საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის

მოამბე

ტომი XI, № 3

ძირითადი ქართული გამოცემა

1950

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი

შინაარსი

მათემატიკა

გვ.

1. ი. ვეკუა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი). ელიფსური ტიპის დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნების ერთი წარმოდგენის შესახებ 135
2. ტ. ცხადაია. ორმაგი მწკრივების შეჯამებადობა ნორლუნდის მეთოდით 141

ფიზიკა

3. გ. გორდაძე. არაეკვივალენტური ორი ცენტრის სამელექტრონა პრობლემისათვის 145

გეოლოგია

4. ა. ჯანელიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი). კახეთის ქედის ბაიოსის შესახებ 151

ტექნიკა

5. ე. სეხნიაშვილი. თავისუფალი რხევის სიხშირის განსაზღვრა ცვლადი სიხისტის ღეროსათვის 159
6. თ. ონიაშვილი. დამრეცი გარსის დინამიკური მდგრადობის შესახებ 167

პარაზიტოლოგია

7. ნ. ჯაფარიძე. *ixodiae*-თა ოჯახის ტკიპების ზოგიერთი სახეობის ახალგაზრდა სტადიების აღწერა 175

ფიზიოლოგია

8. ლ. ჯაფარიძე. ზოგიერთი ძუძუმწოვრის სისხლის წყალშემცველობის სქესობრივი განსხვავება 181

არქეოლოგია

9. ირ. ციციშვილი. ანტიკური დროის აკლდამა ბაგინეთში 187

ხელოვნების ისტორია

10. ვ. ზაქარაია. XIV საუკუნის ხუროთმოძღვრული ძეგლი სოფელ ვაკეში 195

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XI, № 3, 1950

მათემატიკა

ი. ვეკუა
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი

ელიფსური ტიპის დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნების ერთი წარმოდგენის შესახებ

ჩემს მონოგრაფიაში [1] მოცემულია ერთი მეთოდი მეორე რიგის ელიფსური ტიპის დიფერენციალურ განტოლებათათვის ე. წ. დირიხლეს სასაზღვრო ამოცანის ამოსახსნელად, რომელსაც მივყავართ ამოცანის ეკვივალენტურ ინტეგრალურ განტოლებამდე ([1], § 22). ამ მეთოდის უპირატესობა კიდევ იმაშია, რომ ინტეგრალური განტოლების გული გამოისახება ცხადი სახით ე. წ. რიმანის ფუნქციის მეშვეობით, უკანასკნელი კი, როგორც ცნობილია ([1] §°4), ყოველთვის აიგება მიმდევრობითი მიახლოებითი მეთოდის გამოყენებით და დამოკიდებულია მხოლოდ განტოლების კოეფიციენტებზე (შევნიშნოთ, რომ რიმანის ფუნქცია მათემატიკური ფიზიკის რიგი განტოლებებისათვის გამოისახება ცხადი სახით ([1], § 5)). მაგრამ აღნიშნულ მეთოდს ერთი სუსტი მხარე აქვს: ინტეგრალური განტოლება, საზოგადოდ, სინგულარულია და ამიტომ საჭიროა მოვთხოვოთ საზღვარზე მოცემულ ფუნქციას ჰელდერის აზრით უწყვეტობა. ეს შეზღუდვა (ჰელდერის აზრით უწყვეტობა), რასაკვირველია, სასურველი არაა. ამის გამო ჩემს წიგნში მოცემულია მეორე ხერხი, რომლის საშუალებითაც დირიხლეს ამოცანა უშუალოდ მიიყვანება ინტეგრალურ განტოლებამდე ნებისმიერი უწყვეტი სასაზღვრო მონაცემებისათვის ([1], § 22, $n^\circ n^\circ 6$, 7). ეს ხერხი შემდეგ თეორემას ეყრდნობა:

სასრულ მარტივადბმულ T არეში რეგულარული, დახურულ $T+L$ არეში უწყვეტი ყოველი $u(x, y)$ ამოხსნა განტოლებისა

$$\Delta u+a(x, y)\frac{\partial u}{\partial x}+b(x, y)\frac{\partial u}{\partial y}+c(x, y)\,u=0 \tag{E_0}$$

შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახის პოტენციალით:

$$u(x, y)=\int_L \mu(t)\,M(z, t)\,ds, \tag{1}$$

სადაც $\mu(t)$ ნამდვილი უწყვეტი ფუნქციაა t წერტილის, $t \in L$,

$$M(z, t)=\operatorname{Re}\left\{\frac{t'(s)}{\pi i H_0(t)}\left[\frac{H_0(z)}{t-z}+\int_0^z \frac{H(z, t_1)\,dt_1}{t-t_1}\right]\right\}, \tag{2}$$

ამასთან $z=x+iy \in T$,

$$H_0(z) = G(z, 0, z, \bar{z}), \quad H(z, t) = -\frac{\partial}{\partial t} G(t, 0, z, \bar{z}). \tag{3}$$

საჭიროა განვმარტოთ, რომ: 1) $G(t, \tau, z, \zeta)$ არის (E_0) განტოლების რიმანის ფუნქცია ([1], § 4); 2) a, b, c—განტოლების კოეფიციენტები—ანალიზური ფუნქციებია z კომპლექსური სიბრტყის გარკვეულ არეში; 3) T სასრული მარტივადბმული არეა, რომელიც ეკუთვნის (E_0) განტოლების ძ ი რ ი თ ა დ ა რ ე ს (იხ. [1], § 2, $n^\circ 3$), ამასთან T-ს საზღვარი L აკმაყოფილებს შემდეგ პირობას: კუთხე $\theta(t)$, შედგენილი t წერტილზე L-ის მხების მიერ რაიმე ფიქსირებულ მიმართულებასთან, უწყვეტია ჰელდერის აზრით L-ზე; 4) იგულისხმება, რომ კოორდინატთა სათავე ძევს T-ში, რაც, ცხადია, არ წარმოადგენს ზოგადობის შეზღუდვას.

აღნიშნულ წიგნში ეს თეორემა დამტკიცებულია იმ შემთხვევაში, როცა $u(x, y)$ უწყვეტია ჰელდერის აზრით საზღვარზე; მაშინ $\mu(t)$-ც უწყვეტია ჰელდერის აზრით L-ზე ([1], § 22, $n^\circ 6$). თეორემა დამტკიცებულია აგრეთვე იმ შემთხვევაშიაც, როცა (E_0) განტოლებისათვის დირიხლეს ერთგვაროვან ამოცანას T არის მიმართ არა აქვს ამოხსნა გარდა ტრივიალურისა ([1], § 22, $n^\circ 7$). ზოგად შემთხვევაში კი თეორემის დამტკიცება ჩემს წიგნში არაა მოყვანილი; იქ აღნიშნულია მხოლოდ, რომ მისი დამტკიცება საძნელო არაა (გვ. 126). სინამდვილეში ეს ასეც არის, მაგრამ ქვევით მე მაინც მომყავს ამ თეორემის სრული დამტკიცება იმის გამო, რომ მას (თეორემას) არსებითი მნიშვნელობა აქვს ელიფსური ტიპის დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნების ზოგი ძირითადი თვისების დასადგენად. დამტკიცების მეთოდი საკმარისად მარტივია, მაგრამ ის არ არის მოკლებული დამოუკიდებელ ინტერესს და შეიძლება გამოყენებული იქნეს სხვა ანალოგიური საკითხების შესწავლის დროსაც.

თ ე ო რ ე მ ი ს დ ა მ ტ კ ი ც ე ბ ა. ცხადია, $u(x, y)$ შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით:

$$u(x, y) = \int_L u(t)\, M(z, t)\, ds + v(x, y), \tag{4}$$

სადაც $u(t)$ აღნიშნავს $u(x, y)$-ის მნიშვნელობას საზღვრის t წერტილზე. ამ ტოლობის მარჯვენა მხარის პირველი შესაკრები რეგულარული ამოხსნაა (E_0) განტოლებისა T არეში, რომელიც უწყვეტია $T+L$-ზე, ამიტომ მეორე შესაკრებიც, $v(x, y)$, იქნება T-ში რეგულარული და $T+L$-ზე უწყვეტი ამოხსნა (E_0) განტოლებისა. ცხადია, $v(x, y)$-ის სასაზღვრო მნიშვნელობა იქნება

$$-\int_L u(t)\, M(t_0, t)\, ds, \quad t_0 \in L,$$

ე. ი. $v(x, y)$ ისეთი რეგულარული ამოხსნაა T-ში (E_0) განტოლებისა, რომელიც უწყვეტია ჰელდერის აზრით $T+L$-ზე (იხ. [1], § 22, $n^\circ 4$, თეორემა 5). ამიტომ $v(x, y)$ შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს შემდეგი სახით (იხ. [1], § 22, $n^\circ 6$):

$$v(x, y)=\int_L \chi(t) M(z, t)\, ds, \tag{5}$$

სადაც $\chi(t)$ ნამდვილი ფუნქციაა t წერტილისა ჰელდერის აზრით უწყვეტი L-ზე. თუ შევიტანთ (5)-ს (4)-ში, მივიღებთ (1)-ს, სადაც $\mu(t)=u(t)+\chi(t)$, რაც ჩვენს თეორემას ამტკიცებს.

2. (1) ფორმულის გამოყენებით დირიხლეს სასაზღვრო ამოცანა— ვიპოვოთ T-ში რეგულარული და $T+L$-ზე უწყვეტი ამოხსნა (E_0) განტოლებისა, რომელიც L-ზე ემთხვევა წინასწარ მოცემულ უწყვეტ $f(t)$ ფუნქციას—მიიყვანება ფრედჰოლმის ტიპის შემდეგ ინტეგრალურ განტოლებამდე ([1], § 22, n° 7):

$$\mu(t)+\int_L M(t_0, t)\, \mu(t)\, ds=f(t_0), \tag{6}$$

რომელიც, თანახმად ზემოდამტკიცებული თეორემისა, დასმული ამოცანის ეკვივალენტურია. ამიტომ დირიხლეს ამოცანის ამოხსნადობის აუცილებელი და საკმარისი პირობები იქნება:

$$\int_L \nu_k(t) f(t)\, ds=0, \quad (k=1, \ldots, n), \tag{7}$$

სადაც $\nu_1(t), \ldots, \nu_n(t)$ წრფივად დამოუკიდებელი ამოხსნებია (6)-ის მიკავშირებული ერთგვაროვანი ინტეგრალური განტოლებისა

$$\nu(t_0)+\int_L M(t, t_0)\, \nu(t)\, ds=0, \tag{8}$$

რომელიც შეიძლება ასე ჩავწეროთ:

$$\operatorname{Re}\left[\frac{t'(s)}{H_0(t)} \Phi^-(t)\right]=0, \tag{9}$$

სადაც $\Phi^-(t)$ სასაზღვრო მნიშვნელობაა ფუნქციისა

$$\Phi(z)=\frac{1}{\pi i} \int_L \nu(t)\left[\frac{H_0(t)}{t-z}+\int_0^t \frac{H(t, t_1)\, dt_1}{t_1-z}\right] ds, \tag{10}$$

რომელიც ჰოლომორფულია L-ის გარეთ, ამასთან $\Phi(z)$ და $\operatorname{Re}[z\Phi(z)]$ უსასრულობაში ისპობიან.

რადგან

$$t'(s)=e^{i\theta(s)}, \quad H_0(t)=e^{\alpha(s)+i\beta(s)} \qquad ([1], \text{ გვ. } 123),$$

სადაც $\theta(s)$ კუთხეა, შედგენილი $t(s)$ წერტილზე L-ის მხების მიერ ნამდვილ ღერძთან, $\alpha(s)$ და $\beta(s)$ ცალსახა და ჰელდერის აზრით უწყვეტი ფუნქციებია L-ზე, ამიტომ (9) პირობა შეიძლება ასე ჩავწეროთ:

$$\operatorname{Re}\{e^{i[\theta(s)-\beta(s)]}\Phi^-(t)\}=0.$$

თუ შემოვიტანთ აღნიშვნებს: $t=re^{i\vartheta(s)}$, $\omega(s)=\theta(s)-\vartheta(s)-\beta(s)$, უკანასკნელი პირობა შეიძლება კიდევ ასე ჩავწეროთ:

$$\mathrm{Re}\,[te^{i\omega(s)}\Phi^{-}(t)]=0.$$

ცხადია, $\omega(s)$ ცალსახა ჰელდერის აზრით უწყვეტი ფუნქციაა L-ზე. ამიტომ არსებობს L-ის გარეთ ჰარმონიული და უსასრულობაში შემოსაზღვრული ფუნქცია $\omega(x, y)$, რომელიც L-ზე ემთხვევა $\omega(s)$-ს. თუ განვიხილავთ ახლა L-ის გარეთ ჰოლომორფულ ფუნქციას $p(z)=\omega(x, y)+i\omega^{*}(x, y)$, სადაც ω^{*} შეუღლებული (ω-ს მიმართ) ჰარმონიული ფუნქციაა, წინა პირობა ჩვენ შეგვიძლია ასე გადავწეროთ:

$$\mathrm{Re}\,[te^{ip(t)}\Phi^{-}(t)]=0. \tag{11}$$

რადგან ფუნქცია $ze^{ip(z)}\Phi(z)$ ჰოლომორფულია L-ის გარეთ და შემოსაზღვრულია უსასრულობაში, ამიტომ (11)-დან მაშინვე მივიღებთ

$$ze^{ip(z)}\Phi(z)=iC \ (z \text{ ძევს } L\text{-ის გარეთ}), \tag{12}$$

სადაც C ნამდვილი მუდმივია. თუ დავუშვებთ, რომ $p(\infty)=\omega(\infty)=\gamma$ და მივიღებთ მხედველობაში (10)-ს, მაშინ (12)-დან, როცა $z=\infty$, გვექნება:

$$C=e^{i\gamma}\,\frac{1}{\pi}\int\limits_{L}\nu(t)\,G(0, 0, t, \bar{t})\,ds. \tag{13}$$

აქედან, რადგან ჩვენ შეგვიძლია ყოველთვის ჩავთვალოთ, რომ $\sin\gamma\neq0$ (იხ. [1], გვ. 125), მივიღებთ, რომ $C=0$, ე. ი.

$$\Phi(z)\equiv0. \tag{14}$$

თუ ახლა (10) გამოსახვას დავშლით უსასრულობის მახლობლად z-ის ხარისხებად, (14)-ის ძალით მივიღებთ

$$\int\limits_{L}\nu(t)\,X_{k}(t)\,ds=0, \quad (k=0, 1, 2, \ldots), \tag{15}$$

სადაც

$$X_{k}(z)=H_{0}(z)\,z^{k}+\int\limits_{0}^{z}H(z, t)\,t^{k}dt. \tag{16}$$

ვთქვათ,

$$u_{2k}(z)=\mathrm{Re}\,[X_{k}(z)], \quad u_{2k-1}(z)=\mathrm{Im}\,[X_{k}(z)] \tag{17}$$
$$(k=0, 1, 2, \ldots;\ u_{-1}\equiv0).$$

როგორც ცნობილია, მიმდევრობა $\{u_{n}(z)\}$ არის სრული სისტემა (E_{0}) განტოლების (ნამდვილი) კერძო ამოხსნებისა ნებისმიერ მარტივადბმულ არეში (იხ. [1], § 14). ცხადია, პირობები (15) ტოლფასია პირობებისა

$$\int\limits_{L}\nu(t)\,u_{n}(t)\,ds=0 \quad (n=0, 1, 2, \ldots). \tag{18}$$

ამრიგად, ყოველი ამოხსნა (8) ინტეგრალური განტოლებისა აკმაყოფილებს (18) პირობებს. ადვილად შეიძლება დამტკიც-

დეს შებრუნებული დებულებაც: ყოველი უწყვეტი ფუნქცია $\nu(t)$, რომელიც (18) პირობებს აკმაყოფილებს, არის (8) განტოლების ამოხსნა.

პირობები (15) ან, რაც იგივეა, (18) ემთხვევა პირობებს (23.17), რომელნიც მიღებული იყო ჩემ მიერ წინათ ([1], გვ. 128). ამ პირობებიდან გამომდინარეობს დირიხლეს ამოცანის ამოხსნადობის შემდეგი კრიტერიუმი (იხ. [1], § 23, $n^{\circ}3$):

აუცილებელი და საკმარისი პირობა იმისა, რომ დირიხლეს ამოცანას (E_0) განტოლებისათვის T არის მიმართ ჰქონდეს ამოხსნა ყოველი უწყვეტი სასაზღვრო მონაცემისათვის, მდგომარეობს იმაში, რომ (E_0) განტოლების კერძო ამოხსნათა სისტემა $\{u_n(z)\}$ ჩაკეტილი იყოს L-ზე, ე. ი. არ უნდა არსებობდეს ისეთი ნამდვილი ფუნქცია $\nu(t)$ (გარდა $\nu(t)\equiv 0$), უწყვეტი L-ზე, რომელიც აკმაყოფილებს (18) პირობებს.

ცხადია, რომ (E_0) განტოლების კერძო ამოხსნათა სისტემა $\{u_n(z)\}$ თუ ჩაკეტილი არ არის L-ზე, ყოველ შემთხვევაში თითქმის ჩაკეტილი მაინც იქნება, ე. ი. იარსებებს მხოლოდ სასრული რიცხვი წრფივად დამოუკიდებელი ფუნქციებისა $\nu_1(t), \ldots, \nu_n(t)$, რომელნიც აკმაყოფილებენ (18) პირობებს.

შევნიშნოთ აგრეთვე, რომ უწყვეტი ფუნქცია $\nu(t)$, რომელიც აკმაყოფილებს (18) პირობებს, თუ ის იგივურად არ ისპობა L-ზე, არ შეიძლება იყოს სასაზღვრო მნიშვნელობა (E_0) განტოლების ისეთი ამოხსნისა, რომელიც რეგულარულია T-ში და უწყვეტია $T+L$-ზე.

მართლაც, ასეთი ფუნქცია $\nu(t)$ არის (8) ინტეგრალური განტოლების ამოხსნა, ამიტომ ყოველთვის დაცული იქნება პირობა

$$\int_L \nu(t)\, u(t)\, ds = 0, \tag{19}$$

სადაც $u(t)$ სასაზღვრო მნიშვნელობაა (E_0) განტოლების T-ში რეგულარული და $T+L$-ზე უწყვეტი ამოხსნისა. თუ $u(t)=\nu(t)$, მაშინ, ცხადია, (19) ტოლობა შეუძლებელია, რაც ჩვენი დებულების სამართლიანობას ამტკიცებს.

დაბოლოს შევნიშნოთ, რომ (1)-ის მსგავსი პოტენციალის აგება შესაძლებელია აგრეთვე მრავლადბმული არეების შემთხვევაშიაც.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

(რედაქციას მოუვიდა 22.3.1950)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. Н. Векуа. Новые методы решения эллиптических уравнений, Москва, 1948.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XI, № 3, 1950

მათემატიკა

ტ. ცხადაია

ორმაგი მწკრივების შეჯამებადობა ნორლუნდის მეთოდით

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ი. ვეკუამ 15.2.1950)

განვიხილოთ ორმაგი რიცხვითი მწკრივი

$$\sum_{i=0}^{\infty}\sum_{k=0}^{\infty} u_{i,k}. \tag{1}$$

აღვნიშნოთ

$$S_{m,n}=\sum_{i=0}^{m}\sum_{k=0}^{n} u_{i,k}. \tag{2}$$

ამბობენ, რომ ორმაგი მწკრივი (1) კრებადია და ჯამად S რიცხვი აქვს, თუ

$$\lim_{m,n\to\infty} S_{m,n}=S,$$

ე. ი. ნებისმიერად მცირე $\varepsilon>0$ რიცხვისათვის არსებობს ისეთი მთელი დადებითი N რიცხვი, რომ

$$|S_{m,n}-S|<\varepsilon, \text{ როცა } m>N,\ n>N.$$

ახლა ვთქვათ, რომ მოცემულია დადებით რიცხვთა ორმაგი მიმდევრობა

$$\{p_{i,k}\}_{i=0,\,k=0}^{\infty},$$

რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ პირობებს:

$$\lim_{m,n\to\infty}\frac{p_{m,n}}{P_{m,n}}=0,$$

$$\lim_{m,n\to\infty} P_{m,n}=\infty,$$

სადაც

$$P_{m,n}=\sum_{i=0}^{m}\sum_{k=0}^{n} p_{i,k}.$$

განმარტება 1. ორმაგ მწკრივს (1) ვუწოდოთ შეჯამებადი ნორლუნდის მეთოდით, ანუ N_{λ}-შეჯამებადი S რიცხვისაკენ, თუ

$$\lim_{m,n\to\infty} W_{m,n}=S,$$

სადაც

$$W_{m,n}=\frac{1}{P_{m,n}}\sum_{i=0}^{m}\sum_{k=0}^{n} S_{i,k}\, p_{m-i,\,n-k}. \tag{3}$$

განმარტება 2. არაქლებად $\{p_{i,k}\}$ მიმდევრობას ვუწოდოთ λ-მიმდევრობა, თუ ყოველი ფიქსირებული ν რიცხვისათვის არსებობს ისეთი $\lambda^* \geqq \lambda$ და $\lambda^{**} \geqq \lambda^*$ რიცხვები, რომ პირობიდან

$$\frac{1}{\lambda} \leqq \frac{m}{n} \leqq \lambda$$

გამომდინარეობს უტოლობები

$$\lambda^* \leqq \frac{P^2_{m,\nu}}{P_{m,n}} \leqq \lambda^{**}, \quad \lambda^* \leqq \frac{P^2_{\nu,n}}{P_{m,n}} \leqq \lambda^{**}.$$

განმარტება 3. ჩვენ ვიტყვით, რომ ორმაგი მწკრივი (1) არის N^{1}_{λ}-შეჯამებადი S რიცხვისაკენ, თუ $\{p_{i,k}\}$ მიმდევრობა არის λ-მიმდევრობა და ადგილი აქვს ტოლობას

$$\lim_{(m,n)^{\lambda} \to \infty} W_{m,n} = S.$$

თეორემა. თუ ორმაგი მწკრივი (1) კრებადია და ჯამად S რიცხვი აქვს და ამ მწკრივის კერძო ჯამები $S_{m,n}$ აკმაყოფილებს პირობებს

$$\lim_{m \to \infty} \frac{S_{m,n}}{P_{m,n}} = 0 \text{ ფიქსირებული } n\text{-თვის}, \tag{4}$$

$$\lim_{n \to \infty} \frac{S_{m,n}}{P_{m,n}} = 0 \text{ ფიქსირებული } m\text{-თვის}, \tag{5}$$

მაშინ აღებული ორმაგი მწკრივი (1) N_{λ}-შეჯამებადია იმავე S-კენ.

დამტკიცება. რადგანაც ორმაგი მწკრივი (1) კრებადია და მისი ჯამი არის S, ამიტომ ნებისმიერი $\varepsilon > 0$ რიცხვისათვის არსებობს ისეთი მთელი $N > 0$ რიცხვი, რომ

$$|S_{i,k} - S| < \frac{\varepsilon}{5}, \text{ როცა } i > N,\ k > N. \tag{6}$$

გარდა ამისა, (4) და (5) ტოლობათა ძალით, მოინახება ისეთი მთელი რიცხვები $N_1 \geqq N$ და $N_2 \geqq N$, რომ

$$|S_{i,k} - S| < \frac{\varepsilon P_{ik}}{5\lambda^{**}}, \text{ როცა } i > N_1,\ 0 \leqq k \leqq N, \tag{7}$$

$$|S_{i,k} - S| < \frac{\varepsilon P_{ik}}{5\lambda^{**}}, \text{ როცა } k > N_2,\ 0 \leqq i \leqq N. \tag{8}$$

ვთქვათ, N^* არის უდიდესი N_1 და N_2 რიცხვებს შორის. ავიღოთ ახლა ნებისმიერი მთელი რიცხვები m და n ისე, რომ შესრულდეს პირობები

$$m > N^*,\ n > N^*,\ \frac{1}{\lambda} \leqq \frac{m}{n} \leqq \lambda. \tag{7}$$

მივიღებთ

$$|W_{m,n} - S| \leqq \frac{1}{P_{m,n}} \left| \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} (S_{i,k} - S)\, p_{i,\, n-i,\, n-k} \right|$$

$$\leqq \frac{1}{P_{m,n}} \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} |S_{i,k} - S|\, p_{m-i,\, n-k},$$

$$|W_{m,n}-S| \leqq \sigma_1+\sigma_2+\sigma_3+\sigma_4+\sigma_5,$$

სადაც

$$\sigma_1=\frac{1}{P_{m,n}}\sum_{i=0}^{N}\sum_{k=0}^{N^*}|S_{i,k}-S|\,p_{N-i\;N^*-k},$$

$$\sigma_2=\frac{1}{P_{m,n}}\sum_{i=0}^{N}\sum_{k=N^*+1}^{n}|S_{i,k}-S|\,p_{N-i,\,n-k},$$

$$\sigma_3=\frac{1}{P_{m,n}}\sum_{i=N+1}^{N^*}\sum_{k=0}^{N}|S_{i,k}-S|\,p_{N^*-i,\,N-k},$$

$$\sigma_4=\frac{1}{P_{m,n}}\sum_{i=N^*+1}^{m}\sum_{k=0}^{N}|S_{i,k}-S|\,p_{m-i,\,N-k},$$

$$\sigma_5=\frac{2}{P_{m,n}}\sum_{i=N+1}^{m}\sum_{k=N+1}^{n}|S_{i,k}-S|\,p_{m-i,\,n-k}.$$

შეგვიძლია ვიპოვოთ ისეთი მთელი რიცხვი ν, რომ როცა $m>\nu$, $n>\nu$, შესრულდეს უტოლობანი

$$\sigma_1<\frac{\varepsilon}{5}, \quad \sigma_3<\frac{\varepsilon}{5}.$$

შემდეგ, თუ მივიღებთ მხედველობაში (7) და (8) უტოლობებს, გვექნება

$$\sigma_2=\frac{1}{P_{m,n}}\sum_{i=0}^{N}\sum_{k=N^*+1}^{n}|S_{i,k}-S|\,p_{N-k,\,n-k}\leqq\frac{\varepsilon}{5\lambda^{**}P_{m,n}}\sum_{i=0}^{N}\sum_{k=N^*+1}^{n}P_{i,k}\,p_{N-i,\,n-k},$$

მით უმეტეს

$$\sigma_2<\frac{\varepsilon P^2_{N,n}}{P_{m,n}}<\frac{\varepsilon}{5}.$$

ამრიგად,

$$\sigma_2<\frac{\varepsilon}{5}, \quad \text{თუ} \quad \frac{1}{\lambda}\leqq\frac{m}{n}\leqq\lambda.$$

სავსებით ანალოგიურად მიიღება, რომ

$$\sigma_4<\frac{\varepsilon}{5}, \quad \text{როცა} \quad \frac{1}{\lambda}\leqq\frac{m}{n}\leqq\lambda.$$

და ბოლოს, თანახმად (6) უტოლობისა, გვექნება

$$\sigma_5=\frac{1}{P_{m,n}}\sum_{i=N+1}^{m}\sum_{k=N+1}^{n}|S_{i,k}-S|\,p_{m-i,\,n-k}<\frac{\varepsilon}{5P_{m,n}}\sum_{i=N+1}^{m}\sum_{k=N+1}^{n}p_{m-i,\,n-k}<\frac{\varepsilon}{5}.$$

მაშასადამე,

$$|W_{m,n}-S|<\varepsilon,$$

როცა

$$m>\nu, \; n>\nu \; \text{და} \; \frac{1}{\lambda}\leqq\frac{m}{n}\leqq\lambda,$$

ე. ი.

$$\lim_{(m,n)_\lambda \to \infty} W_{m,n} = S.$$

თეორემა დამტკიცებულია.

შენიშვნა. ვ. ჭელიძის შრომაში [1] დამტკიცებულია შემდეგი თეორემა: *თუ ორმაგი მწკრივი* (1) *კრებადია და ჯამად S რიცხვი აქვს და ამ მწკრივის კერძო ჯამები $S_{m,n}$ აკმაყოფილებს პირობებს*

$$\left.\begin{aligned} \lim_{m\to\infty} \frac{S_{m,n}}{m+1} &= 0 \text{ ფიქსირებული } n\text{-სთვის,} \\ \lim_{n\to\infty} \frac{S_{m,n}}{n+1} &= 0 \text{ ფიქსირებული } m\text{-სთვის,} \end{aligned}\right\} \qquad (A)$$

მაშინ აღებული ორმაგი მწკრივი $C_1^{(\lambda)}$-*შეჯამებადია S ჯამისაკენ, თანაც* $\lambda \geqq 1$.

ეს თეორემა წარმოადგენს ჩვენი თეორემის კერძო შემთხვევას. მართლაც, თუ ყოველი $p_{i,k}=1$, მაშინ $P_{m,n}=(m+1)(n+1)$ და ჩვენი თეორემის (4), (5) პირობები გვაძლევს (A) პირობებს.

ლ. ბ. ბერიას სახელობის სოხუმის სახელმწიფო
პედაგოგიური ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 23.2.1950)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ვ. ჭელიძე. ორმაგი მწკრივების შეჯამებადობა ჩეზაროს მეთოდით. საქ. სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. IX, № 6, 1948.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XI, № 3, 1950

ფიზიკა

გ. გორდაძე

არაეკვივალენტური ორი ცენტრის სამელექტრონა პრობლემისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ი. ვეკუამ 3.2.1950)

1°. მოლეკულების ქვანტური მექანიკის სამელექტრონა ბმის პრობლემაში დადგენილია, რომ ბმის შექმნაში ძირითად როლს სამელექტრონა ქვანტური რეზონანსი თამაშობს; ე. ი. თუ ორი ელექტრონის მქონე ატომი (A:) ურთიერთქმედებს ერთელექტრონიან (B·) ატომთან, თურმე სამელექტრონა ბმა (A···B) გამოწვეულია ქვანტური რეზონანსით: 1 (A:·B) და 2 (A·:B) მდგომარეობათა შორის; ცხადია, რომ ქვანტურ რეზონანსს 1 და 2 მდგომარეობებს შორის შეიძლება ჰქონდეს ადგილი მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ეს მდგომარეობები (1·2) გადაგვარებულნი არიან, ე. ი. თუ მათი შესაბამი ენერგიები თითქმის ერთმანეთის ტოლნი არიან ($E_1 \cong E_2$). ამას ფიზიკურად შეესაბამება A და B ატომების ელექტროუარყოფითობების ტოლობის მოთხოვნა.

სამელექტრონა ბმის კონკრეტული მაგალითი განხილულია H_{e2}^{+} მოლეკულის შემთხვევაზე [1,2].

ამ შრომის მიზანია სამელექტრონა ურთიერთქმედების განხილვა (A:·B) სისტემაში, იმ შემთხვევაში, როდესაც $E_1 \neq E_2$ ან A და B ატომების ელექტროუარყოფითობები საგრძნობლად განსხვავდებიან ურთიერთისაგან (ე. ი. ელექტროუარყოფითობათა განსხვავება 0,5 მეტია [3, გვ. 262].

2°. ამ მიზნისათვის კონკრეტულ სისტემად განხილულია ქვანტურ-მექანიკური ამოცანა L_iH^+ მდგრადობის შესახებ.

ეს ამოცანა პირველად კ ნ ი პ ი ს [4] მიერ იყო განხილული. ის სარგებლობდა ძალზე რთული მათემატიკური აპარატით, რის შედეგადაც მან შესძლო მიეღო სისტემის ენერგია, მისი ატომგულთაშორისი მანძილის ერთადერთი მნიშვნელობისათვის $R=3$ ატ. ერთ. და ენერგიის მრუდის დახრილობის შესწავლით (R-საგან დამოკიდებულებით) ის მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ სისტემა უნდა იყოს მდგრადი $R>3$ ატ. ერთეულისათვის.

ამ სისტემის ერთელექტრონა მოდელი არ შეიცავს [5].

ქ ი რ ი ა მ [6] განიხილა იგივე სისტემა პერტურბაციების მეთოდით და მიიღო ენერგია მინიმუმის გარეშე.

ერთი ელექტრონის მდგომარეობის მიახლოებით აღწერისათვის ორი ცენტრის (L_i^{+++}) და (H^+)-ის ველში ამ შრომაში განხილულია ფუნქცია

$$u(1)=(a1)+C(b1), \tag{2.1}$$

სადაც

$$(a1)=\sqrt{\frac{(z\alpha)^3}{\pi}}\exp\{-z\alpha r_{a1}\},$$

$$(b1)=\sqrt{\frac{\alpha^3}{\pi}}\exp\{-\alpha r_{b1}\},$$

zL_i^+ ატომგულის ეფექტური მუხტია ატომურ ერთეულებში; ის უდრის 2,6875 [7]; α ატომგულთა ეკრანირების ვარირების პარამეტრია, r_{a1} r_{b1} ელექტრონის მანძილებია a და b ატომგულებიდან, ხოლო C არის პარამეტრი, რომელსაც ფიზიკურად შეესაბამება $(a1)$ და $(b1)$ მდგომარეობების სტატიკური წონების ფარდობა; ის 0-და ∞-მდე იცვლება.

L_iH^+-ის მდგომარეობის სამელექტრონა ანტისიმეტრირებული ფუნქცია აღებულია შემდეგი სახით:

$$U=\{[u_3-u_1+C(v_1-v_3)]\ S_2+[u_1-u_2+C(v_2-v_1)]\ S_3 \\ +[u_2-u_3+C(v_1-v_2)]\ S_1\}, \tag{2.2}$$

სადაც

$$u_1=(a1)(a2)(b3), \quad v_1=(a3)(b1)(b2), \quad S_1=\alpha_1\alpha_2\beta_3,$$
$$u_2=(a1)(a3)(b2), \quad v_2=(a2)(b1)(b3), \quad S_2=\alpha_1\alpha_3\beta_2,$$
$$u_3=(a2)(a3)(b1), \quad v_3=(a1)(b2)(b3), \quad S_3=\alpha_2\alpha_3\beta_1,$$

α_i და β_k, i და k-ური ელიქტრონის ჩვეულებრივი სპინ-ამპლიტუდებია.

ვარიაციული პრობლემების (2,2) ფუნქციებში ამოხსნით ვღებულობთ სისტემის ენერგიას:

$$E=\min_{\alpha}\,(c-n+C(m+m'-k-k')+C^2(c'-n')\}/(1-S^2)(1+2CS+C^2), \tag{2.3}$$

სადაც c, n, m, m', k, k', c', n', $\rho=\alpha R$ და α-ს ცნობილი ფუნქციებია (R ატომგულთაშორისი მანძილია).

განხილულია ორი სასაზღვრო შემთხვევა $C=0$ და $C=\infty$.

I შემთხვევაში, როდესაც $C=0$, ჩვენ არსებითად საქმე გვაქვს $(L_iH)^+$ იონთან, რომელიც L_i^+ და H სისტემად დისოცირდება.

II შემთხვევაში $C=\infty$ და სისტემა L_iH^+ დისოცირდება L_i^{++} და H^--ში. ეს ცხადია C პარამეტრის განმარტებიდან და (2,2) ფუნქციის სახიდან.

I შემთხვევაში (2.3)-დან ვღებულობთ

$$E_I=\min_{\alpha}\,(k-n)/(1-S^2). \tag{2.4}$$

მას შეესაბამება მდგომარეობის ფუნქცია

$$U_I=\{(u_3-u_1)\ S_2+(u_1-u_2)\ S_3+(u_2-u_3)\ S_1\}. \tag{2.5}$$

(2.4) ენერგიის გამოთვლა [2] შრომებში მოცემული მეთოდით იძლევა L_iH^+-ის არამდგრად მდგომარეობას, რომელიც L_i^+-სა და H-ში დისოცირდება. თუმცა განზიდვის ენერგია $R=3$ ატ. ერთეულისთვის ჩვენი თეორიის თანახმად 3,25 eV, იმ დროს როდესაც კნიპის მიხედვით 0,181 eV.

II შემთხვევაში, როდესაც $C=\infty$,

$$E_{II}=\min_{\alpha}\,\{(c'-n')/(1-S^2)\} \tag{2.6}$$

მისი შესაბამი მდგომარეობის ფუნქცია

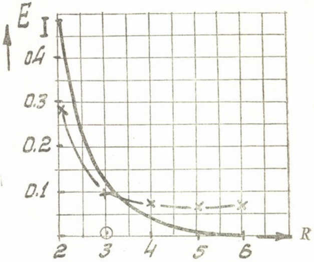
$$U_{II}=\{(v_1-v_3)\ S_2+(v_2-v_1)\ S_3+(v_3-v_2)\ S_1\}. \tag{2.7}$$

L_iH^+ სისტემა დისოცირდება L_i^{++} და H^- ად. ამ სისტემის გამოთვლას, იმავე სქემის მიხედვით, მივყავართ მდგრად სახეობასთან, მაგრამ მისი ენერგია გაცილებით უფრო მაღალია, ვიდრე ენერგია ამათგან პირველი მდგომარეობისათვის (იხ. ნახ. 2). რადგანაც E_I ძალზე განსხვავებულია E_{II}-საგან, ამ მდგო-

მარეობებს შორის ქვანტურ რეზონანსს პრაქტიკულად ადგილი არ აქვს, ე. ი. სისტემის ნორმალურ მდგომარეობას შეესაბამება განზიდვა ნახ. 1-ის მრუდის მიხედვით.

3°. მათემატიკური დამატება: L_iH^+-ის ენერგია, (2.3)-ის თანახმად, შემდეგი მატრიცის ელემენტების ფუნქციაა:

$$(h_{ik})=\left\|\begin{matrix} c & n & n & k & m & m \\ n & c & n & m & k & m \\ n & n & c & m & m & k \\ k' & m' & m' & c' & n' & n' \\ m' & k' & k' & n' & c' & n' \\ m' & m' & k' & n' & n' & c' \end{matrix}\right\|, \quad (3.1)$$



ნახ. 1.—L_iH^+ სისტემის ენერგიის მრუდი ამ შრომის მიხედვით.

×—× იგივე პერტურბაციათა თეორიის მიხედვით.

⊙ წერტილი კნიპის მიხედვით.

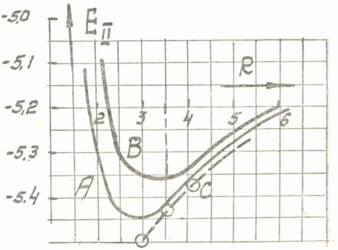
რომელიც L_iH^+ სისტემის ჰამილტონიანისათვის u_1, u_2, u_3, v_1, v_2, v_3 ფუნქციებშია შედგენილი. (3.1) მატრიცაში

$$c=(\zeta^2+1/2)\,\alpha^2+\{-43\zeta/8-1-3K(\rho)-2\zeta K(\zeta\rho)+2L+3/\rho\}\,\alpha,$$

$$c'=(\zeta^2/2+1)\,\alpha^2+\{-3\zeta-11/8-6K(\rho)-3\zeta K(\zeta\rho)+2L+3/\rho\}\,\alpha,$$

$$n=(\zeta SM_a+SM_b-S^2/2)\,\alpha^2+\{-3\zeta S^2-6SM_a-2SM_b-\zeta S^2K(\zeta\rho)+2SI_a+J+3S^2/\rho\}\,\alpha,$$

$$n'=(\zeta SM_a+SM_b-S^2\zeta^2/2)\,\alpha^2+\{-S^2-6SM_a-2SM_b-3S^2K(\rho)+2SI_b+J+3S^2/\rho\}\,\alpha.$$



დანარჩენი k, k', m, m' ელემენტებისაგან E_I და E_{II} დამოუკიდებელია. c, c', n, n'-სათვის მიღებული ფორმულები შეიცავს ურთიერთქმედების ცნობილ ინტეგრალებს, რომელნიც [8,9] შრომების მიხედვით იყო გამოთვლილი.

ნახ. 2. A—L_iH^+ სისტემის ენერგია II შემთხვევაში, როდესაც L_iH^+ დისოცირდება L_i^{++} და H^--ად.

B—იგივე გაცვლითი ინტეგრალის ექსტრაპოლირებული მნიშვნელობისათვის.

C—იგივე $J=0$-სათვის.

$$S=\int(a1)(b1)\,d\tau_1=\frac{3\sqrt{3}}{16}\{(6-3/\rho)\,e^{-\rho}+(2+3/\rho)\,e^{-3\rho}\},$$

$$\alpha K(\rho)=\int(a1)^2/r_{a1}d\tau_1=1/\rho-e^{-2\rho}(1+1/\rho),$$

$$\alpha Z(\rho)=\int (a1)^2 (b1)^2/r_{12}d\tau_2=3\,K(3\,\rho)-\frac{27}{4}\,\rho^2\,\{2\,(B_0A_1-B_1A_0)$$
$$+\rho\,(B_0A_2-B_2A_0)\},$$

$$A_l=A_l\,(4\,\rho),\;\; B_k\equiv B_k(2\,\rho),\;\; A_n(x)=\int_1^{\infty}\lambda^n e^{-\lambda x}d\lambda,\;\; B_k(x)=\int_{-1}^{+1}\lambda^k e^{-\lambda x}d\lambda,$$

$$\alpha M_a=\int (a1)(b1)/r_{a1}d\tau_1=\frac{3\sqrt{3}}{2}\,\rho^2\,\{B_0\,(\rho)\,A_1\,(2\,\rho)-B_1\,(\rho)\,A_0\,(2\,\rho)\},$$

$$\alpha M_b=\int (a1)\,(b1)/r_{b1}d\tau_1=\frac{3\sqrt{3}}{2}\,\rho^2\,\{B_0\,(\rho)\,A_1\,(2\,\rho)+B_1\,(\rho)\,A_0\,(2\rho)\},$$

$$\alpha I_a=\int (a1)^2\,(a2)\,(b2)/r_{12}d\tau_{12}=M_a-\frac{3\sqrt{3}}{4}\,\rho^2\,\{2\,(B_0A_1-B_1A_0)$$
$$+3\,\rho\,(B_0A_2-B_2A_0)\},$$

$$\alpha I_b=\int (b1)^2\,(a2)\,(b2)/r_{12}d\tau_{12}=M_b-\frac{3\sqrt{3}}{4}\,\rho^2\,\{2\,(B_0A_1-B_1A_0)$$
$$+\rho\,(B_0A_2-B_2A_0)\}.$$

გაცვლითი ინტეგრალი

$$\alpha J=\int (a1)\,(b1)\,(a2)\,(b2)/r_{12}d\tau_1 d\tau_2$$

გამოთვლილი იყო რ ო ზ ე ნ ი ს შრომის მიხედვით [9]. ის დადის რიცხვითი გამოთვლებისათვის ხელსაყრელ შემდეგ სახეზე:

$$J=\frac{27}{4}\,\rho^5\,\{(0,0)+(2,2)-(0,2)-(2,0)\},$$

სადაც

$$(r,s)=\sum_{\tau=0}^{\infty}(2\,\tau+1)\,G_\tau^r\,G_\tau^s\sum_{i=0}^{\tau}\,\sum_{j=0}^{\tau}(a_{ij}^{\tau rs}-b_{ij}^{\tau rs}),$$

$$a_{ij}^{\tau rs}=p^i{}_\tau A_{2-s+i}(2\,\rho)\,[p^i{}_\tau F_{2-r+i}(2\,\rho)+q^i{}_\tau A_{2-r+i}(2\,\rho)],$$

$$b_{ij}^{\tau rs}=p^i{}_\tau\,(2-s+j)!(2\,\rho)^{-(3-s+j)}\,[p^i{}_\tau F_{2-r+i}^{2-s+j}\,(4\,\rho)+q^i{}_\tau A_{2-r+i}^{2-s+j}\,(4\,\rho)].$$

დანარჩენი აღნიშვნებისათვის იხ. [9] ფორმულები: (43), (44), (45), (33), (32), (31), (30) და სათანადო ცხრილები I, II და VII.

რიცხვითი გამოთვლები შესაძლებელია ჩატარდეს $\chi=3$-სათვის მეორე მიახლოებამდე ($\tau=0$, $\tau=1$) (შემდეგი მიახლოებები ექსტრაპოლირებული იყო).

დ ა ს კ ვ ნ ა

1. გამოკვლეულია კვანტურმექანიკური ურთიერთქმედება არაეკვივალენტურცენტრებიანი სამელექტრონა ბმის შემთხვევაში LiH^+.

2. განხილულია ორი ზღვრული შემთხვევა—I, $Li^+ \backsim H$ და II, $Li^{++} \backsim H^-$. I მდგომარეობა ძირითადია და შეესაბამება განზიდვას (ნახ. 1). II მდგომარე-

ობა კი გაცილებით უფრო მაღლა მდებარეობს და ესაბამება ურთიერთქმედების მდგრად ტიპს (ნახ. 2).

3. ქვანტური რეზონანსი I და II მდგომარეობათა შორის, მათი შესაბამი ენერგიების დიდად განსხვავებულობის გამო, შეუძლებელია.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 3.2.1950)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. L. T. Pauling. The helium molecule-ion $H_{e_2}^{+}$. Journ. Chem. Phys., VI, 1933, p. 56.
2. Г. С. Гордадзе. О некоторых вековых уравнениях квантовой теории молекул I и II. Труды Института Физики и Геофизики Академии Наук Груз. ССР, т. XI, 1949, стр. 181.
3. Л. Паулинг. Природа химической связи М.—Л., 1947.
4. J. Knipp. The wave-mechanical treatment of LiH molecule. Journ. Chem. Phys. V, 4, 1936, p. 300.
5. G. G. Gordadse. Concerning quantum theory LiH+. Phys. ZS d. Sow. Un., Bd 12, 1938, S. 426—438.
6. В. Кирия. Рассчет взаимодействия системы Li+H. Журн. Эксп. и Теорет. Физ., т. IX, в. I, 1939, стр. 1.
7. Г. Бете. Квантовая механика простейших систем. М.—Л., 1935, стр. 117, форм. (17.17).
8. N. Rosen. The normal state of the hydrogen molecule. Phys. Rev., v. 38, № 12, 1931, p. 2099.
9. N. Rosen. Calculation of interaction between atoms with S-electrons. Phys. Rev., v. 38, № 2, 1931, p. 255.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XI, № 3, 1950

გეოლოგია

ა. ჯანელიძე

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი

კახეთის ქედის ბაიოსის შესახებ

უკანასკნელი ათეულ წლების განმავლობაში კახეთის ქედის გეოლოგიური აგებულებისა და ისტორიის შესწავლამ მნიშვნელოვანი ნაბიჯი გადადგა წინ. კერძოდ, პირველად იქნა აღნიშნული იქ ბაიოსის პორფირიტული წყების არსებობა. კარსტენსმა ამ წყების 5 ნაჩენი შემოხაზა: მდ. თურდოს ზემო წელში; კისის-ხევის სათავეებში; ჩაილურის-ხევის ხეობის მარჯვენა ფერდობზე; მწვერვალ ყარას-წვერის ირგვლივ და, დასასრულ, ჭერემის-ხევის მარჯვენა შენაკადის, თხილის-ხევის ხეობაში. მაგრამ კაცს თვალში ეცემა და ბუნებრივ ეჭვს ბადებს ის გარემოება, რომ ყველა ეს ნაჩენი ერთი ან, მეტ შემთხვევაში, ყველა მხრიდანაც კი ტექტონიკური რღვევის ხაზებით შემოფარგლული იგულისხმება. ასეთი წარმოდგენა არაბუნებრივი ჩანს და მისი ფაქტიური საფუძვლების საველე პირობებში შემოწმებას მოითხოვს.

1943 წელს მე შემთხვევა მომეცა თურდოს ერთ-ერთი დიდი მარჯვენა შენაკადის კალაპოტით ფსიტიან-ციხის ნანგრევების ძირში გამევლო. მშვენიერ გაშიშვლებაში, რომელიც ტოპოგრაფიულ რუკაზედაც კი არის აღნიშნული, როგორც ქარაფი, მასივი ქანის კარგი ნაჩენი გვაქვს. ეჭვი არ არის, რომ კარსტენსის შუა იურის პორფირიტული წყების პირველი ნაჩენი სწორედ ეს არის. მაგრამ გარდა იმისა, რომ ნაჩენის მდებარეობა რამოდენადმე განსხვავდება კარსტენსის მიერ აღნიშნულისაგან, თვით ქანის ხასიათიც პორფირიტული წყებისთვის ძლიერ უჩვეულო არის. ასიოდე მეტრის სიმაღლე თითქმის შვეული კლდე აგებული არის მუქი მასივი ქანისაგან, რომელიც პირველი შეხედვით ძლიერ ჰგავს პორფირიტულ ტუფ-ბრექჩიას. მაგრამ უფრო ახლოს დათვალიერებისას ირკვევა, რომ ეს ბრექჩია, რომელიც ძირითადად მართლაც პორფირიტული ქანების ნამტვრევებისგან შედგება, მათ გვერდით კირქვის კაჭარსაც შეიცავს, განსაკუთრებით გაშიშვლების ზედა ნაწილში. რადგან ასეთი ბრექჩია პორფირიტულ წყებაში არსად ცნობილი არ არის და რადგან, მეორე მხრით, კირქვის ჩანართები ცარცულ კირქვებს წააგვანან, ბრექჩიის იურული ასაკი, ბუნებრივია, საეჭვოდ მივიჩნიე, რადგან, მეორე მხრით, კარსტენსის პორფირიტული იურის ნაჩენებს ყველგან თან ახლავს კინტის წყება, რომელსაც ავტორი ზედა ეოცენად ათარიღებს, აზრიც კი დამებადა, შუა ეოცენის ვულკანიზმის გამოვლინებასთან ხომ არა გვაქვს საქმე-მეთქი. მაგრამ ასეთ შეხედულე-

ბას ეწინააღმდეგებოდა ის გარემოება, რომ კარსტენსი კახეთის ქედის პორფირიტული იურიდან ფაუნასაც ასახელებს. მართალია, მის მიერ მოცემული სია ხანდო არ ჩანს (*Aucellina* შუა იურაში!), მაგრამ ამონიტების არსებობა, თუ ისინი კირქვის ჩანართებიდან არ იქნებოდნენ აღებული, წყების ეოცენურ ასაკს სავსებით გამორიცხავს. შეიძლებოდა, რა თქმა უნდა, ცარცულ ვულკანიზმზეც გვეფიქრა.

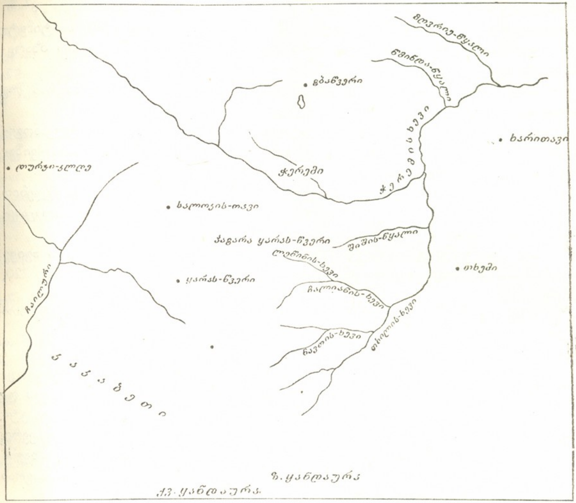
რამდენიმე წლის შემდეგ გეოლოგმა ვ. *ედილაშვილმა* სოფ. ფხოვლის მიდამოებში (კარსტენსის მიერ შესწავლილი რაიონის აღმოსავლეთი კიდე) მუშაობის დროს აღწერა იქ კირქვების ბრექჩია და შიგ ვულკანოგენური მასალა, სინქრონული ვულკანიზმის პროდუქტი. ბრექჩია შიგ ნაპოვნი ორბიტოიდების მიხედვით მაასტრიხტულად დაათარიღა და ვულკანური მასალაც იმავე დროს მიაკუთვნა. დასასრულ, კარსტენსის პორფირიტული წყება ამ ნალექების იდენტურად მიიჩნია და ხსენებული ავტორის მიერ აღნიშნული ბაიოსის ყველა ნაჩენი მაასტრიხტულადვე ჩასთვალა.

ამრიგად, საკითხი თითქო დამაკმაყოფილებლად გადაწყდა. მაგრამ ისიც უნდა ითქვას, რომ ფხოველში წარმოებული დაკვირვებანი, სადაც კარსტენსს იურა არც აღუნიშნავს, აქ ამ ავტორის მიერ აღწერილ ყველა უბანზე არის გავრცელებული და, მეორე მხრით, მის მიერ დასახელებულ ფაუნასაც ანგარიში არ ეწევა.

გასულ ზაფხულზე მე საშუალება მომეცა სოფ. ჰერემის მიდამოს გავცნობოდი, კახეთის ქედის ცენტრულ ნაწილში. სწორედ აქ მდებარეობს კარსტენსის პორფირიტული წყების ორი ნაჩენი: ყარას-წვერისა და თხილის-ხევის. რადგან ჩემი მარშრუტული დაკვირვებები საშუალებას იძლევიან ხსენებულ საკითხში მეტი გარკვეულობა შევიტანოთ და მის საბოლოო გადაჭრისაკენ კიდევ ერთი ნაბიჯი გადავდგათ, მე შესაძლოდ მივიჩნიე ამ პატარა ცნობის გამოქვეყნება. რაიონის აქვე დართული სქემა (სურ. 1) მკითხველს ადგილის დამხრობაში დაეხმარება.

თხილის-ხევის ნაჩენი. ჰერემის-ხევის მარჯვენა შენაკადის, თხილის-ხევის, ფართო ჭალას ორივე მხრით მაღალი და დელუვიონითა და მცენარეულობით დაფარული ფერდობები მიჰყვება. როგორც იშვიათი გაშიშვლებები გვიჩვენებენ, ეს ფერდობები იმავე ცისფერი მერგელოვანი თიხებისა და ქვიშაქვების მორიგეობით არის აგებული, როგორითაც ჰერემის-ხევის ხეობა თხილის-ხევის შესართავს ქვემოთ (ძირითადად თეთრა-ხევის წყება და აგრეთვე ნავთის-ხევის წყების თხლის ფერი თიხები). დაქანება, ეტყობა, საერთოდ $NNO \angle 60-70^{\circ}$ უნდა იყოს. სანამ წყალამა ხეობის უეცარ მოხვეულთან მივიდოდეთ, გამოჩნდება კარგად გაშიშვლებული ნაოჭი. თვით მოხვეულთან მასივი პორფირიტული ტუფბრექჩია შიშვლდება. ქანი მუქი არის, თითქმის შავი, წითელი ლაქებით. შიგ კვარცის ძარღვი ჩანს. მსგავსივე გაშიშვლებები არის ხევ-ალმაც, ჯერ მხოლოდ მარჯვენა ნაპირზე და ჩალიანის-ხევის (თხილის-ხევის მარცხენა შენაკადი არის) შესართავთან მარცხენაზედაც. უკანასკნელ ადგილას ტუფბრექჩიას ახლავს მაგარი, ზოლური ქვიშაქვის დასტა. ზედაპირზე

ქანი მომწვანო-მურა ან ჟანგის ფერი არის. დაქანება N∠60°. ტუფბრექჩიასაც და ქვიშაქვასაც ტიპიური ბაიოსური იერი აქვს.



სურ. 1

ამ წყების გაშიშვლებები გრძელდება ზემოთაც, სადაც თხილის-ხევს ისევ მერიდიანული მიმართულება აქვს. მდინარე ვიწრო ხეობაში არის მომწყვდეული მაღალ და შვეულ კლდოვან ნაპირებს შუა. სანამ ნავთის ხევის (თხილის-ხევის შემდეგი მარცხენა შენაკადია) შესართავთან მივიდოდეთ, ხეობა ისევ ფართოვდება, რაც იმის მაჩვენებელი არის, რომ ტუფბრექჩიები უფრო რბილმა ქანებმა შესცვალეს, მაგრამ გაშიშვლებები აქ არ არის.

რაკი ნავთის-ხევის შესართავს ცოტა გავსცდებით, პატარა გაშიშვლებაში თხილის-ხევის მარჯვენა ნაპირზე გამოჩნდება ქანი, რომელიც სავსებით ჰგავს დასავლეთ საქართველოს ზედა ბაიოსის „მწვანე ფიქლებს“. დაქანება—SSW 190°∠60°. შემდეგ კარგ გაშიშვლებებში იწყება ქვედა ცარცის მერგელოვანი თიხები მეტ-ნაკლებად კირქვოვანი ქვიშაქვების შუა შრეებით. წოლის ელემენტები დასაწყისში იგივეა, როგორც „მწვანე ფიქლებში“.

თხილის-ხევის შემდეგ მარცხენა შენაკადამდე ყველა გაშიშვლება ამ წყებისა არის, ხსენებული შენაკადის შესართავში კი შიშვლდება ქვიშაქვა, რომელსაც ბრექჩიის ფენა მოჰყვება. ქვიშაქვა ზედაპირზე მურა-რუხი არის, არამკაფიოდ შრეებრივი. ცალკეული შრეების სისქე 10-დან 30 სანტიმეტრამდე იქნება. დაშრევების ზედაპირები ძნელი გასარჩევია განწევრების ბზარებისაგან. დაქანება—SSW 190°∠60°.

ბრექჩია ძირითადად ვულკანოგენური მასალისაგან შედგება, მაგრამ შიგ არის თეთრი და წითელი კირქვის ნატეხებიც.

ცოტა ზემოთ გამოჩნდება მაასტრიხტული ტიპის კირქვები ვულკანოგენური ბრექჩიის ჩანართებით და თეთრი და წითელი კირქვის ლინზებით ქვიშაქვებსა და ვულკანოგენური შედგენილობის ბრექჩიებში.

კიდევ ზემოთ—მარცვლოვანი კირქვები გლაუკონიტის შავი წინწკლებით (პროფ. ძოწენიძის განსაზღვრა). ცალკეული შრეების სისქე 5—25 სმ, დაქანება N∠60—70°.

აქ ხევს ყანდაურიდან ჭერემს მიმავალი გზა ჰკვეთს. გზას ზემოთ იგივე კირქვებია, მხოლოდ უფრო სქელშრეებრივი. დაქანება SSW 205—210°, 220, 210°.

მცირე ხარვეზის შემდეგ იწყება ცისფერი მერგელები კირქვის იშვიათი შუაშრეებით.

„მაასტრიხტული" კირქვა, ზოლური,—30 სმ.

ბრექჩიის შრე 40—50 სმ სისქე. ქანი ძირითადად თეთრა-ხევის მერგელების მასალისგან შედგება, მაგრამ შიგ არის მკვრივი მარცვლოვანი კირქვის და მუქი ვულკანიტის ნატეხებიც. უკანასკნელთა დიამეტრი რამდენიმე მილიმეტრიდან რამდენიმე სანტიმეტრამდე ადის. ბრექჩიის ფერი მორუხო-ცისფერი არის, მუქი. გამოფიტული ზედაპირი მურა-რუხია, ჭრელი. აშკარაა, ეს ხევის შესართავთან ნახული ბრექჩიის ჰომოლოგია სინკლინის მეორე ფრთაში, მაგრამ უფრო თხელი და წვრილმარცვლოვანი.

ბრექჩიას მოსდევს თეთრა-ხევის მერგელები კირქვიანი ქვიშაქვებით, რომლებზედაც ბრექჩია სრული თანხმობით არის განლაგებული. მერგელების დაქანება SW 225°, 230°, 230°, 225°, 230°, 230°, 230°∠60°.

ბოლოს, ხევის სათავეში ყველაფერი იფარება ცივის წყების კონგლომერატების მძლავრ დელუვიონს ქვეშ (როგორც ჩანს, ეს უნდა იყოს კარსტენსის „ბაქოური ტერასი").

ამით თავდება ეს მარშრუტი. იმავე უბნის მეორე ნაჩენი ჩალიანის ხევში შეიძლება გავიცნოთ.

ამ ხევის მარცხენა ნაპირზე, მისი თხილის-ხევთან შერთვის ცოტა ზემოთ, პატარა ტერასისებრი საფეხური არის და შემდეგ დამრეცი ფერდობი იწყება. ეს ფერდობი ისევე, როგორც მთელი მაღლობი ჩალიანის-ხევსა და შიშის-წყალს შუა, პორფირიტული წყების ქანებით არის აგებული. აქ ეს არის მუქი ტუფოგენური ქვიშაქვები და შემდეგ მასივი ტუფბრექჩია. ჩალიანის ხევში ამ წყებას მოჰყვება კარბონატული ქანი, რომელიც კალაპოტისკენ შიშვლდება კოდმეში.

ცოტა ზემოთ მას სცვლის 5—10 სანტიმეტრის სიდიდე ნამტვრევებისგან შემდგარი ტუფბრექჩია.

შემდეგ კოდმის ასწვრივ ისევ მომწვანო ფიქლებრივი კარბონატული ქანია შიგ გაფანტული ტუფბრექჩიის კაჭარით (დიამეტრი სანტიმეტრ-ათეულები).

აქ გვხვდება მასივი ტუფბრექჩიის ლოდი. კირქვის პატარა ჩანართები მოწმობენ, რომ ეს დანალექი ბრექჩია არის, პორფირიტული ქანებისა და კირქვების გადარეცხვის ხარჯზე წარმომდგარი. შემდეგ ამ მწვანე ფიქლებრივ ქანში კირქვის ბრექჩიის შუაშრეები გამოერევა. ბრექჩიის ცალკე შრეების სისქე 10—40 სმ იქნება.

ამას მოჰყვება მასივი, ძლიერ დაბზარული და ამის გამო ბრექჩიის მსგავსი ზოოგენური კირქვის ლოდი, „ტიტონურის“ ტიპის. დიამეტრი დაახლოებით 2 მ. ყველაფერი ეს მცირე მანძილზე არის გაშიშვლებული ბექში. გაშიშვლების მცირე შეწყვეტის შემდეგ ისევ მომწვანო, სუსტად კარბონატული ფიქლებრივი ქანი. გამოფიტული ზედაპირი კრემის ფერი არის. ალაგ მურა ბრკე. დაქანება SO. ხარვეზი გაშიშვლებაში და ისევ

ფიქლებრივი ქანი. დაქანება NW 300°, ცოტა ზემოთ შვეული. ერთხანს გაშიშვლება არ არის. შემდეგ კი იწყება ისევ

კარბონატული ფიქლები. ჰარბობს ღია მომწვანო ფერი. მიუხედავად მეწყრებისა, შეიძლება ითქვას, რომ დაქანება დიდია.

ასიოდე ნაბიჯით ზემოთ გამოჩნდება დაწვრილნაოჭებული წითელი თიხები. მარილმჟავა ზედ არ მოქმედობს. მიმართება თითქო ჩრდილო-აღმოსავლური უნდა იყოს.

ჩალიანის-ხევის მარცხენა შენაკადის, ლეწინის-ხევის, შესართავამდე ჩალიანის მარჯვენა ნაპირს წითელი ფიქლებრივი თიხები მისდევს.

ლეწინის-ხევში შესართავის ცოტა ზემოთ გაშიშვლებულია იგივე მოწითლო ქანი და შემდეგ იწყება კირქვიანი ქვიშაქვებისა და მომწვანო თიხოვანი შრეების მორიგეობა.

თვით ჩალიანის-ხევის კალაპოტში ნამტვრევი მასალა შედგება უკულმართის (სენომანური) და მაასტრიხტულის ტიპის კირქვებისა და ქვიშაქვებისაგან და ქვედა ცარცის კირქვებისა და მერგელებისგან. გამოერევა აგრეთვე ტურონული წითელი კირქვა (მარგალიტის კლდის წყებიდან) და ანანურის ჰორიზონტის მუქი კაჟი. პორფირიტული წყება ნაპირის გასწვრივ არსად არ შიშვლდება, მაგრამ სათანადო ქანების ღორღი კალაპოტში იშვიათი არ არის.

ლეწინის-ხევის შესართავს ზემოთ ჩალიანის ხევის ნაპირები 1 კილომეტრის მანძილზე ქვედა ცარცის (თეთრა-ხევის წყება) მერგელებითა და კირქვიანი ქვიშაქვებით არის აგებული.

ყ ა რ ა ს-წ ვ ე რ ი ს ნ ა ჩ ე ნ ი. სოფ. ჭერემის რაიონში ალაზნისა და იორის აუზების წყალგამყოფი ხაზი მიჰყვება სერს ჯერ (NW ნაკვეთი) სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით ჭერემის ხევის პარალელურად და დაახლოებით ერთი კილომეტრის დაშორებით უკანასკნელისგან, მაგრამ მწვერვალ სალოკის-თავის მერიდიანზე სამხრეთისკენ უხვევს. სალოკის-თავიდან მწვერვალ „მალკორას“ წვერამდე[1] წყალგამყოფი ისევ სამხრეთ-აღმოსავ-

[1] ასე ეწოდება მას რუკაზე, ხოლო მოსახლეობისათვის ეს სახელი უცნობი არის. შეიძლება ეს იყოს დამახინჯებული Малая Карас Цвери—პატარა ყარას-წვერი.

ლეთისკენ მიდის, მაგრამ შემდეგ ყარას-წვერზე და უსახელო მწვერვალზე გავლით ქვემო ყანდაურისკენ, ე. ი. კვლავ სამხრეთისკენ მიემართება. საურმე გზა, რომელიც წყალგამყოფს მიჰყვება, ხსენებული უსახელო მწვერვალიდან ქვევით ჩადის პატარა უნაგირასა და მინდორზე, სადაც მას ჭერემიდან მომავალი გზა უერთდება. ამ უნაგირის ჩრდილო მხარეზე გზა შედის ტრანშეაში, რომლის გასწვრივაც მკვიდრი ქანები გაშიშვლებული არიან.

გზის მარცხნივ (ჩრდილოეთისკენ თუ მივდივართ) შიშვლდება ცივის წყების კონგლომერატები. ფუძეში ჭარბობს ადგილობრივი წარმოშობის მსხვილი მასალა, სუსტად დარგვალებული ან კუთხედი.

გზაზე, უშუალოდ კონგლომერატს ქვეშ, მკვრივი რუხი არკოზული ქვიშაქვა. შრეების სისქე 15 სმ არის, დაქანება NW325°, მცირე.

შემდეგ გაშიშვლება ≠ არის, მაგრამ დაახლოებით 40 ნაბიჯზე გამოჩნდება ტუფბრექჩია (?).

კიდევ 40 ნაბიჯი და იწყება მასივი პორფირიტული ტუფბრექჩიის კარგი გაშიშვლება. წვრილსა და მსხვილ კუთხედ მასალაში იშვიათად ნაგორებიც გამოერევა.

ტუფბრექჩიას მიჰყვება წმინდამარცვლოვანი მკვრივი თიხიანი ქვიშაქვები, ოკრიბის ზედა ბაიოსის „მწვანე ქვიშაქვებისა და ფიქლების“ მსგავსი. ქანის ფერი მომწვანო რუხია, ბზარებში იისფერ-შავი გამონაფენით. ჩანს დაქანებაც: SW 255° მცირე კუთხით.

შემდეგ კვლავ ტუფბრექჩია (თუ ლავა) არის, თანხმობით განლაგებული, და მკვრივი შრეებრივი ქვიშაქვები. დაქანება SW. ორასიოდე ნაბიჯის მანძილზე აქედან, ყარას-წვერის სამხრეთით მდებარე ფართო უნაგირაზე ჩასვლისას, ამ შრეებში პოვნილ იქნა *Phylloceras sp. ind*, *Astarte cf. minima* Quenst., *Posidonia Buchi* Roem. (პროფ. ი. კ ა ხ ა ძ ი ს განსაზღვრა) და სხვა ორსაგდულიანები და აგრეთვე მცენარეული ნაშთებიც. ფაუნა ცუდი დაცული არის, მაგრამ აშკარა ბაიოსურ იერს ატარებს.

ამ უნაგირაზე ამოდის გზა ჭერემიდან. თუ ამ გზას ქვევით ჩავჰყვებით, ჯერ იმავე ქვიშაქვებში მოგვიხდება სვლა, მაგრამ მალე მათ თეთრა-ხევის ცისფერი კარბონატული თიხები შესცვლის (გადაეფარება). შემდეგ დაღმართზე ერთიმეორეს მოწყვეტილ გაშიშვლებებში გვხვდება უკულმართის, ანანურის ჰორიზონტის (კაჭარის სახით), მარგალიტის კლდის და მაასტრიხტულის (?) შრეები. ეს ნალექები გაშლილ ნაოჭებსა ჰქმნიან და სისქე მცირე აქვთ.

თუ ისევ ზემოთ აღწერილ უნაგირას დავუბრუნდებით, უნდა აღვნიშნოთ, რომ იქ, როგორც თვით გზაზე, ისე, განსაკუთრებით, მის გვერდით ტყეში ხშირი არის „მაასტრიხტული“ ტიპის ან ზოოგენური „ტიტონური“ კირქვების კაჭარი. ზოგჯერ ეს საკმაოდ მოზრდილი ლოდებია. მათი სადაურობის გამოსარკვევად ავუხვიე ყარას-წვერზე. აღმოჩნდა სამარხილე გზაც, რომელიც ღვარების მიერ ძლიერ ჩამორეცხილი არის და კარგს გაშიშვლებას წარმოადგენს, მგონი, ერთადერთსაც. ჯერ იგივე მწვანე ქვიშაქვებისა და ფიქლების წყება

არის. სანამ შუა აღმართამდე მივიდოდეთ, მათ სრულიად მსგავსი, მაგრამ კარბონატული ქანები სცვლის, რომლებზედაც მარილმჟავა უკვე მოქმედებს. ამ წყებაში ჩნდება „მაასტრიხტული“ კირქვის შუაშრეები და ლინზები „ტიტონური“ კირქვის კაჭრით, რაც ნებას გვაძლევს კირქვის შრეების ბრექჩიული ხასიათი დავასკვნათ. ისეთსავე ხასიათს ინარჩუნებს წყება ყარასწვერის თხემამდე, სადაც ყურადღებას იპყრობს ტყეში იმავე კირქვების ლოდები, როგორც ჩანს, ეროზიის მიერ ბრექჩიის შრეებიდან იზოლებული.

მსგავსი ლოდები, და მათ შორის საკმაოდ დიდებიც, გვხვდება სალოკისთავისკენ მიმავალ გზაზედაც. უფრო შორს ჩრდილო-დასავლეთით ჩაილურისუსახელო შენაკადის ხრამს წყალგამყოფიდან გზა ჩასდევს. აქ დასაწყისში თეთრა-ხევის მერგელიანი წყება გვაქვს, შემდეგ „მწვანე ქვიშაქვები და ფიქლები“ გამოჩნდება და მალე ისევ თეთრა-ხევის წყება. ეს უკანასკნელი ფერდობის ძირში ჩასვლისას იფარება ტრანსგრესიული სარმატით, რომელსაც თანდათანობით ცივის წყების კონგლომერატები სცვლიან. ამრიგად, ხევის გასწვრივ მკვიდრი ნაჩენების სახით ცარცი მარტო თეთრა-ხევის წყებით არის წარმოდგენილი, მაგრამ კალაპოტში მაასტრიხტული და ტიტონური კირქვებისაგან შემდგარი ბრექჩიის დიდი, ზოგჯერ ძლიერ დიდი, ლოდები გვხვდება.

დ ა ს კ ვ ნ ე ბ ი. ჩამოთვლილი, მრავალი მხრივ არასრული დაკვირვებანი მაინც ნებას იძლევიან ზოგი დასკვნები გამოვიტანოთ და მათ შორის ისეთებიც, რომელნიც საეჭვო არ არიან.

როგორც თხილის-ხევში, ისე ყარას-წვერზე გაშიშვლებული ვულკანოგენური წყების ქანები სავსებით ანალოგიური არიან ბაიოსის ტიპიური პორფირიტული წყებისა. კერძოდ, კირქვის მასალა მასში არსად მოიპოვება.

ორივე შემთხვევაში ეს ქანები თეთრა-ხევის ცარცული წყებით იფარება ყოველივე ტექტონიკური უთანხმოების გარეშე. ბევრგან პორფირიტული წყების ზედა ნაწილის არაკარბონატული მწვანე ფიქლები სრული ლითოლოგიური თანდათანობით გადადის თეთრა-ხევის მერგელოვან ფიქლებრივ თიხებში. თეთრა-ხევის ქვედა შრეების ხასიათი პორფირიტული მასივების ახლოს ჩვეულებრივ მეტ-ნაკლებად შეცვლილი არის.

ტრანსგრესიული „მაასტრიხტი“, რომლის ფუძეში ნარევი ბრექჩიები მეტად თუ ნაკლებად მნიშვნელოვან როლს თამაშობს, უშუალოდ ადევს პორფირიტული მასივების უფრო აწეულ უბნებს (ჩალიანის-ხევის მარცხენა ნაპირის ბრექჩიების ასაკის საკითხი გამორკვეულად ვერ ჩაითვლება: შეიძლება მისი ასაკი მაასტრიხტულზე უფრო ძველიც იყოს და თვით თეთრა-ხევის ან უკუღმართის ტრანსგრესიას უკავშირდებოდეს).

დასასრულ, ყარას-წვერთან შეკრებილ მცირეოდენ ფაუნას უეჭველად ბაიოსური იერი აქვს.

ყოველივე ეს სრულ საფუძველს მაძლევს დავასკვნა, რომ თხილის-ხევის ხეობაშიც და ყარას-წვერთანაც ნამდვილ შუა იურის პორფირიტულ წყებასთან გვაქვს საქმე.

ჩალიანის-ხევის შესართავთანაც, თხილის-ხევის (მისი მარცხენა უსახელო შენაკადი) სათავეშიაც და ყარას-წვერზედაც ტრანსგრესიული წყება იწყება ბრექჩიით, რომელიც ვულკანოგენური და კირქვების მასალისაგან შედგება სხვადასხვა პროპორციით. სოფ. ფხოველის მიდამოებში ამ ჰორიზონტში ვ. ედილაშვილმა იპოვა ორბიტოიდები, რომელნიც ი. კაჭარავამ განსაზღვრა როგორც მაასტრიხტულნი. ამის მიხედვით ჩვენ შეგვიძლია ჭერემის რაიონის ეს ტრანსგრესიული წყებაც მაასტრიხტულს მივაკუთვნოთ. მხოლოდ ეს კია, რომ „მაასტრიხტული ტიპის" კირქვები თვით ამ ბრექჩიაშიც გვხვდება მეორადად განლაგებული და ამიტომ უკანასკნელი დასკვნა მთელ ამ ფაციესზე არ შეიძლება გავავრცელოთ.

ბრექჩიების ნარევი შედგენილობა მათ დანალექ ბუნებასთან არის დაკავშირებული. ამას ადასტურებს ბრექჩიების პორფირიტულ წყებასთან ურთიერთობაც. მაგრამ საჭირო არის დაისვას კითხვა, ბრექჩიების ვულკანოგენური მასალა მთლიანად პროფირიტული წყების ხარჯზე არის წარმომდგარი, თუ ამ დროს სინქრონულ ვულკანურ აქტივობასაც ჰქონდა ადგილი? უკანასკნელ შეხედულებაზე დგას ვ. ედილაშვილი, რომელმაც ამ თვალსაზრისით ფხოველის რაიონის ვულკანოგენური წყება შეისწავლა.

გ. ძოწენიძის მიერ ჩვენი მასალას შესწავლამაც გამოარკვია, რომ, თუმცა ორივე ზემოხსენებული ვულკანოგენური მასივი დასავლეთ საქართველოს პორფირიტული წყებისათვის ტიპიური ქანებისაგან შედგება და ბრექჩიებშიაც იგივე ქანები არის, მაგრამ მათთან ერთად გვხვდება ოლივინური ბაზალტიც, რომელიც ქუთაისის რაიონის ზედა იურისა და შუა ცარცის ქანებს მოგვაგონებს. საჭირო არის დამატებითი დაკვირვებანი.

მეორე მხრით, ჭერემის რაიონის პორფირიტული წყების ხასიათი კიდევ მეტად აძლიერებს ეჭვებს ფსიტიან-ციხის ნაჩენის შესახებ. უნებურად გვებადება აზრი, რომ იქ, მთლიანად ან ნაწილობრივ, ჭერემის რაიონის მაასტრიხტულის ფუძის ბრექჩიის ანალოგიური დანალექი ბრექჩია უნდა გვქონდეს. საჭირო არის ამ თვალსაზრისით გადასინჯულ იქნეს პორფირიტული იურის ეს და სხვა ნაჩენები, კარსტენსის მიერ აღნიშნული.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

(რედაქციას მოუვიდა 14.10.1949)

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XI. № 3, 1950

ტექნიკა

ე. სეხნიაშვილი

თავისუფალი რხევის სიხშირის განსაზღვრა ცვლადი სიხისტის ღეროსათვის

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ზავრიევმა 2.6.1949)

სიძნელეს არ წარმოადგენს თავისუფალი რხევის სიხშირის განსაზღვრა მუდმივი კვეთის კოჭისათვის [1, 2, 3], მაგრამ საინჟინრო პრაქტიკაში ძალიან ხშირად გვხვდება ამოცანები, რომლების გადასაწყვეტად ცვლადი კვეთის ღეროების რხევის თეორიას უნდა მივმართოთ. ასეთი ღეროების რხევის დიფერენციალურ განტოლებას აქვს შემდეგი სახე [1]:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[EI(x)\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}\right]+m(x)\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}=0, \tag{1}$$

სადაც $EI(x)$ კოჭის სიხისტეა ღუნვის დროს, $m(x)$—კოჭის გრძივ ერთეულზე მოსული მასა.

მხოლოდ ზოგიერთ განსაკუთრებულ შემთხვევაში [1] შეიძლება მოინახოს (1) განტოლების ამოხსნა ცნობილი ფუნქციების საშუალებით. ჩვეულებრივად კი ასეთი ამოცანების ამოხსნის დროს თავისუფალი რხევის სიხშირის განსაზღვრისათვის სარგებლობენ მიახლოებითი მეთოდებით, მაგალითად, რელეი-რიცის მეთოდით.

ამ სტატიაშიც ცვლადი სიხისტის ღეროების რხევის ამოცანა ამოიხსნება მიახლოებითი ხერხით, თავისუფალი რხევის გალიორკინის განტოლების საშუალებით [4].

ცნობილია, რომ გალიორკინის მეთოდში საძიებელი ფუნქცია მიიღება შემდეგი მწკრივის სახით

$$y=\sum_{i=1}^{n}a_i\varphi_i, \tag{2}$$

რომელიც უნდა აკმაყოფილებდეს ყველა სასაზღვრო პირობას. ამასთან დაკმაყოფილებული უნდა იქნეს პირობა

$$\int_0^l L(x, y, y', y'', \dots)\,\varphi_k dx=0 \quad (k=1,\ 2, \dots,\ n), \tag{3}$$

სადაც $L(x, y, y', y'', \dots)$ არის ამოსახსნელი დიფერენციალური განტოლება.

მივიღოთ, რომ რხევის დროს ღეროს გადახრა ხასიათდება ფორმულით

$$v=y(x)\cos kt. \tag{4}$$

(4)-ის (1)-ში ჩასმით მივიღებთ:

$$\frac{d^2}{dx^2}\left(EI\frac{d^2y}{dx^2}\right)-mk^2y=0. \tag{5}$$

მაშასადამე,

$$L[y]\equiv(EIy'')''-mk^2y=0. \tag{6}$$

თუ (2)-ს შევიტანთ (5)-ში და შემდეგ (3)-ში, მივიღებთ შემდეგი სახის n განტოლებას:

$$\int_0^l [(EI\Sigma a_i\varphi''_i)''-mk^2\Sigma a_i\varphi_i]\,\varphi_k dx=0 \quad (i, k=1, 2, \dots n), \tag{7}$$

ჯამების გახსნის შედეგად გვექნება:

$$\left.\begin{aligned} &a_1\int_0^l [(EI\varphi''_1)''\,\varphi_1-mk^2\varphi_1^2]\,dx+a_2\int_0^l [(EI\varphi''_2)''\,\varphi_1-mk^2\varphi_2\varphi_1]\,dx+\cdots=0,\\ &a_1\int_0^l [(EI\varphi''_1)''\,\varphi_2-mk^2\varphi_1\varphi_2]\,dx+a_2\int_0^l [(EI\varphi''_2)''\,\varphi_2-mk^2\varphi_2^2]\,dx+\cdots=0.\\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

აქ a_i უცნობი პარამეტრებია, k^2—უცნობი სიხშირეების კვადრატი. თუ აღვნიშნავთ:

$$\delta_{ik}=\int_0^l [(EI\varphi''_i)''\,\varphi_k-mk^2\varphi_i\varphi_k]\,dx,$$

მაშინ (8) ასე გადაიწერება:

$$\left.\begin{aligned} &a_1\delta_{11}+a_2\delta_{12}+\cdots+a_n\delta_{1n}=0,\\ &a_1\delta_{21}+a_2\delta_{22}+\cdots+a_n\delta_{2n}=0,\\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\ &a_1\delta_{n1}+a_2\delta_{n2}+\cdots+a_n\delta_{nn}=0, \end{aligned}\right\} \tag{9}$$

ამასთან $\delta_{ki}=\delta_{ik}$.

(9) სისტემის დეტერმინანტის ნულთან გატოლებით მივიღებთ სიხშირის განტოლებას, რომლის საშუალებით შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს სხვადასხვა ტონის სიხშირეები.

პირველ მიახლოებაში ($n=1$) გვექნება:

$$\int_0^l [(EI\varphi''_1)''\,\varphi_1-mk^2\varphi_1^2]\,dx=0. \tag{10}$$

(10) განტოლების გამოყენებით განისაზღვრება რხევის ძირითადი სიხშირე.

მაგრამ (2) მწკრივში ფუნქციების, კერძოდ φ_1-ის, შერჩევა წარმოადგენს ძირითად სიძნელეს ვარიაციულ მეთოდში და, მათ შორის, გალიორკინის მე-

თოდშიაც. ასე, მაგალითად, ადვილი არ არის შერჩეულ იქნეს მწკრივი (2) კონუსისებური ღეროს რხევის სიხშირის ამოხსნისათვის, ან მრუდესარტყლიანი კოჭის რხევის სიხშირის ამოხსნისათვის და სხვა.

სოლისებური კონსოლის (ნახ. 1) რხევის ძირითადი სიხშირის განსაზღვრის მაგალითზე განვიხილოთ, თუ როგორ შეიძლება გაადვილდეს ეს ამოცანა. აღმოჩნდა, რომ თუ φ_1 საძიებელ ფუნქციას მივიღებთ სოლის გაღუნული ღერძის განტოლების სახით მის სტატიკურ მდგომარეობაში, შედეგი საკმაოდ დამაკმაყოფილებელი იქნება. ამ განტოლების ჩაწერისათვის ვსარგებლობთ საწყისი პარამეტრების მეთოდით [6].

გაღუნული ღერძის განტოლება ჩაიწერება მაკლორენის მწკრივის სახით:

$$y=y_0+y'_0\frac{x}{1!}+y''_0\frac{x^2}{2!}+y'''_0\frac{x^3}{3!}+\cdots \tag{11}$$

ცვლადი კვეთის კოჭებისათვის გვაქვს:

$$\left.\begin{aligned}
&y'_0=\alpha_0,\\
&y''_0=-\frac{M_0}{EI_0},\\
&y'''_0=-\frac{1}{EI_0}\left[M_0\left(\frac{I_0}{I}\right)'_0+Q_0\right],\\
&y^{IV}=-\frac{1}{EI_0}\left[M_0\left(\frac{I_0}{I}\right)''_0+2Q_0\left(\frac{I_0}{I}\right)'_0-q_0\right],\\
&y^{V}=-\frac{1}{EI_0}\left[M_0\left(\frac{I_0}{I}\right)'''_0+3Q_0\left(\frac{I_0}{I}\right)''_0-3q_0\left(\frac{I_0}{I}\right)'_0-q'_0\right],\\
&y^{VI}=-\frac{1}{EI_0}\left[M_0\left(\frac{I_0}{I}\right)^{IV}_0+4Q_0\left(\frac{I_0}{I}\right)'''_0-6q_0\left(\frac{I_0}{I}\right)''_0-\right.\\
&\qquad\left.-4q'_0\left(\frac{I_0}{I}\right)'_0-q''_0\right],\\
&y^{VII}=-\frac{1}{EI_0}\left[M_0\left(\frac{I_0}{I}\right)^{V}_0+5Q_0\left(\frac{I_0}{I}\right)^{IV}_0-10q_0\left(\frac{I_0}{I}\right)'''_0-10q'_0\left(\frac{I_0}{I}\right)''_0\right.\\
&\qquad\left.-5q''_0\left(\frac{I_0}{I}\right)'_0-q'''_0\right],\\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots
\end{aligned}\right\} \tag{12}$$

აქ y_0, α_0, M_0, Q_0, q_0, I_0 არის ჩაღუნვა, კვეთის მობრუნების კუთხე, მღუნავი მომენტი, გადამჭრელი ძალა, დატვირთვის ინტენსივობა და კვეთის ინერციის მომენტი კოორდინატების დასაწყისში.

განსახილავი შემთხვევისათვის გვაქვს:

$$\begin{aligned}
&h_x=h_0(1-\xi);\quad I_x=I_0(1-\xi)^3,\\
&q_x=q_0(1-\xi);\quad m_x=m_0(1-\xi),
\end{aligned} \tag{13}$$

ნახ. 1

სადაც
$$\xi=\frac{x}{l}.$$

აქედან
$$\left.\begin{aligned}&\left(\frac{I_0}{I}\right)_0'=\frac{3}{l};\ \left(\frac{I_0}{I}\right)_0''=\frac{3\cdot4}{l^2};\ \left(\frac{I_0}{I}\right)_0'''=\frac{3\cdot4\cdot5}{l^3};\\&\left(\frac{I_0}{I}\right)_0^{IV}=\frac{3\cdot4\cdot5\cdot6}{l^4};\ \left(\frac{I_0}{I}\right)_0^{V}=\frac{3\cdot4\cdot5\cdot6\cdot7}{l^5};\ q'_0=-\frac{q_0}{l};\ q''_0=\cdots=0.\end{aligned}\right\}\quad(14)$$

(14)-ის მნიშვნელობების (12)-ში ჩასმით და შემდეგ (11)-ში მივიღებთ:

$$y=y_0+\alpha_0x-\frac{M_0x^2}{2\,EI_0}-\frac{1}{EI_0}\left(M_0\frac{3}{l}+Q_0\right)\frac{x^3}{6}-\frac{1}{EI_0}\left(M_0\frac{3\cdot4}{l^2}\right.$$
$$\left.+2\,Q_0\frac{3}{l}-q_0\right)\frac{x^4}{24}-\frac{1}{EI_0}\left(M_0\frac{3\cdot4\cdot5}{l^3}+3\,Q_0\frac{3\cdot4}{l^2}-3\,q_0\frac{3}{l}+\frac{q_0}{l}\right)\frac{x^5}{120}$$
$$-\frac{1}{EI_0}\left(M_0\frac{3\cdot4\cdot5\cdot6}{l^4}+4\,Q_0\frac{3\cdot4\cdot5}{l^3}-6\,q_0\frac{3\cdot4}{l^2}+4\,\frac{q_0}{l}\cdot\frac{3}{l}\right)\frac{x^6}{120\cdot6}$$
$$-\frac{1}{EI_0}\left(M_0\frac{3\cdot4\cdot5\cdot6\cdot7}{l^5}+5\,Q_0\frac{3\cdot4\cdot5\cdot6}{l^4}-10\,q_0\frac{3\cdot4\cdot5}{l^3}+10\,\frac{q_0}{l}\cdot\frac{3\cdot4}{l^2}\right)\frac{x^7}{120\cdot42}+\cdots$$

თუ შევაჯგუფებთ და შევცვლით $\frac{x}{l}$ ξ-ით, ჩავწერთ

$$v=y_0+\alpha_0l\xi-\frac{M_0l^2}{2\,EI}\left(\xi^2+\xi^3+\xi^4+\xi^5+\xi^6+\xi^7\right)-\frac{Q_0l^3}{EI_0}\left(\frac{1}{6}\xi^3+\frac{1}{4}\xi^4+\frac{3}{10}\xi^5\right.$$
$$\left.+\frac{1}{3}\xi^6+\frac{5}{14}\xi^7\right)+\frac{q_0l^4}{EI_0}\left(\frac{1}{24}\xi^4+\frac{1}{15}\xi^5+\frac{1}{12}\xi^6+\frac{2}{21}\xi^7\right).\quad(15)$$

თუ (11) მწკრივში შევინარჩუნებთ მხოლოდ პირველ ხუთ წევრს და მხედველობაში მივიღებთ, რომ $y_0=0$ და $\alpha_0=0$, გვექნება:

$$y=-\frac{M_0l^2}{2\,EI_0}\left(\xi^2+\xi^3+\xi^4+\xi^5\right)-\frac{Q_0l^3}{EI_0}\left(\frac{1}{6}\xi^3+\frac{1}{4}\xi^4+\frac{3}{10}\xi^5\right)$$
$$+\frac{q_0l^4}{EI_0}\left(\frac{1}{24}\xi^4+\frac{1}{15}\xi^5\right).\quad(16)$$

სხვა ორი საწყისი პარამეტრი M_0 და Q_0 განისაზღვრება პირობიდან თავისუფალ ბოლოზე:

როდესაც
$$\xi=1,\ y''=-\frac{M}{EI}=0;\ y'''=-\frac{Q}{EI}=0.$$

(16)-სავან მეორე და მესამე წარმოებულების აღებით, როდესაც $\xi=1$, მივიღებთ:

$$\left.\begin{aligned}&20\,M_0+10\,lQ_0=\frac{11}{6}\,q_0l^2,\\&\frac{45}{l}\,M_0+25\,Q_0=5\,q_0l.\end{aligned}\right\}\quad(17)$$

(17) სისტემის ამოხსნით მივიღებთ:

$$M_0=-\frac{1}{12}\,q_0l^2,\ Q_0=\frac{1}{3}\,q_0l.$$

მიღებულის (15)-ში ჩასმა გვაძლევს:

$$y=\frac{q_0 l^4}{24\,EI}\left(\xi^2-\frac{1}{3}\xi^3+\frac{1}{5}\xi^5\right). \tag{18}$$

(18) მივიღოთ როგორც ფუნქცია φ_1 (10)-ში. მაშინ

$$y''=\frac{q_0 l^2}{12\,EI_0}(1-\xi+2\,\xi^3);\; EIy''=\frac{q_0 l^2}{12}(1-\xi+2\,\xi^3)(1-\xi)^3;$$

$$(EIy'')''=q_0(1-\xi-5\,\xi^2+10\,\xi^3+5\,\xi^4). \tag{18'}$$

შემოწმებით ძნელი არ არის დავრწმუნდეთ, რომ ყველა სასაზღვრო პირობა შესრულებულია.

ჩავსვათ (18) და (18') (10)-ში. გვექნება:

$$\int_0^1 q_0(1-\xi-5\,\xi^2+10\,\xi^3-5\,\xi^4)\frac{q_0 l^4}{24\,EI_0}\left(\xi^2-\frac{1}{3}\xi^3+\frac{1}{5}\xi^5\right)d\xi-$$

$$-\int_0^1 m_0 k^2(1-\xi)\frac{q_0^2 l^8}{24^2(EI_0)^2}\left(\xi^2-\frac{1}{3}\xi^3+\frac{1}{5}\xi^5\right)^2 d\xi=0.$$

ამ განტოლების ამოხსნის შედეგად მივიღებთ:

$$k^2=31{,}2\frac{EI_0}{m_0 l^4};\; k=\frac{5{,}586}{l^2}\sqrt{\frac{EI_0}{m_0}}. \tag{19}$$

ზუსტი ამოხსნა ბესელის ფუნქციების საშუალებით [1] გვაძლევს

$$k=\frac{5{,}315}{l^2}\sqrt{\frac{EI_0}{m_0}},$$

ცთომილება $\Delta=5{,}1\%$.

თუ (11) მწკრივში მივიღებთ წევრების უფრო დიდ რაოდენობას, მიახლოება გაუმჯობესდება.

იგივე ამოცანა შეიძლება გადაწყვეტილ იქნეს უფრო მარტივად. ჩავსვათ (15) მწკრივში M_0 და Q_0 ზუსტი მნიშვნელობები:

$$M_0=-\frac{1}{6}q_0 l^2;\; Q_0=\frac{1}{2}q_0 l.$$

მაშინ მივიღებთ:

$$y=\frac{q_0 l^4}{12\,EI_0}\xi^2. \tag{20}$$

თუ მივიღებთ, ისე როგორც ზემოთ, φ_1 ფუნქციისათვის (20) გამოსახვას, გვექნება:

$$y''=\frac{q_0 l^2}{6EI_0},\; EIy''=\frac{q_0 l^2}{6}(1-\xi)^3,$$

$$(EIy'')''=q_0(1-\xi). \tag{20'}$$

ჩასმა (20)-ისა და (20')-ისა (10)-ში გვაძლევს:

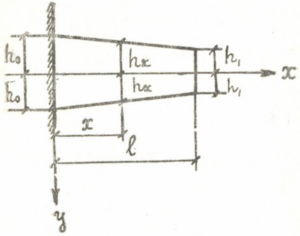
$$\int_0^1 q_0(1-\xi)\frac{q_0 l^4}{12EI_0}\xi^2 d\xi-\int_0^1 m_0 k^2(1-\xi)\frac{q_0^2 l^8}{12^2(EI_0)^2}\xi^4 d\xi=0.$$

აქედან:

$$k^2=30\,\frac{FI_0}{m_0 l^4},\ \text{ან}\ k=\frac{5{,}477}{l^2}\sqrt{\frac{EI_0}{m_0}}. \tag{21}$$

ცთომილება $\Delta=3\%$.

ამოვხსნათ უფრო ზოგადი ამოცანა. განვსაზღვროთ ნახ. 2-ზე მოყვანილი ერთი ბოლოთი ჩამაგრებული წაკვეთილი სოლის რხევის ძირითადი სიხშირე. ამ შემთხვევისათვის



ნახ. 2

$$\left.\begin{aligned} h_x&=h_0\,[1+(n-1)\,\xi],\\ I_x&=I_0\,[1+(n-1)\,\xi]^3,\\ q_x&=q_0\,[1+(n-1)\,\xi],\\ m_x&=m_0[1+(n-1)\xi], \end{aligned}\right\} \tag{22}$$

სადაც $\quad \xi=\frac{x}{l}\,;\ n=\frac{h}{h_0}.$

აქედან

$$\left.\begin{aligned} &\left(\frac{I_0}{I}\right)'_0=-\frac{3\,(n-1)}{l},\ \left(\frac{I_0}{I}\right)''_0=\frac{3\cdot4\,(n-1)^2}{l^2},\\ &\left(\frac{I_0}{I}\right)'''_0=-\frac{3\cdot4\cdot5\,(n-1)^3}{l^3},\ \left(\frac{I_0}{I}\right)^{\mathrm{IV}}_0=\frac{3\cdot4\cdot5\cdot6\,(n-1)^4}{l^4},\\ &\left(\frac{I_0}{I}\right)^{\mathrm{V}}_0=-\frac{3\cdot4\cdot5\cdot6\cdot7\,(n-1)^5}{l^5},\ \ q'_0=\frac{q_0\,(n-1)}{l},\ \ q''_0=\cdots=0, \end{aligned}\right\} \tag{23}$$

(23)-ის მნიშვნელობების ჩასმით (11) მწკრივში მივიღებთ:

$$\begin{aligned} y=y_0+\alpha_0 x-\frac{M_0x^2}{2\,EI_0}-\frac{1}{EI_0}\left[-M_0\,\frac{3\,(n-1)}{l}+Q_0\right]\frac{x^3}{6}-\frac{1}{EI_0}\Bigg[M_0\,\frac{3\cdot4\,(n-1)^2}{l^2}\\ -2\,Q_0\,\frac{3\,(n-1)}{l}-q_0\Bigg]\frac{x^4}{24}-\frac{1}{EI_0}\Bigg[-M_0\,\frac{3\cdot4\cdot5\,(n-1)^5}{l^3}+3\,Q_0\,\frac{3\cdot4\,(n-1)^2}{l}\\ +3\,q_0\,\frac{3\,(n-1)}{l}-\frac{q_0\,(n-1)}{l}\Bigg]\frac{x^5}{120}-\frac{1}{EI_0}\Bigg[M_0\,\frac{3\cdot4\cdot5\cdot6\,(n-1)^4}{l^4}-4\,Q_0\,\frac{3\cdot4\cdot5\,(n-1)^3}{l^3}\\ -6\,q_0\,\frac{3\cdot4\,(n-1)^2}{l^2}+4\,q_0\,\frac{n-1}{l}\cdot\frac{3\,(n-1)}{l}\Bigg]\frac{x^6}{120\cdot6}-\frac{1}{EI_0}\Bigg[-M_0\,\frac{3\cdot4\cdot5\cdot6\cdot7\,(n-1)^5}{l^5}\\ +5\,Q_0\,\frac{3\cdot4\cdot5\cdot6\,(n-1)^4}{l^4}+10\,q_0\,\frac{3\cdot4\cdot5\,(n-1)^3}{l^3}\\ -10\,q_0\,\frac{n-1}{l}\cdot\frac{3\cdot4\,(n-1)^2}{l^2}\Bigg]\frac{x^7}{120\cdot42}+\cdots \end{aligned}$$

ერთგვაროვანი წევრების შეჯგუფებისა და $\xi=\frac{x}{l}$ ჩასმის შემდეგ გვექნება:

$$y=y_0+\alpha_0 l\xi-\frac{M_0 l^2}{2\,EI_0}\left[\xi^2-(n-1)\,\xi^3+(n-1)^2\,\xi^4-(n-1)^3\,\xi^5+(n-1)^4\,\xi^6\right.$$
$$\left.-(n-1)^5\,\xi^7\right]-\frac{Q_0 l^3}{EI_0}\left[\frac{1}{6}\,\xi^3-\frac{n-1}{4}\,\xi^4+\frac{3\,(n-1)^2}{10}\,\xi^5-\frac{(n-1)^3}{5}\,\xi^6\right.$$
$$\left.+\frac{5\,(n-1)^4}{14}\,\xi^7\right]+\frac{q_0 l^4}{EI_0}\left[\frac{1}{24}\,\xi^4-\frac{n-1}{15}\,\xi^5+\frac{(n-1)^2}{12}\,\xi^6-\frac{2\,(n-1)^3}{21}\,\xi^7\right]. \qquad (24)$$

საწყისი პარამეტრები შემდეგია:

$$y_0=0,\quad \alpha_0=0,\quad Q=\frac{q_0 l\,(n+1)}{2},\quad M_0=-\frac{q_0 l^2\,(1+2\,n)}{6}.$$

$\left(\text{რადგან } M_0=-Q_0 c,\ \text{ ხოლო } c=\frac{l}{3}\,\frac{1+2\,n}{1+n}\right).$

ჩავსვათ საწყისი პარამეტრების მნიშვნელობები (24)-ში. მივიღებთ:

$$y=\frac{q_0 l^4}{12EI_0}\left\{(1+2\,n)\left[\xi^2-(n-1)\,\xi^3+(n-1)^2\,\xi^4-(n-1)^3\,\xi^5+(n-1)^4\,\xi^6\right.\right.$$
$$\left.-(n-1)^5\,\xi^7\right]-(n+1)\left[\xi^3-\frac{3}{2}\,(n-1)\,\xi^4+\frac{9}{5}\,(n-1)^2\,\xi^5-2\,(n-1)^3\,\xi^6\right.$$
$$\left.\left.+\frac{15}{7}\,(n-1)^4\,\xi^7\right]+\left[\frac{1}{2}\,\xi^4-\frac{4}{5}\,(n-1)\,\xi^5+(n-1)^2\,\xi^6-\frac{8}{7}\,(n-1)^3\,\xi^7\right]\right\}, \qquad (25)$$

$$(EIy'')''=q_0\,[1+(n-1)\,\xi], \qquad (26)$$

ჩავსვათ (25) და (26) (10)-ში:

$$\int_0^1 q_0\,[1+(n-1)\,\xi]\,\frac{q_0 l^4}{12EI_0}\left\{(1+2\,n)\left[\xi^2-(n-1)\,\xi^3+(n-1)^2\,\xi^4-(n-1)^3\,\xi^5\right.\right.$$
$$\left.+(n-1)^4\,\xi^6-(n-1)^5\,\xi^7\right]-(n-1)\left[\xi^3-\frac{3}{2}\,(n-2)\,\xi^4+\frac{9}{5}\,(n-1)^2\,\xi^5\right.$$
$$\left.-2\,(n-1)^3\,\xi^6+\frac{15}{7}\,(n-1)^4\,\xi^7\right]+\left[\frac{1}{2}\xi^4-\frac{4}{5}\,(n-1)\,\xi^5+(n-1)^2\,\xi^6\right.$$
$$\left.\left.-\frac{8}{7}\,(n-1)^3\,\xi^7\right]\right\}d\xi-\int_0^1 m_0 k^2\,[1+(n-2)\,\xi]\;\frac{q_0^2 l^8}{12^2\,(EI_0)^2}\left\{(1+2\,n)\left[\xi^2-(n-1)\,\xi^3\right.\right.$$
$$\left.+(n-1)^2\,\xi^4-(n-1)^3\,\xi^5+(n-1)^4\,\xi^6-(n-1)^5\,\xi^7\right]-(n+1)\left[\xi^3-\frac{3}{2}\,(n-1)\,\xi^4\right.$$
$$\left.+\frac{9}{5}\,(n-1)^2\,\xi^5-2\,(n-1)^3\,\xi^6+\frac{15}{7}\,(n-1)^4\xi^7\right]+\left[\frac{1}{2}\,\xi^4-\frac{4}{5}\,(n-1)\,\xi^5\right.$$
$$\left.\left.+(n-1)^2\,\xi^6-\frac{8}{7}\,(n-1)^3\,\xi^7\right]\right\}^2 d\xi=0, \qquad (27)$$

(27)-დან მივიღებთ გამოსახვას სიხშირისათვის:

$$k^2=\frac{30EI_0}{m_0 l^4}\,\frac{a}{b}, \qquad (28)$$

სადაც

$$a=1+5n+\frac{27}{7}n^2-\frac{57}{7}n^3+\frac{312}{35}n^4-\frac{24}{7}n^5,$$

$$b=1+9n+\frac{373}{28}n^2-\frac{1293}{28}n^3+\frac{24029}{4\cdot 7\cdot 11}n^4+\frac{629}{4\cdot 11}n^5-\frac{21284}{3\cdot 5\cdot 11}n^6$$
$$+\frac{6588}{5\cdot 11}n^7-\frac{582}{11}n^8+10n^9.$$

(28)-ის გამოყენებით ამოვხსნათ შემდეგი კერძო ამოცანები:

1. ძირში ჩამაგრებული სოლი (სტატიის დასაწყისში განხილული შემთხვევა, ნახ. 1).

ამ შემთხვევაში $n=0$. მაშინ $a=1$, $b=1$.

მაშასადამე,
$$k^2=\frac{30EI_0}{m_0l^4},\quad k=\frac{5{,}477}{l^2}\sqrt{\frac{EI_0}{m_0}},$$
ე. ი. გვაქვს ზემოთ მიღებული შედეგი.

2. მუდმივი სიხისტის კონსოლური კოჭი, დატვირთული თანაბრად განრიგებული მასით. ამ შემთხვევაში $n=1$, $a=\frac{36}{5}$, $b=\frac{52}{3}$.

მაშინ
$$k^2=\frac{12{,}46\,EI_0}{m_0l^4},\quad k=\frac{3{,}530}{l^2}\sqrt{\frac{EI_0}{m_0}}.$$
შედეგი განსხვავდება ზუსტი მნიშვნელობისაგან [2] 0,43%.

3. შემთხვევა, როდესაც $n=\infty$. ამ შემთხვევაში რხევას ადგილი არა აქვს, რადგან ღერო აბსოლუტურად ხისტია.

აღწერილი ხერხით ძნელი არაა განვსაზღვროთ თავისუფალი რხევის ძირითადი სიხშირე ძირში ჩამაგრებული კონუსისებრი ღეროსა და აგრეთვე სხვადასხვა მოხაზულობის კოჭისათვის. სიხშირის განსაზღვრა შეიძლება სტატიკურად ურკვევადი ცვლადკვეთიანი სისტემებისაც. ამ ხერხის გამოყენების დროს საჭიროა ჩავწეროთ ღეროს გაღუნული ღერძის განტოლება მის სტატიკურ მდგომარეობაში. ეს სიძნელეს არ წარმოადგენს, თუ მივმართავთ საწყისი პარამეტრების მეთოდს. აღწერილი ხერხი შეიძლება აგრეთვე გამოყენებულ იქნეს იმ შემთხვევაშიც, როდესაც $I(x)$ და $m(x)$ არ შეიძლება წარმოდგენილი იყოს როგორც x-ის უწყვეტი ფუნქცია. ამ ფუნქციებს შეიძლება ჰქონდეს წყვეტილობის რამდენიმე წერტილი ან წარმოდგენილი იყოს მალის სიგრძის სხვადასხვა უბანზე შესაბამისი ანალიზური გამოსახვით. ასეთ შემთხვევაში ინტეგრალი (10) უნდა დაიყოს შუალედებზე ისე, რომ ყოველ ამ შუალედში $I(x)$ $m(x)$ შეიძლებოდეს წარმოდგენილი იყოს უწყვეტი ფუნქციების სახით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
სამშენებლო საქმის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 9.6.1949)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. С. П. Тимошенко. Теория колебаний в инженерном деле. М.—Л., 1934.
2. К. С. Завриев. Динамика сооружений. Москва, 1946.
3. С. А. Бернштейн. Основы динамики сооружений. М.—Л., 1941.
4. Б. Г. Галеркин. Стержни и пластинки. Вестник инженеров, т. V, № 19, 1915.
5. Я. А. Пратусевич. Вариационные методы в строительной механике. М.—Л., 1948.
6. Н. К. Снитко. Новый метод нахождения упругой линии бруса при помощи ряда Маклорена. Труды МИИТ, вып. XV, 1930.

ტექნიკა

ო. ონიაშვილი

დამრეცი გარსის დინამიკური მდგრადობის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ზავრიევმა 23.9.1949)

რეზონანსის ცნების ერთ-ერთ შესაძლო განზოგადებას პარამეტრული რეზონანსი წარმოადგენს, რომელსაც ადგილი აქვს პერიოდულად ცვლადი პარამეტრიანი სისტემის რხევის პროცესში. მის წარმოსაშობად საჭიროა გარკვეული ფარდობის არსებობა პარამეტრის ცვალებადობის სიხშირესა და რხევაში მყოფი სისტემის საშუალო საკუთარ სიხშირეს შორის. პარამეტრული რეზონანსის მოვლენის შესწავლა დაიყვანება ჰილის ან, მისი კერძო სახის, მათიეს განტოლების, შესაბამი ამონახსნების გამოკვლევაზე.

თუ საშუალო საკუთარ სიხშირესა და პარამეტრის ცვალებადობის სიხშირეს შორის მოცემული ფარდობისათვის მათიეს განტოლების ამონახსნი შემოფარგლული რჩება, როდესაც იზრდება დრო როგორც არგუმენტი, ვამბობთ, რომ ძრაობა მდგრადია, ე. ი. არ გვაქვს პარამეტრული რეზონანსის შემთხვევა, და თუ ამონახსნი შეუზღუდავად იზრდება დროს უსასრულოდ ზრდასთან ერთად—ძრაობა არაა მდგრადი, ან, სხვანაირად რომ ვთქვათ, მოვხვდებით პარამეტრული რეზონანსის არეში. ისეთ ნაგებობებში, რომლებიც პერიოდულად ცვლადი ძალების ქმედებას განიცდიან, თავისუფალი რხევის სიხშირისა და გარეძალის ცვალებადობის სიხშირის გარკვეული ფარდობისათვის წამოიჭრება საკითხი პარამეტრული რეზონანსის ან მოცემული სისტემის დინამიკური მდგრადობის შესახებ.

აღნიშნული საკითხების განვითარებას საინჟინრო კონსტრუქციებში გამოყენების თვალსაზრისით ხელი შეუწყვეს ი. გოლდენბლატის მონოგრაფიებმა [1, 2], რომლებშიც სხვა პრობლემებთან ერთად დასმულია გარსების დინამიკური მდგრადობის პრობლემა. ამ უკანასკნელმა ჰპოვა გადაწყვეტა ა. მარკოვის სტატიაში [3] ბ. ბოდნერის შრომის [4] საფუძველზე, რომელიც ფილების დინამიკურ მდგრადობას იხილავს.

ქვემდებარე ნარკვევში ჩვენ შევეცადეთ შეგვევსო კვლევა გარსების დინამიკური სიხისტის საკითხის გარშემო ვ. ვლასოვის გარსთა ტექნიკური თეორიის [5] საფუძველზე. განვიხილოთ დამრეცი ცილინდრული გარსის განტოლება, მიღებული პირველად ვ. ვლასოვის [5] მიერ:

$$c^2\nabla^8\Phi+\frac{\partial^4\Phi}{\partial\alpha^4}-\frac{1}{E\delta}\left[\frac{\partial}{\partial\alpha}\left(T_1^0\frac{\partial}{\partial\alpha}+S^0\frac{\partial}{\partial\beta}\right)+\frac{\partial}{\partial\beta}\left(T_2^0\frac{\partial}{\partial\beta}+S^0\frac{\partial}{\partial\alpha}\right)\right]\nabla^4\Phi+\frac{\gamma R^2}{Eg}\nabla^4\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2}=0. \tag{1}$$

აღნიშვნები მიღებულია [5] მიხედვით. α და β უგანზომილო კოორდინატებია,

$$c^2=\frac{\delta^2}{(1-\nu^2)R^2}.$$

დავუშვათ, რომ გარსის მრუდ კიდეებზე მოქმედებს კონტურზე განაწილებული გრძივი დატვირთვა $P=P_0+P_1\cos kt$, რომელიც დროში k სიხშირით იცვლება; მაშინ

$$T_2^0=S^0=0,\quad T_1^0=-P.$$

მივიღოთ (1) განტოლების ამონახსნი შემდეგი სახით:

$$\Phi=\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n=1}^{\infty}\sin\lambda_n\alpha\sin\mu_m\beta f_{mn}(t),$$

სადაც

$$\lambda_n=\frac{n\pi}{\alpha_0},\quad \alpha_0=\frac{l}{R},\quad \mu_m=\frac{m\pi}{\beta_0}, \tag{2}$$

რაც გარსის კონტურის რადიალურ დაყრდნობას შეესაბამება. თუ მიღებულ ამონახსნს (1) განტოლებაში ჩავსვამთ და მოვითხოვთ უკანასკნელის დაკმაყოფილებას ნებისმიერი α და β-თვის, მივიღებთ

$$\frac{d^2f_{mn}(t)}{dt^2}+\frac{Eg}{\gamma R^2(\lambda_n^2+\mu_m^2)^2}\left[c^2(\lambda_n^2+\mu_m^2)^4+\lambda^4-\frac{P}{E\delta}\lambda_n^2(\lambda_n^2+\mu_m^2)^2\right]f_{mn}(t)=0. \tag{3}$$

ძალის კრიტიკული მნიშვნელობა მისი სტატიკური ქმედების დროს (3) განტოლების მიხედვით განისაზღვრება იმ დაშვებით, რომ $f=\text{const}$,

$$P_{\underset{\text{კრიტ}}{mn}}=\frac{E\delta c^2}{\lambda_n^2}(\lambda_n^2+\mu_m^2)^2+\frac{\lambda_n^2E\delta}{(\lambda_n^2+\mu_m^2)^2}. \tag{4}$$

თავისუფალი რხევის სიხშირე, თუ დავუშვებთ, რომ $f(t)=C\sin\omega t$, განისაზღვრება ფორმულით

$$\omega_{mn}^2=\frac{Eg}{\gamma R^2}\left[c^2(\lambda_n^2+\mu_m^2)^2+\frac{\lambda_n^4}{(\lambda_n^2+\mu_m^2)^2}-\frac{P\lambda_n^2}{E\delta}\right]. \tag{5}$$

(4) და (5)-ის დახმარებით (3) განტოლება ადვილად დაიყვანება მათიეს განტოლებაზე

$$\frac{d^2f_{mn}}{d\tau^2}+\frac{4\,\omega_{mn}^2}{k^2}(1-\varepsilon_{mn}\cos 2\tau)f_{mn}=0, \tag{6}$$

სადაც [3]-ის ანალოგიურად მიღებულია

$$\tau=\frac{kt}{2},\quad \varepsilon_{mn}=\frac{P_1}{P_{\underset{\text{კრიტ}}{mn}}-P_0}.$$

(6) განტოლების ამონახსნი გამოკვლეულია ბ. ბოდნერის [4] მიერ ფილების დინამიკური მდგრადობის საკითხის შესწავლასთან დაკავშირებით. ბ. ბოდნერი მივიდა დასკვნამდე, რომ მოცემული ε, $\frac{2\,\omega_{mn}}{k}$ და $\tau\to\infty$-თვის (6) განტო-

ლების ამონახსნი უსასრულოდ გაიზრდება უმდგრადობის არეებში, რომლებიც კრიტიკული სიხშირეების შემდეგი მნიშვნელობებით შემოიფარგლება:

$$k_{კრ}=\frac{2\,\omega_{mn}}{\sqrt{1\pm\frac{\varepsilon}{2}+7\varepsilon^2/32\pm\frac{55}{512}\varepsilon^3}} \tag{7}$$

პირველი უმდგრადობის არისათვის,

$$k_{კრ}=\frac{2\,\omega_{mn}}{\sqrt{4-\varepsilon^2/3}}\,,\quad k_{კრ}=\frac{2\,\omega_{mn}}{\sqrt{4+5\varepsilon^2/3}} \tag{8}$$

მეორისათვის და

$$k_{კრ}=\frac{2\,\omega_{mn}}{\sqrt{9+81\,\varepsilon^2/64\pm 9\,\varepsilon^3/8}} \tag{9}$$

უმდგრადობის მესამე არისათვის.

განვიხილოთ ახლა ცილინდრული გარსის დინამიკური მდგრადობა თანაბრად განაწილებული განივი დატვირთვის $q=q_0+q\cos kt$ ქმედების შემთხვევისათვის.

ამ შემთხვევის შესაბამისად $T_1^0=S^0=0$, $T_2^0=-qR$ და (7), (8), (9) კრიტიკული სიხშირეების განსასაზღვრავად საჭიროა მივიღოთ

$$\varepsilon=\frac{q_1}{q_{mn}-q_0}\,,$$

სადაც კრიტიკული დატვირთვა

$$q_{mn}=\frac{E\delta c^2}{R\mu_m^2}(\lambda_n^2+\mu_m^2)^2+\frac{\lambda_n^4 E\delta}{R\mu_m^2(\lambda_n^2+\mu_m^2)^2}\,, \tag{10}$$

ხოლო თავისუფალი რხევის საშუალო სიხშირე

$$\omega_{mn}^2=\frac{Eg}{\gamma R^2}\left[c^2(\mu_m^2+\lambda_n^2)^2+\frac{\lambda_n^4}{(\mu_m^2+\lambda_n^2)^2}-\frac{q_0R\mu_m^2}{E\delta}\right]. \tag{11}$$

გრძივი $P=P_0+P_1\cos kt$ და განივი $q=q_0+q_1\cos kt$ ძალების ერთდროული ქმედების დროს, თუ მათი შეფარდება წინასწარაა მოცემული,

$$\frac{P}{q}=\frac{P_0}{q_0}=\varkappa,$$

$$T_1^0=-\varkappa q,\quad T_2^0=-qR,\quad S^0=0,\quad \varepsilon=\frac{q_1}{q_{mn}-q_0}\,,$$

სადაც

$$q_{mn}=\frac{E\delta c^2(\mu_m^2+\lambda_n^2)^2}{(R\mu_m^2+\varkappa\lambda_n^2)}+\frac{\lambda_n^4 E\delta}{(R\mu_m^2+\varkappa\lambda_n^2)\,(\mu_m^2+\lambda_n^2)}. \tag{12}$$

თავისუფალი რხევის საშუალო სიხშირე

$$\omega^2{}_{mn}=\frac{Eg}{\gamma R^2}\left[c^2(\mu_m^2+\lambda^2{}_n)^2+\frac{\lambda_n^4}{(\mu_m^2+\lambda_n^2)^2}-\frac{q}{E\delta}\,(R\mu_m^2+\varkappa\lambda_n^2)\right], \tag{13}$$

როდესაც $P=0$, $\varkappa=0$ და (12), (13) ფორმულები (10), (11)-ს დაემთხვევა.

განვიხილოთ ახლა კონტურით ნებისმიერად დაყრდნობილი გარსის ზოგადი შემთხვევა. დავუშვათ, რომ გარსის საწყისი დაძაბული მდგომარეობა ხასიათდება ძალვებით:

$$T_1^0(\alpha, \beta; t) = -T_1^*(\alpha, \beta)\, P(t),$$
$$T_2^0(\alpha, \beta; t) = -T_2^*(\alpha, \beta)\, P(t),$$
$$S^0(\alpha, \beta; t) = -S^*(\alpha, \beta)\, P(t),$$

სადაც $P(t)$ რაიმე გარე დატვირთვაა დროში პერიოდულად ცვლადი k სიხშირით

$$P(t) = P_0 + \cos kt.$$

აღნიშნული გარსის რხევისა და მდგრადობის განტოლებებს, რომლებიც პირველად ვ. ვლასოვის მიერაა მიღებული [5], განზომილებიან კოორდინატებში შემდეგი სახე აქვს:

$$\frac{1}{E\delta}\nabla^4\varphi - \left[\frac{\partial}{\partial\alpha}\left(K_2\frac{\partial w}{\partial\alpha}\right) + \frac{\partial}{\partial\beta}\left(K_1\frac{\partial w}{\partial\beta}\right)\right] = 0,$$
$$\frac{\partial}{\partial\alpha}\left(K_2\frac{\partial\varphi}{\partial\alpha}\right) + \frac{\partial}{\partial\beta}\left(K_1\frac{\partial\varphi}{\partial\beta}\right) + D\nabla^4 w - \left[\frac{\partial}{\partial\alpha}\left(T_1^0\frac{\partial w}{\partial\alpha} + S^0\frac{\partial w}{\partial\beta}\right)\right. \tag{15}$$
$$\left. + \frac{\partial}{\partial\beta}\left(T_2^0\frac{\partial w}{\partial\beta} + S^0\frac{\partial w}{\partial\alpha}\right)\right] + \frac{\gamma\delta}{g}\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0.$$

წარმოვიდგინოთ ამ განტოლებებში შემავალი უცნობი ფუნქციები შემდეგი სახით:

$$\varphi(\alpha, \beta; t) = \varphi^*(\alpha, \beta)\, f(t),$$
$$w(\alpha, \beta; t) = w^*(\alpha, \beta)\, f(t). \tag{16}$$

თუ φ^*, w^* ფუნქციები ისეა შერჩეული, რომ კიდეებზე მოცემული სასაზღვრო პირობები წინასწარ კმაყოფილდება, საჭიროა დავაკმაყოფილოთ ვარიაციული განტოლებები

$$\iint\left\{\frac{1}{E\delta}\nabla^4\varphi^* - \left[\frac{\partial}{\partial\alpha}\left(K_2\frac{\partial w^*}{\partial\alpha}\right) + \frac{\partial}{\partial\beta}\left(K_1\frac{\partial w^*}{\partial\beta}\right)\right]\right\}\varphi^* d\alpha d\beta = 0,$$
$$\iint\left\{\left[\frac{\partial}{\partial\alpha}\left(K_2\frac{\partial\varphi^*}{\partial\alpha}\right) + \frac{\partial}{\partial\beta}\left(K_1\frac{\partial\varphi^*}{\partial\beta}\right) + D\nabla^4 w^* - \frac{\partial}{\partial\alpha}\left(T_1^0\frac{\partial w^*}{\partial\alpha} + S^0\frac{\partial w^*}{\partial\beta}\right)\right.\right. \tag{17}$$
$$\left.\left. - \frac{\partial}{\partial\beta}\left(T_2^0\frac{\partial w^*}{\partial\beta} + S^0\frac{\partial w^*}{\partial\alpha}\right)\right] f(t) + \frac{\gamma\delta}{g} w^*\frac{d^2 f(t)}{dt^2}\right\} w^* d\alpha d\beta = 0.$$

წარმოვიდგინოთ φ^* და w^* ორი ფუნქციის ნამრავლის სახით:

$$\left.\begin{aligned}\varphi^* &= AX(\alpha)\, Y(\beta),\\ w^* &= B\chi(\alpha)\, \psi(\beta).\end{aligned}\right\} \tag{18}$$

$X(\alpha)$, $Y(\beta)$, $\chi(\alpha)$, $\psi(\beta)$ წარმოადგენენ ძელის განივი რხევის ფუნდამენტალური ფუნქციების წრფივ კომბინაციებს და წინასწარ აკმაყოფილებენ სასაზღვრო პირობებს კიდეებზე, როგორც ეს ნაჩვენებია [6] შრომაში.

შემოვიღოთ აღნიშვნა ინტეგრალებისათვის

$$I_1 = \iint X(\alpha)\, Y(\beta)\, \nabla^4 [X(\alpha)\, Y(\beta)]\, d\alpha d\beta,$$

$$I_2=\iint\left\{\psi(\beta)\frac{\partial}{\partial\alpha}[K_2\chi'(\alpha)]+\chi(\alpha)\frac{\partial}{\partial\beta}[K_1\psi'(\beta)]\right\}X(\alpha)\,Y(\beta)\,d\alpha d\beta,$$

$$I_3=\iint\left\{Y(\beta)\frac{\partial}{\partial\alpha}[K_2X'(\alpha)]+X(\alpha)\frac{\partial}{\partial\beta}[K_1Y'(\beta)]\right\}\chi(\alpha)\,\psi(\beta)\,d\alpha d\beta,$$

$$I_4=\iint\chi(\alpha)\,\psi(\beta)\,\nabla^4\chi(\alpha)\,\psi(\beta)\,d\alpha d\beta, \tag{19}$$

$$I_5=\iint\left\{\frac{\partial}{\partial\alpha}[T_1^*\chi'(\alpha)\,\psi(\beta)+S^*\chi(\alpha)\,\psi'(\beta)]\right.$$
$$\left.+\frac{\partial}{\partial\beta}[T_2^*\chi(\alpha)\,\psi'(\beta)+S^*\chi'(\alpha)\,\psi(\beta)]\right\}\chi(\alpha)\,\psi(\beta)\,d\alpha d\beta,$$

$$I_6=\iint\chi^2(\alpha)\,\psi^2(\beta)\,d\alpha d\beta.$$

თუ (18) მნიშვნელობებს (17) ვარიაციულ განტოლებებში ჩავსვამთ და გავშლით A და B-ს კოეფიციენტებისაგან შემდგარ დეტერმინანტს, დავალთ განტოლებაზე

$$\frac{d^2f(t)}{dt^2}+\frac{g}{\gamma\delta I_6}\left(DI_4-PI_5+\frac{E\delta I_2I_3}{I_1}\right)f(t)=0. \tag{20}$$

სტატიკური ქმედების დროს, ე. ი. როდესაც $f(t)=\text{const}$, (20) განტოლება გვაძლევს საშუალებას მივიღოთ კრიტიკული ძალის ზოგადი გამოსახვა

$$P_{\text{კრ}}=D\frac{I_4}{I_5}+\frac{E\delta I_2I_3}{I_1I_5}. \tag{21}$$

თავისუფალი რხევის საშუალო სიხშირის საერთო გამოსახვა მიიღება (20) განტოლებიდან, თუ დავუშვებთ, რომ $f(t)=C\sin\omega t$,

$$\omega^2=\frac{g}{\gamma\delta I_6}\left[DI_4-PI_5+\frac{E\delta I_2I_3}{I_1}\right]. \tag{22}$$

დაუტვირთავი გარსის შემთხვევაში $P=0$.

თუ (20) განტოლებაში ჩავსვამთ (21,22)-ს და შემოვიღებთ აღნიშვნას

$$\varepsilon=\frac{P_1}{P_{\text{კრ}}-P_0},\quad \tau=\frac{kt}{2},$$

დავალთ მათიეს განტოლებაზე

$$\frac{d^2f}{d\tau^2}+\frac{4\omega^2}{k^2}(1-\varepsilon\cos 2\tau)f=0,$$

რომელიც იძლევა დინამიკური უმდგრადობის არეების დადგენის საშუალებას.

ამგვარად, ჩვენ ვხედავთ, რომ (6) განტოლება და (7, 8, 9) ფორმულები ზოგადი არიან ნებისმიერი პერიოდული ტვირთის ქვეშ მყოფი გარსის ნებისმიერი სახეობისათვის. გარსის დინამიკური მდგრადობის კონკრეტული ამოცანის გადასაწყვეტად საჭიროა ვიცოდეთ τ, ω და ε.

$P=P_0+\cos kt$ პერიოდული დატვირთვა ჩვეულებრივ წინასწარ მოცემულია და ამიტომ ამოცანის გადაწყვეტა თავისუფალი რხევის ω საშუალო სიხშირისა და $P_{\text{კრ}}$ კრიტიკული დატვირთვის მოძებნაზე დაიყვანება. ეს უკანასკნელები

განისაზღვრებიან (21, 22) ფორმულების მიხედვით ნებისმიერი დამრეცი გარსისათვის და კონტურის დაყრდნობის ნებისმიერი შემთხვევისათვის. აღნიშნული ფორმულებით სარგებლობისათვის საჭიროა (19) ინტეგრალების გამოთვლა, რაც ყოველი კონკრეტული შემთხვევისათვის საგრძნობლად მარტივდება. $X(\alpha)$, $Y(\beta)$, $\chi(\alpha)$, $\psi(\beta)$ ფუნქციები შეირჩევა [6] ნაშრომის მიხედვით.

ვუჩვენოთ კერძო მაგალითებზე (21, 22) ფორმულებით სარგებლობა.

განვსაზღვროთ კონტურით რადიალურად დაყრდნობილი, ცვალებადი სიმრუდის, დამრეცი ცილინდრული გარსის თავისუფალი რხევის სიხშირე. სასაზღვრო პირობები დაკმაყოფილდება, თუ მივიღებთ

$$X(\alpha)=\chi(\alpha)=\sin\lambda\alpha, \quad Y(\beta)=\psi(\beta)=\sin\mu\beta. \tag{23}$$

გამოვთვალოთ (19) ინტეგრალები

$$I_1=I_4=(\lambda^2+\mu^2)^2\frac{\alpha_0\beta_0}{4}, \quad I_2=I_3=I=\frac{\beta_0\lambda}{2}\int\limits_0^{\alpha_0}\frac{\partial}{\partial\alpha}(k_2\cos\lambda\alpha)\sin\lambda\alpha d\alpha,$$

$$I_6=\frac{\alpha_0\beta_0}{4}.$$

გამოვთვალოთ (22) ფორმულის მიხედვით დაუტვირთავი გარსის თავისუფალი რხევის სიხშირე

$$\omega^2=\frac{g}{\gamma\delta}\left[D(\lambda^2+\mu^2)^2+\frac{16E\delta I^2}{\alpha_0^2\beta_0^2(\lambda^2+\mu^2)^2}\right]. \tag{24}$$

იმ შემთხვევაში, თუ

$$K_2=\frac{1}{R}=\text{const}, \quad I=-\frac{\lambda^2}{R}\frac{\alpha_0\beta_0}{4}$$

და (23) დაემთხვევა (5) გამოსახვას.

(4) და (12) ფორმულები, რომლებიც რადიალურად დაყრდნობილი მუდმივი რადიუსის, დამრეცი ცილინდრული გარსის კრიტიკული დატვირთვის სიდიდეს გამოსახავენ, მიიღება როგორც (21) ფორმულის კერძო შემთხვევა, თუ უკანასკნელში ჩავსვამთ ზემოთ გამოთვლილი ინტეგრალების მნიშვნელობას და აგრეთვე (22) პირობის შესაბამი I_5 ინტეგრალის სიდიდეს:

გრძივი P ძალის ქმედების შემთხვევისათვის

$$I_5=P\lambda^2\frac{\alpha_0\beta_0}{4}$$

და განივი q ძალისათვის

$$I_5=qR\mu^2\frac{\alpha_0\beta_0}{4}.$$

ერთი ფართეულიდან მეორეზე გადასვლის დროს იცვლება მხოლოდ I_2 და I_3 მნიშვნელობა. ასე, მაგალითად, სფერული გარსისათვის

$$I_3=I_3=-\frac{1}{R}(\lambda^2+\mu^2)\frac{\alpha_0\beta_0}{4}$$

და თავისუფალი რხევის შესაბამი სიხშირე

$$\omega^2=\frac{g}{\gamma\delta}\left[D(\lambda^2+\mu^2)^2+\frac{E\delta}{R^2}\right].$$

ორმაგი მუდმივი სიმრუდის გარსის შემთხვევაში

$$I_2=I_3=-\left(\frac{\lambda^2}{R_2}+\frac{\mu^2}{R_1}\right)\frac{\alpha_0\beta_0}{4},$$

და

$$\omega^2=\frac{g}{\gamma\delta}\left[D(\lambda^2+\mu^2)^2+\frac{E\delta\left(\frac{\lambda^2}{R_2}+\frac{\mu^2}{R_1}\right)^2}{(\lambda^2+\mu^2)^2}\right].$$

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
სამშენებლო საქმის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 23.9.1949)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. И. И. Гольденблат. Современные проблемы колебаний и устойчивости инженерных сооружений. Москва, 1947.
2. И. И. Гольденблат. Динамическая устойчивость сооружений. Москва, 1948.
3. А. Н. Марков. Динамическая устойчивость анизотропных цилиндрических оболочек. Прикладная математика и механика, т. XIII, в. 2, 1949.
4. Б. А. Боднер. Устойчивость пластинок под действием продольных периодических сил. Прикладная математика и механика, т. II, в. 1, 1938.
5. В. З. Власов. Некоторые новые задачи строительной механики оболочек и тонкостенных конструкций. Известия АН СССР, Отделение технических наук, № 1, 1947.
6. თ. ონიაშვილი. ვარიაციული მეთოდის გამოყენება დამრეცი გარსის რხევისა და მდგრადობის ამოცანებში. საქართველოს სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. X, № 8, 1949.

პარაზიტოლოგია

ნ. ჯაფარიძე

JXODIAE-თა ოჯახის ტკიპების ზოგიერთი სახეობის ახალგაზრდა სტადიების აღწერა

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ფ. ა. ზაიცევმა 16.5.1949)

ბუნებაში შეგროვილი იქსოდიდეთა ოჯახის ტკიპების მასალების გარკვევის დროს ლარვებისა და ნიმფების მიხედვით შეუძლებელია სახეობათა დადგენა ახალგაზრდა სტადიებისათვის დამახასიათებელი ნიშნების ცოდნის გარეშე.

არასქესმწიფე სტადიები ყველა სახეობისთვის ჯერ კიდევ არაა შესწავლილი. წინამდებარე წერილში მოცემულია სამი სახეობის ლარვისა და ნიმფის და ნიმფის ერთი სახეობის აღწერა.

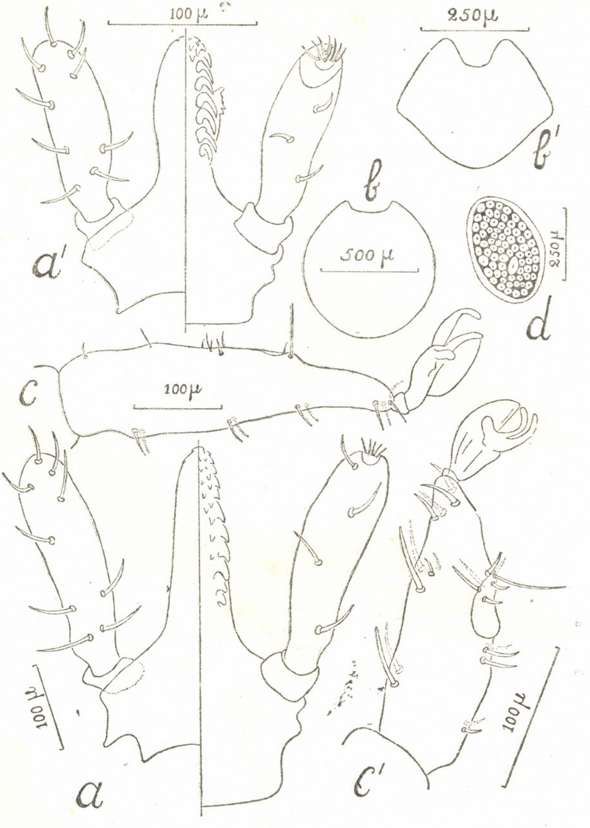
Hyalomma marpinatum Koch-ის ახალგაზრდა სტადიების ნახატები და აღწერა მოცემულია უფრო დაწვრილებით, ვიდრე ეს ბერნადსკაიას აქვს. დანარჩენი სამი სახეობის ახალგაზრდა სტადიების აღწერას პირველად ვიძლევით.

ახალგაზრდა სტადიების შესწავლისათვის ჩვენ მიერ გამოყენებული იყო ცნობილი სახეობის მდედრების თაობა, რომელსაც ლაბორატორიულ პირობებში ვღებულობდით. მხოლოდ *Jxodes trianguliceps* Bir-ის ლარვები და ნიმფები ჩვენ მიერ ბუნებაში იყვნენ ნაპოვნი. მათი სახეობის დადგენა და *J. trianguliceps*-ზე მიკუთვნება მოხდა მოზრდილ ფორმებთან შედარებით. ნიშანთა უმრავლესობა მეტამორფოზის ყველა სტადიაში შენარჩუნებულია. შედარებისათვის მოყვანილია *J. trianguliceps*-ის მდედრის ნახატებიც, რომლებიც გაკეთებულია მოსკოვის მალარიისა და სამედიცინო პარაზიტოლოგიის ინსტიტუტის ენტომოლოგიური განყოფილების კოლექციებში შენახული ტიპის მიხედვით.

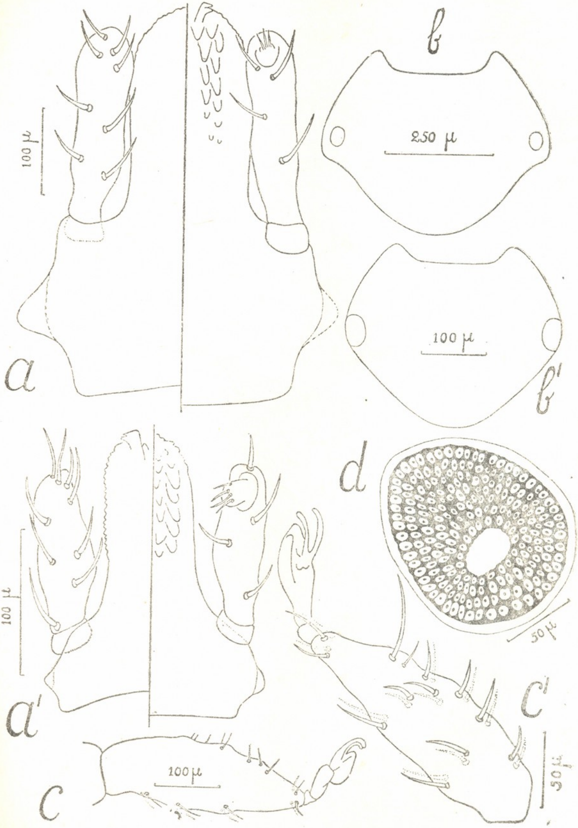
ნახატები შესრულებულია ფორის სითხეში გამზადებული მიკროსკოპული პრეპარატიდან, პარალელური კონტროლი ტარდებოდა ბინოკულარის ქვეშ; მხოლოდ *J. triauguliceps*-ის ლარვები და ნიმფები ჩახატულია ბინოკულარის დახმარებით ტოტალური ობიექტებიდან.

Jxodes ricinus L.

ნიმფა. ზურგის ფარი მრგვალი, მისი სიგრძე თითქმის სიგანის ტოლია. სკაპულები კარგადაა გამოხატული, სკაპულებს შორის ამონაჭდევი არაა ღრმა. ხორთუმის ფუძე საკმაოდ გრძელი, ლატერალური გამონაშვერები მახვილი და კაუდალურად მიმართული. პალპები გრძელი, ჰიპოსტომი 3/3 მწკრივი კარგად გამოხატული, მახვილი, კაუდალურად მიმართული კბილანით. I თათი გრძელი



ნახ. 1 *Jxodes ricinus* L. ნიმფა: a—ხორთუმი, b—ზურგის ფარი, c—I თათი, d—პერიტრემა · ლარვა—a'—ხორთუმი, b'—ზურგის ფარი, c'—I თითი.

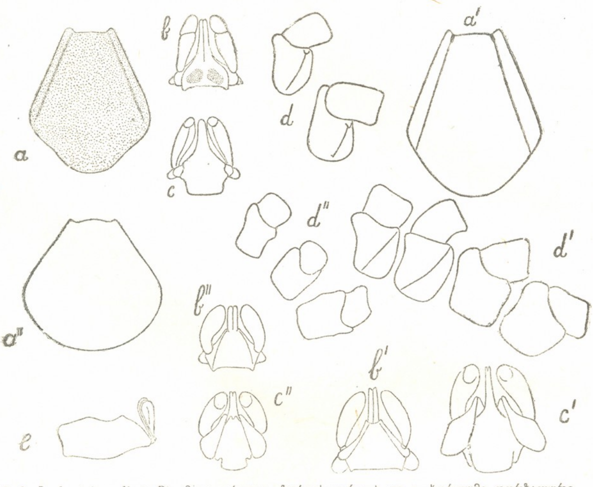


ნახ. 2. *Hyalomma marginatum* Koch. ნიმფა: a—ხორთუმი, b—ზურგის ფარი, c—I თათი, d—პერიტრემა; ლარვა: a'—ხორთუმი, b'—ზურგის ფარი, c'—I თათი.

ბოლოში შევიწროებული. მისაწოვრები მსხვილი, აღწევენ ბრჭყალების მწვერვალებს. პერიტრემა მოგრძო.

განაზომები μ-ით: სხეულის სიგრძე—1109, სიგანე—782; ზურგის ფარის სიგრძე—521, სიგანე—67,9: I თათის სიგრძე—341, სიგანე—108.

ლ ა რ ვ ა. ზურგის ფარი განიერი, მისი სიგანე აღემატება სიგრძეს. ფარის კიდეები გვერდებზე ქმნიან კუთხეებს. სკაპულები კარგადაა გამოსახული, მათ შორის ამონაჭდევი ღრმაა. ხორთუმის ფუძე საკმაოდ გრძელია, მის დორზალურ მხარეზე შესამჩნევია ლიტერალური გამონაშვერები. პალპები გრძელია ჰიპოსტომი 2/2 მწკრივი კარგად შესამჩნევი კაუდალურად მიმართული კბილანებით. I თათი საკმაოდ გრძელია. მისაწოვრები თათებზე მსხვილი, აღწევენ ბრჭყალების მწვერვალებს.



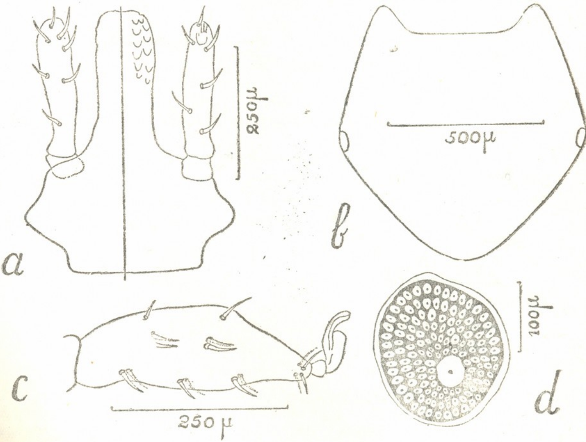
ნახ. 3. *Jxodes tnianguliceps* Bir. მ დ ე დ რ ი: a—ზურგის ფარი, b და c—ხორთუმი დორზალური და ვენტრალური მხრიდან, d—I და II კოქსები. ნ ი მ ფ ა: a'—ზურგის ფარი, b' და c'—ხორთუმი დორზალური და ვენტრალური მხრიდან, d'—I და II კოქსები. ლ ა რ ვ ა: a''—ზურგის ფარი, b'' და c''—ხორთუმი დორზალური და ვენტრალური მხრიდან, d''—I და II კოქსები

განაზომები μ-ით: სხეულის სიგრძე—536, სიგანე—457, ზურგის ფარის სიგრძე—310, სიგანე—392; I თათის სიგრძე—173, სიგანე—56.

Jxodes trianguliceps Bir.

ნ ი მ ფ ა. ზურგის ფარი მოგრძო, წინა ნაწილში ვიწროა, თანდათანობით განივრდება უკანა ნახევარში; ფარის უკანა კიდე თანაბრად შემრგვალებულია. ხორთუმის ფუძე კონუსისებურია; ვენტრალურ მხარეზე ფრთისებრი დანამატები აქვს, რომლებიც დორზალური მხრიდან ლატერალურ გამონაზარდებს მოგვაგონებენ. პალპები საკმაოდ ფართო, არაა გრძელი. კოქსებს ქაცვები არა აქვს; I და II კოქსებს აქვს კარგად გამოსახული აპკისებური დამატები.

ლ ა რ ვ ა. ზურგის ფარი წინა ნაწილში ვიწროა, მეორე ნახევარში კი ფართოვდება; მისი უკანა კიდე შემრგვალებულია. ხორთუმის ფუძე კონუსისებრი, ვენტრალური მხრიდან ფართო ფრთისებრი დანამატები აქვს, რომლებიც დორზალური მხრიდან ლატერალურ გამონაზარდებს მოგვაგონებენ. პალპები ფართო, გრძელი არაა. კოქსებს ქაცვები და აპკისებრი დანამატები არა აქვს.



ნახ. 4. *Hyalomma scupense* P. Sch. ნიმფა: a—ხორთუმი, b—ზურგის ფარი, c—I თათი, d—პერიტრემა

Hyalomma marginatum Koch.

ნიმფა. ზურგის ფარი ფართო, მისი სიგანე სიგრძეზე მეტია. ფარის გვერდითი კიდეები სხეულის კიდის პარალელურად მიიმართება და თვალების უკან შეზნექილობას ქმნის; უკანა მხრისკენ ფარი შემრგვალებულია. ხორთუმის ფუძე საკმაოდ გრძელია, განიერი არაა, ლატერალური გამონაშვერები პატარაა, ბლაგვი. პალპები განიერი, გრძელი. ჰიპოსტომი 2/2 მწკრივი კბილანით. პერიტრემა მომრგვალო, ოდნავ წაგრძელებული. I თათი ზომიერი სიგრძის; მისაწოვრები თითქმის აღწევენ ბრჭყალების მწვერვალებს.

განაზომები μ-ით: ფარის სიგრძე—608, სიგანე—697; I თათის სიგრძე—307, სიგანე—87.

ლარვა. ზურგის ფარი ზომიერად შემრგვალებული, მისი სიგანე სიგრძეზე მეტია. ხორთუმის ფუძე საკმაოდ გრძელია და განიერი. ლატერალური გამონაშვერები არაა დიდი, ბლაგვია. პალპები საკმაოდ გრძელი. ჰიპოსტომი 2/2 მწკრივი კბილანით. I თათი საკმაოდ გრძელი, არაა წვრილი, გამართულია, თანდათან ვიწროვდება წვერისაკენ. მისაწოვრები აღწევენ ბრჭყალების მწვერვალებს.

განაზომები μ-ით: სხეულის სიგრძე—519, სიგანე—383; ფარის სიგრძე—389; I თათის სიგრძე—183, სიგანე—65.

Hyalomma scupense P. Sch.

ნიმფა. ზურგის ფარი მოგრძო, მომრგვალო, მისი სიგრძე სიგანეზე მეტია. ხორთუმის ფუძე საკმაოდ განიერია, ცოტად თუ ბევრად მსხვილი, გრძელი ჰიპოსტომი 2/2 მწკრივი კბილანით. I თათი არაა გრძელი, მსხვილია. მისაწოვრები პატარა, არ აღწევენ ბრჭყალების მწვერვალებს. პერიტრემა თითქმის მრგვალი.

განაზომები μ-ით; ფარის სიგრძე—750, სიგანე—730; I თათის სიგრძე—330, სიგანე—110.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ზოოლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 16.5.1949)

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XI, № 3, 1950

ფიზიოლოგია

ლ. ჯაფარიძე

ზოგიერთი ძუძუმწოვრის სისხლის წყალშემცველობის სქესობრივი განსხვავება

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 2.6.1949)

სისხლის წყალშემცველობის მიხედვით ძუძუმწოვართა ორგანიზმში სქესობრივი განსხვავების გამოვლინება მრავალ სიძნელესთანაა დაკავშირებული. წყალშემცველობა, ისედაც ლაბილური, დროებით მოქმედი მიზეზების ზეგავლენით ადვილად იცვლება, ამიტომ მკვლევარს მართებს ამ მიზეზების გათვალისწინება და, შეძლებისდაგვარად, მათი აცილება. მაშინ ადვილი დასანახავი ხდება, რომ ცხოველების როგორც მთლიანი ორგანიზმის, ისევე ცალკეული შინაგანი ორგანოების თუ სითხეების წყალშემცველობას მეტად მაღალი მუდმივობა ახასიათებს. ეს იძლევა შესაძლებლობას მოვახდინოთ სხვადასხვა სქესის ორგანიზმების შედარება. რადგან მთლიანი ორგანიზმის წყალშემცველობის ანალიზი ხშირად დიდ ტექნიკურ სიძნელეს წარმოადგენს, ამიტომ პირველ ხანებში შეიძლება ცალკეული ორგანოების ან ქსოვილების გამოკვლევითაც დავკმაყოფილდეთ, ოღონდ იმ პირობით, რომ სინჯები შესაფერისად იყოს შერჩეული. პრაქტიკულად უფრო მიზანშეწონილად მიგვაჩნია წყალშემცველობის განსაზღვრა სისხლში. მართლადაც, იმ დროს, როდესაც თითქმის ყველა სხვა ქსოვილში წყალშემცველობა ცვალებადობას განიცდის მრავალი მიზეზის გამო, სისხლი ამ მხრივ იძლევა შეუდარებლად ნაკლებ გადახრებს ნორმისაგან. ე ნ გ ე ლ ი ს გამოქმით „სისხლი დიდი ენერგიით მიისწრაფვის თავისი წყლის დონის შენარჩუნებისაკენ“ [1]. წყლის მიღება ცხოველის მიერ მხოლოდ მცირე დროით ადიდებს მის რაოდენობას სისხლში, რომლის წყალშემცველობა მალე უბრუნდება ნორმას. მნიშვნელოვანია, რომ ორგანიზმის მობერებისას, მთელ რიგ სხვა ქსოვილებისაგან განსხვავებით, სისხლის წყალშემცველობა მცირედ იცვლება. სისხლის ანალიზს ის ტექნიკური უპირატესობაც აქვს, რომ, მისი მაღალი რეგენერაციული უნარის გამო, ადვილად შეიძლება მრავალჯერ განმეორდეს ანალიზი ორგანიზმისათვის რაიმე ზიანის მიუყენებლად. მაგ., ლ ო რ თ ქ ი ფ ა ნ ი ძ ე იკვლევდა შინაური კურდღლების სისხლს 14—16-ჯერ ორი-ოთხი თვის მანძილზე მათი ნორმალური მდგომარეობის შეუცვლელად [2].

აღნიშნულის გათვალისწინებით, ცხოველების წყალშემცველობის სქესობრივი დიფერენციალის გარკვევისას ჩვენ შევჩერდით სისხლის ანალიზებზე.

საკითხი, რომელსაც აქ შევეხებით, დამუშავებული გვქონდა ძირითადად ჯერ კიდევ 1942—1944 წლებში, სრულიად სხვა მოთხოვნილებებთან დაკავში-

რებით. მაგრამ, როგორც ჩანს, შემდეგი წლების მანძილზე მსგავსი გამოკვლევები არავის არ ჩაუტარებია; ეს გვაბედვინებს ჩვენი მონაცემების გამოქვეყნებას, რადგან ამ საკითხს გარკვეულ მნიშვნელობას ვანიჭებთ.

1. რქოსანი საქონლის სისხლი. საკვლევი მასალა აღებული იყო თბილისის ხორცკომბინატში 1942 წლის თებერვალსა და მარტში. გამოკვლეულია ვენური სისხლის 66 სინჯი, აღებული იმ ცხოველთა დახოცვის მომენტში, რომელთაც წინა ერთი დღე-ღამის განმავლობაში არ ეძლეოდათ არც საკვები და არც წყალი. სისხლში წყლის განსაზღვრისას ვხელმძღვანელობდით კრონახერის მითითებით: სისხლით იჟღინთებოდა ფილტრის ქაღალდის დისკო, ბიუქსიანად წინასწარ 100°C-ზე გამომშრალი და აწონილი. სინჯებს ვიღებდით სამ განმეორებად და მუდმივ წონამდის დაგვყავდა 97°C-ზე. შედეგები მოგვყავს პირველ ცხრილში (ცხრილებში ყველგან მოცემულია წყალშემცველობის აბსოლუტური პროცენტები).

ცხრილი 1

ცხოველთა სახეობა	სქესი	ასაკი	n	M %	$\overline{D}$
Bos Bubalos	♀	2—3 წელი	5	468	122
	♂	—„—	5	346	
Bos tauris	♀	7—9 წელი	18	406	17
	♂	—„—	18	389	
Ovis Aries	♀	3 წელი?	10	508	53
	♂	—„—	10	455	

მიღებული შედეგები გვაფიქრებინებს, რომ მდედრობითი სქესის ცხოველების სისხლში წყალშემცველობა მართლაც მეტი უნდა იყოს, ვიდრე მამრობითი სქესის ცხოველთა სისხლში.

2. ცხენის სისხლი. გამოყენებული გვაქვს საქ. მეცხოველეობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის გამოკვლევები, რომლებიც მეთოდურად მეტად სრულყოფილადაა შესრულებული. ცდისათვის აყვანილი ცხენები საგანგებოდ მსგავს პირობებში იმყოფებოდნენ; მათ საუღლე ვენიდან, დილის 5—7 საათზე, შპრიცით ერთმეოდათ სისხლის საანალიზო სინჯები. ჩვენ მიერ გამოთვლილი შედეგების საშუალოები მოცემულია მე-2 ცხრილში. ეს ცხრილი გვიჩვენებს, რომ ყველა გამოკვლეულ ჯიშში ფაშატების სისხლი რამდენიმედ მეტ წყალს შეიცავს ულაყების სისხლთან შედარებით. ამავე მასალის ჰემატოლოგიური ანალიზებით გამოკვლეული იყო, რომ ულაყების სისხლი უფრო მდიდარია მშრალი ნივთიერებებით, რაც ამ ანალიზების ავტორებს თვალსაჩინოდ აქვთ გამოხატული დიაგრამაზე ([3] გვ. 117).

ცხრილი 2

ჯიში	სქესი	n	M%	$\overline{D}$
ინგლისური ნახევრად წმინდა	♀	11	384,3	21,1
	♂	16	363 2	
თუშური	♀	27	398,2	24,9
	♂	4	373,3	
არდენისა	♀	13	445,6	33,8
	♂	5	411,8	
ინგლისური წმინდა	♀	6	367.1	38,1
	♂	17	329.0	
ყაბარდოული	♀	7	422,4	49,1
ორლოვისა	♂	13	373,3	
საშუალო	♀		403,5	33,4
	♂		370,1	

3. ჯიხვის, თხისა და ჯიხვთხის სისხლი. ქს. გოჩიტაშვილის გამოკვლევა, რომელიც ამ ცხოველთა სისხლის მორფო-ქიმიურ თავისებურებებს შეეხება, შეიცავს აგრეთვე მონაცემებს სისხლის მშრალი ნაშთის შესახებ [4]. ამ მონაცემებიდან ჩანს, რომ წლის სეზონების მიხედვით მშრალი ნაშთის რაოდენობა საგრძნობლად იცვლება, მაგრამ ის ყოველთვის მაინც ნაკლებია მდედრობითი ცხოველების სისხლში. ჩვენ გამოთვლილი გვაქვს საშუალო წყალშემცველობა (აბსოლუტური პროცენტებით) პერიოდისათვის 1936 წლის 1 მარტსა და 5 დეკემბერს შორის, რაც მოგვყავს მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

ცხოველთა დასახელება	სქესი	n	Lim	M%	$\overline{D}$
დაღესტნის ჯიხვი (*Capra cylindricornis*)	♀	5	406—450	428	53
	♂	3	349—400	375	
შინაური თხა (*Capra hyrcus*)	♀	13	441—630	536	40
	♂	3	—	496	
ჯიხვთხა	♀	5	397—480	439	49
	♂	9	357—423	390	

აქ სამივე ჯგუფის ცხოველებში ჩანს განსხვავება მამრთა და მდედრთა სისხლის წყალშემცველობას შორის. მართალია, უკანასკნელის მერყეობა იმდენად დიდია, რომ ეს სხვაობა შესაძლებელია დამაჯერებელი არ ყოფილიყო, რომ კანონზომიერად არ მეორდებოდეს მთელი გამოკვლეული პერიოდის მანძილზე. სასურველია განსხვავების სტატისტიკური დასაბუთება. ასეთი დასაბუთება ჩატარებული გვაქვს კურდღლებზე.

4. შინაური კურდღლის სისხლი. გამოკვლეული გვაქვს 8—10 თვის ასაკის შინაური კურდღლები. კურდღლები აყვანილი იყო თბილისში,

ბაქტერიოფაგის ინსტიტუტის, ზოოპარკის, ვეტერინარული საცდელი სადგურისა და პასტერის ინსტიტუტის საკურდღლეებში. სათანადო შერჩევის შემდეგ დავიტოვეთ მონაცემები 52 ცხოველზე, რომელნიც ასაკით, ჯანმრთელობითა და განვითარებით ერთმანეთის მსგავსნი იყვნენ. გამოვიყენეთ ამასთანავე ი. ლორთქიფანიძის საუცხოო მასალაც 16 ცხოველის შესახებ [2]. ამრიგად, ხელთ გვქონდა მონაცემები 32 დედალი და 36 მამალი კურდღლის შესახებ, რის გამოც სიგმის გამოსათვლელად ხმარებული იყო გაუსის ფორმულა. შედეგები მოცემულია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4

სქესი	n	Lim / $M \pm m$	$v\%$	$P\%$	$\frac{D}{m\ diff} = t$
♀	32	442—555 497,44±4,40	5,0	0,88	$\frac{44,08}{\pm 6,76} = 6,5$
♂	36	384—511 453,36±5,13	6,8	1,13	

ამრიგად, კურდღლების მაგალითზე ადვილად ხერხდება წყალშემცველობის სქესობრივი განსხვავების სტატისტიკური დასაბუთება.

ლიტერატურაში არც ისე ადვილია ზემოთ მოყვანილ საკითხზე სპეციალური მონაცემების მონახვა. შულცსა და კრუგერს აქვთ ნაჩვენები, რომ მდედრობითი სქესის სისხლის სერუმი მეტ წყალს შეიცავს (მაგალითად: მამაკაცის—903, დედაკაცის – 906; ხარის—903, ძროხის—910; ხვადის—111, ძუკნის—116, ხვადი კატისა—909; კატის—912). ამ მონაცემებს შემდგომ ბევრი ავტორი იმეორებს (მაგ. ეპშტაინი), ალბათ იმის გამო, რომ უფრო ახალი არ მოეპოვებათ.

მაგრამ მრავალრიცხოვანი ჰემატოლოგიური გამოკვლევები შეიცავს მრავალ ფაქტს სისხლის ხვედრითი წონის შესახებ, ჰემოგლობინის, ერითროციტების, ფიბრინისა და სხვა შემადგენელი ნაწილების შემცველობის შესახებ. ეს ცნობები უფლებას გვაძლევს, მართალია, არაპირდაპირ, მაგრამ მაინც სრულიად გარკვეულად დავასკვნათ წყლის მეტი შემცველობის შესახებ მდედრობითი ორგანიზმის სისხლში. ასეთი მონაცემები განსაკუთრებით ბევრია ადამიანის შესახებ. ბევრი გამოკვლევაა სხვადასხვა ცხოველის შესახებაც, როგორიცაა, მაგ., მსხვილფეხა და წვრილფეხა რქოსანი საქონელი, ღორი, კატა, კურდღელი, ცხენი, თაგვი, ვირთაგვა.

ძუძუმწოვრების გარდა იგივე სურათი ირკვევა ბევრი სხვა ცხოველისათვისაც, მაგ. გომბეშო, ბაყაყი, ქორჭილა, ქარიყლაპია, სხვადასხვა ფრინველი (განსაკუთრებით შინაური ფრინველები).

ჩვენ განვსაზღვრეთ წყალშემცველობა 19 მუშკიანი იხვის (*Cairina mcchata* Flem.) სისხლში. სინჯებს ვიღებდით თბილისის ზოოპარკში 1944 წლის მაისის მანძილზე. მიუხედავად ამგვარი გამოკვლევებისათვის არახელსაყრელი პერიო-

დისა, მაინც ამ ვადისათვის საშუალო წყალშემცველობა აღმოჩნდა მამლებისათვის 392,4%, ხოლო დედლებისათვის—443,6%.

ყოველივე ზემოთ მოყვანილი იმის მაჩვენებელია, რომ წყალშემცველობის სქესობრივი დიფერენციალი ყველანაირი ტიპის ცხოველურ ორგანიზმებში უნდა არსებობდეს, მსგავსად იმისა, როგორც ეს გვხვდება მცენარეულ ორგანიზმებში [5,6]. მწერებისათვის ეს ჩვენ მიერ ადრევე იყო ნაჩვენები აბრეშუმის ჭიისა [7] და ფუტკრის მაგალითზე [8].

განხილული მონაცემების საფუძველზე შესაძლებლად მიგვაჩნია შემდეგი დებულების ჩამოყალიბება:

1. ძუძუმწოვარ ცხოველებში აღინიშნება წყლის მეტი შემცველობა მდედრობითი ორგანიზმების სისხლში. ლიტერატურულ მონაცემთა გათვალისწინებით შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ წყლის მეტი შემცველობა იქნება არა მარტო სისხლში, არამედ მთლიანად მდედრობითი სქესის ორგანიზმში.

2. მდედრობითი სქესის ორგანიზმებში წყლის მეტი შემცველობა გვხვდება არა მარტო ძუძუმწოვრებში, ის ნაჩვენებია ფრინველებისა და მწერებისათვისაც. იგივე გვხვდება ადამიანშიც. ამასთანავე ეს დადასტურდა სხვადასხვა ფილოგენეტიკური საფეხურიდან აღებული ორსახლიანი მცენარეული ორგანიზმებისათვისაც. მაშასადამე, ყველგან, სადაც კი გამიჯნული სქესები არსებობს, მდედრობითი ორგანიზმები შედარებით მეტი წყალშემცველობით ხასიათდება. წყალშემცველობის სქესობრივი დიფერენციალის ასეთი კანონზომიერება იმაზე მიგვითითებს, რომ ის უნდა იყოს ცოცხალი პროტოპლაზმის თანარსებული თვისება.

3. წყალშემცველობის სქესობრივ დიფერენციალს ვერ განვიხილავთ ნივთიერებათა ცვლის იმ პროცესებისაგან განყენებულად, რომელიც ორგანიზმში მიმდინარეობს. პირიქით, სწორედ მეტ-ნაკლები წყალშემცველობა მჭიდრო კავშირში უნდა იყოს ზოგიერთ იმ ბიოქიმიურ ნიშანთვისებასთან, რომლითაც საადღეისოდ სქესებს განასხვავებენ ხოლმე. ამისათვის სქესთა შედარებითი ბიოქიმიური თუ ფიზიოლოგიური შესწავლის დროს აუცილებლად საჭიროდ მიგვაჩნია ორგანიზმის წყლის მეურნეობის შესწავლაც.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ბოტანიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 2.6.1949)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Ф. И. Кофанов. Волный обмен и его выражение при равличных патологических состояниях. М.—Л., 1936.
2. ი. ლორთქიფანიძე. მასალები ექსპერიმენტული ჰემორაგიული ანემიის პათოლოგიისათვის. თბილისი, 1933.
3. Е. Семенская, О. Берулава, К. Гочиташвили и др. К вопросу о селекции с.-х. животных с целью повышения их продуктивности и организации стад. Тр. Зак. н.-и. инст. животноводства, т. I, Тифлис, 1930.

4. ქს. გოჩიტაშვილი. ზოგიერთი ბიოლოგიური დაკვირვება ჯიხვეზე, ჯიხვთხებზე და შინაურ თხებზე. დისერტაცია, 1937.

5. ლ. ჯაფარიძე. წყლის შემცველობა სხვადასხვა სქესის მცენარეებში. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. III, № 4, 1942.

6. ლ. ჯაფარიძე, თ. კეზელი და ქ. ლეონიძე. წყალშემცველობის სქესობრივი განსხვავება ორსახლიან მცენარეებში. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. V, №4, 1944.

7. ლ. ჯაფარიძე. წყლის განსხვავებული შემცველობა აბრეშუმის ჭიის მდედრობითი და მამრობითი სქესის მწერებში. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. V, № 5, 1944.

8. ლ. ჯაფარიძე. ფუტკრის (*Apis mellifera* L.) წყალშემცველობის სქესობრივი დიფერენციალის შესახებ. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. VI, №4, 1945.

არქეოლოგია

ირ. ციციშვილი

ანტიკური დროის აკლდამა ბაგინეთში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ნ. ბერძენიშვილმა 28.9.1949).

1947 წლის ზაფხულში ბაგინეთში წარმოებული გათხრების დროს აღმოჩნდა საყურადღებო ძეგლი—ანტიკური ხანის აკლდამა [1].

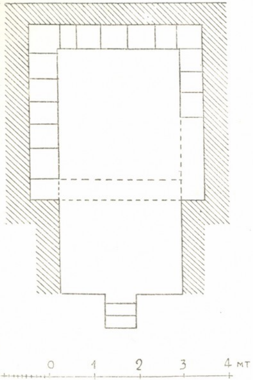
აკლდამა მდებარეობს ნაქალაქარის ჩრდილო-დასავლეთით, მის ქვედა ტერასაზე, უშუალოდ მცხეთის ტაძრის პირდაპირ. იგი მოთავსებულია კლდის შვერილზე (რომელშიაც ყურადღებას იპყრობს მოზრდილი გამოქვაბული) და თავის დროზე უთუოდ შორიდან ჩანდა.

კლდე, რომელზედაც აგებულია აკლდამა, საფუძვლიანად არის დამუშავებული. გასწორებულია მისი ზედაპირი და უხეშად გამოკვეთილია ნაგებობის ფორმა. თვით აკლდამა ამჟამად წარმოგვიდგება როგორც ერთი მთლიანი ნაგებობა, მაგრამ თავდაპირველად იგი კედლით ყოფილა გადატიხრული, რის გამო იქმნებოდა ორი თანაბარი სიგანის სათავსი — წინკარი ზომით 270×200 სმ, რომელშიაც ჩადიოდა კლდეში ამოკვეთილი კიბის სამი საფეხური, და კვადრატული ფორმის საძინებელი (სამარხი კამერა), ზომით 270×270 სმ (ნახ. 1). აკლდამა ამჟამად სრულიად დანგრეულია, გაძარცულია (ალბათ ძველ დროშივე) არა მარტო დასამარხი ინვენტარი, არამედ წყობის თლილ ქვათა უმრავლესობაც. აკლდამას წყობის ხუთი რიგის სიმაღლეზე გლუვი ვერტიკალური კედლები ჰქონია. პირველი ქვედა რიგი და ნაწილობრივ მეორე რიგიც შემონახულია in situ, დანარჩენი რიგები კი სავსებით დარღვეულია. კვადრების ნაწილი, როგორც უკვე აღინიშნა, გამოყენებულია სხვა ნაგებობათა ასაგებად, მცირე ნაწილი კი გაფანტულია აკლდამის შიგნით.

წყობა შედგება ქვიშაქვის მსხვილი კვადრების წესიერი რიგებისაგან, რომელთა სიმაღლე იცვლება 31—36 სმ ფარგლებში. ქვების სიგრძეც სხვადასხვაა, ისე რომ არავითარი მკაცრი სისტემა წყობაში არა ჩანს. კვადრები კარგადაა გათლილი და ისე შესანიშნავად მორგებული ერთმანეთთან, რომ ნაკერები მათ შორის თითქმის არც ჩანს. ასევე გულდასმითაა შესრულებული კუთხეების გადაბმა, სადაც ნახმარია სპეციალური კუთხური ქვები. მშრალად დაწყობილი კვადრები გამაგრებულია ლითონის გამირებით, რომელთა ბუდეებში დამატებით ჩასხმულია ტყვია. ყოველ ქვაზე შეიმჩნევა ოთხი ასეთი ბუდე—ორ-ორი კვადრის თითოეულ მხარეზე (ნახ. 2).

[1] მცხეთის არქეოლოგიურ ექსპედიციას ხელმძღვანელობდა განსვ. აკად. ს. ჯანაშია. ბაგინეთის საველე გათხრებში მონაწილეობდნენ ა. აფაქიძე (რაზმის უფროსი), დ. კაპანაძე, თ. აბრამიშვილი და ამ სტრიქონების ავტორი.

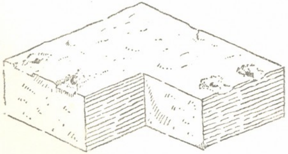
აღნიშნული ქვის პერანგის უკან აღმოჩნდა მეორე წყობა უკვე ფლეთილი ქვისა—კირის დუღაბზე. ამგვარად, აკლდამის კედელი საერთო ჯამში სისქით 80—100 სმ აღწევს, საიდანაც 40—60 სმ მოდის მოპირკეთებაზე. მეორე წყობა მდარე ნახელავია და წარმოადგენს შევსებას კლდესა და აკლდამის პერანგს შორის, მის ზედაპირზე მკაფიოდ ჩანს მოპირკეთების ანაბეჭდი 133 სმ სიმაღლეზე, რაც მაჩვენებელია პერანგისა და შევსების წყობის ერთდროული ამოყვანისა.



ნახ. 1

ძირითად კამერაში დაგებულია დღემდე კარგად შემონახული იატაკი (წინა ოთახში, როგორც ჩანს, კლდის გასწორებით დაკმაყოფილდნენ). იგი წარმოადგენს რთულ ნალესობას, შემდგარს სამი ფენისაგან—კირის, ქვიშისა და კირის ხსნარისა ფხვნილის (აგურისა ან კრამიტის) დანამატით. იატაკის სისქე 4 სმ აღწევს. დანამატები და სხვადასხვა ფენა, უნდა ვიფიქროთ, ანიჭებდა მას სინესტისადმი მდგრადობას.

აკლდამის გადახურვის სისტემა დეტალურ გამოკვლევას არ ემორჩილება, ვინაიდან კედლების ვერტიკალური წყობის ზემოთ გადახურვის არავითარი კვალი არ შემონახულა. ერთადერთი, რაც შეიძლება დაგვეხმაროს გადახურვის სახის წარმოსადგენად, ეს არის აკლდამის შიგნით აღმოჩენილი შესანიშნავად გათლილი ქვის ორი ფილა (ზომით 63×52 სმ, სიმაღლით 10 სმ), რომელთა ერთი წახნაგი ირიბად 45°-თაა ჩათლილი. თუ დავუშვებთ, რომ ასეთი ფილები საკმარისი რაოდენობით იყო, მათი სიმცირე კი, ბუნებრივია, აიხსნება წყობის ქვებთან ერთად გაძარცვით, მაშინ გადახურვა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს როგორც ცრუ კამარა, სადაც ყოველივე ზემოთ მოთავსებული რიგი რამდენადმე გამოწეული იყო ქვედა რიგთან შედარებით და ზემოთკენ თანდათანობით ამცირებდა გადასახურავ სივრცეს. ფილების მოყვანილობის გამო შიდა ზედაპირი გლუვი უნდა ყოფილიყო (ნახ. 3).

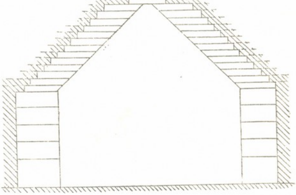


ნახ. 2

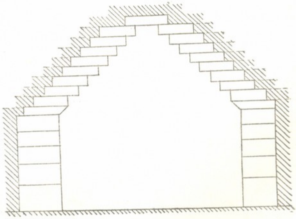
იმ შემთხვევაში, თუ ვივარაუდებთ, რომ ზემოხსენებული წესით დამუშავებული ფილების რაოდენობა განსაზღვრული იყო,

არაა გამორიცხული მეორე სახის კონსტრუქციის გამოყენების შესაძლებლობაც, კერძოდ—გადახურვა სწორკუთხოვანი ფილებით, საფეხურისებრივი წყობით, სადაც ირიბად ჩათლილი წახნაგიანი ფილები წარმოადგენდნენ გადახურვის პირველ რიგს—გადასვლას კედლის წყობიდან თაღზე. ამასთანავე ასეთი გადახურვის საფეხურისებრივი წყობა ამოიყვანებოდა მხოლოდ ორ კედელზე, დანარჩენ ორ მხარეზე კი იქმნებოდა თავისებური ლუნეტები (ნახ. 4).

გადახურვის ორივე მოყვანილი ვარიანტი ხშირ გამოყენებას ჰპოვებდა ანტიკური პერიოდის აკლდამებში, ძირითადად ბოსფორის სამეფოსა და მცირე აზიაში (მაგ., „პიგმეების აკლდამა“ ქერჩის მიდამოებში ([1], გვ. 10, სურ. 14).



ნახ. 3



ნახ. 4

ორივე შემთხვევაში აკლდამა მიწით უნდა ყოფილიყო დაფარული, რაც მიზანშეწონილი იყო ცრუ თაღის პრინციპზე აგებული გადახურვის დასატვირთავად.

რაც შეეხება აკლდამის გარეგან დამუშავებას, აქაც მხოლოდ მოსაზრებათა სფეროში ვიმყოფებით, ვინაიდან ნაგებობის ფასადის არავითარი კვალი არ დარჩენილა. შეიძლება მხოლოდ ვივარაუდოთ, რომ აკლდამის ფასადიც, რომლის ცენტრში კარი უნდა ყოფილიყო, მისი დანარჩენი ნაწილების შესაფერისად იქნებოდა დამუშავებული.

ერთგვარ წარმოდგენას აკლდამის გაფორმებაზე იძლევა მასში ნაპოვნი მორთულობის ელემენტები. საკნის წინა ნაწილში, შესასვლელთან, აღმოჩნდა დიდი რაოდენობით მკვრივი, კარგად გამომწვარი აგური. აგური ზომების მიხედვით სამი სახეობისაა: 19×5×3 სმ, 19×13×4 სმ და 21×9×4 სმ. ეს მცირე ზომის და მაღალი ხარისხის აგურები ალბათ შეადგენდა კედლის ან კარიბჭის მოპირკეთების ერთ-ერთ ელემენტს. ამას გარდა, სათავსის შიგნით აღმოჩნდა ქვის კარნიზისა და ფრიზის ფრაგმენტები. კარნიზი მკვეთრად და მოხდენილად პროფილირებულია (ბატიყელა და თაროები—ნახ. 5). მის ქვედა თაროზე შავი ფერით ნარინჯისფერ ფონზე მოხატულია კბილანები. ამგვარად, გვაქვს არქიტექტურული პროფილის ფერწერული მანერით გამოსახვის საყურადღებო მაგალითი.

ასეთი მინიატურული კარნიზი ალბათ აგვირგვინებდა შიდა კედლებს და ქმნიდა მოხდენილ გადასვლას ვერტიკალური წყობიდან გადახურვაზე.

ახლა განვსაზღვროთ აკლდამის ადგილი ანალოგიურ ძეგლთა მწკრივში.

ჩვენთვის ცნობილი საზეიმო სახის პირველი სამარხები მიეკუთვნება ეგეოსის სამყაროს, სადაც მრგვალი ფორმის ტოლოსები, სკისებრივი გადახურვით, ჩნდება როგორც მრგვალი საცხოვრებელი ქოხის გადმონაშთი ([2], გვ. 159). ძვ. წ. XVI საუკ. ვრცელდება გუმბათური ან ცრუ თაღის სახის გადახურვები თლილი ქვისაგან. იზოპატას აკლდამა (კრეტა) წარმოადგენს ამ ტიპის უძველეს ნაგებობას, რომელმაც ჰპოვა შემდგომი განვითარება მატერიკზე ([2], გვ. 16). საბერძნეთის ტერიტორიაზე, დაწყებული XVI საუკუნის ბოლო წლებიდან ვიდრე მიკენის კულტურის დაცემამდის, შენდება სკისებრივი აკლდამები. მათი სახისა და ტექნიკის განვითარების შედეგად შეიქმნა აკლდამის დასრულებული სახე (ატრეოსის აკლდამა), რომელიც წარმოადგენს მაღალი ტექნიკის ნიმუშს კულტურის განვითარების ხსენებულ სტადიაზე. კლასიკური და ელინისტური დროის მანძილზე ეგეოსის ტრადიციის აკლდამები არსებობენ მაკედონიაში, თრაკეასა და მცირე აზიაში, სადაც ისინი გარკვეულად გამარტივდნენ. მცირე აზიის ზოგიერთ აკლდამას უკვე აღარ ახლავს ნაგებობის ისეთი მნიშვნელოვანი ნაწილი, როგორიც იყო მანამდე დრომოსი ([1], გვ. 22).

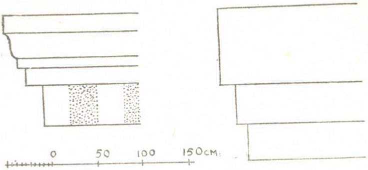
განსაკუთრებით მდიდარია ამ ტიპის მონუმენტური ძეგლებით ბოსფორის სამეფო. ბოსფორის ყორღანული აკლდამები, მიუხედავად დროის დიდი შუალედისა, დაკავშირებულია ეგეოსის სამყაროს საზეიმო სამარხებთან, ალბათ მაკედონიის, თრაკეასა და მცირე აზიის გზით ([3], გვ. 162).

ბოსფორის ადრინდელი სამარხი ძეგლები, როგორც ოქროს, მეფური და მელეკ ჩესმენის ყორღანები, ხასიათდება საზეიმო სიმკაცრითა და მარტივი ფორმით. მათ არ ახლავს პროფილირებული ელემენტები და ფერწერა ([4], გვ. 57). ადრე ელინისტური ეპოქის ძეგლებს ახასიათებს კვადრატული ან სწორკუთხოვანი საკანი, უკვე ნაკლებად დაკავშირებული დრომოსთან (წინა პერიოდთან შედარებით), რომელიც კარგავს თავის საზეიმო ხასიათს. ასეთებია კულ-ობის, ბოლშაია ბლიზნიცას, ტარასოვისა და სხვა აკლდამები ([1], გვ. 9). ამავე დროს ჩნდება ნახევარცილინდრული კამარები, რომლებმაც ნაწილობრივ განდევნეს წინა პერიოდის საფეხურისებრივი გადახურვები (აკლდამა ყორღანისა ვასიურინის მთაზე, ([5], გვ. 293). შემდგომ აკლდამები კიდევ უფრო მეტად მარტივდებიან, კარგავენ თავის სიდიადესა და სიმკაცრეს; ჩნდება ფერწერა, რომელიც არაა არქიტექტონული აკლდამის ხუროთმოძღვრებასთან („პიგმეების აკლდამა“, ტარასოვის აკლდამა). ბოლოს, აღსანიშნავია რომაული დროის ოლვიის აკლდამები, რომლებიც შედგება ორი მცირე ზომის სწორკუთხოვანი სათავსისა და დრომოსისაგან ([4], გვ. 92).

ამასთანავე, შავი ზღვის ჩრდილო სანაპიროზე გვხვდება კლდეში გამოკვეთილი აკლდამებიც, როგორიცაა, მაგალითად, 1903 წ. ხერსონესში აღმოჩენილი ახ. წ. IV საუკ. აკლდამა, კლდეში ამოკვეთილი სამსაფეხურიანი მცირე დრომოსით ([6] გვ. 383).

ვადარებთ რა ბაგინეთის აკლდამას ამ ტიპის ცნობილ ძეგლებს, ვრწმუნდებით, რომ გვაქვს საზეიმო სამარხი ნაგებობის იგივე სახე, რომელმაც მიიღო განვითარება ეგეოსის სამყაროში, მცირე აზიაში ან ბოსფორის სამეფოში.

გეგმის მხრივ ჩვენი ნაგებობა თავისი ორი სათავსოთი და კვადრატული საკნით რამდენადმე უახლოვდება იუზ-ობის, ტარასოვის და ბოლშაია ბლიზნიცას აკლდამებს (ძვ. წ. IV—III საუკ.), სადაც „დრომოსი დაყვანილია მოკლე მონაკვეთამდე, ღია პორტალით" ([1], გვ. 24).



ნახ. 5

გარკვეულ ანალოგიებს, გეგმისა და საამშენებლო ტექნიკის მხრივ, ვპოულობთ ვასიურინის აკლდამაში, სადაც კედლები აგებულია ტყვიით გამაგრებული რკინის გამირებით დაკავშირებული კვადრატებით, ახასიათებს მოკლე დრომოსი, გადახურული დერეფანი და სამარხი საკანი ([6], გვ. 381 და [7], გვ. 30).

მაგრამ განსაკუთრებით უახლოვდება ჩვენი ძეგლი თავისი სქემითა და საამშენებლო ტექნიკით (ქვის მსხვილი თლილი კვადრებით ამოყვანილი პერანგი და შევსება) ახ. წ. II—III საუკ. ორ ძეგლს—ევრისივიისა და არეტას აკლდამას და ბ. ფარმაკოვსკის მიერ 1902-03 წლებში გათხრილ „ზევსის ყორღანს" ([8], გვ. 7). რაც შეეხება ბაგინეთის ძეგლის ერთგვარ მსგავსებას კლდეში გამოკვეთილ ხერსონესის აკლდამასთან, აქ უნდა ითქვას, რომ ბაგინეთის აკლდამა უცილობლად დადებითად განსხვავდება მდარე ხარისხისა და რამდენადმე პრიმიტიული, კლდეში გამოკვეთილი ამ აკლდამისაგან მაღალხარისხოვნად შესრულებული წყობით და საერთოდ ნაგებობის დახვეწილი ფორმებით.

ამგვარად, ჩვენი აზრით, ბაგინეთის აკლდამის ადგილი უნდა იმყოფებოდეს ბოსფორის რომაული დროის ძეგლთა რიგში, ხერსონესის აკლდამაზე მნიშვნელოვნად უფრო წინ[1].

ბაგინეთის აკლდამის დეკორაციულ ელემენტებს (პროფილირებული კარნიზი და ფერწერის ელემენტები), მართალია, აქვს ანალოგიები ვასიურინის აკლდამასთან, სადაც არის რელიეფური კარნიზი ბატიყელა კბილანებით და ვიწრო ჩუქურთმიანი ზოლები ([5], გვ. 294), მაგრამ დეკორის მსგავსი ხერხები კიდევ უფრო მეტად ახასიათებს რომაული დროის პანტიკაპეას აკლდამებს. ასეთია, მაგალითად, „დემეტრას აკლდამა", რომელშიაც კედლები გვირგვინდება იონური კბილანებიანი ფრიზითა და ორნამენტებით ([4], გვ. 94).

---

[1] უფრო ადრინდელ დროს ბაგინეთის ძეგლის დათარიღებაში გამორიცხავს აგრეთვე ამოვსებაში კირის დუღაბის მოხმარება, დამახასიათებელი ბაგინეთის ახ. წ. I—III საუკ. ნაგებობათათვის.

ჩვენ უკვე აღვნიშნეთ აკლდამის საფუძვლიანი გაძარცვის ფაქტი. სარკოფაგის არავითარი კვალი აღარ ჩანს, რაც შეეხება დასამარხ ინვენტარს, რომელიც, უნდა ვიფიქროთ, უხვი და მდიდრული იქნებოდა, მასზე მცირე წარმოდგენას იძლევა აკლდამის იატაკზე დაფანტული უმნიშვნელო საგნები. ეს მონაპოვარი: ვერცხლის სურის ან ფიალის ფრაგმენტი, მინის ჭურჭლის (სანელსაცხებლე?) ნამტვრევები და ოციოდე ოქროს ნაკეთობა — წვრილი კილიტები და ოქრომკედის ნაწყვეტები, სავსებით ემსგავსება არმაზისხევის ნეკროპოლის №№ 1, 3 და 6 სამარხებისა ([9], გვ. 42—47) და 1949 წ. ბაგინეთში აღმოჩენილ სარკოფაგის ნივთებს, რაც აგრეთვე მიგვითითებს გარკვეულ პერიოდზე, კერძოდ, ახ. წ. II საუკუნეზე.

ვადარებთ რა აღნიშნულ აკლდამას იბერიის პიტიახშთა სინქრონულ სამარხებს (სარკოფაგებს), ვფიქრობთ, რომ ეს პირველი, შედარებით უფრო საზეიმო ხასიათის სამარხი, შესაძლებელია კვალიფიცირებულ იქნეს, როგორც სამარხი იბერიის ერთ-ერთი მეფისა ან დიდი პიტიახშისა. ასეთი მოსაზრება მით უფრო დასაშვებია, რომ აკლდამა იმყოფება ბაგინეთში, რომელიც ამ პერიოდში მეფეთა რეზიდენციას წარმოადგენდა.

ძეგლის ხუროთმოძღვრება და დეკორაციული მორთულობა კიდევ ერთხელ ამტკიცებს, რომ ანტიკური დროის ქართულმა ხელოვნებამ მნიშვნელოვან განვითარებას მიაღწია და საერთოდ ანტიკური ხელოვნების სიმაღლეზე დგას.

რაც შეეხება მთელ რიგ მსგავს ნიშნებსა და საერთო ტრადიციას ამ ძეგლისა ეგეოსის სამყაროსა და ბოსფორის აკლდამებთან, აქ ჩვენ, რა თქმა უნდა, სრულიად არა გვაქვს საქმე ამ ტრადიციის დასესხებასთან.

„მსგავს წარმოდგენას საიქიო ცხოვრებაზე შეეძლო აღედგინა და მიეცა ახალი მოქმედი ფორმა აკლდამების სქემებისა და კონსტრუქციებისათვის, რომელნიც განაგრძობენ არსებობას, მიუხედავად ეგეოსის კულტურის მოჩვენებითი დაღუპვისა" ([1], გვ. 14).

ამგვარად, მსგავსება დასაფლავების წესისა, მხატვრული და კონსტრუქციული ხერხებისა, ბუნებრივად აიხსნება არა დასესხებით, არამედ როგორც გარკვეული სტადიური განვითარების შედეგი.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ძველი საქართველოს მთელ რიგ სხვა ძეგლებში შეიმჩნევა გარკვეული სიახლოვე ეგეოსის სამყაროს შორეულ კულტურასთან. „ნაცარგორის არქეოლოგიური მასალა მჭიდროდ არის დაკავშირებული საქართველოსა და კავკასიის სხვა ნაწილების მატერიალური კულტურის ძეგლებთან, ერთი მხრით, ხოლო, მეორე მხრით, საკმაოდ შორეული ქვეყნების უძველეს კულტურებთან. ამ უკანასკნელთა შორის პირველ რიგში უნდა ვახსენოთ ეგეოსისა და წინა აზიის კულტურები. მოპოვებული მასალა ადასტურებს, რომ ეგეოსის კულტურის ნაკადი კავკასიაზე გამოვლით ჩრდილოეთშიაც ვრცელდებოდა ([10], გვ. 11).

ბოლოს, საყურადღებოა ისიც, რომ ბაგინეთის აკლდამის ცრუ კამარის სისტემის გადახურვის მსგავსი ხერხი სხვადასხვა ვარიანტში ფართოდ ვრცელდება ძველ საქართველოში, როგორც ხის, ასევე ქვის ფორმებში. ამ ტიპის გადახურვათა ვარიანტების (ხის დარბაზების გვირგვინები, თავის დროზე აღწე-

რილი ვიტრუვიუსის მიერ, ლიკანის ქვის დარბაზები და მრავალი უძველესი, ქვის ნაგებობის გადახურვა, როგორც, მაგალითად, ბედენის ლოდოვანის „ციკლოპურ“ ნაგებობათა გადახურვები) დეტალური შესწავლა უცილობლად დაადასტურებს ამ ტრადიციის ადგილობრივ ძირებს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ისტორიის ინსტიტუტი
აკად. ივ. ჯავახიშვილის სახელობისა
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 1. 10. 1949)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. С. А. Кауфман. Об уступчатых склепах Боспора. Сообщения Института истории и теории архитектуры, в. 6, 1947.
2. Всеобщая история архитектуры, т. 1, Москва, 1944.
3. М. Ростовцев. Скифия и Боспор. Ленинград, 1925.
4. В. Д. Блаватский. Искусство Северного Причерноморья античной эпохи. Москва, 1947.
5. В. Ф. Гайдукевич. Боспорское царство. Москва, 1949.
6. В. Д. Блаватский. Античная архитектура северного Причерноморья. Всеобщая история архитектуры, т. П. Москва, 1948.
7. М. Ростовцев. Античная декоративная живопись на Юге России. СПБ 1914.
8. Б. В. Фармаковский. Раскопки в Ольвии в 1902—1903 г. г. Извест. императорской археологической комиссии, в. 13. 1905.
9. გ. ლომთათიძე. არქეოლოგიური გათხრები საქართველოს ძველ დედაქალაქში. თბილისი, 1945.
10. გ. გობეჯიშვილი. არქეოლოგიური გათხრები სამხრეთ ოსეთში, მოხსენების თეზისები საქ. მეცნ. აკად საზოგ. მეცნ. განყ. 26-ე სამეცნ. სესია. თბილისი, 1948.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XI, № 3, 1950

ხელოვნების ისტორია

პ. ზაქარაია

XIV საუკუნის ხუროთმოძღვრული ძეგლი სოფელ ვაკეში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ნ. ბერძენიშვილმა 6.2.1950)

სოფელი ვაკე მდებარეობს თეთრი-წყაროს რაიონში გუდარეხისა და ლორისთავის ჩრდილოეთით 4—5 კილომეტრზე, ღრმა ხეობის მარცხენა მხარეს, მაღალი მთის სამხრეთ კალთაზე. ისტორიული ქვემო ქართლის ეს ერთი უბანიც, ისე, როგორც დანარჩენი ნაწილი, სავსეა სხვადასხვა ხასიათისა და მასშტაბის ხუროთმოძღვრული ძეგლებით. თვით ამ სოფელში ერთი ეკლესიაა, მაგრამ სოფლის ირგვლივ რამდენიმე მცირე ზომის ეკლესია მოიპოვება [1].

ამჟამად ჩვენი განხილვის ობიექტია სოფლის ჩრდილო-დასავლეთ ნაპირას მდგარი პატარა ეკლესია.

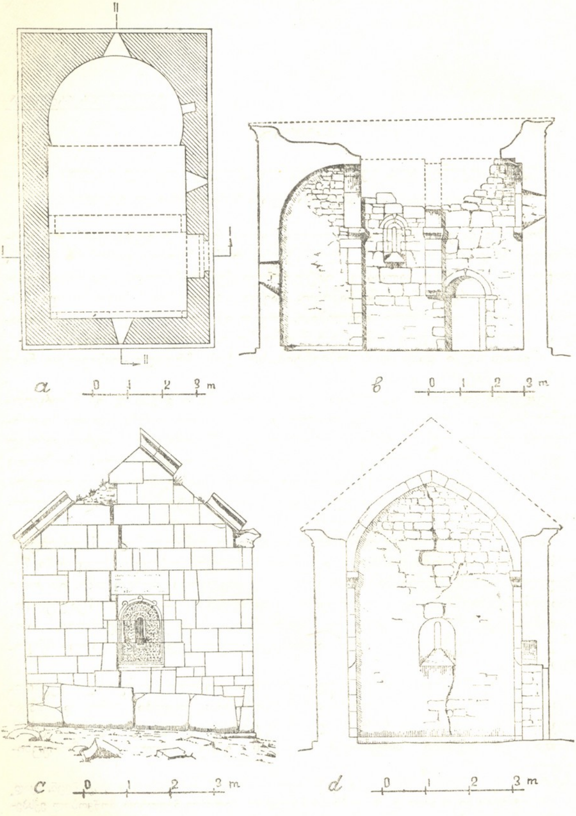
ეკლესია ცალნავიანია, დარბაზული ტიპისა. მისი გეგმა გარე სწორკუთხედშია ჩასმული (სურ. 1*a*). შიგნით იგი შედგება თვით დარბაზისა და საკურთხევლის აფსიდისაგან. დარბაზს გადახურვა არ შემორჩენია, მაგრამ კარგად ირკვევა, რომ ისრული ფორმის კამარით ყოფილა გადახურული, რომელიც ცენტრში და დასავლეთის კედელთან იმავე ფორმის საბრჯენ თაღებზე ეყრდნობოდა. დასავლეთის თაღი მარტივი ფორმის კრონშტეინებზეა აღმართული, ცენტრალური კი—დაკიდებულ პილასტრებზე (სურ. 1*b* და 1*d*).

კონქით დამთავრებულ ღრმა აფსიდს კარგად გამოვლენილი ნალისებური ფორმა აქვს, მას ძირში დაბალი და ვიწრო საფეხური გასდევს. საყდარში შესასვლელი მოთავსებულია სამხრეთ კედლის დასავლეთის მონაკვეთში. ეს კარი შიგნიდან ნახევარწრიული გადახურვითაა, გარედან კი — ჰორიზონტალურით. განათების წყაროს სამი სარკმელი შეადგენდა. ისინი განლაგებულია, როგორც ამას ჩვეულებრივ ვხვდებით, თითო ცალკეულ კედლებზე, გარდა ჩრდილოეთისა.

კედლები შიგნიდან ამოყვანილია ფორმამიცემული ფლეთილი ქვებით, გარდა საპასუხისმგებლო ადგილებისა, როგორიცაა: თაღები, კარი და სხვა· კედლები შეულესავთ და ფრესკული მხატვრობითაც დაუფარავთ, მაგრამ დროთა ვითარებაში სახურავის მოშლის გამო კედლები ჩამორეცხი-

---

[1] ძეგლის შესწავლის საშუალება ჩვენ მოგვეცა 1948 წ. ოქტომბერში საქ. მეცნ. აკად. ისტ. ინსტიტუტის მიერ აკად. ნ. ბ ე რ ძ ე ნ ი შ ვ ი ლ ი ს ხელმძღვანელობით მოწყობილ ექსპედიციაში მონაწილეობის დროს. აზომვები ვაწარმოეთ არქიტექტ. მეცნ. კანდ. ირ. ც ი ც ი შ ვ ი ლ თ ა ნ ერთად. ქვემოთ ნაჩვენები ნახაზებიდან მის მიერ შესრულებულია ფასადები და სარკმელი, დანარჩენი კი ჩვენ გვეკუთვნის.



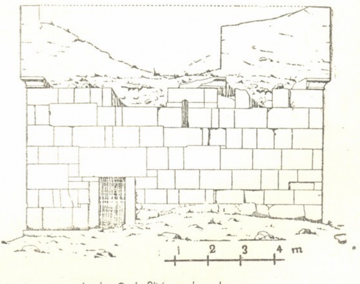
სურ. 1

ლა და ფრესკის კვალი მხოლოდ ერთადერთ დაცულ ადგილას, დასავლეთის სარკმლის თაღზეა შემორჩენილი (ცენტრში ჯვარი უნდა იყოს მედალიონში, გვერდებზე კი — შარავანდი).

ძეგლის ინტერიერის აღწერილი სახე უდავოდ შეიცავს სტილისათვის დამახასიათებელ ნიშნებს, მაგრამ ცალკე რომ ავიღოთ ეკლესიის ცალნავიანი ტიპი, მისი პარალელების ძებნა სასურველ შედეგამდე ვერ მიგვიყვანს. ჩვენს სამეცნიერო ლიტერატურაში კარგა ხანია დადგენილია, რომ ეკლესიის აღნიშნული სახე წარმოიქმნა ქართული საეკლესიო ხუროთმოძღვრების ადრეულ პერიოდში და განუწყვეტლად ცოცხლობდა, მაგრამ ისეთი დეტალები, როგორიცაა ინტერიერის გადაწყვეტის ცალკეული მხარე, თაღების ფორმა, პილასტრები და სხვა, გარკვეულ სურათს გვაძლევს.

ოსტატმა თავის ეპოქაში გავრცელებული ფორმა გამოიყენა კონქისა და საბრჯენ თაღებზე. თაღების აქ გამოყენებული ისრული ფორმა ჩვენში შუა საუკუნეებში იხმარებოდა, რითაც იგი უახლოვდება იმ ეპოქის ძეგლებს (ასეთი ფორმის თაღების მაგალითს გვაძლევს: ბეთანია, ყინწვისი, ტიმოთესუბანი, ფიტარეთი, წუღრუღაშენი, ხობი, საფარა, ზარზმა და სხვა).

ეკლესიის აფსიდი გეგმით ნალისებური მოხაზულობისაა. ამ ფორმას ქართული ხუროთმოძღვრება, როგორც ცნობილია, ადრეულ საუკუნეებში იყენებს და X საუკ. შემდეგ მას არ ვხვდებით [1]. ამ ძეგლზე მისი გამოყენება შეიძლება ორი გარემოებით აიხსნას: პირველი — შეიძლება აქ ძველი ეკლესიის ნაშთი იყოს გამოყენებული, რაც ნაკლებად დასაშვებია, რადგან დღეს მისი კვალი არ ჩანს, და მეორე — შუასაუკუნეების ოსტატმა ეს ფორმა გამოიყენა მისთვის განსაკუთრებული მნიშვნელობის მიუნიჭებლად და საფიქრებელია, რომ ეს ასეც იყო, რადგან ამ რაიონში ასეთი შემთხვევა არცთუ ისე იშვიათია.



სურ. 2. სამხრეთის ფასადი

ახლა თუ გადავალთ გარე მასების განხილვაზე, უპირველეს ყოვლისა უნდა აღვნიშნოთ კედლების თლილი კვადრებით უმწიკვლოდ შემოსვა. თლილი კვადრების წყობაში ძირითადად დაცულია ჰორიზონტალები და დიდი და პატარა ქვების მხატვრული წყობაა (სურ. 1*c* და სურ. 2).

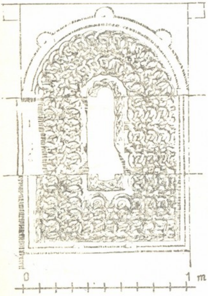
ფასადები მარტივია. ერთსაფეხურიან ცოკოლზე მდგარი ბრტყელი კედლები ჩვეულებრივი პროფილის მქონე უჩუქურთმო კარნიზით მთავრდება. სამი

სარკმლიდან მხოლოდ აღმოსავლეთისაა მორთული, დანარჩენგან ვიწრო და მაღალი ხვრელობია.

აღმოსავლეთის სარკმლის დეკორი ფართო ჩუქურთმიანი არშიისა და ლილვიანი მოჩარჩოებისაგან შედგება და საკმაოდ ორიგინალურ ნაწარმოებს წარმოადგენს (სურ. 3).

ჩუქურთმიანი ფართო არშია მიღებულია ერთმანეთში ჩასმული წრეების ორი ჯაჭვის შეერთებით, მაგრამ ოსტატი ამ სისტემას ყველგან არ იცავს და სარკმლის მარჯვენა ნაწილში იმავე წრეებს უცვლის მიმართულებას, რითაც განსხვავებულ სურათს ღებულობს.

აქ გამოყენებული წრეების ჯაჭვი ქართული ორნამენტაციის რეპერტუარში XI ს. დასაწყისიდან თითქმის რვა საუკუნე იხმარებოდა და ამიტომ მისთვის პარალელების ძებნა სასურველ შედეგამდე ვერ მიგვიყვანს, რის გამოც ყურადღება უნდა მიექცეს სხვა საკითხებს. თავდაპირველად ის გარემოებაა აღსანიშნავი, რომ აქ ფართო, ორი პარალელური ჯაჭვისაგან მიღებულ არშიასთან გვაქვს საქმე, ეს კი განსაკუთრებული ეპოქის კუთვნილებას წარმოადგენს. XI—XIII საუკუნეებში კარ-სარკმლების მომაჩარჩოებელი არშია ძირითადად ერთმაგია, მაშინ როდესაც XIII ს. ბოლოსა და XIV საუკუნის პირველი ნახევრის ძეგლებში გვერდი-გვერდ, პარალელურად მიმავალი — ორმაგია.



სურ. 3
აღმოსავლეთის სარკმელი

ამ ძეგლების უმრავლესობაში ორმაგ მოჩარჩოებას შუაზე ლილვი ყოფს, მაგრამ გადაწყვეტის პრინციპის საფუძველი ერთი აქვთ.

განხილულ არშიას, როგორც აღვნიშნეთ, გარედან ლილვიანი მოჩარჩოება აქვს, შიგნიდან, ე. ი. სარკმლის ხვრელობის მსაზღვრელად — ორი წვრილი ლენტისაგან მიღებული გრეხილი. ამ შემთხვევაში ყურადღებას იპყრობს გარე მოჩარჩოება. მისი თაღი ერთი ლილვისაგან შედგება და წრეზე თანაბარი ინტერვალით სამჯერ აკეთებს მარყუჟს. თაღს იმპოსტებად ოთხკუთხედი გააჩნია. გვერდითი ვერტიკალური ნაწილი შეწყვილებული ლილვაკებისაგან შედგება. იგივე ლილვაკები ქვედა ჰორიზონტზე თანაბარი ინტერვალით ორ კვანძს ქმნის. ასეთ უსახო მოჩარჩოებას, მართალია, ჯერჯერობით პირდაპირი პარალელი არ გააჩნია, მაგრამ იგი სტილისტიკური ნიშნებით არავითარ შემთხვევაში არ შეიძლებოდა XIII საუკ. დასასრულზე უწინარეს წარმოშობილიყო (მას ამ პერიოდის ჯერ საბოლოოდ დაუთარიღებელ ძეგლებში საკმაო პარალელები მოეპოვება; მათ შორის აღსანიშნავია ქარზამეთი, გუდალეთი და სხვა).

სარკმლის განხილული ცალკეული ნაწილები, როგორც ვნახეთ, მყარ დასაყრდენს არ იძლევა ძეგლის დათარიღებისათვის, მაგრამ ამ დეკორს მთლიანად თუ ავიღებთ, მაშინ შედარებით მკვეთრ სურათს ვღებულობთ. საქმე იმაში გახლავთ, რომ ეს დეკორი კედელშია ჩამჯდარი, ე. ი. რელიეფი კედლის სიბრტყიდან არ გამოდის. ჩვენს სამეცნიერო ლიტერატურაში, როგორც არაერთხელ იყო აღნიშნული, დეკორის გადაწყვეტის ასეთი კონცეფცია უდავოდ გარკვეულ ეპოქაზე მიგვითითებს. მისი გენეზისისა და განვითარების გზების განხილვა ჩვენ აქ არ გვჭირდება და პირდაპირ აღვნიშნავთ, რომ ეს მეთოდი ვრცელდება XIII საუკ. ბოლოდან და განსაკუთრებით დამახასიათებელია XIV საუკ. პირველი ნახევრის ძეგლებისათვის (ასეთებია: საფარა და ზარზმა—XIII საუკ. ბოლო, დაბა—1333 წ. [2] და სხვა ჯერჯერობით საბოლოოდ დაუთარიღებელი ძეგლები). ამავე ეპოქაზე მიგვითითებს შესრულების დუნე ტექნიკა, დაბალი რელიეფი, დაუხვეწავი სურათი და სხვა.

ამ სარკმლის ორნამენტის ფონი და მის ზემოთ არსებული წარწერის ასოები წითლად ყოფილა შეღებილი. ეს მეთოდი საფარასა და ზარზმაშიცაა გამოყენებული.

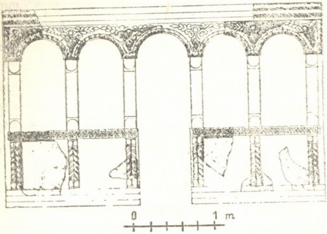
განსახილველი ძეგლის კარნიზზე, როგორც აღვნიშნეთ, ჩუქურთმა არ არის ამოჭრილი. შეიძლება სრული კატეგორიულობით ითქვას, რომ ამაში ეპოქის სტილის გამოვლენასთან გვაქვს საქმე.

თუ ავიღებთ XII საუკ. ბოლოსა და XIII საუკ. პირველი სამი ათეულის ძეგლებს და შევადარებთ შემდგომი დროისას, შესამჩნევ განსხვავებას დავინახავთ. პირველი ჯგუფის ძეგლები, რომელსაც ქმნის ბეთანია, ქვათახევი, მაღალაანთ ეკლესია, ფიტარეთი, წუღრუღაშენი, ახტალა და დმანისი, წარმოდგენილია ჩუქურთმიანი კარნიზით, ხოლო მომდევნო პერიოდში, როგორც ეტყობა, კარნიზის მოჩუქურთმების უარყოფისაკენ მიდის საქმე, მაგრამ ეს სწრაფად არ ხდება, XIII საუკ. ბოლომდე მას მაინც ხმარობენ. მაგ., ხობისა და საფარის ოსტატი მას ნაწილობრივ იყენებს, მაგრამ დანარჩენი ოსტატები მას არ მიმართავენ, მაგ., გუდარეხის, ზარზმისა და ხოფის ავტორი, ხოლო XIV საუკ. დღემდე ცნობილ ძეგლებში იგი მთლიანად გამორიცხულია, როგორიცაა დაბა და მომდევნო დროის ჯერჯერობით საბოლოოდ დაუთარიღებელი ძეგლები, მაგ., ბედია, ბიეთი, ჭულე, ყაზბეგის სამება და სხვა. ვფიქრობთ, ეს გარემოებაც ერთ-ერთი მიზეზთაგანია, რომ ვაკის ეკლესია XIV საუკ. ძეგლად მივიჩნიოთ.

ეკლესიას თავდაპირველად ქვის მოჩუქურთმებული კანკელი ჰქონია, მაგრამ დღეს მხოლოდ ფრაგმენტებიღაა დარჩენილი. ეს გადარჩენილი ნაწილები საშუალებას არ იძლევა აღვადგინოთ იგი თავდაპირველი სახით, ამიტომ აქ წარმოდგენილი გვაქვს მხოლოდ რეკონსტრუქციის პროექტი (სურ. 4).

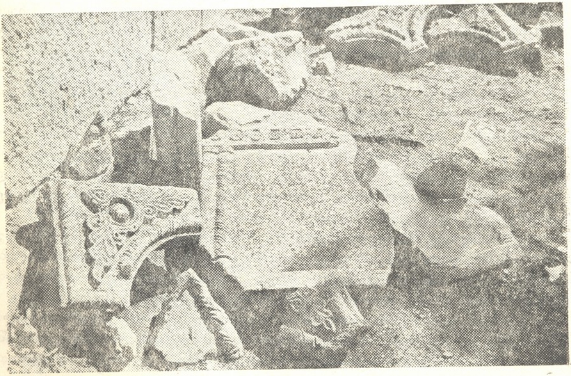
ზემოაღნიშნული პერიოდის კანკელი ჯერჯერობით არ გაგვაჩნია, ხოლო მისი შედარება XIII საუკ. პირველი ნახევრის კანკელებთან, როგორიცაა ლაშა გიორგის (1213—1222 წ.) დროინდელი სათხეს კანკელი და რუსუდან დედოფლის სახელთან დაკავშირებული 30-ე წლების გუდარეხის [3] კანკელი, ვნახავთ, რომ ტიპის ზოგადი სახით სამივე კანკელი მსგავსია, მაგრამ ვაკის კანკელი

გადაწყვეტის პრინციპით განსხვავდება მათგან და შესრულების მანერითა და ტექნიკით საგრძნობლად ჩამოუვარდება მათ (სურ. 5). თანაც უნდა დავძინოთ, რომ ამ ოსტატს არ ეტყობა შემოქმედებითი აღმავლობა. აღნიშნულ გარემოებას თუ მივიღებთ მხედველობაში, მაშინ ვნახავთ, რომ ვაკის კანკელი არ შეიძლებოდა წარმოშობილიყო სათხესა და გუდარეხის კანკელების ეპოქაში, იგი გაცილებით უფრო გვიან არის წარმოშობილი და ემთხვევა ეკლესიის ჩვენ მიერ მოცემულ თარიღს.



სურ. 4. კანკელის რეკონსტრუქციის პროექტი

როგორც ძეგლის სტილისტიკური ანალიზიდან ჩანს, იგი აგებულია XIV საუკ. პირველ ნახევარში. ვფიქრობთ, ამ აზრს უფრო განამტკიცებს აღმოსავლეთის სარკმლის თავზე მოთავსებული ძალიან დაზიანებული უთარიღო წარწერის განხილვა.



სურ. 5. კანკელის ფრაგმენტები

ცხრასტრიქონიანი ასომთავრული წარწერა შემდეგს შეიცავს:

1. ✝ ႱႠႾႤႪႨႧႠ: ႶႧႨႱႠჂႧႠ: ႫႤႭႾႤႡႨႧႠ: ႶႱႫႸႭႡႪႨႱႠ: ႫႤႠႱႴႠႬ: ႱႩ-
2. ႻႤႪႨႱႠ ႠႱ~ႪႫ~Ⴌ ႺႭႪႫႠႬ: Ⴁ~ႤႬ: ႱႠႬ[ႨჃჀ]ႱႠ ႻႨႱႠႫႬ: ႠႶႥႠႸႤႬႤ: ႱႠႫႩჃ
3. ႣႰႤႡႤႪႨ Ⴜ~ႱႠ --ႪႨႱႠ ႱႠႪႭႺႥႤႪႠႣ: Ⴋ~Ⴋ~ႱႠ ႣႠ: ႣႤ[Ⴃ]ႨႱႠ [Ⴙ]ႤႫ~Ⴈ[Ⴑ]: ႦႨႧႤႥႱ
4. Ⴀ: [Ⴘ]ႨႬႠ: ႬႠႡႭႻႥႠႰႱႠ ႫႠႧႱႠ: ႱႠႪႭႺႥႤႪ~Ⴃ: ႻႫႨႱႠ: ႹႤႫႨႱ-
5. ---ႫႱႠ ----ႹႤႫႨ[ႱႠ] --[Ⴀ]ႰႨႧ[ႱႠ] ႣႣ------[ႥႠ]
6. ႫႨႱႠ Ⴀ------------[ႪႠ] -----[ႠႰႱ Ⴏ]----[Ⴄ]----
7. ႫႤႴႭႡႠ -------ႴႤႧႠ ႫႤႴႨႱႠ: ႠႴႾႠႦႧႠ ႵႠႰႧႥႤႪႧႠ
8. ႩႠႾႧႠ: ႰႠႬႧႠ: ႣႠ ႱႭႫႤႧႠ: ႨႬႣႨႵႲႨႭႬႱႠ: ႩႦ: ႫႤႴႭႡႠႱႠ
9. ႫႠႧႨႱႠႱႠ:

ეს წარწერა ქარაგმების გახსნისა და დაზიანებულ ადგილთა შესაძლებელი აღდგენის შემდეგ მხედრული ტრანსკრიფციით ასე წარმოგვიდგება [1]:

1. „ქ. სახელითა ღმრთისაჲთა, მეოხებითა ღმრთისმშობლისა, მე, ასფან სკ[თ]
2. ძელისა ასულმან ცოლმან ბ~ენ სან[ი~ვჯ~ი]საძისამან [2] აღვაშენე სამკჳ
3. დრებელი წმიდისა [- -] ლისა [3], სალოცველად მამისა და დე[დისა] [ჩე]მის[ა], ზითევს
4. ა [შ]ინა ნაბოძვარსა მათსა სალოცველად ძმისა ჩემის[ა]
5. - - - მსა - - - ჩემი[სა] - - [ა] ~რით[სა] დდ - - - - - [ვა]
6. - მისა ა - - - - - - - - - - [ლა] - - - - [არს] [ჟ] [4] - - - - - [ე] - - - -
7. მეფობასა - - - - - - [5] [მე]ფეთა მეფისა აფხაზთა, ქართველთა,
8. კახთა, რანთა და სომეხთა. ინდიქტიონსა კზ მეფობასა
9. მათისასა".

წარწერის ამომკვეთი ოსტატი სიტყვებს ერთმანეთისაგან ორწერტილით გამოყოფს, მაგრამ პირველი სტრიქონის იმ სიტყვაში, სადაც სახელი უნდა იყოს მოცემული, ვკითხულობთ: „მეასფან". მიუხედავად აქ მიღებული წესისა, ჩვენი აზრით, აქ ორი სიტყვა უნდა იყოს შეერთებული და უნდა წავიკითხოთ: „მე ასფან". თუმცა ასეთი სახელი ჩვენს ხელთ არსებულ ისტორიულ მასალებში არ შეგვხვედრია, ასეთი სახელის არსებობა მოულოდნელი არ არის. სახელს მოსდევს: „სკ[თ]ძელისა ასულმან". თუმცა აქ მესამე ასო საეჭვოდაა აღდგენილი, სხვა ასოთა ნებისმიერი კომბინაციის შედეგად ნაცნობ სახელს მაინც ვერ ვღებულობთ. ასევე შეუძლებელია მომდევნო სახელისა და გვარის აღდგენა.

[1] ამ წარწერის ამოკითხვაში ჩვენთან ერთად მონაწილეობდნენ ექსპედიციის სხვა წევრებიც.

[2] იმ ოთხი ასოდან, რომელიც ფრჩხილებშია ჩასმული, პირველი ასო თითქმის არაა საეჭვო, მეორე ასო „ვ"-ის მაგივრად შეიძლება წავიკითხოთ „ლ"-დ, „ჯ" კი ძალიან საეჭვოა და ბოლო „ი" კი გასამართავადაა ჩვენ მიერ ჩამატებული.

[3] აქ რომელიღაც წმინდანის სახელი უფრო მოსალოდნელი.

[4] ჟამსა?

[5] აქ ხუთი-ექვსი ასო დაეტევა.

სახელის აღმნიშვნელი სამი ასო კარგად ჩანს. ქარაგმის გახსნის შედეგად რამდენიმე ვარიანტს ვღებულობთ, მაგრამ დამაკმაყოფილებლად ვერც ერთი ვერ ვცანით, ხოლო რაც შეეხება გვარს, მისი აღდგენა თითქმის შეუძლებელია, რადგან ცუდად ჩანს და, რაც მთავარია, ორჯერაა დაქარაგმებული.

ამ წარწერაში „მე ასფან სჳ[თ]ძელისა ასულმან“, ისეთ კონტექსტშია მოცემული, რომ შეიძლება მისი ორნაირი გაგება: პირველი „მე, ასფან სჳ[თ]ძელისა ასულმან“ და მეორე: „მე ასფან, სჳ[თ]ძელისა ასულმან“. პირველ შემთხვევაში ქტიტორის სახელი არ ჩანს და ვღებულობთ, რომ „ასფან სჳ[თ]ძელი“ მამაა, ხოლო თუ მეორე ვარიანტს დავუშვებთ, მაშინ „ასფან“ ქტიტორის, ამ შემთხვევაში ქალის, სახელია.

წარწერის ბოლო სამი თუ ოთხი სტრიქონი უჭირავს იმ მეფესა და მის წოდებულებას, რომლის დროსაცაა ეკლესია აგებული. აქედან ყველა სიტყვის ამოკითხვა ხერხდება, გარდა მეფის სახელისა. მის დადგენაში ნაწილობრივ მოგვეხმარება ინდიქტიონი, რომლის მიხედვითაც ვიგებთ, რომ ეკლესია აუგიათ რომელიღაც მეფეთ-მეფის ზეობის მეოცდაშვიდე წელს. ისეთი მეფე, რომელიც 27 და მეტ წელს მეფობდა XIII და XIV ს. პირველ ნახევარში, ე. ი. იმ პერიოდში, როდესაც მოსალოდნელია საყდრის აშენება, მხოლოდ სამი ვიცით: თამარ მეფე (1184—1213), დავით VI ნარინი (1245—1293) და გიორგი V ბრწყინვალე (1314—1346). ამათგან, რამდენად ეს საბუთების მიხედვით ჩანს, სამივე ატარებდა წარწერაში მოყვანილ წოდებულებას, ამიტომ გარკვევისათვის სხვა გზას უნდა დავადგეთ. დავით ნარინი თავისუფლად შეგვიძლია ამოვიღოთ ამ სიიდან, რადგან მისი მეფობის 27 წელი 1272 წელზე მოდის, ამ დროს კი იგი დასავლეთ საქართველოში იყო და აღმოსავლეთში მცირეწლოვანი დემეტრე II მეფობდა (1271—1289). დარჩენილი ორი მეფიდან თამარიც მიუღებელია, რადგან სტილისტიკურმა ანალიზმა იმ დასკვნამდე მიგვიყვანა, რომ ეს ძეგლი ყოვლად შეუძლებელია წარმოშობილიყო მის ეპოქაში. დაგვრჩა გიორგი ბრწყინვალე. მისი მეფობის 27 წელი 1341 წელზე მოდის. ეს თარიღი ძეგლის სტილისტიკური ანალიზის შედეგად მისაღებად მიგვაჩნია.

თეთრი-წყაროს რაიონში XIV საუკ. დათარიღებული ძეგლები არ მოგვეპოვება და დაუთარიღებელთაგან სტილისტიკური ნიშნებით ირკვევა, რომ ასეთები ძალიან ცოტაა, ამიტომ ამ მხარის კულტურული ვითარებისათვის ვაკის საყდარს გარკვეული მნიშვნელობა ენიჭება.

საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ისტორიის ინსტიტუტი.
აკად. ივ. ჯავახიშვილის სახელობისა

(რედაქციას მოუვიდა 16.2.1950)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. Н. Чубинашвили. Болнисский Сион. Известия ИЯИМК, IX, 1940, стр. 135.
2. Р. Шмерлинг. Постройка Моларет-ухуцеса царя Георгия Блистательного в сел. Даба, Боржомского района, „ქართული ხელოვნება“, 2, 1948, გვ. 111—122, ტაბ. 51. 52.
3. Н. Г. Чубинашвили. Архитектура Гударехского главного храма в ансамбле средневекового города (тезисы). Тбилиси, 1945.

პასუხისმგებელი რედაქტორის მოადგილე ს. ჭილაია

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

ხელმოწერილია დასაბ. 29.4.1950 საბეჭდი ფორმა 4
ანაწყობის ზომა 7×11 საავტორო ფ. რაოდ. 5
შეკვ. 266 უე 02326 ტირაჟი 1500

ფასი 5 მან.

დამტკიცებულია
საქართველოს სსრ მეცნ. აკად. პრეზიდიუმის მიერ
22.10.1947

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.

5. წერილის მოცულობა, ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 8 გვერდს. არ შეიძლება წერილების დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.

6. მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, სხვა ავტორების წერილები კი იბეჭდება საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარმოდგენით. წარმოდგენის გარეშე შემოსულ წერილებს რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად და, მისი დადებითი შეფასების შემთხვევაში, წარმოსადგენად.

7. წერილები და ილუსტრაციები წარმოდგენილი უნდა იქნეს ავტორის მიერ სავსებით გამზადებული დასაბეჭდად. ფორმულები მკაფიოდ უნდა იყოს ტექსტში ჩაწერილი ხელით. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში არავითარი შესწორებისა და დამატების შეტანა არ დაიშვება.

8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად სრული: საჭიროა აღინიშნოს ჟურნალის სახელწოდება, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი, წერილის სრული სათაური; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის წლისა და ადგილის მითითება.

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

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

11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად, არა უმეტეს ერთი დღისა). დადგენილი ვადისთვის 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 თითო ცალი „მოამბის“ ნაკვეთებისა, რომლებშიც მისი წერილია მოთავსებული.

რედაქციის მისამართი: თბილისი, ძერჟინსკის ქ., 8.

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, т. XI, № 3, 1950
Основное, грузинское издание