის პრეპარატს ვამზადებდით პირველ წყვილ სასიარულო კიდურებიდან. შევისწავლიდით გაზის დამხურავი კუნთის მექანიკურ ეფექტს მისი მამოძრავებელი ნერვის გალიზიანებისას. შემთავებულ ნერვს ვჭრიდით *Carpopodit*—ისა და *propodit*—ის საზღვარზე, სადაც დამხურავი და გამშლელი კუნთების შემთავებელი ნერვები წარმოქმნიან გადაჯვარედინებას და შედარებით ადვილია მათი გაცალკეება.



გალიზიანებისათვის (სიხშირე 1-დან 600-მდე წამში) ვიყენებდით რელაქსაციურ სტიმულატორს. გამალიზიანებელ ელექტროდებს ნერვზე ვათავსებდით *meropodit*-ის მიდაღოში. გაზის დამხურავი კუნთის შეკუმშვის შესწავლისათვის გაზის მოძრავ ნაწილს ვუერთებდით მიოგრაფს, რომლითაც შეკუმშვის მრუდი იწერებოდა კიმოგრაფზე.

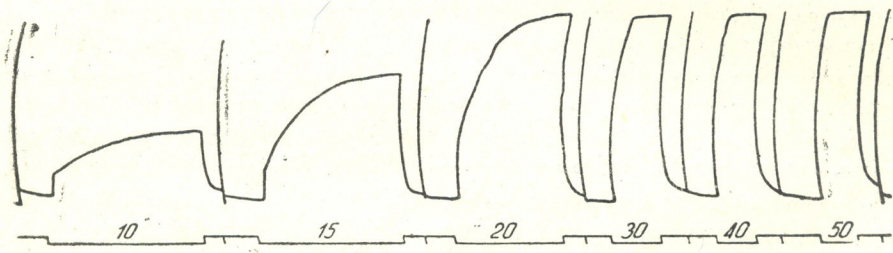
გალიზიანების მომენტის აღნიშვნისთვის ვიყენებდით ორ სიგნალს: პირველს (ზედა) ოპტიმალური გალიზიანების ჩართვის აღსანიშნავად, და მეორეს (ქვედა)—გალიზიანების ოპტიმალური სიხშირიდან პესიმალურ სიხშირეზე გადასვლის აღსანიშნავად. ზოგჯერ ვიყენებდით მხოლოდ ერთ სიგნალს.

საკითხის კვლევას ვაწარმოებდით 1953—55 წწ სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგიის კათედრის ლაბორატორიაში აკად. ი. ბერიტაშვილის ხელმძღვანელობით.

ც დ ე ბ ის შ ე დ ე გ ე ბ ი

უპირველეს ყოვლისა საჭირო იყო გალიზიანების ოპტიმალური სიხშირის განსაზღვრა. გალიზიანების შედარებით დაბალ სიხშირეებზე მდინარის კიბოს გაზის დამხურავი კუნთი ნელა და სუსტად იკუმშება. გალიზიანების სიხშირის ზრდის პარალელურად იზრდება კუნთის შეკუმშვის სიჩქარე და ინტენსიობა, რომელიც მაქსიმუმს აღწევს წამში 30—50 კვეთებისას.

ზემოთ აღნიშნულის საილუსტრაციოდ მოგვყავს სურ. 1, სადაც მოცემულია წამში 10, 15, 20, 30, 40 და 50 სიხშირის გამალიზიანებით მოქმედების შედეგები.



სურათი 1. მდინარის კიბოს გაზის ნერვ-კუნთის პრეპარატის შეკუმშვის ხასიათი გალიზიანების განხორციელებისას დაკავშირებით. ზემოდან ქვემოთ: გაზის დამხურავი კუნთის შეკუმშვის მრუდი; მამოძრავებელი ნერვის გალიზიანების სიგნალი გალიზიანების სიხშირის აღნიშვნელი ციფრებით. ქვემოთ—დრო 1" ფარგლებში

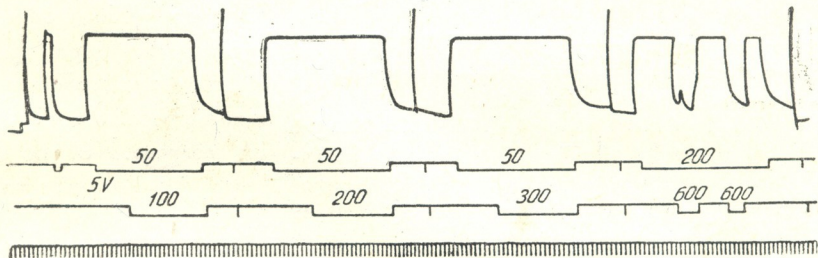
სურ. 1. მდინარის კიბოს გაზის ნერვ-კუნთის პრეპარატის შეკუმშვის ხასიათი გალიზიანების განხორციელებისას დაკავშირებით. ზემოდან ქვემოთ: გაზის დამხურავი კუნთის შეკუმშვის მრუდი; მამოძრავებელი ნერვის გალიზიანების სიგნალი გალიზიანების სიხშირის აღნიშვნელი ციფრებით. ქვემოთ—დრო 1" ფარგლებში

როგორც მიოგრამიდან ჩანს, გალიზიანების სიხშირის ზრდასთან ერთად იზრდება მექანიკური ეფექტის ინტენსიობა და წამში 30—50 კვეთებაზე ის მაქსიმუმს აღწევს. ამ ფაქტიდან გამომდინარე ჩვენს შემდგომ კვლევაში გალიზიანების საწყის ოპტიმალურ სიხშირედ ვიღებდით წამში 50 კვეთებას.

გალიზიანების სიხშირის შემდგომ გაზრდისას აღმოჩნდა, რომ მდინარის კიბოს გაზის ნერვ-კუნთის პრეპარატის მექანიკური ეფექტი ოპტიმალური მდგომარეობიდან პესიმალურში არ გადადის გალიზიანების ისეთ სიხშირეებზე,



როგორცაა წამში 100, 200 და 300. მე-2 სურათზე A. მიოგრამიდან ჩანს, რომ მამოძრავებელი ნერვის გალიზიანების სიხშირის გაზრდა წამში 50-დან 100-მდე არ ცვლის გაზის დამხურავი კუნთის შეკუმშვას. იგივე მდგომარეობა გვაქვს მაშინაც, როცა გალიზიანების სიხშირე იზრდება წამში 50-დან 200-მდე ან 50-დან 300-მდე (სურ. 2 B და B). მექანიკური ეფექტის ოპტიმალური მდგომარეობიდან პესიმალურში გადასვლა მხოლოდ იმ შემთხვევაში მიიღება, თუ გალიზიანების სიხშირე წამში 400—600-მდე ავა. Γ მიოგრამაზე (სურ. 2) ჩანს, რომ გალიზიანების გახშირებისას 50-დან 600-მდე წამში კუნთი თითქმის მთლიანად დუნდება, ე. ი. მექანიკური ეფექტი ოპტიმალური მდგომარეობიდან პესიმალურ მდგომარეობაში გადადის. გალიზიანების სიხშირის შემცირებისას კვლავ ოპტიმალური მდგომარეობა აღდგება. მაგრამ აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ შეკუმშვის ოპტიმალური მდგომარეობის აღსადგენად საჭირო არ არის გალიზიანების სიხშირის შემცირება წამში 50-მდე. მსგავსი მოვლენა ჩვეულებრივად მიიღება გალიზიანების სიხშირის შემცირებისას წამში 200—300-მდე (სურ. 2 Γ).



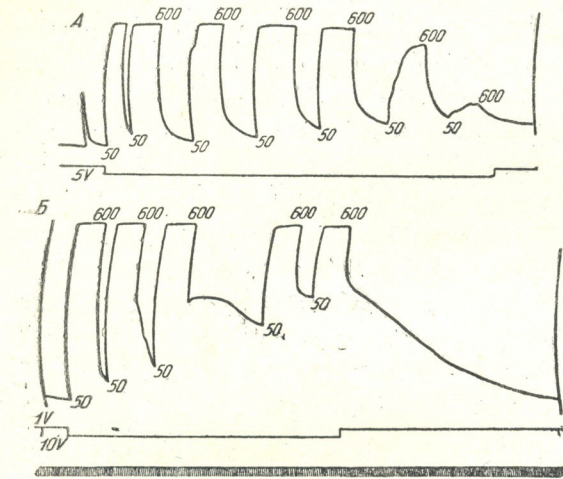
სურ. 2. მდინარის კიბოს გაზის ნერვ-კუნთის პრეპარატის მექანიკური ეფექტის ცვლილება გალიზიანების სიხშირის გაზრდისას. ზემოდან ქვემოთ: გაზის დამხურავი კუნთის შეკუმშვის მრუდი; მამოძრავებელი ნერვის ოპტიმალური გალიზიანების სიხშირე; გალიზიანების უფრო მაღალი სიხშირეზე გადასვლის სიხშირე. ქვემოთ — დრო 1" ფარგლებში. ციფრებით აღინიშნება გალიზიანების სიხშირე. გალიზიანების ძალა 5 v

მდინარის კიბოს ნერვ-კუნთის პრეპარატზე შეიძლება მექანიკური ეფექტის პესიმალური მდგომარეობის მიღება ე. წ. ტონური კომპონენტით. ეს ხდება მაშინ, თუ მეტ-ნაკლებად ძლიერი გამალიზიანებელი მოქმედებს ხანგრძლივად. ნათქვამის საილუსტრაციოდ მოგვყავს მე-3 სურათი.

ზედა მიოგრამაზე (A) გალიზიანების ძალა 5 ვოლტია (ზღურბლი 1 ვოლტი). გალიზიანების სიხშირე იცვლება წამში 50-დან 600-მდე, დასაწყისში პესიმუმის ფონზე ტონური კომპონენტი უმნიშვნელოა, მაგრამ ის შემდგომ თანდათანობით იზრდება. ქვედა მიოგრამაზე (B) გალიზიანების ძალა გაზრდილია 10 ვოლტამდე. ტონური კომპონენტი ძლიერდება და უფრო ადრე ჩნდება. ამის შესაბამისად შეკუმშვის მრუდი წამში 600 კვეთებაზე უფრო სუსტად ეცემა. როგორც ჩანს, აქ განსაზღვრულ როლს თამაშობენ კონტრაქტურული და ტონური ხასიათის შეკუმშვები.

მდინარის კიბოს ნერვ-კუნთის პრეპარატში პესიმუმის განვითარების პირობების გარკვევის შემდეგ საჭირო იყო დაგვედგინა, თუ სად ვითარ-

დება ეს მდგომარეობა—კუნთში თუ ნერვში. ამ მიზნით შემდეგი ცდა ჰევატარეთ. პესიმუმის დროს ნერვს ვალიზიანებლით ორი დამატებითი გამალიზიანებლით, რომელთაგან პირველი წყვილი ელექტროდები თავსდებოდა



სურ. 3. მდინარის კიბოს გაზის ნერვ-კუნთის პრეპარატის ოპტიმალური და პესიმალური ეფექტები ტონური კომპონენტით. A გალიზიანების ძალა უდრის 5 ვოლტს, B—გალიზიანების ძალა უდრის 10 ვოლტს. ციფრებით აღნიშნულია გალიზიანების სიხშირე

წერილია ცალკე ნერვის ინდუქციური დენის ტეტანური ვალიზიანებით პესიმალური ვალიზიანების ელექტროდებიდან პროქსიმალურ მხარეზე. მეორე მრუდი (B) ჩაწერილია ასეთივე ინდუქციური დენის ტეტანური ვალიზიანებით ამ ადგილიდან დისტალურ მხარეზე. ამის შემდეგ (B) ნერვი ღიზიანდება რელაქსაციური სტიმულატორით წამში 50 კვეთებისას, რაც იწვევს გაზის მაქსიმალურ დახურვას.

ვალიზიანების გახშირებისას წამში 500-მდე მყარდება პესიმალური მდგომარეობა, რომელსაც თან სდევს ტონური კომპონენტი. პესიმუმის ფონზე პესიმალური უბნის პროქსიმალურად მოქმედი დამატებითი გამალიზიანების მოქმედება მხოლოდ შეკუმშვის პესიმალური მდგომარეობის გაღრმავებას იწვევს, ხოლო ნერვის დამატებით ვალიზიანებისას პესიმალური უბნის დისტალურად მიიღება გაზის სრული დახურვა. რელაქსაციური სტიმულატორის იმპულსების შემცირებით წამში 50-მდე მექანიკური ეფექტი ოპტიმალურ მდგომარეობას უბრუნდება. ამ ვალიზიანების შეწყვეტის შემდეგ პროქსიმალურად მოქმედი დამატებითი გამალიზიანებელიც იწვევს კუნთის შეკუმშვას. ეს ფაქტი მიუთითებს იმაზე, რომ მდინარის კიბოს ნერვ-კუნთის პრეპარატის მექანიკური ეფექტის პესიმალური მდგომარეობა გაპირობებულია ნერვის პესიმუმით.

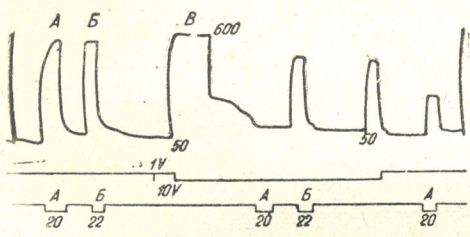
ზემოთ მოცემული მასალა მიღებულია გაზის დამხურავი კუნთის იზოტონური შეკუმშვის პირობებში, ამიტომ ამ ფაქტებით ძნელია ვალიზიანების სხვადასხვა სიხშირის დროს განვითარებულ შეკუმშვის ინტენსიობაზე

ელექტროდები თავსდებოდა პესიმალური უბნის ქვევით, ე. ი. კუნთთან ახლოს, ხოლო მეორე წყვილი—პესიმალური უბნის პროქსიმალურად. თუ პესიმუმის ფონზე ვიმოქმედებთ დამატებითი გამალიზიანებლით, პესიმალური უბნის დისტალურად, ე. ი. კუნთთან ახლოს, ის იწვევს გაზის დამხურავი კუნთის ნორმალურ შეკუმშვას, მაშინ როდესაც პესიმალური უბნის პროქსიმალურად მოქმედი დამატებითი გამალიზიანებელი კუნთის არავეთარ შეკუმშვას არ იძლევა. ასეთი ცდის შედეგები მოცემულია მე-4 სურათზე.

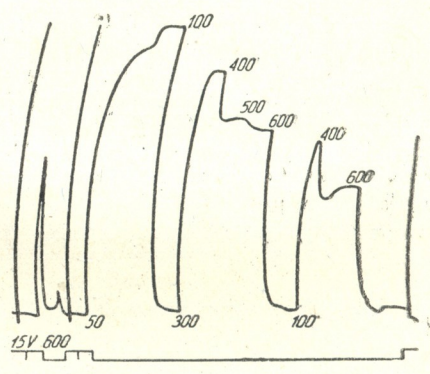
პირველი მრუდი (A) ჩაწერილია ცალკე ნერვის ინდუქციური დენის ტეტანური ვალიზიანებით პესიმალური ვალიზიანების ელექტროდებიდან პროქსიმალურ მხარეზე. მეორე მრუდი (B) ჩაწერილია ასეთივე ინდუქციური დენის ტეტანური ვალიზიანებით ამ ადგილიდან დისტალურ მხარეზე. ამის შემდეგ (B) ნერვი ღიზიანდება რელაქსაციური სტიმულატორით წამში 50 კვეთებისას, რაც იწვევს გაზის მაქსიმალურ დახურვას.

და დაბეჭე მსჯელობა. ამ მიზნისთვის უნდა ჩაგვეტარებინა იზომეტრული რეგისტრაცია, მით უმეტეს, რომ იზომეტრული რეგისტრაციის დროს კუნთის შეკუმშვის პესიმალური მდგომარეობის გამოვლენა უფრო ადვილია [6]. აქედან გამომდინარე ეს მოვლენები ჩვენ შევისწავლეთ მდინარის კიბოს გაზის დამხურავი კუნთის იზომეტრული შეკუმშვის პირობებშიც.

პირველ ყოვლისა აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ გალიზიანების ისეთ სისწირებზე, როგორცაა 100, 200 და 300 წამში, მდინარის კიბოს ნერვ-კუნთის პრეპარატის მექანიკური ეფექტის პესიმალური მდგომარეობა არ მიიღება იზომეტრული შეკუმშვის პირობებშიც. პირუკუ, წამში 200—300 სისწირებზე კუნთი ყველაზე დიდ დაბვას ავითარებს. პესიმალური მდგომარეობა მიიღება გალიზიანების იმავე სისწირებზე, რა სისწირებზეც მიიღება იზოტანური შეკუმშვის პირობებში.



სურ. 4. დამატებითი გამაღიზიანებლების მოქმედება პესიმალურ მდგომარეობაში მყოფ მდინარის კიბოს გაზის მამოძრავებელ ნერვზე. პესიმალური გაღიზიანება წარმოებს რელაქსაციური სტიმულიატორით. გაღიზიანების ძალა 10 ვოლტი. პესიმალური სისწირე წამში 500. დამატებითი გაღიზიანებები (A და B) წარმოებს ინდუქტორიუმის საშუალებით, სისწირე დაახლოებით წამში 50. ციფრები ქვემო სასიგნალო ხაზზე აღნიშნავენ ინდუქტორიუმის კოჭთაშორის მანძილს



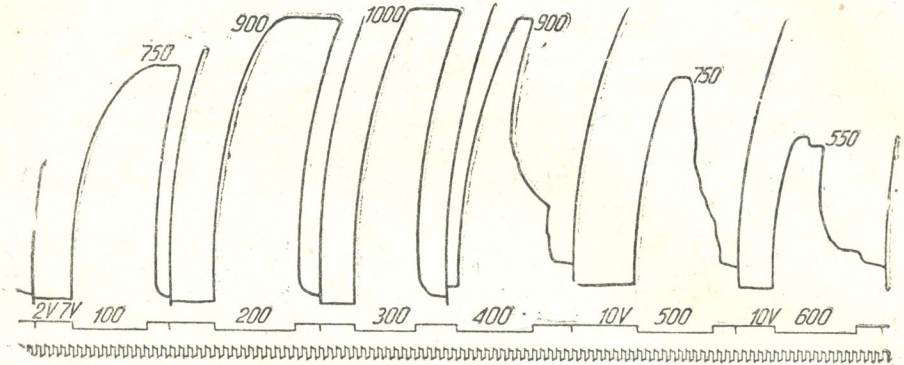
სურ. 5. მდინარის კიბოს გაზის დამხურავი კუნთის იზომეტრული შეკუმშვის პესიმალური და ოპტიმალური ეფექტები. ციფრებით მრუდზე აღნიშნულია გალიზიანების სისწირე გალიზიანების ძალა 15 ვოლტი

საინტერესოა აღინიშნოს, რომ წამში 600 კვეთებისას პირველად ვითარდება შესამჩნევი დაბვა, რომელიც შემდეგ მალე გადადის პესიმუმი. წამში 400 კვეთებაზე ვითარდება აგრეთვე ინტენსიური დაბვა, რომელიც შეინარჩუნება უფრო მეტი ხნის განმავლობაში, მაგრამ შემდეგ ისიც პესიმალურ მდგომარეობაში გადადის, ოღონდ ამ შემთხვევაში პესიმუმი ხშირად არასრულია.

მდინარის კიბოს გაზის დამხურავი კუნთის იზომეტრული შეკუმშვის პესიმალური მდგომარეობა მისი მამოძრავებელი ნერვის გაღიზიანების ისეთ სისწირებზე, როგორცაა 400—600 წამში, მიიღება ზეწლურბლოვანი გაღიზიანების ძალის ყოველგვარი ინტენსიობისას. ამის კარგი ილუსტრაცია წარმოდგენილია მე-5 სურათზე. გაღიზიანების ძალა 15 ვოლტია (ზღურბლი 1 ვოლტი). პირველი მრუდი ჩაწერილია წამში 600 სისწირებზე. როგორც ჩანს, დასაწყისში ვითარდება შესამჩნევი დაბვა, მაგრამ მალე გადადის პესიმალურ მდგომარეობაში. შემდეგ გაღიზიანება იწყება წამში 50 სისწირით. დაბვა აღწევს 400 გრამს. სისწირის გაზრდისას წამში 100-მდე დაბვა კიდევ უფრო



ძლიერდება (450 გრ). მაგრამ გალიზიანების სიხშირის გაზრდისას წამში 600-მდე მიიღება ძაბვის სრული პესიმუმი. კუნთის ძაბვა ოპტიმალურ მდგომარეობას უბრუნდება გალიზიანების სიხშირის შემცირებისას წამში 300-მდე და ა. შ.



სურ. 6. მდინარის კიბოს გაზის დამხურავი კუნთის ძაბვის ცვლილება გალიზიანების სხვადასხვა სიხშირეზე. ზედა ციფრებით მრუდებზე აღნიშნულია ძაბვა გრამობით; ქვედა ციფრებით (სასიგნალო ხაზზე)—გალიზიანების სიხშირე წამში. გალიზიანების ძალა 7 ვოლტი (ზღურბლი 1 ვოლტი)

ამრიგად, თუ იზოტონური შეკუმშვის დროს მდინარის კიბოს ნერვკუნთის პრეპარატში მექანიკური ეფექტის სრული პესიმუმი არ მიიღება ძლიერ გალიზიანებისას, ის კარგად მიიღება იმავე პირობებში იზომეტრული შეკუმშვისას.

შედეგების განხილვა

როგორც ზემოთ მოყვანილი ფაქტობრივი მასალიდან ჩანს, მდინარის კიბოს გაზის ნერვ-კუნთის პრეპარატის ოპტიმალური შეკუმშვა მიიღება გალიზიანების შედარებით ისეთ მაღალ სიხშირეზე, როგორიცაა 30—50 წამში, მაგრამ ის შეინარჩუნება წამში 200—300 კვეთების დროსაც. გალიზიანების სუბოპტიმალური სიხშირე იწვევს გაზის დამხურავი კუნთის ნელ და სუსტ შეკუმშვას.

მდინარის კიბოს გაზის ნერვ-კუნთის პრეპარატის პესიმალური მდგომარეობის მხრივ ყურადღებას იპყრობს შემდეგი ფაქტი: გალიზიანების ის სიხშირე (100—200—300 კვეთება წამში), რომელიც ბაყაყის ნერვ-კუნთის პრეპარატისთვის პესიმალურს წარმოადგენს, მდინარის კიბოს გაზის ნერვ-კუნთის პრეპარატში არ იწვევს პესიმალურ მდგომარეობას. მხოლოდ გალიზიანების სიხშირის გაზრდა წამში 400—600-მდე იწვევს მექანიკური ეფექტის სწრაფ დაცემას (პესიმუშს). ჩვენ გამოვარკვიეთ, რომ მდინარის კიბოს გაზის ნერვ-კუნთის პრეპარატის პესიმალური მდგომარეობა გაპირობებულია ნერვის პესიმუმიით. ეს ჩანს იქიდან, რომ პესიმუმის დროს ნერვის პესიმალური უბნის დისტალური მხარის და აგრეთვე კუნთის პირდაპირი გალიზიანების ზღურბლები არ იცვლება (სურ. 4).

იბადება კითხვა: გალიზიანების სიხშირის გაზრდისას გადადის თუ არა თვით მდინარის კიბოს გაზის დამხურავი კუნთი პესიმალურ მდგომარეობაში? თუ ზემოთ აღწერილი პესიმალური მდგომარეობა გაპირობებული იყო ნერვის

პესიმუმით, მაშინ კუნთის პესიმუმი, როგორც წესი, უნდა მიიღებოდეს გალიზიანების შედარებით დაბალ სიხშირეებზე. მსგავსი მოვლენა ახალ და ნორმალურ პრეპარატებზე ჩვენ მიერ არ ყოფილა შეინჩნეული. ჩვენ ვფიქრობთ, რომ მდინარის კიბოს კუნთოვანი სისტემა არ ემორჩილება პესიმუმ-ოპტიუმის კანონზომიერებას. ამ აზრის სასარგებლოდ ჩვენი ფაქტების გარდა შეიძლება მოყვანილ იქნეს აგრეთვე ლიტერატურული მონაცემები კიბოსნაირთა ნერვ-კუნთოვანი სისტემის ფიზიოლოგიიდან.

პარველდმა დაადგინა, რომ კიბოსნაირთა ერთ-ერთი წარმომადგენლის *Cambarus clarkii*-ის კუნთოვანი ბოჭკო პირდაპირ ვალიზიანებისას იგზნება ლოკალურად და აგზნების პროცესი დეკრემენტით ვრცელდება. მაგრამ ყოველი კუნთოვანი ბოჭკო ლეზულობს მრავალ ნერვულ დაბოლოებას (20-დან 40-მდე), ამიტომ ნერვული იმპულსების გავლენით კუნთი ერთდროულად იგზნება მრავალ ადგილას და ხდება სივრცითი სუმაციაცია, რის წყალობითაც კუნთი იგზნება და მთლიანად იკუმშება. ეს ფაქტი მიუთითებს იმაზე, რომ *Cambarus clarkii*-ის კუნთოვანი ბოჭკო არ ემორჩილება გავრცელებადი აგზნების კანონს. რამდენადაც ვალიზიანების პესიმალური ეფექტი გაპირობებულია აგზნებადი სისტემისათვის დამახასიათებელი რეფრაქტორული ფაზებით [2], ამდენად პესიმუმ-ოპტიუმის კანონზომიერება არ შეიძლება გავრცელდეს კიბოსნაირთა ნერვ-კუნთოვან სისტემაზე.

ჩვენ მიერ ზემოთ გამოთქმული მოსაზრების სასარგებლოდ ლაპარაკობს აგრეთვე მდინარის კიბოს გაზის დამხურავი კუნთის შეკუმშვის ძაბვის რეგისტრაცია მისი მამოძრავებელი ნერვის სხვადასხვა სიხშირით ვალიზიანებისას. როგორც ცნობილია, კუნთის შეკუმშვის ძაბვა იზრდება ვალიზიანების სიხშირის განსაზღვრულ ფარგლებში ზრდასთან ერთად. თბილისისხლიან ცხოველებთან ის მაქსიმუმს აღწევს წამში დაახლოებით 60 სიხშირით ვალიზიანებისას [7]. მდინარის კიბოს გაზის დამხურავი კუნთის შეკუმშვის ძაბვა იზრდება ვალიზიანების სიხშირის გაზრდასა წამში 300-მდე. მე-6 სურათზე წამში 100 კვეთებისას კუნთის ძაბვა უდრის 750 გრ. წამში 200 კვეთებისას — 900 გრ. წამში 300 კვეთებისას — 1000 გრ. ამის შემდეგ ვალიზიანების სიხშირის გაზრდით კუნთის შეკუმშვის ძაბვა მცირდება. წამში 400 კვეთებისას დასაწყისში ვითარდება ინტენსიური ძაბვა (900 გრ), რომელიც შემდეგ მალე გადადის პესიმალურ მდგომარეობაში. წამში 500—600 კვეთებისას კუნთის შეკუმშვის ძაბვის პესიმუმი კიდევ უფრო ღრმავდება.

საინტერესოა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ გაზის დამხურავი კუნთის ძაბვა ვალიზიანების ოპტიმალურ სიხშირეებზე (100, 200, 300 კვეთება წამში) ძალიან დიდია. ეს მოცემულ ობიექტთან გაცილებით მეტია, ვიდრე ხერხემლიან ცხოველთა ამავე სისქის კუნთებში. ეს მოვლენა ნაწილობრივ იმაზე უნდა იყოს დამოკიდებული, რომ კიბოსნაირთა სატაც კიდურების კუნთოვანი ბოჭკოები ლეზულობენ არა მარტო ერთ ნერვულ დაბოლოებას, არამედ მრავალს, რომლებიც ბოჭკოს მთელ სიგრძეზე ფარავენ. როგორც ცნობილია, კუნთის შეკუმშვის ძაბვა მით უფრო დიდია, რაც უფრო ბევრია ასეთი ნერვული დაბოლოებები [2].

მრავლობით მამოძრავებელ ინერვაციას დიდი ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს, — მიუთითებს ი. ბერიტაშვილი, — იმით, რომ ასეთი ინერვაციის წყალობით კუნთი უფრო ძლიერად იკუმშება და მეტ ძაბვას ავითარებს [2]. კიბოსნაირთა სატაცი კიდურების კუნთების ასეთნაირი აგებულების ბიოლოგიური მნიშვნელობა იმაში მდგომარეობს, რომ ამ კიდურებით ისინი პოულობენ საკვებს და იჭერენ მსხვერპლს. ამ ფუნქციის შესრულებისათვის სა-



ქირა არა მარტო ინტენსიური ძაბვის განვითარების უნარი, არამედ ძაბვის დიდხანს შენარჩუნების უნარიც. სწორედ ასეთი თვისებით არის აღჭურვილი მდინარის კიბოს გაზის დამხურავი კუნთი.

როგორც ჩანს, ერთხელობრივი ნერვული იმპულსები მდინარის კიბოს გაზის დამხურავ კუნთში ვერ იწვევენ მაქსიმალური შეკუმშვისათვის საჭირო ენერგეტიკულ პროცესებს. შეკუმშვის სრული აქტის მოსახდენად საჭიროა ნერვული იმპულსების რიგი. გალიზიანების ისეთი სიხშირისას, როგორცაა 100, 200, 300 წამში, ნერვული იმპულსები, რომლებიც ჯერ კიდევ ოპტიმალურ მდგომარეობაში იმყოფებიან, კუნთში იწვევენ მაქსიმალურ ენერგეტიკულ პროცესებს. ამიტომ ასეთ სიხშირეებზე შეინარჩუნება შეკუმშვის მრუდის ოპტიმალური დონე.

დასკვნები

1. მდინარის კიბოს გაზის ნერვ-კუნთის პრეპარატის გალიზიანების ოპტიმალური სიხშირის ქვედა ზღვარი წამში 30—50 კვეთებას უდრის. ოპტიმალური სიხშირის ზედა ზღვარი კი არის წამში 200—300 კვეთება. ოპტიმალურზე დაბალი სიხშირის გამალიზიანებელი იწვევს ნელ შეკუმშვას, რომელიც მით უფრო მცირე ინტენსიობისაა, რაც უფრო იშვიათია გალიზიანება.

2. მდინარის კიბოს ნერვ-კუნთის პრეპარატის მექანიკური ეფექტი ოპტიმალური მდგომარეობიდან პესიმალურში გადადის გალიზიანების მხოლოდ ისეთ სიხშირეზე, როგორცაა 400—600 კვეთება წამში. ეს პესიმალური ეფექტი გაპირობებულია არა კუნთის, არამედ ნერვის პესიმალური მდგომარეობით. ამას ნათლად ამტკიცებს ის ფაქტი, რომ პესიმუმის დროს ნერვის პესიმალური უბნის დისტალური მხარის და აგრეთვე კუნთის პირდაპირი გალიზიანების ზღურბლი არ იცვლება.

3. ის ფაქტი, რომ გალიზიანების სიხშირის გაზრდისას არ მიიღება კუნთის პესიმალური მდგომარეობა, აიხსნება იმით, რომ მდინარის კიბოს გაზის დამხურავი კუნთის ბოკკო ცალკეულ ნერვულ იმპულსს უპასუხებს ადგილობრივი აგზნებით, რომელსაც თან არ სდევს რეფრაქტორული ფაზები. კუნთოვანი ბოკკოს მთლიანი შეკუმშვა გაპირობებული უნდა იყოს მისი მრავლობითი ინერვაციით. უკანასკნელი უზრუნველყოფს კუნთოვანი ბოკკოს აგზნებას ერთდროულად მის მრავალ უბანში, რასაც თან სდევს კუნთის მთლიანი შეკუმშვა.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 30.11.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. С. Беритов. Учение об основных элементах центральной координации скелетной мускулатуры. Петроград, 1916.
2. И. С. Беритов. Общая физиология мышечной и нервной системы, т. I., М.—Л., 1947.
3. И. С. Беритов. Общая физиология мышечной и нервной системы, т. II., М.—Л., 1948.
4. Н. Е. Введенский. О соотношении между раздражением и возбуждением при тетанусе. Избр. произв. Москва, 1952.
5. Н. Е. Введенский. Возбуждение, торможение и наркоз. Избр. произв., М., 1952.
6. А. Гоциридзе. Исследование пессимального и оптимального эффектов мышц при разных условиях ее деятельности. Физиолог. журн. СССР, 19, 1935, 1031.
7. И. С. Беритов. Общая физиология мышечной и нервной системы. 1947.

მეცნიერებათა აკადემიის მოაზრება

ბ. მგელიშვილი

სისხლძარღვთა და ქსოვილთა რეაქციების ცვლილებები აცეტილ-
ქოლინის მრავალგზის მოქმედების შედეგად

(წარმოადგინა საპატიო აკადემიკოსმა ვ. ვორონინმა 21.9.1955)

წარსულში ჩვენ შევისწავლიდით აცეტილქოლინით გამოწვეულ კაპილარული სისხლის მიმოქცევის ფიზიოლოგიურ და პათოლოგიურ ცვლილებებს [5]. იმასთან დაკავშირებით, რომ ორგანიზმის ბუნებრივ პირობებში აცეტილქოლინის, რომელიც იწვევს ამა თუ იმ ფიზიოლოგიურ და პათოლოგიურ მოვლენებს, შეუძლია მოქმედებდეს ქსოვილზე მეტი ან ნაკლები დროის განმავლობაში, ისმებოდა საკითხი იმის შესახებ, თუ როგორ იცვლება სისხლძარღვთა და ქსოვილის რეაქციები აცეტილქოლინის მრავალგზისი, განმეორებითი მოქმედების დროს. აცეტილქოლინის მიმართ რეაქტიულობის შეცვლა ამ დროს მოსალოდნელი იყო კერძოდ იმიტომ, რომ ლიტერატურაში არსებობს მითითებანი აცეტილქოლინისა და ადრენალინის მიმართ ქსოვილთა რეაქტიულობის შეცვლაზე ამ ნივთიერების განმეორებით გამოყენებისას. ი. ბერიტაშვილი და ა. ბაკურაძემ [2] აღმოაჩინეს, რომ კატის ზურგის ტვინზე აცეტილქოლინის განმეორებით მოქმედებისას ტვინის საპასუხო რეაქცია თანდათან ისპობოდა, თუმცა პრეპარატის ზოგადი ფუნქციური მდგომარეობა არ იცვლებოდა. ამის მსგავსი მოვლენა აღწერა დ. კამერონმა [6] ადრენალინის მიმართ: ამ ნივთიერების ხანგრძლივი და განმეორებითი მოქმედების დროს თავს იჩენდა ადრენალინის მიმართ ქსოვილთა რეაქტიულობის დაქვეითება და მათი რეაქტიულობის კომპენსაციური მომატება პარასიმპათიკომიმეტურ ნივთიერებათა მიმართ.

ამავე დროს ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა მიმართ ქსოვილური სტრუქტურების ამგვარი ადაპტაციის მოვლენა ძნელად გასაგებს ხდოდა ვ. ვორონინისა და ი. გედევანიშვილის [3] მონაცემებს, რომელთა მიხედვით ქსოვილებში აცეტილქოლინის შეცულობის ხანგრძლივად გაზრდას შეუძლია გამოიწვიოს დენერვირებული კიდურის ძნელად შესახორცებელი ტროფიკული წყლულები. ამ საკითხის გასარკვევად ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა აცეტილქოლინის მრავალგზისი შეყვანის შედეგად სისხლძარღვთა და ქსოვილთა რეაქტიულობის შეცვლა.

მ ე თ ო დ ი კ ა

ცდები ტარდებოდა ალბინოსი შინაური კურდღლების ყურებზე. აცეტილქოლინის შეყვანა წარმოებდა ანოდიდან იონტოფორეზით, დენის მცირე

ძალის გამოყენებით (0,2—0,25 mA). შეყვანის ამ წესს ის უპირატესობა გააჩნია, რომ გამოორიცხულია ტკივილით გაღიზიანება და ქსოვილთა დამატებით ტრავმირება, რასაც აცეტილქოლინის შპრიცით შეყვანისას აქვს ადგილი.

ადგილობრივი სისხლის მიმოქცევის ცვლილებათა შესწავლა წარმოებდა მაკრო- და მიკროსკოპიულად. სისხლძარღვთა დიამეტრი იზომებოდა ბინოკულარული ლუბის (M-24) ოკულარული მიკრომეტრით. „სისხლძარღვთა ადგილობრივი რეაქციის“ [5] ფართობი პლანიმეტრიულად იზომებოდა. წარმოებდა სისხლძარღვოვანი რეაქციის ზოგადი სურათის ფოტოგრაფირება. განვითარებული შემუშავების სიდიდე და შემუშავების გაწოვა განისაზღვრებოდა ტექნიკური მიკრომეტრით, რომლითაც იზომებოდა ყურის ნიჟარის სისქე გარკვეულ მიდამოში.

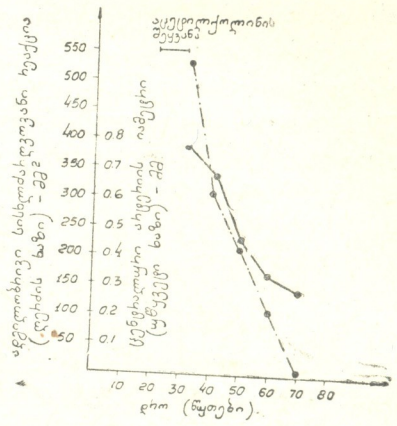
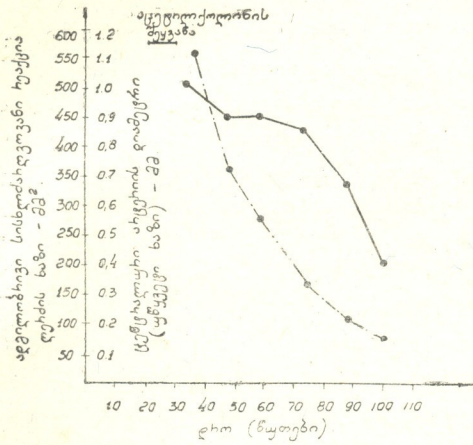
იმ მიზნით, რომ გაგვეჩვენა აცეტილქოლინის მიმართ ქსოვილისა და სისხლის ძარღვების რეაქტიულობა მისი განმეორებით შეყვანის დროს, ჩვენ ვიყენებდით ფუნქციურ სინჯებს: ამისათვის აცეტილქოლინი შეგვეყვავდა იონტოფორეზის საშუალებით, 10 წუთის განმავლობაში, პატარა ელექტროდებიდან, 450 მმ² ფართობით. ანოდს ვასველებდით გამოხდილ წყალზე მომზადებულ აცეტილქოლინის (1.10⁻³) და პროზერინის (1.10⁻⁴) ხსნარში. განმეორებით მრავალგზისი შეყვანა პროზერინიანი აცეტილქოლინისა (იმავე კონცენტრაციით) წარმოებდა 1650 მმ² ფართობის მქონე ელექტროდებით, რომელნიც ყურის ნიჟარის 3/4-ს იკავებდნენ.

ცდების შედეგები

ა) შინაური კურდღლის ყურის სისხლძარღვოვანი რეაქციების ცვლილებანი აცეტილქოლინის მრავალგზის მოქმედების შედეგად

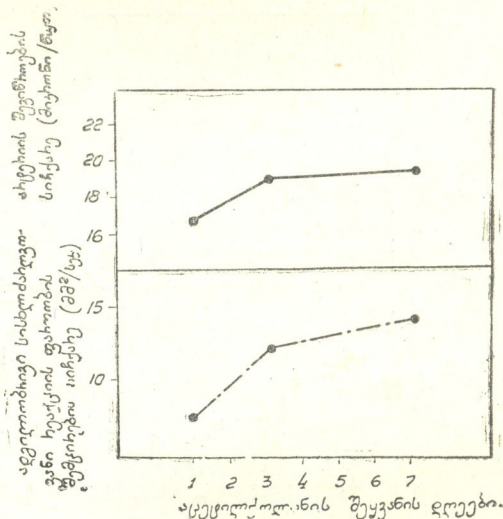
როგორც აღვნიშნავთ გამოკვლევებმა გვიჩვენა [5], შინაური კურდღლის ყურის სისხლძარღვოვანი რეაქციები ორგვარია. ერთი მხრივ, აცეტილქოლინის შეყვანის მიდამოში აღინიშნება დიფუზური სიწითლე წვრილი ყალიბის სისხლის ძარღვების გაგანიერების გამო— „ადგილობრივი სისხლძარღვოვანი რეაქცია“, ხოლო, მეორე მხრივ, უფრო მსხვილი ყალიბის არტერიებისა და ვენების გაგანიერება, რაც ჩვეულებრივ რამდენიმედ უფრო მეტ მიდამოს იკავებს, ვიდრე ადგილობრივი სისხლძარღვოვანი რეაქცია.

ყურის ნიჟარის ცენტრალური არტერია, რომელიც ყოველთვის განიერდება აცეტილქოლინის შეყვანის შედეგად, ელექტროდების მოცილების შემდეგ იწყებდა თანდათან შევიწროებას. ამ სისხლის ძარღვის პირველდაწყებითი გაფართოება არ შეიძლებოდა გამოგვეყენებინა რეაქტიულობის ტესტად აცეტილქოლინის მიმართ, ვინაიდან არტერიის საწყისი დიამეტრი მისი სანათურის პერიოდულ (შიფის) რხევებთან დაკავშირებით მეტად ცვალებადია, რის გამოც დამაჯერებელი მონაცემების მიღება შეუძლებელი იყო. მაგრამ აცეტილქოლინის შეყვანის შემდეგ შიფის რხევები ქრებოდა არტერიის გაგანიერებისა და მომდევნო შევიწროების მთელი პერიოდის მანძილზე. ელექ-



სურ. 1. აცეტილქოლინის ეოთჯვრადი შეყვანის ცენტრალური აუტორიას სიანდათან შევიწროებას (ტუწყვეტი ხაზი) და ადგილობრივი სისხლძარღვოვანი რეაქციის შემცირებას (ღერძის ხაზი). ა—მუშაობის დასაწყისში, ბ—დღის შემდეგ, რომლის განმავლობაშიც აცეტილქოლინი 14-ჯერ იქნა შეყვანილი ყურის ნიჟარაში

ტროლებს მოხსნის შემდეგ ყოველ 10 წუთში ვზომავდით არტერიის დიამეტრს და ვსაზღვრავდით მისი შევიწროების სიჩქარეს, რაც გამოვიყენეთ აცეტილქოლინის მიმართ არტერიის რეაქტიულობის ტესტად. ცდებმა გვაჩვენა, რომ აცეტილქოლინის მრავალჯერადი მოქმედების შემდეგ არტერიის შევიწროების სიჩქარე იზრდება, ანუ არტერია სწრაფად ვიწროვდება. სურ. 1, ა და ბ-ზე ნაჩვენებ ფუნქციურ სინჯებს შორის გაიარა ექვსმა დღემ, რომელთა განმავლობაში არტერიის მიდამოში აცეტილქოლინი 14-ჯერ შევიყვანეთ. ამ დროს არტერიის შევიწროების სიჩქარე გაიზარდა 16,8 μ /წუთიდან 19,5 μ /წუთამდე. ამის მიხედვით შეიძლებოდა დაგვესკვნა, რომ ადგილი ჰქონდა არტერიული სტრუქტურების ადაპტაციას აცეტილქოლინისადმი.



სურ. 2. შინაური კურდღლის ყურის ცენტრალური არტერიის შევიწროების სიჩქარის და ადგილობრივი სისხლძარღვოვანი რეაქციის ფართობის შემცირების ცვლილებანი აცეტილქოლინზე ფუნქციური სინჯების დროს, შეიდი დღის განმავლობაში აცეტილქოლინის მრავალჯერადი შეყვანისას

ტესტი იყო დიფუზური სიწითლას—ადგილობრივი სისხლძარღვოვანი რეაქ-

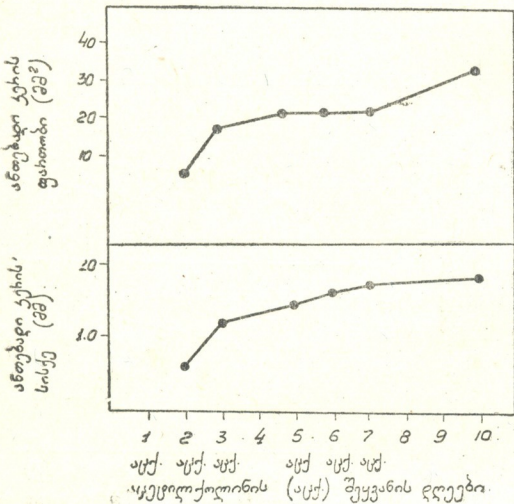


ციის ფართობის შეცვლა. როგორც ნაჩვენებია სურ. 1, ა და ბ-ზე, აცეტილქოლინის ნრაველგზისი შეყვანის შემდეგ ადგილობრივი სისხლძარღვოვანი რეაქციის ფართობის შემცირების სიჩქარე იზრდება. ამ ზრდის სიჩქარე ნაჩვენებია სურ. 2-ზე. იგი იზრდებოდა 5 მმ²/წუთიდან 17,5 მმ²/წუთამდე, ანუ 3,5-ჯერ. ასეთი ცვლილებებიც მიუთითებენ აცეტილქოლინისადმი წვრილი ყალიბის სისხლის ძარღვების შეგუებაზე, ადაპტაციაზე.

ბ) ქსოვილის ანთებადი რეაქცია აცეტილქოლინის განმეორებით შეყვანაზე

თუ შემოაღნიშნული სისხლძარღვოვანი რეაქციები აცეტილქოლინზე მისი განმეორებით შეყვანის შედეგად სუსტდებოდა, მეორე მოვლენა—ანთება ჩნდებოდა მხოლოდ აცეტილქოლინის განმეორებით შეყვანის პირობებში.

აცეტილქოლინის მრავალგზის განმეორებით შეყვანის შემდეგ, ადგილობრივი სისხლძარღვოვანი რეაქციის ფონზე, მცირე მიდამოში ვითარდებოდა უფრო ინტენსიური სიწითლე, რომელიც აღწერილ სისხლძარღვოვან რეაქციაზე გაცილებით უფრო დიდხანს რჩებოდა (ადგილობრივი სისხლძარღვოვანი რეაქცია ჩვეულებრივ ერთ-ერთნახევარ საათში ქრებოდა). იმავე ადგილას აცეტილქოლინის განმეორებით შეყვანის შედეგად ჩნდებოდა მკვეთრად გამომხატული სიწითლე შემუშებეთა და ქსოვილის ინფილტრაციით, რომლის



სურ. 3. შინაური კურდღლის ყურის ნიჟარის ანთებადი კერის ფართობის შემცირება და ქსოვილის ინფილტრაციის მომატება რიგი დღეების განმავლობაში აცეტილქოლინის მრავალგზის შეყვანისას

ცენტრში ხშირად ჩირქგროვა იჩენდა თავს. ყველა ნიშნის მიხედვით ეს ცვლილებანი ტიპობრივ ანთებას წარმოადგენდა.

შინაური კურდღლის ყურის ნიჟარის ანთება ჩვეულებრივ ვითარდებოდა აცეტილქოლინის შეყვანის მეორე-მესამე-მეოთხე დღეზე (მისი ყოველდღიური სამჯერადი შეყვანისას 15 წუთის განმავლობაში). ანთება ჩნდებოდა მომცრო კერის სახით, უფრო ხშირად სისხლძარღვოვანი რკალის მიდამოში ან მის ახლოს—ყურის ნიჟარის დისტალურ ნაწილში. აცეტილქოლინის შეყვანის გაგრძელების შემ-

თხვევებში აღმოცენებული ანთების კერა იზრდებოდა, ამასთან იმატებდა მისი ფართობი, შეშუპების სიდიდე და ქსოვილის ინფილტრაცია (სურ. 3). ამასთან ერთად ჩნდებოდა ანთების სხვა კერებიც, რომელნიც თავის მხრივ

თანდათან დიდდებოდნენ. დამახასიათებელია, რომ შინაური კურდღლის ყურის ნიჟარაზე ტიპობრივი ანთებადი სიწითლე აცეტილქოლინის განმეორებით მოქმედების შედეგად პირველ რიგში იმ მიდამოებში ჩნდებოდა, სადაც ადგილი ჰქონდა რაიმე დამატებით ტრავმას, მაგალითად, თუ იყო შპრიცის ნემსით ნაჩხვლეტი ადგილი, პატარა ექსკორიაცია და ა. შ. ამ შემთხვევაში ანთებადი სიწითლე ჩნდებოდა ყოფილი ტრავმის ადგილის ირგვლივ.

ცხრილი

აცეტილქოლინის გავლენა შინაური კურდღლის ყურის ნიჟარაში მიმდინარე ანთებადი პროცესის მიმდინარეობაზე (შდრ. სურ. 4)

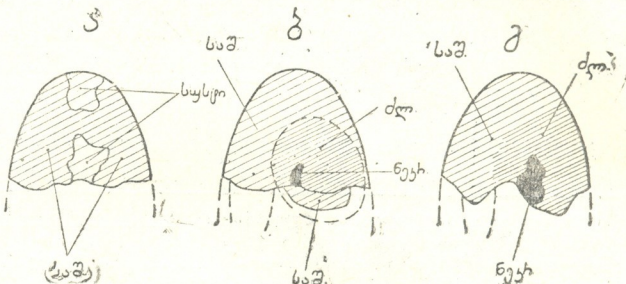
რიცხვი	აცეტილქოლინის შეყვანა (ყურის ნიჟარის უკანა ნაწილში, ანთების საზღვარზე. სურ. 4, ბ-ზე შემოხაზულია წყვეტილი ხაზით)	ანთებადი რეაქციის ხასიათი	
		აცეტილქოლინის შეყვანის მიდამოში	დამწვარი ყურის სხვა ნაწილებში
5 თებერვალი, 1954 წ. 12 ს. 00 წ.	წყლით გამოწვეული დამწვრობა, ტემპერატურა 52°C სამი წუთის განმავლობაში	საშუალო ინტენსივობის სიწითლე (სურ. 4, ა).	საშუალო ინტენსივობის სიწითლე
5 თებერვალი, 1954 წ. 12 ს. 30 წ.	აცეტილქოლინის შეყვანა ხანგამოშვებით: 5 წუთი შეყვანა, 5 წუთი შესვენება, 2 საათისა და 25 წუთის განმავლობაში	მკრთალი მიდამო უფრო ინტენსიურად შეიფერა, სიწითლე რამდენადმე გავრცელდა საღ ქსოვილზე	იგივე. წინა მიდამოში სიწითლე და შეშუპება რამდენადმე გავრცელდა ყურის ფუჩისაკენ (როგორც ჩვეულებრივ)
8 თებერვალი, 1954 წ.	—	სიწითლე უფრო ინტენსიურია, ვიდრე წინა მიდამოში. სუსტი ანთებადი სიწითლე ჩანს ყურის დაუმწვარ მიდამოშიც (სურ. 4, ბ)	ი გ ი ვ ე
11 თებერვალი, 1954 წ.	—	სიწითლე გავრცელდა დაუმწვარ მიდამოზეც ელექტროლის მდებარეობის შესაბამის დ. ამ უკანასკნელის შუა მიდამოში ნეკროზია (სურ. 4, ბ).	ი გ ი ვ ე

აცეტილქოლინის მრავალჯერადი მოქმედების შედეგად ანთების განვითარება დამოკიდებული იყო აცეტილქოლინისადმი ქსოვილის მგრძობიარობაზე. ასე, შინაური კურდღლის ყურის ნიჟარის დესიმპათიზაციის შემდეგ, როდესაც ყურის სისხლის ძარღვებისა და ქსოვილის მგრძობიარობა აცეტილქოლინისადმი იზრდებოდა, ანთება უფრო ადვილად ვითარდებოდა. ანთების გამოსაწვევად საკმარისი იყო აცეტილქოლინის ნაკლები დოზა, ხოლო ანთებადი პროცესი უფრო მკვეთრად ვითარდებოდა: ანთებადი სიწითლე გაცილებით უფრო ინტენსიური იყო, შეშუპება და დაჩირქება—მეტი.

ამ მონაცემებთან დაკავშირებით წამოიჭრა საკითხი: რა გავლენას მოახდენდა აცეტილქოლინი სხვა ფაქტორებით გამოწვეული ანთებადი პროცესის



მსვლელობაზე? ამ მიზნით შინაური კურდღლის ყურზე ვიწვევდით მსუბუქ დამწვრობას (წყლით 52°C, 3 წუთის განმავლობაში), შემდეგ კი შეგვყავდა აცეტილქოლინი. ასეთი ცდის მაგალითი მოყვანილია ცხრილში და სურ. 4-ზე. ცხრილიდან ჩანს, რომ აცეტილქოლინი აძლიერებს ანთებას, ხელს უწყობს მის გავრცელებას საღ ქსოვილზე, ამასთან ანთების დემარკაციის არაერთი ნიშანი არ ჩანს.



სურ. 4. აცეტილქოლინის გავლენა შინაური კურდღლის ყურის ნიჟარაში ასეპტიკურ ანთებაზე (იხ. ცხრილი). ა—დამწვრობიდან 30 წუთის შემდეგ; ბ—მესამე დღეს (აცეტილქოლინის შეყვანის ფართობი აღნიშნულია წყვეტილი ხაზით); გ—მეექვსე დღეს. აღნიშვნები: სუსტი—სუსტი ანთებადი სიწითლე; საშ.—საშუალო ინტენსივობის სიწითლე; ძლი.—ძლიერი სიწითლე; ნეკრ.—ნეკროზის ადგილი.

ამრიგად, აცეტილქოლინის მრავალგზის შეყვანის შედეგად ანთების გამოწვევისა და მიმდინარეობის მხრივ არ აღინიშნებოდა რაიმე ტენდენცია შეგუების, ადაპტაციისა. პირუტყუ, ადგილი ჰქონდა ანთების გაძლიერებას.

შედეგების განხილვა

წინამდებარე ნაშრომმა დაადასტურა სხვა ავტორების მონაცემები იმის შესახებ, რომ ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა განხეორებით მოქმედების შედეგად (აცეტილქოლინი ბერიტაშვილისა და ბაკურაძის (1940) [2] ცდებში და ადრენალინი კანერონის (1946) [6] ცდებში) შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ამ ნივთიერებათა დამი ქსოვილთა შეგუებას (ადაპტაციას). მაგრამ ჩვენმა ცდებმა გვაჩვენა, რომ შეგუების ნოვლენას ადგილი აქვს მხოლოდ სუფთა ფიზიოლოგიური ეფექტების—სისხლძარღვოვანი რეაქციების მხრივ. რაც შეეხება აცეტილქოლინით გამოწვეულ სუფთა პათოლოგიურ ცვლილებებს, ისინი კი არ მცირდებიან აცეტილქოლინის განმეორებით მოქმედების შედეგად, არამედ ძლიერდებიან.

ადრინდელმა ცდებმა [5] გვაჩვენა, რომ აცეტილქოლინის ერთგზის მოქმედებას გარკვეულ პირობებში შეუძლია გამოიწვიოს კაპილარული სისხლის მიმოქცევის ისეთი პათოლოგიური ცვლილებები, როგორცაა სტაზი კაპილარებში, ერთთროციტების დიაპედეზი და ქსოვილის შეშუპება. იმის გამო, რომ კაპილარული სისხლის მიმოქცევის ეს მოწლილობანი ანთების კომპონენტებს წარმოადგენს, შეიძლება დავუშვათ, რომ ანთება, რომელიც აცეტილქოლინის მრავალგზისი მოქმედებით არის გამოწვეული, ვითარდება აღნიშნულ მოწლილობათა გაძლიერების (ამ მოვლენებს ჩვენ ვაკვირდებოდით ბაყაყის ენაზე [5]) და ქსოვილში სხვა ალტერაციული ცვლილებების შედეგად. ლიტერატურაში უკვე დაგროვდა მონაცემები ზოგი პათოლოგიური პროცესის

განვითარებაში აცეტილქოლინის შესაძლებელი მონაწილეობის შესახებ. ასეთი პროცესებია კუჭის წყლული (დ. ალპერნი, [1]; ზ. მლაღენოვი, [4]) და კიდურების ტროფიკული წყლულები (ვ. ვორონინი და ი. გედევანიშვილი, [3]). ექვსგარეშეა, აცეტილქოლინის ხანგრძლივი მოქმედების შედეგად ქსოვილებში პათოლოგიურ ცვლილებებს რომ გამოემქლავნებინათ ტენდენცია შემცირებისადმი და ადგილი არ ჰქონოდა მათ გაძლიერებას, შეუძლებელი იქნებოდა წარმოგვედგინა, რომ აცეტილქოლინს შეუძლია ორგანიზმში გამოიწვიოს ქრონიკული პათოლოგიური პროცესები.

როგორც გვაჩვენა ვ. ვორონინისა და ი. გედევანიშვილის შრომებმა, რომელთა შედეგები შეჯამებულია მათ მონოგრაფიაში [3], შინაური კურდღლის დენერვირებულ კიდურში ტროფიკული წყლულები ვითარდება კიდურში აცეტილქოლინის დაგროვებასთან დაკავშირებით. ეს წყლულები ვითარდება, უპირველეს ყოვლისა, ქუსლის ძვლის მიდამოში, ე. ი. კიდურის ყველაზე მეტად ტრავმირებულ მიდამოში; ამასთან, წყლულის განვითარების მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს ამ მიდამოს დებილაცია, რომლის დროსაც კანი ადვილად ზიანდება. ჩვენი ცდები შესაბამისად გვიჩვენებს, რომ აცეტილქოლინით ქსოვილებში გამოწვეული პათოლოგიური ცვლილებანი, რონელნიც ბოლოს შინაური კურდღლის ყურის ნიჟარაში ანთების განვითარებას იწვევენ, ასევე პირველ რიგში იქ გამოემქლავნებიან, სადაც დამატებითი ტრავმა არსებობდა.

შემდეგ, ჩვენი ცდები გვიჩვენებს, რომ აცეტილქოლინს შეუძლია გავლენა მოახდინოს სხვა ფაქტორებით გამოწვეული ანთებადი პროცესის მიმდინარეობაზე. ეს ფაქტი დიდ ინტერესს იმსახურებს იმასთან დაკავშირებით, რომ აცეტილქოლინი ნერვული იმპულსების „მედიატორს“ წარმოადგენს.

დასკვნები

1. შინაური კურდღლის ყურის ნიჟარაზე აცეტილქოლინის მრავალჯერის მოქმედების შედეგად ადგილი აქვს სისხლძარღვთა კედლების აცეტილქოლინისადმი შეგუების (ადაპტაციის) მოვლენას.

2. ქსოვილზე აცეტილქოლინის მრავალჯერის მოქმედება ავითარებს ანთებას, რომელიც აცეტილქოლინის შემდგომი მოქმედების შედეგად ძლიერდება.

3. აცეტილქოლინი გავლენას ახდენს სხვა ფაქტორებით გამოწვეული ასეპტიკური ანთების მიმდინარეობაზე და, ალბათ, შეუძლია მონაწილეობა მიიღოს ორგანიზმში ანთებადი პროცესების განვითარებაში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ი. ბერიტაშვილის სახელობის

ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

თბილისი

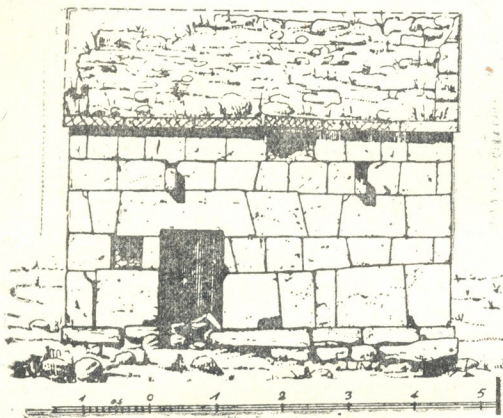
(რედაქციას მოუვიდა 21.9.1955)

დასომწვებული ლიტერატურა

1. Д. Е. Альперн. О нейро-гоморальном механизме возникновения язвенной болезни. Врач. дело, № 1, 3—10, 1948.
2. И. С. Беритов и А. Н. Бакурадзе. О действии апетилхолина на спинной мозг. Физиол. жур. СССР, 28, 3—17, 1940.
3. В. В. Воронин и И. Д. Гедеванишвили. Трофическая язва. Тбилиси, 1955.
4. З. Младенов. Экспериментальные исследования острых язвенных заболеваний желудка и двенадцатиперстной кишки. 1-е сообщение. Изв. на Инст. эксп. ветер. мед. (София), 3, 33—46, 1954.
5. Г. И. Мchedlishvili. Физиологические и патологические изменения капиллярного кровообращения, вызываемые апетилхолином. Труды Ин-та физиологии им. И. С. Бериташвили АН ГССР, 10, 281—307, Тбилиси, 1956.
6. D. E. Samedon, Progr. in neurol. a. psychiat., 3, 507—524, 1946.

მომიდ[გეს]) დანარჩენი ასოები არ ირჩევა, ვინაიდან ცეცხლის ნთებისაგან დამწვარია) (1).

აღმოსავლეთ სარკმლის ნახევარწრისებრი ფორმა შენობის შიგნიდან



სურ. 2

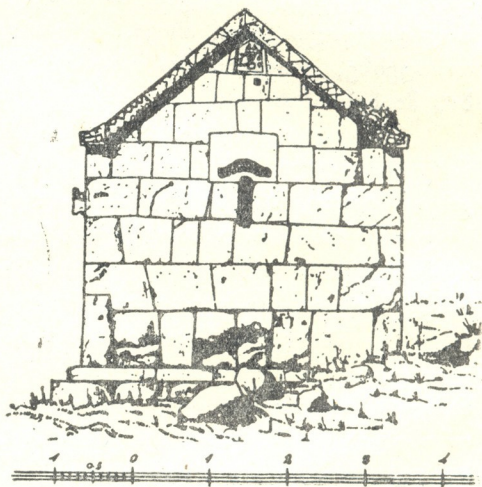
ორი ქვა—ფასადების კუთხეებიდან რომლებიც კედლის სიბრტყიდან წინ არის გამოწეული კრონშტეინებად. ჯერჯერობით ძნელია თქმა, ეს შვერილები საყრდენი იყო თუ სხვა რამ (განსაკუთრებული დანიშნულებების შვერილები გვხვდება რაჭის ზოგიერთ ძეგლებში). აღმოსავლეთისა და დასავლეთის ფასადებზე (სურ. 3, 4) შემკულია სარკმლების თავები და კეხსქვეშათა ქვები. შენობაზე შემკულია აგრეთვე თაროსებრი კარნიში. შენობის შიგნით მორთულია დასავლეთის სარკმლის თავი და შესასვლელის პირდაპირ კამარის ერთ-ერთი ქვა.

წმ. თევდორეს ეკლესიის

წარწერები X საუკუნისაა. წარწერები ასომთავრული დამწერლობითაა შე-

კობტად არის გამოყვანილი. შესასვლელის ზედა ნაწილი ოდნავ შეჭრილია ბალავრის ქვაში, იგი სწორკუთხაა, შიგნიდან ნახევარწრისებრი ტიმპანით. საკურთხევლის წინ, აფსიდის სვეტისთაგანების ქვედა ქვებზე ხვრეტებია, რომლებშიც კანკელი ყოფილა ჩანაგრებული. აფსიდის შუა ნაწილში კედელზე მიდგმულია ტრაპეზის ქვა, რომლის სიმაღლე 112 სმ, სიგანე კი—58 სმ.-ია.

ფასადები გარედან მარტივად აღმუშავებული. სამხრეთის ფასადზე (სურ. 2) ჩამოსულია შემოდან ჩაჭრილი პროფილირებული ერთნაირი მანძილით დაშორებულნი,



სურ. 3

(1) ჯავახეთის ძეგლებში კედლის მხატვრობა მეტად იშვიათი მოვლენაა, ამიტომ დიდ ინტერესს წარმოადგენს წმ. თევდორეს ეკლესიის მხატვრობის შესწავლა.

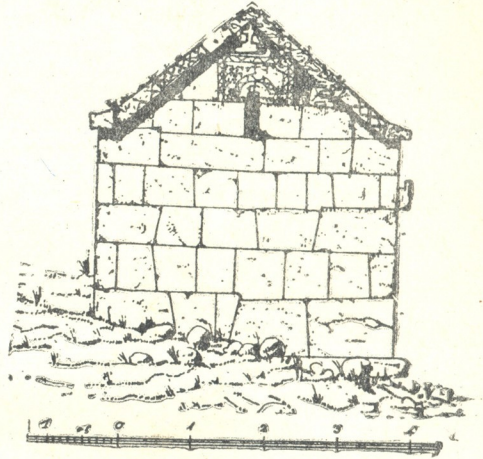
აღნიშნული მხატვრობა ინახულა ხელმოწევათმცოდნეობის კანდიდატმა თ. ვირსალაძემ, რომელმაც მხატვრობა X ს. მიიჩნია.

სრულებული. ტრაპეზის ქვაზე ამოკვეთილია ეკლესიის სამშენებლო წარწერა¹ თარიღით¹ (სურ. 6).

**სეზოდ იძუტ კუჩქაჲ ზუტ კაძუტ ხუძუტ
 ზუტ ზუღუდუთა უხუზუტაჲნი უცდ სუ**

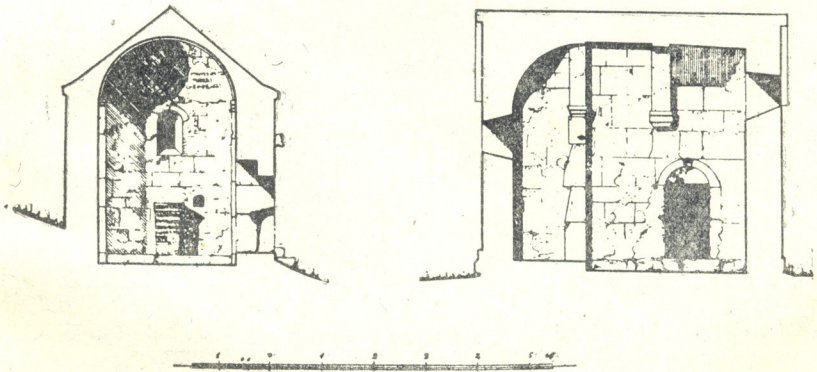
ქარაგმების გახსნით:

ს[ა]ხ[ელ]ითა ღ[მ]რთისაღ[თ]ა მე ჩქრმან (ჩქარმან, ჩუქურმან) და ძმ[ა]თა ჩემთა დავდგით ესე ეკლეს[ია]ჲ ქ[ო]-რ[ონი]კ[ო]ნი იყო სიე (215), ე. ი. 215+780=995 წ., ტრაპეზი მაგარი ჯიშის ქვაა და წარწერა თავდაპირველი სახითაა შენონახული. სიტყვებს ქარაგმები და განკვეთილობის ნიშნები არ აქვს. ეს წარწერა ტიპურია X საუკუნისათვის. მისთვის დამახასიათებელია ორხაზოვანი სისტემიდან ასოების გამოვარდნა, მაგ. **უხუზუტა, უს** (ს—ასო ჩამოშვებულია ხაზის ქვემოთ) (სურ. 6) ამ ეპოქისათვის ტიპურია აგრეთვე შიღიერად წინ წაწეული თავით.



სურ. 4

დასავლეთის სარკმლის ზედა ქვაზე მოთავსებულია მეორე წარწერა (სურ. 7) **ჰიშუზუსტ ას[ლ]ც[ლ]ხ[ს]უსტს**, ე. ი. „მკვდლის არს გაბლისას“.

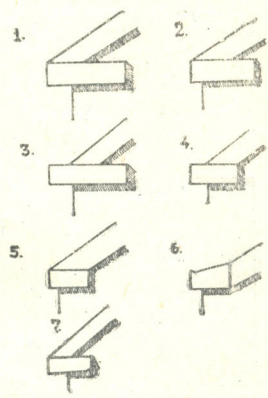


სურ. 5

წარწერის შინაარსი გაუგებარია. შეიძლება მხოლოდ გავიხსენოთ, რომ ამ ეკლესიის მშენებელი, გადმოცემით, ვიღაც ოქრომჭედელი ყოფილა.

(¹ ვ. ცისკარი შვილს გამოქვეყნებული აქვს აღნიშნული წარწერა (ვ. ცისკარი შვილი—წარწერები ასპინძის რაიონიდან, მასალები საქართველოსა და კავკასიის ისტორიისათვის, ნაკვ. 30, თბილისი, 1954, გვ. 167—168), რომელშიც მას მოცემული აქვს რამდენიმე არაზუსტად განსაზღვრა. მაგ., იგი ეჭვობს, თითქოს „სვეტი“, რომელზედაც წარწერაა მოცემული, არაა

ების გადაწყვეტა, რომელიც მარტივი თაროსებრი კარნიზის თანდათანობით განვითარების ეგებ საბოლოო სახედ ჩავთვალთ. საერთოდ მარტივი თაროსებრი კარნიზი ძველი პერიოდიდან (IV საუკ.), განსაკუთრებით კი VII საუკ. მეორე ნახევრიდან X საუკუნის ჩათვლით გვხვდება ქართულ ხუროთმოძღვრულ ძეგლებში, ხოლო XI საუკ. თითქმის ქრება და გზას უთმობს პროფილირებულ კარნიზს. თუ ზოგიერთ ძეგლს დავალაგებთ კარნიზის კუთხეების გადაწყვეტის მიხედვით, (სურ. 8) დავინახავთ, რომ თაროსებრი კარნიზის კუთხეების გადაწყვეტა საუკუნეების მანძილზე გარკვეული კანონზომიერებით იცვლებოდა¹. კერძოდ, თუ პირველ ხანებში დახრილი კარნიზი ჰორიზონტალურ კარნიზის გადანაკეცს დასაწყისში ებჯინებოდა და მათ შორის კუთხე ჩნდებოდა, მაგ. ნეკრესი—IV საუკ. ([1], გვ. 26), სამწევრისი—VII საუკ., შემდეგ დახრილი კარნიზი გადანაკეცს უკვე თანდათან შორდება, მაგ. პანტიანი (დმანისის რაიონი სოფ. პატარა გონარეთთან). ხოლო IX—X საუკ. დახრილი კარნიზი გადანაკეცს უკვე ბოლოზე ემთხვევა, მაგ. ფია—წმ. გიორგი IX—X საუკ., კაჭიო—X საუკ. ამის შემდეგ დახრილმა კარნიზმა გადანაკეცის დასაწყისიდან ბოლომდის იმოდრავა და შექმნა კიდევ ახალი ვარიანტი, რომლის დროსაც დახრილი კარნიზი მთლიანად ემთხვევა გადანაკეცს—ერედვი, 906 წ., ტამალა. X საუკუნის დამლევისთვის დახრილი კარნიზი (რომელიც თანდათან შორდება გადანაკეცს) ზემოდან კი აღარ ებჯინება გადანაკეცს, არამედ ჩამოშორდა და გვერდიდან უერთდება მას. მაგალითად, ფიის წმ. თევდორეს ეკლესია—995 წ. X საუკუნეში, როდესაც პროფილირებულმა კარნიზმა ფართოდ მოიკიდა ფეხი (თაროსებრი კარნიზის პარალელურად), მარტივი თაროსებრი კარნიზი კვლავ უბრუნდება ძველი პერიოდის, კერძოდ, ნეკრესის კარნიზის გადაწყვეტას—უბისი, მზისა (ქლუხორის რაიონი) და პტენა (ჯავახეთში), მაგრამ სრულიად ახალი აგებითა და პროპორციებით.



სურ. 8. 1—ნეკრესი, 2—სამწევრისისი, 3—პანტიანი, 4—კაჭიო, ფიის წმ. გიორგი, 5—ერედვი, ტამალა, 6—ფია—წმ. თევდორე, 7—უბისი, პტენა

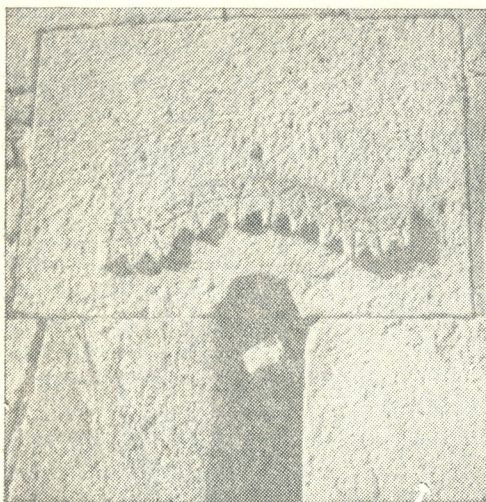
ნაგებობის შიგნით მარტივ სვეტისთავეებს, რომლებიც აფსიდის პილასტრებზეა მოთავსებული, და კრონშტეინებს დახვეწილი ფორმები აქვთ, განსაკუთრებით კრონშტეინებს, რომლებიც ჰარმონიულად ეთანხმებიან თაღის ქუსლებს.

საერთოდ, ეკლესია გარედან და შიგნიდან ძალიან სადადაა შემკული; მაგრამ სამკაულების განაწილებაში აღარაა შემთხვევითობა და უსისტემობა, რაც VIII—IX სს. ძეგლებზე ხანდახან გვხვდება. წმ. თევდორეს ეკლესიის სამკაულების განლაგებაში იგრძნობა ერთიანი გააზრება.

¹ ეს არ შეეხება გარკვეული კუთხით დახრილ ან ორნამენტებით დამუშავებულ თაროსებრი კარნიზებს.

ნაგებობის სანკაულები ვარეთაც და შიგნითაც თითქმის ერთფეროვანია. მათ შორის გამოირჩევა აღმოსავლეთ სარკმლის თავზე გამოკვეთილი სათაური (სურ. 9), თითქმის ნახევარწრივები პატარა თაღებით, თუმცა მათი უმრავლესობა უფრო კუთხურად შეჭრილ კბილანებს მოგვაგონებს. ძნელია ვადაჭრით თქმა, ამათგან რომლის გამოკვეთა სურდა ხუროთმოძღვარს. ამიტომ არსებითად მივიღეთ ერთად შერწყმული ორივე ვარიანტი; სათაური თავისი პროპორციით ეთანხმება სარკმელს, რომელიც დამუშავებულია ზემოდან ტეხილი ხაზებით.

ნაგებობაზე უმთავრესად გვხვდება გეომეტრიული ფორმის სამკაულები, კერძოდ: ტეხილი ხაზები (რომლებიც უფრო ხშირად სამკუთხედებს ქმნიან), ჯვარედინი ხაზები და ჯვრის გამოსახულებანი; ყველა ეს სამკაული დამუშავებულია მხოლოდ და მხოლოდ ამოკაწვრით. გამონაკლისია აღმოსავლეთის ფასადის ჯვარი, რომელიც მკრთალად არის ამოკვეთილი. ამ სამკაულების შესრულების ხერხებსა და თავისებურებაში არ ჩანს პლასტიკურობა. სამკაულები ამოკაწვრულია მკრთალად. ზოგი მოტივი უმწეო და ლარიბ შთაბეჭდილებას ტოვებს.



სურ. 9

ცნობილია, რომ X ს. იწყება ახალი ეტაპი ქართულ ხუროთმოძღვრებაში. ამ დროისათვის საქართველოს სხვადასხვა კუთხეში შენდება ღირსშესანიშნავი ხუროთმოძღვრული ნაგებობანი. ხუროთმოძღვრის წინაშე დგას ამოცანა გაადიდოს შენობის მოცულობა და მხატვრული შთაბეჭდილების გაძლიერების მიზნით შეამკოს ნაგებობა როგორც შიგნით, ისე გარეთ. ამ დროს მთავარი ყურადღება ექცევა უმთავრესად შენობის ფასადების ჩუქურთმა-არშიების დამუშავებას. ამის მაგალითია თვით ჯავახეთში, ფიადან რამდენიმე კილომეტრის

შოშორებით, კუმურდოს 964 წ. შესანიშნავი ტაძარი, ამასთანავე საქართველოს ცალკეულ რაიონებში, განსაკუთრებით კი ჯავახეთში, გვხვდება დარბაზული ტიპის შენობები, რომლებიც უმთავრესად სოფლის რიგით ეკლესიებს წარმოადგენენ. ესენი პარალელურად ვითარდებოდნენ გუმბათიანი ტაძრების ვერძით. რა თქმა უნდა, მარტივმა დარბაზულმა შენობებმაც მოგვეცეს თავისი ეპოქის (X ს.) დამახასიათებელი სამშენებლო ხერხები და ხუროთმოძღვრული ფორმები, რომლითაც ისინი საგრძნობლად განსხვავდებიან წინა პერიოდის ძეგლებისაგან. ფიის წმ. თევდორეს ეკლესიის სამშენებლო და ხუ-

როთმოდღვრული ფორმები X ს. ტიპიურია, განსაკუთრებით კი ჯავახეთისათვის. განსახილველი ნაგებობის სვეტისთავეები და კრონშტეინები თავისი ფორმებით ახლოს დგას IX—XI სს. ფიის წმ. გიორგის, ზედა თმოგვის, ზემო სკრის, კაჭიოს, აგრეთვე დაუთარიღებელ ხანდოს, ჩიხორისის, ბურნაშეთისა და აზავრეთის ეკლესიების სვეტისთავეებთან და კრონშტეინებთან.

ფიის წმ. თევდორეს ეკლესიის წარწერა, რომელიც ტიპიურია X ს., ახლოს დგას ერედვის 906 წ. წარწერასთან [2] და ყალა ბოინას ციხესთან მდებარე ეკლესიის (ამჟამად თურქეთშია) 993 წლის წარწერასთან ([3], ტაბ. IX, სურ. 1) კედლის მხატვრობაზე შერჩენილი წარწერაც ტიპიურია X საუკუნისათვის; მაგ., **ხ** დიდი მუცლით და პატარა თავით, თუნდაც მთლიანად წრიული **ო** და სხვა ასოები X—XI საუკ. არ ასცილდება.

სარკმლის სათაური, როგორც განხილულ ნაგებობაზე გვაქვს, სხვადასხვა ხუროთმოძღვრული ფორმით დამუშავებული, მრავალ ძეგლში გვხვდება; მაგ. ნიქოზის დიდ ტაძარში, ხვილიშაში, სადაც კუთხურად შეჭრილი სათაურიც არის, შალღშეთში (ჯავახეთი), მოლოტოვკასა (წალკა) და გიორგი წმინდის (ზედა ვარძიასთან) ეკლესიებში. მაგრამ აქ ჩამოთვლილი შენობების სათაურების დამუშავების ხარისხი გაცილებით მაღალ საფეხურზე დგას, ვიდრე წმ. თევდორეს ეკლესიაში. აღნიშნული ძეგლების სარკმლის სათაურები გამოკვეთილია დახვეწილი ხუროთმოძღვრული ფორმებით და თვალისათვის სასიამოვნო პროპორციებით. ჯვრის გამოსახულება ფასადების თავში, როგორც წმ. თევდორეს ეკლესიაში აღმოსავლეთ და დასავლეთ ფასადებზე გვაქვს, გვხვდება აგრეთვე ყაურმაში (XI ს.).

ყურადღების ღირსია აგრეთვე დასავლეთის სარკმლის ზედა ნაწილის ორნამენტული დეკორის ორიარუსიანი გადაწყვეტა. ეს პრინციპი გვხვდება ზემო სკრის ეკლესიაში (X ს.)⁽¹⁾. მართალია, ზემო სკრაში ხუროთმოძღვრული დეკორი სარკმლის თავზე სრულიად სხვა სახითაა დამუშავებული და ამასთანავე გაცილებით უკეთ, მაგრამ სარკმლის ზემოთ ორნამენტული ნაწილის გადაწყვეტა ერთმანეთზე შედგმული ორი ქვით ზუსტად ანალოგიურია განხილული ძეგლისა.

ორნამენტული გეომეტრიული ფორმების გამოყენება X—XI საუკ. ძეგლებში გავრცელებული ყოფილა როგორც კარნიხსა და სვეტისთავეზე, ასევე ძეგლის სხვადასხვა ნაწილზე. მაგ., კარნიხზე: შეპიაკი (X საუკ.), ჩიხორისი, ფარვანა (X საუკ.), საღამო (X საუკ.) და სხვა. სვეტისთავეზე კი, მაგ., კაჭიოში (X საუკ.), ხოლო კარნიხის ანალოგიური ტეხილი ზიგზაგები, რომლებიც სამკუთხედებს ქმნიან, გვხვდება ზემო სკრაში სვეტისთავის თაოროზე.

(¹ დასახელებული ძეგლი შესწავლილი აქვს ხელოვნებათმცოდნეობის კანდიდატს ა. ზაქარაიას.

ამრიგად, ზემოთ განხილულ ანალოგიურ ძეგლებთან პარალელების სა-
 შუალებით ფიის წმ. თევდორეს ეკლესია იფარგლება X საუკ., ზუსტად
 995 წლით, რასაც გვაძლევს ტრაპეზის ქვის წარწერის ქორონიკონი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ვარძიის მუზეუმ-ნაკრძალი

(რედაქციას მოუვიდა 14.7.1955)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. გ. ჩუბინაშვილი. ქართული ხელოვნების ისტორია, ტ. I, ტფილისი, 1936.
2. რ. მეფისაშვილი. ერედვის წმ. გიორგის ეკლესიის სამშენებლო წარწერა. საქართვე-
 ლოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. V, № 10, თბილისი, 1943.
3. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ქართული ეპიგრაფიკული ძეგლების კატალოგი. სა-
 ქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამოცემა, თბილისი, 1953.



მთ. რედაქტორის მოადგილე ი. გიგინეიშვილი

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 4.8.1956; შეკვ. № 1066; ანაწყოების ზომა 7×11;
 ქალაღის ზომა 70×108; სააღრიცხო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 6,3;
 ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 8,2; უე 06105; ტირაჟი 800

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



350
270

დებულება „საქართველოს 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), გარდა ივლის-აგვისტოს თვისა — ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 5 ბეჭდური თაბახის მოცულობით თითოეული. ერთი წლის ყველა ნაკვეთი (სულ 10 ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.
4. წერილები იბეჭდება ქართულ ენაზე, იგივე წერილები იბეჭდება რუსულ ენაზე პარალელურ გამოცემაში.
5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს. არ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.
6. მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.
7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილი უნდა იქნეს ავტორის მიერ სავსებით 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 შეძლებისდაგვარად სრული: საჭიროა აღნიშნოს 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 წერილის ბოლოში ერთვის სიის სახით. ლიტერატურაზე მითითებისას ტექსტში ან შენიშვნებში ნაჩვენები უნდა იქნეს ნომერი სიის მიხედვით, ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა უნდა აღნიშნოს სათანადო ენებზე დასახელება და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებზე შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ერთი დღისა). დადგენილი ვადისთვის კორექტურის წარმოდგენლობის შემთხვევაში რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა, ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 50 ამონაბეჭდი (25 ამონაბეჭდი თითოეული გამოცემიდან) და თითო ცალი „მოამბის“ ნაკვეთებისა, რომლებშიც მისი წერილია მოთავსებული.

რედაქციის მისამართი: თბილისი, ძეგლძეძის ქ., 8