1947

საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის

მოამბე

ტომი VIII, № 5

ძირითადი ქართული გამოცემა

1947

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა

თბილისი

შინაარსი

მათემატიკა

დ. ხარაზოვი. წრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა შესახებ, რომელთა გული პარამეტრის კვადრატული მრავალწევრია 269

გ. ხვედელიძე. ზოგი თვისება განსაკუთრებული ინტეგრალებისა კოში-ლებეგის მთავარი მნიშვნელობით 277

დრეკადობის თეორია

ა. რუხაძე. დაგრეხილი ძელის განივი ძალით ღუნვის ამოცანა 285

კლიმატოლოგია

ა. ბალაბუევი. პლუვიომეტრიული გრადიენტების შესახებ საქართველოს პირობებში 293

გეოლოგია

ი. ბუაჩიძე. ალაზნის არტეზიული აუზის ჰიდრო-გეოლოგიის ზოგიერთი საკითხი . 301

პალეონტოლოგია

ლ. დავითაშვილი (აკადემიის ნამდვილი წევრი). ტიპების, კლასებისა და ორგანული სამყაროს სხვა დანაყოფების ეკოგენია 309

ტექნიკა

რ. ლორთქიფანიძე. სწორკუთხოვანი კვეთის თხელკედლიანი ძელის რხევა . . . 317

ენტომოლოგია

დ. ლოზოვოი. სუნიანი მერქნიჭამია (*Cossus cossus* L.) თბილისის პარკების ნარგავებში 325

ზოოლოგია

თ. ყიყილაშვილი. ნეკერჩხლის ახალი მავნებელი (*Phyllotoma flavicollis* Guss.) . 331

ა. ლეჟავა. ჰისტოლოგიური ცვლილებები მიელინურ ნერვულ ბოჭკოებში ნერვის ზრდის დროს 337

ენათმეცნიერება

მაკარ ხუბუა. სპარსიზმების საკითხისათვის შაჰ-ნამეს პროზაულ ვერსიაში . . . 345

მათემატიკა

დ. ხარაზოვი

წრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა შესახებ, რომელთა გული პარამეტრის კვადრატული მრავალწევრია

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ი. ვეკუამ 14.4.1947)

1. განვიხილოთ ინტეგრალური განტოლება

$$u(x)-\int_a^b G(x,\ y;\ \lambda)\,u(y)\,dy=0, \tag{1}$$

სადაც

$$G(x,\ y;\ \lambda)=G_0(x,\ y)+\lambda\,G_1(x,\ y)+\lambda^2\,G_2(x,\ y), \tag{2}$$

$G_0(x,\ y)$, $G_1(x,\ y)$ და $G_2(x,\ y)$ ისეთი ნამდვილი ფუნქციებია, რომელთა კვადრატი შეჯამებადია $a\leqq x,\ y\leqq b$ არეში, λ კომპლექსური პარამეტრია. დავუქვემდებაროთ (2) გული შემდეგ პირობებს (რომელთაც შემდგომ K პირობები ვუწოდოთ):

1) $G_n(x,\ y)$ $(n=0,\ 1,\ 2)$ წყვილ-წყვილად ორთოგონალური გულებია $a\leqq x,\ y\leqq b$ არეში[1];

2) ყოველი ფუნქციისათვის $\varphi(x)\in L^2(a,\ b)$, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას

$$\int_a^b \varphi^2(x)\,dx=1,$$

$$\int_a^b\int_a^b G_0(x,\ y)\,\varphi(x)\,\varphi(y)\,dx\,dy<1.$$

ჩვენ [1] ნაშრომში ვაჩვენეთ, რომ ადგილი აქვს შემდეგ თეორემებს:

თეორემა 1. თუ (2) გული აკმაყოფილებს K პირობებს, მაშინ იმისათვის, რომ λ_0 იყოს მისი მახასიათებელი რიცხვი, აუცილებელია და საკმარისი არსებობდეს ერთი მაინც ისეთი რიცხვი $k\,(k=1,\ 2)$, რომ λ_0^k იყოს $G_k(x,\ y)$ გულის მახასიათებელი რიცხვი.

---

[1] გულების ორთოგონალობის ცნების შესახებ იხ. [1] ან [2].

თეორემა 2. თუ (2) გული აკმაყოფილებს K პირობებს და ყველა $G_n(x, y)$ $(n=0, 1, 2)$ სიმეტრიული ფუნქციებია, მაშინ მისი რეზოლვენტი არის მერომორფული ფუნქცია,

$$R(x, y; \lambda)=R_0(x, y; 1)=\lambda R_1(x, y; \lambda)+\lambda^2 R_2(x, y; \lambda^2),$$

სადაც $R_n(x, y; \mu)$ $(n=0, 1, 2)$ არიან სათანადოდ რეზოლვენტები $G_n(x, y)$ $(n=0, 1, 2)$ გულებისა. თუ გულები $G_n(x, y)$ უწყვეტია, მაშინ სიმეტრიულობის პირობა ზედმეტია.

დავამტკიცოთ ახლა (2) გულის ზოგიერთი თვისება.

თეორემა 3. თუ G_n (x, y) $(n=0, 1, 2)$ სიმეტრიული ფუნქციებია, მაშინ იმისათვის, რომ (2) გულს, რომელიც აკმაყოფილებს K პირობებს, ჰქონდეს მხოლოდ ნამდვილი მახასიათებელი რიცხვები, აუცილებელია და საკმარისი, რომ $G_2(x, y)$ იყოს ნახევრად განსაზღვრული დადებითი გული.

თუ თეორემის პირობები შესრულებულია, მაშინ მახასიათებელი რიცხვის არსებობა გამომდინარეობს 1 თეორემიდან. ყოველი მახასიათებელი რიცხვი ნამდვილია, რადგან, 1 თეორემის ძალით, ან λ_0 მახასიათებელი რიცხვია $G_1(x, y)$ გულისა, ან λ_0^2 დადებითი მახასიათებელი რიცხვია $G_2(x, y)$ გულისა.

ვთქვათ, ახლა (2) გულს მხოლოდ ნამდვილი მახასიათებელი რიცხვები აქვს. დავუშვათ, რომ $G_2(x, y)$-ს აქვს უარყოფითი მახასიათებელი რიცხვი $-\nu^2$; მაშინ, 1 თეორემის ძალით, $\pm i\nu$ წარმოსახვითი მახასიათებელი რიცხვი იქნება (2) გულისა, რაც შეუძლებელია. მაშ, $G_2(x, y)$ ნახევრად განსაზღვრული დადებითი გულია.

თეორემა 4. თუ (2) გული აკმაყოფილებს მე-3 თეორემის ყველა პირობას, მაშინ (2) გულის რეზოლვენტს მხოლოდ მარტივი პოლუსები ექნება.

ვთქვათ, λ_0 არის (2) გულის $R(x, y; \lambda)$ რეზოლვენტის პოლუსი. 1 და 2 თეორემებიდან გამომდინარეობს, რომ ან λ_0 იქნება $R_1(x, y; \lambda)$ რეზოლვენტის პოლუსი, ან λ_0^2 იქნება $R_2(x, y; \lambda^2)$ რეზოლვენტის პოლუსი. $G_1(x, y)$ გულის სიმეტრიულობის ძალით, მისი რეზოლვენტის ყოველი პოლუსი მარტივია, ხოლო თუ λ_0^2 პოლუსია R_2 $(x, y; \lambda^2)$ რეზოლვენტისა, მაშინ R_2-ის ლორანის მწკრივს λ_0^2-ის მახლობლად, $G_2(x, y)$ გულის სიმეტრიულობის გამო, ექნება სახე

$$R_2(x, y; \lambda^2)=\frac{\frac{1}{2\lambda_0} r_2(x, y)}{\lambda-\lambda_0}+P_2(x, y; \lambda-\lambda_0),$$

სადაც P_2 ჰოლომორფული ფუნქციაა $\lambda=\lambda_0$ წერტილის მახლობლად. მაშასადამე, λ_0 (2) გულის რეზოლვენტის მარტივი პოლუსია.

2. განვიხილოთ ახლა (1) განტოლება, რომლის (2) გული დავუქვემდებაროთ შემდეგ პირობებს (რომელთაც შემდგომ K^* პირობები ვუწოდოთ):

1) სიმეტრიული გულები $G_1(x, y)$ და $G_2(x, y)$ ორთოგონალური არიან $G_0(x, y)$ სიმეტრიული გულის $a \leqq x,\ y \leqq b$ არეში;

2) ყოველი ფუნქციისათვის $\varphi(x) \in L^2(a, b)$, რომელიც ნორმირებულია პირობით

$$\int_a^b \varphi^2(x)\, dx = 1,$$

ადგილი აქვს უტოლობას

$$\int_a^b \int_a^b G_0(x, y)\, \varphi(x)\, \varphi(y)\, dx\, dy < 1; \qquad (3)$$

3) $G_2(x, y)$ ნახევრად განსაზღვრული დადებითი გულია.

განვაზოგადოთ ჯერ ორთონორმირებული სისტემის ცნება ზემოაღნიშნული ტიპის (1) განტოლებისათვის.

(1) განტოლება, რომლის გული აკმაყოფილებს K^* პირობებს, ასე გადავწეროთ:

$$u(x) - \int_a^b G_0(x, y)\, u(y)\, dy = \lambda \int_a^b [G_1(x, y) + \lambda\, G_2(x, y)]\, u(y)\, dy. \qquad (4)$$

ვთქვათ, $R_0(x, y; 1)$ აღნიშნავს $G_0(x, y)$ გულის რეზოლვენტს (იგი არსებობს (3) უტოლობის ძალით). მაშინ, ფრედჰოლმის პირველი თეორემისა და G_1 და G_2-ის G_0-თან ორთოგონალობის ძალით, (4) განტოლება ეკვივალენტურია განტოლებისა

$$u(x) - \lambda \int_a^b [G_1(x, y) + \lambda\, G_2(x, y)]\, u(y)\, dy = 0. \qquad (5)$$

აღვნიშნოთ λ' და λ''-ით (5) განტოლების ერთმანეთისაგან განსხვავებული მახასიათებელი რიცხვები, ხოლო $\varphi'(x)$ და $\varphi''(x)$-ით სათანადო ფუნდამენტალური ფუნქციები. მაშინ ადვილია დავრწმუნდეთ, რომ ადგილი აქვს ტოლობას

$$\int_a^b \varphi'(x)\, \varphi''(x)\, dx + \lambda'\lambda'' \int_a^b \int_a^b G_2(x, y)\, \varphi'(x)\, \varphi''(y)\, dx\, dy = 0. \qquad (6)$$

(6) ტოლობით გამოსახულ თვისებას ვუწოდოთ „განზოგადებული ორთოგონალობა“, რადგან იგი (5) განტოლებისათვის ისეთსავე როლს თამაშობს,

როგორც ჩვეულებრივი ორთოგონალობა სიმეტრიულ გულიან ინტეგრალურ განტოლებათა თეორიაში. შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$[\varphi', \varphi''; \lambda'\lambda''] = \int_a^b \varphi'(x)\,\varphi''(x)\,dx + \lambda'\lambda'' \int_a^b \int_a^b G_2(x, y)\,\varphi'(x)\,\varphi''(y)\,dx\,dy.$$

შმიდტის ცნობილი ორთოგონალიზაციის მეთოდის [3] განზოგადებით ადვილია ჩვენება, რომ ფუნდამენტალურ ფუნქციათა ყოველი სისტემა $\psi_1(x), \ldots, \psi_k(x)$, რომელიც ეთანადება (5) განტოლების ერთსა და იმავე მახასიათებელ λ რიცხვს, შეიძლება შევცვალოთ მათი ისეთი წრფივი კომბინაციებით $u_1(x), \ldots, u_k(x)$, რომლებიც უკვე იქნება განზოგადებულად ორთონორმირებული, ე. ი.

$$[u_i, u_k; \lambda^2] = \begin{cases} 0, & \text{თუ } i \neq k \\ 1, & \text{თუ } i = k. \end{cases}$$

ჩვენ მიერ წინათ მიღებული შედეგებიდან [4, 5] გამომდინარეობს, რომ თუ (2) გული აკმაყოფილებს K^* პირობებს, მაშინ მისი მახასიათებელი რიცხვები იქნებიან ნამდვილი და მათ არ ექნებათ ზღვრული წერტილი ნამდვილი ღერძის სასრულ ნაწილში. ვთქვათ, $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$ ჩვენი გულის მახასიათებელ რიცხვთა მიმდევრობაა, რომელშიაც თითოეული მახასიათებელი რიცხვი იმდენჯერაა გამეორებული, რამდენი წრფივად დამოუკიდებელი ფუნდამენტალური ფუნქციაც მას ეთანადება. ზემოთ ჩატარებული მსჯელობიდან ცხადია, რომ ამოწერილ მახასიათებელ რიცხვთა მიმდევრობის სათანადო ფუნდამენტალურ ფუნქციათა სისტემა $\varphi_1(x), \varphi_2(x), \ldots, \varphi_n(x), \ldots$ შეიძლება ჩავთვალოთ განზოგადებულ ორთონორმირებულ სისტემად, ე. ი.

$$[\varphi_m, \varphi_n; \lambda_m, \lambda_n] = \begin{cases} 0, & \text{თუ } m \neq n \\ 1, & \text{თუ } m = n. \end{cases} \tag{7}$$

3. დავამტკიცოთ ახლა (2) გულის ფუნდამენტალური ფუნქციებისაგან შედგენილი ზოგიერთი მწკრივის კრებადობა.

თეორემა 5. თუ (2) გული აკმაყოფილებს K^* პირობას, და, გარდა ამისა, $G_2(x, y)$ უწყვეტი გულია, მაშინ მწკრივი

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi_n^2(x)}{\lambda_n^2}$$

შემოსაზღვრულად იკრიბება თითქმის ყველგან (a, b) შუალედში გარკვეული შეჯამებადი ფუნქციისაკენ.

ვთქვათ, $\psi_1(x), \ldots, \psi_n(x), \ldots$, $G_2(x, y)$ გულის ფუნდამენტალურ ფუნქციათა სისტემაა, $\psi_n(x)$ ეთანადება $\varkappa_n$ $(n=1, 2, \ldots)$ მახასიათებელ რიცხვს. მაშინ, მერსერის თეორემის ძალით,

$$G_2(x, y)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\psi_n(x)\psi_n(y)}{\varkappa_n}.$$

ეს მწკრივი აბსოლუტურად და თანაბრად იკრიბება.

ვთქვათ, $\varphi_1(x), \ldots, \varphi_k(x)$ (2) გულის $\lambda_1, \ldots, \lambda_k$ მახასიათებელი რიცხვების სათანადო ფუნდამენტალური ფუნქციებია; მაშინ, რადგან ჩვენ შემთხვევაში (1) განტოლება ეკვივალენტურია (5)-ისა, გვექნება

$$\frac{\varphi_n(t)}{\lambda_n}=\int_a^b G_1(t, y)\varphi_n(y)\,dy+\lambda_n\int_a^b G_2(t, y)\varphi_n(y)\,dy. \tag{8}$$

თუ

$$G_{2p}(x, y)=\sum_{n=1}^{p}\frac{\psi_n(x)\psi_n(y)}{\varkappa_n},$$

მაშინ

$$\int_a^b G_2(x, y)\left(\sum_{n=1}^{p}\psi_n(t)\psi_n(x)\right)dx=G_{2p}(t, y). \tag{9}$$

შემოვიღოთ აღნიშვნები:

$$\left.\begin{aligned} v(x)&=G_1(x, t)-\sum_{n=1}^{k}\frac{\varphi_n(t)}{\lambda_n}\varphi_n(x),\\ v^*(x)&=\sum_{n=1}^{p}\psi_n(t)\psi_n(x)-\sum_{n=1}^{k}\varphi_n(t)\varphi_n(x).\end{aligned}\right\} \tag{10}$$

მაშინ, რადგან $G_2(x, y)$ ნახევრად განსაზღვრული გულია, გვექნება

$$\int_a^b v^2(x)\,dx+\int_a^b\int_a^b G_2(x, y)\,v^*(x)\,v^*(y)\,dx\,dy\geqq 0.$$

აქედან, (7), (9) და (10)-ის ძალით, მივიღებთ

$$\sum_{n=1}^{k}\left[2\frac{\varphi_n(t)}{\lambda_n}\left\{\int_a^b G_1(y, t)\varphi_n(y)\,dy+\lambda_n\int_a^b G_{2p}(t, y)\varphi_n(y)\,dy\right\}-\frac{\varphi_n^2(t)}{\lambda_n^2}\right]\leqq\int_a^b G_1^2(x, t)\,dx+G_{2p}(t, t). \tag{11}$$

მაგრამ როცა $p \to \infty$, $G_{2p}(t, y)$ თანაბრად მიისწრაფვის $G_2(x, y)$-საკენ. ამიტომ, თუ გავითვალისწინებთ (8)-ს, (11)-დან მივიღებთ, რომ ნებისმიერი $\varepsilon > 0$ თვის სამართლიანია უტოლობა

$$\sum_{n=1}^{k} \frac{\varphi_n^2(t)}{\lambda_n^2} < \int_a^b G_1^2(x, t)\, dx + G_2(t, t) + 2\varepsilon \sum_{n=1}^{k} \frac{\varphi_n(t)}{\lambda_n}.$$

აქედან, თითქმის ყველგან (a, b)-ში,

$$\sum_{n=1}^{k} \frac{\varphi_n^2(t)}{\lambda_n^2} \leqq \int_a^b G_1^2(x, t)\, dx + G_2(t, t). \tag{12}$$

(12) უტოლობა, რომელიც სამართლიანია ყოველი k-თვის, ამტკიცებს თეორემას.

თეორემა 6. თუ შესრულებულია მე-5 თეორემის პირობები, მაშინ მწკრივი

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi_n(x)\,\varphi_n(y)}{\lambda_n^2}$$

აბსოლუტურად იკრიბება თითქმის ყველგან $a \leqq x, y \leqq b$ არეში ისეთი ფუნქციისაკენ, რომლის კვადრატიც შეჯამებადია.

შვარცის უტოლობის ძალით, ყოველი k-თვის მივიღებთ შეფასებას

$$\left(\sum_{n=1}^{k} \frac{\varphi_n(x)\,\varphi_n(y)}{\lambda_n^2} \right)^2 \leqq \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi_n^2(x)}{\lambda_n^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi_n^2(y)}{\lambda_n^2},$$

საიდანაც გამომდინარეობს თეორემის სამართლიანობა.

თეორემა 7. თუ შესრულებულია მე-5 თეორემის პირობები, მაშინ ყოველი $H(x, y)$ ფუნქციისათვის, რომლის კვადრატიც შეჯამებადია $a \leqq x, y \leqq b$ არეში, მწკრივი

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\left(\int_a^b H(x, y)\, \varphi_n(y)\, dy \right)^2}{\lambda_n^2}$$

თითქმის ყველგან იკრიბება (a, b) შუალედში გარკვეული შეჯამებადი ფუნქციისაკენ.

მართლაც, შვარცის უტოლობის ძალით ვღებულობთ შეფასებას

$$\sum_{n=1}^{k} \frac{\left(\int\limits_a^b H(x,\ y)\,\varphi_n(y)\,dy \right)^2}{\lambda_n^2} \leqq \int\limits_a^b H^2(x,\ y)\,dy \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\int\limits_a^b \varphi_n^2(y)\,dy}{\lambda_n^2},$$

რომელიც თეორემას ამტკიცებს.

თეორემა 8. თუ შესრულებულია მე-7 თეორემის პირობები, მაშინ მწკრივი

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\int\limits_a^b \int\limits_a^b H(x,\ y)\,\varphi_n(x)\,\varphi_n(y)\,dx\,dy}{\lambda_n^2}$$

აბსოლუტურად კრებადია.

შვარცის უტოლობა იძლევა შეფასებას

$$\sum_{n=1}^{k} \frac{\left| \int\limits_a^b \int\limits_a^b H(x,\ y)\,\varphi_n(x)\,\varphi_n(y)\,dx\,dy \right|}{\lambda_n^2} \leqq \sqrt{\int\limits_a^b \int\limits_a^b H^2(x,\ y)\,dx\,dy}$$

$$\times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\int\limits_a^b \varphi_n^2(x)\,dx}{\lambda_n^2},$$

რომელიც თეორემას ამტკიცებს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ა. რაზმაძის სახელობის თბილისის მათემატიკის
ინსტიტუტი

სტალინის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 15.4.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. დ. ხარაზოვი. პარამეტრზე რაციონალურად დამოკიდებული გულიანი ინტეგრალური განტოლების ფუნდამენტალური ფუნქციებისა და რეზოლვენტის შესახებ. საქ. სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. VIII, № 4, 1947.
2. Э. Гурса. Курс математического анализа, т. III, ч. II. Москва, 1934, стр. 69.
3. Р. Курант и Д. Гильберт. Методы математической физики, т. I, Москва 1934, стр. 43—44.
4. დ. ხარაზოვი. წრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა შესახებ, რომელთა გული პარამეტრის მთელი რაციონალური ფუნქციაა. საქ. სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. VI, № 9, 1945.
5. დ. ხარაზოვი. მახასიათებელი რიცხვების შესახებ ისეთ ინტეგრალურ განტოლებათათვის, რომელთა გული პარამეტრის მთელი რაციონალური ფუნქციაა. თბილისის მათემატიკის ინსტ. შრომები, ტ. XIV, 1947.

მათემატიკა

ბ. ხვედელიძე

ზოგი თვისება განსაკუთრებული ინტეგრალებისა კოში-ლებეგის მთავარი მნიშვნელობით

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ი. ვეკუამ 28.4.1947)

1. ვთქვათ, C აღნიშნავს რაიმე ჩაკეტილ ან ღია ბრტყელ გლუვ წირს, რომლის შემხების მიერ გარკვეულ მუდმივ მიმართულებასთან შედგენილი კუთხე, როგორც ამ წირის წერტილის ფუნქცია, აკმაყოფილებს ჰოლდერის პირობას[1]. ზოგადობის შეუზღუდველად შეგვიძლია ვიგულისხმოთ, რომ C წირის სიგრძე უდრის 2π-ს. მაშინ C წირის პარამეტრული განტოლება შეიძლება აღებულ იქნეს შემდეგი სახით: $x=x(s)$, $y=y(s)$, $0 \leqq s \leqq 2\pi$, სადაც s აღნიშნავს C წირის რკალს; ზემოაღნიშნულ პირობებში ცხადია, რომ $x'(s)$ და $y'(s)$ აკმაყოფილებენ ჰოლდერის პირობას $[0, 2\pi]$ სეგმენტზე.

ვთქვათ, $f(t)$ რაიმე კომპლექსური ფუნქციაა, განსაზღვრული C წირზე. შემოვიღოთ აღნიშვნა: $f_*(s)=f(t(s))$, სადაც $t(s)=x(s)+iy(s)$. ანალოგიურ აღნიშვნას ვიხმართ მრავალ ცვლადთა ფუნქციის შემთხვევაშიაც.

თუ ლებეგის ინტეგრალი

$$\int_0^{2\pi} |f_*(s)|^p ds < +\infty,$$

ჩვენ ვიტყვით, რომ $f(t)$ არის L^p ფუნქცია, და ამ ფაქტს ასე აღვნიშნავთ:

$$f_*(s) \in L^p[0, 2\pi] \text{ ან } f(t) \in L^p[C].$$

ანალოგიურ ტერმინსა და აღნიშვნას ვიხმართ მრავალ ცვლადთა ფუნქციის შემთხვევაშიაც. თუ ფუნქცია $f(t)$ აკმაყოფილებს C წირზე ჰოლდერის პირობას, ჩვენ ვიტყვით, რომ $f(t)$ არის H ფუნქცია და ამ ფაქტის აღსანიშნავად გამოვიყენებთ ერთ-ერთ შემდეგ სიმბოლოს:

$$f_*(s) \in H[0, 2\pi], \quad f(t) \in H[C] \text{ ან } f(t) \in H_\alpha[C];$$

უკანასკნელი აღნიშვნა მიუთითებს, რომ $f(t)$ აკმაყოფილებს ჰოლდერის პირობას α მაჩვენებლით.

---

[1] აქვე შევნიშნოთ, რომ ყველა შედეგი, რომელსაც ჩვენ ქვემოთ ვღებულობთ, ძალაში რჩება იმ შემთხვევაშიაც, როდესაც C აღნიშნული თვისების მქონე წირთა ურთიერთარაგადამკვეთ სასრულ ერთობლიობას წარმოადგენს.

ვთქვათ, t_0 რაიმე წერტილია C წირისა; $t_0 = t(s_0) \in C$. ვთქვათ, ε რაიმე მცირე დადებითი რიცხვია. შემდგომ C_ε-ით ჩვენ აღვნიშნავთ C წირის იმ ნაწილს, რომელსაც მივიღებთ აღნიშნული წირიდან, თუ მას ჩამოვაშორებთ 2ε სიგრძის რკალს, რომლის ბოლო წერტილებია $t(s_0-\varepsilon)$ და $t(s_0+\varepsilon)$.

ვთქვათ, $f(t)$ რაიმე შეჯამებადი ფუნქციაა, განსაზღვრული C წირზე $(f(t) \in L[C])$. შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$\int_C \frac{f(t)\,dt}{t-t_0} = \lim_{\varepsilon \to 0} \int_{C_\varepsilon} \frac{f(t)\,dt}{t-t_0}, \tag{1}$$

თუ ტოლობის მარჯვენა მხარე არსებობს, და მას ვუწოდოთ განსაკუთრებული ინტეგრალი კოში-ლებეგის მთავარი მნიშვნელობის აზრით.

ამ ნაშრომში ჩვენ ვსწავლობთ აღნიშნული ინტეგრალის ზოგიერთ თვისებას; მიღებულ შედეგებს ჩვენ გამოვიყენებთ სხვა ნაშრომში სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა თეორიის ზოგიერთი ცნობილი დებულების განზოგადებისათვის, როცა განტოლებაში გვხვდება განსაკუთრებული ინტეგრალები კოში-ლებეგის მთავარი მნიშვნელობის აზრით. მოვიყვანოთ წინასწარ ლებეგის ინტეგრალის ორი თვისება, რომელთაც შემდგომ გამოვიყენებთ.

ლემა 1. თუ $f(t) \in L[C]$ და $0 < \alpha < 1$, მაშინ

$$\int_C \frac{f(\tau)\,d\tau}{|\tau - t|^\alpha} \in L[C].$$

ეს ლემა უშუალოდ გამომდინარეობს ლ. ტონელის ერთი თეორემიდან [1].

ლემა 2. ვთქვათ: 1) $K(t, \tau)$ შემოსაზღვრული ზომადი ფუნქციაა, როცა $t, \tau \in C$, 2) $f(t) \in L^p[C]$, სადაც $p \geqq 1$ და 3) $0 < \alpha < 1$. მაშინ

$$\omega(t, t_1) = \int_C \frac{K(t, \tau) f(\tau)\,d\tau}{|\tau - t_1|^\alpha} \in L^p[C].$$

მართლაც, ადვილად მტკიცდება, რომ

$$|\omega_*(s, s_1)|^p \leqq \gamma \int_0^{2\pi} \frac{|f_*(\sigma)|^p\,d\sigma}{|\sigma - s_1|^\alpha},$$

სადაც γ გარკვეული მუდმივია. ეს უტოლობა წინა ლემასთან ერთად ამტკიცებს ჩვენს დებულებას.

2. გადავიდეთ ახლა განსაკუთრებული ინტეგრალების განხილვაზე კოში-ლებეგის მთავარი მნიშვნელობით.

თეორემა 1. თუ $f(t) \in L[C]$, მაშინ

$$\varphi(t) = \int_C \frac{f(\tau)\,d\tau}{\tau - t} \tag{2}$$

იქნება თითქმის ყველგან სასრული ფუნქცია C-ზე, ხოლო თუ $f(t) \in L^p[C]$, $p > 1$, მაშინ $\varphi(t) \in L^p[C]$.

ამ თეორემის მეორე ნახევარს ადვილად მივიღებთ მ. რ ი ს ი ს შემდეგი დებულებიდან [2]: თუ $f(\sigma)\in L^p[0, 2\pi]$, $p>1$, მაშინ

$$\int_0^{2\pi} f(\sigma)\operatorname{ctg}\frac{\sigma-s}{2}\,d\sigma\in L^p[C]. \tag{3}$$

მართლაც, ადვილია ჩვენება, რომ (იხ. [3])

$$\frac{d\tau}{\tau-t}=\beta(s,\sigma)\left\{\operatorname{ctg}\frac{\sigma-s}{2}-i\right\}d\sigma, \tag{4}$$

სადაც

$$\beta(s,\sigma)=\frac{(e^{i\sigma}-e^{is})\,\tau'(\sigma)\,e^{is}}{2i(\tau-t)}\in H[0, 2\pi;\ 0, 2\pi]. \tag{5}$$

თუ გამოვიყენებთ (4) ტოლობას, გვექნება

$$\varphi_*(s)=\int_0^{2\pi} f_*(\sigma)\,[\beta(s,\sigma)-\beta(s,s)]\operatorname{ctg}\frac{\sigma-s}{2}\,d\sigma$$

$$+\beta(s,s)\int_0^{2\pi} f_*(\sigma)\operatorname{ctg}\frac{\sigma-s}{2}\,d\sigma-i\int_0^{2\pi}\beta(s,\sigma)\,f_*(\sigma)\,d\sigma. \tag{6}$$

მე-2 ლემისა და (5) ფორმულის ძალით,

$$\int_0^{2\pi} f_*(\sigma)\,[\beta(s,\sigma)-\beta(s,s)]\operatorname{ctg}\frac{\sigma-s}{2}\,d\sigma\in L^p[0, 2\pi].$$

(3)-ის ძალით, (6) ტოლობის მეორე შესაკრები აგრეთვე L^p ფუნქციაა, მესამე შესაკრები კი, ცხადია, H ფუნქციაა.

თეორემის პირველი ნახევარი უშუალოდ გამომდინარეობს (6) ტოლობიდან, თუ გავითვალისწინებთ მე-2 ლემასა და იმ დებულებას, რომ ამ შემთხვევაში (3) დამოკიდებულებაში მონაწილე ინტეგრალი თითქმის ყველგან სასრულია (იხ. [4]).

შ ე დ ე გ ი. დამტკიცებული თეორემიდან და ი. პ რ ი ვ ა ლ ო ვ ი ს [5] ერთი დებულებიდან გამომდინარეობს: თუ $f(t)\in L[C]$, და

$$\Phi(z)=\frac{1}{2\pi i}\int_C\frac{f(\tau)\,d\tau}{\tau-z},$$

მაშინ, როცა z ნებისმიერი არამხები გზით მიისწრაფვის C წირის t წერტილისაკენ, თითქმის ყველგან იარსებებს $\Phi(z)$ ფუნქციის ზღვარი და ადგილი ექნება ტოლობას

$$\Phi^{\pm}(t)=\pm\frac{1}{2}f(t)+\frac{1}{2\pi i}\int_C\frac{f(\tau)\,d\tau}{\tau-t}, \tag{7}$$

სადაც ნიშანი $+$ ან $-$ უნდა ავიღოთ იმისდა მიხედვით, χ მიისწრაფვის მარჯვნიდან თუ მარცხნიდან t წერტილისაკენ C წირზე არჩეული დადებითი მიმართულების მიმართ.

წინა თეორემის ანალოგიურად დამტკიცდება

თეორემა 2. თუ $K(t, \tau) \in H[C]$ და $f(t) \in L^p[C]$, $p > 1$, მაშინ

$$\int_C \frac{K(t, \tau) f(\tau)\, d\tau}{\tau - t_1} \in L^p(C).$$

თეორემა 3. თუ $f(t) \in L^p[C]$, $\varphi(t) \in L^q[C]$ $p > 1$, $q = p/p-1$ და $K(t, \tau) \in$ $\in H[C]$, მაშინ თითქმის ყველგან C-ზე ადგილი აქვს ტოლობას

$$\int_C \frac{f(t)\, dt}{t-t_0} \int_C K(t, \tau)\, \varphi(\tau)\, d\tau = \int_C \varphi(\tau)\, d\tau \int_C \frac{K(t, \tau) f(t)\, dt}{t-t_0}, \quad t_0 \in C. \tag{8}$$

ვთქვათ, $t \in C_\varepsilon$ (C_ε-ის განმარტება იხ. n° 1-ში), $\tau \in C$. მაშინ, ფუბინის (Fubini) თეორემის ძალით, ყოველი დადებითი ε-თვის გვექნება

$$\int_{C_\varepsilon} \frac{f(t)\, dt}{t-t_0} \int_C K(t, \tau)\, \varphi(\tau)\, d\tau = \int_C \varphi(\tau)\, d\tau \int_{C_\varepsilon} \frac{K(t, \tau) f(t)\, dt}{t-t_0}. \tag{9}$$

რადგან $f(t) \in L^p[C]$, 1 თეორემის ძალით თითქმის ყველგან C-ზე გვექნება

$$\lim_{\varepsilon \to 0} \int_{C_\varepsilon} \frac{f(t)\, dt}{t-t_0} \int_C K(t, \tau)\, \varphi(\tau)\, d\tau = \int_C \frac{f(t)\, dt}{t-t_0} \int_C K(t, \tau)\, \varphi(\tau)\, d\tau, \quad t_0 \in C. \tag{10}$$

აღვნიშნოთ E-ით C წირის იმ წერტილთა სიმრავლე, რომელზეც ერთდროულად დაცულია შემდეგი პირობები: 1) არა აქვს ადგილი (10) ტოლობას; 2) არ არის შეჯამებადი ფუნქცია $|f_*(s)|/|s-s_0|^{1-\alpha}$, სადაც α არის $K(t, \tau)$ ფუნქციის ჰოლდერის მაჩვენებელი და 3) არ არსებობს ინტეგრალი

$$\int_C \frac{f(t)\, dt}{t-t_0}.$$

ცხადია, $\operatorname{mes} E = 0$. განვიხილოთ სიმრავლე $E_1 = C - E$ და ვაჩვენოთ, რომ (8) ტოლობას ადგილი აქვს E_1 სიმრავლის ყოველი წერტილისათვის.

ვთქვათ, $t_0 \in E_1$. ამ წერტილისათვის შესრულებული იქნება (10) ტოლობა. ამიტომ, თუ გავითვალისწინებთ (9) ტოლობას, თეორემის დასამტკიცებლად საკმარისია ვაჩვენოთ, რომ ინტეგრალი

$$\gamma(\varepsilon) = \int_C \varphi(\tau)\, d\tau \int_{l_\varepsilon} \frac{K(t, \tau) f(\tau)\, d\tau}{t-t_0}, \tag{11}$$

სადაც $l_\varepsilon = C - C_\varepsilon$, მიისწრაფვის ნულისაკენ, როცა $\varepsilon \to 0$.

გადავწეროთ (11) ტოლობა შემდეგი სახით:

$$\gamma(\varepsilon)=\int_C \varphi(\tau) f_\varepsilon(\tau)\, d\tau+\int_C K(t_0, \tau)\, \varphi(\tau)\, d\tau \cdot \int_{l_\varepsilon} \frac{f(t)\, dt}{t-t_0}, \tag{12}$$

სადაც

$$f_\varepsilon(\tau)=\int_{l_\varepsilon} \frac{K(t, \tau)-K(t_0, \tau)}{t-t_0} f(t)\, dt.$$

(12) ტოლობიდან, თუ გავითვალისწინებთ E_1 სიმრავლის თვისებებს, მივიღებთ

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \gamma(\varepsilon)=0.$$

თეორემა 4. თუ $f(t) \in L^p[C]$, $\varphi(t) \in L^q[C]$ $p>1$, $q=p/p-1$ და $K(t, \tau) \in H[C]$, მაშინ

$$\int_C f(t)\, dt \int_C \frac{K(t, \tau)\, \varphi(\tau)\, d\tau}{\tau-t}=\int_C \varphi(\tau)\, d\tau \int_C \frac{K(t, \tau) f(t)\, dt}{\tau-t}. \tag{13}$$

თუ გავითვალისწინებთ (4) ტოლობას, ადვილია ჩვენება, რომ (13) ტოლფასია შემდეგი ორი ტოლობისა

$$\int_0^{2\pi} f_*(s)\, ds \int_0^{2\pi} \omega(s, \sigma)\, \varphi_*(\sigma) \operatorname{ctg} \frac{\sigma-s}{2}\, d\sigma$$

$$=\int_0^{2\pi} \varphi_*(\sigma)\, d\sigma \int_0^{2\pi} \omega(s, \sigma) f_*(s) \operatorname{ctg} \frac{\sigma-s}{2}\, ds, \tag{14}$$

$$\int_0^{2\pi} f_*(s)\, ds \int_0^{2\pi} \omega(s, \sigma)\, \varphi_*(\sigma)\, d\sigma=\int_0^{2\pi} \varphi_*(\sigma)\, d\sigma \int_0^{2\pi} \omega(s, \sigma) f_*(s)\, ds, \tag{15}$$

სადაც

$$\omega(s, \sigma)=\frac{(e^{i\sigma}-e^{is})\, t'(s)\, \tau'(\sigma)\, e^{is} K_*(s, \sigma)}{2i(\tau-t)} \in H_\lambda[0,2\pi;\ 0,2\pi] \quad 0<\lambda<1.$$

(15) ტოლობას ადგილი აქვს ფ უ ბ ი ნ ი ს თეორემის ძალით. რაც შეეხება (14) ტოლობას, მისი სამართლიანობის საჩვენებლად გამოვიყენოთ მ. რ ი ს ი ს ზოგიერთი შედეგი [2].

ვთქვათ, $f(s) \in L^p[0, 2\pi]$, $g(s) \in L^q[0, 2\pi]$, $p > 1$, $q = p/p-1$, ხოლო a_n, b_n და α_n, β_n მათი ფურიეს კოეფიციენტებია შესაბამისად. მაშინ, მ. რისის ზემოთ აღნიშნული შედეგების გამოყენებით, ადვილად ვაჩვენებთ, რომ

$$\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(s)\left\{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} g(\sigma)\operatorname{ctg}\frac{s-\sigma}{2}\,d\sigma\right\}ds = \sum_{n=1}^{\infty}(a_n\beta_n - \alpha_n b_n),$$

$$\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} g(\sigma)\left\{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(s)\operatorname{ctg}\frac{\sigma-s}{2}\,ds\right\}d\sigma = \sum_{n=1}^{\infty}(-\alpha_n b_n + a_n\beta_n),$$

საიდანაც გამომდინარეობს

$$\int_0^{2\pi} f(s)\,ds\int_0^{2\pi} g(\sigma)\operatorname{ctg}\frac{s-\sigma}{2}\,d\sigma = \int_0^{2\pi} g(\sigma)\,d\sigma\int_0^{2\pi} f(s)\operatorname{ctg}\frac{s-\sigma}{2}\,ds. \tag{16}$$

გადავწეროთ ახლა (14) ტოლობის მარცხნივ მდგომი გამოსახულება შემდეგი სახით:

$$\int_0^{2\pi} f_*(s)\,ds\int_0^{2\pi}\omega(s,\sigma)\,\varphi_*(\sigma)\operatorname{ctg}\frac{\sigma-s}{2}\,d\sigma = \int_0^{2\pi} f_*(s)\,ds\int_0^{2\pi}[\omega(s,\sigma)$$

$$-\omega(s,s)]\,\varphi_*(\sigma)\operatorname{ctg}\frac{\sigma-s}{2}\,d\sigma + \int_0^{2\pi}\omega(s,s)\,f_*(s)\,ds\int_0^{2\pi}\varphi_*(\sigma)\operatorname{ctg}\frac{\sigma-s}{2}\,d\sigma.$$

ამ ტოლობიდან ადვილად მივიღებთ (14) ტოლობას, თუ პირველ შესაკრებში შევცვლით ინტეგრების მიმდევრობას ფუბინის თეორემის ძალით, ხოლო მეორეში—(16) ფორმულის ძალით.

თეორემა 5. თუ $f(t) \in L^p[C]$, $\varphi(t) \in L^q[C]$, $p > 1$, $q = p/p-1$, მაშინ თითქმის ყველგან C-ზე ადგილი აქვს ტოლობას

$$\int_C \frac{f(t)\,dt}{t-t_0}\int_C \frac{\varphi(\tau)\,d\tau}{\tau-t} = -\pi^2 f(t_0)\,\varphi(t_0)$$

$$+\int_C \varphi(\tau)\,d\tau\int_C \frac{f(t)\,dt}{(t-t_0)(\tau-t)},\quad t_0 \in C. \tag{17}$$

ამ თეორემის დამტკიცების დროს ჩვენ ვიყენებთ იმ იდეას, რომელიც გამოყენებული აქვს ნ. მ უ ს ხ ე ლ ი შ ვ ი ლ ს (იხ. [3]) ანალოგიური ფორმულის საჩვენებლად H ფუნქციების შემთხვევაში.

ვთქვათ, $z \overline{\in} C$. შემოვიღოთ შემდეგი აღნიშვნები:

$$\Phi(z) = \int_C \frac{f(t)\,dt}{\tau - z} \int_C \frac{\varphi(\tau)\,d\tau}{\tau - t},$$

$$\Psi(z) = \int_C \varphi(\tau)\,d\tau \int_C \frac{f(t)\,dt}{(t-z)(\tau-t)}. \tag{18}$$

მე-4 თეორემის ძალით,

$$\Phi(z) = \Psi(z). \tag{19}$$

თუ გამოვიყენებთ პლემელ-პრივალოვის ცნობილ თეორემას (იხ. (7) ტოლობა), გვექნება: როცა z მიისწრაფვის ნებისმიერი არამხები გზით C წირის წერტილებისაკენ მარჯვნიდან, მაშინ არსებობს თითქმის ყველგან $\Phi(z)$ ფუნქციის სასრული ზღვრული მნიშვნელობა $\Phi^+(t_0)$ და

$$\Phi^+(t_0) = \pi i f(t_0) \int_C \frac{\varphi(\tau)\,d\tau}{\tau - t_0} + \int_C \frac{f(t)\,dt}{t - t_0} \int_C \frac{\varphi(\tau)\,d\tau}{\tau - t}. \tag{20}$$

ცხადია, რომ

$$\Psi(z) = \int_C \frac{\varphi(\tau)\,d\tau}{\tau - z} \int_C \frac{f(t)\,dt}{t - z} + \int_C \frac{\varphi(\tau)\,d\tau}{\tau - z} \int_C \frac{f(t)\,dt}{\tau - t},$$

საიდანაც ანალოგიურად (20) ტოლობისა მივიღებთ:

$$\Psi^+(t_0) = -\pi^2 f(t_0)\,\varphi(t_0) + \pi i f(t_0) \int_C \frac{\varphi(\tau)\,d\tau}{\tau - t_0}$$

$$+ \int_C \varphi(\tau)\,d\tau \int_C \frac{f(t)\,dt}{(t-t_0)(\tau-t)}. \tag{21}$$

(19), (20) და (21) ტოლობებიდან გამომდინარეობს დასამტკიცებელი (17) ფორმულა.

როცა C არის ერთეულრადიუსიანი წრეწირი ცენტრით კოორდინატთა სათავეში, მაშინ დამტკიცებული თეორემიდან გამომდინარეობს

შედეგი. თუ $f(\vartheta) \in L^p[0, 2\pi]$, $\varphi(\vartheta) \in L^q[0, 2\pi]$ $p > 1$, $q = p/p-1$, თითქმის ყველგან $[0, 2\pi]$ შუალედში ადგილი აქვს ტოლობას

$$\int_0^{2\pi} f(\vartheta) \operatorname{ctg} \frac{\vartheta - \vartheta_0}{2} d\vartheta \int_0^{2\pi} \varphi(\sigma) \operatorname{ctg} \frac{\sigma - \vartheta}{2} d\sigma = -4\pi^2 f(\vartheta_0) \varphi(\vartheta_0)$$

$$+ \int_0^{2\pi} \varphi(\sigma) d\sigma \int_0^{2\pi} \operatorname{ctg} \frac{\vartheta - \vartheta_0}{2} \operatorname{ctg} \frac{\sigma - \vartheta}{2} f(\vartheta) d\vartheta.$$

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ა. რაზმაძის სახელობის თბილისის მათემატიკის
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 28.4.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. L. Tonelli. Una proprietà delle funzioni integrabili. Atti Accad. naz. Lincei (5), 8, 1927.
2. M. Riesz. Sur fonctions conjuguées, Math. Zeitshr. B. 27, 1927.
3. Н. И. Мусхелишвили. Сингулярные интегральные уравнения, М.-Л., 1946.
4. А. Зигмунд. Тригонометрические ряды, М.-Л., 1939.
5. И. И. Привалов. Граничные свойства однозначных аналит. функций, Москва, 1941.

დრეკადობის თეორია

ა. რუხაძე

დაგრეხილი ძელის განივი ძალით ღუნვის ამოცანა

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 7.5.1947)

დრეკადობის კლასიკურ თეორიაში, როგორც ცნობილია, ადგილი აქვს ცალკეული დეფორმაციების სუპერპოზიციის კანონს; ამ მიზეზით კლასიკურ დრეკადობის თეორიას არ შეუძლია აღრიცხოს სხვადასხვა დეფორმაციის ურთიერთგავლენა. ცდები კი [1] გვიჩვენებს, რომ სხვადასხვა დეფორმაციის ასეთი ურთიერთგავლენა არსებობს და განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც დეფორმაცია არ არის ძალიან მცირე.

თუ ვისარგებლებთ არაწრფივი დრეკადობის თეორიის ძირითადი მეთოდებით, რომელნიც მოცემულია მ ე რ ნ ა ხ ა ნ ი ს [2], ზ ვ ო ლ ი ნ ს კ ი ს ა და რ ი ზ ი ს [3] შრომებში, შესაძლებელი ხდება შესწავლა სხვადასხვა დეფორმაციით გამოწვეული ურთიერთგავლენისა. შრომებში [4, 5, 6, 7, 8] შესწავლილია ქმედება, რომელსაც იწვევს დაჭიმული ძელის წყვილძალით გრეხა, წყვილძალით ღუნვა და განივი ძალით ღუნვა, აგრეთვე დაგრეხილ ძელის წყვილძალით ღუნვა და წყვილძალითა და განივი ძალით ძელის ღუნვის ურთიერთგავლენა.

წინამდებარე შრომაში ჩვენ შევისწავლით იმ ქმედებას, რომელსაც იწვევს დაგრეხილი ძელის განივი ძალით ღუნვა.

ვთქვათ, გვაქვს პრიზმატული ძელი, რომლის ერთი ფუძე დამაგრებულია. კოორდინატთა სათავე მოვათავსოთ დამაგრებული ფუძის ინერციის ცენტრში, $O\zeta$ ღერძი მივმართოთ ძელის გვერდითი ზედაპირის მსახველის პარალელურად, ხოლო $O\xi$ და $O\eta$ ღერძებად მივიღოთ აღნიშნული ფუძის ინერციის მთავარი ღერძები. ვიგულისხმოთ, რომ ძელის გვერდითი ზედაპირი თავისუფალია გარე ძალებისაგან, ხოლო ძალები, რომელნიც მოქმედებენ თავისუფალ $\zeta=l$ ზედაპირზე, სტატიკურად ტოლფასია W ძალისა, რომელიც მოდებულია აღნიშნული ფუძის ინერციის ცენტრზე და პარალელურია $O\zeta$ ღერძისა და მგრეხავი წყვილძალისა, რომლის მომენტი M მიჰყვება $O\zeta$ ღერძს.

აღვნიშნოთ ξ, η და ζ-ით ძელის რაიმე წერტილის კოორდინატები დეფორმაციამდე, ხოლო x, y და z-ით იმავე წერტილის კოორდინატები დეფორმაციის შემდეგ.

ჩვენ დაგვჭირდება არაწრფივი დრეკადობის თეორიის ზოგიერთი ფორმულა, რომლებსაც აქვე მოვიყვანთ.

სასრული დეფორმაციის კომპონენტები x, y და z კოორდინატებში ასეთია:

$$\varepsilon_{11}=\frac{\partial u}{\partial x}-\frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2\right], \ldots$$

$$2\varepsilon_{12}=\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}-\left[\frac{\partial u}{\partial x}\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial x}\frac{\partial w}{\partial y}\right], \ldots \qquad (1)$$

ხოლო დამოკიდებულება დეფორმაციის კომპონენტებსა და ძაბვის კომპონენტებს შორის არის:

$$\tau_{11}=(\lambda+2\mu)\varepsilon_{11}+\lambda(\varepsilon_{22}+\varepsilon_{33})+\frac{3}{2}(\lambda+2\mu)\varepsilon_{11}^2+\frac{\lambda}{2}(\varepsilon_{22}^2+\varepsilon_{33}^2)$$

$$-(\lambda+2\mu)(\varepsilon_{11}\varepsilon_{22}+\varepsilon_{11}\varepsilon_{33})-2\lambda\,\varepsilon_{22}\,\varepsilon_{33}+(3\lambda+5\mu)(\varepsilon_{12}^2+\varepsilon_{13}^2)+3\lambda\varepsilon_{23}^2, \ldots \qquad (2)$$

$$\tau_{12}=2\mu\varepsilon_{12}+(\lambda+3\mu)(\varepsilon_{11}\varepsilon_{12}+\varepsilon_{22}\varepsilon_{12})+(\lambda-2\mu)\varepsilon_{12}\varepsilon_{33}+5\mu\varepsilon_{13}\varepsilon_{23}\,. \ldots$$

(1) ფორმულები მიღებული იყო ფ ა ი ლ ო ნ ი ს მიერ, ხოლო (2) ფორმულები მოცემული იყო მ ე რ ნ ა ხ ა ნ ი ს მიერ; უკანასკნელ ფორმულებში შემავალი მუდმივები განსაზღვრულია ზ ვ ო ლ ი ნ ს კ ი ს ა და რ ი ზ ი ს ჰიპოთეზის მიხედვით.

ამ პირობებში ჩვენ მიერ ზემოთ დასმული საკითხი შემდეგ ამოცანამდე დადის: საძიებელია ძაბვის მდგენელები τ_{11}, τ_{22}, ..., τ_{23}, რომელნიც ძელის მიერ დაკავებულ S არეში აკმაყოფილებენ წონასწორობის ერთგვაროვან განტოლებებს

$$\frac{\partial\tau_{11}}{\partial x}+\frac{\partial\tau_{12}}{\partial y}+\frac{\partial\tau_{13}}{\partial z}=0, \ldots \qquad (3)$$

ჰუკის არაწრფივ კანონს (2) და აგრეთვე გვერდითს ზედაპირზე სასაზღვრო პირობებს

$$\tau_{11}\cos\widehat{nx}+\tau_{12}\cos\widehat{ny}+\tau_{13}\cos\widehat{nz}=0, \ldots \qquad (4)$$

სადაც $\cos\widehat{nx}$, $\cos\widehat{ny}$ და $\cos\widehat{nz}$ არის დეფორმირებული ზედაპირის ნორმალის მიმართულების კოსინუსები.

ამ ამოცანის ამოხსნას გადაადგილების ვექტორის მდგენელებში ჩვენ ვეძებთ შემდეგი სახით:

$$u=\tau\eta\zeta+\nu\left[\frac{1}{2}\sigma(l-\zeta)(\xi^2-\eta^2)+\frac{1}{2}l\zeta^2-\frac{1}{6}\zeta^3\right]+\tau\nu\cdot u_1,$$

$$v=\tau\xi\zeta+\nu\sigma(l-\zeta)\xi\eta+\tau\nu\cdot v_1, \qquad (5)$$

$$w=\tau\cdot\varphi(\xi,\eta)-\nu\left[\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\xi+\chi(\xi,\eta)+\xi\eta^2\right]+\tau\nu\cdot w_1,$$

სადაც $\tau=\frac{M}{D}$ მუდმივია (გრეხის ხარისხი), $\nu=\frac{W}{IE}$ აგრეთვე მუდმივია (I კვეთის ინერციის მომენტია $O\eta$ ღერძის პარალელური ღერძის მიმართ, D სიხისტეა, ხოლო E—იუნგის მოდული), $\varphi(\xi,\eta)$ და $\chi(\xi,\eta)$ გრეხისა და ღუნვის

ფუნქციებია, ხოლო u_1, v_1 და w_1—დამატებითი გადაადგილებები, რომელნიც გამოსახავენ აღნიშნული დეფორმაციების საძიებელ ურთიერთგავლენას.

თუ ვისარგებლებთ წარმოებულთა გარდაქმნის შემდეგი ფორმულებით:

$$\frac{\partial}{\partial x}=\left(1-\frac{\partial u}{\partial \xi}\right)\frac{\partial}{\partial \xi}-\frac{\partial v}{\partial \xi}\cdot\frac{\partial}{\partial \eta}-\frac{\partial w}{\partial \xi}\cdot\frac{\partial}{\partial \zeta}, \ \ldots \tag{6}$$

მაშინ (2) ფორმულებიდან გვექნება:

$$\begin{aligned}
\tau_{11}=\tau\nu\Big\{&-\frac{\lambda+\mu}{2}\varphi'_\xi\chi'_\xi-\frac{\lambda}{2}\varphi'_\eta\chi'_\eta+\frac{\lambda}{2}\xi\chi'_\eta-\frac{\lambda-\mu}{2}\eta\chi'_\xi+\Big[\frac{1}{4}\sigma(\lambda-\mu)(\xi^2\\
&-\eta^2)-\frac{\lambda+\mu}{2}\eta^2\Big]\varphi'_\xi-\frac{\lambda}{2}\eta\zeta^2-\lambda\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'_\xi+\frac{\lambda}{2}(\sigma-2)\xi\eta\varphi'_\eta-2\mu\Big(l\zeta\\
&-\frac{1}{2}\zeta^2\Big)\eta-\lambda(\sigma-1)\xi^2\eta-\frac{\lambda-\mu}{2}\eta^3+\frac{1}{2}\lambda\sigma\eta^3+\frac{3\lambda+5\mu}{4}\sigma(\xi^2-\eta^2)+\tau'_{11}\Big\},\\
\tau_{22}=\tau\nu\Big\{&-\frac{\lambda}{2}\varphi'_\xi\chi'_\xi-\frac{\lambda+\mu}{2}\varphi'_\eta\chi'_\eta+\frac{\lambda-\mu}{2}\xi\chi'_\eta-\frac{\lambda}{2}\eta\chi'_\xi+\Big[\frac{1}{4}\lambda\sigma(\xi^2-\eta^2)\\
&-\frac{1}{2}\lambda\eta^2\Big]\varphi'_\xi-\lambda\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'_\xi-\left(\mu+\frac{3\lambda+5\mu}{2}\sigma\right)\xi\eta\varphi'_\eta-\frac{\lambda}{2}\eta\zeta^2\\
&+\left(\frac{1}{2}\lambda-\mu-\frac{3}{2}\mu\sigma\right)\xi^2\eta+\frac{\sigma-1}{2}\lambda\eta^3+\frac{3}{4}\lambda\sigma(\xi^2-\eta^2)\eta+\tau'_{22}\Big\},\\
\tau_{33}=-\nu E(l-\zeta)\xi+\tau\nu\Big\{&-\frac{\lambda+5\mu}{2}(\varphi'_\xi\chi'_\xi+\varphi'_\eta\chi'_\eta)+\frac{\lambda-\mu}{2}(\xi\chi'_\eta-\eta\chi'_\xi)\\
&-(\lambda+2\mu)\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'_\xi-\frac{1}{2}\lambda\zeta^2+\Big[\frac{\lambda-4\mu\sigma}{8}(\xi^2-\eta^2)-\frac{\lambda+5\mu}{2}\eta^2\Big]\varphi'_\xi\\
&-\left(\frac{3}{4}\lambda+\mu\sigma+\sigma\eta\right)\xi\eta\varphi'_\eta-2\mu\sigma(l-\zeta)\eta\zeta+\left(\frac{7}{8}\lambda-\mu\right)\xi^2\eta-\left(\frac{5}{8}\lambda-\frac{\mu}{2}\right)\eta^3+\tau'_{33}\Big\},\\
\tau_{12}=\mu\tau\nu\Big\{&-\frac{1}{4}(\varphi'_\xi\chi'_\eta+\varphi'_\eta\chi'_\xi)-\frac{\sigma+2}{4}\xi\eta\varphi'_\xi-\Big[\frac{1}{8}\sigma(\xi^2-\eta^2)+\frac{1}{4}\eta^2\Big]\varphi'_\eta\\
&+\frac{1}{4}(\eta\varphi'_\eta-\xi\varphi'_\xi)+\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\xi+\frac{1+5\sigma}{4}\xi\eta^2-\frac{5}{8}\sigma(\xi^2-\eta^2)\xi+\frac{1}{\mu}\tau'_{12}\Big\},\\
\tau_{13}=\mu\tau(\varphi'_\xi-\eta)-\mu\nu&\Big[\chi'_\xi+\frac{1}{2}\sigma(\xi^2-\eta^2)+\eta^2\Big]+\tau\nu\mu\Big\{\zeta\chi'_\eta+\frac{1-3\sigma}{2}(l-\zeta)\xi\varphi'_\xi\\
&-\sigma(l-\zeta)\eta\chi'_\eta+\frac{1+5\sigma}{2}\xi\eta(l-\zeta)+2\xi\eta\zeta+\frac{1}{\mu}\tau'_{13}\Big\},\\
\tau_{23}=\mu\tau(\varphi'_\eta+\xi)-\mu\nu&[\chi'_\eta+(\sigma+2)\xi\eta]+\tau\nu\mu\Big\{-\zeta\chi'_\xi+\frac{1-3\sigma}{2}(l-\zeta)\xi\varphi'_\eta\\
&+\sigma(l-\zeta)\eta\varphi'_\eta-\frac{1+5\sigma}{2}(l-\zeta)\xi^2-\eta^2\zeta-\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\zeta+\frac{1}{\mu}\tau'_{23}\Big\},
\end{aligned}\tag{7}$$

სადაც $\tau'_{11}, \tau'_{22}, \ldots, \tau'_{23}$ წარმოადგენენ ძაბვის კომპონენტებს, რომელნიც შეესაბამებიან დეფორმაციის საძიებელ u_1, v_1 და w_1 მდგენელებს.

დრეკადი სხეულის წონასწორობის (3) განტოლებანი, (6) და (7) ფორმულების ძალით, მიიღებენ სახეს:

$$
\begin{aligned}
&\frac{\partial \tau'_{11}}{\partial \xi}+\frac{\partial \tau'_{12}}{\partial \eta}+\frac{\partial \tau'_{13}}{\partial \zeta}-(\lambda+\mu)\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi''_{\xi^2}-\frac{\partial U}{\partial \xi}+\frac{\sigma+2}{2}\mu\varphi=0,\\
&\frac{\partial \tau'_{21}}{\partial \xi}+\frac{\partial \tau'_{22}}{\partial \eta}+\frac{\partial \tau'_{23}}{\partial \zeta}-(\lambda+\mu)\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi''_{\xi\eta}-\frac{\partial U}{\partial \eta}-\frac{1}{2}\lambda\zeta^2\\
&-\mu\left(2l\zeta-\frac{3}{2}\zeta^2\right)-\frac{2+3\sigma}{4}\mu\xi^2=0,\\
&\frac{\partial \tau'_{31}}{\partial \xi}+\frac{\partial \tau'_{32}}{\partial \eta}+\frac{\partial \tau'_{33}}{\partial \zeta}-\frac{2\lambda+3\mu+\mu\sigma}{2}(l-\zeta)\varphi'_{\xi}-\lambda\eta\zeta+\frac{\sigma-3}{2}\mu(l-\zeta)\eta=0,
\end{aligned}
\tag{8}
$$

სადაც

$$
\begin{aligned}
U=&\frac{7\lambda+16\mu+5\mu\sigma}{8}\xi^2\eta-\frac{15\lambda+22\mu-9\mu\sigma}{24}\eta^3+\frac{2\lambda+3\mu}{4}(\xi\chi'_{\eta}-\eta\chi'_{\xi})\\
&+\left(\frac{\lambda+\mu\sigma}{8}\xi^2-\frac{5\lambda+2\mu+\mu\sigma}{8}\eta^2\right)\varphi'_{\xi}-\frac{3\lambda+2\mu-\mu\sigma}{4}\xi\eta\varphi'_{\eta}-\mu\xi\varphi\\
&+\frac{\mu\sigma}{2}\int^{\xi}(\eta\varphi'_{\eta}-\varphi)d\xi+\frac{1}{2}\mu\int^{\xi}\chi'_{\eta}d\xi-\frac{2\lambda+\mu}{4}\int^{\xi}(\chi'_{\xi}\varphi'_{\xi^2}+\chi'_{\eta}\varphi_{\eta}\\
&+\varphi'_{\xi}\chi''_{\xi^2}+\varphi'_{\eta}\chi_{\xi\eta})\,d\xi.
\end{aligned}
$$

სასაზღვრო (4) პირობები, თუ მივიღებთ მხედველობაში ფორმულებს

$$
\begin{aligned}
&\cos\widehat{nx}=\cos\widehat{n\xi}-[\tau\zeta+\nu\sigma(l-\zeta)\eta]\cos\widehat{n\eta},\\
&\cos\widehat{ny}=\cos\widehat{n\eta}+[\tau\zeta+\nu\sigma(l-\zeta)\eta]\cos\widehat{n\xi},\\
&\cos\widehat{nz}=\left[\tau\eta+\frac{\nu}{2}\sigma(\xi^2-\eta^2)-\nu\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\right]\cos\widehat{n\xi}-(\tau\xi-\nu\sigma\xi\eta)\cos\widehat{n\eta},
\end{aligned}
\tag{9}
$$

რომელნიც გამოსახავენ τ და ν სიზუსტით დამოკიდებულებას დეფორმირებული და არადეფორმირებული ზედაპირების ნორმალთა მიმართულების კოსინუსებს შორის, მიიღებენ სახეს:

$$
\begin{aligned}
&\tau'_{11}\cos\widehat{n\xi}+\tau'_{12}\cos\widehat{n\eta}-\left[(\lambda+\mu)\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'_{\xi}+\mu\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\eta\right.\\
&\left.+\frac{1}{2}\lambda\eta\zeta^2\right]\cos\widehat{n\xi}+\mu\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\xi\cos\widehat{n\eta}+\left\{-\frac{\lambda+\mu}{2}\varphi'_{\xi}\chi'_{\xi}-\frac{\lambda}{2}\varphi'_{\eta}\chi'_{\eta}\right.\\
&+\frac{}{2}\xi\chi'_{\eta}+\frac{\lambda}{2}(\sigma-2)\xi\eta\varphi'_{\eta}+\frac{\lambda+\mu}{2}\left[\frac{1}{2}\sigma(\xi^2-\eta^2)-\eta^2\right]\varphi'_{\xi}-\frac{\lambda+\mu}{2}\eta\chi'_{\xi}\\
&\left.+\frac{7\lambda+4\mu\sigma}{8}\xi^2\eta-\frac{5\lambda+4\mu}{8}\eta^3\right\}\cos\widehat{n\xi}+\left\{-\frac{\mu}{4}(\varphi'_{\xi}\chi'_{\eta}+\chi'_{\xi}\varphi'_{\eta})+\frac{3\sigma-2}{4}\mu\xi\eta\varphi'\right.
\end{aligned}
$$

$$+\frac{\mu}{4}\eta\chi'_\eta+\frac{3}{4}\mu\xi\chi'_\xi-\frac{\mu}{4}\left[\frac{1}{2}\sigma(\xi^2-\eta^2)+\eta^2\right]\varphi'_\eta+\frac{5+\sigma}{4}\mu\xi\eta^2$$
$$-\frac{\mu\sigma}{8}(\xi^2-\eta^2)\,\xi\Big\}\cos\widehat{n\eta}=0,$$

$$\tau'_{21}\cos\widehat{n\zeta}+\tau'_{22}\cos\widehat{n\eta}-\mu\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'_\eta\cos\widehat{n\xi}-\left[\lambda\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'_\xi\right.$$
$$\left.+\frac{1}{2}\lambda\eta\zeta^2\right]\cos\widehat{n\eta}+\Big\{-\frac{\mu}{4}(\varphi'_\xi\chi'_\eta+\chi'_\xi\varphi'_\eta)-\frac{\sigma+2}{4}\mu\xi\eta\varphi'_\xi+\frac{\mu}{4}\left[\frac{3}{2}\sigma(\xi^2-\eta^2)\right.$$
$$\left.-\eta^2\right]\varphi'_\eta-\frac{3}{4}\mu\eta\chi'_\eta-\frac{\mu}{4}\xi\chi'_\xi-\frac{\mu\sigma}{8}\xi^3-\frac{3\sigma-14}{8}\mu\xi\eta^2\Big\}\cos\widehat{n\xi}+\Big\{\frac{\lambda+\mu}{2}\xi\chi'_\eta \tag{10}$$
$$-\frac{\lambda}{2}\varphi'\chi'_\xi-\frac{\lambda+\mu}{2}\varphi'_\eta\chi'_\eta-\frac{\lambda}{2}\eta\chi'_\xi+\frac{\lambda}{2}\left[\frac{1}{2}\sigma(\xi^2-\eta^2)-\eta^2\right]\varphi'_\xi-\frac{3\lambda+4\mu}{4}\xi\eta\varphi'_\eta$$
$$+\frac{7\lambda+8\mu-2\mu\sigma}{8}\xi^2\eta-\frac{\sigma+2}{3}\lambda\eta^3\Big\}\cos\widehat{n\eta}=0,$$

$$\tau'_{31}\cos\widehat{n\xi}+\tau'_{32}\cos\widehat{n\eta}+\left[-\mu\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\zeta+\mu(1+\sigma)(l-\zeta)\xi^2+\mu\sigma(l-\zeta)\eta^2\right.$$
$$\left.+\frac{\mu\sigma}{2}(\xi^2-\eta^2)\zeta\right]\cos\widehat{n\eta}-[\mu(1+\sigma)\xi\eta+\mu\sigma\xi\zeta]\cos\widehat{n\xi}=0.$$

ამ ამოცანის შესაბამისი თავსებადობის პირობები იქნება:

$$\Delta\tau'_{11}+\frac{1}{1+\sigma}\frac{\partial^2T'}{\partial\xi^2}+\frac{\sigma}{1-\sigma}\left[\Delta U+\frac{2\lambda+5\mu+2\mu\sigma}{2}\varphi'_\xi-\frac{2\lambda+\mu\sigma-3\mu}{2}\eta\right]$$
$$+2\frac{\partial^2U}{\partial\xi^2}+(\sigma+2)\mu\varphi'_\xi-2(\lambda+\mu)\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'''_{\xi^3}=0,$$

$$\Delta\tau'_{22}+\frac{1}{1+\sigma}\frac{\partial^2T'}{\partial\eta^2}+\frac{\sigma}{1-\sigma}\left[\Delta U+\frac{2\lambda+5\mu+2\mu\sigma}{2}\varphi'_\xi-\frac{2\lambda-3\mu+\mu\sigma}{2}\eta\right]$$
$$+2\frac{\partial^2U}{\partial\eta^2}-2(\lambda+\mu)\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'''_{\xi\eta^2}=0,$$

$$\Delta\tau'_{33}+\frac{1}{1+\sigma}\frac{\partial^2T'}{\partial\zeta^2}+\frac{\sigma}{1-\sigma}\left[\Delta U+\frac{2\lambda+5\mu+2\mu\sigma}{2}\varphi'_\xi-\frac{2\lambda-3\mu+\mu\sigma}{2}\eta\right]$$
$$+(2\lambda+3\mu+\mu\sigma)\varphi'_\xi-(2\lambda+\mu\sigma-3\mu)\eta=0,$$

$$\Delta\tau'_{12}+\frac{1}{1+\sigma}\frac{\partial^2T'}{\partial\xi\partial\eta}-2(\lambda+\mu)\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'''_{\xi^2\eta}+2\frac{\partial^2U}{\partial\xi\partial\eta}$$
$$+\frac{\sigma+2}{2}\mu\varphi'_\eta+\frac{2+3\sigma}{2}\mu\xi=0, \tag{11}$$

$$\Delta\tau'_{13}+\frac{1}{1+\sigma}\frac{\partial^2T'}{\partial\xi\partial\zeta}-\frac{4\lambda+5\mu+\mu\sigma}{2}(l-\zeta)\varphi''_{\xi^2}=0,$$

$$\Delta\tau'_{23}+\frac{1}{1+\sigma}\frac{\partial^2T'}{\partial\eta\partial\zeta}-\frac{4\lambda+5\mu+\mu\sigma}{2}(l-\zeta)\varphi''_{\xi\eta}-(2\lambda-\mu)\zeta+\frac{\sigma-7}{2}\mu(l-\zeta)=0.$$

დამატებითი τ'_{11}, τ'_{22}, ... , τ'_{23} ძაბვების განსასაზღვრელად მივიღოთ:

$$\tau'_{11}=(\lambda+2\mu)\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'_\xi+\frac{1}{2}\lambda\eta\zeta^2-U+\frac{\partial^2\Phi}{\partial\eta^2}-(pf+q\psi+\omega)$$

$$-\frac{\sigma\mu}{2}\int^{\xi}\varphi d\xi-p\left(\frac{\sigma}{1+\sigma}\xi\eta^2-\frac{1}{3}\xi^3\right),$$

$$\tau'_{22}=\lambda\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'_\xi+\frac{1}{2}\lambda\eta\zeta^2-U+\frac{\partial^2\Phi}{\partial\xi^2}$$

$$-(pf+q\psi+\omega)-q\left(\frac{\sigma}{1+\sigma}\xi^2\eta-\frac{1}{3}\eta^3\right),$$

$$\tau'_{33}=\lambda\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'_\xi+\frac{1}{2}\lambda\eta\zeta^2+\mu\eta\zeta^2-2\sigma U+\sigma\Delta\Phi+2(pf+q\psi+\omega)$$

$$-\frac{\sigma^2\mu}{2}\int^{\xi}\varphi d\xi+p\left(\frac{\sigma}{1+\sigma}\xi\eta^2-\frac{1}{3}\xi^3\right)+q\left(\frac{\sigma}{1+\sigma}\xi^2\eta-\frac{1}{3}\eta^3\right)$$

$$+p\left(\xi\zeta^2-\frac{1}{3}\xi^3\right)+q\left(\eta\zeta^2-\frac{1}{3}\eta^3\right), \tag{12}$$

$$\tau'_{12}=\mu\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\varphi'_\eta+\frac{2+3\sigma}{12}\mu\xi^3-\frac{\partial^2\Phi}{\partial\xi\partial\eta},$$

$$\tau'_{13}=\mu(l-\zeta)\varphi-(l-\zeta)\omega'_\xi+\zeta\left[pf'_\xi+q\psi'_\xi+p\left(\frac{\sigma}{1+\sigma}\eta^2-\xi^2\right)\right]+\frac{\partial\Psi}{\partial\xi},$$

$$\tau'_{23}=\mu\left(l\zeta-\frac{1}{2}\zeta^2\right)\zeta-(l-\zeta)\omega'_\eta+\zeta\left[pf'_\eta+q\psi'_\eta+q\frac{\sigma}{1+\sigma}\xi^2-\eta^2\right)\Bigg]+\frac{\partial\Psi}{\partial\eta},$$

სადაც p და q მუდმივებია.

ადვილად დავრწმუნდებით, რომ ძაბვის (12) კომპონენტები აკმაყოფილებენ წონასწორობის (8) განტოლებებს, თავსებადობის (11) პირობებს და აგრეთვე სასაზღვრო (10) პირობებს, თუ f, ψ, ω, Ψ და Φ ფუნქციები განსაზღვრულია შემდეგი პირობებით:

$$\Delta f=0,\qquad \Delta\psi=0,\qquad \Delta\Psi+2\mu l\eta=0,$$

$$\Delta\omega+\frac{1+\sigma}{2}\mu\varphi'_\xi+\frac{7-\sigma}{2}\mu\eta=0, \tag{13}$$

$$\Delta\Delta\Phi+\frac{1-2\sigma}{2(1-\sigma)}\mu\varphi'_\xi-\frac{1-2\sigma}{1-\sigma}\Delta U+\frac{7-\sigma}{2(1-\sigma)}\mu\eta=0 \qquad S \text{ არეში};$$

$$\frac{df}{dn}=-\left(\frac{\sigma}{1+\sigma}\eta^2-\xi^2\right)\cos\widehat{n\xi},\qquad \frac{d\psi}{dn}=-\left(\frac{\sigma}{1+\sigma}\xi^2-\eta^2\right)\cos\widehat{n\eta},$$

$$\frac{d\Psi}{dn}=\mu\sigma l\left[\xi\eta\cos\widehat{n\xi}-\frac{1}{2}(\xi^2-\eta^2)\cos\widehat{n\eta}\right],$$

$$\frac{d\omega}{dn}=\mu[\varphi+(\sigma-1)\xi\eta]\cos\widehat{n\xi}+\left[\frac{1}{2}E\xi^2+\mu\sigma\eta^2-\frac{\sigma}{2}\mu(\xi^2-\eta^2)\right]\cos\widehat{n\eta},$$

$$
\begin{aligned}
\frac{\partial\Phi}{\partial\xi} = \int^{s}\Bigg\{\Bigg[& -\frac{\mu}{4}(\varphi'_{\xi}\chi'_{\eta}+\varphi'_{\eta}\chi'_{\xi}) - \frac{\sigma+2}{4}\mu\xi\eta\varphi'_{\xi} + \frac{\mu}{4}\left[\frac{3}{2}\sigma(\xi^2-\eta^2)-\eta^2\right]\varphi'_{\eta} \\
& -\frac{3}{4}\mu\eta\chi'_{\eta} - \frac{\mu}{4}\xi\chi'_{\xi} + \frac{3\sigma-14}{8}\mu\xi\eta^2 + \frac{3\sigma+4}{24}\mu\xi^3\Bigg]\cos\widehat{n\xi} + \Bigg[\frac{\lambda+\mu}{2}\xi\chi'_{\eta} - \frac{\lambda}{2}\varphi'_{\xi}\chi'_{\xi} \\
& -\frac{\lambda+\mu}{2}\varphi'_{\eta}\chi'_{\eta} - \frac{\lambda}{2}\eta\chi'_{\xi} - \frac{3\lambda+4\mu}{4}\xi\eta\varphi'_{\eta} + \frac{\lambda}{2}\left[\frac{1}{2}\sigma(\xi^2-\eta^2)-\eta^2\right]\varphi'_{\xi} \\
& +\frac{7\lambda+8\mu-24\mu\sigma}{8}\xi^2\eta - \frac{\sigma+2}{4}\lambda\eta^3 - U - (pf+q\psi+\omega) \\
& - q\left(\frac{\sigma}{1+\sigma}\xi^2\eta - \frac{1}{3}\eta^3\right)\Bigg]\cos\widehat{n\eta}\Bigg\}\,ds,
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\frac{\partial\Phi}{\partial\eta} = -\int^{s}\Bigg\{\Bigg[& -\frac{\lambda+\mu}{2}\varphi'_{\xi}\chi'_{\xi} - \frac{\lambda}{2}\varphi'_{\eta}\chi'_{\eta} + \frac{\lambda}{2}\xi\chi'_{\eta} + \frac{\lambda}{2}(\sigma-2)\xi\eta\varphi'_{\eta} \\
& +\frac{\lambda+\mu}{2}\left[\frac{1}{2}\sigma(\xi^2-\eta^2)-\eta^2\right]\varphi'_{\xi} - \frac{\lambda+\mu}{2}\eta\chi'_{\xi} + \frac{7\lambda+4\mu\sigma}{8}\xi^2\eta - \frac{5\lambda+4\mu}{8}\eta^3 - U \\
& -(pf+q\psi+\omega) - \frac{\sigma\mu}{2}\int^{\xi}\varphi\,d\xi - p\left(\frac{\sigma}{1+\sigma}\xi\eta^2 - \frac{1}{3}\xi^3\right)\Bigg]\cos\widehat{n\xi} \\
& +\Bigg[-\frac{\mu}{4}(\varphi'_{\xi}\chi'_{\eta}+\chi'_{\xi}\varphi'_{\eta}) + \frac{3\sigma-2}{4}\mu\xi\eta\varphi'_{\xi} + \frac{\mu}{4}\eta\chi'_{\eta} + \frac{3}{4}\mu\xi\chi'_{\xi} - \frac{\mu}{4}\Big[\frac{1}{2}\sigma(\xi^2-\eta^2) \\
& +\eta^2\Big]\varphi'_{\eta} + \frac{5+\sigma}{4}\mu\xi\eta - \frac{\mu\sigma}{8}(\xi^2-\eta^2)\xi + \frac{2+3\sigma}{12}\mu\xi^3\Bigg]\cos\widehat{n\xi}\Bigg\}\,ds\,^{(1)},
\end{aligned}
\tag{14}
$$

L კონტურზე, სადაც L არის S-ის საზღვარი.

თუ მივიღებთ მხედველობაში (12) ფორმულებს, მაშინ $\zeta=l$ ზედაპირზე (7) ძაბვები საზოგადოდ არ დააკმაყოფილებენ საჭირო პირობებს:

$$X=W, \quad Y=Z=M_x=M_y=0, \quad M_z=M,$$

სადაც X, Y, Z, M_x, M_y, M_z ძაბვების მთავარი ვექტორისა და მთავარი მომენტის კომპონენტებია აღნიშნულ ზედაპირზე.

ახლა, რომ დავაკმაყოფილოთ ეს პირობებიც, საჭიროა ჩვენ მიერ მიღებულ ამონახსნს დავუმატოთ სენ-ვენანის გარკვეული წრფივი ამოცანის ამოხსნა, რომელიც გაანეიტრალებს აღნიშნულ ზედაპირზე ზედმეტ ძაბვებს.

კერძოდ, როცა S წრიული არეა, ჩვენ გვაქვს:

$$\varphi(\xi,\eta)=0, \qquad \chi(\xi,\eta) = -\frac{3+2\sigma}{4}R^2\xi + \frac{1}{4}(\xi^3-3\xi\eta^2),$$

---

(1) p და q მუდმივები განისაზღვრებიან პირობით, რომ $\frac{\partial\Phi}{\partial\xi}$ და $\frac{\partial\Phi}{\partial\eta}$ წარმოებულები ცალსახა იყოს L კონტურზე ავლის დროს.

$$f=\frac{2\sigma+3}{4(1+\sigma)}R^2\xi+\frac{2\sigma+1}{4(1+\sigma)}(\xi^3-3\xi\eta^2),$$

$$\phi=\frac{2\sigma+3}{4(1+\sigma)}R^2\eta+\frac{2\sigma+1}{4(1+\sigma)}(\eta^3-3\xi^2\eta),$$

$$\Psi=\frac{2\sigma+3}{4}\mu lR^2\eta-\frac{1}{4}\mu l(\xi^2+\eta^2)\eta,\qquad \omega=\frac{21}{16}(1+\sigma)\mu R^2\eta+\frac{\sigma-7}{16}\mu(\xi^2+\eta^2)\eta.$$

$$q=-\frac{58\sigma+49}{16}\mu,\qquad p=0.$$

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial\xi^2}=\left[\frac{2}{R^2}(C_{-2}-C_2)-\frac{8}{R^2}C_{-4}\right]\eta+\frac{12}{R^4}(3C_{-4}-C_4)\xi^2\eta+\frac{4}{R^4}(C_4+C_{-4})\eta^3,$$

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial\xi\partial\eta}=\left[\frac{2}{R^2}(C_{-2}-C_2)-\frac{8}{R^2}C_{-4}\right]\xi+\frac{12}{R^4}(C_4+C_{-4})\xi\eta^2+\frac{4}{R^4}(3C_{-4}-C_4)\xi^3,\quad (15)$$

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial\eta^2}=-\left[\frac{2}{R^2}(C_{-2}-C_2)-\frac{8}{R^2}C_{-4}\right]\eta+\frac{12}{R^4}(C_4+C_{-4})\xi^2\eta-\frac{4}{R^4}(5C_{-4}+C_4)\eta^3.$$

სადაც

$$C_2=-\frac{120\sigma^2+298\sigma+169}{768(1+\sigma)}R^3\mu,\qquad C_{-2}=\frac{152\sigma^2-10\sigma-135}{768(1+\sigma)}\mu R^3,$$

$$C_4=\frac{196\sigma^2+204\sigma+35}{3072(1+\sigma)}\mu R^3,\qquad C_{-4}=\frac{36\sigma^2+108\sigma+63}{3072(1+\sigma)}\mu P^3.$$

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ა. რაზმაძის სახ. თბილისის მათემატიკის
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 7.5.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. W. Voigt. Ann. Phys. Chem. (Wiedemann). Bd 52, 1894, p. 536.
2. F. Murraghan. Finite deformations of elastic solid. Amer. Journ. of Math. vol. LIX, № 2, 1937, p. 235.
3. Н. Зволинский и П. Риз. О законе Гука для конечных смещений. Известия АН СССР, Отделение технических наук, № 8—9, 1938, стр. 17—20.
4. Н. Зволинский и П. Риз. Кручение растянутого призматического бруса. ДАН, т. XX, вып. 2—3, 1938, стр. 101—103.
5. П. Риз. Изгиб растянутого призматического стержня. Прикладная математика и механика, т. III, в. 3, 1939, стр. 33—44.
6. А. Рухадзе. Изгиб силой растянутого призматического стержня. Сообщения АН Гр. ССР, т. II, № 7, 1941, стр. 609—617.
7. ა. გორგიძე და ა. რუხაძე. დაგრეხილი ძელის წყვილძალით ღუნვის ამოცანა. საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. V, № 3, 1944, გვ. 253—262.
8. А. Рухадзе. Задачи взаимодействия изгиба поперечной силой на изгиб парой стержня (печатается в журнале „Прикладная математика и механика“), 1947.

კლიმატოლოგია

ა. ბალაბუევი

პლუვიომეტრიული გრადიენტების შესახებ საქართველოს პირობებში

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ი. ვეკუამ 6.6.1947)

1. პლუვიომეტრული გრადიენტების, ე. ი. ადგილის სიმაღლის მიხედვით ნალექების რაოდენობის ცვლილების რიცხობრივ მნიშვნელობათა, ცოდნა განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს მთაგორიანი ქვეყნებისათვის—როგორც იმ პროცესების მექანიზმის გასაგებად, რომლებიც განსაზღვრავენ სინესტეს, ისე აგრეთვე პრაქტიკული მიზნებისათვის: ნალექების განაწილების რუკების ასაგებად. მეტეოროლოგიურ ლიტერატურაში უხვად მოგვეპოვება ასეთი სიდიდეების მოცემის ცდები. მაგრამ ჩვეულებრივი სტატისტიკური მეთოდით მიღებულ ყველა სიდიდეს აქვს მხოლოდ ვიწრო ადგილობრივი მნიშვნელობა და არ იძლევა რაიმე საერთო დასკვნების გაკეთების შესაძლებლობას.

ამ მდგომარეობის კარგ ილუსტრაციას წარმოადგენს შემდეგი ავტორიტეტული მეთოდური მითითება: „ამჟამად არავითარ თეორიულ გაანგარიშებას არ შეუძლია მოგვცეს... ნალექების ვერტიკალური გრადიენტის სიდიდე და ეს მონაცემები შესაძლოა მიღებულ იქნეს *თითოეულ ცალკე შემთხვევაში მხოლოდ უშუალო საკმაოდ ხანგრძლივი დაკვირვებებით*[1] [1].

2. საკითხის ასეთი მცირესანუგეშო მდგომარეობა გვაიძულებს ვეძიოთ მისი გადაწყვეტა თვით მოვლენის გენეზისის შესწავლის გზით, ე. ი. გრადიენტზე რელიეფისა და იმ ატმოსფერული პროცესების ხასიათის გავლენის შესწავლის გზით, რომლებიც განაპირობებენ ნალექებს. შრომები ამ მიმართულებით, განსაკუთრებით მეორე საკითხის (ატმოსფერული პროცესების გავლენა) გადასაწყვეტად, მცირერიცხოვანია. მათ შორის ყველაზე უფრო საინტერესო *პოულტერის* შრომა [2] შეეხება რაიონებს სუსტად განვითარებული რელიეფითა და ატმოსფერული პროცესების განსაკუთრებული ხასიათით (ბრიტანეთის კუნძულები).

3. ავტორის მიერ ჩატარებულია პლუვიომეტრიული გრადიენტის გამოკვლევა საქართველოს ტერიტორიაზე. გამოკვლევის ძირითადი ამოცანა ატმოსფერული პროცესების ეფექტის შესწავლაში მდგომარეობდა. ამ მიზნით გამოთვლილი იყო გრადიენტები სადგურების სამი წყვილისათვის: თბილისი (ობსერვატორია—404 მ. ზღვის დონიდან)—კოჯორი (1340 მ., თბილისის დასავლე-

---

[1] ხაზგასმულია ჩვენ მიერ, ა. ბ.

თით); თბილისი (ობსერვატორია)—დუშეთი (840 მ., კავკასიონის ქედის სამხრეთ კალთებზე); დუშეთი—გუდაური (2204 მ., კავკასიონის ქედის მაღალ ზონაში). ისინი გამოთვლილი იყო ყოველი დღეღამური მონაცემის მიხედვით 35 თვის დაკვირვებებისათვის, რომლებიც მოიცავენ პერიოდს 1935 წლიდან 1939 წლამდე ჩათვლით. თვეები მეტ-ნაკლებად თანაბრად იყო განაწილებული ყველა სეზონის მიხედვით.

სადგურების შერჩევა, მათი რიცხვი და აღებული პერიოდების ხანგრძლიობა განპირობებული იყო სინოპტიკურ-კლიმატური და მეტეოროლოგიური რეპრეზენტატივობით, დაკვირვებათა სინქრონულობით, მათ თვისებათა და ავტორის დროის ბიუჯეტით. მონაცემების დამუშავება შემდეგნაირად ჩატარდა: ნალექების ყველა ყოველდღეღამური რაოდენობა შეტანილი იყო ცალკეულ ჯგუფებში იმ პროცესების შესაბამისად, რომლებმაც განაპირობეს ნალექები. გამოყოფილი იყო 11 ასეთი ჯგუფი, სახელდობრ: ფრონტალური პროცესების 7 ჯგუფი: ცივი ფრონტების გავლა (გავლა კავკასიონის ქედის დასავლეთიდან, აღმოსავლეთიდან და ორივე მხრიდან), თბილი ფრონტების გავლა, ოკლუზიების გავლა, ტალღურ აღრევათა გავლა (ამიერკავკასიაზე და მის სამხრეთით); შიდამასური ნალექების 4 ჯგუფი: 3 ჯგუფი პოლარულ მასებში (შემოჭრა დასავლეთიდან, აღმოსავლეთიდან, გრადიენტის არა ნათელი გამოსახულობით) და ერთი ჯგუფი ტროპიკულ მასებში. თითოეული ჯგუფისათვის ხდებოდა მონაცემების გასაშუალება და გრადიენტის მნიშვნელობათა გამოთვლა ერთი შემთხვევისათვის. გამოთვლები ჩატარდა წლიური მნიშვნელობებისათვის და აგრეთვე წლის თბილი და ცივი ნახევრისათვის ცალ-ცალკე.

გარდა ამ ძირითადი მუშაობისა, გამოთვლილი იყო საშუალო წლიური გრადიენტები ამიერკავკასიის უმნიშვნელოვანესი მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის და გადატანილი რუკაზე. რადგან ამ უკანასკნელი გამოთვლის ამოცანას შეადგენდა საერთო წარმოდგენის მიღება ამიერკავკასიის მთელი ტერიტორიის საშუალო გრადიენტების სიდიდეთა და განაწილების შესახებ, ამიტომ გამოსავალი სიდიდეები აღებული იყო ერთ პერიოდზე დაუყვანებლად; ეს მით უმეტეს შესაძლოა, რადგან გრადიენტების სიდიდეები მნიშვნელოვნად უფრო მდგრადია, ვიდრე ნალექების სიდიდეები.

გრადიენტების სიდიდეთა დიდი რყევა და სიჭრელე მათ ტერიტორიულ განაწილებაში დამოკიდებულია გავლენის მომხდენი ფაქტორების მნიშვნელოვან რიცხვზე. უმთავრესი მათგანია: თვით ნალექების რაოდენობა, სიმაღლე ზღვის დონიდან, რელიეფი, ქვესაგები ზედაპირის გავლენა და ატმოსფერული პროცესების ხასიათი.

ადვილი დასანახავია, რომ პირველი აქ მითითებული ფაქტორებიდან, ე. ი. თვით ნალექების რაოდენობა, გვაძლევს არსებით ეფექტს, რომელიც ძლიერ ჩრდილავს დანარჩენი მიზეზების გავლენის ეფექტს. ამ გავლენის თავიდან ასაცილებლად მოხერხებულად მიგვაჩნია ვისარგებლოთ გრადიენტის (gr) შეფარდებით ნალექების რაოდენობასთან ქვედა სადგურში (Q). ეს სიდიდე აღებული იყო როგორც ძირითადი მაჩვენებელი ჩატარებული ანალიზის დროს. ეს შეფარდება შემდეგნაირად გამოისახება:

$\frac{gr}{Q}\cdot 100$, ე. ი. შეფარდებულია $Q=100$ მმ-თან.

გენეტური ანალიზი ჩატარებული იყო 317 შემთხვევისათვის მთლიანად; მიღებული სიდიდეები წარმოდგენილია (მხოლოდ წლიურ რაოდენობათათვის) თანდართულ ცხრილში.

4. კვლევის შედეგად მიღებული ძირითადი დასკვნები შეიძლება მოკლედ ჩამოყალიბდეს შემდეგი დებულების სახით:

ა) $\frac{gr}{Q}\cdot 100$ შეფარდების საშუალო წლიური სიდიდე, როგორც ჩანს, მთელი ამიერკავკასიისათვის ბევრად უფრო მდგრადია, ვიდრე გრადიენტის (gr) აბსოლუტური სიდიდე; შემთხვევათა უმეტესობისათვის იგი ირყევა შედარებით მცირე საზღვრებში—5-დან 20 მმ-მდე. არის საფუძველი ვიფიქროთ, რომ ეს სიდიდე განისაზღვრება შესადარებელი სადგურების სინოპტიკურ-კლიმატური პირობების მსგავსების ხარისხით და არ არის დამოკიდებული მოცემული წყვილის განლაგების რაიონის სინესტის საერთო დონეზე. ატმოსფერული პროცესების ერთგვაროვანი ხასიათის მქონე უბნებისათვის $\frac{gr}{Q}\cdot 100$ საშუალო მნიშვნელობა ახლოსაა 5—6 მმ (მაგ., წყვილი: ბათუმი—მწვანე კონცხი, ბორჯომი—ბაკურიანი, თბილისი—კოჯორი, გუდაუთი—ჯვრის გადასავალი). თუ სადგურების წყვილი განლაგებულია ისეთ რაიონებში, რომლების პროცესების ხასიათი განსხვავებულია (მაგრამ დაახლოებულია), ეს სიდიდე ღებულობს მნიშვნელობებს 10—20 მმ რიგისა (მაგ., გორი—ბორჯომი, თბილისი—დუშეთი, კობი—ჯვრის გადასავალი, ყაზახი—იჯევანი, ბაქო—შემახა). პროცესების უფრო მეტი განსხვავებისას $\frac{gr}{Q}\cdot 100$ მნიშვნელობა შესაბამისად მატულობს (მაგ., რიკოთის გადასავალი—სურამი). ამ დამოკიდებულებებს მივყავართ საინტერესო დასკვნამდე, რომ ნალექების ცვლილება სიმაღლის მიხედვით ერთი სინოპტიკურ-კლიმატური რაიონიდან (ან სარტყლიდან) მეორეში გადასვლისას უნდა ხდებოდეს ნახტომებით. ეს წინასწარი მოსაზრება, თუმცა მას დასაბუთება აქვს ატმოსფერული პროცესების ცვლილებების ხასიათში, მაინც საჭიროებს შემდგომ შესწავლას.

ბ) $\frac{gr}{Q}\cdot 100$ შეფარდების მნიშვნელობანი სხვადასხვა ატმოსფერული პროცესისათვის (იხ. ცხრილი) ირყევა უმეტესი შემთხვევებისათვის ზემონაჩვენები სიდიდეების საზღვრებში (5-დან 20 მმ-მდე). გამონაკლისს შეადგენს მხოლოდ $\frac{gr}{Q}\cdot 100$ მნიშვნელობა თბილი ფრონტის გავლისათვის თბილისი—დუშეთის წყვილის შემთხვევაში (52 მმ).

გამოკვლევაში მიღებული სიდიდეები არ ჩაითვლება გრადიენტების სავსებით დამახასიათებელ რიცხობრივ მნიშვნელობებად ამა თუ იმ პროცესებისათვის, რადგანაც შემთხვევათა საერთო რიცხვი ჯერ კიდევ არასაკმაოა და,

რაც მთავარია, ცალკეულ გამოთვლათა მნიშვნელობანი (შემთხვევათა რიცხვის სხვადასხვაობის გამო) არაერთნაირია. ამასთან ერთად მათი მნიშვნელობების შეფარდებითი რიგი კარგად ეთანხმება სათანადო პროცესების ხასიათს. ამ თვალსაზრისით მიღებული მნიშვნელობანი დიდ ინტერესს წარმოადგენენ და გვაძლევენ შესაძლებლობას გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები: გრადიენტის მნიშვნელობა ერთგვარი პროცესებისათვის ირყევა რელიეფისა და სეზონის მიხედვით (მნიშვნელობები სეზონისათვის ცხრილში არაა მოყვანილი); ამასთან ერთად საინტერესოა აღვნიშნოთ, რომ ოროგრაფიულ გავლენათა ეფექტზე დამოკიდებული რყევა ახლოსაა თავის სიდიდით იმ რყევასთან, რომელსაც აპირობებს პროცესების ხასიათის სხვადასხვაობა, მაგრამ რელიეფის ეფექტი მთელი წლის განმავლობაში რამდენადმე მაინც აღემატება ატმოსფერული პროცესების ეფექტს.

აღებული სამი წყვილისაგან ყველაზე მეტი რყევა აღნიშნულია თბილისი—დუშეთის წყვილისათვის, რაც მიგვითითებს პროცესების ცვლილებებში აქ საზღვრის არამდგრადობაზე. წყვილი თბილისი—კოჯორი გვიჩვენებს გრადიენტთა ყველაზე უფრო ნაკლებ რყევას, ე. ი. ყველაზე უფრო მეტ ერთგვაროვნას პროცესებისა ამ წყვილის განლაგების რაიონში. ცალკეული პროცესების მიხედვით (ყველა სადგურისთვის) ყველაზე დიდი რყევები აღინიშნება თბილი ფრონტებისათვის (+3—52 მმ), განსაკუთრებით წლის თბილი ნახევრის დროს. დანარჩენი პროცესები გვიჩვენებს რყევათა შედარებით არა დიდ და მცირედ განსხვავებულ მნიშვნელობებს: უმცირესს—წლის ცივი ნახევრისთვის ცივი ფრონტებისას, რომლებიც შემოდიან ხოლმე კავკასიონის ქედის ორივე მხრიდან, ტალღების დროს სამხრეთში და სამხრეთ-დასავლეთში და პოლარული ჰაერის შემოჭრისას აღმოსავლეთიდან ($A=4$—5 მმ). თბილ ნახევარწელიწადში ყველაზე მცირე რყევა აღნიშნულია ოკლუზიის დროს ($A=2$ მმ) და საშუალოდ წლის განმავლობაში—ოკლუზიებისა და აღმოსავლეთიდან პოლარული ჰაერის შემოჭრის დროს ($A=3$ მმ). დანარჩენი სიტუაციები იძლევა გრადიენტის სიდიდეთა რყევას 12—13 მმ ფარგლებში მთელი წლის განმავლობაში.

გ) მეტად საინტერესოა შევადაროთ $\frac{gr}{Q}\cdot 100$ რყევათა აქ მოყვანილი მნიშვნელობები ნალექების შეფარდებით რაოდენობას, რომელიც განისაზღვრება ამა თუ იმ ატმოსფერული პროცესებით. ის პროცესები, რომლების დროსაც გრადიენტის სიდიდე ყველაზე ნაკლებად მდგრადია, ე. ი. თბილი ფრონტები, განსაზღვრავენ ნალექების მთელი რაოდენობის მეტად უმნიშვნელო ნაწილს აღნიშნულ რაიონებში,—არა უმეტეს 5%, ხოლო პროცესების დროს, რომლებიც იძლევიან ჯამში ნალექების ძირითად მასას (60—65%), სახელდობრ: კავკასიონის ქედის ორივე მხრიდან და დასავლეთიდან ცივი ფრონტების გავლისას, ოკლუზიებისა და სამხრეთში და სამხრეთ-დასავლეთში ტალღურ აღრევათა დროს—პლუვიომეტრიული გრადიენტის რყევა რაიონში არ აღემატება 13%—15%. ეს გარემოება შესაძლებლობას იძლევა მიღებული მნიშვნელობებით ვისარგებლოთ გამოყენებითი თვალსაზრისით.

პლუვიომეტრიული გრადიენტები სხვადასხვა ატმოსფერული პროცესის დროს აღმ. საქართველოს მეტეოროლოგიური სადგურების სამი წყვილისათვის (შეფარდებული მოცემული სიზუსტის ერთ შემთხვევისადმი)

ატმოსფერული პროცესის სახელწოდება	შემთხვევების რიცხვი	თბილისი—კოჯორი			თბილისი—დუშეთი			დუშეთი—გუდაუთი		
		Q	gr	$\frac{gr}{Q}\cdot 100$	Q	gr	$\frac{gr}{Q}\cdot 100$	Q	gr	$\frac{gr}{Q}\cdot 100$
ცივი ფრონტების გავლა დასავლეთიდან	53	3,4	+0,06	+2	3,4	+0,20	+6	4,4	+0,61	+14
იგივე აღმოსავლეთიდან	12	4,9	+0,38	+8	4,9	+0,29	+6	6,3	−0,15	−3
იგივე დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან	15	8,7	+0,34	+4	8,7	+0,10	+1	9,2	+0,60	+7
თბილი ფრონტების გავლა	35	0,5	+0,001	+3	0,5	+0,26	+52	1,8	+0,27	+15
ოკლუზიების გავლა	61	4,4	+0,36	+8	4,4	+0,43	+10	6,5	+0,44	+7
ტალღურ აღრევათა გავლა ა/კავკ ზე .	14	7,3	+0,43	+6	7,3	+1,56	+21	14,9	−0,05	<−1
იგივე ამიერკავკასიის სამხრეთით და სამხრეთ დასავლეთით	54	7,6	+0,38	+5	7,6	+0,67	+9	10,9	+0,11	+1
პოლარული ჰაერის შემოჭრა დასავლეთიდან	19	4,3	+0,24	+6	4,3	+0,78	+18	8,1	+0,03	+0,4
იგივე აღმოსავლეთიდან	30	0,5	+0,10	+20	0,5	+0,10	+20	1,0	+0,17	+17
კონდენსაციური პროცესი პოლარულ ჰაერში გამოუვლინებელი გრადიენტით . .	18	1,9	−0,01	<−1	1,9	−0,10	−5	1,4	+0,06	+4
იგივე ტროპიკულ ჰაერში	11	6,3	−0,17	−3	6,3	−0,31	−5	4,1	+0,11	+4
საშუალო ყველა პროცესისათვის .		4,2	+0,23	+5	4,2	+0,45	+11	6,4	+0,25	+4

5. გარდა ზემომოყვანილი საერთო დასკვნებისა, აღნიშნული გამოკვლევა (სხვა არსებული მონაცემების ანალიზთან ერთად) საშუალებას იძლევა დავსახოთ რიგი დასკვნები, რომლებიც პრაქტიკულ ინტერესს წარმოადგენენ.

უმნიშვნელოვანესს ამ დასკვნებს შორის, ავტორის შეხედულებით, წარმოადგენს ის დებულება, რომ ნალექების განაწილების რუკის აგებისათვის ამჟამად მიღებული იზოჰიეტების მეთოდი მთაგორიანი ადგილებისთვის, განსაკუთრებით მსხვილმასშტაბიანი რუკის შემთხვევაში, მიზანშეუწონელია, რადგან მთაგორიან ადგილებში არ არსებობს ამ მეთოდისათვის აუცილებელი პლუვიომეტრიული გრადიენტის ტერიტორიული მუდმივობის პირობა, ან არსებობს აქ, რა თქმა უნდა, აგრეთვე იზოჰიეტების მნიშვნელობათა მუდმივობა, და ამიტომ იზოხაზებს შორის ინტერპოლაციაც ფიქტიურია.

უფრო მიზანშეწონილია აღნიშნული ამოცანისათვის ნ ა ლ ე ქ ე ბ ი ს რ ა ი ო ნ უ ლ ი გ ა ნ ა წ ი ლ ე ბ ი ს მ ე თ ო დ ი ს გამოყენება. ამ შემთხვევაში გამოყოფილი რაიონის დამახასიათებელს წარმოადგენს ნალექების რაოდენობა გარკვეულ დამრგვალებულ ფარგლებში (აქედან-აქამდე), რაც დადგენილი უნდა იყოს ადგილობრივი პირობებით დასაშვები სიზუსტის მიხედვით. გამოყოფილი რაიონის შიგნით ნალექების რაოდენობანი შესაძლოა განაწილდნენ დიდი ნაირსხვაობით, რომელიც არ ემორჩილება კანონზომიერებას რომელიმე ერთი მიმართულებით. რაოდენობის საზღვრები მიგვითითებს ნალექების რაოდენობის დამახასიათებელი დიაპაზონის ცვლილებაზე რაიმე ერთგვარობის გაუთვალისწინებლად თვით საზღვრის გასწვრივ.

ასეთი რუკების აგებისათვის უეჭველად მნიშვნელოვან დახმარებას გაგვიწევენ პლუვიომეტრიული გრადიენტის სიდიდეების ზემომოყვანილი კანონზომიერებანი, მაგალითად: იმ რაიონების ან სარტყლების გამოყოფისათვის, რომლებშიც პროცესებს მეტ-ნაკლები ერთგვარობა ახასიათებს, და ამ პროცესებში ცვლილებებისადმი მიდრეკილებათა (ტენდენციის) დასადგენად; მოცემული ტერიტორიისათვის სადგურთა ყველაზე უფრო რეპრეზენტატური წყვილის არჩევისათვის; გრადიენტების სიდიდეთა საიმედობისა და მიახლოებითობის ხარისხის დასადგენად და, ბოლოს, გრადიენტების მიახლოებითი მნიშვნელობების მისაღებად მხოლოდ ქვედა სადგურების არსებობისას, ან იმ რაიონებისათვის, რომლებიც სრულიადაც არაა გაშუქებული დაკვირვებებით.

კერძოდ, აღნიშნული კანონზომიერებანი მიგვითითებენ, რომ იმ რაიონებისათვის, სადაც წინასწარი მოსაზრებით მოსალოდნელია ზემოაღნიშნული „ნახტომის" არსებობა გრადიენტებში (ე. ი. პროცესების ცვლილებანი), აუცილებელია გამოვიყენოთ რაც შეიძლება მეტად რეპრეზენტატური სადგურები, რომლებიც ამავე დროს განლაგებულნი არიან ერთმანეთისაგან უმცირეს ვერტიკალურ მანძილზე.

6. ბოლოს უნდა აღინიშნოს, რომ პლუვიომეტრიული გრადიენტის სიდიდეებისთვის მიღებული კანონზომიერებანი შესაძლოა წარმოადგენდნენ მნიშვნე-

ლოვან ინტერესს შებრუნებული ამოცანის გადაწყვეტის დროსაც, ე. ი. ცალკეული კონკრეტული შემთხვევებისა ან პერიოდებისათვის ამა თუ იმ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში ატმოსფერული პროცესების ხასიათისა და ადგილობრივ გარდაქმნათა განსაზღვრისა და დაზუსტებისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 10.10.1946)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Б. П. Алисов, В. Н. Извеков, Т. В. Покровская, Е. С. Рубинштейн. Курс климатологии. Л.—М., 1940, стр. 85.
2. R. M. Poulter. Configuration, air mass and rainfall. Quarterly Journal of the R. Met. Soc., Vol 62, № 263, Jan., 1936.

გეოლოგია

ი. ბუაჩიძე

ალაზნის არტეზიული აუზის ჰიდრო-გეოლოგიის ზოგიერთი საკითხი

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ა. ჯანელიძემ 6.6.1947)

ალაზნის ველის მარჯვენა სანაპიროს ჰიდრო-გიოლოგიური შესწავლა მრავალი მკვლევარის მიერაა ჩატარებული მორწყვისა და წყალმომარაგების საკითხებთან დაკავშირებით [1, 2, 3].

ეს მკვლევარები, აღნიშნავდნენ რა ამ რაიონის მეოთხეულის წინა ნალექების წყალსიმცირეს, იძულებული იყვნენ მთავარი ყურადღება მიექციათ თანამედროვე და მეოთხეული ასაკის ალუვიურ ნალექებში გავრცელებული მიწისქვეშა წყლის ჰორიზონტებისათვის. წყალმომარაგების ძირითად წყაროდ მდ. ალაზნის მარჯვენა მხარეზე, ქ. თელავიდან სოფ. წნორისწყლამდე, მათ ეს წყლები მიაჩნდათ. მაგრამ მიწისქვეშა წყლების ამ ჰორიზონტებთან დაკავშირებული წყაროების მცირე დებიტი, შერყევი რეჟიმი და დაბალი ხარისხობრივი მაჩვენებლები ვერ აკმაყოფილებდნენ მოსახლეობის გაზრდილ მოთხოვნილებებს. თუმცა უკანასკნელ ხანებში აქ მრავალი პატარა წყალსადენი იქნა აგებული, მიუხედავად ამისა, შიდა კახეთის ეს ნაწილი ჯერაც დიდ წყალნაკლებობას განიცდის.

1943—44 წლებში საქართველოს შეჯამებითი ჰიდრო-გეოლოგიური რუკის შედგენის მიზნით გეოლოგიური და ჰიდრო-გეოლოგიური მასალების დამუშავებისა და კახეთის ქედისა და ალაზნის ველის დაზვერვის შედეგად, ჩვენ მიერ გამოთქმულ იქნა აზრი, რომ ალაზნის ველის მარჯვენა მხარეში, სოფ. რუისპირიდან სოფ. ძველ ანაგამდე, ე. წ. ალაზნის წყების ნალექებში უნდა მოველოდეთ მტკნარი წყლის არტეზიულ ჰორიზონტებს.

ეს მოსაზრება მოწონებულ იქნა საქართველოს ჰიდრო-გეოლოგიური ექსპედიციის კონსულტანტის, საქ. მეცნ. აკად. ნ. წევრის პროფ. ა. ჯანელიძისა და საქ. გეოლოგიური სამმართველოს ხელმძღვანელობის მიერ და 1944—45 წლებში ამ მიმართულებით ჩატარებულ იქნა იორისა და ალაზნის წყალშუეთის ჰიდრო-გეოლოგიური შესწავლა სოფ. ახმეტასა და სოფ. წნორისწყლის მერიდიანებს შორის. საძიებო ბურღვამ გამოთქმული აზრი სავსებით დაადასტურა. მრავალ ადგილას გაკვეთილ იქნა მიწისქვეშა წყლის არტეზიული ჰორიზონტები.

შესწავლილი რაიონის ცენტრულ ნაწილში მოქცეულია კახეთის ქედი, რომლის ჩრდილო-აღმოსავლეთით ალაზნის აკუმულაციური ველი მდებარეობს, ხოლო სამხრეთ-დასავლეთით—იორის ველი. ქედის აბსოლუტური სიმაღლე ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში 1900 მეტრს აღწევს, ხოლო სამხრეთ-აღმოსავ-

ლეთით 1000 მეტრს არ აღემატება. სიმაღლეთა სხვაობა ველებსა და ქედს შორის ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ კლებულობს და 400—1300 მეტრის ფარგლებში ცვალებადობს.

რაიონის კლიმატის თავისებურება განისაზღვრება კახეთის ქედზე ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობის შედარებითი სიჭარბით (800—900 მმ), ხოლო ველებზე მათი სიმცირით (300—400 მმ). საერთოდ, რაიონში ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა კლებულობს ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა 8—12°-ის ფარგლებში ქანაობს.

კახეთის ქედს აქ რთული ანტიკლინური აგებულება აქვს (იხ. ნახ.). მის გულში ცარცული და პალეოგენური ნალექებია გავრცელებული. ამათზე უთანხმოდ განლაგებული არის პლიოცენის (აღჩაგილ-აფშერონის) ნალექები, რომლებიც ალაზნის წყების სახელითაა ცნობილი [4, 5]. ეს ნალექები კახეთის ქედზე დიდ ნორმულ ანტიკლინს შეადგენენ. ანტიკლინის ღერძი დაახლოებით ქედის წყალგამყოფ ხაზს გასდევს. ანტიკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთი ფრთა ალაზნის ველზე მეოთხეული და თანამედროვე ასაკის ნალექებს ქვეშ იძირება [6]. ამ ფრთაში დაქანების კუთხე დაქანების მიმართულებით კლებულობს 45—50 გრადუსიდან 5 გრადუსამდე. მდ. ჩაილურის აღმოსავლეთით ანტიკლინის სამხრეთ-დასავლეთი ფრთის დაქანების კუთხეც თანდათან კლებულობს დაქანების მიმართულებით. ეს ფრთა სამხრეთით წითელიწყაროს სინკლინში გადადის [5, 7].

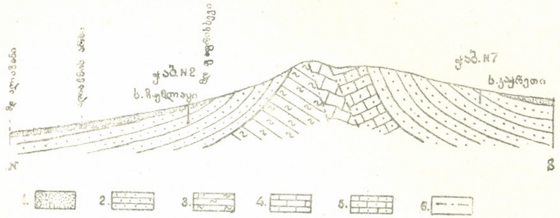
ქედის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში ანტიკლინის თაღი ინტენსიურადაა ეროდებული და ალაზნის წყების ქვეშიდან ცარცული და პალეოგენური ნალექებია გაშიშვლებული, ხოლო კარდანახის ხევის აღმოსავლეთით გადარეცხვა შედარებით სუსტია და ალაზნის წყების ნალექები ხევების მიერ მთლიანად არცაა გაკვეთილი [6].

ალაზნის წყების ნალექები წარმოდგენილია თიხების, ქვიშიანი თიხების, ნარიყალისა და კონგლომერატების ფენების მორიგეობით. ეს წყება, მისი ლითოლოგიური შედგენილობის მიხედვით, სამ ნაწილად იყოფა [4]. ქვედა ნაწილი წარმოდგენილია კონგლომერატების, ნარიყალისა და თიხოვანი ქანების მორიგეობით, რომელთა შორის ნარიყალსა და კონგლომერატებს გაბატონებული მდგომარეობა უჭირავთ; შუა ნაწილი შედგება თიხებისა და ნარიყალისგან, რომლებიც ერთიმეორეში მორიგეობენ, თუმცა თიხები სჭარბობენ ნარიყალს, ხოლო ქვედა ნაწილში გვაქვს ნარიყალის, კონგლომერატებისა და თიხების მორიგეობა. აქ ნარიყალი და კონგლომერატები ისევ მკვეთრად სჭარბობენ თიხებს.

ალაზნის წყების ნალექების საერთო სისქე 1000—1400 მეტრამდე აღწევს. ამ წყებაში შემავალი ნარიყალი და კონგლომერატები შედგებიან ქვიშაქვების, კირქვების, სხვადასხვა კრისტალური ქანის, ფიქლის, კვარცისა და სხვა ნაგორები მასალისაგან. მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში გვხვდება ისეთი შრეებიც, რომლებიც თითქმის მთლიანად ფიქლისა და კვარცის ნაგორები მასალისგან არიან შემდგარი. მაგალითად, ჩვენ მიერ შრომისხევში აღნიშნულია ასეთი

შემადგენლობის 80 მეტრის სისქე შრე, რომელიც გაკვლეულ იქნა ჩრდილო-დასავლეთით მდ. კისისხევამდე და სამხრეთ-აღმოსავლეთით მდ. გურჯაანის-ხევამდე. ამ შრის შემადგენელი მასალა ძლიერ წააგავს კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე გავრცელებულ ფიქლებრივ ქანებს. კახეთის ქედის გარდიგარდმო კვეთში ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან სამხრეთ-დასავლეთისაკენ ფიქლისა და კვარცის მასალა იკლებს, ხოლო ქვიშაქვები და ვულკანოგენური ქანების მასალა მატულობს.

იბადება კითხვა, როგორ მოხვდა კავკასიონის სამხრეთ ფერდობის ნაოჭა ზოლში გავრცელებული ქანების ნაგორები მასალა კახეთის ქედზე ალჩაგილ-



კახეთის ქედის გარდიგარდმო გამავალი სქემატური გეოლ. ჭრილი. მასშტაბი 1 : 200.000

1. თანამედროვე და მეოთხეულის ასაკის ალუვიურ-პროლუვიური ნალექები. 2. ალჩაგილ-აფშერონის სართულების კონტინენტალური ნალექები (ალაზნის წყება). 3. ოლიგოცენისა და ზედა ეოცენის ქვიშაქვიან-თიხოვანი ნალექები. 4. ზედა ცარცის კირქვები და მერგელები. 5. ქვედა ცარცის თიხიან-ქვიშაქვიანი წყება. 6. რღვევის ხაზები.

აფშერონის ასაკის ნალექებში? ამ კითხვაზე პასუხს იძლევა რაიონის გეოლოგიური ისტორია. ცნობილია, რომ კახეთის ქედის აზევება მოხდა ზედა პლიოცენის ან ქვედა მეოთხეულის დროს, ხოლო ალაზნის წყების ნალექები კონტინენტური ალუვიურ-პროლუვიური წარმოშობის არიან. აკადემიკოს ალ. ჯ ა ნ ე ლ ი ძ ი ს აზრით, ალჩაგილ-აფშერონის დროს კახეთის ქედის ადგილას წინავაკის დეპრესია არსებობდა, რომელშიც მდინარეებს უამრავი მასალა შემოჰქონდათ როგორც ჩრდილოეთიდან და ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან, ასევე სამხრეთიდან. უნდა ვივარაუდოთ, რომ ამ დეპრესიას უფრო დაბალი მდებარეობა უნდა სჭეროდა, ვიდრე თანამედროვე ალაზნის ველს.

ამრიგად, ეს კავკასიონსა და ანტიკავკასიონს შორის მოქცეული დეპრესია წარმოადგენდა ნალექების დაგროვების ზონას, ხოლო აწინდელი ალაზნისა და იორის ველები—გადატანის ზონებს. შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ დეპრესია, რომელშიაც ალაზნის წყების ნალექები ილექებოდა, ბევრად უნდა ჰგვანებოდა თანამედროვე ალაზნის ველს.

ალაზნის არტეზიული აუზის წნევიანი წყლების

№№ რიგ.	ჭაბურღილების ადგილმდებარეობა	ჭაბურღი-ლების ნომ-რები	ჭაბურღილ. აბსოლუტ. ნიშნული	საერთო სიღრმე მ	მიწისქვეშა წყლების ჰორიზონტების ნომერი და სიღრმე მ	წყალშემცავი ფენების ლითოლოგიური შემადგენლობა
I	ს. კოლოთო . . .	4	—	260,00	I. 217,0 —223,7	ნარიყალი ქვიშით
2	ქ. თელავი	3	—	194,0	I. 94,2 —103,2 II. 115,5 —118,3	„ „ „ „
3	ს. წინანდალი . .	8	600,20	140,0	I. 115,0 —140,0	„ „
4	ს. ველისციხე . .	10	—	260,0	I. 142,0 —168,7 II. 238,1 —244,4	„ „ „ „
5	ს. ქვედა ჩუმლაყი	2	376,08	262,0	I. 85,3 — 87,7 II. 239,0 —262,0	ქვიშა ქვიშა ხვინჭით
6	ს. ზედა ჩუმლაყი .	9	412,0	276,0	I. 197,5 —198,5 II. 271,0 —276,0	ქვიშა ნარიყალი ქვიშით
7	ქ. გურჯაანი . . .	I	391,3	181,0	I. 97,8 —116,0 II. 118,2 —151,2 III. 157,6 —181,0	ქვიშა ხვინჭით ნარიყალი ქვიშით „ „
8	ს. კოლაგი . . .	6	—	298,00	I. 293,0 —298,0	„ „
9	ს. ძველი ანაგა . .	5	—	301,00	I. 83,8 — 86,0 II. 175,3 —193,1	„ „ „ „
10	ს. კაჭრეთი . . .	7	576,75	224,00	I. 146,7 —154,5 II. 172,7 —185,3 III. 202,05—208,00	„ „ „ „ „ „

ჰორიზონტების ჰიდრო-გეოლოგიური მონაცემები

ცხრილი

პიეზომეტ-რული დონე მ	წნევა მიწის ზედაპირზე	დებიტი მი-წის ზედა-პირზე ლიტ/სეკუნდში	წყლის ტემ-პერატურა ცელსიუსით	ჰაერის ტემ-პერატურა ცელსიუსით	ჭაბურღილ. სათავის დიამეტრი მმ	წყლის საერ-თო სიხისტე გერმან. გრა-დუსებით	წყლის დახასიათება კურლოვის ფორმულის მიხედვით
—	უარყოფითი	—	17	15	55	19,6	$M_{0,6}\dfrac{HCO_3\,56\;SO_4\,33}{Ca\,56\;Mg\,33}$
—	დადებითი	0,5	12	20	55	11,6	$M_{0,3}\dfrac{HCO_3\,93}{Ca\,71\;Mg\,25}$
—	„	0,1	12	22			
>610,20	„	0,5	12	9	75	11,7	$M_{0,6}\dfrac{HCO_3\,66}{Ca\,36\;Na\,31\;Mg\,24}$
—	„	0,5	14	22	55	19,9	$M_{0,5}\dfrac{HCO_3\,67\;SO_4\,26}{Ca\,48\;Mg\,42}$
—	„	0,5	16	23			
—	„	0,2	14	21	83	14,7	$M_{0,4}\dfrac{HCO_3\,52\;Cl\,25\;SO_4\,22}{Ca\,46\;Mg\,32}$
>386,0	„	7,4	18	22			
406,38	უარყოფითი	—	14	19	75	—	$M_{0,8}\dfrac{HCO_3\,70\;SO_4\,28}{Ca\,46\;Na\,38}$
416,38	დადებითი	1,1	17	22		18,6	$M_{0,6}\dfrac{HCO_3\,81}{Ca\,63\;Mg\,33}$
401,31	„	1	16	18	65	7,9	$M_{1,1}\dfrac{HCO_3\,46\;SO_4\,35\;Cl\,19}{Ca\,73\;Mg\,21}$
401,3	„	2,5	16,5	20			
401,31	„	2,5	17	20			
—	უარყოფითი	—	14	12	65	6,3	$M_{0,6}\dfrac{HCO_3\,57\;Cl\,24}{Na\,61}$
—	დადებითი	უმნიშვნ.	16	28	65	15,6	$M_{0,8}\dfrac{SO_4\,46\;Cl\,32\;HCO_3\,22}{Mg\,44\;Na\,40\;Ca\,16}$
—	„						
551,75	უარყოფითი	—	16	20	75	11,8	$M_{0,5}\dfrac{HCO_3\,48\;Cl\,36}{Na\,46\;Ca\,28\;Mg\,25}$
—	„	—	16	23			
—	„	—	17	18			

თქმულის მიხედვით უნდა ვივარაუდოთ, რომ ალაზნის წყების ნალექები მდ. ალაზნის მარცხენა სანაპიროზეც უნდა იყოს გავრცელებული და ამ მიმართულებით მათი გავრცელება კავკასიონის სამხრეთ ფერდის კალთების ძირში გამავალი რეგიონული რღვევის ხაზით უნდა იმიჯნებოდეს.

ალაზნის წყების შემადგენელი ნალექები, რომლებშიც შემჩნეულია პრაქტიკულად წყალგაუვალი თიხოვანი და წყალგამტარი ნარიყალ-ქვიშიანი შრეების მორიგეობა, კახეთის ქედიდან მისი ორივე მხარისკენ მონოკლინურად არის დაქანებული და ამ ქედის ფერდობებზე ჩამომავალი მრავალი მდინარე და ხევი ღრმად კვეთს ამ ნალექებს. ქედის ზედა ნაწილში, ანტიკლინის თხემისაკენ, შრეების დაქანების კუთხე მატულობს და რელიეფი მათ კვეთს. ამ პირობებში უნდა დავუშვათ, რომ ატმოსფერული ნალექები და ზედაპირული წყლები, ჩაიჟონებიან რა წყალგამტარ ფენებში, მოძრაობენ შრეების დაქანების გასწვრივ და, წყალგაუვალი ფენების არსებობის შედეგად, რომლებშიც მოქცეულია ხოლმე წყალგამტარი ფენები, წარმოშობენ მიწისქვეშა წყლის წნევიან ჰორიზონტებს. ამ ჰორიზონტების კვების არე მოქცეული უნდა იყოს კახეთის ქედის მაღალ ფერდობებზე, ხოლო განტვირთვის ზონა—ალაზნისა და იორის ველებზე.

ამ მოსაზრებებზე დაყრდნობით, საქ. გეოლ. სამმართველოს მიერ გაყვანილ იქნა ჰიდრო-გეოლოგიური სტრუქტურული ჭაბურღილები ალაზნისა და იორის ველებზე (იხ. ცხრილი).

როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, ალაზნის წყების ზედა ნაწილში, სამასი მეტრის სიღრმემდე, მოიპოვება წნევიანი წყლის 2—3 ჰორიზონტი. მართალია, ჯერ არ გვაქვს საკმაო საბუთი დავასკვნათ, რომ ამ ჰორიზონტებს საყოველთაო გავრცელება აქვთ გამოკვლეულ უბანზე, მაგრამ ამ კითხვას მომავალმა კვლევამ უნდა გასცეს პასუხი.

ჭაბურღილების დებიტი ირყევა 0,5-დან 8 ლიტრამდე სეკუნდში. შემჩნეულია, რომ ყველა ქვემდებარე წყალშემცავი ჰორიზონტი ზემდებარესთან შედარებით უფრო წყალუხვია, ამის საილუსტრაციოდ შეიძლება გამოვიყენოთ გურჯაანისა და ჩუმლაყის ჭაბურღილებით გაკვეთილი წყალშემცავი ჰორიზონტების დებიტი [8].

მიწისქვეშა წყლები სუსტად მინერალიზებულია. მშრალი ნაშთი არ აღემატება 0,3—1,17 გრამს ლიტრ წყალში. წყლები მიეკუთვნება ჰიდრო-კარბონატულ-ქლორიდულ კალციუმიან-მაგნიუმიან ან ჰიდრო-კარბონატულ-სულფატურ კალციუმიან-მაგნიუმიან ტიპს. ალაზნის ველის გამოკვლეულ ზოლში წნევიანი ჰორიზონტების წყლის მინერალიზაცია მატულობს ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისკენ, შრეთა დაქანების მიმართულებით და სიღრმის მიხედვით.

წყლის ტემპერატურა ცელსიუსის 12—18°-ის ფარგლებში ქანაობს და რაიონის საშუალო წლიურ ტემპერატურას 2—5 გრადუსით აღემატება [8].

გამოვლინებული მიწისქვეშა წყლების ჰორიზონტების რეჟიმი ჯერ შესწავლილი არაა, მაგრამ უკვე დაგროვილი მონაცემები საშუალებას გვაძლევს

დავასკვნათ, რომ ჭაბურღილების დებიტი და წყლის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები წლის განმავლობაში უმნიშვნელოდ იცვლება.

უნდა ვიფიქროთ, რომ წნევიანი წყლის აღნიშნული ჰორიზონტები დაწდომას განიცდიან ალაზნისა და იორის მიერ. ჰორიზონტების დაწდომას ხელს უწყობს აგრეთვე მრავალი აღმავალი წყარო, რომლებიც ალაზნისა და იორის ველებზეა გავრცელებული. არ გაგვაჩნია უშუალო საბუთი იმისა, რომ მდინარე ალაზნის კალაპოტში ხდებოდეს წნევიანი წყლების ჰორიზონტების დაწდომა, მაგრამ ამის სასარგებლოდ ლაპარაკობს ველის ცენტრული ნაწილისაკენ ალაზნის წყების ნალექების თანდათანი გავაკება, რაც არ გამორიცხავს ამ მიმართულებით წნევიანი წყლის ზედა ჰორიზონტების მეოთხეული ასაკის ფენების ქვეშ გამოსოლვას.

ალაზნის ველის მარჯვენა სანაპიროში მრავალი აღმავალი წყაროა აღნუსხული (თვალწყალი, კოდისწყალი და სხვა), რომლებიც შეიძლება ალაზნის წყების ზოგიერთი წნევიანი წყლის ჰორიზონტის ხარჯზე იკვებებოდნენ. ამ წყაროების წყლის მინერალიზაცია მეტია, ვიდრე ამავე განაკვეთში სამხრეთ-დასავლეთით ჭაბურღილებით გახსნილი წნევიანი წყლის ჰორიზონტებისა. სოფ. ბაკურციხის ბოლოზე გამომავალი აღმავალი წყარო (თვალწყალი) გოგირდწყალბადს შეიცავს, რაც უჩვეულოა ამ უბნის მეოთხეულ ქანებში გავრცელებული წყლებისათვის და შეეფერება ალაზნის წყების ჰორიზონტების წყალს.

ალაზნისა და იორის ველებზე ალაზნის წყების ნალექებში გამოვლინებული მიწისქვეშა წყლების წნევიან ჰორიზონტებს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს კახეთის წყლით მომარაგებისათვის. ეს წყლები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც სასმელად, ისევე სამეურნეო საჭიროებისათვის და, ზოგიერთ შემთხვევაში, მორწყვისათვისაც კი. არტეზიული ჭაბურღილები ქ. თელავში, ქ. გურჯაანში, ს. ველისციხეში, ს. ქვედა ჩუმლაყში, ს. ზედა ჩუმლაყში ექსპლოატაციაში არის. მრავალმა დასახლებულმა პუნქტმა, რომლებიც წყალსიმცირეს განიცდიან, შეიძლება მიიღოს იმავე გზით კარგი ხარისხის არტეზიული წყალი ალაზნის ველის მარჯვენა სანაპიროში სოფ. რუისპირიდან სოფ. ძველ ანაგამდე.

გამოვლინებული წნევიანი წყლის ჰორიზონტები დამატებით შესწავლას მოითხოვს; განსაკუთრებით საჭიროა გამოკვლეულ იქნეს ალაზნის მარცხენა სანაპირო და ალაზნის ველის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილი.

იორის ველზე გამოვლინებული წნევიანი წყლის ჰორიზონტები გაცილებით უფრო სუსტად არის შესწავლილი და დეტალურ ჰიდრო-გეოლოგიურ კვლევას მოითხოვს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 9.6.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И Нацвлишвили. Об источниках водоснабжения селения Кондоли. Грузгеолфонд, Тбилиси, 1941.
2. С. Элердашвили. Гидрогеологическая записка к проекту Шалаурского водопровода. Архив НКВХ Грузии, Тбилиси, 1938.
3. С. Элердашвили. Гидрогеологическое заключение по вопросу Руиспирского водопровода. Архив НКВХ Грузии, Тбилиси, 1938.
4. И. Карстенс. Полный геологический отчет о работах в Горной Кахетии. Архив Треста Грузнефть, Тбилиси, 1934.
5. И. Кахадзе. Литологическое описание территории Грузинской ССР, расположенной к югу от 42° с. ш. и к востоку от 45° в. д. Грузгеолфонд, Тбилиси, 1944.
6. И. Буачидзе. Результаты работ 1944 года по гидрогеологическому исследованию Кахетинского хребта, Алазанской долины и Иорской котловины. Грузгеолфонд, Тбилиси, 1945.
7. Н. Кудрявцев. Геологический очерк нефтеносного района Южной Кахетии. Архив Треста Грузнефть, Тбилиси, 1936.
8. ი. ბუაჩიძე. ალაზნისა და იორის ველების ჰიდროგეოლოგიის საკითხისათვის. ს. მ. კიროვის სახ. საქ. ინდუსტრიული ინსტიტუტის მეათე სამეც. კონფ. მოხსენებათა ანოტაციები, თბილისი, 1947.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. VIII, № 5, 1947

პალეონტოლოგია

ლ. დავითაშვილი

(აკადემიის ნამდვილი წევრი)

ტიპების, კლასებისა და ორგანული სამყაროს სხვა დანაყოფების ეკოგენია

ორგანიზმებისა და გარემოს ეკოლოგიურ დამოკიდებულებათა განვითარების ევოლუციურ პროცესს ეკოგენეზს[1] ვუწოდებთ.

ბიოლოგი-ევოლუციონისტი ყოველ ნაბიჯზე ხვდება ეკოგენეტურ მოვლენებს: სახეთა წარმოშობის პროცესი ხომ მჭიდროდ უკავშირდება ორგანიზმის გარემოსთან დამოკიდებულების შეცვლას. მსგავს ფაქტებს ხვდება პალეონტოლოგი გეოლოგიური ისტორიის ამა თუ იმ პერიოდის რომელიმე ჯგუფის ცხოველთა შესწავლის დროს.

სანიმუშო ეკოგენეტური გამოკვლევები ეკუთვნის ვ. კოვალევსკის, რომელიც არკვევდა თანდათანობით ცვლილებებს მესამეულის ჩლიქოსანთა ეკოლოგიაში, მაგალითად, ცხენის ოჯახში და ნაწილობრივ სხვა ფიტოფაგური ძუძუმწოვრების წარმომადგენლებში. გასაკვირველი არაა, რომ ცხოველთა სამყაროს ბუნებრივი კლასიფიკაციის ცალკეულ ოჯახთა და სხვა დანაყოფთა ეკოგენიის საკითხების შესწავლა სწორედ ხერხემლიანთა და უპირველესად ძუძუმწოვართა პალეონტოლოგიაში დაიწყო.

ვ. კოვალევსკისა და მისი უახლოესი მიმდევრების დროს (XIX საუკუნის 70-იანი და 90-იანი წლები) ამ ცხოველთა განამარხებული ნაშთები, თუნდაც იზოლირებულნი და გაფანტულნი, ყველაზე უფრო მადლიერ ობიექტს წარმოადგენდა გეოლოგიური წარსულის სიცოცხლის შესასწავლად. ნამარხ უხერხემლოთა ეკოგენეზის შესწავლა იმ დროს თითქმის განუხორციელებლად მიაჩნდათ. განსაკუთრებით ძნელი იყო ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ ნამარხ უხერხემლოთა—მოლუსკების ეკოლოგიისა და ეკოგენიის გამორკვევა. შემდგომ მდგომარეობა არსებითად შეიცვალა. ეკოლოგიურ თავისებურებათა ცვლილების პროცესი შემჩნეულ იქნა, სხვათა შორის, ნეოგენური მოლუსკების ჯგუფებში. ჯერ კიდევ ნ. ანდრუსოვი [3] მიუთითებდა იმ ცვლილებებზე, რომელნიც განიცადეს უფრო-ღრმა ნაწილებში გადასვლის შემდეგ ზედა მიოცენის სარმატული ზღვის მოლუსკთა სანაპირო სახეებმა.

---

[1] საჭირო არის განმარტება ამ ტერმინის გამო. დეტო [1] და შემდეგ ნეგერი [2] ეკოგენეზში გულისხმობდნენ შეგუების პროცესს (der Vorgang der Anpassung). თუმცა ეს სიტყვა მეცნიერულ ლიტერატურაში ძლიერ იშვიათად გვხვდება და შეიძლება ითქვას, რომ იგი თითქმის დავიწყებულია კიდეც. ჩვენ მას სრულიად სხვა მნიშვნელობით ვხმარობთ.

ამგვარი მონაცემები ამჟამად საკმაოდ ბლომადაა დაგროვილი.

ფრიად საინტერესო იქნებოდა პალეონტოლოგიურად მნიშვნელოვანი ორგანიზმების ჯგუფების ამ თვალთახედვით გადათვალიერება. აქ ჩვენ დავკმაყოფილდებით ცხოველთა სამყაროს ისტორიიდან აღებული რამდენიმე მაგალითით.

1. ყველაზე სრულყოფილად დაორგანიზებული პლანქტონური ფორამინიფერები—გლობიგერინიდები და მათი მსგავსი ფორმები სხვა ოჯახებიდან—ქვედა ცარცულ ეპოქაში ჩნდებიან. ამრიგად *Foraminifera*-მ, რომელსაც ასეთი თვალსაჩინო ადგილი უკავია თანამედროვე ზღვების პლანქტონში, ეს ადგილი გეოლოგიურად არა შორეულ წარსულში დაიმკვიდრა. ეს ფაქტი მით უფრო საყურადღებოა, რომ ეს ფესვფეხიანები ორგანული სამყაროს ერთ უძველეს რიგს ეკუთვნიან. ამჟამად ფორამინიფერები უფრო უხვადაა პლანქტონში, ვიდრე ბენტოსში, მაგრამ ცარცულ პერიოდამდე, ცხადია, უკუდამოკიდებულება იყო გაბატონებული.

2. ნაწლავღრუიანთა ვრცელი ტიპი, რომლიდანაც, შესაძლებელია, გამოირიცხოს სავარცხლურები (*Ctenophora*), ალბათ იმ მოძრავი ცხოველებისგან განვითარდა, რომელნიც თხელი წყლის ევფოტურ ზოლში ცხოვრობდნენ. „ზედა კამბრიულის ზედა ნაწილისა და ქვედა სილურულის ქვედა ნაწილის უძველესი გრაპტოლითები, *Dendroidea*-ს ჯგუფიდან, წარმოადგენენ მიმაგრებულ ბენტონურ ცხოველებს, რომელთაც შემდგომ დასაბამი მისცეს როგორც ფსევდოპლანქტონურ, ისე პლანქტონურ ფორმებს“ [4].

უახლესი მონაცემების თანახმად, კლასი *Szyphozoa*-ს მედუზები წარმოშობილი არიან *Conularida*-საგან, რომელთა უძველესი ფორმები მიმაგრებული ბენტონური ცხოველები იყვნენ. მიმაგრებული კონულარიდებისაგან წარმოიშვნენ თავისუფლად მცურავი კონულარიდები, ხოლო ამ უკანასკნელებისაგან გარეგანი ქიტინოვანი სკელეტის რედუქციის გზით წარმოიშვა ნამდვილი სციფოიდური *Neoscyphozoa*. კიდერლენის მიხედვით ამ სციფოიდებს, როგორც ჩანს, არა აქვთ უშუალო ფილოგენეტური კავშირი იმ უძველეს ჯგუფთან, რომელსაც ეკუთვნიან ჯერ კიდევ უოლკოტის მიერ აღწერილი კამბრიული მედუზები.

ძლიერ დიდი ცვლილებები მოხდა *Anthozoa*-ს ეკოლოგიაში, მათ განაწილებაში ზღვის სხვადასხვა ბათიმეტრული არეების მიხედვით. კერძოდ, პალეოზოური ცალედი *Zoantharia* რიგი *Rugosa*-დან ფართოდ იყო გავრცელებული თხელი წყლის შლამიანი ფსკერის უბნებში,—მეზოზოური და კაინოზოური ზოანთარიებისათვის უჩვეულო პირობებში. სილურიდან კაინოზოურამდე არსებითად შეიცვალა, გაიზარდა ზოანთარიების როლი რიფების აგებაში [5].

3. გეოლოგიური დროის მანძილზე მნიშვნელოვნად შეიცვალა მხართფეხიანთა სხვადასხვა ჯგუფის გავრცელების არეები. თანამედროვე მხართფეხიანები იშვიათად გვხვდებიან თხელი წყლის ზოლში [6]. მხართფეხიანთა დიდი უმეტესობა ცხოვრობს დისფოტურ და აფოტურ ზონებში, ე. ი. 80 მ იზობატის უფრო ღრმად. ზოგიერთი მათგანი არ იყო შემჩნეული აბისური არის საზღვარს იქით. პალეოზოურში კი ცნობილი იყო ევფოტურ ზოლში მცხოვ-

რები მრავალი ფორმა, მრავალი ლიტორული სახე. შედარებით ღრმა წყლის ფორმები, ალბათ, საგრძნობლად, ნაკლები იყო.

4. ეკალკანიანთა პალეონტოლოგიური ისტორია ეკოგენეტური თვალსაზრისით ბევრ ძლიერ მნიშვნელოვან ფაქტს ამჟღავნებს.

ზღვის შროშნები პალეოზოურში და მეზოზოურშიც კი უმთავრესად თხელი წყლის ზოლში იყვნენ გავრცელებული, უპირატესად ევფოტურ პირობებში მხოლოდ უმნიშვნელო უმცირესობა იყო დაკავშირებული სხვა საბინადროსთან. მოგვიანებით არსებითი ცვლილებები ხდება. ამაზე მიუთითებს ზღვის შროშნების, როგორც ქანთამაშენთა, როლის სწრაფი დაცემა და კრინოიდეებიანი კირქვების წვლილის შემცირება ორგანოგენული კარბონატული ქანების საერთო ჯამში.

ძლიერ საყურადღებოა ზღვის ზღარბთა ეკოგენია. უძველესი, უპრიმიტივესი ზღარბები თხელი წყლის ზღვის ბინადარნი იყვნენ, ისინი, ალბათ, ევფოტურ ზონაში და ამასთანავე მეტ-ნაკლებად დაცულ რბილნიადაგიან უბეებში სახლობდნენ [7]. შემდეგ, ზედა პალეოზოურიდან კაინოზოურამდე, ზღარბების კლასი მნიშვნელოვან ეკოგენეტურ ცვლილებებს განიცდის და მისი სხვადასხვა ტოტი სულ სხვადასხვაგვარ ეკოლოგიურ ნიშებს ესწრაფვის [7, 8]. „ზღვის ფსკერის თითოეულ სახესხვაობას, ამბობს ჰ ო უ კ ი ნ ს ი ([7], გვ. 53), თვისი ექინოიდური ბინადარნი ახასიათებთ, იქნება ეს მყუდრო ლაგუნა თუ ქარიშხალს ჩვეული რიფი, ტალღათა მოქცევა-მიქცევის პლიაჟი თუ აბისური მორევი; გარემოს თითოეულ სახესხვაობაში ზღარბებს ისეთი აღნაგობა მიუღიათ, რომელიც ზუსტად უპასუხებს ადგილის მოთხოვნებს“. ამრიგად, ზღარბების ისტორია გრანდიოზული ეკოგენეტური ექსპანსიის მაგალითს წარმოადგენს.

5. პალეონტოლოგები მოლუსკების ტიპის ეკოგენიის მრავალ ფაქტს იცნობენ. „უძველესი მოლუსკები, ალბათ, მოძრავი, ბილატერალურ-სიმეტრიული ფსკერის ცხოველები იყვნენ. კლ. *Amphineura*, რომელმაც შეინარჩუნა გადაადგილების ეს საშუალება, სხეულის აღნაგობის ძირითადი ნიშნების მიხედვით მოლუსკების წინაპარ ჯგუფთან უფრო ახლო დგას. მოძრავ-ბენტონური ცხოვრების პირობები დამახასიათებელია აგრეთვე *Scaphopoda*, *Gastropoda* და *Lamellibranchiata*-სათვის...

ადრიან მეზოზოურში ზოგიერთ მუცელთფეხიანს უვითარდება სიფონოსტომური აპერტური, ხოლო მასთან დაკავშირებულმა მორფოფიზიოლოგიურმა თავისებურებებმა ამ ფორმებს ნაკლებ ხელსაყრელ და უფრო ღრმა საბინადროში გადასვლის ახალი საშუალებანი მიანიჭა, რაც მანამდე ამ კლასისათვის მიუწვდომელი იყო. პლანქტონური მუცელთფეხიანები —*Heteropoda* და *Pteropoda*—უთუოდ ბენტონური ფორმებიდან განვითარდნენ. თავთფეხიანები, ისე როგორც მოლუსკების სხვა კლასები, მოძრავ-ბენტონურ წინაპართაგან წარმოიშვნენ... თავთფეხიანებში საუკეთესო მცურავებს წარმოადგენს ტრიასში (ან რამდენამდე უფრო ადრე) გაჩენილი *Endocochlia*, რომელსაც გაშლილ ოკეანეთა დიდი სივრცეების ათვისება შეუძლია, სადაც წინათ დასახლება ძნელი იყო ცურვაში ნაკლებად დახელოვნებულ *Ectocochlia*-სათვის. უფრო აქტიური

და ძლიერი მცურავები შიგანიჟარიანებიდან—*Sepioidea* და *Teuthoidea*, ცხადია, *Belemnoidea*-ზე უფრო გვიან გაჩნდნენ... თანამედროვე ენდოკოქლიათა შორის ღრმა წყლის ფსკერის ფორმებიც მოიპოვებიან. ცხოვრების ასეთ რაგვარობას, ამ შემთხვევაში, უდავოდ მეორადი ხასიათი აქვს ([4], გვ. 20).

6. პალეონტოლოგები დიდ ყურადღებას აქცევდნენ ფეხსახსრიანების ზოგიერთი ჯგუფის ეკოგენიის საკითხებს.

სამეცნიერო ლიტერატურაში ევრიპტერიდების ეკოგონეტურმა ისტორიამ გაცხოველებული მსჯელობა გამოიწვია, გამოითქვა და ახლაც გამოითქმის მრავალი ერთიმეორის საწინააღმდეგო მოსაზრება. გრაბაუ [9, 10] და ო. კონელი [11] ამტკიცებენ, რომ სილურული ევრიპტერიდები ძირითადად მდინარეთა ბინადარნი არიან, მაშინ როდესაც რიუდემანი ([12], გვ. 382) ამ ფეხსახსრიანებს თვლის ზღვური წარმოშობის, სილურულ ზღვებში მცხოვრებ ჯგუფად, თუმცა კარბონულში ისინი უკვე მტკნარი წყლის ცხოველებს წარმოადგენენ. ევრიპტერიდების საცხოვრებელი გარემოსა და პალეოზოურ აუზებში მათი ცხოვრების პირობების შეცვლის შესახებ ძლიერ საინტერესო მოსაზრებანი აქვს მოყვანილი რომერს ერთ-ერთ თავის შრომაში [13].

7. რაც შეეხება პირველად-წყლის ხერხემლიანებს, მაგალითად, უძველეს თევზებს (ვრცელი გაგებით), ისინი წარმოადგენენ ძლიერ თხელ წყალში მცხოვრებ ფსკერის ცხოველებს.

ამ ვრცელი ჯგუფის ნექტონურ, ნამდვილ თევზებისათვის ტიპობრივ ცხოვრებაზე გადასვლის ისტორიის მოკლე მიმოხილვა შეიძლება ინახოს ა. ჰეინცის [14] სტატიაში „როგორ ისწავლეს თევზებმა ცურვა“.

უძველეს ხერხემლიანთა მტკნარი წყლიდან წარმოშობის ჰიპოთეზს მრავალი მკვლევარი ავითარებს. ამ შეხედულებას იზიარებს არა ერთი მეცნიერი გეოლოგი, პალეოზოოლოგი და პალეობოტანიკოსი, და კერძოდ ჩემბერლენი [15], მაკ-ფარლეინი [16], რომერი [13]. ჩემბერლენის მიხედვით, უძველესი თევზები ცხოვრობდნენ და ვითარდებოდნენ მიმდინარე წყლებში, მუდმივ მდინარეებში (სადაც ამ ცხოველთა წინაპრებს შეეძლოთ მიგრირება ოკეანიდან). ასეთ მოსაზრებებს გამოსთქვამდნენ არა მარტო პალეონტოლოგები და გეოლოგები, არამედ აგრეთვე ეკოლოგები, ფიზიოლოგები და ბიოქიმიკოსები. ე. ბოლდვინი შრომაში „შედარებითი ბიოქიმიის შესავალი“ [17] იმ დასკვნამდე მიდის, რომ „ყველა თევზი, ალბათ, მტკნარი წყლის წარმოშობის არის“. უნდა აღვნიშნოთ, რომ პირველად-წყლის ხერხემლიანთა მტკნარ წყალში წარმოშობა არ შეიძლება დამტკიცებულად ჩაითვალოს. ვ. გროსი ([18], გვ. 14) აღნიშნავს, რომ ძველი პალეოზოური თევზების გეოლოგიური ისტორიის დასაწყისში ჩვენ მათ ვხვდებით როგორც მტკნარ კონტინენტურ, ისე ლაგუნურ და ზღვურ საბინადროებში. ამ ავტორს ეჭვი არ ეპარება, რომ „თევზების ისტორია ზღვაში დაიწყო“ და მიუთითებს ძველპალეოზოურ ზღვურ თევზთა ცნობილ საბინადროებზე (კუნძ. ეზელი, პოდოლია. ჩეხია, რაინის ოლქი, ინგლისი, ჩრდილო ამერიკა და სხვა).

ძვლიანი თევზების, განსაკუთრებით სხივურფარფლიანების, ისტორია დევონურიდან კაინოზოურამდე იძლევა ძვლიანების (*Teleostei*-ს) მიერ მაქსიმა-

ლურად მიღწეული საერთო ევოლუციური პროგრესისა და ეკოგენეტური ექსპანსიის ნათელ და დამაჯერებელ სურათს.

8. ოთხფეხა ხერხემლიანთა *Tetrapoda*-ს ეკოგენიის მრავალი საერთო ნიშანი საკმაოდ ცნობილია. ამფიბიები, ქვეწარმავლები, ფრინველები და ძუძუმწოვრები შეეგუენ ხმელეთისა და წყლის გარემოს სხვადასხვა პირობას. ამ ოთხი კლასის წარმომადგენლები ადაპტაციის ძლიერ დიდ სხვადასხვაობას ამჟღავნებენ. ტეტრაპოდათა ეკოგენეტური ექსპანსია დამოკიდებულია არა მარტო ადაპტურ რადიაციაზე, არამედ ევოლუციური პროგრესით მიღწეულ წარმატებებზე, რომელნიც ზოგჯერ ძლიერ მნიშვნელოვანნი არიან.

9. ბევრი დაიწერა აგრეთვე მცენარეთა სამყაროს ეკოგენეტური ექსპანსიის მნიშვნელობაზე. ერთ-ერთ ჩვენ მიერ ამასწინათ გამოქვეყნებულ შრომაში ვცადეთ მოგვეცა ამ ისტორიული პროცესის საერთო მიმოხილვა ჩვენთვის მისაწვდომი გეოლოგიური დროის მანძილზე [4]. აქ ჩვენ დავკმაყოფილდებით მხოლოდ ფარულთესლიანთა ექსპანსიის ერთ-ერთი ძირითადი მომენტის აღნიშვნით, იმ მომენტის, რომელსაც პირველად ყურადღება მიაქცია ჯერ კიდევ ვ. კოვალევსკიმ—ესაა გაშლილი სივრცეების ბალახოვანი მცენარეულობით დაფარვა, რაც ნამდვილი ტრამალის ფლორის გამომუშავებასთან არის დაკავშირებული. როგორც ცნობილია, ვ. კოვალევსკი ამასთან აკავშირებდა მესამეული პერიოდის მეორე ნახევარში ჩლიქოსანთა გამოსვლას ტყის გარემოდან გაშლილ სივრცეებზე.

იმ დასკვნამდე, რომ ბალახოვან ფარულთესლიანთა ექსპანსია შეიძლება მომხდარიყო არა უადრეს მესამეული პერიოდის მეორე ნახევრისა, მივყავართ აგრეთვე უკანასკნელ ათეულ წელთა ბოტანიკურ და პალეობოტანიკურ გამოკვლევებს [19, 20, 21, 22]. უახლესი პალეობოტანიკური მონაცემები ადასტურებს, რომ ტრამალთა და პრერიათა ფარულთესლიანები გავრცელდნენ არა შორეულ გეოლოგიურ დროში, ალბათ, არა უადრეს მესამეული პერიოდის მეორე ნახევრის დასაწყისისა. ეს დასტურდება ე ლ ი ა ს ი ს გამოკვლევებით [23, 24].

ეკოგენიის საკითხების გამორკვევა შესაძლებელია ნ ა მ ა რ ხ ო რ გ ა ნ ი ზ მ თ ა ყ ვ ე ლ ა ძ ი რ ი თ ა დ ი ტ ი პ ი ს ი ს ტ ო რ ი ა შ ი. მაგრამ ასეთი კვლევა დიდ სიძნელესთან არის დაკავშირებული და განხორციელდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც ყოველმხრივად იქნება შესწავლილი სიცოცხლის განვითარება და შესატყვის ეპოქათა და პერიოდების გეოლოგიური ისტორია. ამასთანავე განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მუდამ გვახსოვდეს გეოლოგიური მატიანის უსრულობის დარვინისტული კონცეფცია. წინააღმდეგ შემთხვევაში ჩვენი ეკოგენეტური მოსაზრებანი შეიძლება მცდარნი აღმოჩნდნენ. ამრიგად, ამა თუ იმ ჯგუფის ეკოგენეტური ექსპანსია მისი ისტორიის გარკვეულ მომენტში შესაძლოა მოჩვენებითი იყოს, გამოწვეული მით, რომ ჩვენ არა გვაქვს საკმარისი წარმოდგენა წინა ეპოქაში ამ ჯგუფის გავრცელების შესახებ. თუ, მაგალითად, სილურულში ჩვენ მხოლოდ თხელი წყლის ზღვის შრომნები გვხვდება, ეს კიდევ არ მოასწავებს იმას, რომ ისინი იმ დროს ზღვის გარემოს სხვა არეებში არ მოიპოვებოდნენ. ძველ სისტემათა ღრმა ზღვის ფაციესები უფრო სუსტა-

დაა შესწავლილი, ვიდრე თხელი წყლის, ამიტომ სილურის ბათიალურ და აბისურ შროშანთა ირგვლივ ცნობების უქონლობა არ ჩაითვლება იმის დამადასტურებელ საბუთად, რომ შროშნები იმ დროს მართლაც არ არსებობდნენ.

ეკოგენიის საკითხების გამორკვევის დროს პალეონტოლოგს არ შეუძლია შემოიფარგლოს მხოლოდ იმ ისტორიული ფაქტებით, რომელნიც პირდაპირ მიუთითებენ შესასწავლ ორგანიზმთა ჯგუფის ეკოლოგიური გავრცელების ცვლილებებზე, ასეთი ფაქტები, ჩვეულებრივ, ძლიერ მცირე და იშვიათია და ამიტომ ვერ ჩაითვლებიან სეროიოზულ ეკოგენეტურ წარმოდგენათა ერთადერთ საფუძვლად. ამ ფაქტების მეშვეობით მიღებული დასკვნები უნდა განმტკიცდეს სხვა წყაროებიდან მიღებული მონაცემებით და ზოგადი თეორიული მოსაზრებებით.

ეკოგენეტური დებულებები უნდა დადასტურდეს, უპირველეს ყოვლისა, ფილოგენეტურ დამოკიდებულებათა გამორკვევით, იმ ფორმათა განვითარების თანამიმდევრობით, რომელნიც ბუნებრივი კლასიფიკაციის ერთსა და იმავე ჯგუფს ეკუთვნიან. ცხენის ოჯახის კენტჩლიქიან წარმომადგენლებს არ შეეძლოთ მრავალჩლიქიანზე უფრო ადრე გაჩენა, და ამიტომ, ამ შემთხვევაში, ეკოგენეზი მოდიოდა არა ტრამალთა და პრერიათა ბინადართაგან ტყეების ბინადრებთან, არამედ წინაუკმო. კარგად დადგენილი ადაპტური რადიაციის თითოეულ შემთხვევაში ეკოგენეზის გზები მაშინაც კი ნათელია, როდესაც გეოლოგიური მატიანე თავისი სიღარიბის გამო არავითარ დადებით ფაქტებს არ იძლევა.

ეკოგენეტური განვითარების, განსაკუთრებით კი ეკოგენეტური ექსპანსიის მსვლელობა შეიძლება განმტკიცდეს აგრეთვე შესატყვისი ჯგუფების ევოლუციური პროგრესის მონაცემებით. თევზები კი არ წარმოშობილან ამფიბიებისაგან, არამედ ამფიბიები თევზისნაირი პირველად-წყლის ხერხემლიანებისაგან; ქვეწარმავლებმა კი არ მისცეს დასაბამი ამფიბიებს, არამედ ამფიბიებმა ქვეწარმავლებს. ამიტომ, ამ შემთხვევაში ეკოგენეზი მოდიოდა წყლის გარემოდან ხმელეთის გარემოსკენ და არა წინაუკმო.

გარდა ამისა, თვით ცხოვრების სარბიელის იმ არეების ხასიათი, რომლებსაც გაივლიან ორგანიზმთა გარკვეული კლასები და რიგები თავის ეკოგენეზში, ხშირად მიგვითითებს ერთი გარემოდან მეორეში, მეორედან მესამეში და ა. შ. გადასვლის ერთადერთ შესაძლებელ წესზე. უძველესი ხმელეთის მცენარეები არავითარ პირობაში არ შეიძლება ყოფილიყვნენ ქსეროფიტები. წყლიდან ახლადამოსული ხერხემლიანები ვერ იქნებოდნენ არიდულ პირობებისადმი შეგუებულნი. ფრენის უნარიანობას მწერებში, რეპტილიებში, ფრინველებსა და ძუძუმწოვრებში წინ უსწრებდა ლოკომოციის გარკვეული სახმელეთო ხერხები. წყლის ძუძუმწოვრები ვერ იქნებოდნენ ამ კლასის ხმელეთის წარმომადგენლების მთელი ლეგიონის მამამთავარნი. იგივე შეიძლება ითქვას წყლის ქვეწარმავალთა სხვადასხვა რიგზეც.

დაბოლოს, ეკოგენეტური მოსაზრებანი პალეონტოლოგისა, რომელიც სწავლობს ნამარხ ორგანიზმთა ისტორიას, შეიძლება განმტკიცდეს თანამედ-

როვე ცხოველთა და მცენარეთა ეკოლოგიისა და ბიოლოგიის მონაცემებით. ეს შესაძლოა ითქვას, მაგალითად, წყლის ზოგიერთი ცხოველის წარმოშობის საკითხზე, ორგანიზმების წყლის გარემოს ერთი არიდან მეორეში გადასვლაზე და სხვა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა
აკადემია

(რედაქციას მოუვიდა 15.2.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Detto. Die Theorie der direkten Anpassung. Jena, 1904.
2. F. W. Neger. Biologie der Pflanzen. Stuttgart, 1913.
3. Н. И. Андрусов. О характере и происхождении сарматской фауны. Горный журнал, т. I, 1891, стр. 241—280.
4. Л. Ш. Давиташвили. Дарвинизм и проблема накопления горючих ископаемых. Вестник Государственного Музея Грузии, XII-A, 1943.
5. Н. Н. Яковлев. Существуют ли коралловые рифы в палеозое? Издательство Геол. ком., XXX, № 10, 1911, стр. 847—857.
6. J. A. Thomson. Brachiopod morphology and genera (recent and tertiary). New Zealand Board of Science and Art. Manual, No. 7, 1927.
7. H. L. Hawkins. Evolution and habit among the Echinoidea: some facts and theories Quart. Journ. Geol. Soc. Lond., Vol. XCIX, parts 1 and 2 1943, p. LII—LXXV.
8. A. Tornquist. Die biologische Deutung der Umgestaltung der Echiniden im Paläozoikum und Mesozoikum. Zeitschr. für Indukt. Abstammungs u. Vererbungslehre. Bd VI, H. 1 u. 2, 1911, S. 29—60.
9. A. W. Grabau. Ancient delta deposits of North America. Bull. Geol. Soc. of North. Amer., Vol. XXIV, 1913, p. 498—526.
10. A. W. Grabau. Principles of stratigraphy. N. Y., 1932.
11. M. O'Connell. The habitat of the Eurypterida. Bull. Geol. Soc. of North Amer., Vol. XXIV, 1913, p. 499—515.
12. R. Ruedemann. Eurypterids in graptolite shales. Amer. Journ. of Sci., 5—th ser., Vol. XXVII, No. 161, 1934, p. 374—385.
13. A. S. Romer. Eurypterid influence on vertebrate history. Science, vol. 78, N. 2015, 1933, p. 114—117.
14. A. Heintz. How the fishes learned to swim. Smithsonian rept. for 1934, p. 223—245.
15. T. C. Chamberlin. On the habitat of the early vertebrates. Journ. Geol., vol VIII, No 1, 1900, p. 400—412.
16. Mac Farlane. The Evolution and Distribution of Fishes. N. Y, 1923.
17. E Baldwin. An introduction to comparative biochemistry. N. Y., 1937.
18. W. Gross. Die phylogenetische Bedeutung der altpaläozoischen Agnathen und Fische. Paläont. Zeitschr., Bd 15, Nr 2/3, 1933, S. 102—137.
19. A. J. Eames. On the origin of the herbaceous type in the angiosperms. Ann. Bot., vol. 25, 1911, p. 215—229.
20. E. W. Sinnott and J. W. Bailey. Investigations on the phylogeny of the angiosperms. Ann. Bot., vol. 28, 1914, p. 547—600.

21. E. W. Sinnott. The evolution of herbs. Science, n. s., v. 44, 1916.
22. F. H. Knowlton. Evolution of geologic climates. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 30' 1919, p. 499—566.
23. M. K. Elias. Tertiary grasses and other prairie vegetation from High Plains of North America. Amer. Journ. Sci Vol. XXIX, 1935, p. 24—33.
24 M. K. Elias. Tertiary Prairie Grasses and other herbs from the High Plains. Special papers of the Geol. Soc. of Amer., No. 41, 1942.

ტექნიკა

რ. ლორთქიფანიძე

სწორკუთხოვანი კვეთის თხელკედლიანი ძელის რხევა

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა კ. ზავრიევმა 3.4.1947)

ნაშენი, სეისმომდგრადობაზე ანგარიშის დროს, ნაწილდება ბრტყელ სისტემებად და უყურადღებოდ რჩება ნაშენის სივრცითი სიხისტე. ამის გამო ნაშენის სეისმომდგრადობაზე ანგარიში, მისი სივრცითი სიხისტის გათვალისწინებით, საინტერესო საკითხს წარმოადგენს. ამ ამოცანის ზუსტი ამოხსნა რთულია იმდენად, რამდენადაც იგი მოითხოვს ბევრ მათემატიკურ გამოთვლას, ამისათვის საჭიროა ზოგიერთი ისეთი გამარტივების შეტანა, რომელიც არ იქონიებს გავლენას მის სიზუსტესა და საბოლოო შედეგზე.

დასაწყისში ჩვენ ვიანგარიშებთ თავისუფალი რხევის პერიოდს და იძულებითი რხევის ამპლიტუდას სწორკუთხოვანი კვეთის თხელკედლიანი ძელისათვის. ასეთი ძელი წარმოადგენს ნაშენის კონტურის პირველ მიახლოებას და მას თავისთავადაც აქვს მნიშვნელობა წყალსაწნევი კოშკის სეისმომდგრადობაზე ანგარიშის დროს.

ავიღოთ ერთი ბოლოთი ჩამაგრებული სწორკუთხოვან-ღრუკვეთიანი ძელი, რომლის l სიმაღლე 2—3-ჯერ აღემატება განივკვეთის ზომებს (იხ. ნახ. 1). აღნიშნული ფარდობის გამო და კედლების სიხისტის დაშვებით, ძელი საკმაო სიზუსტით ექვემდებარება ბრტყელ კვეთთა ჰიპოთეზას ღუნვაში. ამავე მიზეზით რხევის დროს y ღერძის გასწვრივ კედელში წარმოშობილი ადგილობრივი მღუნავი მომენტები იქნება მცირე სიდიდეები და შეგვიძლია არ მივიღოთ მხედველობაში.

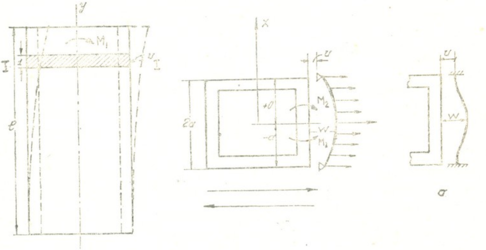
საკმაო სიდიდის იქნება ძელის განივკვეთის სიბრტყეში ინერციის ძალებისაგან წარმოშობილი მომენტები. ეს კანონი ირღვევა მხოლოდ ძელის საფუძველთან ჩამაგრების სიბრტყეში, ვინაიდან აქ, კედელში, შესაძლებელია გაჩნდეს y ღერძის გასწვრივ მოქმედი ადგილობრივი გრძივი მომენტები, რომლებიც მცირე გავლენას იქონიებენ მთლიანი სისტემის ღუნვაზე, უფრო სწორად რომ ვთქვათ, მის დინამიკურ სიხისტეზე. ამ დაშვებას ხელს უწყობს ის გარემოებაც, რომ თვით საფუძველს, ვინაიდან იგი ლენტისებურია, აქვს მცირე გადაადგილების შესაძლებლობა განივი მიმართულებით, რაც გამოიწვევს ადგილობრივ გრძივი მომენტის შემცირებას.

ზემო დაშვების შედეგად ძელის კედლებში წარმოიშობა ორგვარი სახის ნორმალური ჭინვები და მისი შესაბამისი დეფორმაციები.

უპირველეს ყოვლისა, თუ კედლების დეფორმაციას არ დავუშვებთ და ძელს განვიხილავთ როგორც კონსოლიან კოჭს, ადგილი ექნება მთლიანი ძელის ღუნვისაგან გამოწვეულ გრძივ ჭინვებს. ეს ჭინვები იქნება

$$\sigma_1=\frac{M_1}{W_1},$$

სადაც W_1 არის მთლიანი ძელის განივკვეთის წინაღობის მომენტი, M_1 არის $I—I$ კვეთში მოქმედი გრძივი მღუნავი მომენტი.



ნახ. 1

მეორე მხრივ, გვექნება ძელის კედლის განივი მიმართულებით M_2 მღუნავი მომენტით გამოწვეული ნორმალური ჭინვა

$$\sigma_2=\frac{M_2}{W_2}.$$

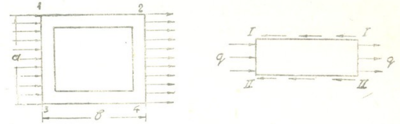
სადაც $W_2=\frac{1\cdot\delta^2}{6}$. აქ δ კედლის სისქეა.

ადგილობრივ გრძივ დეფორმაციას არ ვიღებთ მხედველობაში, რაც შემდეგის ტოლფასია: თუ წარმოვიდგენთ, რომ $I—I$ და $II—II$ განივი კვეთით გამოვყავით ერთეული სიმაღლის ძელის ნაწილი, მაშინ, კედლებში ადგილობრივი გრძივი ჭინვების უგულვებელყოფის გამო, გამოყოფილი ნაწილის განივი დეფორმაცია შეგვიძლია განვიხილოთ ისე, თითქოს $I—I$ და $II—II$ კვეთები არ იყოს განხორციელებული, ე. ი. კედელში გრძივი შეკავშირების უკუგდება გავლენას არ ახდენს მომენტების განაწილებაზე.

დავუშვათ, რომ ძელიდან გამოყოფილ ნაწილზე მოქმედებს ინერციის ძალებისაგან გამოწვეული თანაბრად განრიგებული ტვირთი, როგორც ნაჩვენებია მე-2 ნახაზზე. საბოლოოდ საანგარიშო სქემა დაიყვანება შეკრული კონტურის მქონე ერთუჯრედიან ჩარჩოზე, რომელიც იღუნება q ინტენსივობით განაწილებული დატვირთვის ზეგავლენით.

ჩარჩოზე მოქმედი ძალები წონასწორდება 1—2 და 3—4 კედლის გასწვრივ მოქმედი ტანგენციალური ძალებით. აღნიშნული მდგომარეობა ძალიან ამარტივებს თხელკედლიანი ძელის რხევითი მოძრაობის დიფერენციალური განტოლების ამოხსნას. აქვე აღვნიშნავთ, რომ დიფერენციალური განტოლების შედგენის ჩვენ მიერ მიღებული ხერხი ისეთია, რომ ღრუ ძელის განივი კვეთის რთული მოხაზულობის დროსაც არ იწვევს არავითარ პრინციპულ გართულებას, თუ კი დაცულია მისი სიმეტრია. გართულება მხოლოდ ტექნიკური ხასიათისაა, რაც გამოთვლებითი სამუშაოს გაზრდაში გამოიხატება. გამოთვლები საკმაოდ დიდია ჩვენს შემთხვევაშიც.

ვინაიდან ჩვენი მიზანია კედლის მოქნილობის მთლიან დინამიკურ სიხისტეზე გავლენის შეფასების დაზუსტება, ამიტომ დავკმაყოფილდებით ორი უკიდურესი შემთხვევის განხილვით.



ნახ. 2

პირველ შემთხვევაში ნახ. 1-ზე აღნიშნული რხევის მიმართულების დროს ვუშვებთ, რომ კედლები 1—2 და 3—4 საკმაოდ მოქნილია, ამ შემთხვევაში 1—3 და 2—4 კედლები შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც ბოლოებით თავისუფლად დაყრდნობილი სისტემა. მეორე შემთხვევაში ვუშვებთ, რომ 1—2 და 3—4 კედლები ხისტია და 1—3 და 2—4 კედლებს წარმოვიდგენთ როგორც ბოლოებით ხისტად ჩამაგრებულს.

განვიხილოთ ის შემთხვევა, როდესაც განივი კედლები თავისუფლად დაყრდნობილი გრძივ კედლებზე. შევადგინოთ დიფერენციალური განტოლება. პირობის თანახმად, დეფორმაციები განაწილდება ისე, როგორც ნაჩვენებია 1-ელ ნახაზზე.

მიღებულია აღნიშვნები:

I_1 —ღრუ ძელის ინერციის მომენტი,

q_1 —მთლიანი ძელის გრძივი მეტრის წონა,

I_2 —ერთეული სიგანის გაღუნული კედლის ინერციის მომენტი,

q_2 —გაღუნული კედლის კვადრატული მეტრის წონა,

$2a$—გაღუნული კედლის მაღლი,

E.—დრეკადობის მოდული.

იმავე ნახაზზე ისრებით ნაჩვენებია რხევის მიმართულება.

აღვნიშნოთ მთლიანი ძელის გადაადგილება (y, t). ეს გადაადგილება წარმოადგენს y ღერძისა და დროს t-ს ფუნქციას.

$\omega(x, y, t)$-ით აღვნიშნოთ კედლის გადაადგილება. ეს გადაადგილება სხვადასხვა წერტილში სხვადასხვანაირია, იგი დამოკიდებულია y ღერძის გასწვრივ გამოყოფილი უბნისა და x ღერძის მიმართ კედლის წერტილის მდებარეობაზე.

კედლიდან გამოყოფილი ნაწილის რხევის დიფერენციალური განტოლება დაიწერება:

$$\frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial x^4} = \frac{q_2}{gEI_2} \frac{\partial^2 w(x, y, t)}{\partial t^2}. \tag{1}$$

მთლიანი დგარის რხევის დიფ. განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\frac{\partial^4 u(y, t)}{\partial x^4} = \frac{P(y, t)}{EI_1}, \tag{2}$$

სადაც $P(y, t)$ არის y ღერძის გასწვრივ ერთეული სიგრძის ძელის სრული ინტენსივობა.

ვიანგარიშოთ $P(y, t)$. უპირველეს ყოვლისა, მთლიანი ძელის რხევით გამოწვეული ინერციის ძალა, განივი მიმართულებით დამატებითი მოქნილობის მიუხედავად, იქნება P_1. იგი ტოლია

$$P_1(y, t) = -\frac{q_1}{g} \frac{\partial^2 u(y, t)}{\partial t^2}. \tag{3}$$

y ღერძის გასწვრივ ერთეული სიგრძის ძელის ღუნვისაგან გამოწვეული დამატებითი ინერციის ძალა ტოლია

$$P_2(y, t) = -2\frac{q_2}{g} \int_{-a}^{+a} \left[\frac{\partial^2 w(x, y, t)}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u(y, t)}{\partial t^2} \right] dx. \tag{4}$$

ამრიგად, ინერციის ძალა

$$P(y, t) = P_1(y, t) + P_2(y, t). \tag{5}$$

ვინაიდან ჩვენ ვიხილავთ მდგარ ტალღებს, შეგვიძლია მივიღოთ:

$$\left.\begin{aligned} w(x, y, t) &= w_0(x, y) \cos pt \\ u(y, t) &= u_0(y) \cos pt \end{aligned}\right\}. \tag{6}$$

ამრიგად,

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial^2 u(y, t)}{\partial t^2} &= -p^2 u_0(y) \cos pt \\ \frac{\partial^2 w(x, y, t)}{\partial t^2} &= -p^2 w_0(x, y) \cos pt \end{aligned}\right\}. \tag{7}$$

(3), (4), (5), (6), (7) დიფ. განტოლებების საშუალებით (1) და (2) მიიღებს სახეს

$$\frac{\partial^4 w_0(x, y)}{\partial x^4} = \alpha^4 w_0(x, y). \tag{1'}$$

აქ

$$\alpha^4 = \frac{q_2 p^2}{gEI_2}$$

და

$$\frac{\partial^4 u_0(y)}{\partial y^4} = \frac{q_1 p^2}{gEI_1} u_0(y) + 2\,\frac{q_2 p^2}{gEI_2} \int_{-a}^{+a} [w_0(x, y) - u_0(y)]\, dx, \tag{2'}$$

ასეთია დასმული ამოცანისათვის ზოგადი ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლება. ჩვენ აქ სასაზღვრო პირობები არ მიგვიღია მხედველობაში, ამის გამო ეს განტოლებები ზოგადი სახისაა და გამოდგება ჩამაგრების ყოველგვარი შემთხვევისათვის.

განვიხილოთ განივი ძელის სახსრული დაყრდნობის შემთხვევა. მიღებული (1′) დიფ. განტოლების ზოგად ამოხსნას ექნება სახე:

$$w_0(x; y) = c_1(\cos \alpha x + \operatorname{ch} \alpha x) + c_2(\cos \alpha x - \operatorname{ch} \alpha x),$$

$$+ c_3(\sin \alpha x + \operatorname{sh} \alpha x) + c_4(\sin \alpha x - \operatorname{sh} \alpha x).$$

სიმეტრიის გამო $w_0(x, y) = w_0(-x, y)$, რაც გვაძლევს, რომ $c_3 = c_4 = 0$. ამრიგად,

$$w_0(x, y) = c_1(\cos \alpha x - \operatorname{ch} \alpha x) + c_2(\cos \alpha x - \operatorname{ch} \alpha x). \tag{8}$$

სასაზღვრო პირობების თანახმად (ნახ. 1),
თუ

$$x = a; \quad w_0(x, y) = u_0(y); \quad \frac{\partial^2 w_0(x, y)}{\partial x^2} = 0$$

და გავიხსენებთ, რომ

$$\mu = \alpha a, \tag{9}$$

მივიღებთ:

$$c_1 = \frac{\operatorname{ch} \mu + \cos \mu}{4 \cos \mu \operatorname{ch} \mu} u_0(y), \qquad c_2 = \frac{\operatorname{ch} \mu - \cos \mu}{4 \cos \mu \operatorname{ch} \mu} u_0(y).$$

განსახილველი შემთხვევისათვის ძნელი არ არის გამოთვლა, რომ

$$w_0(x, y) = \frac{u_0(y)}{2 \cos \mu \operatorname{ch} \mu} (\cos \mu \operatorname{ch} \alpha x + \operatorname{ch} \mu \cos \alpha x). \tag{10}$$

განვიხილოთ ახლა განტოლება (2′). რამდენადაც

$$\int_{-a}^{+a} [w_0(x, y) - u_0(y)]\, dx = \frac{a u_0(y)}{\mu \cos \mu \operatorname{ch} \mu} (\cos \mu \operatorname{sh} \mu + \operatorname{ch} \mu \sin \mu$$

$$- 2\mu \cos \mu \operatorname{ch} \mu) = \frac{a u_0(y)}{\mu} (\operatorname{th} \mu + \operatorname{tg} \mu - 2\mu),$$

(2′) განტოლება გადაიწერება შემდეგი სახით:

$$\frac{\partial^4 u_0(y)}{\partial y^4} = \frac{p^2}{gEI_1} \left[q_1 + \frac{2 q_2 a}{\mu} (\operatorname{th} \mu + \operatorname{tg} \mu - 2\mu) \right] u_0(y). \tag{11}$$

$u_0(y)$-ის კოეფიციენტი არ არის დამოკიდებული y-ზე, ამისათვის შეიძლება დაიწეროს

$$\frac{\partial^4 u_0(y)}{\partial y^4}=\beta^4 u_0(y), \quad \text{სადაც} \tag{12}$$

$$\beta^4=\frac{p^2 q_1}{gEI_1}\left[1+\frac{k}{\mu}(\operatorname{th}\mu+\operatorname{tg}\mu-2\mu)\right], \qquad k=\frac{2q_2 a}{q_1}. \tag{13}$$

(12) და (13) განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ თხელკედლიანი ძელისთვის მიღებული დიფ. განტოლება ემთხვევა მთლიანი კვეთის ძელის (14) განტოლებას იმავე ინერციის მომენტით

$$\frac{\partial^4 u}{\partial y^4}=\beta_1^4 u, \tag{14}$$

სადაც $\beta_1^4=\frac{p^2 q}{gEI_1}$,

მაგრამ აქ $$q=q_1\left[1+\frac{k}{u}(\operatorname{th}\mu+\operatorname{tg}\mu-2\mu)\right]=sq_1. \tag{15}$$

ამრიგად, მამრავლი s წარმოადგენს შემასწორებელ კოეფიციენტს, რომლის ნამრავლი q_1-ზე გვაძლევს q დატვირთვისათვის ეკვივალენტურ ინტენსივობას. მთლიანკვეთიან ძელს ეკვივალენტური დატვირთვით იგ ვე თავისუფალი რხევის სიხშირე აქვს, რაც განსახილველ ღრუ ძელს.

თავისუფალი რხევის სიხშირის კოეფიციენტების განმსაზღვრელი მახასიათებელი განტოლება ერთი ბოლოთი ჩამაგრებული ძელისათვის, როგორც ვიცით, იქნება:

$$1+\cos\rho \operatorname{ch}\rho=0, \tag{16}$$

სადაც $$\rho=\beta l.$$

აქედან ამოიხსნება პირველი ორი ფესვი: $p_1=1{,}875$, $p_2=4{,}6941$.

თუ ამოვხსნით (16) შესაბამის მნიშვნელობას β-სას და ჩავსვამთ მას 13-ში, მივიღებთ ტრანსცენდენტულ განტოლებას, საიდანაც შეგვიძლია ამოვხსნათ $p_1, p_2 \ldots$ ა. შ. სიხშირის კოეფიციენტები. იგივე ანალოგია შეიძლება გამოვიყენოთ დგარის იძულებითი რხევის ელემენტების განსაზღვრის დროს, თუ დგარის ჩამაგრებული ბოლო განიცდის ჰარმონიულ რხევას შემდეგი კანონით:

$$u(o,t)=b\cos mt. \tag{17}$$

მოვიყვანოთ მზა შედეგი გრძივი მღუნავი M_1 მომენტისათვის [1]:

$$M_1=EI_1\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}=\frac{1}{2}EI_1 b\beta^2\left\{(\operatorname{ch}\beta y-\cos\beta y)\right.$$
$$+\frac{1}{1+\cos\rho\operatorname{ch}\rho}\left[\sin\rho\operatorname{sh}\rho(\operatorname{ch}\beta y+\cos\beta y)-(\cos\rho\operatorname{sh}\rho\right.$$
$$\left.\left.+\operatorname{ch}\rho\sin\rho)(\sin\beta y+\operatorname{sh}\beta y)\right]\right\}. \tag{18}$$

β-ს მნიშვნელობა იგივეა, რაც (13)-ში, რასაკვირველია, იმ პირობით, თუ p-ს შევცვლით m-ით.

გრძივი მღუნავი მომენტი დგარის ფუძეში, როცა $y=0$, ტოლია

$$M_{1_{y=0}}=EI_1 b\beta^2\frac{\sin\rho\operatorname{sh}\rho}{1+\cos\rho\operatorname{ch}\rho}. \tag{19}$$

$u_0(y)$-ის კოეფიციენტი არ არის დამოკიდებული y-ზე, ამისათვის შეიძლება დაიწეროს

$$\frac{\partial^4 u_0(y)}{\partial y^4} = \beta^4 u_0(y), \quad \text{სადაც} \tag{12}$$

$$\beta^4 = \frac{p^2 q_1}{gEI_1}\left[1 + \frac{k}{\mu}(\text{th}\,\mu + \text{tg}\,\mu - 2\mu)\right], \qquad k = \frac{2q_2 a}{q_1}. \tag{13}$$

(12) და (13) განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ თხელკედლიანი ძელისთვის მიღებული დიფ. განტოლება ემთხვევა მთლიანი კვეთის ძელის (14) განტოლებას იმავე ინერციის მომენტით

$$\frac{\partial^4 u}{\partial y^4} = \beta_1^4 u, \tag{14}$$

სადაც $\beta_1^4 = \dfrac{p^2 q}{gEI_1}$,

მაგრამ აქ $$q = q_1\left[1 + \frac{k}{u}(\text{th}\,\mu + \text{tg}\,\mu - 2\mu)\right] = sq_1. \tag{15}$$

ამრიგად, მამრავლი s წარმოადგენს შემასწორებელ კოეფიციენტს, რომლის ნამრავლი q_1-ზე გვაძლევს q დატვირთვისათვის ეკვივალენტურ ინტენსივობას. მთლიანკვეთიან ძელს ეკვივალენტური დატვირთვით იგივე თავისუფალი რხევის სიხშირე აქვს, რაც განსახილველ ღრუ ძელს.

თავისუფალი რხევის სიხშირის კოეფიციენტების განმსაზღვრელი მახასიათებელი განტოლება ერთი ბოლოთი ჩამაგრებული ძელისათვის, როგორც ვიცით, იქნება:

$$1 + \cos\rho\,\text{ch}\,\rho = 0, \tag{16}$$

სადაც $\rho = \beta l$.

აქედან ამოიხსნება პირველი ორი ფესვი: $p_1 = 1{,}875$, $p_2 = 4{,}6941$.

თუ ამოვხსნით (16) შესაბამის მნიშვნელობას β-სას და ჩავსვამთ მას 13-ში, მივიღებთ ტრანსცენდენტულ განტოლებას, საიდანაც შეგვიძლია ამოვხსნათ $p_1, p_2 \ldots$ ა. შ. სიხშირის კოეფიციენტები. იგივე ანალოგია შეიძლება გამოვიყენოთ დგარის იძულებითი რხევის ელემენტების განსაზღვრის დროს, თუ დგარის ჩამაგრებული ბოლო განიცდის ჰარმონიულ რხევას შემდეგი კანონით:

$$u(o,t) = b\cos mt. \tag{17}$$

მოვიყვანოთ მზა შედეგი გრძივი მღუნავი M_1 მომენტისათვის [1]:

$$M_1 = EI_1\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = \frac{1}{2}EI_1 b\beta^2\left\{(\text{ch}\,\beta y - \cos\beta y) + \frac{1}{1+\cos\rho\,\text{ch}\,\rho}[\sin\rho\,\text{sh}\,\rho(\text{ch}\,\beta y + \cos\beta y) - (\cos\rho\,\text{sh}\,\rho + \text{ch}\,\rho\sin\rho)(\sin\beta y + \text{sh}\,\beta y)]\right\}. \tag{18}$$

β-ს მნიშვნელობა იგივეა, რაც (13)-ში, რასაკვირველია, იმ პირობით, თუ p-ს შევცვლით m-ით.

გრძივი მღუნავი მომენტი დგარის ფუძეში, როცა $y = 0$, ტოლია

$$M_{1_{y=0}} = EI_1 b\beta^2\frac{\sin\rho\,\text{sh}\,\rho}{1+\cos\rho\,\text{ch}\,\rho}. \tag{19}$$

განივი მღუნავი მომენტი კედელში (10) ფორმულის საშუალებით განისაზღვრება:

$$M_2 = EI_2 \frac{\partial^2 w_0(x, y)}{\partial x^2} = EI_2 \frac{u_0(y)\,\alpha^2}{2\cos\mu \operatorname{ch}\mu}(\cos\mu \operatorname{ch}\alpha x - \operatorname{ch}\mu \cos\alpha x). \quad (20)$$

როცა $x=0$, მივიღებთ

$$M_{2_{x=0}} = \frac{1}{2}\, EI_2 u_0(y)\alpha^2 \frac{\cos\mu - \operatorname{ch}\mu}{\cos\mu - \operatorname{ch}\mu}. \quad (20')$$

განვიხილოთ განივი კედლების გრძივთან ხისტად ჩამაგრების შემთხვევა. შევადგინოთ დიფერენციალური განტოლება იმ შემთხვევაში, როდესაც განივი კედელი ხისტად არის ჩამაგრებული გრძივთან. ამოხსნის ხერხი ანალოგიურია ზემომოყვანილი ანგარიშისა.

მერვე განტოლებაში ნებისმიერი მუდმივების განსაზღვრისათვის ნახ. 1-ის მიხედვით უნდა მივიღოთ მხედველობაში, რომ როცა

$$x=a, \quad w_0(x, y)=u_0(y) \text{ და } \frac{\partial w}{\partial x}=0.$$

მივიღებთ: $w_0(-x, y)=u_0(y)\dfrac{\sin\mu \operatorname{ch}\alpha x+\operatorname{sh}\mu \cos\alpha x}{\sin\mu \operatorname{ch}\mu + \cos\mu \operatorname{sh}\mu}$. (21)

ინერციის ძალების გამოთვლის შემდეგ ვნახავთ, რომ (2') განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\frac{\partial^4 u_0}{\partial y^4}=\gamma^4 u_0(y), \quad (22)$$

სადაც $\gamma^4=\dfrac{q_1 p^2}{gEI_1}\left[1+4\dfrac{q_2 a}{q_1}\cdot\dfrac{1}{\mu}\dfrac{(2\sin\mu \operatorname{sh}\mu-\mu\sin\mu \operatorname{ch}\mu-\mu\cos\mu \operatorname{sh}\mu)}{(\sin\mu \operatorname{ch}\mu+\cos\mu \operatorname{sh}\mu)}\right]$.

ამრიგად, თხელკედლიანი ძელის დიფ. განტოლება განივი კვეთის სიხისტის დაშვებით დაიყვანება მთლიანკვეთიანი ძელის დიფერენციალურ განტოლებაზე. ყველა წინა განტოლება, კერძოდ, თუ დგარის ბოლო ჰარმონიულად ირხევა, მღუნავი მომენტისათვის ინარჩუნებს თავის სახეს, როცა β-ს შევცვლით γ-ით.

ანალოგიურად შეიძლება ამოიხსნას განივი კვეთის გრძივში ჩამაგრების უფრო რთული ამოცანაც.

მაგალითი. განვსაზღვროთ კვადრატული განივკვეთიანი კოშკის თავისუფალ რხევათა სიხშირე, თუ სიმაღლე $l=20$ მეტრს, სიგანე $b=5$ მ და კედლის სისქე $\delta=0{,}5$ მ., კედლის მოცულობითი წონა $\gamma=1{,}7$ ტონი/მეტ^3, დრეკადობის მოდული $E=250{,}000$ ტონი/მეტ^2.

მოვნახოთ ინერციის მომენტი $I_1=30{,}75$ მეტ^4 და $I_2=0{,}0104$ მეტ^4.

კოშკის გრძივი მეტრის წონა $q_1=(5^2-4^2)\cdot 1\cdot 1{,}7=15{,}3$ ტ/მეტ.

კოშკის ერთი მეტრის სიგანის კედლის გრძივი მეტრის წონა $q_2=0{,}85$ ტ/მ. $2a=5$ მეტ.

დავუშვათ, რომ კოშკი აბსოლუტურად ხისტია და განვსაზღვროთ თავისუფალი რხევის სიხშირე. ამ შემთხვევაში ცნობილია თავისუფალ რხევათა სიხშირე, იგი ტოლია

$$p=\frac{3{,}515}{l^2}\sqrt{\frac{gEI_1}{q_1}}=19{,}5\ ^1/\text{სეკ}.$$

ვიანგარიშოთ თავისუფალ რხევათა სიხშირე კედლის მოქნილობის მხედველობაში მიღებით. (13), (9) და (11) მიხედვით მოცემული შემთხვევისათვის გვექნება:

$$k=\frac{2\times 0{,}85\times 2{,}5}{15{,}3}=0{,}278,$$

$$\alpha^4=\frac{0{,}85\,p^2}{9{,}81\times 250000\times 0{,}0104}=0{,}0000334\,p^2,\quad \alpha=0{,}0759\sqrt{p},$$

$$\mu=a\alpha=0{,}19\sqrt{p},$$

$$\beta^4=\frac{15{,}3\,p^2}{9{,}81\times 250000\times 30{,}75}\left[1+\frac{0{,}278}{0{,}19\sqrt{p}}\left(\operatorname{th}0{,}19\sqrt{p}\right.\right.$$

$$\left.\left.+\operatorname{tg}0{,}19\sqrt{p}-0{,}38\sqrt{p}\right)\right].$$

ამრიგად, ჩვენ მიერ მიღებულია ტრანსცენდენტური განტოლება

$$\beta^4=203\,p^2\left[1+\frac{1{,}46}{\sqrt{p}}\left(\operatorname{th}0{,}19\sqrt{p}+\operatorname{tg}0{,}19\sqrt{p}-0{,}38\sqrt{p}\right)\right],$$

სადაც β^4 რხევის ძირითადი სიხშირისათვის მიიღებს შემდეგ მნიშვნელობას:

$$\beta^4=\frac{1{,}875^4}{l^4}=0{,}00009509.$$

საბოლოოდ კოშკის რხევის სიხშირე იქნება

$$p_1=19{,}2\ ^1/\text{სეკ}.$$

თუ შევადარებთ ამ მნიშვნელობას $p_0=19{,}5\ ^1/\text{სეკ}$, ჩვენ დავასკვნით, რომ კედლის მოქნილობის გავლენა კოშკის თავისუფალ რხევაზე უმნიშვნელოა.

ჩვენ მიერ ჩატარებულმა ანგარიშებმა კოშკის გეომეტრიული ელემენტების რეალური ზომების სხვადასხვა შეთანაწყობის დროს იგივე შედეგი მოგვცა.

ჩვეულებრივ, ნაგებობათა სეისმური ანგარიშის დროს ნაშენის სივრცობრივ სიხისტეს არ ითვალისწინებენ. ნაშენი ნაწილდება რიგ ბრტყელ სისტემებად და თითოეული ცალკე იანგარიშება. ცდილობენ შეძლებისდაგვარად მიიღონ მხედველობაში ერთი ბრტყელი სისტემის მეორესთან დამაგრების ხასიათი. მაგალითად, ზემომოყვანილი კოშკის სეისმური ანგარიში შემდეგნაირად განხორციელდებოდა. კოშკს წარმოვიდგენდით ხისტი კედლების მქონე კონსტრუქციად, მაშინ მთლიანად კოშკის ანგარიში, კერძოდ კი გრძივი მომენტი, მოინახება ისე, როგორც ფუძით ჩამაგრებული ძელისთვის. ამის შემდეგ უნდა მოინახოს კედელში ინერციის ძალების მიერ გამოწვეული მღუნავი მომენტი განივი მიმართულებით.

ზემომოყვანილი კოშკის მუშაობის ანალიზი მთლიანად ასაბუთებს პრაქტიკაში მიღებული გამარტივებული ანგარიშის მეთოდის სამართლიანობას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ანტისეისმური მშენებლობის ბიურო
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 3.4.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. Г. Назаров. Сейсмостойкость сооружений башенного типа с учетом упругости основания. Сборник Сейсмостойкость сооружений, вып. XXVIII, Тбилиси, 1937.

ენტომოლოგია

დ. ლოზოვოი

სუნიანი მერქნიჭამია (*COSSUS COSSUS* L.) თბილისის პარკების ნარგავებში

(წარმოადგინა აკად. წევრ-კორესპონდენტმა ლ. კალანდაძემ 1.6.1947)

სუნიანი მერქნიჭამია (*Cossus cossus* L.) წარმოადგენს თბილისის პარკების ნარგავთა ერთ-ერთ ფრიად სერიოზულ მავნებელს. უკანასკნელი ათეული წლის განმავლობაში მას დიდი ზიანი მოჰქონდა ყოფილ ხუდადოვის ტყესა და განსაკუთრებით ბოტანიკური ბაღის პირობებში. მერქნიჭამიამ მოსპო ათობით და, შესაძლებელია, ასობით ძვირფასი ხე. სუნიანი მერქნიჭამია უნდა მიჩნეულ იქნეს ქალაქისა და მისი მიდამოების ნარგავების საშიშ და ტიპობრივ მავნებლად. ტ ე ო ბ ა ლ დ ი [1] აღნიშნავს ლონდონისა და პარიზის გარშემო, კერძოდ ბულონის ტყეში, მერქნიჭამიის მიერ პარკების ხეების მასობრივი მოსპობის ფაქტს.

სუნიანი მერქნიჭამია საქართველოში საკმაოდ გავრცელებულია, როგორც ტყეებში, ისე ბაღებში, და გვხვდება რომელიმე სხვა მავნებლების მიერ წინასწარ დაზიანებულ ხეებზე. მაგალითად, აჯამეთის ტყეებში (დასავლეთ საქართველო) ჩვენ ვხვდებოდით მერქნიჭამიას მუხის დიდი ხარაბუზის მიერ დაზიანებულ მუხებზე.

თუმცა ამავე დროს უნდა აღინიშნოს, რომ, ი. შ ე ვ ი რ ე ვ ი ს აზრით, „თავისთავად მერქნიჭამიას სატყეო მეურნეობაში არა აქვს დიდი მნიშვნელობა და იგი შეიძლება მიეკუთვნოს, როგორც ამას რაცებურგი აკეთებს, „მხოლოდ შესამჩნევად მავნებელ მწერებს“ [2].

მიუხედავად იმისა, რომ მერქნიჭამიას სატყეო მეურნეობაში დიდი მავნებლობა მოაქვს, თბილისის პირობებში მას დღემდე არ ექცეოდა ყურადღება, არ ტარდებოდა ღონისძიებანი მასთან საბრძოლველად და, მაგალითად, ბოტანიკური ბაღის შესახებ გასული წლების ენტომოლოგიურ ანგარიშებში იგი სრულიად არ არის მოხსენებული. თუმცა იგივე შეიძლება ითქვას მერქნის მთელ რიგ სხვა მავნებლებზეც, როგორიც არიან: ხარაბუზას სხვადასხვა წარმომადგენელი, პენიანები, ქერქიჭამიები და სხვ.; ხის ღეროსა და ტოტების ვერეთწოდებული მავნებლების მთელ ამ ჯგუფს სერიოზული სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს თბილისის ქალაქისა და პარკების ნარგავებში.

მერქნიჭამია ეტანება ტყის სხვადასხვა ფოთლოვან ჯიშსა და ხეხილს, გარდა იმ ჯიშებისა, როგორც ეს თავის დროზე შეამჩნია ი. შევიროვმა, რომლებიც გუმფისს გამოყოფენ [3].

საქართველოში დაკვირვებით გამორკვეულია, რომ არ არის განსაკუთრებული საფუძვლები ითქვას, თითქოს სუნიანი მერქნიჭამია მერქნის რბილი ჯიშებისთვის უფრო საშიშია, ვიდრე მაგარი ჯიშებისათვის.

ბევრი ავტორი: ბოლდირევი, შჩელკანოვცევი და სხვ. [4, 5], ფიქრობს, რომ სუნიანი მერქნიჭამია უფრო ეტანება ტირიფს, ალვის ხეს და სხვა რბილ ჯიშებს, ხოლო გერმანელებმა მას ტირიფის მერქნიჭამიაც (*veidenbohrer*) კი დაარქვეს, მაგრამ ჯერ კიდევ შევირევმა აღნიშნა, რომ „ასეთი აზრი საეჭვოა სწორი იყოს“ [2]. თბილისის პირობებში ხარაბუზას მიერ ძლიერ დახრულ ალვის ხეებსა და ტირიფებზეც კი სუნიანი მერქნიჭამია იშვიათად გვხვდება, მაშინ როდესაც იმავე ნარგავებში იგი ფრიად სერიოზულ ზიანს აყენებს მაგარ ჯიშებს. ბოტანიკურ ბაღში მერქნიჭამია უმთავრესად ზიანს აყენებს ნეკერჩხალს, სახელდობრ ლეკის ხეს (*Acer laetum*), უფრო იშვიათად — თელას, კიდევ უფრო იშვიათად—მუხას, ხოლო ერთ შემთხვევაში მერქნიჭამიას მატლი ძელქვაზეც იპოვეს.

შრეინერის, ხოლოდკოვსკის, შესტაკოვისა და სხვების [6] ცნობებით, მერქნიჭამიას მატლს ხის ღეროს სისქეში გაჰყავს ფართო, უმთავრესად გასწვრივი ხვრელები. ტალმანისა და იაცენტკოვსკის მიხედვით [7] ეს მავნებელი გამჭოლ ხვრელებს აკეთებს მერქანში.

მერქნიჭამიას მატლის ასეთი ხვრელები ხის ღეროში და ტოტებზეც კი შემჩნეულია საქართველოშიც. ისინი ცოტად თუ ბევრად დამახასიათებელი არიან ხეხილისთვის, ხოლო ბოტანიკური ბაღის ტერიტორიაზე და თბილისის მიდამოების სხვა ნარგავებში ჩვენ შეგვიმჩნევია დაზიანებანი, უმთავრესად, ფესვის ყელის არეში, ჩვეულებრივ ხის მთელი ღეროს ან მისი ნაწილის გარშემო.

ხშირია შემთხვევები, როდესაც ხის ღეროს რგოლურად დაზიანებული ნაწილი 10—15 სანტიმეტრზე დაბლაა ნიადაგის ზედაპირიდან, რგოლის სიგანე ხშირად აღემატება 8—10 სმ, მაგრამ შეიძლება 20 სანტიმეტრს და მეტსაც აღწევდეს. ზოგიერთი მატლის ხვრელები რგოლურის ფარგლებში იჭრება მერქნის სიღრმეში, მაგრამ, ჩვეულებრივად, არა უმეტეს 5—10 სანტიმეტრისა. აღწერილი დაზიანება განსაკუთრებული სერიოზული ფიზიოლოგიური ხასიათისაა; რგოლურად დაზიანებული ხეები იღუპება, თუმცა დაზიანებას არა აქვს ტექნიკური ხასიათი.

ამგვარად, თბილისის პარკების ნარგავებს სუნიანი მერქნიჭამია, უწინარეს ყოვლისა, აყენებს დიდ ფიზიოლოგიურ და ნაწილობრივ ტექნიკურ ზიანს. მთლიანად შემორგოლური ხე შემდეგ წელს საბოლოოდ იღუპება, ხოლო მატლები, რომლებსაც არ დაუმთავრებიათ განვითარება, სხვა ხეებზე გადადიან. ხის გახმობას ამ შემთხვევაში განსაზღვრავს რგოლურად დაზიანების ფაქტი, რაც შეიძლება იყოს მეტად მცირე რაოდენობის ყოველგვარი მატლების მოქმედების შედეგი. თუ რგოლური დაზიანება არ არის, ძლიერ დახრულმა ხემაც კი შეიძლება იცოცხლოს მთელი რიგი წლების განმავლობაში.

ტეობალდის დაკვირვებით, ინგლისში 1891 წელს დაავადებული იფანი მხოლოდ 1903 წელს დაიღუპა [1]. მატლების იერიშებისადმი ხის ღეროს წი-

ნააღმდეგობის ვადები მეტად სხვადასხვანაირია და დამოკიდებულია ამ ხეზე მათი რაოდენობის რიცხვზე. ერთ-ერთ მსხლის ხეში ბახშტეინმა იპოვა 266 მატლი [2]; მათი ასეთი რაოდენობა, რასაკვირველია, განსაკუთრებულ შემთხვევას წარმოადგენს, რამდენიმე ათეული მატლი ერთ ხეში კი ჩვეულებრივი მოვლენაა. მერქნიჭამიათი დაავადებულ 75 ხეზე თბილისში 1946 წელს ჩვენ ვიპოვეთ მხოლოდ 679 მატლი. ერთ ხეზე საშუალოდ 9 მატლი მოდის, მაშინ როცა მათი მაქსიმალური რაოდენობა ერთი ხის ღეროსთვის 77-ს უდრის.

გადავდივართ რა მერქნიჭამიას გაძლიერებული აქტივობის მიზეზებზე თბილისის პარკების ნარგავთა პირობებში, საინტერესოა ყურადღება მივაქციოთ შემდეგ გარემოებებს. ი. შ ე ვ ი რ ე ვ ი ს აზრით, სუნიანი მერქნიჭამია თავს ესხმის დასუსტებულ ხეებს მათი ჯიშების მიუხედავად. ახალგაზრდა ჯანსაღ ხეებზე იგი მეტად იშვიათად გვხვდება და არასოდეს არ არის ხმელ ხეებზე [2].

ბოტანიკური ბაღის „აღმოსავლეთ საქართველოს ტყის" ნაკვეთის ტერიტორიაზე დაავადებული ხეების აღრიცხვისას, რაც 1946 წელს ჩატარდა, დაზიანებული აღმოჩნდა ლეკის ხის 75 ღერო და 2 მუხა, სხვა ჯიშებზე მერქნიჭამია არ ყოფილა. მერქნიჭამიას მიერ ჯიშების ამორჩევის უნარი, რაც ამ შემთხვევაში მკვეთრად გამოვლინდა, მოწმობს, რომ მისგან განსაკუთრებით ზიანდება ლეკის ხე და რომ ეს უკანასკნელი რამდენადმე დასუსტებული იყო, რაც თავის მხრივ ალბათ იმით აიხსნება, რომ მთელი რიგი წარსული წლების მანძილზე ნაკვეთი საკმაოდ არ ყოფილა მორწყული. პროფ. ვ ი ნ ო გ რ ა დ ო ვ-ნ ი კ ი ტ ი ნ ი თავის ერთ-ერთ ნაშრომში შემდეგს მოგვითხრობს არასაკმაო ტენიანობის გამო მთის ფერდობებზე მერქნიჭამიების მიერ ნარგავების დაზიანების შესახებ: „მთის ფერდობებზე ზოგჯერ ჩნდება ახალგაზრდა ტყე; ტენის ხარჯვა ხეების ტრანსპირაციო ფუნქციონირებისათვის დიდდება მათი ზრდის მიხედვით და მაქსიმუმს აღწევს მაშინ, როცა ტყეში ხეები იფარება ფოთლის ან წიწვის უდიდესი რაოდენობით, ფოტოსინტეზის პროცესები უდიდეს განვითარებას აღწევს და ამასთან დაკავშირებით მატულობს აორთქლებაც. ეს ხდება ხეების ზრდის კულმინაციისას—30 დან 60 წლამდე. შეიძლება მოხდეს, განსაკუთრებით მცირენალექებიან ადგილებში, რომ ტყის მზარდი მოთხოვნილება ტენის მხრივ აღემატოს უკანასკნელის რაოდენობას ნიადაგში.

ამ შემთხვევებში იწყება ხეების მწვავე ბრძოლა ტენისათვის და წარმოებს ნარგავების ბუნებრივი გამეჩხრება; როგორც კი ზოგიერთ ხეს გაუძნელდება ტენის მიღება და იგი იგვალება, ქერქიჭამიები მას ბოლოს უღებენ; თუმცა ზოგჯერ დაგვალვის ამ სტადიას ხანგრძლივი ხასიათი აქვს და იგი რამდენიმე წელს გრძელდება; ქერქიჭამიები ჯერ აზიანებენ ზოგიერთ ტოტს, ხმება კენწერო და, ბოლოს, თვით ხის ღერო" [8].

მერქნიჭამიასთან ერთად პენიანაც (*Agrilus viridis* L.) სახლდება ლეკის ხის ღეროზე, რაც ერთხელ კიდევ ადასტურებს სწორედ ამ ჯიშის მერქნის დაბალი წინააღმდეგობის ფაქტს. დამახასიათებელია, რომ მინდვრის ნეკერჩხლის (*Acer campestre* L.) იქვე მდგომ ხეებს, რომლებიც, როგორც ცნობილია, კარგად იტანენ სიმშრალეს, მავნებლები არ აზიანებენ.

ყოფილი ხუდადოვის ტყის ტერიტორიაზე და ქალაქის სხვა მწვანე ობიექტებზე ლეკის ხის მაგვარად მავნებლებისაგან ზიანდებიან თელის ჯიშებიც. თელაზეც მეტად ჩვეულებრივია სუნიანი მერქნიჭამია, მაჟაურა (*Zeuzera pyrina* L.), ხარაბუზა (*Saperda genctata*) და თელის ქერქიჭამიების მთელი კომპლექსი, რომელთა შორის ჭარბობს ცელაჭამია *Scolytus orientalis* Egg.

თბილისისა და მისი მიდამოებისათვის დამახასიათებელია 30—40 წლის თელების მასობრივი გახმობა. თელაზე სახლდებიან მავნე მწერები ზაფხულის თვეებში, რომლებიც კრიტიკულია ნაკლები ტენიანობის თვალსაზრისით. თელების მასობრივად გახმობა თბილისში შემჩნეული იყო განსაკუთრებულ გვალვასთან დაკავშირებით 1933 წელს. ხეების ერთგვარი რაოდენობა დაიღუპა 1945 წელსაც, რომელიც აგრეთვე გამოირჩეოდა არასაკმაო ტენიანობით. მაგრამ ხეების დაღუპვის უშუალო მიზეზი, თითქმის ყველა შემთხვევაში, მათზე მწერების დასახლება იყო. მავნე მწერების არსებულ მარაგს ასეთ შემთხვევებში გადამწყვეტი როლი ეკუთვნის.

ხეებს, რომლებსაც, მათი დროებითი დასუსტების მიუხედავად, შეეძლოთ შემდგომ გამოკეთება, ბოლოს უღებენ მწერები. ამა თუ იმ ნარგავების ხის ღეროში მავნებლების, მათ შორის სუნიანი მერქნიჭამიის, არსებობის ფაქტი მათთან ბრძოლის ღონისძიებათა არასისტემატურ და არასაკმაოდ გულმოდგინედ ჩატარების შედეგს წარმოადგენს.

ზემონათქვამიდან ძნელი არ არის დასკვნის გამოყვანა, რომ სუნიან მერქნიჭამიასთან ბრძოლის ძირითად ღონისძიებას წარმოადგენს ნარგავთა გულმოდგინე მოვლა, უწინარეს ყოვლისა კი მათი დროული მორწყვა. გაძლიერებულ რწყვას მოითხოვენ თელა და ლეკის ხე.

დროულ მორწყვას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს იმ ხეებისათვის, რომლებმაც წლების განმავლობაში თავისი ფესვების სისტემა შეუგუეს რწყვას. ასეთი ხეები, წერს პ. ვინოგრადოვი-ნიკიტინი, შეიძლება გახდეს ქერქიჭამიების მსხვერპლი, თუ რწყვა იგვიანებს. ცნობილია შემთხვევები, როდესაც ქერქიჭამია სკოლიტუსისაგან დაღუპულა ხეხილის ბაღები იმის გამო, რომ გვალვის დროს რწყვა დაუგვიანია ერთი-ორი კვირით; ამავე დროს ხეები, რომლებიც ურწყავ ნიადაგზე იზრდებოდნენ, გადარჩნენ, რადგან თავისი ფესვების სისტემით იღებდნენ წყალს ნიადაგის უფრო ღრმა ჰორიზონტებიდან [8].

ბრძოლის წინასწარ ზომად ჩვეულებრივ ასახელებენ ხეების ქვედა ნაწილის შელესვას თიხის, ძროხის ნეხვის, კირის რძის და სხვა ნარევით; კვერცხის დებისა და გაჩენილი მატლების ჩასვლის ხელის შეშლის მიზნით, შელესვა წარმოებს კვერცხის დების დაწყების წინ, აპრილ-მაისში. ბოტანიკურ ბაღში ამ მიზნით 1946 წელს რამდენიმე საცდელ ხეზე გამოყენებულ იქნა ნავთობ-სკიპიდარი და კრეოზოტი. ამ უკანასკნელ ნივთიერებას ძლიერ მწვავე სუნი აქვს, იგი ძნელად ჩამოსარეცხავია და ჯერჯერობით მას შესამჩნევი უარყოფითი ფიზიოლოგიური გავლენა არ მოუხდენია დამუშავებულ ხეებზე. ამავე დროს კრეოზოტით დამუშავებული და დაუმუშავებელი ხეების მერქნის ანატომიური და

მიკროქიმიური გამოკვლევების დროს (თ. კ ე ზ ე ლ ი) მნიშვნელოვანი განსხვავებანი არაა აღმოჩენილი.

პარკების პირობებში სრულიად მისაღებ გამანადგურებელი ხასიათის ზომას წარმოადგენს მერქნიჭამიას მატლების ხელით შეგროვება და მოსპობა. იმ ნარგავებში, სადაც მოსალოდნელია მერქნიჭამიათი დაავადებული ხეები, საჭიროა გულმოდგინედ გაისინჯოს თითოეული ხე. ამ გასინჯვით ადვილად შეიძლება ყველა დაავადებული ხის გამოვლინება განავალითა და ჩვეულებრივად მოწითალო ფერის მერქნის ნაღრღნი ფქვილით, რომლებსაც მატლები ყრიან ქერქის ხვრელებიდან. აღმოჩენილი ხვრელები უნდა გაიხსნას და შიგ მყოფი მატლები ამოიკრიფოს. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მატლები ჩადიან მერქნის უმნიშვნელო სიღრმეზე და ამიტომ მათი ამოყვანა იქიდან შედარებით ადვილია ფოლადის მავთულის სპეციალური კავებით. მატლებისაგან განთავისუფლებულ ხეებს რამდენიმე დღის შემდეგ კვლავ ყურადღებით სინჯავენ და იმ შემთხვევაში, თუ აღმოჩნდა ახალი კვალი განავალისა და ნაღრღნი ფქვილის სახით, დამატებით წმენდენ. თუ აღმოჩნდა, რომ ხვრელი ღრმად შედის მერქანში და შეუძლებელია იქიდან მატლების გამოყვანა, ხვრელში უნდა ჩაიდოს ბამბის ტამპონები, რომლებიც წინასწარ უნდა დასველდეს გოგირდნახშირბადში ან ქლორპიკრინში და შემდეგ ხვრელი ცემენტით უნდა ამოილესოს. ამასთანავე ისიც აღსანიშნავია, რომ ქლორპიკრინს, როგორც ეს თ. კ ე ზ ე ლ მ ა გამოარკვია, წლის განმავლობაში არ მოუხდენია რამდენადმე არსებითი უარყოფითი გავლენა ხის ფიზიოლოგიაზე[1].

აღწერილი ოპერაციების შემდეგ ხის ღეროს ყველა გაშიშვლებულ ნაწილს უნდა წაესვას ესა თუ ის ანტისეპტიკური ნივთიერება (შაბიამნის, კრეოზოტის და სხვ. 3%-იანი ხსნარი), რათა თავიდან აცილებულ იქნეს ლპობა, შემდეგ კი დაზიანებული ადგილებიც საბოლოოდ უნდა ამოივსოს ცემენტით ან ასფალტისა და ნახერხის ნარევით. ხვრელების ამოვსების დროს მათ დასაწყისში ნახევარ სიგრძეზე უნდა ჩაიჭედოს ერთი ან ორი ლურსმანი, რომლებიც, ცემენტში ჩაგლესილნი, სიმყარეს აძლევენ ცემენტის საცობს და თავიდან გვაცილებენ მისი გამოვარდნის შესაძლებლობას.

უფრო ხშირად პრაქტიკაში საჭირო ხდება ხის ღეროს გაშიშვლებული ზედაპირის დაფარვა ცემენტით ან ასფალტით. ამ შემთხვევაში გაშიშვლებულ ფართობზე ორ რიგად ჩაასობენ სათანადო ზომის ლურსმნებს, რომლებზეც გაჭიმავენ რბილი რკინის მავთულის ბადეს და მხოლოდ ამის შემდეგ ხდება ცემენტით ამოვსება. შევსების შემდეგ მავთულის ბადე და ლურსმნის თავები მაგრად შეგლესილი იქნება ცემენტის მასაში.

ცემენტის ბჟენის გარე ზედაპირს შენიღბავენ სათანადო ფორმის მიცემითა და შეღებვით.

ბრძოლის აღწერილი მეთოდი სავსებით რადიკალურია პარკის ნარგავების პირობებში. 1946 წელს ბოტანიკური ბაღის ტერიტორიაზე მოსპობილ იქნა მერქნიჭამიას 800-ზე მეტი მატლი და, ამგვარად, ნამდვილი დაღუპვისაგან გადარჩენილ იქნა ათობით ძვირფასი ხე.

[1] გამოკვლეულ იქნა ლეკის ხე, ნუში, მუხა.

ზემონათქვამის შეჯამებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ სუნიან მერქნიჭამიას სერიოზული ფიზიოლოგიური და ნაწილობრივ ტექნიკური ზიანი მოაქვს თბილისის პარკის ნარგავებში. მერქნიჭამია ეტანება ამა თუ იმ მიზეზის გამო ერთგვარად დასუსტებულ ხეებს. ამ მიზეზთა შორის თვალსაჩინო ადგილი ეკუთვნის არასაკმაო ტენიანობას. მერქნიჭამია ადგილობრივ პირობებში განსაკუთრებით აზიანებს ლეკის ხესა და თელებს, რომლებიც მეტისმეტად სუსტდებიან წყლის რეჟიმის დარღვევასთან დაკავშირებით.

დაზიანების მეტად გავრცელებულ ტიპს წარმოადგენს ხის ღეროს რგოლურად დაზიანება ფესვის ყელის არეში, ამასთან რგოლის სიგანე 8–20 სმ. აღწევს. გამძლეობის მოკლევადიან დაკარგვასაც კი შეიძლება მოჰყვეს მერქნიჭამია მატლებით და სხვა მავნებლებით დაავადება, ხოლო თუ მათი მარაგი მნიშვნელოვანია, მაშინ შეიძლება ამას მოჰყვეს მათი მასობრივი გამრავლება.

მერქნიჭამიასთან ბრძოლის ღონისძიებანი ორგვარია: წინასწარ-გამაფრთხილებელი და გამანადგურებელი.

პირველს ეკუთვნის ნარგავთა გულმოდგინე მოვლა, კერძოდ, მათი დროული რწყვა, იმ ხეების შელესვა, რომლებსაც შექმნილი აქვთ მერქნიჭამიათი დაავადების საფრთხე, მავნებლისთვის არასასიამოვნო ნივთიერებებით.

ქალაქის ნარგავთა პირობებში სავსებით რადიკალურ და შესაძლებელ გამანადგურებელი ხასიათის ღონისძიებას წარმოადგენს მატლების შეგროვება და მოსპობა ხვრელების გახსნის შემდეგ, შემდგომი ანტისეპტაცია და ცემენტირება ქერქისაგან გაშიშვლებული ხის ღეროს ადგილებისა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
თბილისის ბოტანიკური ბაღი

(რედაქციას მოუვიდა 5.6.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. V. Fred, Theobald. The insect and other allied pests and their prevention and treatment, Wye, 1909.
2. И. Я. Шевырев. О вредных насекомых степных лесничеств в 1889 г. Петербург, 1891.
3. И. Я. Шевырев, Описание вредных насекомых степных лесничеств и способов борьбы с ними. Петербург, 1893.
4. В. Ф. Болдырев и др. Основы защиты с. х. растений от вредителей и болезней, ч. II, Москва, 1936.
5. Я. Щелкановцев. Очерки по биологии лесных вредных насекомых и меры борьбы с ними. Воронеж, 1932.
6. Я. Ф. Шрейнер. Древесница в'едливая и древоточец пахучий, вред их в садоводстве и борьба с ними. С.-Петербург, 1905.
7. Н. Н. Тальман и А. В. Яцентковский. Вредные насекомые еловых и елово-лиственных лесов и меры борьбы с ними. Ленинград, 1938.
8. П. З. Виноградов—Никитин и Ф. А. Зайцев. Материалы к изучению короедов Кавказа. Изв. Тифл. Госуд. Полит. Инст., в. 2, 1926.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. VIII, № 5, 1947

ზოოლოგია

თ. ქიქილაშვილი

ნეკერჩხლის ახალი მავნებელი (*PHYLLOTOMA FLAVICOLLIS* GUSS.)
(*Hymenoptera, Tentredinidae*)

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ფ. ზაიცევმა 26.2.1947)

ნეკერჩხლის ერთ-ერთ ძლიერ მავნებლად უნდა ჩაითვალოს მხერხავი *Phyllotoma flavicollis* Guss. ეს სახეობა 1946 წელს აღწერა გუსაკოვსკიმ თბილისში შეგროვილი ჩვენივე მასალების მიხედვით.

წარმოდგენილ წერილში ვეხებით *Ph. flavicollis* ბიოლოგიას.

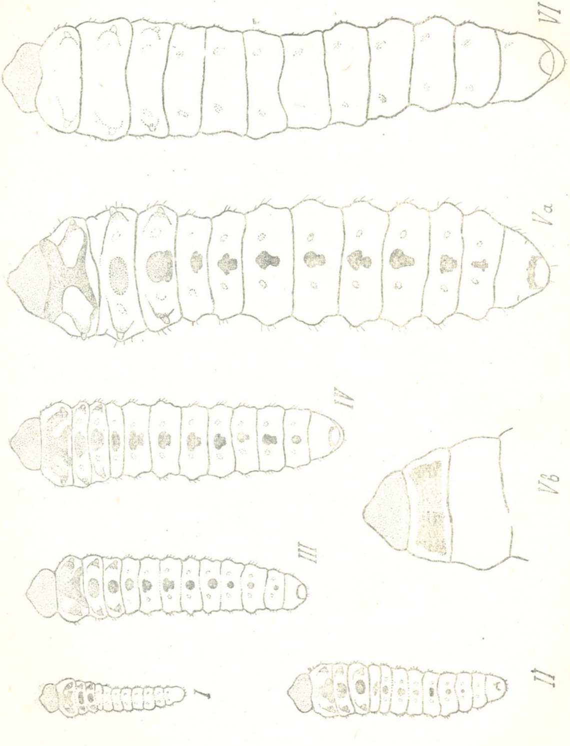
ზრდასრული მატლის სხეული მობრტყოა. ყველაზე მეტი სიგანე აქვს შუამკერდს. შეფერადება მოყვითალო-მწვანეა. თავი შედარებით მცირეა, ღია მიხაკისფერი და ძლიერ შეწეულია წინამკერდში. სხეული 13 სეგმენტისაგან შედგება; უკანასკნელი ორი სეგმენტი არამკვეთრადაა გამიჯნული ერთიმეორისაგან. მკერდის ფეხები დასაწყისში განიერია და მიხაკისფერი რგოლი ახლავს, ხოლო წვერი კონუსური წაწვეტებით მთავრდება (ნახ. 1, V, *a*).

მკერდის პირველი სეგმენტის დორზალურ მხარეზე ორი განიერი ტრაპეციისებრი ზოლი აქვს, რომელნიც ერთიმეორისაგან გამოყოფილია ღია ფერის გასწვრივი ზოლით (ნახ. 1, V, *b*); ვენტრალურ მხარეზე ემჩნევა განიერი V მსგავსი მიხაკისფერი ხალი, რომელიც მკერდის ფეხებამდე აღწევს. დანარჩენ სეგმენტებზე (გარდა უკანასკნელი ორისა) ვენტრალურ მხარეზე მოიპოვება თითო მორგვალო მუქი ხალი; უკანასკნელი სეგმენტი მორგვალო-კონუსურია; მის ვენტრალურ მხარეზე წინ წახრილი (ნახევარმთვარისებური) მიხაკისფერი ზოლია (ნახ. 1, V, *a*). აღნიშნული ხალები მოეპოვებათ III და IV ასაკის მატლებსაც. II ასაკისას ერთი ხალით ნაკლები აქვს, სახელდობრ, იგი არ მოეპოვება ბოლოდან მესამე სეგმენტზე (ნახ. 1, II). I ასაკის მატლებს ხალები ემჩნევათ მკერდის მხოლოდ სამ სეგმენტზე (ნახ. 1, I). მატლების ზომები (მმ-ით) ასაკის მიხედვით მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

Phyllotoma flavicollis-ის მატლების ზომები ასაკის მიხედვით (მმ-ით) ცხრილი 1

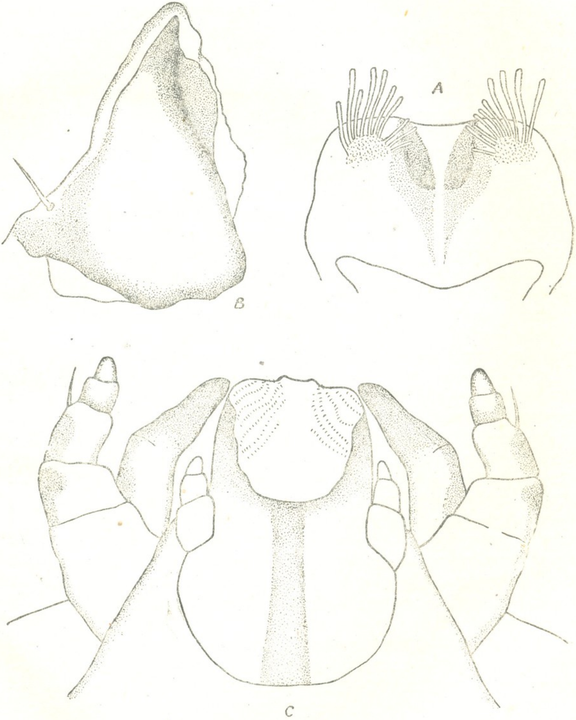
ასაკი	თავის სიგანე	სხეულის უდიდესი სიგანე	სხეულის საერთო სიგრძე
I	0,342—0,380	0,427-0,465	1,510—1,890
II	0,391—0,408	0,503—0,579	2,175—2,602
III	0,503—1,560	0,731—0,750	2,982—3,210
IV	0,691—0,761	0,940—1,130	3,780—4,340
V		1,472—1,510	6,800—7,465

ჭუპრისწინა სტადია ზურგისა და მუცლის მხარეზე კარგავს ხალებს, მკერდის ფეხების მოხაზულობა ხდება გაურკვეველი, ხოლო სხეული ვიწროვდება (ნახ. 1, VI).



ნახ. 1. *Phyllotoma*-ს სხვადასხვა ასაკის მატლები

ზრდასრული მატლის ზედა ტუჩი შედარებით ნაკლებად ქიტინოვანია, ტრაპეციული ფორმის მომრგვალებული კუთხეებით; წინა კიდის გვერდებზე



ნახ. 2. ზრდასრული მატლის პირის ნაწილები

მოეპოვება ლენტისებური ბეწვების თითო კონა (ნახ. 2, *a*). ზედა ყბები ძლიერ გაქიტინებულია, სამკუთხოვანი ფორმისაა და არასწორად დაკბილული

მჭრელი კიდეები აქვს; გარეთა ფუძესთან თითო ქიცვი მოეპოვება (ნახ. 2, *b*). ქვედა ყბები წაგრძელებულია მორგვალო-წაწვეტებული მღეჭავი ლაპოტებით. ქვედაყბის საცეცები 5—5 ნაწევრიანებია, რომელთა მესამე ნაწევარს ქაცვი მოეპოვება. ტუჩის საცეცები 3—3 ნაწევრიანებია. ქვედა ტუჩის წინა ნაწილს გვერდებზე მოეპოვება არასწორ რიგებად განლაგებული პატარა ქაცვები (ნახ. 2, *c*).

ეს მწერი კვერცხებს დებს ფოთლის მთელ ზედაპირზე, განსაკუთრებით მის ზედა მხარეზე, ხოლო იშვიათად ქვედა მხარეზე. უკანასკნელ შემთხვევაში კვერცხში ჩანასახი არ ვითარდება . მდედრი კვერცხს კვერცხსადებით ასობს ფოთლის ეპიდერმისის ქვეშ. ახლადდადებული კვერცხი თეთრია, ოვალური და 0,380—0,560 მმ აღწევს.

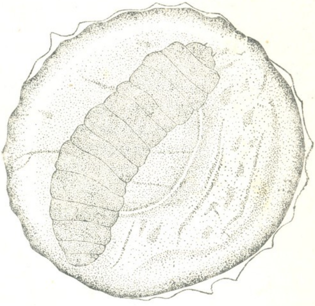
ერთ ფოთოლზე დადებული კვერცხების რაოდენობა აღწევდა 1—16 ცალამდე, ხოლო იშვიათ შემთხვევაში—39 ცალამდე.

კვერცხში განვითარებული მატლი ფოთლის ზედა მხრისკენ აკეთებს ხვრელს და პარენქიმაში იჭრება, აქ იგი რამდენიმე ხანს უძრავად რჩება, შემდეგ იწყებს გაძლიერებულად კვებას და სულ სხვადასხვა სახის უსწორმასწორო ნაღმებს იკეთებს ფოთოლზე. ჩვენ მიერ განკვეთილი იყო მრავალრიცხოვანი ნაღმები, რომლებშიც აღირიცხებოდა თავის ფარები, რაც ადასტურებს იმ მოვლენას, რომ მატლის განვითარების ყველა სტადია ერთსა და იმავე ნაღმში მიმდინარეობს.

ზრდასრული მატლი აკეთებს საკანს ბრტყელი კუთხოვანი ლინზის სახით, რომელსაც შიგნით აკრავს პრიალა ლორწოს, რომელიც სწრაფად მაგრდება. ზედა მხრიდან ლორწო ეწებება ფოთლის ზედა ეპიდერმისს; საკნის ქვედა კედელი წარმოქმნილია მხოლოდ გამკვრივებული ლორწოს შრით. ამ დროისათვის მატლი ჭუპრისწინა სტადიაში გადადის და თავისი მკვეთრი მოძრაობით იწვევს ფოთლის ფირფიტიდან საკნის მოცილებას. საკანი ვარდება ნიადაგზე, ხოლო ფოთოლზე ამის შედეგად რჩება მრგვალი ამონაკვეთი-სარკმელი, რომელიც ეპიდერმისის ქვემოთ გადაფარებულია აპკით. ჩამოცვივნული საკნები, მათში მატლის მოძრაობის გამო, ხტებიან დაახლოებით 10 სმ-მდე. ეს მოვლენა უფრო მკვეთრად გამოიხატება ხოლმე ისეთ ადგილებში, სადაც მზის სხივების უშუალო მოქმედებას აქვს ადგილი. როგორც ჩანს, ეს ხდება დასაზამთრებლად ხელსაყრელი პირობების მოძებნის მიზნით. ასეთ მდგომარეობაში, ჩვეულებრივ ჩამონაცვივნი ფოთლების ქვეშ, საკნები რჩებიან შემდგომი წლის გაზაფხულამდე.

შემდეგი წლის აპრილის დასაწყისში მიმდინარეობს კანის ცვლა და ჭუპრად გარდაქმნა. კანის ცვლის წინ ჭუპრისწინა სტადიას თავზე ორი მუქი ხალი (თვალი) უვითარდება და სხეული რამდენიმედ ღია ფერს ღებულობს. კანგამოცვლილი ჭუპრი ღია მოყვითალო-მომწვანო ფერისაა; აქვს ორი თვალის ლაქა, წყვილი ულვაში და წყვილი ფეხი. 7—8 დღის შემდეგ უვითარდება ფრთები, ჭუპრი მუქდება და იმაგოდ გარდაიქმნება. საკანში იმაგო 1—2 დღე რჩება, იგი იწყებს მოძრაობას, აკეთებს ხვრელს და გამოფრინდება. ზრდასრული მწერები ჩვეულებრივ სხდებიან მზით განათებულ ნეკერჩხლის მხარეზე,

ამავე დროს ნაკლებ მოძრავნი არიან. დაწყვილება 2 წუთამდე გრძელდება და მზიან ამინდში ხდება.



ნახ. 3. საკანი.

Ph. flavicollis-ის განვითარება თბილისის სხვადასხვა უბანში ერთდროულად არ მიმდინარეობს. მეორე ცხრილში მოცემულია ვადები ამ მწერის განვითარებისა 1946 წლის განმავლობაში თბილისის ორ უბანში—ორჯონიკიძის სახ. კულტურისა და დასვენების პარკსა და სტალინის სახელობის კულტურისა და დასვენების პარკში, რომელიც პირველზე 326 მეტრით მაღალია.

Ph. flavicollis-ის განვითარების ვადები — ცხრილი 2

№№	სტადიის დასახელება	მოპოვების თარიღი					
		ორჯონიკიძის სახ. კულტურისა და დასვენების პარკი			სტალინის სახ. კულტურისა და დასვენების პარკი		
		დასაწყ.	მასობრ.	დასასრ.	დასაწყ.	მასობრ.	დასასრ.
1	ჭუპრი	10.IV	18.IV	26.IV	20.IV	28.IV	8.V
2	ზრდასრული	28.IV	5.IV	13.V	6.V	13.V	24.V
3	კვერცხი	22.IV	8.V	20.V	7.V	15.V	28.V
4	გამოჩეკა	8.V	19.V	28.V	17.V	27.V	6.VI
5	კანის ცვლა I	18.V	25.V	30.V	24.V	5.VI	10.VI
6	„ „ II	23.V	28.V	3.VI	1.VI	[illegible]	11.VI
7	„ „ III	29.V	4.VI	11.VI	7.VI	12.VI	19.VI
8	„ „ IV	4.VI	10.VI	15.VI	12.VI	11.VI	25.VI
9	ჭუპრისწინა სტადია . . .	6.VI	11.VI	18.VI	14.VI	19.VI	27.VI

ამგვარად, როგორც ვხედავთ, *Phyllotoma*-ს განვითარება სტალინის სახელობის კულტურისა და დასვენების პარკის პირობებში 10 დღით ჩამორჩება ორჯონიკიძის სახელობის კულტურისა და დასვენების პარკის პირობებში განვითარებას. ეს მოვლენა ტემპერატურული პირობებით აიხსნება: მეტეოროლოგიური მონაცემები 1946 წლის განმავლობაში, აგრეთვე მრავალწლიურიც, გვიჩვენებს, რომ ჰაერის საშუალო დეკადური ტემპერატურა ფუნიკულიორზე 2° უფრო დაბალია, ვიდრე ქალაქის დაბლობ ადგილებში.

დაახლოებით ზაფხულის ნახევრიდან შემდგომი წლის გაზაფხულამდე *Ph. flavicollis* საკანში რჩება. უკანასკნელი ამ ხნის განმავლობაში რჩება ნიადაგზე, უკეთეს შემთხვევაში ნაყარი ფოთლებით იფარება. მწერების ამ პერიოდში გამძლეობის უნარიანობის გამოკვლევის მიზნით შეგროვილ იქნა საკნები (50×50 სმ ფართობზე), რომლებიც იკვეთებოდა და ისინჯებოდა შიგთავსი. ამ ანალიზების შედეგი აღნიშნულია მესამე ცხრილში.

ცხრილი 3

მოპოვებული საკნებისა და დახოცილი მატლების რაოდენობრივი ანალიზი

№№	ანალიზის თარიღი	საკნების რაოდენობა 0,25 m² ფართობზე	რაოდენობა საკნებისა, რომლებშიც დახოც. მატლები იყო	დახოცვის %
1	26.10.42	1074	707	66
2	11.7.43	498	108	22
3	21.8.43	1103	843	76
4	24.12.43	182	136	75
5	10.1.44	280	220	79

როგორც ვხედავთ, ხეების ქვეშ ნიადაგზე ძალიან ბევრი საკანი ცვივა, მათი საერთო რაოდენობა 1 კვ. მ-ზე დაახლოებით 4400 ცალამდე აღწევს, მაგრამ მათი დიდი პროცენტი იღუპება. ისინი მასობრივად იღუპებიან უკვე აგვისტოში. იმდენად, რამდენადაც მათი დაღუპვა პარაზიტებისაგან თითქმის სრულიად არ იყო აღნიშნული, ამიტომ ეს გარემოება შეიძლება ახსნილ იქნეს ზაფხულის დამლევისა და შემოდგომის დასაწყისის არახელსაყრელი პირობებით, უმთავრესად კი ნიადაგის ზედაპირზე სინოტივის მერყეობის არახელსაყრელი ზეგავლენით.

Ph. flavicollis აღმოჩენილია *Acer laetum*-ზე, *A. campestre*-ზე და *A. trautvetter*-ზე. დაზიანება მეტად სერიოზულია. ძლიერი დაზიანებისას ფოთლის ფირფიტაზე მწვანე ქსოვილი თითქმის არ რჩება, ფოთლები ჟანგისფერი ხდება. ყველაზე ძლიერ დაზიანებას ვაკვირდებოდით ორჯონიკიძის სახკულტურისა და დასვენების პარკსა და ობსერვატორიის ბაღში.

ერთხელ ნახულ იქნა ნაღმები მუხის ფოთლებზე, ჩამოცვენილი საკნებით, მაგრამ არ არის გამორიცხული შესაძლებლობა, რომ ეს ნაღმები სხვა მწერს ეკუთვნოდა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ზოოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 4.3.1947)

ზოოლოგია

ა. ლეჟავა

ჰისტოლოგიური ცვლილებები მიელინურ ნერვულ ბოჭკოებში ნერვის ზრდის დროს

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა ა. ნათიშვილმა 1.8.1946)

ნაშრომი შეეხება ჰისტოლოგიურ ცვლილებებს მიელინურ ნერვულ ბოჭკოებში ნერვის სიგრძეზე ზრდის დროს ჩვეულებრივ პირობებში. დიდი ხანია აინტერესებს მკვლევარებს, თუ როგორ წარმოებს ნერვული მორჩების ზრდა მედულარული მილიდან მუშა ორგანოების მიმართულებით. ეს საკითხი ჯერაც არ არის საბოლოოდ გადაწყვეტილი, მაგრამ ამ მოვლენის ასახსნელად სადღეისოდ წარმოდგენილია მოსაზრებათა რიგი. რაც შეეხება ბოლოებზე დამაგრებული (ცენტრში და პერიფერიაზე) ნერვული ბოჭკოების ზრდას, ამ მიმართულებით გამოკვლევათა რაოდენობა მეტად განსაზღვრულია. რ ა ნ ვ ი ე მ (Ranvier [1]) პირველმა გამოავლინა ნერვული ბოჭკოების ზრდა მათი შედარების საშუალებით ახალშობილ და ზრდადამთავრებულ ძაღლზე. ზ ა ზ ი ბ ი ნ ი [2], როგორც ჩანს, არ იცნობს რანვიეს აღნიშნულ შრომას და ამიტომ თავის თავს მიაწერს ამ საკითხის დასმას და გამოკვლევის პრიორიტეტს. ზაზიბინის გამოკვლევის შედეგები აღწერილია მის მეტად საინტერესო შრომაში „პერიფერიული ნერვული სისტემის ჰისტოგენეზი“. არც ავტორის მიერ ნაწარმოები გამოკვლევის მეთოდი, არც მიღებული შედეგები არანაირად არ უკავშირდება აქ მოტანილ ჩვენს მონაცემებს. ნერვული ბოჭკოების ზრდის შესწავლის მიზნით ზაზიბინი ახდენდა ნერვის გაჭიმვის ცნობილ ოპერაციას, რომელსაც ქირურგები აწარმოებენ კიდურის დაგრძელების მიზნით. ამ ცდების შედეგების შესახებ დასახელებულ შრომაში ჩვენ ვკითხულობთ: „ასეთი გაჭიმული პატარა ნერვული ღეროს შესწავლამ[1] გაჭიმვიდან 15—20 საათის გასვლის შემდეგ მე მაჩვენა, რომ მისი ცილინდრული ღერძების ზოგი უმნიშვნელო ნაწილი დეგენერაციულად არის შეცვლილი. პატარა ღეროს დანარჩენი ცილინდრული ღერძები არ ამჟღავნებდნენ დეგენერატულ ცვლილებებს, მაგრამ მათ ეტყობოდათ გამსხვილება და ჰომოგენიზირება. პატარა ნერვული ღეროების გამოკვლევისას 6 თვის შემდეგ (ორი შემთხვევა) და ერთი წლის შემდეგ (ერთი შემთხვევა) გაჭიმვიდან მე ვერ ვნახე მათში ცვლილებები ნორმალურთან შედარებით“.

---

[1] არ არის აღნიშნული, რა წესით ჭიმავდა ავტორი ნერვს და რომელ ობიექტზე. ა. ლ.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ ზ ა ზ ი ბ ი ნ ი ს ცდები ეხება არა ნერვული ბოჭკოს ჩვეულებრივ ზრდას სიგრძეზე, არამედ ნერვული ბოჭკოს ცვლილებებს მისი ხელოვნური გაჭიმვის შედეგად.

ნერვულ ბოჭკოებში ზრდასთან დაკავშირებულ ასაკოვან ცვლილებებს ჩვენ ვსწავლობდით ბაყაყის საჯდომ ნერვზე (*rana esculenta varies ridibunda*), სახელდობრ, მის იმ ნაწილზე, რომელიც მოთავსებულია მენჯბარძაყისა და მუხლის სახსრებს შორის.

გამოკვლევის დროს სულ გამოყენებული იყო 17 ბაყაყი, წონით 1-დან 81 გრამამდე.

მინის ჩხირზე დამაგრებული და 2% ოსმიუმის მჟავაში ფიქსირებული ობიექტები ან ყალიბდებოდა პარაფინში, ან იწეწებოდა სპირტში ცალკე ნერვულ ბოჭკოებად და ქსილოლში გატარების შემდეგ ყალიბდებოდა ბალზამში. წარმოებდა მაკროსკოპული (ბარძაყისა და ნერვის in situ) და მიკროსკოპული გაზომვები (ჰისტოლოგიური პრეპარატებიდან).

საჯდომი ნერვის იმ ნაწილის გაზომვის შედეგები, რომელიც მოთავსებულია მენჯბარძაყისა და მუხლის სახსრებს შორის, გვიჩვენებს (ცხრილი 1), რომ ნერვის დასახელებული ნაწილის სიგრძე ბარძაყთან ერთად თანდათან მატულობს. ამ ნერვული ღეროს ზრდის ინტენსივობა ცოტად თუ ბევრად თანაბარზომიერად მიმდინარეობს და მხოლოდ რამოდენიმედ სუსტდება ასაკთან დაკავშირებით.

ცხრილი გვიჩვენებს, რომ ნერვის დასახელებული ნაწილის სიგრძე ბაყაყს 20-გრამიან ასაკში გამოსავალ ეგზემპლართან შედარებით დაახლოებით უორკეცდება, 30-გრ. ასაკში უსამკეცდება და ცოტა მეტიც, უოთხკეცდება 50-გრამიან ბაყაყს და, ბოლოს, 63-გრამიან ბაყაყს ნერვული ნაკვეთის სიგრძე 4,36-ჯერ მეტი აქვს.

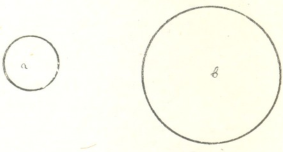
ცხრილი 1

№	ბაყაყის წონა (ასაკი) გრამებით	მენჯბარძაყისა და მუხლის სახსრებს შორის მდებარე *n. ischiadicus*-ის ნაწილი სანტიმეტრებით	№	ბაყაყის წონა (ასაკი) გრამებით	მენჯბარძაყისა და მუხლის სახსრებს შორის მდებარე *n. ischiadicus*-ის ნაწილი სანტიმეტრებით
1	1,0	1,2	7	29,0	3,5
2	1,2	1,2	8	29,0	3,7
3	1,2	1,0	9	35,0	4,2
4	1,7	1.2	10	52,0	4,5
5	2,8	1,3	11	63,0	4,8
6	24,0	2,5			

ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ ნერვული ღეროს დაგრძელება არ ხდება აღნიშნული ნერვის მენჯბარძაყის სახსრის ზემომდებარე ან მუხლის სახსრის ქვემომდებარე ნაწილების გადმონაცვლების ხარჯზე, ვინაიდან 63-გრამიან ბაყაყის ნერვის დასახელებული ნაწილის სიგრძე თვალსაჩინოდ აღემატება მცირე წონის ბაყაყის (1 გრამი; 1,2 გრამი) მთელ სიგრძეს მისი უკანა კიდურების სიგრძის ჩათვლით. ჩვენ არ შეგვიძლია დავუშვათ ნერვის დაგრძელება მისი ბოლო მიდამოების, ე. ი. ცენტრალური და პერიფერიული ნაწილების ზრდის ხარჯზე, რაც დასტურდება ჩვენი დაკვირვებით (იხ. ქვემოთ).

ნერვის დაგრძელების გარდა, ჩვენ გვაინტერესებდა საკითხი ნერვული ღეროს გამსხვილების ხარისხის შესახებ. ნერვული ღეროს გამსხვილების გამოსარკვევად ჩვენ ვზომავდით მას in situ და, გარდა ამისა, ვამზადებდით განივ ანათლებს ნერვის ოსმიუმის მჟავაში წინასწარი ფიქსაციისა და პარაფინში ჩაყალიბების შემდეგ. ერთმანეთს ვადარებდით სხვადასხვა ასაკის ბაყაყის საჯდომი ნერვის ისეთ ნაწილებს, რომლებიც ერთსა და იმავე დონეზე იყო ამოჭრილი პროქსიმალურ ბოლოსთან.

განივი ანათლების გაზომვამ გვიჩვენა, რომ დაგრძელებასთან ერთად წარმოებს ნერვის თანაბარზომიერი გამსხვილებაც. ამასთანავე გამსხვილება ხდება გაცილებით უფრო სწრაფად, ვიდრე დაგრძელება. მაგ., 2-გრ. და 34-გრ. ბაყაყის საჯდომი ნერვის განაკვეთის ზედაპირის გაზომვის შედეგად აღმოჩნდა, რომ უკანასკნელ შემთხვევაში ნერვი 6,5-ჯერ უფრო სქელია, ვიდრე პირველში (ნახ. 1).



ნახ. 1. მოცემულია შეფარდება 2-გრამიანი (a) და 34-გრამიანი (b) ბაყაყის საჯდომი ნერვების დიამეტრებისა.

იმ საკითხის გადასაწყვეტად, თუ რა წესით ხდება ნერვის გამსხვილება, სახელდობრ: ნერვული ბოჭკოების რაოდენობის მომატებით თუ მათი დიამეტრის გადიდების ხარჯზე, ჩვენ ვაწარმოვეთ ნერვული ბოჭკოების დათვლა და აგრეთვე ყველაზე დიდი განივი დიამეტრის მქონე ბოჭკოების ურთიერთშედარება იმავე 2-გრ. და 34-გრ. ბაყაყის მაგალითზე და აღმოჩნდა, რომ ბაყაყის საჯდომი ნერვის ნერვული ბოჭკოების აბსოლუტური რაოდენობა მატულობს დაახლოებით 3,5-ჯერ (1430/415), ყველაზე მსხვილი ბოჭკოების დიამეტრი კი დაახლოებით—2-ჯერ (ნახ. 2). მოყვანილ ნახატზე, გარდა ამისა, მკაფიოდ არის გამოხატული საზოგადოდ ყველა ბოჭკოს გამსხვილება. მიღებული შედეგები—ასაკთან დაკავშირებით ნერვული ბოჭკოების აბსოლუტური რაოდენობის მომატება—შეიძლება ავხსნათ ან ნერვულ ღეროში ახალი ბოჭკოების ჩაზრდით პროქსიმალური მხრიდან, ან უკვე არსებული უმიელინო ნერვული ბოჭკოების მიელინიზაციით. შეიძლება აგრეთვე დავუშვათ ორივე მომენტის მონაწილეობა ერთდროულად.

ბოლოს, ნერვის სიმსხოზე მოქმედი ფაქტორების შეფასების დროს ჩვენ ანგარიში უნდა გავუწიოთ აგრეთვე ნერვის სისქეში მდებარე მეზენქიმისა და მასში სისხლის ძარღვების განვითარებას.

რამდენადაც ნერვის გამსხვილების მექანიზმი ცოტად თუ ბევრად ნათლად წარმოგვიდგა, შევუდექით ჩვენი ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტას—სახელდობრ, იმის განსაზღვრას, თუ როგორ ხდება ნერვის დაგრძელება.

ნერვის ან, რაც იგივეა, ცალკე ნერვული ბოჭკოების დაგრძელების გამოსარკვევად ჩვენ გადავწყვიტეთ გაგვეზომა ნერვულ ბოჭკოებში Ranvier სეგმენტების სიგრძე და ამ მიზნისათვის გამოვიყენეთ ისევ ის საჯდომი ნერვის ნა-

წილი, რომელიც მოთავსებულია მენჯბარძაყისა და მუხლის სახსრებს შორის. ამ შემთხვევაში ჩვენ გამოვდიოდით იმ წინასწარი მოსაზრებიდან, რომ ნერვული ბოჭკოს დაგრძელება შესაძლებელია ან ნერვულ ბოჭკოებში ახალი რანვიეს სეგმენტების წარმოშობის ან უკვე არსებული სეგმენტების დაგრძელების ხარჯზე. ამ მიზნით ვაწარმოებდით წინასწარ ოსმიუმის მჟავაში ფიქსირებული ნერვული ღეროს გახლეჩას ცალკე ნერვულ ბოჭკოებად და ამას ვახერხებდით იმგვარად, რომ შეგვენარჩუნებინა დაუზიანებლად ნერვული ბოჭკო განუწყვეტლივ 3—5 რანვიეს სეგმენტის სიგრძეზე.

ნახ. 2.
a—2-გრამიანი და b—34-გრამიანი ბაყაყის საჯდომი ნერვის განივი კვეთის ნაწილი მხედველობის არეში ერთისა და იმავე გადიდებით (Abbe-ს აპარატით).

მე-2 ცხრილზე წარმოდგენილია გაზომვის შედეგები; ამავე დროს საჭიროა აღვნიშნოთ, რომ რანვიეს სეგმენტების სიგრძის მაჩვენებელი ციფრები წარმოადგენს საშუალო არითმეტიკულს, რომელიც მიღებულია სამი მოსაზღვრე

ცხრილი 2

№№	ბაყაყის წონა გრამებით	ნერვული ბოჭკოს დიამეტრი მიკრონებით	რანვიეს სეგმენტების სიგრძე მიკრონებით	№№	ბაყაყის წონა გრამებით	ნერვული ბოჭკოს დიამეტრი მიკრონებით	რანვიეს სეგმენტების სიგრძე მიკრონებით
1	2,0	750				15	2500
2	2,0	925		7	35,0	15	2350
3	28,0	725				15	2650
		812				10	2650
4	18,0	2250		8	55,0	10	2275
		1910				10	2000
		1625				10	2150
5	24,0	1658				11	3100
		1762		9	65,0	15	2037
		1787				17,5	3722
6	29,0	1900		10	81,0	5	1050
		1471				10	1925

სეგმენტის გაზომვის შედეგად. *აღმოჩნდა, რომ, როგორც წესი, რამდენადაც უფრო მსხვილია ნერვული ბოჭკო, იმდენად უფრო გრძელია რანვიეს სეგმენტები.* მაგ., იმ ბოჭკოების რანვიეს სეგმენტები, რომლებიც 10 მიკრონზე ნაკლები სისქისაა, ძლივს აღწევს 1000 მიკრონის სიგრძეს, 10 მიკრონის დიამეტრის მქონე ბოჭკოთა ზოგი სეგმენტი აღწევს 2.250 მიკრონს, ხოლო ის ნერვული ბოჭკოები, რომელთა სისქე 10 მიკრონს აჭარბებს, შეიცავს ისეთ სეგმენტებს, რომელთა საშუალო სიგრძე 3.722 მიკრონს აღწევს.

გარდა ამისა, აღმოჩნდა, რომ სხვადასხვა ასაკის ბაყაყების საჯდომი ნერვიდან ამოღებული ერთისა და იმავე სიმსხოს მქონე ნერვული ბოჭკოების რანვიეს სეგმენტებს, როგორც წესი, არათანაბარი სიგრძე აქვთ. სახელდობრ, რანვიეს სეგმენტები იმ ბოჭკოებშია უფრო გრძელი, რომლებიც ეკუთვნიან უფრო მეტი ასაკის ბაყაყს. ასეთი შეფარდებები ჩვენ აღმოვაჩინეთ რანვიეს სეგმენტების შედარების დროს რიგ ბოჭკოებში, რომლებსაც აქვთ სისქე 5 მიკრონი, 10 მიკრონი, 11 მიკრონი და 15 მიკრონი (ცხრილი 2). ეს შედარება ჩვენ უფლებას გვაძლევს დავადგინოთ, რომ *ნერვული ბოჭკოს ზრდა სისქეში შესამჩნევად ჩამორჩება მის ზრდას სიგრძეზე.*

საჯდომი ნერვის სიგრძის (ცხრილი 1) და რანვიეს სეგმენტის სიგრძის (ცხრილი 2) ასაკოვანი ცვლილებების შედეგად მიღებული მონაცემის დაპირისპირება გვიჩვენებს, რომ *საჯდომი ნერვის ზრდა ხდება არა ახალი რანვიეს სეგმენტების წარმოშობის გზით, არამედ უკვე არსებული სეგმენტების დაგრძელების ხარჯზე.*

ვინაიდან მიელინური ბოჭკოს სტრუქტურას ახასიათებს არა მარტო რანვიეს სეგმენტები, არამედ შმიდტ-ლანტერმანის ნაჭდევებიც, ამიტომ გადავწყვიტეთ გამოგვერკვია უკანასკნელთა დამოკიდებულება რანვიეს სეგმენტში ჩვენ მიერ აღმოჩენილ ასაკოვან ცვლილებებთან. ამ მიზნით დავთვალეთ შმიდტ-ლანტერმანის ნაჭდევები როგორც შედარებით მოკლე რანვიეს სეგმენტებში, რომლებიც ეკუთვნოდენ უფრო ახალგაზრდა ბაყაყის ნერვულ ბოჭკოებს, ისე უფრო გრძელ სეგმენტებში, რომლებიც გვხვდება უფრო ასაკში შესულ ბაყაყის ნერვულ ბოჭკოებში.

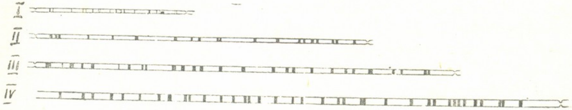
ცხრილი 3.

№	ბაყაყის წონა გრამებით	ნერვული ბოჭკოს დიამეტრი მიკრონებით	ნაჭდევების რაოდენობა	№	ბაყაყის წონა გრამებით	ნერვული ბოჭკოს დიამეტრი მიკრონებით	ნაჭდევების რაოდენობა
1	81,0	10	20	9	81,0	12	39
2	65,0	10	22	10	65,0	12	50
3	65,0	10	25	11	22,5	13	38
4	65,0	10	28	12	34,0	13	50
5	22,5	10	32	13	65,0	15	34
6	65,0	10	35	14	34,0	15	50
7	55,0	10	38	15	65,0	15	50
8	65,0	10	38				

მოტანილი შედეგები (ცხრილი 3) გვიჩვენებს, რომ *ბაყაყის ასაკის ან, რაც იგივეა, რანვიეს სეგმენტების დაგრძელებასთან*

ერთად თანდათან მატულობს შმიდტ-ლანტერმანის ნაჭდევების რაოდენობა. სახელდობრ, 10 მიკრონის სისქის ნერვულ ბოჭკოებში ნაჭდევების რაოდენობა მერყეობს 20-დან 38-მდე, მაშინ როდესაც 10 მიკრონზე უფრო მსხვილ ბოჭკოებში—34-დან 50-მდე.

ბოლოს ჩვენ შევარჩიეთ ნაჭდევების შედარებით მცირე რაოდენობის შემცველი რანვიეს სეგმენტები როგორც ასაკით ერთმანეთთან მეტად დაშორებულ, ისე ერთისა და იმავე ასაკის ბაყაყებში და ხელმეორედ მივიღეთ ნაჭდევების რაოდენობის მომატება (ნახ. 3). სახელდობრ, 858 მიკრონის სიგრძის რანვიეს სეგმენტში (ნ. ბოჭ. სისქით 8 მიკრონი), რომელიც ეკუთვნოდა 2-გრ. ბაყაყს, აღმოჩნდა 18 ნაჭდევი (I). 1947 მიკრონის სიგრძის სეგმენტში (ნ. ბოჭ.



ნახ. 3

მოცემულია ნერვული ბოჭკოების შედარებითი სიგრძე, სიგანესთან შედარებით შემცირებული ოცჯერ. შმიდტ-ლანტერმანის მდებარეობა აღნიშნულია განივი ხაზებით, რომლებიც გავრცელების შესაბამისად სხვადასხვა სისქისაა (—Abbe-ს აპარატით).

სისქით 11 მიკრონი), რომელიც ეკუთვნოდა 65-გრ. ბაყაყს—40 ნაჭდევი (II). 2500 მიკრონის სიგრძის სეგმენტში (ნ. ბოჭ. სისქით 15 მიკრონი), რომელიც ეკუთვნოდა 65-გრ. ბაყაყს,—27 ნაჭდევი (III). 3100 მიკრონის სეგმენტში სიგრძე (სისქე—17,5 მიკრონი), რომელიც ეკუთვნოდა 65-გრ. ბაყაყს—37 ნაჭდევი (IV).

თავის მხრივ, ნაჭდევების განაწილება სეგმენტის ფარგლებში მეტად არათანაბარი აღმოჩნდა. ერთ შემთხვევაში ნაჭდევები ჯგუფადაა დალაგებული რანვიეს სეგმენტის მცირე ნაწილში. ზოგჯერ, პირიქით, ისინი ცალ-ცალკე ლაგდებიან ერთმანეთისაგან შედარებით დიდ მანძილზე. ცალკე მიდამოებში ორ მეზობელ ნაჭდევს შორის მანძილი იმდენად მცირდება, რომ იგი მიკროსკოპში ძალიან გადიდებითაც ძნელი შესამჩნევი ხდება.

ამასთან საინტერესოა, რომ ბოჭკოს ღერძის გასწვრივ ნაჭდევის სიგრძეც (რომელსაც ჩვენ ვზომავთ მკაფიოდ გამოხატულ გოლჯის ძაფების მიხედვით) არათანაბარია. ნაჭდევის სიგრძე უფრო დიდია გრძელ რანვიეს სეგმენტებში, რომლებიც უფრო მოზრდილ ეგზემპლარებს ეკუთვნიან.

თუ მხედველობაში მივიღებთ ნაჭდევების არათანაბარ სიგრძეს, რაც მატულობს ასაკის მიხედვით, და აგრეთვე ნაჭდევებს შორის მანძილის თანდათან მომატებას, ოდნავ შესამჩნევიდან დაწყებული ძლიერ გამოხატულ ფარგლებამდის, მაშინ უნდა დავუშვათ ახალი ნაჭდევების წარმოშობის შესაძლებლობა ძველი, განიერი ნაჭდევების ფარგლებში, სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ახალი

ცილინდრულ-კონუსური სეგმენტის გამოყოფა ძველი ასეთივე სეგმენტის შევიწროებულ ბოლოებზე.

ნერვული ბოჭკოების სისქესა და რანვიეს სეგმენტებს შორის ურთიერთობა, რაც ჩვენ მივიღეთ, ადასტურებს რანვიეს ადრინდელ მონაცემებს ადამიანის, ძაღლისა და შინაური კურდღლის მასალაზე.

იგივე დაადასტურა ი. მეფისაშვილმა [3] კატასა და ძაღლზე დაკვირვებით აკად. ბ ე რ ი ტ ა შ ვ ი ლ ი ს ლაბორატორიაში.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის მიხედვით შეიძლება გამოვიტანოთ შემდეგი დასკვნები:

1. ბაყაყის მენჯბარძაყსა და მუხლის სახსრებს შორის მოთავსებული საჯდომი ნერვის ნაწილი და ბარძაყი მთლიანად ცოტად თუ ბევრად თანაბრად იზრდებიან სიგრძეზე. ნერვის ზრდა სიგრძეზე რამდენიმედ სუსტდება მის შემდეგ, როცა ბაყაყი 50 გრ. წონას მიაღწევს.

2. საჯდომი ნერვი სიგრძეზე ზრდასთან შედარებით უფრო მეტად მსხვილდება. ნერვის გამსხვილება ხდება: ა) ცალკე ნერვული ბოჭკოების გამსხვილების, ბ) მიელინური ნერვული ბოჭკოების რაოდენობის მომატებისა და გ) მეზენქიმისა და მის სისქეში მდებარე სისხლის ძარღვების ზრდის ხარჯზე.

3. ნერვული ბოჭკოების გამსხვილებასთან ერთად ხდება რანვიეს სეგმენტების დაგრძელება, მაშასადამე, ნერვული ბოჭკოების დაგრძელებაც.

4. ნერვული ბოჭკოების გამსხვილება საკმარისად ჩამორჩება მათ ზრდას სიგრძეზე.

5. ნერვული ბოჭკოების (და, მაშასადამე, რანვიეს სეგმენტების) დაგრძელებასთან ერთად მატულობს შმიდტ-ლანტერმანის ნაჭდევების რაოდენობა და სიგრძე.

6. რანვიეს სეგმენტებში ნაჭდევები განაწილებულია მეტად არათანაბარზომიერად.

7. შესაძლოა დავუშვათ ახალი ნაჭდევების წარმოშობა ძველი ნაჭდევების მიდამოში, სხვანაირად რომ ვთქვათ, ახალი ცილინდრულ-კონუსური სეგმენტების გამოყოფა ძველი ასეთივე სეგმენტების ბოლოებზე.

8. საჯდომი ნერვის ზრდა ჩვეულებრივ პირობებში ხდება რანვიეს სეგმენტების დაგრძელების ხარჯზე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ექსპერიმენტული მორფოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

სტალინის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 24.5.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Л. Ранвье. Технический учебник гистологии. Пер. с французского под редакцией Тархнишвили, С.-Петербург, 1881.
2. Н. За[illegible]ыбин. Эмбриогенез периферической нервной системы. Иваново, 1936.
3. И. С. Меписашвили. Об изменении расстояния между перехватами Ранвье и между насечками Шмидт-Лангермана в связи с толщиной нервных волокон. Сообщ. Груз. Филиала Акад. Наук СССР, т. I. № 8, 1940.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. VIII, № 5, 1947

ენათმეცნიერება

მაკარ ხუბუა

სპარსიზმების საკითხისათვის შაჰ-ნამეს პროზაულ ვერსიაში

(წარმოადგინა აკად. ნამდვ. წევრმა გ. ახვლედიანმა 9.3.1947)

სპარსული ენის სტილი და წყობა არაიშვიათად შეინიშნება შაჰ-ნამეს ქართულ ვერსიებში, რომელთა შორის ამ მხრივ მნიშვნელოვანია პროზა, რამდენადაც მასში შედარებით ადვილად შეეძლო გზა გაეკვლია დედნიდან მომდინარე რიგ ენობრივ თავისებურებას, კერძოდ, სიტყვათა წყობისა და სტილის ხაზითაც.

მაგალითად:

1. ...რა იბლისმან მოისმინა ზააქის საუბარი, რომე მისსა ბადესა შემოვარდა, გაეხარდა... ([1], გვ. 369_{15}).

ტრადიციულ სპ. ვერსიებში არ იპოვება შესატყვისი ფრაზა (ოფთადა ასთ დარ დამე უ) სათანადო ადგილას, მაგრამ მისი იქ პოპულარობისათვის დავასახელოთ ასეთი ადგილები:

ა) ...საწუთროსა დამბადებელმან ღმერთმან [მანუჩარს] ესეთი ძალი და ასაკობა მისცეს, ჭანგმახვილობა, ფალავნობა, ჭკუა და მეცნიარობა—მთვრალთა სპილოთა, ჰგავს რომე, მისსა ბადესა შემოიგდებს[1] ([1], გვ. 421_{4}). შდრ.: Frdn 796 ([2], გვ. 180_{6}) ჰე ზაბ რე|ჟეე ჲან რა|ბე და მა|ვა რად هزبر ژیانرا بدام آورد 'მძვინვარე უზაბარს (ლომს) ბადით დაიოკებს (ბადეში მოიგდებს). შდრ.: „il amène le lion terrible dans ses filets" ([3], გვ. 181_{4}).

ბ) ...იგი ჩვენსა ბადესა შემოვიგდოთ ([1], გვ. 416_{30}), და სხვა. უეჭველია, რომ მოტანილ მაგალითებში სპარსიზმია დაცული. შდრ. ქართ.: მახე დაუგო, მახეში გააბა...

საანალიზო ქართ. ბეჭდურ ვერსიაში სპარსიზმებად მიჩნეულ მონაცემთა შესამოწმებლად სპ. შაჰ-ნამეს ტრადიციული ტექსტები რომ არ გამოდგება, ამის ნიმუშად საკმარისია დავასახელოთ ერაჯის ცოლის საკ. სახელად გამოყენებული ურიბიაშათ ([1], გვ. 400_{24}), რაც მომდინარეობს სპ. დედნიდან, რომლის „ჰურიბიჰიშთ ქართულ ნიადაგზეა ურიბიაშათ..." ([4], გვ. 309).

---

[1] ფრაზა ცოტა სხვაგვარად მესმის (ვიდრე გამომცემლებს). ე. ი. 'ეტყობა რომე [„ჰგავს რომე"], მთვრალთა სპილოთა მისსა ბადესა შემოიგდებს [მანუჩარ]'—და არა „მთვრალთა სპილოთა ჰგავს, რომე..." უკანასკნელი გაგება (მძიმის დასმით) ეწინააღმდეგება სპ. დედნის მონაცემს.

2. დავარდა ყველგან მანუჩარის სიკეთისა ამბავი ([1], გვ. 415_{31}).
ქართულისათვის ბუნებრივია ხმა დავარდა (გავარდა), მაგრამ ამბავი გაისმა. ამისათვის საკმარისია იმავე ქართული ბეჭდური ვერსიით მოცემული ასეთი ჩამატებული ფრაზა გავიხსენოთ: „[მანუჩ]არის უხვობისა და სიკეთისა და მოსამართლეობისა ჴმა [დავარდა ყოველსა ქვეყანასა ზედა]". (ib. 416_{15}). ამიტომ, დავარდა ამბავი სპარსიზმია (ოფთა̄დ).

3. ...თვით ზააქ იყო კარგი ცხენოსანი, დევის მპყრობელი, კარგი ფალავანი, სუბუქისა ჭკუისა ([1], გვ. 369). შდრ.: Jmd 94 სობოქ სა̄რ ([2], გვ. 56_2) دلیر وسبکسار ونابک بود დე̆ ლი̄ რო|სო ბოქ სა̄|რო ნა̄ ბა̄|ქე̆ ბუდ 'გულადი, მჩატე ჭკუის და უშიშარი იყო'. მაშასადამე, ქართულისათვის ბუნებრივი იქნებოდა მჩატე ჭკუის, ქარაფშუტა, ხოლო სუბუქისა ჭკუისა კი სპარსიზმია.

სპარსიზმია აგრეთვე დევისმპყრობელი დივბანდ دیوبند, რაც სპ. დედნიდან მოდის, უეჭველია, მაგრამ ტრადიციული ტექსტით ეს ეპითეტი თაჰმურასს ეკუთვნის (და არა ზააქს). შდრ.: გერა̄ნმა̄ჲე თაჰმურას დივბანდ ([2], გვ. 42) Thahmouras l'illustre, le vainqueur des Divs ([3], გვ. 43).

4. ...დევსა ეწყინა და ასრე უპასუხა: თუ ჩემსა ფიცსა გასტეხ და არ გამითავებ, არცა შენი დიდება და საქმე გათავდების და დარჩების ჩემი ფიცი შენსა კისერსა ([1], გვ. 370_{16-17}). შდრ.: Jmd 118 ([2], გვ. 58) بماند بگردنت سوگند وبند 'დარჩება შენს კისერზე ფიცი და კრულვა'.

სპარსულისათვის ჩვეულებრივია თქმა: დარჩება შენს კისერზე... (ისეთ შემთხვევაში, როდესაც საყვედურის კილოთია ნათქვამი, ვისმე მიმართ პირობის შეუსრულებლობაზე, ზიანის მიყენებაზე და სხვა). მაგალითად: აგარ ამრუზ ნია̄ჲი, ხოდრა̄ ჰალა̄ქ მიქონამ ვა ხუნე მან ბე გარდანე თო მიმა̄ნად ([5], გვ. 7) 'თუ დღეს არ მოხვალ, თავს დავიღუპავ და სისხლი ჩემი შენს კისერზე დარჩება'. სპარსიზმია აგრეთვე: გათავდების, (არ) გამითავებ.

5. ...მიწის პირის ჴელმწიფე შენებრი არ დაბადებულა ([1], გვ. 438_{15}). სპარსულში ჩვეულებრივია ფრაზა: ფა̄დეშა̄ჰე რუჲე ზამინ ([6], გვ. 41) 'ქვეყნის ბატონი (მეფე)'—სიტყვა-სიტყვით 'დედამიწის პირის მეფე'. მაშასადამე, თარგმანში სპარსული წყობა პირდაპირაა გადმოტანილი.

6. ...ორნივე ჯიმშედის დანი იყვნეს. სილამაზისა მთხოველნი მისთან[ან]ი არ დაბადებულან ([3], გვ. 374_1).

მართალია, ტრადიციული სპარსული ტექსტით საოანადო ფრაზა (ZK 6) ასე არ იკითხება, მაგრამ, უეჭველია, დედანი შეიცავდა სპარსულ ჩვეულებრივ (ასეთ შემთხვევაში) წყობას: زیبا خواسته ზიბა̄ ხა̄სთა 'მშვენიერი, ტურფა, სიტურფის მქონე, სილამაზის შემცველი'—ხოლო სიტყვა-სიტყვით სილამაზის მთხოველი (მსურველი). მაშასადამე, მთარგმნელი ვერ უწევს ანგარიშს სპარსული წყობის სპეციფიკას საგულვებელი გაგებისათვის და თარგმნის პირდაპირი მნიშვნელობით.

7. ... დევთა ჴელი ყოველგან გაგრძელდა და წყენა დაიწყეს ([1], გვ. 375_2). შდრ.: ZK 5 ([2], გვ. 68) شده بربدی دست دیوان دراز შოდა ბარ ბადი დასთე დევა̄ნ დერა̄ზ Les Divs étaient puissants à faire le mal ([3], გვ. 69_5).

ქართულ თარგმანში პირდაპირაა გადმოტანილი სპარსულისათვის ჩვეულებრივი წყობა დასთ დერა̄ზ ქარდან 'აწიოკება, წაგლეჯა, წართმევა, ხელყოფა, ზიანის მიყენება'.

8. ... თუ გაგულისებული [ლ]ომი იყოს შენი მებრძოლი, შენით შიშითა ჲას გარე ტყავი შემოასქდების ([1], გვ. 429_6). შდრ.: Frd 1003, ([2], გვ. 198_{12}) اگر همنبرد توباشد نهنگ بدرد بدو پوست ازیاد جنگ აგარ ჰამნაბარდე თო ბა̄შად ნეჰანგ, ბედარრად ბედუ ფუსთ აზ ჲა̄დე ჯანგ, 'თუნდაც ნიანგი იყოს შენს წინააღმდეგ მებრძოლი, შემოასკდება მას კანი [შენთან გადახდილი] ომის მოგონებითაც'... et quand ton ennemi serait un crocodile, sa peau se tendrait à la seule idée de tes coups ([3], გვ. 199_{18}).

ქართულში ბუნებრივია გული გაუსკდა (შიშისაგან), მაგრამ სპარსულშიც ჩვეულებრივია ამასთან ერთად გარეკანის სკდომა, მაგ., ბროწეულისა (მარცვალთა სისავსისაგან), ნიანგისა (შიშისაგან) და სხვა. მაგრამ არა ლომისა (ან ვეფხისა), რადგანაც ბალნით შემოსილ ტანს არ მოუხდება ეს ტერმინი. ამიტომ მიუღებელია vullers-ის წაკითხვა აღნიშნული ფრაზისათვის فلنگ [7] ფალანგ ('ავაზა', 'ჯიქი'). სპარსული წყობისათვის ეს დამახასიათებელი ვითარება საკმარისია დადასტურდეს შემდეგი მაგალითით: ([8], გვ. 296_2) بدرد ترسم ازبس غم که دراوست بدرد نار چون پر گردش پوست ბედარრად თარსამ აზ ბას ღამ ქე დარ უსთ, ბედარრად ნა̄რ ჩუნ ფორ გარდადაშ ფუსთ, 'ვშიშობ გასკდეს [გული ჩემი] მასში დაგროვილი მწუხარების სიმრავლისაგან [ისე], როგორც სკდება ხოლმე ბროწეულის კანი მის მარცვალთა სისავსისაგან'. ამიტომ, როდესაც მთარგმნელი შეუპოვრობის სინონიმად ნიანგის ნაცვლად ლომს იყენებს, ამით ის იცავს ქართულ კოლორიტს, მაგრამ არღვევს სპარსულში ბუნებრივად მიღებულ წყობას, რაკი ხმარობს ლომის მიმართ გამოთქმას: გარეკანი შემოასკდების, რაც სპარსიზმია.

9. ... თავი შენი ქართაგან გაცარიელებულა ([1], გვ. 378_2), შდრ.: ZK 93 ([2], გვ. 76_3) ფარდახთა ქონ სარ ზე ბა̄დ سرزباد پرداخته کن vide ta tête de vent ([3], გვ. 77_7).

ე. ი. გაითავისუფლე თავი ქარივით ფუჭი აზრებისაგან, მოიშორე თავიდან ცუდი ზრახვები. მაგრამ მოტანილ ქართულ ფრაზას საფუძვლად სხვაგვარი სპარსული ტექსტი უნდა ედოს, სადაც იკითხებოდა თაჰი შოდ ('გაცარიელებულა'). ყოველ შემთხვევაში, ქართული წყობისათვის ბუნებრივია თავში ქარი უქრის, თავში ქარი შეუვიდა (შესვლია), თავქარიანია და სხვა. ამიტომ, თავი შენი ქართაგან გაცარიელებულა სპარსიზმია, რაც სიტყვა-სიტყვით ასე იქნებოდა: სარე თო აზ ბა̄დ თაჰი შოდა ასთ. ე. ი. თავიდან ჭკუა წასვლია და ცუდ ზრახვებს აჰყოლიხარ.

10. ... წვრთისაგან ჩემისა თავისა ტვინი დაიცალა ([1], გვ. 405_7), შდრ.: Frdn 390 ([2], გვ. 146_6) ზე ფანდე მან არ მეღზეთა̄ნ შოდ თა-

პი تهی شد مغزتان ار زپندمس Si vous avez rejeté de vos cerveaux mes conseils ([3], გვ. 147_9).

ე. ი. (ფრიდონი წერს უფროს ვაჟიშვილებს), უკეთუ ჩემი რჩევა-დარიგებისაგან თქვენი ტვინი დაცარიელებულა; ვერ შეგისმენიათ ჩემი წვრთნა-დარიგება, მოგიშორებიათ თავიდან კარგი აზრები, და სხვა.

ქართულ თარგმანში გამოტოვებულია კუთვნილებითი ნაცვალსახელოვანი სუფიქსი (ეთა̄ნ) სიტყვასთან მეღზ (მეღზეთა̄ნ 'ტვინი თქვენი') და ამის შედეგია მექანიკური წყობის საანალიზო ფრაზა, რაც შეიძლებოდა ასე გამართულიყო: წვრთისაგან ჩემისა თქვენი თავისა ტვინი დაიცალა. მაგრამ მაინც სპარსიზმი ლაპარაკობს აქ, რადგანაც არ გამოდის ის აზრი, რაც სპარსულშია. ამ უკანასკნელის მიხედვით ტვინი კი არ დაცლილა, არამედ დარიგებათა კვალი არ დარჩენილა ტვინში, მათი ადგილი დაცარიელებულა.

11. ...მივიდეს [ფრიდონი და მისი ჯარი] მას ქალაქსა, რომელსა თაზიანი ჰქვიან ([1], გვ. 389_{19}), შდრ.: ZK 300 ([2], გვ. 92_2)

رسیدند بر تازیانی نوند بجائی که یزدان پرستان بدند

რასიდანდ ბარ თა̄ზია̄ნი ნავანდ ბე ჯა̄ჲი, ქე ჲაზდა̄ნ ფარასთა̄ნ ბუდანდ.

Montés sur de rapides chevaux arabes, ils arrivèrent à un endroit, où ils trouvèrent des adorateurs de Dieu ([3], გვ. 93_1).

მაშასადამე, არაბულ ბედაურებზე ამხედრებულებმა მიაღწიეს იმ ადგილას, სადაც ღვთის მმსახური იყვნენ. ე. ი. ეპითეტი თაზიანი ('არაბული') გაგებულია არარსებული ქალაქის სახელწოდებად. ასეთივე გაუგებრობის ნაყოფია შემდეგიც:

12. ...რა გათავდა წერითა, ერთსა გონიარსა ფალავანსა ნიოს მისცა წიგნი. ფიცხლად ქარმა ვითა იარა. ფრიდონს ჴელმწიფესა წინაშე მივიდა. და ფრიდონს მოაჴსენეს: „ფალავანი ნიო ერანელს ჴელმწიფეს მანუჩარს მახარობლად გამოუგზავნია" ([1], 439_{3-6}).

საანალიზო ძეგლის სპარსულმა ვერსიებმა არ იციან ასეთი საკუთარი სახელი, რაც, უეჭველია, ქართულ ნიადაგზე შექმნილია სათანადო დედანში მდგარი ნია (ნიო) ტერმინის კვალობაზე. შდრ.: Frd 1079 ([2], გვ. 204).

یکی نامه بنوشت نزد نیا پر از جنگ وازچاره و کیمیا.

ჲაქი ნა̄მა ბენ(ე)ვეშთ ნაზდე ნია̄ ფორ აზ ჯანგ ო აზ ჩა̄რა ო ქიმია̄.

Il écrivit une lettre à son grand-père, remplie du récit de ses combats, de ses entreprises et de ses ruses ([3], გვ. 205).

მაშასადამე, სრულიად ნათელია, რომ სპარსული ზოგადი სახელი ნია̄ ('პაპა') წარმომდგარა არარსებულ საკუთარ სახელად. მხოლოდ ყურადღებას იქცევს აქ ბოლოკიდური ო, რასაც დედანში უდრის გრძელი ხმოვანი ა. მაგრამ ასეთი ფაქტები ცნობილია სპარსული მეტყველებისათვის.

13. ...მე ულირსი და ჩემისა ტანისა უიმედო ამისთვინს, რომე სხვილი ამბავი მომაქვს ([1], გვ. 404_4)... აწ ძმათა შენთა სალიმს და თურის მოცი-

ქული გამოუგზავნია, და ს ხ ვ ი ლ ი ს ა უ ბ ა რ ი შემოუთვლიათ, და დევსა შემოყვრებიან ([1], გვ. 406_{17}). ორსავ შემთხვევაში სპარსიზმია მოცემული, რამდენადაც ს ხ ვ ი ლ ი ა მ ბ ა ვ ი, ს ხ ვ ი ლ ი ს ა უ ბ ა რ ი ქართულისათვის სრულიად შეუფერებელია, ხოლო სპარსულისათვის ბუნებრივია იმავე ტერმინის ხმარებით, რაც შაჰ-ნამეს ტრადიციულ ტექსტშიც დგას პირველი ფრაზის შესატყვის ბაჲთში და იკითხება ამგვარად: پیامی درشت آوریده بشاه Frd 382 ([2], გვ, 146_{9}) ფაჲāმი დ ო რ ო შ თ āვარიდა ბეშāჰ... j'apporte au roi un dur message ([3], გვ. 147_{13}). სპარსულში დ ო რ ო შ თ ნიშნავს: 'მსხვილი, მკვრივი, მაგარი, ხეპრე, უზრდელი, უტიფარი, კადნიერი'. მაშასადამე, თარგმანშია შეუფერებელი მნიშვნელობით გადმოტანილი ეს ტერმინი.

14. ...თ ა ვ ი ქ ა რ ი თ ა ე ვ ს ო და გული ჯავრითა ([1]; გვ. 402_{11}), შდრ.: Frdn 529 ([2], გვ. 158_{14}) دلش بد پر از خشم و سر پر ز باد დელეშ ბოდ ფორ აზ ხაშმ ო სარ ფორ ზე ბāდ Son cœur était plein de rage, sa tête pleine de vent ([3], გვ. 159_{22}).

აქაც სპარსიზმია, რა თქმა უნდა (შდრ. ზემოთ), წინააღმდეგ ქართული წყობისა: შ უ რ ი ს ძ ი ე ბ ი თ გ ა ნ ი მ ს ჭ ვ ა ლ ა და სხვა.

15. ...მ რ ა ვ ა ლ ნ ი პ ი რ დ ა ბ უ რ ვ ი ლ ნ ი დედანი სალტე-ტავყოსანნი და ჩვილნი ყმაწვილნი დაუპატივდებიან ([1], გვ. 436_{10}).

აქ მოცემულია პირდაპირი გაგებით სპარსული پوشیده رو ფ უ შ ი დ ე რ უ 'მანდილოსანი, პატივსაცემი დედაკაცი, უმწიკვლო ქალი' და სხვა. სწორედ ისე, როგორც ქართულშია შემორჩენილი მ ა ნ დ ი ლ ო ს ა ნ ი.

მართალია, სპარსული ოფიციალური ვერსიებით სათანადო ადგილას ეს თქმა (მოტანილი ვარიანტით) არ დგას, მაგრამ მოცემული განმარტების სისწორისათვის საკმარისია სპ. ლექსიკონების დამოწმება. შდრ. پوشیده رو [ფ უ შ ი დ ე რ უ] дама [9].

ხოლო საანალიზო ძეგლის სპარსული ვარიანტებიდან შეიძლება ასეთი ბაჲთის დასახელება ([2], გვ. 68_{8}), ZK 8

ز پوشیده رویان یکی شهرناز دیگر ماهرویان بنام ارنواز

ზე ფუშიდე რუჲāნ ჲაქი შაჰრენāზ დიგარ მāჰრუჲāნ ბენāმე არნავāზ Schehrinaz était le nom d'une de ces femmes voilées; l'autre s'appelait Arnewaz, et sa face était comme la face de la lune ([3], გვ. 69).

მაშასადამე, ფრანგულ თარგმანსაც დაუცავს პირდაპირი მნიშვნელობით საანალიზო ფრაზა, მაგრამ ცხადია, რომ ამ უკანასკნელში ის ტერმინი გადატანითი მნიშვნელობისაა და უშუალო კავშირი არა აქვს პ ი რ ი ს ს ა ბ უ რ ა ვ თ ა ნ.

16. ...ჰე, მ ყ რ ა ლ ო დ ე ვ ო, უკულმართო, საძაგელო; ვინათგან ახალმოწიფულთ ფალავანთ რ ა ზ მ ი ა ჩ ვ ე ნ ე, აწ ნახო რ ა ზ მ ნ ა ხ უ ლ ი ს ა ფალავნისა ომი. ([1], გვ. 436_{16}).

ე. ი. ყარან ეუბნება დევს: ახალგაზრდა, ომში გამოუცდელ მეომრებთან შენ გულადობა გამოგიჩენია, მაგრამ ომგადახდილ, ბრძოლებში გაკაჟებულ ფალავანთან [როგორიც მე ვარო] რა სივაჟკაცესაც გამოიჩენ, ვნახოთო.

ქართულ თარგმანში პირდაპირაა გადმოტანილი სპარსული რაზმ ნომა, რაზმ დიდა ('მეომარი, ომნახული') და რაზმ ზან ('მამაცი, შეუპოვარი'). სპარსულშია: رزم რაზმ 'ბრძოლა, რკენა, შეტაკება'; რაზმზან, რაზმჯუჲ, რაზმხაჰ 'შეუპოვარი, გმირი, მებრძოლი'. შდრ. Frdn 770 ([2], გვ. 178_9)

كجا نام او قارن رزم زن سپهدار بیدار لشکر شکن

ქოჯა ნამე უ ყარან რაზმზან; სეფაჰდარე ბიდარ ლაშქარშექან.

Son nom est Karen le vaillant; c'est un chef infatigable, un destructeur des armées ([3], გვ. 179).

17. ... წარბნი შეინასკვნა და ეგრე მოახსენა დედასა ([1], გვ. 385_{23}), შდრ.: ZK 183 ([2], გვ. 84_2).

برابرو زخشم اندر آورد چین

ბარ აბრუ ზე ხაშმ ანდარ ავორდ ჩინ 'წარბ[ებ]ზე გამოსახა გულისწყრომისაგან ნაოჭი'.

ე. ი. გაგულისდა, გული მოუვიდა, გაჯავრდა.

საანალიზო თარგმანში სხვაგანაც იხმარება ეს გამოთქმა ამავე მნიშვნელობით, რისთვისაც ქართულში ჩვეულებრივია წარბები შეიკრა. მაგრამ მთარგმნელმა სპ. ჩინ ('ნაოჭი, კეცი, ნაკეცი') პირდაპირ შეუწყო ქართულს და გამოვიდა ნასკვი, შეკვრა. ამიტომ, წარბნი შეინასკვნა სპარსიზმია. შდრ.: ჩინ ბარ აბრუ აფგანდან [10], 'გაჯავრება, რისიმე (ვისიმე) საწინააღმდეგოდ მზადყოფნა'. უფრო აშკარად ეს ჩანს შემდეგი მაგალითებიდან:

ა) ...შეხედნა სალიმ მისთა ლაშქართა და შეაწყო სიყვარული ერაჯისა და მას აქსენებდეს ქვეყნისა მარიანად. გულსა ჯავრი ჩაუვარდა და ღვიძლი სისხლითა აევსო, წარბნი გამოინასკვნა, ჯალაბი ჩააყენა და კარავი დაახალვათა ([1], გვ. 409_{12}). შდრ.: Frdn 485 ([2], გვ. 154_9)

بخرگه در آمد دل پرز کین جگر پر ز خون ابروان پر ز چین

ბე ხარგაჰ დარ ომად დელე ფორ ზე ქინ, ჯეგარ ფორ ზე ხუნ, აბროვან ფორ ზეჩინ Il rentra dans la tente le cœur plein de colère, le foie pleie de sang, les saurcils pleins de rides ([3], გვ. 155).

ბ) ...მიდიდს ეწყინა დევის სიკვდილი. ჯავრიანმან ლაშქართ უბრძანა: „ყველამან თვალი ჩემზედან დაიჭირეთ, წარბები გამოინასკვეთ და გულოვნად იყვენით. ([1], გვ. 433).

მაშასადამე, აქ სრულიად აშკარაა, რომ წარბები გამოინასკვეთ ნიშნავს: მრისხანე გამომეტყველება მიიღეთ, შურისძიების გრძნობით განიმსჭვალეთ, სახე შეიკარით მტერთა შიშის მომგვრელად... და სხვა.

18. ...პირი თქვენდა სანახავად მოაქვს ([1], გვ. 408_8).

ე. ი. თქვენთან მოდის, თქვენკენ წამოვიდა.

სპარსულში ჩვეულებრივია რუ ავორდან („პირის მოტანა“) მნიშვნელობით: 'გამგზავრება, გეზის აღება (რაიმე მიმართულებით), მიქცევა'.

დედანში ალბათ ასეთი ფრაზა მდგარა: რუ ბე დიდანე შომā მიāვარად. ქართული ასე აფორმებს ამას: პირი თქვენკენ იქცია, რისი შესატყვისი თქმა სპარსულსაც გააჩნია: რუ ნეჰāდან („პირის მიქცევა“, ‘გამგზავრება, გეზის აღება’), თარგმანში კი სპარსიზმია.

19. ...ჴელმწიფობის ტახტი და გვირგვინი დაუჭირავს [ზააქს] და მესისხლეობის სარტყელი მას შენზედ შემოურტყამს ([1], გვ. 373). ე. ი. ჯიმშედ ხელმწიფეს მიესმა ეს ამბავი, რომ ზააქი აგროვებს ჯარს და მზად არის მის შესაბრძოლებლად. მსგავსი გაგებისათვის შდრ. აგრეთვე:... მათი [სალიმისა და თურის] სული ეშმაკს მოულორებია და ორთავე პირი ჩვენკენ უქნიათ და მტრობის სარტყელი ჩვენ ზედა შემოურტყამთ ([1], გვ. 406_{19-20}).

სპარსული აზროვნებისა და ენობრივი წყობისათვის სრულიად ბუნებრივია სარტყელი შემოურტყამს, ქამარი შემოურტყამს, ქამარშემორტყმული, წელშერტყმული და სხვა ისეთ შემთხვევებში, როდესაც მხედველობაში აქვთ მზად ყოფნა რაიმე საქმის შესასრულებლად (ომში წასასვლელად, სამსახურად). შდრ.: کمر بسته [ქამარ ბასთა] Fig. Ready or prepared for work [10]. ამიტომ, სრულიად ბუნებრივია, რა თქმა უნდა, ანალოგიური წყობა სპარსულ ენაში, სპ. ლიტერატურაში, მაგრამ ამ წყობის პირდაპირი გადმოტანა ქართულისათვის მიუღებელია. ამისდა მიუხედავად, მთარგმნელი დაჟინებით მისდევს ერთხელ აღებულ გეზს. შდრ. დამატებით:... მე თურქეთს და ჩინის პატრონი ვარ და ვდგავარ სარტყელშერტყმული მონურად ([1], გვ. 409_6), [ეუბნება ერაჯი ძმებს]. ე. ი. როგორც მონა მზად ვარ თქვენდა სამსახურად. შდრ.: Frd 502 ([2], გვ. 156_9) مرا بردر ترک بسته میان მარā ბარ დარე თორქ ბასთა მიāნ, comme un esclave à la porte des Turcs ([3], გვ. 157).

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
აკად. ნ. მარის სახელობის ენის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 10.3.1947)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. აბუ-ლ-ყასიმ ფირდოუსი. შაჰ-ნამე. ქართული ვერსიები, ტომი 2, ტფილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, ტფილისი, 1934.
2. Le Livre des rois par Abou' l Kasim Firdousi. Publié, traduit et commenté par M. Jules Mohl. Tome I, Paris, 1838.
3. იგივე, ფრანგული თარგმანის გვერდები.
4. მ. ხუბუა. სამი იამანელი ასულის საკ. სახელთა ეტიმოლოგია შაჰ-ნამეს ქართული პროზ. ვერსიით, ლიტერატურული ძიებანი, 2, 1944.

5. Сказки попугая. Выбрал и словарем снабдил В. А. Жуковский. Изд. 2, С.-Петербург, 1901.
6. The Gulistan of Shaikh Muslih u'ddin Sàdi of Shirāz by John platts. London, 1874.
7. Ferdowsi's Shahnameh. A Revision of vullers' Edition. Teheran, 1934.
8. Wis o Ramin. Calcutta, 1865.
9. И. Ягелло. Полный персидско-арабско-русский словарь. Ташкент, 1909.
10. S. Haïm. New Persian-English Dictionary. Teheran, 1936.

პასუხისმგებელი რედაქტორის მოადგილე პროფ. დ. დოლიძე.

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 12.9.1947 ანაწყობის ზომა 7×11
ბეჭდურ ფორმათა რაოდენობა 5 ტირაჟი 1500
შეკვ. 516 უუ 12971

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობის სტამბა, ა. წერეთლის ქ., № 7

ფასი 5 მან.

დამტკიცებულია
საქართველოს სსრ მეცნ. აკად. პრეზიდიუმის მიერ
6.2.1947

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, სადაც წერილს შეიძლება დაერთოს, ავტორის სურვილის მიხედვით, რეზიუმე ინგლისურ, ფრანგულ ან გერმანულ ენაზე; რეზიუმე შეიძლება შეცვლილ იქნეს თარგმანით ერთ-ერთ დასახელებულ ენაზე.

5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს, ხოლო რეზიუმეს ჩათვლით—10 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 თავისი რეზიუმეთი და ილუსტრაციებით 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 აღინიშნოს ჟურნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდებისა, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.

9. დამოწმებული ლიტერატურის დასახელება წერილს ბოლოში ერთვის სიის სახით; ლიტერატურაზე მითითებისას ტექსტში ან შენიშვნებში ნაჩვენები უნდა იქნეს ნომერი სიის მიხედვით, ჩასმული კვადრატულ ფრჩხილებში.

10. წერილის ტექსტისა და რეზიუმეს ბოლოს ავტორმა უნდა აღნიშნოს სათანადო ენებზე დასახელება და ადგილმდებარეობა დაწესებულებისა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი. წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.

11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ერთი დღისა). დადგენილი ვადისათვის კორექტურის წარმოუდგენლობის 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 ერთი ცალი „მოამბის“ ნაკვეთისა, რომელშიც მისი წერილია მოთავსებული.

რედაქციის მისამართი: თბილისი, ძერჟინსკის ქ., 8.

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, т. VIII, № 5, 1947
Основное, грузинское издание