საქართველოს სსრ

მეცნიერებათა აკადემიის

მოამბე

ტომი XII, № 8

ძირითადი, ქართული გამოცემა

1951

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა
თბილისი

შინაარსი

მათემატიკა

ფიზიკა

გეოფიზიკა

მეტეოროლოგია

გეოგრაფია

პალეონტოლოგია

პეტროგრაფია

ტექნიკა

ბოტანიკა

ხელოვნების ისტორია

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XII, № 8, 1951

მათემატიკა

ს. ჩაკვეტაძე

ჰაზემანის ერთი სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის შესახებ რამდენიმე უცნობი ფუნქციისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. მუსხელიშვილმა 29.3.1951)

§ 1. შესავალი. ვთქვათ, კომპლექსური ცვლადის სიბრტყეზე აღებულია მარტივი, გლუვი, შეკრული წირი L. L წირით შემოსაზღვრული სასრული არე აღვნიშნოთ D^+-ით, ხოლო $D^+ + L$-ის დამატება მთელ სიბრტყემდე D^--ით. ვიგულისხმოთ, რომ L-ის მხების მიერ მუდმივ მიმართულებასთან შედგენილი კუთხე აკმაყოფილებს H (ჰელდერის) პირობას.

ვთქვათ, L წირზე მოცემულია ფუნქცია $\alpha(t)$, რომელიც L-ს ურთიერთცალსახად თავისთავში გადაიყვანს ისე, რომ t და $\alpha(t)$ შემოწერენ L წირს ერთმანეთის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ვიგულისხმოთ, რომ $\alpha(t)$ ფუნქციის წარმოებული განსხვავებულია ნულისაგან და აკმაყოფილებს H პირობას ყველგან L-ზე. $\alpha(t)$-ს შებრუნებული ფუნქცია აღვნიშნოთ $\beta(t)$-თი.

წინამდებარე სტატიაში განიხილება შემდეგი სასაზღვრო ამოცანა:

მოვნახოთ უბან-უბან ჰოლომორფული ვექტორი[1] $\varphi(z) = (\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n)$, რომელსაც სასრული რიგი აქვს უსასრულეთში, შემდეგი სასაზღვრო პირობებით[2]:

$$\varphi_k^+[\alpha(t_0)] = \sum_{j=1}^{n} G_{kj}(t_0)\,\overline{\varphi_j(t_0)} + g_k(t_0) \tag{1.1}$$

$$(k = 1, 2, \ldots, n),$$

სადაც $G_{ki}(t_0)$, $g_k(t_0)$ $(k, j = 1, 2, \ldots, n)$-ს წირზე მოცემული ფუნქციებია, რომლებიც აკმაყოფილებენ H პირობას, ამასთან $\det\|G_{kj}\| \neq 0$ ყველგან L-ზე.

(1.1) სასაზღვრო ამოცანა $n = 1$ შემთხვევისათვის ამოხსნილია დ. კვესელავას მიერ [3]. წინამდებარე სტატიაში ჩვენ ვხსნით (1.1) ამოცანას $n > 1$ შემთხვევისათვის ისეთივე მეთოდით, როგორითაც რამდენიმე უცნობი ფუნქციისათვის ჰილბერტის განზოგადებული სასაზღვრო ამოცანა არის ამოხსნილი ნ. ვეკუას მიერ [2].

თუ შემოვიღებთ ვექტორებს

$$\varphi = (\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n), \quad g = (g_1, g_2, \ldots, g_n)$$

და მატრიცს

$$G(t_0) = \|G_{kj}(t_0)\|,$$

[1] ამ სტატიაში ხმარებულ ცნებათა შესახებ იხ. [1, 2].

[2] ხაზი ზევიდან აღნიშნავს კომპლექსურად შეუღლებულ სიდიდეზე გადასვლას.

მაშინ (1.1) სასაზღვრო პირობა შეიძლება ასე ჩავწეროთ:

$$\varphi^{+}[\alpha(t_0)] = G(t_0)\,\overline{\varphi^{-}(t_0)} + g(t_0) \qquad (L\text{-ზე}). \tag{1.2}$$

§ 2. ერთგვაროვანი ამოცანა. განვიხილოთ (1.2)-ის შესაბამი ერთგვაროვანი ამოცანა

$$\varphi^{+}[\alpha(t_0)] = G(t_0)\,\overline{\varphi^{-}(t_0)} \qquad (L\text{-ზე}). \tag{I}$$

ვეძიოთ ჯერჯერობით (I) ამოცანის ისეთი ამოხსნები, რომელთა მთავარი ნაწილი უსასრულეთში მოცემულია:

$$\gamma(z) = (\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n),$$

სადაც $\gamma_j = \gamma_j(z)$ $(j = 1, 2, \ldots, \gamma_n)$ პოლინომებია. გარდა ამისა, დავუშვათ, რომ საძიებელი ვექტორის სასაზღვრო მნიშვნელობები $\varphi^{+}(t_0)$ და $\varphi^{-}(t_0)$ აკმაყოფილებს H პირობას; მაშინ, როგორც ადვილი სანახავია, (I) ამოცანა შემდეგ განტოლებათა ეკვივალენტურია:

$$\frac{1}{2}\varphi^{-}(t_0) + \frac{1}{2\pi i}\int\limits_L \frac{\varphi^{-}(t)\,dt}{t - t_0} = \gamma(t_0), \tag{2.1}$$

$$-\frac{1}{2}\,G[\beta(t_0)]\,\overline{\varphi^{-}[\beta(t_0)]} + \frac{1}{2\pi i}\int\limits_L \frac{G[\beta(t)]\,\overline{\varphi^{-}[\beta(t)]}\,dt}{t - t_0} = 0. \tag{2.2}$$

(2.2) განტოლება ასე შეიძლება გადავწეროთ:

$$\frac{1}{2}\varphi^{-}(t_0) + \frac{1}{2\pi i}\int\limits_L \frac{\overline{G^{-1}(t_0)}\;\overline{G(t)}\;\dfrac{d\overline{\alpha(t)}}{dt}}{\overline{\alpha(t)} - \overline{\alpha(t_0)}}\,\varphi^{-}(t)\,dt = 0. \tag{2.3}$$

თუ ახლა შევკრებთ (2.1) და (2.3)-ს, მივიღებთ ფრედჰოლმის ინტეგრალურ განტოლებას

$$\varphi^{-}(t_0) - \frac{1}{2\pi i}\int\limits_L \left[\frac{\overline{G^{-1}(t_0)}\;\overline{G(t)}\;\dfrac{d\overline{\alpha(t)}}{dt}}{\overline{\alpha(t)} - \overline{\alpha(t_0)}} - \frac{E}{t - t_0}\right]\varphi^{-}(t)\,dt = \gamma(t_0), \tag{2.4}$$

სადაც E აღნიშნავს ერთეულ მატრიცს.

ვთქვათ, $\varphi^{-}(t)$ (2.4) ინტეგრალური განტოლების რაიმე ამოხსნაა და განვიხილოთ უბან-უბან ჰოლომორფული ვექტორი $\psi(z)$, რომელიც $\varphi^{-}(t)$ ვექტორთან დაკავშირებულია შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\begin{aligned} \psi(z) &= \frac{1}{2\pi i}\int\limits_L \frac{\varphi^{-}(t)\,dt}{t - z} - \gamma(z), \quad \text{როცა } z \in D^{+}, \\ \psi(z) &= \frac{1}{2\pi i}\int\limits_L \frac{G[\beta(t)]\,\overline{\varphi^{-}[\beta(t)]}\,dt}{t - z}, \quad \text{როცა } z \in D^{-}. \end{aligned} \tag{2.5}$$

ადვილი სანახავია, რომ (2.4) განტოლების ამოხსნა $\varphi^{-}(t)$ მოგვცემს (I) ამოცანის ამოხსნას მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც (2.5) ფორმულით განსაზღვრული $\psi(z)$ ვექტორი იგივურად ნულის ტოლია მთელ სიბრტყეზე.

წინააღმდეგ შემთხვევაში $\psi(z)$ იქნება უსასრულეთში ქრობადი ამოხსნა შემდეგი სასაზღვრო ამოცანისა:

$$\psi^+(t_0) = \overline{G^{-1}(t_0)}\;\overline{\psi^-[\alpha(t_0)]}. \tag{II}$$

(II) ამოცანას ვუწოდოთ (I) ამოცანის *თანამგზავრი* ამოცანა.

განვიხილოთ ახლა სასაზღვრო ამოცანა

$$\varphi'^+[\alpha(t_0)] = \frac{1}{\overline{[\alpha(t_0)]'}}\;\overline{G'^{-1}(t_0)\,\varphi'^-(t_0)}, \tag{I'}$$

სადაც $[\overline{\alpha(t)}]' = \alpha'(t)\dfrac{\overline{dt}}{dt}$, ხოლო G' არის G მატრიცის ტრანსპონირებული მატრიცი, და განვიხილოთ მისი თანამგზავრი ამოცანა

$$\psi'^+(t_0) = \overline{[\alpha(t_0)]'}\;\overline{G'(t_0)}\;\overline{\psi'^-[\alpha(t_0)]}. \tag{II'}$$

(II) და (II′) ამოცანებისათვის შევადგინოთ ინტეგრალური განტოლებები ისეთივე გზით, როგორითაც (I) ამოცანისათვის (2.4) განტოლება იყო შედგენილი. თუ მიზნად დავისახავთ (II) და (II′) ამოცანების უსასრულეთში ქრობადი ამოხსნების მოძებნას, მაშინ ხსენებულ ინტეგრალურ განტოლებებს $\psi^+(t_0)$ და $\psi'(t_0)$-ის მიმართ ექნებათ შესაბამისად სახე:

$$\psi^+(t_0) + \frac{1}{2\pi i}\int\limits_L \left[\frac{\overline{G^{-1}(t_0)}\;\overline{G(t)}\;\overline{\dfrac{d\,\alpha(t)}{dt}}}{\overline{\alpha(t)} - \overline{\alpha(t_0)}} - \frac{E}{t-t_0}\right]\psi^+(t)\,dt = 0,$$

$$\psi'^+(t_0) + \frac{1}{2\pi i}\int\limits_L \left[\frac{\overline{G(t_0)}\;\overline{G'^{-1}(t_0)}\;\dfrac{d\,\overline{\alpha(t_0)}}{dt_0}}{\overline{\alpha(t)} - \overline{\alpha(t_0)}} - \frac{E}{t-t_0}\right]\psi'^+(t)\,dt = 0. \tag{2.6}$$

(2.6) ინტეგრალური განტოლება წარმოადგენს (2.4)-ის შესაბამი ერთგვაროვანი განტოლების მიკავშირებულს. ამის შემდეგ ადვილად დავრწმუნდებით შემდეგი ლემის სამართლიანობაში:

ლემა. *თუ (II) და (I′) ამოცანებს არა აქვთ ნულისაგან განსხვავებული ისეთი ამოხსნები, რომელნიც ისპობიან უსასრულეთში, მაშინ (2.4) ინტეგრალური განტოლება ამოხსნადია ნებისმიერი მარჯვენა მხარისათვის (რომელიც წარმოადგენს ვექტორს, რომლის კომპონენტები პოლინომებია) და ამ განტოლების ყოველი ამოხსნა იძლევა (I) ამოცანის ამოხსნას.*

განვიხილოთ ახლა ის შემთხვევა, როცა ზემომოყვანილი ლემის პირობები შეიძლება არ იყოს შესრულებული.

უპირველეს ყოვლისა შეიძლება ისეთი $r \geqq 0$ რიცხვი დავასახელოთ, რომ არც ერთს ამოცანებიდან (II) და (I′) არ ექნება ისეთი ამოხსნები, რომელთა ნულის რიგი უსასრულეთში აღემატება r-ს.

წინააღმდეგ შემთხვევაში $\psi(z)$ იქნება უსასრულეთში ქრობადი ამოხსნა შემდეგი სასაზღვრო ამოცანისა:

$$\psi^+(t_0) = \overline{G^{-1}(t_0)}\;\overline{\psi^-[\alpha(t_0)]}. \tag{II}$$

(II) ამოცანას ვუწოდოთ (I) ამოცანის *თანამგზავრი* ამოცანა.

განვიხილოთ ახლა სასაზღვრო ამოცანა

$$\varphi'^+[\alpha(t_0)] = \frac{1}{\overline{[\overline{\alpha(t_0)}]'}}\; G'^{-1}(t_0)\,\overline{\varphi'^-(t_0)}, \tag{I'}$$

სადაც $\overline{[\overline{\alpha(t)}]'} = \alpha'(t)\dfrac{dt}{\overline{dt}}$, ხოლო G' არის G მატრიცის ტრანსპონირებული მატრიცი, და განვიხილოთ მისი თანამგზავრი ამოცანა

$$\psi'^+(t_0) = \overline{[\alpha(t_0)]'}\,\overline{G'(t_0)}\;\overline{\psi'^-[\alpha(t_0)]}. \tag{II'}$$

(II) და (II′) ამოცანებისათვის შევადგინოთ ინტეგრალური განტოლებები ისეთივე გზით, როგორითაც (I) ამოცანისათვის (2.4) განტოლება იყო შედგენილი. თუ მიზნად დავისახავთ (II) და (II′) ამოცანების უსასრულეთში ქრობადი ამოხსნების მოძებნას, მაშინ ხსენებულ ინტეგრალურ განტოლებებს $\psi^+(t_0)$ და $\psi'(t_0)$-ის მიმართ ექნებათ შესაბამისად სახე:

$$\psi^+(t_0) + \frac{1}{2\pi i}\int_L \left[\frac{\overline{G^{-1}(t_0)}\;\overline{G(t)}\;\dfrac{\overline{d\,\alpha(t)}}{dt}}{\overline{\alpha(t)} - \overline{\alpha(t_0)}} - \frac{E}{t - t_0}\right]\psi^+(t)\,dt = 0,$$

$$\psi'^+(t_0) + \frac{1}{2\pi i}\int_L \left[\frac{\overline{G'(t_0)}\;\overline{G'^{-1}(t_0)}\;\dfrac{d\,\overline{\alpha(t_0)}}{dt_0}}{\overline{\alpha(t)} - \overline{\alpha(t_0)}} - \frac{E}{t - t_0}\right]\psi'^+(t)\,dt = 0. \tag{2.6}$$

(2.6) ინტეგრალური განტოლება წარმოადგენს (2.4)-ის შესაბამი ერთგვაროვანი განტოლების მიკავშირებულს. ამის შემდეგ ადვილად დავრწმუნდებით შემდეგი ლემის სამართლიანობაში:

ლემა. *თუ (II) და (I′) ამოცანებს არა აქვთ ნულისაგან განსხვავებული ისეთი ამოხსნები, რომელნიც ისპობიან უსასრულეთში, მაშინ (2.4) ინტეგრალური განტოლება ამოხსნადია ნებისმიერი მარჯვენა მხარისათვის (რომელიც წარმოადგენს ვექტორს, რომლის კომპონენტები პოლინომებია) და ამ განტოლების ყოველი ამოხსნა იძლევა (I) ამოცანის ამოხსნას.*

განვიხილოთ ახლა ის შემთხვევა, როცა ზემომოყვანილი ლემის პირობები შეიძლება არ იყოს შესრულებული.

უპირველეს ყოვლისა შეიძლება ისეთი $r \geqq 0$ რიცხვი დავასახელოთ, რომ არც ერთს ამოცანებიდან (II) და (I′) არ ექნება ისეთი ამოხსნები, რომელთა ნულის რიგი უსასრულეთში აღემატება r-ს.

ვთქვათ, r რიცხვი ზემოაღნიშნული თვისებისაა და მოვძებნოთ (I) ამოცანის ყველა ამოხსნა, რომელთა რიგი უსასრულეთში r-ს არ აღემატება. ადვილად დავრწმუნდებით, რომ საძიებელ ამოხსნას აქვს სახე:

$$\varphi(z) = \overline{\gamma}_1 \overset{1}{\varphi}(z) + \overline{\gamma}_2 \overset{2}{\varphi}(z) + \cdots + \overline{\gamma}_n \overset{n}{\varphi}(z) + \overline{\gamma}_{n+1} \overset{n+1}{\varphi}(z) + \cdots + \overline{\gamma}_m \overset{m}{\varphi}(z),$$
$$\text{როცა } z \in D^+, \tag{2.7}$$
$$\varphi(z) = \gamma_1 \overset{1}{\varphi}(z) + \gamma_2 \overset{2}{\varphi}(z) + \cdots + \gamma_n \overset{n}{\varphi}(z) + \gamma_{n+1} \overset{n+1}{\varphi}(z)$$
$$+ \cdots + \gamma_m \overset{m}{\varphi}(z), \quad \text{როცა } z \in D^-,$$

სადაც $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_m$ ნებისმიერი მუდმივებია, ხოლო $\overset{1}{\varphi}(z), \overset{2}{\varphi}(z), \ldots, \overset{m}{\varphi}(z)$ (I) ამოცანის გარკვეული წრფივად დამოუკიდებელი ამოხსნებია.

(2.7) ზოგადი ამოხსნიდან შეიძლება გამოვყოთ n ისეთი ამოხსნა

$$\overset{1}{\chi}(z), \overset{2}{\chi}(z), \ldots, \overset{n}{\chi}(z), \tag{2.8}$$

რომელთაც შემდეგი ძირითადი თვისებები აქვთ:

1) დეტერმინანტი

$$\Delta(z) = \det \|\overset{k}{\chi}_j\|$$

ნული არ ხდება არსად სიბრტყის სასრულ ნაწილში.

2) ვთქვათ, $(-\varkappa_j)$ არის $\overset{j}{\chi}(z)$ ამოხსნის რიგი უსასრულეთში; თუ აღვნიშნავთ

$$\overset{j}{\chi}{}^0(z) = z^{\varkappa_j} \overset{j}{\chi}(z) \qquad (j = 1, 2, \ldots, n),$$

მაშინ დეტერმინანტი

$$\Delta^0(z) = \det \|\overset{k}{\chi}{}^0_j(z)\|$$

ღებულობს ნულისაგან განსხვავებულ სასრულ მნიშვნელობას უსასრულეთში.

(I) ამოცანის ყოველ n ამოხსნას, რომელთაც 1° და 2° თვისება აქვთ, ვუწოდოთ ამ ამოცანის ამოხსნათა კანონიკური სისტემა, ხოლო მატრიცს

$$X(z) = \|\overset{k}{\chi}_j\|$$

ვუწოდოთ (I) ამოცანის კანონიკური მატრიცი[1].

ცხადია, გვაქვს

$$X^+[\alpha(t_0)] = G(t_0)\, \overline{X^-(t_0)}, \tag{2.9}$$

საიდანაც

$$G(t_0) = X^+[\alpha(t_0)]\, [\overline{X^-(t_0)}]^{-1}. \tag{2.10}$$

ზემოთ განსაზღვრულ $\varkappa_1, \varkappa_2, \ldots, \varkappa_n$ მთელ რიცხვებს ვუწოდოთ (I) ამოცანის *კერძო ინდექსები*, ხოლო მათ ჯამს

$$\varkappa = \varkappa_1 + \varkappa_2 + \cdots + \varkappa_n$$

ჯამ ინდექსი. ადვილი სანახავია, რომ

$$\varkappa = \frac{1}{2\pi} [\arg \overline{G(t_0)}]_L.$$

[1] შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ $\varkappa_1, \varkappa_2, \ldots, \varkappa_n$ რიცხვები ერთი და იგივეა ამოხსნათა ყველა კანონიკური სისტემისათვის.

ამის შემდეგ შეიძლება ვაჩვენოთ შემდეგი თეორემის სამართლიანობა:

თეორემა 1. (I) ამოცანის ყველა ამოხსნა, რომელთაც სასრული რიგი აქვთ უსასრულეთში, მოიცემა ფორმულით

$$\varphi(z) = \omega_1(z) \overset{1}{\chi}(z) + \omega_2(z) \overset{2}{\chi}(z) + \cdots + \omega_n(z) \overset{n}{\chi}(z), \tag{2.11}$$

სადაც $\overset{1}{\chi}(z), \overset{2}{\chi}(z), \ldots, \overset{n}{\chi}(z)$ (I) ამოცანის ამოხსნათა კანონიკური სისტემაა, ხოლო $\omega_1(z), \omega_2(z), \cdots, \omega_n(z)$ ფუნქციები ეკუთვნის M_α^* სიმრავლეს[1].

გადავიდეთ ახლა (I′) ამოცანის ამოხსნათა კანონიკური სისტემის აგებაზე. (2.9)-დან ვღებულობთ:

$$\{X'^+[\alpha(t_0)]\}^{-1} = G'^{-1}(t_0)\,[\overline{X'^-(t_0)}]^{-1}. \tag{2.12}$$

ავღნიშნოთ $\Phi(z)$-ით უბან-უბან ჰოლომორფული ფუნქცია, რომელიც ერთის ტოლია უსასრულეთში და აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობას:

$$\Phi^+[\alpha(t_0)] = \frac{1}{\overline{[\alpha(t_0)]'}}\,\overline{\Phi^-(t_0)}. \tag{2.13}$$

ვინაიდან

$$\varkappa = \frac{1}{2\pi}\left[\arg \frac{1}{\overline{[\alpha(t_0)]'}}\right]_L = 0,$$

ამიტომ აღნიშნული თვისების მქონე ფუნქციის არსებობა გამომდინარეობს [3] შრომაში დამტკიცებული ერთი თეორემიდან.

(2.12) და (2.13)-დან მივიღებთ:

$$\{X'^+[\alpha(t_0)]\}^{-1}\,\Phi^+[\alpha(t_0)] = \frac{1}{\overline{[\alpha(t_0)]'}}\,G'^{-1}(t_0)\,[\overline{X'^-(t_0)}]^{-1}\,\overline{\Phi^-(t_0)}.$$

ამის შემდეგ ადვილი საჩვენებელია, რომ მატრიცი

$$\Phi(z)\,[X'(z)]^{-1}$$

წარმოადგენს (I′) ამოცანის კანონიკურ მატრიცს, ამასთან (I′) ამოცანის კერძო ინდექსები იქნება $-\varkappa_1, -\varkappa_2, \ldots, -\varkappa_n$.

§ 3. არაერთგვაროვანი ამოცანა. განვიხილოთ ახლა არაერთგვაროვანი ამოცანა (1.2):

$$\varphi^+[\alpha(t_0)] = G(t_0)\,\overline{\varphi^-(t_0)} + g(t_0). \tag{3.1}$$

(2.10)-ის ძალით ვღებულობთ:

$$\{X^+[\alpha(t_0)]\}^{-1}\varphi^+[\alpha(t_0)] = [\overline{X^-(t_0)}]^{-1}\,\overline{\varphi^-(t_0)} + \{X^+[\alpha(t_0)]\}^{-1} g(t_0).$$

ამის შემდეგ [3] შრომაში მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ

---

[1] სიმოკლისათვის M_α^*-ით აღნიშნულია სიმრავლე ისეთი $\omega(z)$ ფუნქციებისა, რომელთაც სასრული რიგი აქვთ უსასრულეთში და L წირზე აკმაყოფილებენ შემდეგ სასაზღვრო პირობას:

$$\omega^+[\alpha(t_0)] = \overline{\omega^-(t_0)}.$$

ასეთი ფუნქციების არსებობის შესახებ იხ. [3].

$$\varphi(z) = \frac{X(z)}{2\pi i}\int_L \frac{\rho[\beta(t)]\,dt}{t-z}, \quad \text{როცა} \quad z \in D^+,$$
$$\varphi(z) = \frac{X(z)}{2\pi i}\int_L \frac{\overline{\rho(t)}\,dt}{t-z} + X(z)\,p(z), \quad \text{როცა} \quad z \in D^-, \tag{3.2}$$

სადაც

$$p(z) = (p_1, p_2, \dots, p_n),$$

ამასთან $p_j = p_j(z)$ $(j = 1, 2, \dots, n)$ ნებისმიერი პოლინომებია, $\rho(t)$ კი არის ამოხსნა შემდეგი ინტეგრალური განტოლებისა:

$$S\rho \equiv \rho(t_0) - \frac{1}{2\pi i}\int_L K(t_0, t)\,\rho(t)\,dt = \{X^+[\alpha(t_0)]\}^{-1} g(t_0) + \overline{p(t_0)}, \tag{3.3}$$

სადაც $K(t_0, t)$ გულს აქვს შემდეგი სახე[1]:

$$K(t_0, t) = \frac{\alpha'(t)}{\alpha(t) - \alpha(t_0)} - \frac{(\bar{t})'}{\bar{t} - \bar{t}_0}.$$

აღვნიშნოთ (3.3) ინტეგრალური განტოლების რეზოლვენტი $\Gamma(t_0, t)$-ით. მტკიცდება შემდეგი თეორემის სამართლიანობა:

თეორემა 2. (3.1) არაერთგვაროვანი ამოცანის ისეთი ამოხსნის არსებობისათვის, რომელიც ნულად იქცევა უსასრულეთში, აუცილებელი და საკმარისია დაცული იყოს შემდეგი პირობა:

$$\int_L g(t)\,Q(t)\,dt = 0, \tag{3.4}$$

სადაც

$$Q(t) = \{X'^+[\alpha(t)]\}^{-1} q(t) + \{X'^+[\alpha(t)]\}^{-1}\int_L \Gamma(t_1, t)\,q(t_1)\,dt_1,$$

$$q(t) = (q_{-\varkappa_1-1}, q_{-\varkappa_2-1}, \dots, q_{-\varkappa_n-1}),$$

ამასთან q_j j ხარისხის ნებისმიერი პოლინომებია, როცა $j \geqq 0$ და $q_j \equiv 0$, როცა $j < 0$; თუ (3.4) პირობა შესრულებულია, მაშინ (3.1) ამოცანის ზოგადი ამოხსნა, რომელიც ისპობა უსასრულეთში, მოიცემა (3.2) ფორმულით, რომელშიაც

$$p(z) = (p_{\varkappa_1-1}, p_{\varkappa_2-1}, \dots, p_{\varkappa_n-1}),$$

სადაც p_j j ხარისხის ნებისმიერი პოლინომებია, როცა $j \geqq 0$ და $p_j \equiv 0$, როცა $j < 0$.

შენიშვნა 1. ყველა ზემოთ მოყვანილი შედეგი ძალაშია იმ შემთხვევაშიაც, როდესაც L შედგება ერთმანეთის არაგადამკვეთ მარტივ, გლუვ, შეკრულ წირთა სასრული რიცხვისაგან, რომელნიც ბმულ არეს შემოსაზღვრავენ.

---

[1] იხ. [3].

ბოლოს ზემოთ მიღებული შედეგების გამოყენებით ვსწავლობთ შემდეგ სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემას:

$$\sum_{k=1}^{n}\left\{A_{jk}(t_0)\,\mu_k[\alpha(t_0)] + B_{jk}(t_0)\,\overline{\mu_k(t_0)} + \frac{A_{jk}(t_0)}{\pi i}\int_L \frac{\mu_k(t)\,dt}{t-\alpha(t_0)}\right.$$

$$\left.+\frac{B_{jk}(t_0)}{\pi i}\int_L \frac{\overline{\mu_k(t)}\,\overline{dt}}{\overline{t-t_0}} + \frac{1}{\pi i}\int_L \gamma_{jk}(t_0,t)\,\mu_k(t)\,dt\right\} = f_j(t_0)$$

$$(j = 1,\ 2, \ldots,\ n),$$

სადაც $A_{jk}(t_0)$, $B_{jk}(t_0)$, $f_j(t_0)$ $(k,\ j = 1,\ 2, \ldots,\ n)$ მოცემული ფუნქციებია, რომლებიც H პირობას აკმაყოფილებენ ყველგან L-ზე; $\gamma_{jk}(t_0, t)$ $(k, j = 1, 2, \ldots, n)$ აგრეთვე L-ზე მოცემული ფუნქციებია, რომელთაც აქვთ შემდეგი სახე:

$$\gamma_{jk}(t_0, t) = \frac{\gamma^*_{jk}(t_0, t)}{|t-t_0|^{\alpha}} \qquad 0 \leqq \alpha < 1,$$

ამასთან $\gamma^*_{jk}(t_0, t)$ ფუნქციები H პირობას აკმაყოფილებენ L-ზე.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 5.4.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. И. Мусхелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. М.—Л., 1946.
2. Н. П. Векуа. Системы сингулярных интегральных уравнений. М.—Л., 1950.
3. Д. А. Квеселава. Об одной граничной задаче теории функций. Сообщения Академии Наук Грузинской ССР, т. VII, № 10.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XII, № 8, 1951

ფიზიკა

ო. მღებრიანი, დ. ჩილფინაძე და ც. სალუქვაძე

კრისტალების ზედაპირული ფენის შესუსტების საკითხის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ე. ანდრონიკაშვილმა 6.1.1951)

1. შ ე ს ა ვ ა ლ ი

ლითონის ზედაპირული ფენის თვისების შესახებ საკითხი პირველად დასმული იყო ნ. დ ა ვ ი დ ე ნ კ ო ვ ი ს მიერ. მისი აზრით, ზედაპირთან ახლო მყოფ კრისტალიტებს მეტი თავისუფლება აქვთ პლასტიკური ძვრების განსავითარებლად, ვიდრე ლითონის შიგნით მყოფ კრისტალიტებს, რომლებიც ბლოკირებულნი არიან მეზობელი მარცვლებით. ამის შედეგად ლითონის ზედაპირული ფენა შესუსტებულია, ე. ი. ამ ფენას დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობის გაწევის ნაკლები უნარი აქვს. ამასთანავე შესუსტებული ფენის სისქე მარცვლის სიდიდის თანაზომადია.

ნ. დავიდენკოვის ჰიპოთეზა ზედაპირული ფენის შესუსტების შესახებ ცდით დადასტურდა რიგი ავტორების შრომებში, რომლებიც დაწვრილებითაა განხილული ბ. ი ო ფ ე ს [1] შრომაში.

ლითონის ზედაპირიდან სხვადასხვა სიღრმეზე ზედაპირული ფენის თვისების შესწავლამ მიკროსიმაგრის გაზომვის გზით საშუალება მოგვცა დაგვედგინა რიგი საინტერესო ფაქტები. ა. ბ ო ჩ ვ ა რ ი ს ა და ო. ჟ ა ა დ ა ე ვ ა ს [2] მიერ მიკროსიმაგრის გაზომვის მეთოდით შესწავლილია პოლიკრისტალური ლითონის ზედაპირული ფენა. მათ მიერ მიღებული მრუდები ბუნიკის შეჭრის სიღრმესთან მიკროსიმაგრის დამოკიდებულებისა გვიჩვენებს, რომ ჩაღრმავებასთან ერთად იზრდება მიკროსიმაგრე, აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას რომელიღაც სიღრმეზე და შემდეგ ნელა ეცემა.

განსაკუთრებით მკვეთრად გამოსახული მაქსიმუმია მიღებული დეფორმირებული, პოლირებული ზედაპირისათვის. მხოლოდ არადეფორმირებული ზედაპირებისათვის მიკროსიმაგრის სიღრმესთან დამოკიდებულების ხასიათი იგივე რჩება, მაგრამ მაქსიმუმი უფრო სუსტადაა გამოსახული.

მეორე მხრივ, ლ ე ი ზ ე ს [1] მიერ სპილენძის და ალუმინის მონოკრისტალებზე ჩატარებულმა გამოკვლევებმა არ აჩვენა ზედაპირულ ფენაში მიკროსიმაგრის არავითარი დაცემა.

დ. ღ ო ლ ო ბ ე რ ი ძ ი ს ა და ნ. კ ო პ ა ც კ ი ს [3] მიერ ახლახან გამოქვეყნებულ შრომაში გამოკვლეულია მიკროსიმაგრეზე ქვამარილის მონოკრისტალების პოლირების გავლენის ხასიათი. თავისი გამოკვლევის საფუძველზე ავტორები ასკვნიან, რომ 1) პოლირებული ზედაპირის მიკროსიმაგრე მეტია, ვიდრე ბუნებრივი ან ამოჭმული ზედაპირისა; 2) ამოჭმული ფენის სისქის ზრდას-

თან ერთად მიკროსიმაგრე მცირდება; 3) ქვამარილის ბუნებრივი წახნაგის მიკროსიმაგრის დამოკიდებულება დატვირთვისაგან იგივეა, რაც პოლირებული ზედაპირისათვის.

წინამდებარე შრომის მიზანია ქვამარილის მონოკრისტალების წახნაგების მიკროსიმაგრის ცვლილებების ხასიათის დადგენა ალმასის პირამიდის შეჭრის სიღრმესთან (დატვირთვასთან) დამოკიდებულებით.

2. ექსპერიმენტის აღწერა

საკვლევ ნიმუშად აღებული იყო ქვამარილის მონოკრისტალები. ქვამარილის კრისტალები გამოკვლეულ იქნა (100), (110) და (111) სიბრტყეებზე. სიბრტყე (100) მიიღებოდა გაპობით, ხოლო (110) და (111) სიბრტყეები წყალში გახსნილი სპირტით ამოჭმის გზით.

წახნაგების სიგლუვე მიღწეულ იქნა ზემოთ ნაჩვენები სითხით გაჟღენთილ რბილ აბრეშუმის ქსოვილზე პოლირებით.

წახნაგების გამოკვლევა ჩატარდა აგრეთვე ვაკუუმში (10^{-4}—მმ ვერცხლისწყლის სვ) გამოწვის შემდეგ. გამოწვა ხდებოდა 600° ტემპერატურაზე 6 საათის განმავლობაში, განუწყვეტელი ამოტუმბვის პირობებში.

გაზომვები წარმოებდა ПМТ—3 ტიპის მიკროსიმაგრის გამზომი ხელსაწყოთი. ალმასის პირამიდის წვერის კუთხე 136° უდრის. დატვირთვა ინტენდერზე გაზომვისას იცვლებოდა ერთიდან 10 გრამამდე.

თითოეული გაზომვა მეორდებოდა 4-ჯერ სამ სხვადასხვა წერტილში და ვიღებდით მათ საშუალო მნიშვნელობას. ანაბეჭდის დიამეტრი იზომებოდა ოკულარ-მიკრომეტრით, რომლის დანაყოფის ფასი 0,0003 მმ ტოლია. მონოკრისტალების ანიზოტროპიის გავლენის გამოსარიცხავად გაზომვისას პუანსონის ორიენტირება კრისტალის მიმართ მუდმივი რჩებოდა.

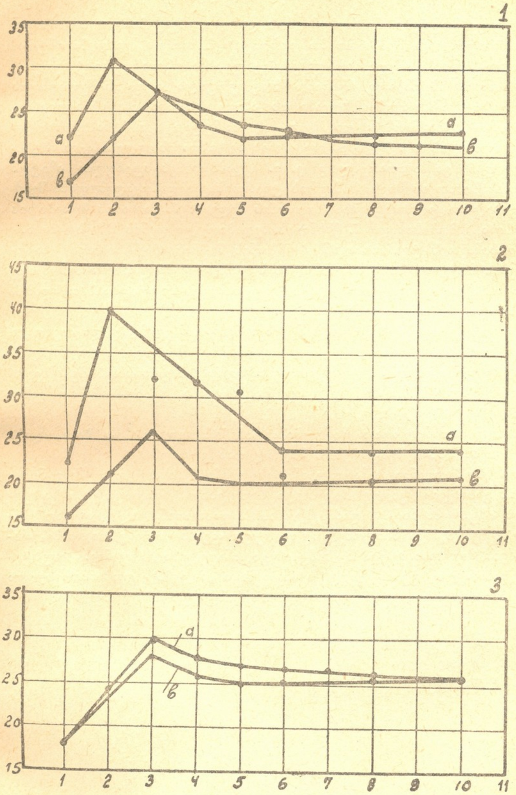
3. გაზომვის შედეგები

ჩვენ მიერ მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილში და გრაფიკზე.

ცხრილი 1

ქვამარილის მონოკრისტალების მიკროსიმაგრე სხვადასხვა დატვირთვის დროს (კგ/მმ²-ით)

დატვირთვა	სიბრტყე (100)		სიბრტყე (110)		სიბრტყე (111)	
	გამოწვამდე	გამოწვის შემდეგ	გამოწვამდე	გამოწვის შემდეგ	გამოწვამდე	გამოწვის შემდეგ
1	22,2	17	22,2	16,8	18,5	17,8
2	31,5	24,1	40,2	21,3	24,3	23,8
3	27,8	27,8	32,4	26,3	30,9	27,8
4	24,1	24,1	31,5	21,7	26,9	25,2
5	24,0	22,3	31,3	20,7	26,7	25,0
6	20,0	22,3	24,8	21,5	26,7	25,2
7	22,3	23,5	24,8	21,5	26,9	25,7
8	22,3	23,5	24,8	21,5	26,9	25,7
9	22,3	23,0	24,9	22,8	26,9	25,9



ქვამარილის მონოკრისტალების მიკროსიმაგრის დამოკიდებულება დატვირთვისაგან. *a*—გამოწვამდე, *b*—გამოწვის შემდეგ 1—სიბრტყე (100), 2—სიბრტყე (110), 3—სიბრტყე (111), აბსცისების ღერძზე—დატვირთვა გრამობით; ორდინატების ღერძზე—მიკროსიმაგრე კგ/მმ^2-ით

4. შედეგების განხილვა

მიღებული მრუდები მიკროსიმაგრის დამოკიდებულებისა ტვირთისაგან ახლად გაპობილი და გამომწვარი მონოკრისტალებისათვის შეიძლება ინტერპრეტირებულ იქნეს შემდეგნაირად: კრისტალის გაპობისას კრისტალოგრაფიული წახნაგის ზედაპირი (რაგინდ სრულყოფილი იყოს ის) ყოველთვის რაოდენადმე დეფორმირდება. ზედაპირის ახლო მესერში დეფორმაციის შედეგად წარმოიქმნება ნარჩენი დაძაბულობა, რომელიც შეიჭრება გარკვეულ სიღრმეზე. მეორე მხრივ, ზედაპირულ ფენას მეტი თავისუფლება აქვს პლასტიკური ძვრების განსავითარებლად, ე. ი. ზედაპირი შესუსტებულია. ამიტომ ასეთი წახნაგებისათვის მიკროსიმაგრის ტვირთისაგან დამოკიდებულება შეიძლება განვიხილოთ როგორც ორი მოვლენის შედეგი: 1. წახნაგის ზედაპირის გამკვრივებისა გაპობისას და 2. წახნაგის ზედაპირული ფენის შესუსტებისა.

მიკროსიმაგრის ტვირთისაგან (პუანსონის შეჭრის სიღრმისაგან) დამოკიდებულების მრუდის საწყისი ნაწილის მკვეთრი აღმავლობა მაქსიმუმამდე შეიძლება აიხსნას ზედაპირული შესუსტებული ფენის სიღრმესთან თანდათან შესუსტებით და ამ ფენის გამკვრივებით.

თუმცა გამკვრივება სიღრმესთან დაკავშირებით ეცემა, უნდა მივიღოთ, რომ თვით ზედაპირთან ძირითად როლს თამაშობს შესუსტება, ხოლო ზედაპირის უფრო ღრმა ფენებში — გამკვრივება. მიკროსიმაგრის მაქსიმუმი შეესაბამება ისეთ სიღრმეს, რომელზედაც გამკვრივება წმინდა სახით გამოვლინდება.

ჩაღრმავებასთან ერთად მიკროსიმაგრის შემდეგი დაცემა ხასიათდება გამკვრივების ხარისხის შემცირებით სიღრმესთან ერთად.

ასეთი წარმოდგენის სამართლიანობას გვიჩვენებს აგრეთვე იმავე ნიმუშებისათვის გამოწვის შემდეგ მიღებული შედეგები. მართლაც, გამოწვა უფრო მეტად ამცირებს ნარჩენ დაძაბულობას ზედაპირთან, ვიდრე ღრმად განლაგებულ ფენებში, და ამიტომ შესუსტებული ფენის სიღრმე დიდდება, რასაც უჩვენებს მიკროსიმაგრის მაქსიმუმის გადანაცვლება მარჯვნივ. შესუსტებული ზედაპირული ფენის გავლენა ამ ფენაში ნაკლებად კომპენსირებულია ნარჩენი დაძაბულობით, ვიდრე გამოუწვავი კრისტალების შემთხვევაში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 6.1.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Б. С. Иоффе. Применение метода измерения микротвердости к решению некоторых физических задач. ЖТФ, т. XXX, вып. 10, 1949.
2. А. А. Бочвар и О. С. Жаадаева. Изменение микротвердости в зависимости от глубины проникновения интендора и состояния поверхностного слоя. Изв. АН СССР, О. Т. Н., № 3, 1947.
3. Д. Б. Гогоберидзе и Н. А. Копацкий. К вопросу о механизме явлений шлифовки и полировки. ЖТФ, т. XX, вып. 8, 1950.

ფიზიკა

გ. გორდაძე

მეზონების თეორიულად შესაძლო მასების შესახებ (1

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მამასახლისოვმა 30.1.1951)

1. ელემენტარულ ნაწილაკთა თვისებების შესწავლა, უეჭველია, თანამედროვე თეორიული და ექსპერიმენტული ფიზიკის ცენტრალური საკითხია. ამ საკითხისადმი ინტერესი აიხსნება მასთან დაკავშირებული პრობლემების მთელი რიგით, რომელთაც ეგოდენ დიდი მნიშვნელობა აქვთ კოსმიური სხივების ფიზიკისა და ატომბირთვის შესწავლისათვის.

ამ რამდენიმე ხნის წინათ გამოქვეყნებულ შრომებში ბორნმა და მისმა თანამშრომლებმა [2, 3, 4, 5] სცადეს ურთიერთობის პრინციპი გამოეყენებინათ ელემენტარულ ნაწილაკთა თეორიაში და მიიღეს თეორიული შედეგების მთელი რიგი. ეს შრომა მიზნად ისახავს ელემენტარული ნაწილაკების მასების გამოთვლას ბორნის თეორიული სქემის მიხედვით და თეორიის ექსპერიმენტთან შედარებას. ამასთანავე ჩვენ არ ვეხებით იმ საკითხს, თუ რამდენად სწორია ბორნის თეორიული წანამძღვრები.

2. აღნიშნულმა ავტორებმა მიიღეს ფორმულა მოსვენებითი მდგომარეობის მასათა თეორიული მნიშვნელობისათვის ერთეულად სპინის მქონე ნაწილაკთა შემთხვევაში:

$$m = \left(\frac{hc}{2\pi e^2}\right)\sqrt{x}\ \mu, \tag{1}$$

სადაც x ფესვია შემდეგი განტოლებისა:

$$L_n^{(1)}(x) = 0, \tag{2}$$

რომელშიც $L_n^{(1)}(x)$ ლაგერის პირველი გვარის პოლინომია; μ — ელექტრონის მოსვენებითი მასა, e — ელემენტარული მუხტი, h — პლანკის მუდმივი, ხოლო c — სინათლის სიჩქარე.

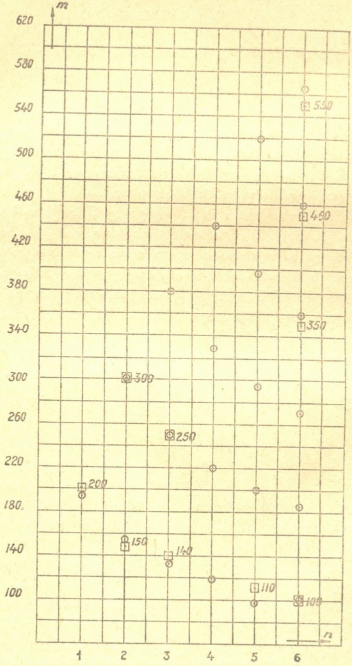
n პარამეტრს ($L_n^{(1)}(x)$ პოლინომის რიგს) შეუძლია მიიღოს მნიშვნელობები 1, 2, 3, 4...

(2) განტოლების ამოხსნა მიღებული იყო $n = 1, 2, 3, 4, 5$ მნიშვნელობებისათვის და თეორიული შედეგები შედარებული იყო მეზონის მხოლოდ ორ მასასთან, რომლებიც 200 და 300 ელექტრონის მასის ტოლი იყო.

პარამეტრის $n = 6$ მნიშვნელობისათვის (2) განტოლება დადის მეექვსე რიგის ალგებრულ განტოლებამდე, რომელიც ჩვენ მიერ ამოხსნილი იყო ლობაჩევსკის მეთოდით.

(1 წინასწარი შენიშვნა ამ შრომის შესახებ გამოქვეყნდა [1]-ში.

ალნიშნული ავტორების გამოთვლების შედეგები $n = 1, 2, 3, 4, 5$-ისათვის და ჩვენი შედეგები $n = 6$-ისათვის მოცემულია ქვემოთ გრაფიკზე, სადაც ნაჩვენებია აგრეთვე ალიხანოვისა და ალიხანიანის მეზონების მოსვენებითი მდგომარეობის მასები [6, 7, 8] (მიღებულია, რომ მეზონებს აქვთ სპინი$=1$).



ნახ. 1

ნახ. 1. ორდინატთა ღერძზე აზომილია მეზონების m—მასები ელექტრონის მოსვენებითი მასის ერთეულებით $(\mu = 1)$, აბსცისათა ღერძზე—ბორნის n—პარამეტრი ● თეორიული წერტილებია $n = 1, 2, 3, 4, 5$ ბორნის მიხედვით, ხოლო $n = 6$-ისათვის—ამ შრომის მიხედვით. □ ექსპერიმენტული წერტილებია ალიხანოვისა და ალიხანიანის მიხედვით.

ჩვენი გამოთვლების შედეგები გვიჩვენებს, რომ: 1) თეორიულად გამოთვლილი მასების რიცხვი (მიღებული (1) და (2) ფორმულების საფუძველზე) გაცილებით უფრო მეტია, ვიდრე მასების მოცემულ ინტერვალში (100—550) არსებული ექსპერიმენტულად ცნობილი მეზონების რიცხვი. როგორც ჩანს, ყველა თეორიული მასა როდი ხასიათდება ექსპერიმენტულად საგრძნობი სიცოცხლის ხანგრძლიობით.

2) თეორიულ მოსვენებით მასათა შორის არის ისეთები, რომელნიც $\pm 10 \smallfrown 15$ ელექტრონის მასის ცდომილებით თანხვდებიან ალიხანოვისა და ალიხანიანის მსუბუქ მასებს, 100, 110, 150, 200, 250, 300, 350, 450 და 550 ელექტრონის მასების შესაბამისს.

როგორც ეტყობა, თეორიის ექსპერიმენტთან თანხმობა მასების აღნიშნულ ინტერვალში შემთხვევითი ხასიათისა არ უნდა იყოს.

ჩვენ ვფიქრობთ, რომ ინტერესს მოკლებული არ არის შევაფასოთ თეორიულად შესაძლო მასები, ბორნის სქემის მიხედვით, პარამეტრის დიდ მნიშვნელობათათვის და შედეგები შევადაროთ ალიხანოვისა და ალიხანიანის მეზონების დიდ მასებს (ე. ი. მეზონებს 680, 850, 1100, 1300, 2500, 3800, 8000 და 25000 ელექტრონის მასებით).

3. ამ მიზნით შესწავლილი იყო (2) განტოლება (ორთოგონალურ პოლინომთა ცნობილი თეორემის მიხედვით ([9], გვ. 127)), რომლის მიხედვითაც n ინდექსის ფიქსირებული მნიშვნელობისათვის $L_n^{(\alpha)}(x)$ ლაგერის პოლინომის ფესვები მოცემულია ფორმულით:

$$x_\nu^{\frac{1}{2}} = (4n + 2\alpha + 2)^{\frac{1}{2}} - 6^{-\frac{1}{3}} (4n + 2\alpha + 2)^{-\frac{1}{6}} (i_\nu + \varepsilon_n), \tag{3}$$

სადაც $\lim\limits_{n \to \infty} \varepsilon_n = 0$, ხოლო i_ν—ზრდადი მიმდევრობით დალაგებული ეირის პოლინომების ფესვებია, რომელთაც ν-ს დიდი მნიშვნელობებისათვის ($\nu \to \infty$) აქვთ მიახლოებითი მნიშვნელობები:

$$i_\nu \cong \nu^{\frac{2}{3}}. \tag{4}$$

თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ჩვენს შემთხვევაში $\alpha = 1$ იხ. (1), (3) ფორმულის მიხედვით ჩვენ მივალთ შემდეგ განტოლებამდე:

$$x_\nu^{\frac{1}{2}} = (4n + 4)^{\frac{1}{2}} - 6^{-\frac{1}{3}} i_\nu (4n + 4)^{-\frac{1}{6}} + O(n^{-\frac{1}{6}}). \tag{5}$$

ლაგერის პოლინომების ფესვთა ამ ფორმულით შეიძლება ვისარგებლოთ (1) განტოლებაში იმისათვის, რომ მივიღოთ თეორიულად შესაძლო მოსვენებითი მასები მეზონებისათვის (თუ მათთვის მიღებული იქნება მთელრიცხვა სპინის მნიშვნელობა).

მაშინ მივიღებთ:

$$m = \left(\frac{hc}{2\pi e^2}\right) \left\{(4n + 4)^{\frac{1}{2}} - 6^{-\frac{1}{3}} i_\nu (4n + 4)^{-\frac{1}{6}} + O(n^{-\frac{1}{6}})\right\} \mu, \tag{6}$$

სადაც μ ელექტრონის მასაა, ხოლო i_ν მოცემულია (4) ფორმულით. შევნიშნავთ, რომ ჩვენი (6) ფორმულა მეზონების მოსვენებითი მასების მიახლო-

ებითი თეორიული განსაზღვრისათვის მით უფრო კარგ მნიშვნელობებს იძლევა, რაც უფრო მეტია n პარამეტრის მნიშვნელობა.

ამიტომ გასაგებია, რომ (6) ფორმულა შეიძლება იყოს გამოყენებული მეზონების მაქსიმალური თეორიული მასის განსაზღვრისათვის, როდესაც n მოცემულია. ამ მიზნით საკმარისია (6) ფორმულაში ჩავსვათ

$$6^{-\frac{1}{3}} i_\nu = 6^{-\frac{1}{3}} i_1 = 1{,}856 \tag{7}$$

(იხ. [9], გვ. 128). მაშინ ჩვენ მივიღებთ მეზონების მაქსიმალურ მასას (მოცემული n პარამეტრისათვის) შემდეგი სახით:

$$m_{\max} = \frac{hc}{2\pi e^2}\left\{(4n+4)^{\frac{1}{2}} - 1{,}856\,(4n+4)^{-\frac{1}{6}}\right\}\mu. \tag{8}$$

ამ ფორმულის შემოწმების მიზნით შევადაროთ მისი საშუალებით მიღებული x_ν სიდიდე (ფიგურის ფრჩხილებში აღებული სიდიდე, აყვანილი კვადრატში) იმავე სიდიდეს, რომელიც მიიღება (2) განტოლების უშუალოდ ამოხსნით ბორნისა და როდრიგოს მიერ $n=1, 2, 3, 4, 5$-ისათვის და ჩვენ მიერ $n=6$-სათვის. ასეთი შედარების შედეგები მოცემულია ქვემოთ მოყვანილ პირველ ცხრილში.

ცხრილი 1

პარამეტრი n	1	2	3	4	5	6
x_ν მაქსიმალური მნიშვნელობა (8) ფორმულის მიხედვით	2.292	5,004	8,009	11,196	14,486	17,868
x_ν-ს მაქსიმალური მნიშვნელობა ბორნისა და როდრიგოს მიხედვით ($n=1, 2, 3, 4, 5$) და ჩვენი შრომის მიხედვით, როდესაც $n=6$	2	4,73	7,75	10,09	14,26	17,647

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ (2) განტოლების მაქსიმალური ფესვები (მოცემული n-სათვის), გამოთვლილი ჩვენი (8) ფორმულით, კარგად ეთანხმება უშუალო გამოთვლების შედეგებს, განსაკუთრებით n პარამეტრის დიდ მნიშვნელობათა შემთხვევაში.

ვიხელმძღვანელოთ (8) ფორმულით და მივიღოთ n პარამეტრის ის მნიშვნელობა, რომელსაც შეესაბამებოდა, მაგალითად, 3800 ელექტრონის მასის მქონე მეზონი. შეფასება გვიჩვენებს, რომ ამ მეზონს შეესაბამება $n \cong 200$, ხოლო ასეთი პარამეტრისათვის ($n \leqq 200$) შესაძლო თეორიული მასების რიცხვი იქნებოდა $2{,}01 \cdot 10^4$, ე. ი. იმათი რიცხვი 3800-ზე გაცილებით უფრო მეტი იქნებოდა, ასე რომ უკვე მეზონის ამ მასისათვის თეორია იძლევა შესაძლო მასების უწყვეტ ერთობლიობას.

ამრიგად, ჩვენ მივდივართ დასკვნამდე, რომ ბორნის თეორიული სქემა არ შეიძლება იყოს შეთანხმებული მეზონების მასების დიდ მნიშვნელობებთან.

4. ანალოგიური შედეგი მიიღება ლაგერის პოლინომთა ფესვების შემდეგი მიახლოებითი ფორმულის გამოყენებით:

$$x_\nu = \{\pi\nu + O(1)\}^2/4\,n, \tag{9}$$

სადაც $\nu = 1, 2, 3, \ldots n$ (იხ. [9], გვ. 223).

ეს ფორმულა დიდი n-ის შემთხვევაში კარგ მიახლოებას იძლევა ლაგერის $L_n^{(1)}$ პოლინომების ფესვებისათვის. ამის დასამტკიცებლად ჩვენ მოგვყავს მიახლოებითი ფესვების (9) ფორმულით მიღებულ მნიშვნელობათა შედარება $n=5$-ის შემთხვევაში ბორნისა და როდრიგოს უშუალოდ გამოთვლილ მნიშვნელობებთან.

ცხრილი 2

ν ინდექსის მნიშვნელობები	1	2	3	4	5
x_ν ფესვები ბორნის მიხედვით (n=5)	0,53	2,11	4,61	8,40	14,26
x_ν ფესვები (9) ფორმულის თანახმად	0,49	1,97	4,44	7,89	12,32

მე-2 ცხრილი გვიჩვენებს, რომ უკვე $n=5$-საც კი (9) ფორმულა დამაკმაყოფილებლად აფასებს (2) განტოლების ფესვების მნიშვნელობებს.

(9) განტოლებასაც მივყავართ თეორიისა და ექსპერიმენტის უთანხმოებასთან დიდმასიანი მეზონებისათვის.

დასკვნა

1. ბორნის თეორიული სქემა გამოყენებულია მეზონების მასებისათვის და მსუბუქი მეზონების შემთხვევაში მიღებულია ექსპერიმენტთან დამაკმაყოფილებელი თანხმობა, ე. ი. მეზონების მასებისათვის (100, 110, 150, 200, 250, 300, 350, 450 და 550).

2. დადგენილია, რომ მძიმე მეზონების შემთხვევაში თეორია არ ეთანხმება ექსპერიმენტს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 30.1.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Г. Гордадзе. „Принцип взаимности и массы варитронов" ЖЭТФ, т. 20, в. 8, стр. 767, 1950.
2. M. Born. Nature v. 163. 1949. p. 207. „Elementary Particles and the Principle of Reciprocity".
3. H. S. Green. Nature v. 163. 1949. p. 207. „Qantized Field Theories and the Principle of Reciprocity".
4. M. Born, A. E. Rodriguez. Nature v. 163, p. 320. 1949. Meson Masses and the Principle of Reciprocity".

5. M. Born. Rev. Med. Phys. v. 21, p. 462, 1949, „Reciprocity Theory of Elementary Particles".
6. А. И. Алиханов, А. Вайсенберг, В. Харитонов и М. Дайон. ДАН т. LX, № 9, стр. 1515, 1948. „Спектр масс варитронов на высоте 3250 м над уровнем моря".
7. А. Алиханян, А. Вайсенберг, М. Дайон, В. Харитонов и А. Константинов. ДАН, т. 61, № 1, стр. 39, 1948. „Варитроны в жесткой компоненте космических лучей".
8. А. И. Алиханян, А. Д. Константинов, В. М. Харитонов и М. И. Дайон. ЖЭТФ, т. 19, в. 10, стр. 857, 1949. „О существовании легких варитронов".
9. G. Szegö. Ortogonal polynomialis c. 127 и 233. New-York, 1939.

გეოფიზიკა

გ. სულაქველიძე

მშრალი თოვლის ზოგიერთი რადიაციული თვისება

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ი. ვეკუამ 19.5.1951)

თოვლის საბურველიდან მზის რადიაციის არეკვლა პირველად შესწავლილ იქნა პროფ. ნ. კალიტინის მიერ 1927 წ.; შემდეგ ამ საკითხზე მუშაობდნენ როგორც თვით კალიტინი, ისე მისი მოწაფეები [1].

ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი შედეგები ამ დარგში მიღებული აქვთ ნ. ჩერნიგოვსკისა და პ. კუზმინს [2, 3].

თოვლის საბურვლის არეკვლის უნარიანობა, გამოხატული დაცემული რადიაციის პროცენტებით, მეტად დიდ საზღვრებში მერყეობს თოვლის ზედაპირის მდგომარეობისა და რადიაციის ხასიათის მიხედვით, სახელდობრ, 45%-დან 97%-მდე. ერთისა და იმავე ტიპის თოვლისთვისაც კი სხვადასხვა ავტორის მონაცემები განსხვავდება 30 და მეტი პროცენტით (მშრალი თოვლი—60% კალიტინისა და 92% ჩერნიგოვსკის მონაცემების მიხედვით).

აღნიშნული განსხვავება არ შეიძლება გამოწვეულ იქნეს თოვლის საბურვლის თვისებების სხვაობით, ვინაიდან, ჩვენი დაკვირვების მიხედვით, სხვადასხვა სტრუქტურის მშრალი თოვლი (ყინულის აპკის გამონაკლისით) ერთნაირ პირობებში დაცემული რადიაციის თანასწორ ნაწილებს არეკლავს (გაზომვის სიზუსტის ფარგლებში).

ჩვენ მიერ მზის არეკლილ რადიაციაზე წარმოებულმა გამოკვლევებმა, რომლებიც სისტემატურად ტარდებოდა 1946 წლიდან სპეციალურად კონსტრუირებული აპარატურით ზღვის დონიდან 2000 მეტრის და მეტ სიმაღლეზე, გვიჩვენა, რომ მთიან რაიონებში თოვლის არეკვლითი უნარიანობა დამოკიდებულია წყალშემცველობასა და ჭუჭყიანობაზე და სანამ არ არის დადგენილი აღნიშნული პარამეტრების გაზომვის მეთოდები, არ შეიძლება ამ სიდიდეებს შორის რაოდენობრივი კავშირის დამყარება. შესაძლებელია მხოლოდ გამოვიყვანოთ ზღვრული მნიშვნელობები წყალშემცველი და გაჭუჭყიანებული თოვლის არეკვლითი უნარიანობისათვის: კლდეთა ეროზიის შედეგად მეტად გაჭუჭყიანებული თოვლისათვის 49%-დან, ნაკლებად წყალშემცველი სუფთა თოვლისათვის—75%-მდე.

ჩვენ მიერ დადგენილია, რომ მთიან რაიონებში მზის პირდაპირი რადიაციის არეკვლითი უნარიანობა მუდმივია მშრალი თოვლის სხვადასხვა ტიპისთვის (ყინულის აპკის გამოკლებით). გაბნეული რადიაციის არეკვლა, ჩვენი დაკვირვებების მონაცემების მიხედვით, თუმცა არ არის დამოკიდებული მშრალი თოვლის ტიპზე, მაგრამ დამოკიდებულია მასზე დაცემული გაბნეული რადიაციის გამბნევი გარემოს სახეობაზე.

ჩვენ მიერ დადგენილია, რომ დაბალი ნისლის შემთხვევაში მშრალი თოვლის საბურველს შეუძლია არეკლოს მასზე დაცემული რადიაციის 95%-მდე. მაღალი ღრუბლებით დაფარული მზის შემთხვევაში მშრალი თოვლის არეკვლის უნარიანობა 80%-მდე დადის. ამ საზღვრებში მერყეობს მშრალი თოვლის საბურვლიდან გაბნეული რადიაციის არეკვლა.

მთიან რაიონებში ჩვენ მიერ 1949 წლამდე ჩატარებულმა დაწვრილებითმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ მშრალი თოვლის ზედაპირიდან პირდაპირი რადიაციის არეკვლისას გარკვეული დამოკიდებულება არსებობს სხივის დაცემის კუთხესა და არეკლილი რადიაციის სიდიდეს შორის.

ამ დამოკიდებულების გამოსარკვევად სპეციალურად კონსტრუირებულ საცდელ ყუთზე პირველად იანიშევსკი-სულაქველიძის[1] თოვლისქვეშა პირანომეტრის საშუალებით ტარდებოდა დაკვირვებები მშრალი თოვლის საბურვლიდან მზის რადიაციის არეკვლაზე დახრის სხვადასხვა კუთხის დროს.

გაზომვების შედეგებში შეტანილ იქნა შესწორებები მზის სიმაღლეზე და გალვანომეტრის სკალაზე, თუმცა პირველი შესწორება 8—9%-ს არ აღემატებოდა, ასე რომ გაბნეულ რადიაციაზე შესწორებას არ ვაძლევდით, აგრეთვე არ ვაძლევდით შესწორებას გალვანომეტრის ტემპერატურაზე, ვინაიდან ჩვენ გვაინტერესებდა დაცემული და არეკლილი რადიაციის შეფარდებითი სიდიდეები.

სულ 1949 წელს დაცემულ და არეკლილ რადიაციაზე ჩატარდა 500 დაკვირვება 0°—90°-მდე დაცემის კუთხეებისათვის (თითოეული კუთხისათვის 50 დაკვირვება).

მუშაობა ტარდებოდა მშრალ თოვლზე. თოვლის ზედაპირის მცირეოდენი დასველებაც კი არეკლილი რადიაციის რაოდენობას 10 და მეტი პროცენტით ამცირებდა, ამიტომ თოვლის დაწყლიანების დროს იძულებული ვიყავით ცდები შეგვეწყვიტა.

1 ცხრილში მოყვანილია გაზომვის შედეგები. უნდა აღინიშნოს, რომ მშრალი თოვლისათვის არეკვლითი უნარიანობა, მოცემული დაცემის კუთხისა და მოწმენდილი ცის პირობებში, მეტად მუდმივია.

ცხრილი 1[2]

არეკლილი რადიაციის სიდიდე პროცენტობით დაცემულ რადიაციასთან შეფარდებით

დაცემის კუთხე	90	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°
J°/₀	97,2	82,5	74,5	69,8	66,2	6 3	60,0	59,4	59,2	59,1

[1] აპარატურის დაპროექტებისას, აგრეთვე იმ შედეგების ანალიზის დროს, რომლებიც მოყვანილია ამ სტატიაში, დიდი დახმარება გამიწია ვოეიკოვის სახელობის მგ-ოს უფროსმა მეცნიერმა მუშაკმა დ. იანიშევსკიმ.

[2] ცხრილში მოყვანილი თითოეული დაცემის კუთხისათვის საშუალო აღებულია 50 დაკვირვებიდან.

სხვადასხვა ტიპის მშრალი თოვლის ზედაპირზე ერთისა და იმავე დაცემის კუთხისათვის 50 დაკვირვებიდან ზღვრული უკიდურესი სხვაობები 7% არ აღემატებოდა $90°—80°$ დაცემის კუთხეებისათვის, რაც გაბნეული რადიაციის ცვლილებებს უნდა მიეწეროს.

$50°$-ზე ნაკლები დაცემის კუთხეებისათვის ზღვრული მნიშვნელობის სხვაობა იშვიათად აღემატებოდა $4,5\%$-ს; ცალკე გაზომვათა სიზუსტე კი ჩვენ მიერ შეფასებული იყო $2,5\%$-ით.

1 ცხრილის ანალიზს შემდეგ დასკვნებამდე მივყავართ:

1) მშრალი თოვლის საზურვლიდან მზის რადიაციის უდიდესი არეკვლა ხდება $90°$ დაცემის კუთხის მახლობლად, როცა არეკლილი რადიაცია დაცემული რადიაციის $97,2\%$ უდრის.

2) მშრალი თოვლის საზურვლიდან მზის რადიაციის უმცირესი არეკვლა ხდება სხივის პერპენდიკულარულად დაცემის დროს და არეკლილი რადიაცია დაცემული რადიაციის 59% უდრის.

3) მშრალი თოვლის საზურვლიდან არეკლილი მზის რადიაციის სიდიდე მცირდება დაცემის კუთხის $90°$-დან $0°$-მდე შემცირებისას; შემცირება მკვეთრად არის გამოხატული ინტერვალში $90°$-დან $70°$-მდე.

1 ცხრილში მოცემული დაკვირვების შედეგები კარგად ხსნის განსხვავებებს სხვადასხვა ავტორის მიერ მოცემულ არეკლილი რადიაციის სიდიდეებს შორის; საქმე ისაა, რომ ეს დაკვირვებები ტარდებოდა სხვადასხვა სიგანედებზე და სხივების დაცემის სხვადასხვა კუთხეზე; მაგალითად, ჩერნიგოვსკის ცდებში, რომელიც არეკვლას აკვირდებოდა კუნძულ „უედინენიაზე", მზის სხივების დაცემის კუთხე უკეთეს შემთხვევაში $80°$-ს აღწევდა. ამ პირობებში ჩერნიგოვსკიმ არეკვლის სიდიდისათვის 90%-ზე მეტი მიიღო. პროფ. კალიტინი აკვირდებოდა რადიაციის არეკვლას მშრალი თოვლისაგან $10°—20°$ დაცემის კუთხეზე და მიიღო 60% არეკვლა. ეს სიდიდეები კარგად ეთანხმება ჩვენ მიერ მოყვანილ შედეგებს.

1 ცხრილისა და 1 გრაფიკის ანალიზს მივყავართ დასკვნამდე, რომ დამოკიდებულება მშრალი თოვლის საზურვლიდან არეკლილი რადიაციის სიდიდესა და დაცემის კუთხის α-ს შორის შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს შემდეგი სახით:

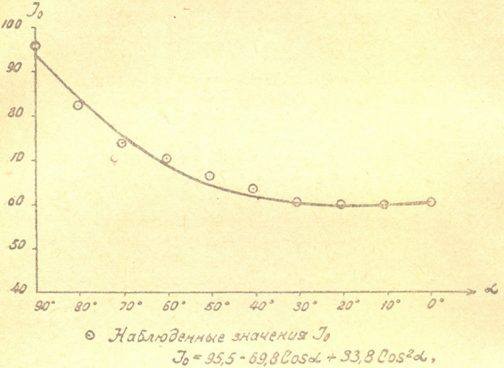
$$J_0 = A + B \cdot \cos\alpha + c \cdot \cos^2\alpha \cdot \qquad (1)$$

აქ J_0 არეკლილი რადიაციაა, გამოხატული პროცენტობით დაცემული რადიაციის სიდიდესთან შეფარდებით, α მზის სხივის დაცემის კუთხეა A,B, და C კოეფიციენტებია, რომლებიც მიღებულია ჩვენი დაკვირვებებიდან უმცირეს კვადრატთა მეთოდით. A,B და C-ს მნიშვნელობათა (1) განტოლებაში ჩასმით მივიღებთ:

$$J_0 = 95,5 - 69,8 \cos\alpha + 33,8 \cos^2\alpha \qquad (2)$$

ამ გამოანგარიშებათა საშუალო კვადრატული ცდომილება $0,3\%$-ს უდრის, ე. ი. შესამჩნევად მცირეა ცალკე დაკვირვებათა სიზუსტეზე.

გრაფიკ 1-ზე მრუდები აგებულია 1 ცხრილის მონაცემების და (2) განტოლების მიხედვით. როგორც გრაფიკიდან ადვილად ვრწმუნდებით, მათ შორის თანმთხვევა სრულიად დამაკმაყოფილებელია და გაზომვათა სიზუსტის ფარგლებში მერყეობს.



გრაფიკი 1. არეკლილი რადიაციის დამოკიდებულება (პროცენტებით დაცემის რადიაციასთან შედარებით) დაცემის α კუთხეზე.

განტოლება (2)-დან ადვილად მიიღება მშრალი თოვლის საბურვლის ალბედო $A\ (z)$, რომელიც მზის ზენიტური მანძილი z-ის ფუნქციაა.

$$A\ (z) = 0{,}96 - 0{,}80\ \cos z + 0{,}34\ \cos^2 z \qquad (2')$$

განტოლება (2′)-დან, z-ით ინტეგრების გზით, შეიძლება მივიღოთ როგორც დღეღამური, ისე წლიური ალბედო მშრალი თოვლის საბურვლისათვის.

არეკვლის პარალელურად ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნა მზის რადიაციის განვლადობა მშრალი თოვლის $\rho = 0{,}12 - 0{,}15$ სიმკვრივის მქონე ფენის სისქეში.

გამოკვლევები წარმოებდა 95 სმ სიღრმემდე, 20 სმ სიღრმეზე გაზომვები წარმოებდა ყოველ 5 სმ-ის შემდეგ, ამ სიღრმის შემდეგ კი ყოველ 10 სმ-ზე.

ცხრილი 2

სიღრმე სმ-ობით	0	5	10	15	20	30	40	50	40—80	90
$J^{0}/_{0}(z)$	100	35,2	13,7	4,8	3,3	2,1	1,8	1,7	1,7	1,7

გამოკვლევები წარმოებდა იანიშევსკის პირანომეტრით (1949 წლამდე) და იანიშევსკი-სულაქველიძის თოვლისქვეშა პირანომეტრით. ამ სამუშაოთა შედეგები მოყვანილია მე-2 ცხრილში.

ცხრილისა და გრაფიკის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ განვლილი რადიაციის ინტენსივობა ეცემა სიღრმესთან ერთად ექსპონენციალური კანონით, თუმცა 30—40 სმ-დან 95 სმ სიღრმემდე რადიაციის შთანთქმა მცირეა და ამ შუალედში განვლილი რადიაცია საშუალოდ 2%-ს აღწევს[1]. ამ შედეგების საფუძველზე ჩვენ მიერ წინასწარ გამოთქმული იყო აზრი იმის შესახებ, რომ თოვლის საბურველში ადგილი აქვს შერჩევით შთანთქმას. ამ საკითხის შესწავლის მიზნით 1950 წ. ჩატარებული იყო ანალოგიური გამოკვლევები ფილტრების შემწეობით, რომლებმაც გვიჩვენა, რომ შთანთქმის კოეფიციენტები (k) დამოკიდებულია ტალღის სიგრძესა და თოვლის სიმკვრივეზე, ე. ი. $k=f(\lambda, \rho)$.

ჩატარებული ექსპერიმენტები საკმაო არ აღმოჩნდა იმისათვის, რომ საჭირო სიზუსტით გამოანგარიშებული ყოფილიყო k სპექტრის სხვადასხვა უბნისათვის; ეს სამუშაოები ახლაც გრძელდება, თუმცა უკვე მიღებული შედეგებიდან შეიძლება გავაკეთოთ ზოგიერთი დასკვნა:

k დიდდება თოვლის სიმკვრივის გადიდებასთან ერთად. მზის რადიაცია, რომლის ტალღის სიგრძე 6500—6600 Å უდრის, მთლიანად შთაინთქმება თოვლის პირველი 5—7 სმ სისქე ფენით; წინასწარი მონაცემებით k ამ უბნისთვის მდებარეობს $10^{0}-10^{-1}$-ის ფარგლებში. რადიაცია 4700—4500 Å და უფრო ნაკლები სიგრძის ტალღით შედარებით სუსტად შთაინთქმება. სპექტრის ამ უბნისათვის k დაახლოებით $10^{-2}-10^{-3}$ რიგისაა.

დადგენილია, რომ თოვლის საბურვლის ზედაპირიდან რადიაციის არეკვლის ინტენსივობა დამოკიდებულია აგრეთვე დაცემული რადიაციის ტალღის სიგრძეზე.

ამ გამოკვლევათა საფუძველზე მშრალ თოვლში განვლილი რადიაციის ინტენსივობა ($J(z)$) შესაძლებელია წარმოვადგინოთ შემდეგი ფორმულით:

$$J(z)=\sum_{i}(J_{n\lambda_i}-J_{0\lambda_i})\, e^{-k\lambda_i z}, \qquad (3)$$

თუ დაცემული რადიაციის სპექტრს დავანაწილებთ უბნებად $\lambda_1-\lambda_2$, $\lambda_2-\lambda_3$,... $\lambda_{i_1}-\lambda_i$...და თითოეული ამ უბნისთვის განვსაზღვრავთ დაცემული რადიაციის ინტენსივობას $J_{n\lambda_i}$, არეკლილი რადიაციის ინტენსივობას $J_{0\lambda_i}$ და შთანთქმის კოეფიციენტს $k\lambda_i$.

სანამ ეს გამოკვლევა ჩატარებული არ არის, მშრალი თოვლის საბურვლის განათებულობის განსაზღვრისათვის z სიღრმეზე თოვლის სიმკვრივისათვის $\rho=0,12-0,15$, როდესაც რადიაცია 95 სმ სიღრმეს აღწევს. მე-2 ცხრილის საფუძველზე ჩვენ ვიძლევით ფორმულას

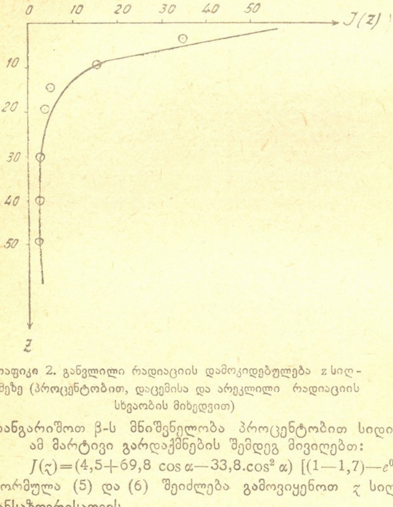
[1] გაზომვებს ვაწარმოებდით მხოლოდ 95 სმ სიღრმემდე, თოვლის საბურვლის არაერთგვაროვნობის გამო.

$$J(z)=[J_n-(J_0+\beta)]\, e^{-kz}+\beta, \tag{4}$$

რომელიც კარგად ეთანხმება ცდების მონაცემებს. k და β მნიშვნელობათა შეტანის შემდეგ მივიღებთ:

$$J(z)=98{,}3\, e^{-0{,}21z}+1{,}7. \tag{5}$$

$J(z)$ წარმოადგენს სიღრმეში განვლილი რადიაციის ინტენსივობას, გამოხატულს დაცემული და არეკლილი რადიაციის სხვაობის პროცენტებით. კოეფიციენტები k და β გამოანგარიშებულია უმცირეს კვადრატთა მეთოდით მე-2 ცხრილის მონაცემთა მიხედვით.



გრაფიკი 2. განვლილი რადიაციის დამოკიდებულება z სიღრმეზე (პროცენტობით, დაცემისა და არეკლილი რადიაციის სხვაობის მიხედვით)

თავისუფალი წევრი 1,7 ახასიათებს რადიაციის იმ ნაწილის განვლადობას, რომელიც სიღრმეში არ განიცდის შესამჩნევ შთანთქმას (90 სმ-მდე). ამ რადიაციის ბუნებაზე ჩვენ ზემოთ ვილაპარაკეთ.

თუ ჩვენ $J(z)$ გვინდა გამოვსახოთ დაცემული რადიაციის პროცენტებით და მხედველობაში მივიღებთ თოვლის ზედაპირიდან არეკვლას, დაცემის კუთხე α-სთან დამოკიდებით, მაშინ განტოლება (4)-ში უნდა ჩავსვათ J_0-ის მნიშვნელობა განტოლება (3)-დან და გამოვიანგარიშოთ β-ს მნიშვნელობა პროცენტობით სიდიდე J_n-თან შედარებით.

ამ მარტივი გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ:

$$J(z)=(4{,}5+69{,}8\cos\alpha-33{,}8.\cos^2\alpha)\,[(1-1{,}7)-e^{0{,}21z}+1{,}7.10^{-2}]\ldots \tag{6}$$

ფორმულა (5) და (6) შეიძლება გამოვიყენოთ z სიღრმეზე განათებულობის განსაზღვრისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
გეოფიზიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 19.5.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Н. Н. Калитин. Актинометрия. М.—Л., 1938.
2. Г. Д. Рихтер. Физико-географические свойства снежного покрова. М.—Л. 1949.
3. П. П. Кузьмин. Поглощение солнечной радиации снежным покровом. Метеорология и гидрология, № 5, 1947.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XII, № 8, 1951

მეტეოროლოგია

ი. ქურდიანი

ნამის წერტილის განსაზღვრის ფსიქრომეტრიული მეთოდი

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ვ. კუპრაძემ 23.5.1951)

ქვემოთ მოგვყავს ყველა ის შედეგი, რომლებიც ჩვენ მიერ მიღებული იყო ფსიქომეტრიული მეთოდის მოხმარებით ნამის წერტილის განსაზღვრისათვის ჰაერის ტემპერატურის ყველა იმ პირობებში, რომელთაც დედამიწის ატმოსფეროში ვხვდებით. ამ მეთოდის პრინციპები მოცემული გვქონდა [1] შრომაში. მეთოდის შემდგომი გაუმჯობესება ხდებოდა იმ მრავალრიცხოვან დაკვირვებათა საფუძველზე, რომლებიც ნაწარმოები იყო ჰაერის როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი ტემპერატურების პირობებში; ამგვარად ჩამოყალიბდა ნამის წერტილის განსაზღვრის ის ზოგადი ფორმულა, რომლის მიღება ეთილის ალკოჰოლის (C_2H_5OH) ჰიდრატაციის თვისებათა გამოყენების საფუძველზე ხდებოდა.

1. თუ შემოვიტანთ აღნიშვნას

$$\frac{t_s + \left(\alpha + \dfrac{a}{\lambda + b}\right)}{t_s - \left(\alpha + \dfrac{a}{\lambda + b}\right)} = \xi \tag{1}$$

და მივიღებთ მხედველობაში, რომ სპირტის ფსიქრომეტრით წარმოებულ დაკვირვებათა ყველა შემთხვევაში $\alpha + \frac{a}{\lambda + b} > 0$ [1], დავინახავთ, რომ ამ უგანზომილებო სიდიდეს ξ შეუძლია მიიღოს ყველა მნიშვნელობა შუალედებში:

$$\left.\begin{aligned} -\infty \leqq \xi < 1, \\ 1 < \xi \leqq +\infty. \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

ნამის წერტილის განმსაზღვრელ ფორმულაში შემავალ K, L და M ფუნქციათა ამ სიდიდის შემწეობით გამოსახვა მოგვცემს მათთვის ასეთ ფორმულებს:

$$\begin{aligned} \sqrt{K} &= \frac{t - t_s}{2} - \frac{\alpha + \dfrac{a}{\lambda + b}}{1 - \xi}, \\ M &= \frac{\xi}{1 - \xi}\left(\alpha + \frac{a}{\lambda + b}\right), \\ L &= -\frac{a}{\lambda + b}\,\frac{1 + \xi}{1 - \xi}\left(\alpha + \frac{a}{\lambda + b}\right), \end{aligned} \tag{3}$$

[1] $p = 1000$ მბ-თვის $\frac{a}{\lambda + b} \approx {}^2/_3$.

სადაც

$$\alpha = me^{\frac{at+b}{t+c}}\left(\sqrt[3]{\frac{p_0}{p}}+n\right)(t-t_s). \tag{4}$$

აღნიშნული ξ სიდიდის შემოტანასთან ერთად საჭირო იყო განსაზღვრული ყოფილიყო ნიშანი რადიკალის წინ ნამის წერტილის ფორმულაში

$$\tau = \frac{t+t_s}{2} + M \pm \sqrt{K+L} \tag{5}$$

ჰაერის ტემპერატურის t ყველა მნიშვნელობისათვის. ამ მიზნით ჩვენ ვისარგებლეთ ჰაერის სინოტივის იზოთერმული ცვალებადობის ანალიზით, რომელიც მოცემული გვქონდა [2] შრომაში.

რადგან ამ შემთხვევაში საჭირო იყო უფრო ზუსტად გვცოდნოდა ჰაერის შეფარდებითი სინოტივე, ამიტომ გამოვიყენეთ ფორმულა [1]

$$r = 100\cdot e^{-\frac{a}{b}\lg_e 10\left(1-\frac{t+\tau}{b}\right)(t-\tau)}, \tag{6}$$

რომელიც მიიღება როგორც მეორე მიახლოება [5] შრომაში მოყვანილ მოსაზრებათა მიხედვით. ჩვენ ვივარაუდეთ, რომ ჰაერის ტემპერატურას აქვს მუდმივი მნიშვნელობები: $t=40°$, $30°$, $20°$, $10°$, $0°$, $-10°$, $-20°$, $-30°$ და $-40°$ და ნამის წერტილის ფსიქრომეტრიულ დაკვირვებათა საფუძველზე განსაზღვრისთვის მივიღეთ შემდეგი ფორმულები, რომლებიც ეთილის ალკოჰოლის გამოყენებითაა მიღებული:

A. როცა $\underline{t>0}$: ა) $|\xi|>1$ $\begin{cases}-\infty \leqq \xi < -1\\ +1<\xi\leqq+\infty,\end{cases}$ გვაქვს

$$\tau = \frac{t+t_s}{2} - |M| + \sqrt{K+L}; \tag{7}$$

ბ) $-1 \leqq \xi < 0$, გვაქვს

$$\tau = \frac{t+t_s}{2} - |M| - \sqrt{K+L}. \tag{8}$$

B. როცა $\underline{t \leqq 0}$, ორი შემთხვევა წარმოგვიდგება:

ა) $-1 \leqq \xi \leqq 0$, მაშინ გვაქვს

$$\tau = \frac{t+t_s}{2} - |M| - \sqrt{K+L}, \tag{9}$$

ბ) $0<\xi<1$, მაშინ

$$\tau = \frac{t+t_s}{2} + |M| - \sqrt{K+L}. \tag{10}$$

ნამის წერტილის რომელიმე ზემოთ აღნიშნული ფორმულით განსაზღვრის შემდეგ (t და ξ მნიშვნელობათა მიხედვით) თვით ჰაერის სინოტივის გამოთვლა

[1] აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ანალოგიური ფორმულა იყო მიღებული ე. გ ო გ ო ლ ე ვ ა ს ა და ე. დ ო ბ რ ი შ მ ა ნ ი ს მიერ [3] $t-\tau \leqq 5°$ არასასურველი შეზღუდვით და ამიტომ გამოუსადეგარია ნამის წერტილის ტემპერატურის ყველა შესაძლებელი მნიშვნელობისათვის.

არ არის ძნელი, ამისათვის ვსარგებლობთ (6) ფორმულის მიხედვით შედგენილი ცხრილით ან, უბრალოდ, პროფ. ვ. ნ ე ს ი ს მიერ შედგენილი ნომოგრამით [9].

2. დავახასიათოთ ახლა K, L, M ფუნქციების ის რიცხვითი მნიშვნელობანი, რომლებსაც პრაქტიკაში ვღებულობთ.

რადგან სამივე (3) ფორმულაში მნიშვნელები $1-\xi$ სხვაობას შეიცავენ და რადგან მუდამ $\xi \neq 1$, ამიტომ K ფუნქციის რიცხვითი მნიშვნელობები მუდამ $\geqq 0$, ხოლო L და M ფუნქციებს შეიძლება ჰქონდეთ ცვალებადი ნიშნები, მაგრამ ისეთი, რომ მუდამ კმაყოფილდება პირობა $K+L \geqq 0$, რომელიც აუცილებელია τ წერტილის ნამდვილ მნიშვნელობათა მისაღებად.

იზოთერმული ანალიზით მიღებულმა გამოთვლებმა გვიჩვენა, რომ, მაგალითად, ქვედა ზონისთვის $L>0$, როცა $t>0$, და $L<0$, როცა $t \leqq 0$. ჰაერის უარყოფითი ტემპერატურებისათვის $|K| \geqq |L|$ და ამიტომ პირობა $K+L \geqq 0$ ყოველთვის სრულდება, რაც მეტად მნიშვნელოვანია.

3. m და n მუდმივთა გამოსათვლელად, რომელთაც α სიდიდე შეიცავს, საჭიროა ჯერ მიღებული იყოს პირობა $t=$მუდმივს და მხოლოდ ამის შემდეგ, იზოთერმული ანალიზის გამოყენებით, ტემპერატურის ყველა შესაძლებელი პირობის გათვალისწინებით გამოთვლილი იყოს მუდმივები a, b, c ხმარებული სითხისათვის. ეს სიდიდეები ჰაერის ქვედა ფენისათვის ($p=1000$ მბ) ეთილის ალკოჰოლის შემთხვევისათვის წინასწარი გამოთვლებით არის[1]

$$a=2{,}75, \quad b=110 \quad \text{და} \quad c=159{,}6.$$

როგორც ცნობილია, ჩვენს თეორიაში α არის საშუალო მნიშვნელობა $y=t-\tau$ ფუნქციისა $t=$მუდმივისათვის და რადგან ეს სიდიდე ჰაერის მოცემული t ტემპერატურის დროს წყლის ორთქლის უხშირეს შეცულობას შეესაბამება, ამიტომ მას ტემპერატურის განზომილება აქვს და p სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის უმცირესი კვადრატების მეთოდით გამოითვლება.

თუ ავიღებთ p წნევათა შემდეგ მნიშვნელობებს 1000, 900, ..., 500 მბ, შეგვიძლია შევადგინოთ ცხრილები $t=$მუდმ. პირობისათვის და უკვე ამის შემდეგ, $k_t=\exp\left\{\dfrac{at+b}{t+c}\right\}$ მამრავლის შემოტანით, მივიღებთ α მნიშვნელობებს (4) ფორმულის მიხედვით.

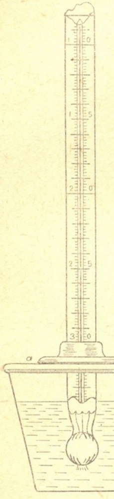
4. ამ ფორმულების საფუძველზე, როგორც [1] შრომაში გვქონდა აღნიშნული, შეიძლება შედგენილ იქნეს ე. წ. ზონალური ფსიქრომეტრიული ცხრილები, ე. ი. ისეთი ცხრილები, რომლებიც შედგენილი იქნება p წნევის მნიშვნელობათა მიხედვით. ამგვარი ცხრილები ცდის სახით გამოცემული გვქონდა 1949 წელს ხელნაწერის უფლებით [4]. ამ ცდამ გვიჩვენა, რომ მეტეოროლოგიურ სადგურთა სამუშაო ცხრილებით უზრუნველსაყოფად საჭიროა დაცულ იქნეს დღემდე არსებული ცხრილების ფორმა [7] და შეტანილ იქნეს მათში ასეთი ცვლილებები:

[1] ამ სიდიდეთა საბოლოო მნიშვნელობები სიმაღლის ყველა საჭირო ზონისათვის მოცემული იქნება ცალკე შრომაში.

ა) გადამუშავდეს ცხრილების ნაწილი ($t < -5°$) ეთილის ალკოჰოლის გამოსაყენებლად ზამთრის პირობებში;

ბ) ძველ ცხრილებში არსებულ e, r, d სიდიდეთა მაგიერ შეტანილ იქნეს ახალ ცხრილებში e, r, τ სიდიდეები, მხოლოდ e მოცემული იყოს გრ/მ^3-ში, ე. ი. ისე, როგორც ამას მოითხოვს აბსოლუტური სინოტივის ჭეშმარიტი განმარტება. d-ს შეცვლა კი τ სიდიდით იმით არის გამოწვეული, რომ უკანასკნელს უფრო დიდი მნიშვნელობა მიენიჭა ამინდის სამსახურში.

5. სპირტის პროცენტულობის შენარჩუნების მიზნით სპირტიანი ჭიქა თერმომეტრის ბოლოში დამაგრებულ რგოლზე გერმეტიულად არის მიხრახნილი (a—a ხაზის გასწვრივ, იხ. სურ. 1).



სურ. 1

(7)—(10) ფორმულების გამოყენება ნამის წერტილის განსაზღვრისათვის საგრძნობლად აუმჯობესებს გაზომვათა შედეგებს, განსაკუთრებით ზამთრის პირობებში. ეს გაუმჯობესება ნათელი ხდება, თუ მივმართავთ იზოთერმული ანალიზის მეთოდს (t=მუდმ.).

მ. ჰ ო ლ ც მ ა ნ ი ს [8] სამართლიან დასკვნას იმის შესახებ, რომ „ნამის წერტილის მეთოდს მისი თანამედროვე სახით შეუძლია მოგვცეს სავსებით საიმედო განაზომები თავისუფალი ატმოსფეროს ტემპერატურის ყველა პირობებში", შეგვიძლია დავუმატოთ მხოლოდ ის, რომ ეთილის ალკოჰოლის გამოყენებით ეს უფრო ადვილად მისაღწევი ხდება, თუ ხელთ გვექნება სპირტის ფსიქრომეტრის ცხრილები.

დადებითი და უარყოფითი ტემპერატურების პარალელური გრაფიკების აგება გვიჩვენებს, რომ შედეგები, მიღებული (7)—(10) ფორმულების გამოყენებით, ცოტაოდენ განსხვავდება იმ მონაცემებისაგან, რომლებიც ავგუსტის ფორმულით მიიღება; უდიდესი განსხვავებები მათ შორის აღინიშნება ჰაერის შემცირებული სინოტივისა და დაბალი უარყოფითი ტემპერატურის პირობებში. ეს განსხვავებები აიხსნება ავგუსტის ფორმულით გამოთვლილი ფსიქრომეტრიული მეთოდის იმ ნაკლით, რომელიც აღნიშნული გვქონდა [2] შრომაში.

დ ა ს კ ვ ნ ე ბ ი

1) ავგუსტის ტიპის ფორმულის მსგავსი ფსიქრომეტრიული ფორმულით სარგებლობა იძლევა პროგრესულად ზრდად ცდომილებას ჰაერის ტემპერატურის 0°-ზე დაბლა დაცემასთან ერთად.

ეს დებულება, წამოყენებული სხვადასხვა ავტორის მიერ (ტიხომიროვი, რობიჩი, კირიუხინი და სხვ.), ჩვენ მიერ დაზუსტებულია ჰაერის სინოტივის იზოთერმული ანალიზის შემწეობით [2]. ამავე დასკვნას ვღებულობთ ახალი ფსიქრომეტრიული მეთოდითაც [6].

2) რადგან ზამთრის პირობებში გვიხდება ბეწვის პიგრომეტრით სარგებლობა, რომლის ჩვენებები კორელაციის გზით უკავშირდება ფსიქრომეტრის ჩვენებას წლის თბილ დროში, ამიტომ ზემოთ აღნიშნული ნაკლი მექანიკურად გადაიტანება ზამთრის პერიოდზე. ამის გამო ცდომილების სიდიდეს ჰიგრომეტრის დამაკმაყოფილებელი მუშაობის დროსაც კი სკალაზე გადაყვანის შემდეგ შეუძლია 20%-მდე მიაღწიოს.

3) შეფარდებითი სინოტივის ძალზე დაბალი სინოტივეები მთებში და თავისუფალ ატმოსფეროში არის შედეგი ზემოხსენებული მიზეზისა [5].

4) წყლის ორთქლის შეცულობის ფსიქრომეტრიული მეთოდით გამოთვლა აღნიშნული (7)—(10) ფორმულების გამოყენების გზით გვათავისუფლებს ამ ნაკლოვანებისაგან და ამასთან ერთად ზამთრის პირობებში ($t<0$) სინოტივის განსაზღვრა ისეთივე ადვილი ხდება, როგორც წლის თბილ დროს ($t>0$).

5) ფორმულები (7)—(10) გამოსადეგია წყლით სარგებლობის შემთხვევაშიც; ამისათვის საჭიროა მხოლოდ a, b, c მუდმივების სათანადო მნიშვნელობათა მონახვა, რომლებიც [4] ფორმულაში შედის.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
(რედაქციას მოუვიდა 24.5.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ი. ქურდიანი. სპირტის ფსიქრომეტრის თეორია. საქ. მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე", ტ. IX, № 2, 1948.
2. ი. ქურდიანი. ავგუსტის ფორმულით ჰაერის სინოტივის განსაზღვრის ცდომილებათა შესახებ. საქ. მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე", ტ. IX, № 9—10, 1948.
3. Е. И. Гоголева и Е. М. Добрышман. Связь относительной влажности с разностью между температурой и точкой росы. Метеорология и гидрология, № 4, 1950.
4. И. Г. Курдиани. Спиртовые психрометрические таблицы. Тбилиси, 1949.
5. И. Г. Курдиани. О возможных минимумах относительной влажности воздуха. Известия Всесоюзного Географического общества АН СССР, № 6, 1950.
6. И. Г. Курдиани. Новый психрометрический метод определения влажности воздуха для всех температурных условий земной атмосферы. Автореферат, Тбилиси, 1951.
7. Психрометрические таблицы. Л.—М., 1947.
8. М. И. Гольцман. Основы методики аэрофизических измерений. М.—Л., 1950.
9. W. Ness. Eine Netztafel für die Bezihung zwischen Temperatur, relativer Feuchte und Taupunkt. Meteorologische Rundschau. H. 11/12, 1950, Berlin.

გეოგრაფია

ნ. ასტახოვი

გომარეთის ზეგნის ქვაბურის რელიეფის განვითარების ისტორია

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯავახიშვილმა 3.5.1951)

აქ მოყვანილი ცნობები ძირითადად შეიცავს დასკვნებს მდ. ხრამის მარჯვენა ნაპირის ნაწილის რელიეფის განვითარების ისტორიის შესახებ. იმის გამო, რომ ასაწერი რაიონის ფარგლებში იგეგმება მძლავრი ჰიდროსადგურის ნაგებობათა მშენებლობა, დასმულ საკითხს პრაქტიკული ინტერესი აქვს. ძველი ტბის არსებობის საკითხს გომარეთის ზეგნის ქვაბურში, ტბიური ნალექების ხასიათს, მათ განლაგებას სიღრმეში, გარეცხის ხარისხს, ქვაბურის ცოკოლის გეოლოგიურ აგებულებას და ა. შ. გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს პროექტირების დროს. რთული და საპასუხისმგებლო საინჟინრო სამუშაოების ბრწყინვალედ ჩატარებისათვის აუცილებელია ტერიტორიის ტექტონიკური აგებულების დეტალური გაცნობა. ნათელი უნდა იყოს რელიეფის ჩამოყალიბებისა და მისი ცვალებადობის სურათი. საჭიროა აღდგენა, თუნდაც საერთო ხაზებში, ამჟამად უკვე არარსებული ტბის რეჟიმისა, ტბის, რომელიც ოდესღაც ავსებდა გომარეთის ზეგნის ქვაბურს. საკითხის გადაჭრისათვის მეტად მნიშვნელოვანია, როგორი მიმართულება უნდა იქნეს აღებული და რა სიღრმეზეა შესაძლებელი წყალგამდენი არხის გაჭრა.

სტატიის მოცულობა საშუალებას არ იძლევა ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულების შესწავლის პროცესში შეკრებილი ფაქტობრივი მასალა დაწვრილებით გადმოვცეთ, აქ შესაძლებლობის ფარგლებში მოყვანილი იქნება აუცილებელი ფაქტები გომარეთის ზეგნის ქვაბურის რელიეფის შესახებ გამოთქმული ზოგიერთი მოსაზრების დასადასტურებლად.

გომარეთის ზეგნის ქვაბურის გეოლოგიური აგებულება შემდეგნაირად გვესახება. მის ჩრდილო განაპირა ქვედაიურის ვულკანოგენური ნალექების კომპლექსს, ზედა ცარცის წარმონაქმნებსა და ხრამის კრისტალურ მასივს შორის [3] ტექტონიკური კონტაქტის ზოლთან გასდევს კიდური შეცოცება. შეცოცების ზონა მორფოლოგიურად მკვეთრად გამოირჩევა ქვაბურის სხვა ნაწილებისაგან. გრანიტული ქედის შეხების ადგილზე (ბედენის ქედის განშტოება) მერიდიონალურად გაწვდილი, ხრამებით სუსტად დანაწევრებული ბორცვები აზიდულია 100—150 მ სიმაღლეზე სამხრეთით მდებარე ფართო ვაკე ზეგნისაგან. ეს ბორცვები შედგება კირქვებისგან, რომელშიაც მორიგეობენ ტუფობრექჩიები, ტუფიტები, მერგელები, ქარსიანი ქვიშაქვები და ფიქლები [4]. ბედენის ქედის გრანიტული განშტოება ამართულია 300—340 მ მაღლა ბორცვოვან ადგილებზე და გამოიყოფა მისგან ქვაბურის ჩრდი-

ლოეთის მხრიდან მკვეთრად გამოსახული ტექტონიკური საფეხურით. კირქვიანი ბორცვების სამხრეთ კალთებზე გაშენებულია დიდი და მცირე გომარეთის სოფლები, ხოლო ჩრდილო-აღმოსავლეთით მამულასსოფელი. დასავლეთით, სოფელ ქეივანბულჰასანის, ველისპირისა და სარკინეთის რაიონში ქვაბურიდან აღმართულია რელიეფში მკვეთრად გამოსახული 50—120 მ შედარებითი სიმაღლის მქონე საფეხური, რომელიც დახრილად გადადის ჯავახეთის აღმოსავლეთ განტოტებაზე. ეს საფეხური წარმოადგენს ლავური ნაკადების დაბოლოებას. საფეხურსა და ვაკეს შორის ვიწრო ზოლის სახით გასდევს სიგანედის მიმართულების მქონე დაბალი ხრამებით სუსტად დანაწევრებული ბორცვები, აგებული კირქვებისაგან, რომლებშიც მორიგეობენ ტუფობრექჩიები.

ქვაბურის ცოკოლი, დიდ სიღრმეზე გაშიშვლებული მდ. ყარაბულახის კანიონით სამხრეთით და ხრამის ხეობით აღმოსავლეთით, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, შედგება ზედა ცარცის ნაოჭა წყებისგან, რომელშიც ჭარბობს ვულკანოგენურ-ნამსხვრევი ფაცია. კარბონატული ქანები გვხვდება ტუფობრექჩიებში საკმაოდ მძლავრი შუაშრეების სახით. ეს წყება წარმოქმნის რიგ ანტიკლინურ და სინკლინურ ნაოჭებს, რომელთა ღერძებს აქვს სიგანედის მიმართულება შეცოცების პარალელურად. გადარეცხილი ნაოჭების თავზე განლაგებულია სხვადასხვა სიმძლავრის ტბიური ნალექების წყება. ეს უკანასკნელი დაფარულია ანდეზიტ-ბაზალტებისა და დოლერიტების ნაკადებით. აღმოსავლეთისა და სამხრეთის მხრიდან ლავური ნაკადები ჩაჭრილია ვერტიკალური სიბრტყის მიხედვით მდ. ხრამისა და ყარაბულახის კანიონების მიერ და წარმოქმნიან გომარეთის ვაკე ზეგნის ფართო ზედაპირს. მასზე განლაგებულია სხვადასხვა სიმძლავრის ტბისა და ტბიური ალუვიური წარმონაქმნები, დასერილი მცირე სიღრმის ხრამებით, რომლებიც ახდენენ გომარეთის სუსტად დახრილი ვაკის დრენაჟს.

გომარეთის ზეგნის ქვაბურის რელიეფის ჩამოყალიბების ისტორია იწყება პლიოცენში, როდესაც აზევებულ და ძველ კრისტალურ მასივზე შეცოცებულ ზედა ცარცის სუბსტრატის ჯავახეთის ქედის (სველურ მთები) ვულკანური თხემი ანთხევდა ანდეზიტურ-დაციტურ ან ანდეზიტურ-ბაზალტურ ლავებს. იმდროინდელი რელიეფი ჩვენ შემდეგნაირად წარმოგვიდგება: თანამედროვე გომარეთის ვაკის ცენტრალურ ნაწილს აღმოსავლეთით გასდევდა სიგანედის მიმართულების ბორცვები, რომელთა ნაშთები ახლაც არსებობს ს. სარკინეთისა და ს. გომარეთის სამხრეთით. ერთი მათგანი კირქვიანი მოსწორებული თხემებით ს. ველისპირიდან სიგანედის მიმართულებით ვრცელდება და იძირება გომარეთის ვაკის ტბიური ნალექების ქვეშ ს. სარკინეთის მერიდიანზე. კირქვების შთენილების მეორე წყება ს. დიდი გომარეთის მერიდიანზე წარმოქმნის მცირე სიმაღლის მოსწორებულ ქვაკაცის ბორცვებს. ამ ბორცვებს მონოკლინური აგებულება აქვთ და წარმოადგენენ სინკლინური ნაოჭის სამხრეთ ფრთას, რომლის ღერძიც ჩრდილოეთით გადის. ამ სინკლინის ჩრდილო ფრთა ეკვრის შეცოცების ზონას და რელიეფში გამოსახულია მონოკლინური ბორცვების სახით, რომლებიც ვრცელდებიან ს. სარკინეთიდან ს. მა-

მულასსოფლამდე. ბორცვების ეს ორი მწკრივი წარმოადგენს ძველი მდინარის კალთებს, რომელიც ჩამოედინებოდა ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულებით. როგორც ჩანს, მდინარე ღრმად იყო ჩაჭრილი. ხეობის ნაპირები ქარაფოვანი იყო.

ამ ძველი მდინარის ხეობაში წარმოიქმნა პატარა, მაგრამ საკმარისად ღრმა გამდინარე ტბების ჯაჭვი. მათში ილექებოდა ჩრდილო და სამხრეთ კალთებიდან ჩამოტანილი დაუმუშავებელი მასალა. გომარეთის ქვაბურის სამხრეთ ნაწილში, ტუფობრექჩიებისა და კირქვების გადარეცხილ და მოსწორებულ სუბსტრატზეც წარმოიქმნა ტბა, საკმაოდ უფრო დიდი, ვიდრე ჩრდილო ჯგუფის ტბები. მსჯელობა იმის შესახებ, თუ რამ შეუწყო ხელი ტბების შეგუბებას აღმოსავლეთით, ძნელია, ვინაიდან ამ ადგილებში ამჟამად გვაქვს მდ. ხრამისა და ყარაბულახის ქვემო დინების ფართო და ღრმა ხეობები. სამხრეთის ტბის სიღრმეზე შეიძლება მსჯელობა მხოლოდ აქ გაშიშვლებული ტბიური ნალექების სიმძლავრის მიხედვით წყალგამყოფთა კარნიზებზე მდ. ხრამისა და ყარაბულახის შერთვის ადგილზე. აქ მათი სისქე 130 მ აღემატება. ისინი წარმოდგენილი არიან სუსტად დამუშავებული ღორღი მასალებისგან, რომელშიაც ჭარბობს კარბონატული თიხნარები მცირემარცვლოვანი ვულკანური ქვიშის შუაშრეებით. როგორც ჩანს, ამ დროს ხდებოდა ირგვლივ მდებარე კირქვიანი ქედების გადარეცხვა, ხოლო დასავლეთით გოდერძის წყების ვულკანური ქანები [5] იძლეოდა ღორღ მასალას ტბიურ აუზებში. ამ ნალექებში ფაუნა არ შეგვხვედრია. შესაძლებელია, რომ ს. პატარა გომარეთის მერიდიანზე ორივე ტბიური ნალექი გაყოფილი იყო დაბალი ზღურბლით (ველისციხისა და ქვაკაცის ბორცვებს შორის), ხოლო აღმოსავლეთით ერთდებოდა პატარა სრუტით.

ნალექები სხვა ხასიათს ატარებს ქვაბურის ჩრდილო ნაწილში. იქ ჭარბობს თიხები და თიხნარი მასალა, კარბონატების შენარევების მცირე პროცენტული შედგენილობითა და საკმაოდ მსხვილ მარცვლოვანი კვარცისა და მინდვრისშპატებიანი ქვიშებით, რაც მიუთითებს ჩრდილოეთით ამაღლებული გრანიტული მასივის გადარეცხვაზე, ისე როგორც სამხრეთით მცირე ზომის შუაშრეების სახით გვხვდება ვულკანური ქვიშა. ტბიური ნალექების სისქე ზღურბლის ჩრდილოეთით საგრძნობლად მცირდება—25—40 მ, სამხრეთის ტბის ნალექების მაქსიმალური სისქე 200 მ აღნიშნულია ს. მამულასსოფლის მერიდიანზე. ჩრდილო-აღმოსავლეთით 1 კმ დაშორებით ტბიური ნალექები დაფარულია დოლერიტული ნაკადებით. ტბის სამხრეთ ნაპირს წარმოადგენდა მდ. ხრამის თანამედროვე სისტემასა და მაშავერას შორის მოქცეული წყალგამყოფების განშტოებანი. ჩრდილოეთით — ზემოთ აღწერილი კირქვიანი სერები, დასავლეთით — ჯავახეთის ვულკანური ქედის განშტოება და, დასასრულ, აღმოსავლეთით — ბედენის ქედის ტოტი.

აღჩაგილურის წინა ფაზაში დასავლეთით, ჯავახეთის ქედის რაიონში, ადგილი აქვს ვულკანური მოქმედების აქტივიზაციას. ანდეზიტ-ბაზალტებისა და ანდეზიტური ლავების ღვარები დიდი სიმძლავრით ეშვებიან დასავლეთის მხრიდან და ავსებენ გომარეთის ტბიურ ქვაბურს. ამის შემდეგ კვლავ დადგა ვულკანური

მოქმედების ერთგვარი მიწყნარების პერიოდი და ამონთხეული ღვარების სწორ ზედაპირზე ხელახლა ჩამოყალიბდა მცირე ზომის ტბები. მათი სიღრმე გაცილებით უფრო მცირეა, ვიდრე აღწერილი ტბებისა. ეს ტბიური წარმონაქმნები კარგად მოჩანს გომარეთის პლატოს აღმოსავლეთ ფლატეში. მათი სისქე 3 — 6 მ აღწევს. ზოგიერთ ადგილებში ისინი გამოვლინებულია ჭაბურღილის მიერ და მათი სისქე იქაც მცირეა, რითაც დასტურდება ჩვენი შეხედულება აღჩაგილურისშემდგომ ანდეზიტ-ბაზალტების ზედაპირზე შედარებით მცირე, ლოკალური ტბიური წყალსაცავების არსებობის შესახებ.

ბაქოურისწინა ფაზაში ახლდება ვულკანური მოქმედება (პ. გამყრელიძის მონაცემების მიხედვით). იწყება დოლერიტული ლავების ამონთხევა. ამონთხევის ცენტრი, როგორც ჩანს, არსებობდა სადღაც, მდ. ხრამის განშტოების ჩრდილოეთით, ბედენის ქედის თხემურ ნაწილში. დოლერიტული ღვარების სისქე გომარეთის ქვაბურში გაცილებით მცირეა, ვიდრე ბედენის ქედზე. ლავები მიედინებოდა სამხრეთის მიმართულებით. დოლერიტული ნაკადები ავსებდა იმდროინდელ ტბას, რომელიც, ნალექების ხასიათის მიხედვით, მარჩხი იყო. ამ ნაკადების ნაშთებს ამჟამად ვხვდებით ს. კაკლიანის რაიონში, გომარეთის პლატოს აღმოსავლეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაპირებზე. დოლერიტული ლავების ამონთხევის შემდეგ პლიოცენისა და პლეისტოცენის საზღვარზე ხდება ამ ნაწილის აზევება, რამაც გამოიწვია გაძლიერებული ეროზია. შესაძლებელია, რომ ამ დროს ეკუთვნის ხრამის ხეობის წარმოქმნის დასაწყისი. როგორც ჩანს, ძველ ხრამს ამ ადგილებში ჰქონდა ახლანდელთან ახლოს მდგომი მიმართულება. პლეისტოცენის დასაწყისიდან დღემდე გამომუშავდა ხუთას მეტრზე მეტი სიღრმის ხეობა, შეჭრილი დოლერიტებისა და ანდეზიტ ბაზალტების მძლავრ ჯავშანში, ტბიურ ნალექებში და, დასასრულ, ტუფობრექჩიებსა და ზედაცარცის კირქვებში, ხოლო ჩრდილოეთით ხრამის კრისტალურ მასივში თანდათანობით ჩაჭრილი ხეობა.

ჩვენთვის ცხადია, რომ მდ. ხრამისა და ყარაბულახის ხეობები, რომლებმაც გაკვეთეს ძალზე მაგარი დოლერიტული და ანდეზიტ-ბაზალტური ლავების წყება, ეროზიისადმი ადვილად დამორჩილებული ტუფობრექჩიები კირქვის შუაშრეებით, ხოლო ჩრდილოეთით ხრამის მასივის გრანიტები (გრანიტებში ჩაჭრის სიღრმე 500 მ აღწევს) არ შეიძლებოდა ჩამოყალიბებულიყო ზედამეოთხეულის დროში. აქედან გამომდინარეობს, რომ დოლერიტების ასაკი გომარეთის პლატოს ქვაბურში ქვედაპლიოცენური უნდა იყოს, ხოლო ანდეზიტ-ბაზალტებისა შესაძლებელია იყოს პლიოცენური [2].

ქვაბურის სამხრეთ პერიფერიაზე ტბა გაქრა მას შემდეგ, რაც მდ. ხრამმა მოახდინა მისი აღმოსავლეთ ნაწილის დრენაჟი. როგორც ჩანს, გომარეთის ქვაბურის ჩრდილო ნაწილში ტბები არსებობდა მთელი პლეისტოცენის მანძილზე მცირე, დაჭაობებული, დახურული წყალსაცავების სახით. ამ ტბების ნაშთები არსებობდა ჰოლოცენშიც სარკინეთისა და ქვაკაცის ბორცვებს შორის და სოფ. ველისარხისა და ქეივან-ბულჰასანის სამხრეთ-აღმოსავლეთით. ამჟამად ს. ველისპირის სამხრეთ-აღმოსავლეთით საკმაოდ დიდ ფართობზე არსებობს დაჭაობებული უბნები.

ტბიური ნალექების სისქე მცირეა (5—6 მ.). ალაგ-ალაგ მათ ქვეშ ცალკეული კუნძულების სახით გამოდის ძირითადი დოლერიტები. ჭაობი იკვებება ს. ველისპირის დასავლეთით არსებული ფშებით. ადვილი შესაძლებელია, რომ დოლერიტების ამონთხევის შემდეგ მათ ზედაპირზედაც წარმოიქმნა პატარა ტბები, როგორც ეს გვაქვს წალკის პლატოს განაპირა ნაწილში, მდ. ჯუჯიანის ხეობისა და ს. სარკინეთის მიდამოების ბორცვოვან რაიონს შორის. მათ შორის ყველაზე დიდი და ღრმა ტბა იყო გომარეთის ქვაბურის სამხრეთ ნაწილში, რომლის გადენაც შემდეგ მოხდა ყარაბულახისკანიონში. დოლერიტებზე განლაგებული ტბიური ნალექები 15—20 მ აღწევს და შედგება მსხვილმარცვლოვანი საშუალოდ დამრგვალებული არკოზიული ქვიშებისაგან, რომელნიც მორიგეობენ სუსტად კარბონატულ ტბიურ თიხნარებსა და უფრო მცირემარცვლოვან ვულკანურ ქვიშებთან.

ეს ტბა, როგორც ჩანს, არსებობდა ჰოლოცენის დასასრულამდე. ტბიური ნალექების მშვენიერი გაშიშვლებები პლატოზე მოჩანს მისი კიდიდან 2 კმ დაცილებით დანგრეული სოფლის მახლობლად, პატარა ხრამის გასწვრივ.

ტბიური რეჟიმი საერთოდ დამახასიათებელია სამხრეთ-საქართველოს ვულკანური მთიანეთის ფართო წყალგამყოფი პლატოებისათვის. თანამედროვე ფარავნის ტბა, საღამო, ხანჩალი, მადა-თაფა და სხვები გაქრობის სტადიაში იმყოფებიან. ასევე ხდებოდა წარმოქმნა და ამოშრობა სხვა კონტურებში ძველი მეოთხეულისა და პლიოცენური ტბებისა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 7.5.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. А. И. Джавахишвили. Геоморфологические районы Грузинской ССР. Москва, 1947.
2. Г. М. Заридзе и Н. Ф. Татришвили. О возрасте Цалкинского лавового комплекса. ДАН СССР, № 1, 1948.
3. Т. Г. Казахашвили. Геолого-петрографический очерк Храмского кристаллического массива. Матер. по петрографии Грузинской ССР, вып. V, 1941.
4. И. Р. Кахадзе. Грузия в юрское время. Тбилиси, 1947.
5. Н. И. Схиртладзе. Некоторые новые данные о литологии Годердзской свиты. ДАН СССР, т. XXI, № 4, 1950.
6. Л. И. Маруашвили. Зуртакетская палеолитическая стоянка в Южной Грузии и ее геологическое значение. Природа, № 12, 1946.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XII, № 8, 1951

პალეონტოლოგია

მ. ერისთავი და ი. ხეჩინაშვილი

საქართველოს ქვედაცარცული ბელემნიტების სტრატიგრაფიული გავრცელების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა ა. ჯანელიძემ 28.2.1951)

ბელემნიტების მნიშვნელობას აფხაზეთის ქვედაცარცულის სტრატიგრაფიისათვის პირველად მ. შვეცოვმა მიაქცია ყურადღება [7]. მართლაც, აფხაზეთისა და აგრეთვე საქართველოს სხვა რაიონების ქვედაცარცულ ნალექებში ხშირად ბელემნიტების გარდა სხვა ნამარხი არ მოიპოვება. ზოგჯერ კი ამონიტებისა და ორსაგდულიანების დაცულობა იმდენად ცუდია, რომ მათი ზუსტი განსაზღვრა შეუძლებელია, მაშინ როდესაც ბელემნიტების დაცულობა მეტწილად სავსებით დამაკმაყოფილებელია და მათი განსაზღვრა სახემდე ეჭვმიუტანლად შეიძლება. ბელემნიტები შესაძლებლობას იძლევა გამოყოფილ იქნეს სართულები და სტრატიგრაფიული ჰორიზონტები და, მართლაც, მ. შვეცოვმა ამ მიზნით გამოიყენა ბელემნიტები გაგრის რაიონისათვის [1].

ბელემნიტების გამოყენება საქართველოს ქვედაცარცული ნალექების დაყოფისათვის გაძნელებული იყო საქართველოსათვის ამ ჯგუფის წარმომადგენლების სუსტი შესწავლისა და ბევრი მათგანის ზუსტი სტრატიგრაფიული გავრცელების გამოურკვევლობის გამო. საჭიროა აღინიშნოს, რომ საქართველოს ბელემნიტებში გარდა დასავლეთევროპული სახეებისა საკმაოდ მრავლადაა ადგილობრივი [1, 2], აგრეთვე ჩრდილოკავკასიური ფორმები, რომელთა სტრატიგრაფიული გავრცელება არ შეიძლებოდა სავსებით გარკვეულად მიჩნეულიყო.

მრავალი წლის მანძილზე ჩვენ შევძელით შეგვეგროვებინა საკმაოდ მრავალრიცხოვანი კოლექციები საქართველოს სხვადასხვა კუთხეებიდან. ჩვენვე გადმოგვეცა დასამუშავებლად საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტის, გეოლოგიური სამმართველოს და საქართველოს სხვა გეოლოგიურ დაწესებულებათა თანამშრომლების მიერ დაგროვილი მასალაც.

ჩვენ მიერ დამუშავებული ფაუნის უმეტესი ნაწილი განსაზღვრულია ი. ხეჩინაშვილის მიერ.

ჩვენ მიერ განსაზღვრული ბელემნიტების უმეტესობა შესაძლებელია დაკავშირებულ იქნეს საქართველოს ქვედაცარცული ნალექების დადგენილ ზონებთან [3].

ჩვენ მიერ განსაზღვრულია შემდეგი ფორმები:

Hibolites prodrums Schw.—გაგრა, ჰოტრივულის ქვედა ნაწილი.

Hibolites longior Schw.—რაჭა (საკუდელი, რიცეულა); გაგრა, ჰოტრივული.

Hibolites Inae Er. (cn. litt.) (=*Hibolites* sp. [1], გვ. 49, ტაბ. 111, სურ. 6) გაგრა, ჰოტრივული.

Hibolites subfusiformis Rasp.—რაჭა (ხიდისკარი, რიცეულა) გაგრა, ჰოტრივული—ქვედა ბარემული.

Hibolites subfusiformis Rasp. v. *inflata* (Schw.) (=*H. jaculiformis* Schw. v. *inflata* Schw.)—გაგრა, ქვედა ბარემული.

Hibolites yaculum Phil.—რაჭა (რიცეულა, საკუდელი, შქმერი, კვაცხუთი) ჰოტრივულ-ბარემული. გაგრა, ჰოტრივულ-ბარემული, ქუთაისი და წყალტუბო, ქვედა აპტური.

Hibolites horeschaensis Rouch.—რაჭა (შქმერი, ნიკორწმინდა), ღორეშა, სურამის მიდამოები, ქვედა აპტური.

Mesohibolites minaret Rasp.—რაჭა (ზემო ბარი), ბარემული.

Mesohibolites Fallauxi Uhl.—ბზიბი, ზედა ბარემული, რაჭა (ხიდისკარი, შქმერი), ქვედა აპტური.

Mesohibolites beskidensis Uhl.—გაგრა, კვეზანი, წყალტუბო, ზედა ბარემული—ქვედა აპტური; ცხანარი, ზედა ბარემული.

Mesohibolites Uhligi Schw. (=*Mes. uhligi* par. (1), გვ. 55, ტაბ. 10, სურ. 6 d g, არა სურ. 6 a—c, h) გაგრა, კვეზანი, ზედა ბარემი—ქვ. აპტი; ნიკორწმინდა, ბარემი.

Mesohibolites aff. *Uhligi* Schw.—გაგრა, ქვედა და ზედა ბარემული.

Mesohibolites cf. *carpaticus* Uhl.—ცხანარი, ზედა ბარემული.

Mesokibolites schaoriensis Hetch. (in litt.)—კონუსური ფორმა საკმაოდ ღრმა ალვეოლით და მუკრონსებური დაბოლოებით). ნიკორწმინდა, ზედა ბარემული.

Mesohibolites gagricus Schw.—ნიკორწმინდა, ზედა ბარემული.

Mesohibolites Renngartenni Krim.—შქმერი, ზედა ბარემული, ნიკორწმინდა და ქუთაისი, ქვედა აპტური.

Mesohibolites aff. *ellagans* Schw.—ქუთაისი, ქვედა აპტური.

Mesohibolites longus Sehw.—წყალტუბო, ქვედა აპტური, შვეცოვის მიერ აღწერილია გაგრის ზედა ბარემულიდან.

Mesohibolites semicanaliculatus Blainv. [1] (=*Neohibolites semicanaliculatus* Blainv. mut. *mayor* Kil.)—რაჭა (კვაცხუთი, შქმერი), ქუთაისი, ზედა აპტური.

Mesohibolites moderatus Schw.—ფსირცხა, ქუთაისი, ზედა აპტური.

Mesohibolites brevis Schw.—გაგრა, კვეზანი, რაჭა (გოგოლათი), კინჩხა, ხარაგოულის მიდამოები (ლაშე), ქუთაისი, ცხანარი; კლანსეური ჰორიზონტი.

Neohibolites ewaldisimilis Stol.—აფხაზეთი (კალდახვარა), რაჭა (ზ. შავრა, ბარი), წყალტუბო, ქუთაისის მიდამოები, ქვედა აპტური.

Neohibolites inguriensis Rouch.—მდ. ენგურის ხეობა, ქვ. აპტური.

Neohibolites bsibiensis Rouch.—მდ. ბზიბის ხეობა, კვეზანი, ქვედა აპტური.

Neohibolites clava Stol.—აფხაზეთი (კალდახვარა, მდ. ბზიბის ხეობა), ქვედა აპტური, ქუთაისი, ზედა აპტური.

[1] ი. ხეჩინაშვილის მიერ დადგენილია, რომ ტიპიური *Belemnites semicanaliculatus* Blainv. (=mut. *mayor* Kil.) ეკუთვნის *Mesohibolites*-ის გვარს.

Neohibolites inflexus Stol.—აფხაზეთი (გაგრა, კალდახვარა, კვეზანი, მდ. გუმისტას და მდ. ოქუმის ხეობა), ნიკორწმინდა, ქუთაისი, წყალტუბო, მდ. ჩხერიმელას ხეობა, ზედა აპტური.

Neohibolites aptiensis Kil.—გაგრა, რაჭა (ზ. შავრა), ზედა აპტური.

Neohibolites Strombechi Mül. em. Stol.—ქუთაისი და წყალტუბო, ზედა აპტური.

Neohibolites aff. *Strombechi* Mul. em. Stol.—რაჭა (ზ. შავრა), კლანსეური ჰორიზონტი.

Neohibolites duvaliaeformis Stol.—წყალტუბო, ზედა აპტური, ნიკორწმინდა, კლანსეური ჰორიზონტი.

Neohibolites Wollemanni Stol.—გაგრა, რაჭა (ნიკორწმინდა, ზ. შავრა, შქმერი), წყალტუბო, ქუთაისი, კლანსეური ჰორიზონტი.

Neohibolites Kartvelensis Hetch. (in litt.)—გავს *Neoh. Stylioides* Renng., განსხვავდება როსტრუმის უფრო კუთხოვანი განივი განაკვეთით, რომელიც გვერდებიდან ცოტა შეჭყლეტილია, და ალვეოლის მომრგვალებული ქვედა ბოლოთი. კვეზანი, კლანსეური ჰორიზონტი.

Neohibolites minor Stol.—ნიკორწმინდა, ქუთაისი, წყალტუბო, ტყიბული, მდ. ჩხერიმელას ხეობა, ქვედა ალბური.

Neohibolites minimus List.—გაგრა, ნიკორწმინდა, კვეზანი, წყალტუბო, ქუთაისის მიდამოები, მდ. ჩხერიმელას ხეობა, შუა ალბური.

Neohibolites minimus List. v. *pinguis* (List.)—რაჭა (ჩორჯო), შუა ალბური, ქუთაისი, ქვედა და შუა ალბური.

Neohibolites stylioides Renng.—აფხაზეთი (გუმისტა, კინჩხა), რაჭა (რიცეულა, ნიკორწმინდა), შუა და ზედა ალბური.

Neohibolites ultimus d'Orb.—გაგრა და შქმერი, ზედა ალბური.

Neohibolites cf. *spiniformis* Krim.—წყალტუბო, ზედა ალბური.

Parahibolites sp. nov. (Hetch. in litt.)—ფორმა გვერდებიდან შევიწროებული როსტრუმით, განსაკუთრებით შევიწროებულია მანძილი წვეტიდან უფართოეს ადგილამდე—კვეზანი, კლანსეური ჰორიზონტი.

Duvalia binervia Rasp.—ცხანარი, კვაცხუთი, ქვედა ბარემული.

Duvalia grassiana Duv.—წყალტუბო, ქვ. აპტური. შვეცოვის მიერ აღწერილია ზედა ბარემულიდან.

Pseudobelus cf. *bipartitus* Blainv.—ცხანარი, ვალანჟინური (?)—ჰოტრივული.

მ. შვეცოვისა [1] და გ. კრიმჰოლცის [4] მიერ წინათ აღწერილი საქართველოს ბელემნიტებიდან ჩვენს კოლექციებში არ არის მხოლოდ *Hibolites pistiliformis* Blainv. (შქმერი, ბარემული), *Mesohibolites abkhasienses* Krim. (შქმერი, გაგრა, ბარემული) და *Mes. varians* Schw. (გაგრა, ქვ. ბარემული). არ არის აგრეთვე *Oxyteuthis* cf. *Jasikovi* Lahus., ა. ჯანელიძის მიერ რაჭაში (რიცეულას ხეობა) ნაპოვნი და გ. კრიმჰოლცის მიერ განსაზღვრული. ამასთანავე ჩვენს მასალაში არის შემდეგი ფორმები: *Mesohibolites carputicus* Uhl., *Mes.* aff. *Uhligi* Schw., *Mes. schaoriensis* Hetch. (in litt.), *Neohi-*

bolites ewaldisimilis Stol., *Neoh. clava* Stol., *Neoh. Kartvelensis* Hetch. (in litt.), *Neoh. Strombecki* Mül. em. Stol., *Neoh.* aff. *Strombechi* Mül. em. Stol., *Neoh. Wollemanni* Stol., *Neoh. minor* Stol., *Neoh. minimus* List. v. *pinguis* (List.), *Neoh. aptiensis* Kil., *Neoh. divaliaeformis* Stol., *Neoh. stylioides* Renng. და *Neoh.* cf. *spniformis* Krim., რომლებიც არათუ არ ყოფილა აღწერილი საქართველოში, არამედ მოხსენებულიც არ ყოფილა საქართველოს ქვედაცარცული ნალექების სიაში.

ზემოთ მოყვანილი სიიდან ჩანს, რომ მთელი რიგი ფორმები დამახასიათებელია საქართველოს ქვედაცარცულის სართულებისა და ჰორიზონტებისათვის.

ვალანჟინური და ჰოტრივული ხასიათდება *Pseudobelus* cf. *bipartitus* Blainv.-ით. ჰოტრივულის ქვედა ნაწილში გავრცელებულია *Hibolites prodromus* Schw., ხოლო მთელი ამ სართულის სახელმძღვანელო ფორმებს წარმოადგენს *Hib. longior* Schw., ამავე სართულში გავრცელებულია *Hib. subfusiformis* Rasp. და *Hib. yaculum* Phil., რომელთაგან პირველი გადადის ქვედა ბარემულშიც, ხოლო მეორე ზედა აპტურამდე აღწევს.

ქვედა ბარემულშიც *Pseudothurmannia angulicostata* და *Holcodiscus Cailla-udi*-ს ზონებში გავრცელებულია *Hibolites subfusiformis* Rasp. v. *inflata* (Schw.) და *Duvalia binervia* Rasp.

ზედა ბარემულში—*Heteroceras Leenhardti* ზონაში ცნობილია *Mesohibolites minaret* Rasp., *Mes.* cf. *carpaticus* Uhl., *Mes. schaoriensis* Hetch. (in litt.), *Mes. gagricus* Schw.; მთელი რიგი—*Mes. beckidensis* Uhl., *Mes. Fallauxi* Uhl., *Mes. Uhligi* Schw., *Mes. longus* Schw., *Mes. Renngartenni* Krim. მოიპოვება როგორც ზედა ბარემულში, ისე ქვედა აპტურშიც.

მხოლოდ ქვედა აპტურში *Colchidites securiformis* და *Deshayesites Deshayesi* ზონებში გავრცელებულია *Hibolites horeschaensis* Rouch., *Mesohibolites* aff. *elegans* Schw., *Neohibolites inguriensis* Rouch., *Neoh. bsibiensis* Rouch., *Neoh. ewalaisimilis* Stol.; ამავე ქვესართულში მოიპოვება აგრეთვე *Neohibolites clava* Stol., რომელიც ზედა აპტურშიც გადადის.

ზედა აპტურის *Cheloniceras Tscheunyschewi* და *Chel. subnodosocostatum* ზონისათვის დამახასიათებელია *Mesohibolites semicanaliculatus* Blainv., *Mes. moderatus* Schw., *Neohibolites inflexus* Stol., *Neoh. aptiensis* Kil., *Neoh. Strombecki* Mül. em. Stul.

კლანსეურ ჰორიზონტში—*Acanthoplites Nolani* ზონაში მოიპოვება *Mesohibolites brevis* Schw., *Neoh. Wollemanni* Stol., *Neoh.* aff. *Strombecki* Mül. em. Stol., *Neoh. Kartvelensis* Hetch. (in litt.), *Neoh. duvaliaeformis* Stol.

ქვედა ალბურის ზედა ჰორიზონტში გავრცელებულია *Neohibolites minor* Stol. (ამავე სახელწოდების ზონაში); ამავე ზონაში ნაპოვნია აგრეთვე *Neoh. minimus* List. var. *pinguis* (List.), რომელიც უფრო ხშირად შუა ალბურში მოიპოვება.

შუა ალბურის *Kossmatella rencurelensis* ზონისათვის დამახასიათებელია *Neohibolites minimus* List. ამავე ზონაში პირველად ჩნდება *Neoh. stylioides* Renng., რომელიც ზედა ალბურში გადადის. ზედა ალბურში—*Pervinquieria inflata*

ზონაში, გარდა *Neohibolites stylioides*, მოიპოვება აგრეთვე *Neoh. ultimus* d'Orb. და *Neoh.* cf. *spiniformis* Krim., ამათგან პირველი სენომანურში გადადის.

ქვედაცარცული ბელემნიტების სტრატიგრაფიული გავრცელება ზოგადად თანხვდება მათ გავრცელებას ჩრდილო კავკასიაში [4], მანგიშლაკზე [5], საფრანგეთში, შვეიცარიაში, სამხრეთ ინგლისში, ჩრდილო გერმანიაში (6), თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთ სახეს სხვა სტრატიგრაფიული მდებარეობა ახასიათებს. *Neohibalites Wollemanni* Stol. მანგიშლაკზე აღნიშნულია ზედა აპტურში, ჩრდილო კავკასიაში — იმავე ქვესართულში და კლანსეურ ჰორიზონტში, საქართველოში კი მხოლოდ კლანსეურში; საფრანგეთსა და ჩრდილო-გერმანიაში ეს ბელემნიტი აგრეთვე კლანსეურისათვის არის დამახასიათებელი. *Neohibolites Strombecki* Mül. em. Stol. საქართველოში ნაპოვნია ზედა აპტურში, ხოლო ჩრდილო-გერმანიაში კლანსეურ ჰორიზონტში; *Neohibolites* aff. *Strombecki* Mül. em. Stol. ჩვენში (ს. შავრის მიდამოები) ნაპოვნია კლანსეურ ჰორიზონტში მაშინ, როდესაც ჩრდილო-გერმანიაში ის გვხვდება ქვედა ალბურში *Acanthoplites Nolani*-ს ზონის ზემოთ; *Leymeriella Schramenni*-ს ზონაში. *Neohibolites minimus* List. v. *pinguis* (List.) ყველგან (გარდა მანგიშლაკისა) შუა ალბურშია გავრცელებული, ხოლო მანგიშლაკში ქვედა ალბურში იხსენიებენ, საქართველოში ის ნაპოვნია როგორც ქვედა, ისე შუა ალბურში. ამ ოთხი სახის სტრატიგრაფიული გავრცელება გვაფიქრებინებს, რომ მათი მიგრაცია მომხდარა აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ.

საქართველოს ქვედაცარცული ბელემნიტების ფაუნა ყველაზე მეტად ჩრდილო-კავკასიის ფაუნას ჰგავს; საქართველოში ნაპოვნი 45 ფორმიდან 28 საერთოა ჩრდილო-კავკასიის ფორმებთან და მხოლოდ 17 ქვემოთ ჩამოთვლილი ფორმა იქ არ არის ცნობილი: *Hibolites prodromus* Sehw., *Hib. Inal* Er. (in litt.), *Hib. Subfusiformis* Rasp. v. *inflata* (Schw.), *Hib. horeschensis.* Rouch., *Mesohibolites* aff. *Uhligi* Schw., *Mes. carpaticus* Ubl., *Mes. Schaoriensis* Hetch. (in litt.), *Mes. varians* Schw., *Mes. abkhasiaensis* Schw., *Neohibolites bsibiensis* Rouch., *Neoh. inguriensis* Rouch., *Neoh. Strombecki* Mül. em. Stol., *Neoh.* aff. *Strombecki* Mül. em Stol., *Neoh. aptiensis* Kil., *Neoh. Kartvelensis* Hetch., *Neoh. duvaliaeformis* Stol. და *Parohibolites* nov. sp. (Hetch.). ზოგიერთი სახე, მაგალითად *Neohibolites ewaldisimilis* Stol., *N. Wollemanni* Stol., *Neoh. minimus* List., Id. v. *pinguis* (List.), აღნიშნულია მანგიშლაკის აპტური ნალექებიდან, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ მრავალი *Neohibolites*, ნ ა ც კ ი ს მიერ აღწერილი მანგიშლაკიდან [5], საქართველოში ცნობილი არ არის.

მიუხედავად იმისა, რომ ყირიმის ქვედაცარცული ბელემნიტები ჯერჯერობით სათანადოდ შესწავლილი არაა, მაინც შეიძლება ყირიმიდან აღინიშნოს *Hibolites spiniformis* Rasp., *Neohibolites aptiensis* Kil., *Neoh. minimus* List., *Neoh. ultimus* d'Orb., *Duvalia grassi* Duv. (7).

საქართველოში ცნობილი ბელემნიტებიდან ბევრი გავრცელებულია დასავლეთ-ევროპაშიც. მათი უმეტესობა, მაგალითად: *Hibolites subfusiformis* Rasp., *Hib. jaculum* Phil., *Mesohibolites minaret* Rasp., *Mes. semicanaliculatus*

Blainv., *Neohibolites Wollemanni* Stol., *Neoh. minimus* List., Id. var. *pinguis* (List.), *Neoh. ultimus* d'Orb., *Duvalia grassiana* Duv., *Pseudobelus bipartitus* Blainv., ცნობილია როგორც შუა ევროპის, ისე ხმელთაშუა ზღვის პროვინციებიდან, *Mesohibolites Falauxi* Uhl., *Mes. beskidensis* Ubl., *Mes. carpaticus* Uhl., *Mes. Uhligi* Schw. აღნიშნავენ კარპატებში და სამხრეთ საფრანგეთში. ხმელთაშუა ზღვის პროვინციის დამახასიათებელი ფორმებია *Neohibolites evaldisimilis* Stol., *Neoh. aptiensis* Kil., *Duvalia binervia* Rasp. მაშინ, როდესაც *Neoh. clava* Stol., *Neoh. inflexus* Stol., *Neoh. Strombedi* Mül. em. Stol. *Neoh. minor* Stol. აღწერილია შუა ევროპის პროვინციიდან (ჩრდილო-გერმანია).

საქართველოში გვხვდება აგრეთვე პოვოლჟიეს აუზთან საერთო სახეები, მაგალითად: *Oxyteuthis jasicovi* Lahus., *Hibolites jaculum* Phil. ეს ფორმები და აგრეთვე *Hibolites subfusiformis* Rasp. და *Hib. pistiliformis* Rb. ცნობილია სამხრეთ ინგლისშიც (სპიტონი, 8).

ზემოაღნიშნულის საფუძველზე შესაძლებელია დადგენილად ჩაითვალოს, რომ საქართველოს ქვედაცარცული ბელემნიტების ფაუნა ხმელთაშუა ზღვის ტიპისაა, მცირე მინარევით შუა ევროპის ფორმებისა, რომლებიც საქართველოს გარდა ცნობილია აგრეთვე ჩრდილო-კავკასიაში, ჩრდილო-გერმანიაში, სამხრეთ-საფრანგეთსა და სამხრეთ-ინგლისში: ადგილობრივი (კავკასიური) ფორმები საკმაოდ მრავალრიცხოვანია.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 5.3.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. М. С. Швецов. Нижнемеловые белемниты Абхазии. Ежег. по геол. и мин. России, т. XV, в. 2—3, 1913.
2. ი. რუხაძე. საქართველოს ზოგიერთი ახალი ან ნაკლებცნობილი აპტური ცეფალოპოდები. საქართველოს გეოლოგიური ინსტიტუტის მოამბე, ტ. III, ნაკვ. 2, 1938.
3. М. С. Эристави. Грузинская глыба и смежные области в нижнемеловое время. Автореферат к диссертации, Тбилиси, 1949.
4. Г. Я. Крымгольц. Нижнемеловые белемниты Кавказа. Монографии по палеонтологии СССР, т. LXVII, вып. 1, 1939.
5. А. Д. Нацкий. Белемниты септариевых глин Мангышлака. Тр. Геол. Музея АН т. II, вып. 1, 1916.
6. E. Stolley. Die Belemniten der Nord. Deutschgault. Geol. u. Paläeont. Abhandl. Bd X(XIV), H. 3, 1911.
7. XVII Международный геологический конгресс. Южная экскурсия, Крымская АССР 1937.
8. A. Pavlov. Belemnites de Speeton. In Pavlov et Lamplug. Argilles de Speeton. Записки Москов. общ. естествоиспытателей, нов. сер., т. V, № 3—4, 1892.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XII, № 8, 1951

პეტროგრაფია

გ. ძოწენიძე

აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი

ჰიპერსტენიანი პორფირიტები საქართველოს მეზოზოური ვულკანიზმის პროდუქტებში

შუაიურული ვულკანოგენური წყება საქართველოში ფართოდაა გავრცელებული და იგი რიგი წლების მანძილზე წარმოადგენდა პეტროგრაფიული შესწავლის ობიექტს მასში მოქცეული სასარგებლო ნამარხების საბადოთა კვლევასთან დაკავშირებით. არა ნაკლებ ყურადღებას იპყრობდა პალეოგენური ვულკანოგენური წყებებიც, რომლებიც ძირითადად აგებენ აჭარა-თრიალეთის ქედს.

პირველ ხანებში, როდესაც ახალი კადრები ჯერ კიდევ არ იყო, საქართველოში ქანების პეტროგრაფიულ კვლევას უმთავრესად პროფ. გ. ს მ ი რ ნ ო ვ ი აწარმოებდა. თავისი კვლევის შედეგად ის იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ როგორც საქართველოში, ისე სომხეთსა და აზერბაიჯანში მიოცენამდელი ეფუზივები არ შეიცავენ რომბულ პიროქსენს, რომელიც უმეტეს შემთხვევაში მიოცენის შემდგომი ლავების დამახასიათებელ მინერალს წარმოადგენს. სმირნოვს ჰიპერსტენიანი ქანების განაწილების ამგვარი ასაკობრივი კანონზომიერება იმდენად თვალსაჩინოდ მიაჩნდა, რომ, როდესაც სხვა მკვლევრები აღწერდნენ იურის, ცარცის ან პალეოგენის ვულკანოგენური წყებებიდან ჰიპერსტენიან ქანებს, მას ეჭვი არ ეპარებოდა ამ ქანების ახალგაზრდა—პოსტმიოცენურ ასაკში და აუცილებლად მიიჩნევდა მათი წოლის გეოლოგიური პირობების გასარკვევად დამატებითი დაკვირვების წარმოებას—ხომ არ არიან ისინი გამკვეთი ქანებიო. ეს აზრი გ. სმირნოვს მკაფიოდ აქვს გამოთქმული თავის უკანასკნელ სტატიაში [6], რომლიდანაც მომყავს სათანადო ადგილი: „ჩვენი დაკვირვებები, ლიტერატურის გულდასმით ანალიზთან თანხმობით, გვაიძულებს რომბული პიროქსენი ჩავთვალოთ დამახასიათებელ მინერალად კაიონოზოური ეფუზივებისათვის, უპირატესად კიდევ უფრო ვიწროდ—პოსტმიოცენური ციკლის ეფუზივებისათვის. მიუხედავად ამისა, ა. გ ი ნ ზ ბ ე რ გ ი აღწერს რომბულ პიროქსენს გოქჩის ტბის რაიონის პალეოგენური ეფუზივიდან“.

საქართველოს იურული, ცარცული და პალეოგენური წყებების შედარებითი შესწავლისათვის ჩატარებული ჩვენი მრავალი წლის მუშაობის მანძილზე ჩვენც იმ დასკვნამდე მივედით, რომ, მართლაც, ამ წყებათა შორის ჰიპერ-

სტენიანი პორფირიტები არ გვხვდება და, მაშასადამე, ჰიპერსტენი დამახასიათებელი მინერალი ყოფილა მხოლოდ პალეოგენის შემდგომი ეფუზივებისათვის. ეს აზრია გატარებული ზოგ ჩვენს შრომაში [3,4,5,].

საქართველოს შუაიურულ ვულკანოგენურ წყებაში ცნობილია ჰიპერსტენიანი პორფირიტების პოვნის ერთეული შემთხვევები; მაგალითად, ლალიძგის ხეობიდან გ. აგალინმა მოკრინსკის კოლექციიდან აღწერა ჰიპერსტენიანი პორფირიტები. მეზობელი მოქვის აუზიდან ჩვენ შევისწავლეთ ჰიპერსტენიანი ქანების სამი გამოსავალი ბაიოსის ტუფებს შორის თანხმა სხეულების სახით. ეს „პორფირიტები“ ხასიათდება ფოლადისებრი მოშავო-ნაცრისფერით და მკვეთრად გამოირჩევა თავისი ახალგაზრდა ელფერით შემცველი მწვანე ქანებისაგან. კიდევ უფრო მკვეთრად ჩანს ეს განსხვავება მიკროსკოპში, სადაც ქანს აქვს ნაცრისფერი ჰიალოპილიტური ძირითადი მასა, რომლის მინებრივი ბაზისი სრულებით შეუცვლელია; სავსებით საღი, მიკროტინული, მინებრივგამჭვირვალე პლაგიოკლაზის ფენოკრისტალები ქანს უდავოდ კაინოტიპურ იერს აძლევს და მის შემცველ წყებაზე უფრო ახალგაზრდა ასაკს უდავოს ხდის. ეს ქანი იმდენად საღია, რომ მისთვის პორფირიტის წოდება ყოვლად შეუფერებელი იქნებოდა, რის გამოც მას ჩვენ ჰიპერსტენიანი ბაზალტი ვუწოდეთ [5].

შუაიურულ ვულკანოგენურ წყებაში ჰიპერსტენიან პორფირიტებს აღნიშნავს შ. აზიზბეკოვი აზერბაიჯანის სსრ შაუმიანის რაიონიდან. წოლის გეოლოგიური პირობების შესახებ გარკვეული ცნობები არც მას აქვს მოცემული, რაც ეჭვისათვის კვლავ ტოვებს ადგილს [1].

ა. სოლოვკინი თავის შრომაში აღწერს ჰიპერსტენიანი პორფირიტების პოვნის შემთხვევას კურდისტანისა და შუშის რაიონის იურულ და ცარცულ ვულკანოგენურ წყებებში, მაგრამ ამ ქანების შემცველ წყებებთან სინქრონულობის რაიმე დამამტკიცებელი საბუთი არ მოჰყავს [7].

უკანასკნელი სამი წლის მანძილზე საშუალება მოგვეცა საქართველოს შუაიურული და ცარცული ვულკანოგენური წყებებიდან ახალი მასალები შეგვესწავლა, რამაც მეზოზოური ვულკანიზმის პროდუქტებში ჰიპერსტენიანი პორფირიტების არსებობის საკითხის გადაწყვეტის საშუალება მოგვცა.

1947 და 1948 წლების განმავლობაში რიონისა და ცხენისწყლის აუზები გეოლოგიურად შეისწავლა შ. კიტოვანმა. მის მიერ შეკრებილი მდიდარი მასალის პეტროგრაფიული შესწავლა მე ჩავატარე.

აღმოჩნდა, რომ მდ. ცხენისწყლის ხეობაში, სოფ. ღვედსა და სოფ. ზუბს შორის, შუაიურული ვულკანოგენური წყების ფარგლებში საკმაოდ ხშირად ვხვდებით ჰიპერსტენიანი პორფირიტების ცალკეულ გამოსავლებს. ეს ქანები მიკროსკოპული შესწავლისას თავისი შეცვლის ხარისხით არ განსხვავდება შემცველი შუაიურული წყების ავგიტიანი პორფირიტებისაგან. მომყავს სოფ. ღვედის მიდამოებიდან აღებული ერთი ნიმუშის აღწერა. ქანი პორფირული სტრუქტურისაა. ჰიალოპილიტური ძირითადი მასა შედგება ანდეზინის რიგის პლაგიოკლაზის უწვრილესი მიკროლიტებისა, მაგნეტიტის მარცვლებისა და

ნაცრისფერი ამორფული ბაზისისაგან. ეს უკანასკნელი მხოლოდ აქა-იქ არის ჩანაცვლებული ქლორიტის ლაქებით. ფენოკრისტალები წარმოდგენილია პლაგიოკლაზითა და პიროქსენებით. პლაგიოკლაზი ზონალურია, შეიცავს ძირითადი მასის ჩანართებს და შედგენილობით № 63 ლაბრადორს შეესაბამება. პიროქსენის მეტი წილი ჰიპერსტენის სალი პრიზმული მარცვლებითაა წარმოდგენილი; აქვს პლეოქროიზმი: Np—ღია ვარდისფერი, Ng—ოდნავ მომწვანო; ჩაქრობა სწორი; ინტერფერენციული ფერები ნაცრისფერია. პიროქსენის მხოლოდ რამდენიმე მარცვალია უფერო, პლეოქროიზმი არა აქვს, $CNg=40^\circ$ და მაღალი ინტერფერენციული ფერები ახასიათებს; უდავოა, რომ ავგიტთან გვაქვს საქმე.

სამწუხაროდ, ამ ქანის წოლის ფორმაც გაურკვეველია, რის გამოც მისი შემცველ წყებასთან სინქრონულობის საკითხის გადასაწყვეტად საჭირო იყო დამატებითი მასალა. ასეთი მასალაც იმავე მდ. ცხენისწყლის ხეობაში აღმოჩნდა. შუაიურული ვულკანოგენური წყების აგლომერატული ტუფების ერთ-ერთი შრიდან მასალის მიკროსკოპული შესწავლისას გამოირკვა, რომ ტუფის შემადგენელი პორფირიტების ნატეხთა შორის ჰიპერსტენიანი პორფირიტების ნატეხებიცაა. გარდა ამისა, ჰიპერსტენიანი პორფირიტი აღმოჩნდა ტუფბრექჩიის შრის შემაცემენტებელ მასალაშიც. ეს ქანი მიკროსკოპში გათიხებული ძირითადი მასის მქონეა, რომელშიც მოქცეულია № 65 ლაბრადორისა და პიროქსენების ნამტვრევები. პიროქსენებში ჭარბობს პლეოქროული ჰიპერსტენები სწორი ჩაქრობითა და დაბალი ინტერფერენციული ფერებით, ავგიტისა კი მხოლოდ ერთი მარცვალი გვხვდება.

ასეთივე ჰიპერსტენიანი პორფირიტი შეგვხვდა ტუფ-ბრექჩიის შრეში ნატეხის სახით. მიკროსკოპში ამ ქანს პორფირული სტრუქტურა აქვს; ჰიალოპილიტური ძირითადი მასა შეიცავს № 45 ანდეზინის ერთეულ მიკროლიტებს და მაგნეტიტის მარცვლებს. ფენოკრისტალები წარმოდგენილია შეცვლილი ძირითადი მასის ჩანართების შემცველი № 55 ლაბრადორის სხვადასხვა ზომის მარცვლებითა და პიროქსენებით. უკანასკნელთა შორის ჭარბობს ტიპობრივი ჰიპერსტენის სალი მარცვლები, ხოლო ავგიტი მცირე რაოდენობითაა; მისი $CNg=40^\circ$.

პიროქსენის ჰიპერსტენისადმი მიკუთვნება ეჭვს არ იწვევს, რადგან, როგორც ზემომოყვანილი აღწერებიდან ჩანს, მას ახასიათებს მკაფიო პლეოქროიზმი (Np—ვარდისფერი, Ng—მომწვანო), სწორი ჩაქრობა და პირველი რიგის ინტერფერენციული ფერები.

მეტი დამარწმუნებლობისათვის მოგვყავს ამ პიროქსენების ფედოროვის მაგიდის საშუალებით განსაზღვრული ზოგი ოპტიკური კონსტანტა.

შლიფის №	ქანის ხასიათი	CNg	$-2v$
242	აგლომერატული ტუფი	0°	54°
142	ნატეხი ბრექჩიიდან	2°	—
"	" "	10°	60°
"	" "	14°	64°
1	განფენიდან	0°	56°

ეს კონსტანტები ჰიპერსტენისათვისაა დამახასიათებელი. სწორი ჩაქრობის მდგომარეობიდან მცირეოდენი გადახრა, რასაც აქ ჰიპერსტენის ზოგ მარცვალს ვამჩნევთ, არცთუ ისე იშვიათია ჰიპერსტენებისათვის.

ამრიგად, შუაიურულ ვულკანოგენურ წყებაში მისი სინქრონული ჰიპერსტენიანი პორფირიტების არსებობა უდავო ფაქტია.

ჰიპერსტენიანი პორფირიტები არ იყო ნაპოვნი საქართველოში არც ცარცულ ვულკანოგენურ წყებებში.

როგორც ჩვენ მიერ ჩატარებულმა ვულკანოგენური წყებების შედარებითმა შესწავლამ გამოარკვია, ცარცული ვულკანიზმის პროდუქტები საქართველოში სხვადასხვა გეოტექტონიკურ ზონებთან არის დაკავშირებული და ამის მიხედვით სამ სხვადასხვა შედგენილობის წყებას ქმნის. საქართველოს ბელტზე ცარცული ვულკანოგენური წყება ოლივინიანი ბაზალტების, პიკრიტბაზალტებისა და ტრაქიბაზალტებისაგან შედგება; ამ ქანების პიროქსენი პიჟონიტური ტიპისაა. აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონაში მეტწილად ანდეზიტური შედგენილობის პორფირიტები გვხვდება, რომლებიც რქატყუარასთან ერთად ყოველთვის შეიცავენ ჩვეულებრივი ავგიტის გარკვეულ რაოდენობას, ხოლო სომხითის ბელტზე ცარცული ვულკანოგენური წყების ქანები, წარმოდგენილი უმთავრესად დაციტებითა და ალბიტოფირებით და უფრო იშვიათად ანდეზიტებით, აგრეთვე ჩვეულებრივ ავგიტს შეიცავენ. არც ერთ ამ წყებათაგანში არც ჩვენამდე და არც ჩვენ მიერ ჰიპერსტენის არსებობა არ ყოფილა აღნიშნული. ამიერკავკასიის სხვა ადგილებში კი მხოლოდ აზერბაიჯანში იპოვნა ა. სოლოვკინმა ცარცულ ვულკანოგენურ წყებაში ჰიპერსტენიანი პორფირიტი, რაც ზემოთ უკვე იყო აღნიშნული [7].

1947 წელს ჩვენ მოგვიხდა კონსულტაცია გაგვეწია, როგორც საველე, ისე კამერული მუშაობისას, ინჟინერ-გეოლოგ გ. გ უ გ უ ნ ა შ ვ ი ლ ი ს ა თ ვ ი ს, რომელიც მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტის საქართველოს განყოფილების დავალებით სწავლობდა თეთრი წყაროს რაიონის სოფ. სამშვილდის მიდამოების ბიპირამიდული ჰაბიტუსის კვარცის ფენოკრისტალებით ცნობილი კვარციანი პორფირების პეტროგრაფიას. გამოირკვა, რომ ამ კვარციანი პორფირიტის (და არა კვარციანი პორფირის, როგორც მანამდე მიაჩნდათ) შემცველი ცარცული ვულკანოგენური წყების ზედა ნაწილებში გვხვდება უკვარცო, ანდეზიტურ-დაციტური შედგენილობის პორფირიტები და მათი ტუფები, რომლებშიც მუქი სილიკატი რომბული პიროქსენითაა წარმოდგენილი. მოგვყავს ამ ქანების ერთი წარმომადგენლის მიკროსკოპული დახასიათება. მუქ ნაცრისფერ ძირითად მასაში გაბნეულია ოლიგოკლაზის რიგის იშვიათი მიკროლითები; ბაზისი ფელზიტურია. ფენოკრისტალები—ანდეზინის რიგის საღი პლაგიოკლაზი და პიროქსენის მარცვლები, რომელთა შორის ჭარბობს პლეოქროული ჰიპერსტენი სწორი ჩაქრობით $2V=56°$ და—$52°$ (სხვადასხვა შლიფში). ავგიტი უფეროა, $CNg=45°$; ამ ქანში SiO_2-ის შემცველობა 62,3%-ს აღწევს, რაც ქანის დაციტებისადმი მიკუთვნების სასარგებლოდ ლაპარაკობს.

ამგვარად, უდავოა, რომ ცარცულ ვულკანოგენურ წყებაშიაც, მართალია იშვიათად, მაგრამ მაინც ვხვდებით ჰიპერსტენიან ქანებს.

რაც შეეხება პალეოგენურ ვულკანოგენურ წყებებს, მიუხედავად საქართველოს ფარგლებში მათი გულდასმით შესწავლისა, მათ შედგენილობაში დღემდე ჰიპერსტენიანი ქანები ნაპოვნი არ ყოფილა. მაგრამ იურული და ცარცული ვულკანიზმის პროდუქტებში ჰიპერსტენის პოვნა, რაც აქამდე აგრეთვე შეუძლებლად იყო მიჩნეული, გვაიძულებს აქაც თავი შევიკავოთ საბოლოო დასკვნისაგან. ეს მით უმეტეს აუცილებელია, რომ ა. გინზბერგი სევანის ტბის რაიონის პალეოგენური ეფუზივებიდან იძლევა ჰიპერსტენის შემცველი ქანის აღწერას [2]. შესაძლოა, რომ საქართველოს პალეოგენშიც იქნეს ნაპოვნი ასეთი ქანები, მაგრამ მათ, ისევე როგორც იურასა და ცარცში, უეჭველად უმნიშვნელო გავრცელება ექნებათ.

საქართველოს იურულ და ცარცულ ვულკანოგენურ წყებებში ჰიპერსტენიანი ქანების არსებობის დადგენას მნიშვნელობა აქვს ტერიგენული კომპონენტების საფუძველზე პალეოგეოგრაფიული საკითხების გადაწყვეტისათვის. აქამდე მიოცენზე უფრო ძველ დანალექ ფორმაციათა ქანების მძიმე ფრაქციებში ჰიპერსტენის პოვნა შეუძლებელი იყო აგვეხსნა, თუ არ დავუშვებდით რაღაც უცნობ კვების წყაროს. ამჟამად ეს სიძნელე დაძლეულია.

გარდა ამისა, რამდენადაც გამორკვეულია, რომ ჰიპერსტენი სრულიადაც არ წარმოადგენს მხოლოდ ახალგაზრდა ეფუზივების კუთვნილებას, ქანში ჰიპერსტენის არსებობის ან არარსებობის მიხედვით მისი ასაკის განსაზღვრა შეუძლებელია.

მოყვანილი ფაქტობრივი მასალის საფუძველზე შეიძლება შემდეგი დასკვნები გავაკეთოთ:

1. შუაიურულ ვულკანოგენურ წყებაში, მართალია იშვიათად, მაგრამ მაინც გვხვდება ჰიპერსტენიანი ქანები. მათ შორის აუცილებლად უნდა გავარჩიოთ ძირითადად ორი ტიპი: 1) მკაფიოდ კაინოტიპური სალი ანდეზიტები და ბაზალტები, რომლებიც შემცველ წყებაზე ახალგაზრდა უნდა იყოს და 2) შემცველი წყების მსგავსად შეცვლილი ქანები, რომლებიც ჰიპერსტენიან პორფირიტებს წარმოადგენენ და უდავოდ შუაიურული ასაკის არიან, რადგან გვხვდებიან ტუფ-ბრექჩიების ნატეხებსა და ცემენტში, ხოლო ზოგჯერ აგლომერატული ტუფების შედგენილობაშიც.

2. სომხითის ბელტის ცარცულ ვულკანოგენურ წყებაში ჰიპერსტენიანი ქანების პოვნა გვაძლევს საფუძველს ვივარაუდოთ, რომ ჰიპერსტენი აღმოჩნდება ცარცული ასაკის სხვა ვულკანოგენურ წყებებშიც.

3. ამიერკავკასიის სხვა ადგილებშიც იურულ და ცარცულ ვულკანოგენურ წყებებში ჯერჯერობით ჰიპერსტენიანი ქანების პოვნის მხოლოდ ერთეული შემთხვევებია ცნობილი.

4. არ არის გამორიცხული, რომ საქართველოს პალეოგენურ ვულკანოგენურ წყებებშიაც შეიძლება შევხვდეს წყებათა სინქრონული ჰიპერსტენიანი ქანები, რადგან სომხეთში, სევანის ტბის რაიონის პალეოგენში, უკვე აღნიშნულია ჰიპერსტენის პოვნის ერთი შემთხვევა.

5. ზემოთქმულიდან ლოგიკურად გამომდინარეობს, რომ ჰიპერსტენის არსებობის მიხედვით არ შეიძლება ქანის ასაკის განსაზღვრა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 1.6.1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Ш. А. Азизбеков. Геолого-петрографический очерк северо-восточной части Малого Кавказа. Баку, 1947.
2. А. С. Гинзберг. Бассейн оз. Севан. Труды СОПС АН СССР, т. II, в. 1, 1930.
3. Г. С. Дзоценидзе. Материалы по петрографии порфиритовой серии. Изв. Геол. Инст. Грузии, т. III, в. 3, 1938.
4. Г. С. Дзоценидзе. Домиоценовый эффузивный вулканизм Грузии. Тбилиси, 1948.
5. Г. С. Дзоценидзе, Н. Е. Астахов, А. С. Горбаченко. Геолого-петрографический очерк и полезные ископаемые бассейна верхнего течения р. Мокви. Труды Груз. Геол. Управления, вып. 5, 1941.
6. Г. М. Смирнов. Некоторые замечания по стратиграфии, минералогии и химии Закавказских и Центрально-Кавказских эффузий. Доклады АН СССР, т. II, № 9, 1946.
7. А. Н. Соловкин. Отчеты о работах Курдистанской геол. партии. Труды Закгеолтреста, № 1, 1936.

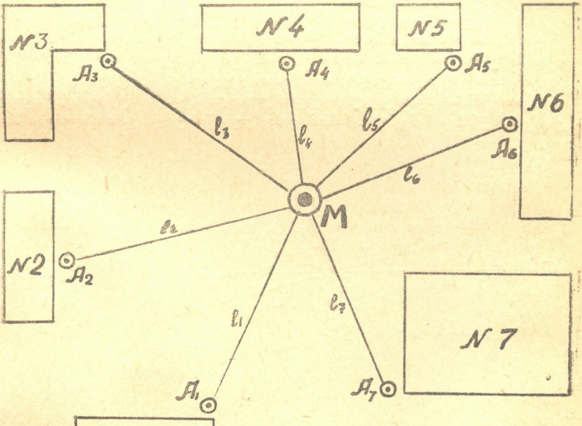
ტექნიკა

ი. შენგელია

სატრანსპორტო ხარჯების უმცირესი ღირებულების ამოცანის გადაწყვეტისთვის შეზღუდულობის პირობებში

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა კ. ზავრიევმა 20.3.1951)

უმცირესი ღირებულების ამოცანას უწოდებენ ისეთი წერტილის მოძებნას მოხმარების წერტილებს შორის, რომლის მიმართაც სატრანსპორტო ხარჯები მინიმალურ მნიშვნელობას იღებს (იხ. [1,2]). საკითხის გარკვევისთვის მივმართოთ ზოგად მაგალითს. ვთქვათ, სამშენებლო მოედანზე დაგეგ-



სქემა 1

მილია ასაშენებლად რამდენიმე ობიექტი №№ 1, 2, 3,..., 7 (იხ. სქემა 1). ძირითად მასალად გათვალისწინებულია ბეტონი. ყველა ობიექტისთვის ვერ-

ტიკალური ამწის ადგილსამყოფელი დადგენილია წერტილებში $A_1, A_2, \ldots, A_7$. დასმული ამოცანის მიხედვით საჭიროა მოინახოს ისეთი წერტილი M (ბეტონის დასამზადებელი მექანიკური დანადგარების ადგილსამყოფელი), რომლის მიმართაც

$$S=\sum_{1}^{n} s_i\, p_i\, l_i \tag{1}$$

ექნება მინიმალური მნიშვნელობა [3].

აქ s_i წარმოადგენს 1 ტონაკილომეტრის ღირებულებას, რაც პირობით სამშენებლო მოედნის ფარგლებში ითვლება მუდმივ სიდიდედ—გამოყენებული ტრანსპორტის სახის, გზის ხასიათისა და გადასაზიდი ტვირთის კლასის მიხედვით

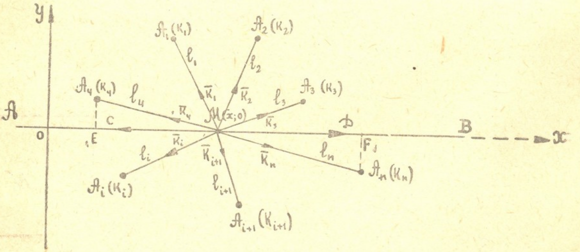
p_i—გადასაზიდი ტვირთის რაოდენობას ტონობით და

l_i—ტვირთის გადაზიდვის მანძილს კილომეტრობით.

სქემაზე $A_1, A_2, \ldots, A_7$ წარმოადგენენ მოხმარების წერტილებს, ხოლო M უმცირესი ღირებულების წერტილია. ჩვენი მიზანია ამ ტიპის ამოცანის განხილვა შემდეგი შეზღუდულობებით:

1. ვთქვათ, მოცემულია მოხმარების წერტილთა ერთობლიობა და რომელიმე სწორი ხაზი AB (იხ. სქემა 2). მოითხოვება ამ სწორზე იმ წერტილის მოძებნა, რომლის მიმართაც ტრანსპორტის საერთო ხარჯები S იქნება შედარებით უმცირესი, ვიდრე ამ სწორის ყველა სხვა წერტილის მიმართ.

ამოცანის გადასაწყვეტად ავაგოთ კოორდინატთა სისტემა ისე, როგორც ეს მე-2 სქემაზეა ნაჩვენები. მაშინ საძიებელი წერტილი განისაზღვრება მხო-



სქემა 2

ლოდ ერთი კოორდინატით x-ით, რადგანაც AB სწორია ყველა წერტილისთვის $y=0$. (1) გამოსახულებაში $s_i p_i$ ნამრავლს აღნიშნავენ k_i-ით და უწოდებენ A_i წერტილის სატრანსპორტო დამახასიათებელს. l_i-ის გამოსახავენ მართკუთხა კოორდინატების საშუალებით, რის გამოც (1) გამოსახულება იღებს შემდეგ სახეს:

ტიკალური ამწის ადგილსამყოფელი დადგენილია წერტილებში $A_1, A_2, \ldots, A_7$-დასმული ამოცანის მიხედვით საჭიროა მოინახოს ისეთი წერტილი M (ბეტონის დასამზადებელი მექანიკური დანადგარების ადგილსამყოფელი), რომლის მიმართაც

$$S=\sum_{1}^{n} s_i p_i l_i \tag{1}$$

ექნება მინიმალური მნიშვნელობა [3].

აქ s_i წარმოადგენს 1 ტონაკილომეტრის ღირებულებას, რაც პირობით საამშენებლო მოედნის ფარგლებში ითვლება მუდმივ სიდიდედ—გამოყენებული ტრანსპორტის სახის, გზის ხასიათისა და გადასაზიდი ტვირთის კლასის მიხედვით

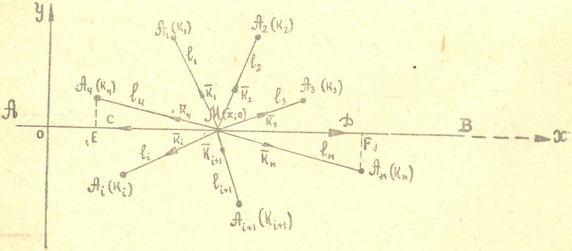
p_i—გადასაზიდი ტვირთის რაოდენობას ტონობით და

l_i—ტვირთის გადაზიდვის მანძილს კილომეტრობით.

სქემაზე $A_1, A_2, \ldots, A_7$ წარმოადგენენ მოხმარების წერტილებს, ხოლო; M უმცირესი ღირებულების წერტილია. ჩვენი მიზანია ამ ტიპის ამოცანის განხილვა შემდეგი შეზღუდულობებით:

1. ვთქვათ, მოცემულია მოხმარების წერტილთა ერთობლიობა და რომელიმე სწორი ხაზი AB (იხ. სქემა 2). მოითხოვება ამ სწორზე იმ წერტილის მოძებნა, რომლის მიმართაც ტრანსპორტის საერთო ხარჯები S იქნება შედარებით უმცირესი, ვიდრე ამ სწორის ყველა სხვა წერტილის მიმართ.

ამოცანის გადასაწყვეტად ავაგოთ კოორდინატთა სისტემა ისე, როგორც ეს მე-2 სქემაზეა ნაჩვენები. მაშინ საძიებელი წერტილი განისაზღვრება მხო-



სქემა 2

ლოდ ერთი კოორდინატით x-ით, რადგანაც AB სწორია ყველა წერტილისთვის $y=0$. (1) გამოსახულებაში $s_i p_i$ ნამრავლს აღნიშნავენ k_i-ით და უწოდებენ A_i წერტილის სატრანსპორტო დამახასიათებელს. l_i-ის გამოსახავენ მართკუთხა კოორდინატების საშუალებით, რის გამოც (1) გამოსახულება იღებს შემდეგ სახეს:

$$S=\sum_{1}^{n} k_i\sqrt{(x-x_i)^2+(y_i^2)^2}\,, \tag{2}$$

აქ x წარმოადგენს საძიებელი წერტილის კოორდინატებს, ხოლო x_i და y_i— მოხმარების წერტილების კოორდინატებს (რომლებიც წარმოადგენენ ცნობილ სიდიდეებს).

(2) ფუნქციის მინიმუმის პირობა ასე ჩაიწერება:

$$\frac{dS}{dx}=\sum_{1}^{n}\frac{K_i\,(x-x_i)}{\sqrt{(x-x_i)^2+y_i^2}}=0. \tag{3}$$

უმრავლეს შემთხვევაში ამ განტოლების ამოხსნა საკმაოდ რთულ გამოთვლებს მოითხოვს, რაც ძლიერ აძნელებს ამოცანის გადაწყვეტას. ამიტომაც მივმართავთ შემდეგ ხერხს. (3) განტოლება განვიხილოთ როგორც $\overline{K_i}$ ვექტორების AB სწორზე გეგმილების ნულთან ტოლობის პირობა. ამით ამოცანა დაიყვანება AB სწორზე ისეთი წერტილის მოძებნამდე, რომლის მიმართაც $\overline{K_i}$ ვექტორების გეგმილების ჯამი გაუტოლდება ნულს, ე. ი. გვექნება:

$$\sum_{1}^{n}(\overline{K_i})_{AB}=0. \tag{4}$$

ცხადია, რამდენიმე სასინჯი წერტილის აღებით AB სწორზე გაცილებით უფრო ადვილად მივუახლოვდებით საძიებელ წერტილს, ვიდრე (3) სახის განტოლების ამოხსნით. კონკრეტული ამოცანის ამოხსნის პროცესში ადვილად დავრწმუნდებით აგრეთვე მასში, რომ თუ პირველი სასინჯი წერტილი, ვთქვათ, აღმოჩნდა საძიებელი M წერტილის (იხ. სქემა 2) მარცხნივ, მაშინ ვექტორი, რომელიც გამოსახავს $\overline{K_i}$ ვექტორების გეგმილების ჯამს AB სწორზე, მიმართული იქნება მარჯვნივ, ე. ი. საძიებელი წერტილისაკენ, ხოლო თუ სასინჯი წერტილი დევს M წერტილის მარჯვნივ, მაშინ $\overline{K_i}$ ვექტორების გეგმილების ჯამი მიმართული იქნება მარცხნივ, ე. ი. ისევ საძიებელი წერტილისაკენ. აქედან გამომდინარეობს AB სწორის მიმართ უმცირესი ღირებულების წერტილის მდებარეობის განსაზღვრის შემდეგი მეთოდი:

AB სწორზე ვიღებთ სასინჯ წერტილს და ვაგებთ მის მიმართ $\overline{K_i}$ ვექტორების AB სწორზე გეგმილების ჯამს. შემდეგ სასინჯ წერტილს ვიღებთ AB-ზე იმ მიმართულებით, საითაც მიმართულია ეს ვექტორი და ა. შ. ვაგრძელებთ მანამ, სანამდე არ მივალთ იმ წერტილამდე, რომლის მიმართაც $\overline{K_i}$ ვექტორების გეგმილების ჯამი არ მიიღებს მოწინააღმდეგე მიმართულებას (შეიცვლის ნიშანს). ცხადია, საძიებელი წერტილის მდებარეობა შემოისაზღვრება უკანასკნელი ორი სასინჯი წერტილით. ადვილად დავრწმუნდებით, რომ უმცირესი ღირებულების წერტილი შეიძლება მდებარეობდეს მხოლოდ განაპირა პერიფერიული მოხმარების წერტილების პროექციებს შორის AB სწორზე. ჩვენს შემთხვევაში საძიებელი წერტილი (M) შეიძლება მდებარეობდეს მხოლოდ E და F წერტილებს შორის.

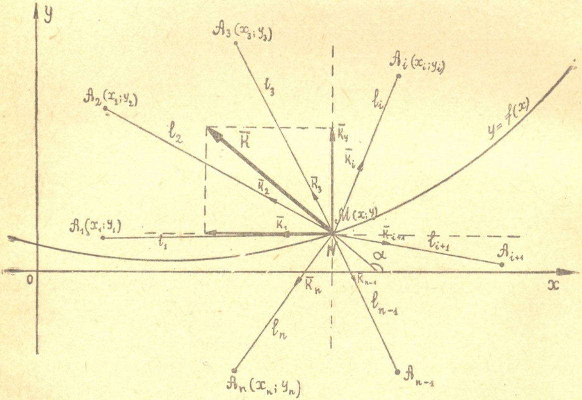
2. ვთქვათ, ახლა მოცემულია რომელიმე სისტემა, რომელიც შედგება ნებისმიერად განლაგებული მოხმარების წერტილების ნებისმიერი რიცხვისაგან. აგრეთვე მოცემულია რომელიმე მრუდი T განტოლებით $y=f(x)$. მოითხოვება T მრუდის წერტილებს შორის მოიძებნოს ის წერტილი, რომლის მიმართაც ტრანსპორტის ღირებულება უმცირესი იქნება (იხ. სქემა 3). გადავწეროთ (2) ტოლობა მოცემული მრუდის ნებისმიერი წერტილისათვის

$$S=\sum_{1}^{n} K_i\sqrt{(x-x_i)^2+[f(x)-y_i]^2}.$$

ამგვარად, აქაც S არის ერთი ცვლადის ფუნქცია. მისი ანალიზი მინიმუმის პირობაზე გვაძლევს:

$$\frac{dS}{dx}=\sum_{1}^{n}\frac{K_i\{(x-x_i)+f'(x)[f(x)-y_i]\}}{\sqrt{(x-x_i)^2+[f(x)-y_i]^2}}=0, \tag{5}$$

ანუ



სქემა 3

$$\sum_{1}^{n}\left\{\frac{K_i(x-x_i)}{\sqrt{(x-x_i)^2+[f(x)-y_i]^2}}+f'(x)\frac{K_i[f(x)-y_i]}{\sqrt{(x-x_i)^2+[f(x)-y_i]^2}}\right\}=0.$$

განვიხილოთ ახლა მრუდის რომელიმე N წერტილი (იხ. სქემა 3). ავაგოთ მის მიმართ $\overline{K_i}$ ვექტორების გეომეტრიული ჯამი

$$\overline{K}=\sum_{1}^{n}\overline{K}_i$$

ცხადია, რომ

$$\sum_{1}^{n}\frac{K_i(x-x_i)}{\sqrt{(x-x_i)^2+[f(x)-y_i]^2}}=K_x=\overline{K}\cos\alpha \text{ და}$$

$$\sum_{1}^{n}\frac{K_i[f(x)-y_i]}{\sqrt{(x-x_i)^2+[f(x)-y_i]^2}}=K_y=\overline{K}\sin\alpha.$$

ამგვარად, მინიმუმის პირობა (5) შეგვიძლია ასე გადავწეროთ:

$$\overline{K}\cos\alpha+\overline{K}f'(x)\sin\alpha=0.$$

თუ აქ მივიღებთ, რომ $\cos\alpha \neq 0$, გვექნება

$$\overline{K}[1+f'(x)\operatorname{tg}\alpha]=0, \tag{6}$$

სადაც α არის $\overline{K}$ ვექტორის $0x$ ღერძთან დახრის კუთხე. წერტილი M დააკმაყოფილებს (6) პირობას იმ შემთხვევაში, თუ:

ა) $\overline{K}=0$; ეს ნიშნავს, რომ მოცემული მრუდი გადის სისტემის მინიმალური ღირებულების წერტილზე, რომელსაც წარმოადგენს M.

ბ) $1+f'(x)\operatorname{tg}\alpha=0$; ეს ნიშნავს, რომ ვექტორი $\overline{K}$ მართობია T მრუდის N წერტილზე გამავალი მხების მიმართ.

თუ $\cos\alpha=0$, ე. ი. ვექტორი $\overline{K}$ პარალელურია $0y$ ღერძის, მაშინ უნდა გვქონდეს შემდეგი ტოლობაც $f'(x)=0$ (ე. ი. T მრუდის მხები N წერტილში პარალელურია ox ღერძისა).

ამგვარად, დასმული ამოცანის ამოხსნა დადის T მრუდზე ისეთი წერტილის მოძებნამდე, რომლის მიმართაც გეომეტრიული ჯამი ვექტორებისა $\overline{K}_1, \overline{K}_2, \overline{K}_3, \ldots, \overline{K}_n$

$$\left(\overline{K}=\sum_{1}^{n}\overline{K}_i\right)$$

იქნება მართობი მრუდის მხებისა ამ წერტილის მიმართ (ან გაუტოლდება ნულს. ამ შემთხვევაში N წერტილი იქნება ამავე დროს მთელი სისტემის უმცირესი ღირებულების წერტილი, რომელზედაც გადის მრუდი).

რკინიგზის სატრანსპორტო-საინჟინერო
ვ. ი. ლენინის სახელობის თბილისის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 20.3.1951)

ᲓᲐᲛᲝᲬᲛᲔᲑᲣᲚᲘ ᲚᲘᲢᲔᲠᲐᲢᲣᲠᲐ

1. Л. Д. Шевяков. Основы теории проектирования угольных шахт. 1950.
2. А. А. Гармаш. Теория строительных процессов, раздел II. Днепропетровск, 1939.
3. М. Лаврентьев и Л. Люстерник. Основы вариационного исчисления, ОНТН. 1935.

ბოტანიკა

გ. შანშიაშვილი

ფოსფორის ანიონების გავლენა სალი და ქლოროზიანი ვაზების ფესვთა სისტემის შეწოვადობაზე

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა გ. გულისაშვილმა 17.2.1951)

ვაზის ფესვთა სისტემის შეწოვადობაზე ფოსფორის ანიონების გავლენა ნეიტრალურსა და ოდნავ ტუტე (pH=7,4) არეში შეისწავლებოდა ფოსფატების ბუფერულ ხსნარებში. ამ მიზნით საჭირო იყო ფოსფატების ისეთი ბუფერის დამზადება, რომელიც კნოპის ხსნარის იზოტონური იქნებოდა. ასეთი ბუფერი შემდეგნაირად დამზადდა.

ორივე მარილის (Na_2 HPO_4, KH_2PO_4) 1/15 მოლარული ხსნარების კონცენტრაცია გადიდებული იყო თითოეულისა რვაჯერ, ცხრაჯერ, ათჯერ და ა. შ. ასეთი ხსნარებიდან ბუფერული ხსნარების დასამზადებლად აღებული იყო ცალ-ცალკე განსაზღვრული რაოდენობა, რაც მითითებულია სათანადო სახელმძღვანელოებში, და განზავებული თითო ლიტრ გამოხდილ წყალში. ასე დამზადებული სხვადასხვა კონცენტრაციის ნეიტრალური და ოდნავ ტუტე ბუფერული ხსნარებისა და კნოპის ხსნარის გაყინვის ტემპერატურის დაცემა (დეპრესია), გამოხდილ წყალთან შედარებით, შემოწმდა ბეკმანის აპარატით. როგორც ნეიტრალური, ისე ოდნავ ტუტე ბუფერი, რომელიც ათჯერ გადიდებული კონცენტრაციის ფოსფატების მარილების ხსნარებისაგან დამზადდა, კნოპის ხსნარის სრულიად იზოტონური აღმოჩნდა.

ფოსფატების ბუფერული ხსნარები (როგორც ნეიტრალური, ისე ოდნავ ტუტე) ფოსფორის ანიონების დაახლოებით თანაბარ რაოდენობას შეიცავს, მათ შორის განსხვავება მხოლოდ pH-ით განისაზღვრება. ასეთ ხსნარებზე შესაძლებელი იყო შეგვესწავლა ფოსფორის ანიონების გავლენა საცდელი ვაზების ფესვთა სისტემის შეწოვადობაზე.

საცდელ ობიექტებზე ფესვთა სისტემის შეწოვადობა ისაზღვრებოდა იმავე მეთოდით, როგორც აღწერილია წინა შრომაში [1]. უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა ჩატარებული ცდის დროს ჯერ ღეროფოთლიან ვაზებზე ხდებოდა კნოპის ხსნარიდან შეწოვადობაზე დაკვირვება და შემდეგ ღერომოცილებულზე, ამის გამო ერთდროულად ჩვენ მიერ წარმოებდა დაკვირვება ცდაში გატარებული ყველა ვაზის ტრანსპირაციის ინტენსივობაზე, დროის ერთეულში ღეროფოთლიანი მცენარის მიერ შეწოვილი წყლის რაოდენობის მიხედვით.

ჩატარებული ცდების შედეგად გამოირკვა, რომ სადი ალიგოტე უფრო ინტენსიურად აწარმოებს ტრანსპირაციას, ვიდრე საშუალოქლოროზიანი (ცხრილი 1). ამასვე ადასტურებს ცხრილის უკანასკნელი სვეტის ციფრები.

ცხრილი 1

საკუთარფესვიანი ალიგოტეს ტრანსპირაციის ინტენსივობა

მ ც ე ნ ა რ ე	ცდის თარიღი	თაბხის ტემპერატურა	ტრანსპირაციის ინტენსივობა	ღეროფოთლიანი მცენარის მიერ შეწოვილი წყლის რაოდენობა მილილიტრებით ფესვის 100 გრამ მშრალ წონაზე 1 საათში
ს ა ღ ი	28.VII.49 წ.	27^0	12,36	33,24
საშუალოქლოროზიანი . . .	„	„	7,15	17,73
ს ა ღ ი	18.VIII.49 წ.	$24{,}5^0$	11,91	23,91
საშუალოქლოროზიანი	„	„	8,63	21,14
ს ა ღ ი	7.IX.49 წ.	21^0	12,57	8,44
საშუალოქლოროზიანი	„	„	9,64	6,77
ს ა ღ ი	13.IX.49 წ.	21^0	16,40	24,80
საშუალოქლოროზიანი	„	„	9,25	20,93
ს ა შ უ ა ლ ო				
ს ა ღ ი	—	—	13,31	42,59
საშუალოქლოროზიანი	—	—	8,67	16,66

ნამყენებიდან (ცხრილი 2): 3309-ზე დამყნილი ალიგოტეს ტრანსპირაცია ივლისსა და აგვისტოში უფრო ძლიერია, ვიდრე 5 BB-ზე დამყნილი ალიგოტესი, სექტემბერში კი შებრუნებით ხდება: 3309-ზე დამყნილი ალიგოტეს ტრანსპირაცია უფრო სუსტია, ვიდრე 5 BB-ზე დამყნილი ალიგოტესი. ორივე სახის ნამყენების ტრანსპირაციის საშუალო ინტენსივობა დაახლოებით ერთნაირია.

მე-3 ცხრილის ციფრობრივი მონაცემებიდან ჩანს, რომ ნეიტრალური რეაქციის პირობებში ფოსფორის ანიონები ივლისსა და აგვისტოში ორივე სახის ვაზების ფესვთა სისტემის შეწოვადობას ამცირებს, სექტემბერში კი, პირიქით, აძლიერებს, ოღონდ ქლოროზიანში უფრო მეტად, ვიდრე საღში.

ამავე ცხრილიდან ირკვევა, რომ ფოსფორის ანიონები ოდნავ ტუტე არეში (pH=7,4) უფრო მეტად ახდენს როგორც საღი, ისე ქლოროზიანი ვაზების ფესვთა სისტემის შეწოვადობის შემცირებას. თუ ტუტე ხსნარიდან შეწოვილი წყლის რაოდენობას შევადარებთ კნოპის ხსნარიდან შეწოვილი წყლის რაოდენობას (ცხრილი 3, საშუალო მონაცემები), დავინახავთ, რომ ტუტე რეაქციის პირობებში ფოსფორის ანიონები საშუალოქლოროზიან ალი-

ცხრილი 2

დამყნილი ალიგოტეს ტრანსპირაციის ინტენსივობა

მ ც ე ნ ა რ ე	ცდის თარიღი	ოთახის ტემპერა-ტურა	ტრანსპირაციის ინ-ტენსივობა	ღეროფოთლიანი მცენარის მიერ შეწოვილი წყლის რაოდენობა მი-ლილიტრებით ფესვის 100 გრამ მშრალ წონაზე 1 საათში
დამყნილი 3309-ზე	26. VII. 49წ.	26⁰	10,01	43,44
დამყნილი 5 BB-ზე	„	„	9,75	40,00
დამყნილი 3309-ზე	16. VIII. 49წ.	25⁰	9,84	38,43
დამყნილი 5 BB-ზე	„	„	7,43	27,76
დამყნილი 3309-ზე	22. VIII 49წ.	24,5⁰	10,97	29,91
დამყნილი 5 BB-ზე	„	„	7,86	20,90
დამყნილი 3309-ზე . . .	9. IX. 49წ.	21,5⁰	8,65	12,77
დამყნილი 5 BB-ზე	„	„	13,99	27,61
დამყნილი 3309-ზე	15. IX. 49 წ.	21⁰	8,32	15,74
დამყნილი 5 BB-ზე	„	„	8,40	13,88
ს ა შ უ ა ლ ო				
დამყნილი 3309-ზე	—	—	9,56	29,05
დამყნილი 5 BB-ზე	—	—	9,48	25,63

გოტეს ფესვთა სისტემის შეწოვადობას უფრო მეტად ამცირებს, ვიდრე საღი ალიგოტესას.

დაახლოებით ასეთივე მონაცემებია მიღებული ნამყენებზე ჩატარებული ცდების შედეგად (ცხრილი 4). ფოსფორის ანიონები ორივე სახის ნამყენების ფესვთა სისტემის შეწოვადობას ამცირებს (გამონაკლისს წარმოადგენს 26. VII. ცდა 3309-ზე დამყნილ ალიგოტეზე). ისინი ოდნავ ტუტე არეში უფრო მეტად ფესვთა ახდენენ სისტემის შეწოვადობის შემცირებას, ვიდრე ნეიტრალურში.

იბადება კითხვა: რით აიხსნება, რომ საცდელად აღებული ვაზებიდან ზოგი ხასიათდება ფესვთა სისტემის ძლიერი შეწოვადობით, ზოგი კი არა?

ცნობილია, რომ იმ მცენარეების ფოთლის უჯრედებს, რომლებიც ხასიათდებიან ტრანსპირაციის მაღალი ინტენსივობით, ძლიერი შეწოვადობა ახასიათებს, რის გამო ნიადაგიდან წყალს უფრო ენერგიულად ღებულობენ. ღეროგადაჭრილ მცენარეებში კი წყლის ქვევიდან ზევით მოძრაობა ხდება ფესური წნევის საშუალებით. ფესური წნევის სიძლიერეზე დამოკიდებულია ღეროს გადანაჭერიდან დროის ერთეულში წყლის რაოდენობის გამოყოფა.

ცხრილი 3

ფოსფორის ანიონების გავლენა საკუთარფესვიანი ალიგოტეს ფესვთა სისტემის შეწოვადობაზე 30° პირობებში

მცენარე	ცდის თარიღი	შეწოვილი წყლის რაოდენობა მილილიტრებით ფესვის 100 გ მშრალ წონაზე 1 საათში					შეწოვილი წყლის რაოდენობა მილილიტრებით ფესვის 100 მმ მოცულობაზე 1 საათში				
		კნოპის ხსნარიდან ა	ფოსფატ-ბუფერიდან pH=7 ბ	ბ/ა	ფოსფატ-ბუფერიდან pH=7,4 გ	გ/ა	კნოპის ხსნარიდან დ	ფოსფ. ბუფერიდან pH=7 ე	ე/დ	ფოსფ. ბუფერიდან pH=7,4 ვ	ვ/დ
საღი	28. VII. 49წ.	7,44	7,44	1,00	2,79	0,37	1,33	0,5	0,37	1,33	1,00
საშუალოქლოროზიანი . .	„	14,38	12,14	0,84	4,28	0,29	1,90	0,57	0,30	1,61	0,84
საღი . . .	24.VIII. 49წ.	9,27	7,69	0,82	9,57	1,03	1,17	1,42	1,21	1,15	0,98
საშუალოქლოროზიანი . .	„	20,44	16,00	0,78	10,48	0,51	2,70	1,15	0,42	2,11	0,78
საღი . . .	13. IX. 49წ.	14,08	16,33	1,15	8,90	0,63	2,50	1,58	0.63	2,90	1,16
საშუალოქლოროზიანი .	„	5,74	14,36	2,49	7,80	1,30	1,07	1,46	1,36	2,69	2,51
საშუალო											
საღი	—	10,26	10,48	1,02	7,08	0,69					
საშუალოქლოროზიანი . .	—	13,52	14,16	1,04	7,52	0,55					

ცხრილი 4

დამყნილი 3309-ზე . . .	26. VII. 49 წ.	22,31	28,68	1,28	19,60	0,87	4,66	6,00	1,28	4,00	0,85
დამყნილი 5 BB-ზე . . .	„	17,64	13,25	0,75	15,08	0,85	3,10	2,34	0,75	2,71	0,83
დამყნილი 3309-ზე . . .	28. VIII. 49 წ.	12,53	10,90	0,86	9,34	0,74	2,39	2,10	0,87	1,80	0,75
დამყნილი 5 BB-ზე . . .	„	13,46	10,67	0,79	9,28	0,68	3,22	2,55	0,79	2,22	0,68
დამყნილი 3309-ზე . . .	5. IX. 49წ.	8,33	6,79	0,81	4,62	0,55	2,25	1,83	0,83	1,25	0,55
დამყნილი 5 BB-ზე . . .	„	6,59	4,06	0,61	3,78	0,57	1,58	0,98	0,81	0,90	0,57
საშუალო											
დამყნილი 3309-ზე . .	—	14,32	15,45	1,07	11,15	0,77					
დამყნილი 5 BB-ზე . . .	—	12,58	9,32	0,74	9,38	0,74					

ფესვთა სისტემას რომ ფესური წნევა არ ახასიათებდეს, მაშინ ფესვთა სისტემის უჯრედების მიერ წყლის შეწოვა იწარმოებდა მანამდე, სანამ უჯრედები მოვიდოდა ტურგორულ მდგომარეობაში, ე. ი. სანამ წონასწორობა დამყარდებოდა ყველა უჯრედში P და T შორის. ეს უკანასკნელი უფრო სწრაფად მოხდებოდა, თუ ფესვთა სისტემა მოთავსებული იქნებოდა წყალში და არა ნიადაგში. სინამდვილეში კი ღეროგადაჭრილი მცენარის ფესვები არ წყვეტენ წყლის შეწოვას. ფესური წნევის საშუალებით ხდება წყლის მუდმივი გადადენა ფესვის შემწოვ ზონაში, ცოცხალი უჯრედებიდან მკვდარ უჯრედებში (ჭურჭლიბში). ეს გარემოება საშუალებას აძლევს ფესვის ცოცხალ უჯრედებს შეიწოვოს წყალი გარემოდან მუდმივად და მით უფრო ინტენსიურად, რამდენადაც ფესური წნევა ძლიერი იქნება. ფესური წნევა უნდა ახდენდეს ფესვის შემწოვი ზონის ყველა უჯრედში P და T შორის წონასწორობის დარღვევას.

ფესური წნევის ასახსნელად უკანასკნელ დრომდე უფრო მეტად მიღებული იყო ლ ე პ ი ო შ კ ი ნ ი ს „პლაზმის ცალმხრივი გამტარებლობის თეორია“ ამჟამად უფრო ავტორიტეტულია ს ა ბ ა ნ ი ნ ი ს თეორია. ამ თეორიის თვალსაზრისით „მცენარის ტირილი არის წყლისა და მასში გახსნილი ნივთიერების ცალმხრივი დენი, რომელიც დამოკიდებულია ასიმილატების აერობულ გადამუშავებაზე“ [2]. აქედან ცხადია, რომ ფესური წნევის სიძლიერე დამოკიდებული ყოფილა მცენარის ფესვთა სისტემის შემწოვი ზონის უჯრედების სუნთქვის ინტენსივობაზე. იმ მცენარეს, რომლის ფესვთა სისტემას უფრო ინტენსიური სუნთქვის უნარი ექნება, წყლისა და მასში გახსნილი ნივთიერების შეწოვის მეტი უნარიც უნდა ჰქონდეს. ამ მოსაზრების დასადასტურებლად საჭიროა მომავალში სალი და ქლოროზიანი ვაზის ფესვთა სისტემის შეწოვადობასთან ერთად მათი სუნთქვის უნარიანობაც ისწავლებოდეს.

გარე ხსნარის იონების ზემოქმედებით ფესვის შემწოვი ზონის უჯრედების პლაზმის გამტარებლობა იცვლება: ან ძლიერდება, ან მცირდება. თუ გარე ხსნარში არსებული იონები ახდენს პლაზმის სადსორბციო ზედაპირის შემცირებას, ამ უკანასკნელის შედეგად ფესვის შემწოვი ზონის უჯრედებში პარალელურად მცირდება წყლისა და მასში გახსნილი ნივთიერების შეწოვადობაც.

ამგვარად შეიძლება აიხსნას Ca იონებისა და P-ის ანიონების გავლენით ფესვთა სისტემის შეწოვადობის შემცირება.

დ ა ს კ ვ ნ ე ბ ი

1. სალი ალიგოტე (საკ. ფესვზე) უფრო ინტენსიურად აწარმოებს ტრანსპირაციას, ვიდრე ქლოროზიანი ალიგოტე.

2. ივლისსა და აგვისტოში 3309-ზე დამყნილი ალიგოტეს ტრანსპირაცია უფრო ძლიერია, ვიდრე 5 BB-ზე დამყნილი ალიგოტესი, სექტემბერში კი შებრუნებით ხდება: 5 BB-ზე დამყნილი ალიგოტეს ტრანსპირაცია აჭარბებს 3309-ზე დამყნილი ალიგოტეს ტრანსპირაციას. ორივე სახის ნამყენების ტრანსპირაციის საშუალო ინტენსივობა დაახლოებით ერთნაირია.

3. ფოსფორის ანიონები ტუტე არეში უფრო მეტად იწვევს ვაზის ფესვთა სისტემის შეწოვადობის შემცირებას, ვიდრე ნეიტრალურ არეში.

4. ფოსფორის ანიონების ზემოქმედებით საშუალოქლოროზიანი ალიგოტეს (საკუთარ ფესვზე) და 5 BB-ზე დამყნილი ალიგოტეს ფესვთა სისტემის შეწოვადობა უფრო მეტად მცირდება, ვიდრე საღი (საკ. ფესვზე) და 3309-ზე დამყნილი ალიგოტესი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ბოტანიკის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 17.2. 1951)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. გ. შ ა ნ შ ი ა შ ვ ი ლ ი. ტემპერატურისა და K და Ca იონების გავლენა საღი და ქლოროზიანი ვაზების ფესვთა სისტემის შეწოვადობაზე. საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე. ტ. XII, № 7, 1951.
2. Д. А. Сабанин. О значении корневой системы в жизнедеятельности растении. Тимирязевские чтения, IX, Москва, 1949, стр. 14.

ᲡᲐᲥᲐᲠᲗᲕᲔᲚᲝᲡ ᲡᲡᲠ ᲛᲔᲪᲜᲘᲔᲠᲔᲑᲐᲗᲐ ᲐᲙᲐᲓᲔᲛᲘᲘᲡ ᲛᲝᲐᲛᲑᲔ, ტ. XII, № 8, 1951

ᲮᲔᲚᲝᲕᲜᲔᲑᲘᲡ ᲘᲡᲢᲝᲠᲘᲐ

გ. ᲐᲚᲘᲑᲔᲒᲐᲨᲕᲘᲚᲘ

ᲠᲔᲚᲘᲔᲤᲣᲠᲘ ᲤᲘᲚᲐ ᲡᲝᲮᲣᲛᲘᲡ ᲛᲘᲓᲐᲛᲝᲔᲑᲘᲓᲐᲜ

(წარმოადგინა აკადემიის ნამდვილმა წევრმა გ. ჩუბინაშვილმა 29.10.1950)

ქვაზე ჭრის ქართული ნიმუშები გვარწმუნებს, რომ საქართველოს ქრისტიანული ქვეყნების წრეში ჩაბმის პირველი საუკუნეებიდანვე ქართულ პლასტიკას სრულიად განსხვავებულ მიმართულებებთან უხდებოდა შეხვედრა. მაშინ, როდესაც ჯვარის რელიეფები ბიზანტიური ხელოვნების მაგალითების მსგავსად გვაჩვენებს, თუ როგორ წარმოებს ანტიკურ პლასტიკურ ღირებულებათა და ფორმათა გადააზრება აღმოსავლურ შეგრძნებასთან მათი დაპირისპირებისას, ბოლნისის უფრო ადრინდელი რელიეფები და რამდენადმე უფრო გვიანდელი ფიგურები უსანეთის სვეტისა გვისახავს იმ ტენდენციას, რომელმაც განდევნა ეს ანტიკური მოგონებანი; ამ ტენდენციის დამახასიათებელი ისაა, რომ ნაწარმოების მხატვრულ ღირებულებას შესრულების სიბრტყობრიობა და ხაზოვანება, ე. ი. გრაფიკულობა განსაზღვრავს. მხატვრული სახის შეგრძნების ამ მანერამ წარმოშვა ის წანამძღვრები, რომლებიც თავისებურად დაამუშავა ქართველი ოსტატის ნაციონალურმა აზროვნებამ.

შესრულების აღნიშნული სიბრტყობრივი მანერა არ ყოფილა დამოკიდებული პლასტიკაში რელიეფის სიმაღლეზე. წებელდის არა ერთხელ გამოცემული რელიეფი ([1], გვ. 21; [2], გვ. 233—43; [3], გვ. 202—3; [4], გვ. 208—209), მიუხედავად რეალურად გამოყოფილი მოცულობისა და მისი ზედაპირის ისეთი დამუშავებისა, რომელიც არ არღვევს ზედაპირის მთლიანობას, წარმოადგენს სიბრტყობრივი გადაწყვეტის მაგალითს, თუმცა აქ ფონი საკმაოდ ძლიერაა ჩაღრმავებული და ფიგურებიც თავისუფლადაა განლაგებული, სივრცობრივი პრობლემა მაინც სრულიად არ არის დასმული; ამგვარად, წებელდის რელიეფი ოსტატის საერთო მიდგომის მხრივ, მის მიერ საგნების გამოსახვის მანერის მხრივ, პრინციპულად ახალს არაფერს არ წარმოადგენს შედარებით გველდესისა და უსანეთის ბრტყელ ფილებთან, რომლებზედაც ჩაფხაჭნილი ნახატია.

ამრიგად, წებელდის ფილაზე, თუმცა მისი რელიეფი საკმარისად მოცულობითია, განმსაზღვრელ მომენტად რჩება, როგორც აღვნიშნეთ, შესრულების სიბრტყობრივი სტილი. მაგრამ შესაძლებელია საწინააღმდეგო მოვლენასაც შევხვდეთ, სახელდობრ: თუმცა ადგილი არა აქვს სხეულებრივ კომპაქტურობას, ხოლო რელიეფის ზედაპირი დანაწევრებულია ორნამენტისებრი სახეების შემქმნელი ხაზებით, მაინც მჟღავნდება განსხვავებული ტენდენცია, ტენდენცია სივრცის, როგორც სახეთა მოცულობითი (პლასტიკური) აღქმის გამოვლენის აუცილებელი პირობის გაგებისა.

1946 წ. საქართველოში საბჭოთა ხელოვნების 25 წლისთავისადმი მიძღვნილ არქიტექტურულ გამოფენაზე, რომელიც მოეწყო ქ. თბილისში, სახ. მუზეუმის შენობაში, ზემოთ აღნიშნული წებელდის რელიეფური ფილის გვერდით მოთავსებულია სოხუმის მიდამოებში (ს. ოლგინსკოე) ნაპოვნი რელიეფური ფილის ფრაგმენტი (იხ. ფოტო; [1], გვ. 21, სურ. 10). ეს ფილა წარმოადგენს ვერტიკალური მიმართულებით განზიდულ სწორკუთხედს, გაყოფილს სამ ნაწილად. თითოეულ ნაწილში მოთავსებულია ფიგურა, რომელიც მთლიანად ავსებს მისთვის განკუთვნილ ადგილს (გამონაკლისი—ფიგურა მარცხნივ; იგი შედარებით პატარაა და აწეულია რამდენადმე სხვა ფიგურების ზემოთ). სწორედ ამ ფილაში რელიეფური გამოსახულებები მოკლებულია სხეულებრივ კომპაქტურობას (არც იმდენად მაღალი რელიეფი, რომელიც რბილად ეშვება ფონისაკენ), ხოლო ფიგურათა ზედაპირის დანაწევრება ნაოჭებით, რომლებიც თავისი დინებით ორნამენტის შთაბეჭდილებას ქმნიან, წარმოგვიდგენს „ცხოველხატულ“ მანერას, რომელიც თითქოს უარყოფს პლასტიკურად გამოყოფილ (საგრძნობი მოცულობით გამოზიდულ) ფორმებს („ცხოველხატული“ აქ იმ აზრითაა ნახმარი, რომ რელიეფის ზედაპირი ხაზების საშუალებით ორნამენტულად მუშავდება). სიბრტყის ორნამენტულად დანაწევრებულობის შთაბეჭდილებას, რომელიც პირველი შეხედვით იქმნება, აძლიერებს ცენტრალური ფიგურის მჭიდროდ მომცველი ჩარჩოს მკაცრი ვერტიკალები, მაგრამ ეს შთაბეჭდილება, შექმნილი რელიეფის ზერელედ დათვალიერებით, მისი დაკვირვებით შესწავლისას ადგილს უთმობს განსხვავებული ხასიათის შეგრძნებებს. მასზე გამოხატული ფიგურები სრულიადაც არ გვევლინება ისეთი გრაფიკული და სიბრტყობრივი ხასიათის მქონედ, როგორიც გველდესის სვეტების ფიგურებია, რომლებიც მათ გვაგონებენ ტანისამოსის დამუშავებითა და თავების ფორმით; აქ გვაქვს არა ორნამენტული დამუშავება, როგორც გველდესის ფიგურებში, არამედ განხილული რელიეფის შესრულების მანერაში თავს იჩენს სრულიად სხვაგვარი ამოცანები.

ფიგურები, როგორც აღნიშნული იყო, მჭიდროდაა დაყენებული, ისე რომ ფონი, რომელიც მხოლოდ უმნიშვნელო ნაკვეთებად ჩანს, არ არის ხაზგასმული, როგორც რელიეფის განმსაზღვრელი სიბრტყე. ფიგურების ზედაპირის დამსერავი, სხვადასხვა მხარეს მიმდინარე ხაზები არღვევენ რელიეფის ზედა სიბრტყესაც (რომელიც ასე ძლიერად იგრძნობოდა წებელდის რელიეფში), რაც, ფონის შემაკავებელი ძალის უქონლობასთან ერთად, ქმნის სივრცობრიობის შთაბეჭდილებას, მართალია, არა კონკრეტულს და არა განსაზღვრულს, მაგრამ უცილობლად განსხვავებულს წებელდის ფილის სივრცობრიობისაგან, რომელიც აღიქმება მკაფიოდ, სამ განზომილებაში, მაგრამ ძალიან განსაზღვრულად, მხოლოდ ბრტყელი ბლოკებისათვის. ასეთი თავისუფალი „სივრცობრიობა“ განსაკუთრებულად იგრძნობა ფიგურის ფრაგმენტში მარცხნივ, რომელიც განთავისუფლებულია მოჩარჩოების შემკავებელი ვერტიკალებისაგან და რომლის ფეხები არ ეყრდნობა არავითარ ჰორიზონტალს: ფიგურა თავისი მომრგვალებულობით (რომელიც, ვიმეორებთ, მოკლებულია სხეულებრივ კომპაქტურობას) თითქოს დაცურავს სივრცეში. ეს არაჩვეულებრივი

სივრცე ფიგურებიდან ფონისაკენ თანდათანობით გადასვლითაცაა ხაზგასმული: არსად არა გვაქვს მკაფიოდ გამოყოფილი, ფონის სიბრტყისადმი კონკრეტულად დაპირისპირებული ზედაპირები, გამოზიდული მოცულობანი. ფიგურათა ზედაპირი დანაწევრებულია და დამსერავი ხაზები ნარნარად მიედინებიან ფონისაკენ. სივრცობრივი ამოცანები, რომლებთანაც პრინციპულად უცილობლადაა დაკავშირებული ნამდვილი პლასტიკური ამოცანები, აქ ასეთი დეტალებითაცაა ხაზგასმული, როგორიც ფიგურების ქვეშ მოთავსებული ნიშებია, რომლებიც, უპირველეს ყოვლისა, მათ მიერ შექმნილი სივრცობრიობის მხრივ შეიგრძნობიან. და ეს მით უმეტეს, რომ თვით ფიგურებიც აგრეთვე მსგავს ნიშებშია მოქცეული და მათი ფეხები სწორადაა დაყენებული—მიმართულია ამ ნიშების სიღრმეში. ფიგურები შესრულებულია არამაღალი რელიეფით, მოკლებულია ანატომიურ სისწორეს—ეს ჯერ კიდევ უფორმო ბლოკებია, არაპროპორციულად მოკლე ხელებით, მაგრამ თავისუფალ სივრცობრიობაში, რომელიც ოსტატს იზიდავს (რაც ნათლად იგრძნობა ფიგურათა ფეხების დაყენებაშიც, მათ სივრცობრივ განლაგებაშიც), ჩასახულია ის ახალი, წებელდის რელიეფისაგან განსხვავებული, რამაც, აშკარაა, მიიყვანა ქართული რელიეფის ხელოვნება პლასტიკის აყვავებამდის XI საუკუნეში. აქ ჩვენ ვხედავთ დეტალებს, რომლებიც მოწმობს დახვეწილი პლასტიკური შეგრძნების გამოღვიძებას; ასეთ რელიეფში, რომელიც არსებითად მოცულობის მხრივ არაა ხაზგასმული და ანატომიური სისწორის გაგებასაც დაშორებულია, ერთ-ერთი ფიგურის ხელი (რომლითაც მას საცეცხლური უჭირავს) რაკურსშია გადმოცემული—იგი გაშლილია სივრცეში, მართალია, ჯერ კიდევ ძალიან გაუბედავად, მაგრამ მაინც თითქოს სიღრმიდან გამოდის; ასეთსავე, ჯერ კიდევ ძიების პროცესში მყოფ, პლასტიკურ შეგრძნებას შევნიშნავთ შუა ფიგურის ზედაპირშიც, თუ თვალს გავადევნებთ სიბრტყეთა მოძრაობას ერთი ხელიდან—მკერდზე გავლით—მეორე ხელისაკენ (შეადარე წებელდის ფილაზე ფიგურების სრულიად ბრტყელი, თუმცა ფონიდან ძლიერად გამოყოფილი ზედაპირი). ზედაპირის ასეთივე ფაქიზი დამუშავებით გამოირჩევა ფიგურათა ხელისგულიც, გამოყოფილი მომრგვალებებით. ორნამენტულად დამუშავებულ ტანისამოსში მაინც იგრძნობა სხეულის მომცველი ქსოვილი (იხილე დრაპირება მარჯვენა ფიგურის მკერდზე და ნაოჭები, რომლებიც მის მარცხენა ხელზე გადადის). ამრიგად, ამ ფილის ოსტატი, რომელიც თავისი შეგნებით ჯერ კიდევ დაშორებულია სწორად ჩამოყალიბებულ პლასტიკურ სახეთაგან, როგორც ვხედავთ, ცდილობს შეიცნოს სივრცე, როგორც პლასტიკურ ღირებულებათა არსებობის პირობა. სწორედ ამიტომ, წებელდის ფილის მოცულობითს ფიგურებში არსებითად ჯერ კიდევ სიბრტყობრივი მიდგომა გვაქვს (ისინი ფონისა და რელიეფის საერთო ზედაპირის სიბრტყეებით შებოჭილი რჩებიან), ს. ოლგინსკოეში ნაპოვნ მცირე სიმაღლის რელიეფში კი, მიუხედავად რეალურ გადმოცემას დაშორებული ნაოჭებისა, ვხედავთ, თუმცა ჯერ კიდევ არც მაინც და მაინც მკაფიოდ გამოსახულ მიმართულებას სივრცის შეგრძნების გზით პლასტიკისაკენ.

ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ წებელდის ფილა, ძლიერ ამაღლებული რელიეფის მიუხედავად, შესრულებული იყო წმინდა სიბრტყობრივი და გრაფიკული მანერით. ოპიზის რელიეფი აშოტ კურაპალატის (826 წ.) გამოსახულებით წარმოგვიდგენს ასეთივე გადაწყვეტის მეორეგვარ ნიმუშს. რელიეფი აქ ძლიერ დადაბლებულია, არ უპირისპირდება ფონს, ფიგურები დასერილია ნახატით, რომელიც მსგავსია სოხუმის მიდამოებში ნაპოვნი ფილის ფიგურათა ტანისამოსის ნაოჭებისა, მაგრამ საერთო მიდგომა ჯერ არ სცილდება წებელდის ფილის ოსტატის მიერ ფორმის გაგების საზღვრებს, ე. ი. გადამწყვეტია ისევ სიბრტყე და მისი „მომხატველი" ხაზი (რასაკვირველია, არ შეიძლება არ აღინიშნოს, რომ ოპიზის რელიეფს სხვა თავისებურებანიც ახასიათებს; რელიეფში სიბრტყობრივი მანერა ბატონობს, მაგრამ იგი, ამას გარდა, მიიმართება ექსპრესიული მომენტების შეფასებისა და გაძლიერების ხაზით).

„ფერისცვალების" ჭედური ხატი ზარზმიდან (დათარიღებული 886 წლით) წარმოგვიდგენს რამდენადმე განსხვავებულ მოვლენას. ინარჩუნებს რა ხაზების და ჟესტების სიმკვეთრეს და ექსპრესიულობას და, არსებითად, ფიგურის ბრტყელ დამუშავებას (ოდნავ ამოწეული რელიეფი, რომელზედაც ტანისამოსის დეტალები, ნაოჭები ხაზებითაა აღნიშნული და არა მათი სიღრმეში განლაგებით), აღნიშნული ხატი მაინც იძლევა ისეთ დეტალებს, როგორიცაა ხელისგულის ზედაპირის მსუბუქი ტალღისებური ხაზი ან მაკურთხებელი მარჯვენის თითები, რომლებიც მომრგვალებულადაა გამოსახული თვით მათი ურთიერთგადაკვეთის ადგილებშიაც. მაგრამ, ამასთან ერთად, პლასტიკური შეგნება ჯერ არ არის გაღვიძებული. ფეხის ქუსლები გამოხატულია პროფილში, ხოლო თითები ფონის სიბრტყეშია გაშლილი.

ამგვარად, IX საუკუნის ბოლოსთვისაც ცოტა რამ შეიცვალა საგნების შეფასებასა და გაგებაში მათი პლასტიკურად შეგრძნების მიმართულებით. შემდეგ, X საუკუნეში, აგრეთვე ჯერ კიდევ არ შეიძლება ვილაპარაკოთ პლასტიკურობის ნამდვილ გაგებაზე. ქრისტეს ფიგურა იშხანის ჯვარცმაზე წარმოადგენს ჯერ კიდევ მცირედ დანაწევრებულ ბლოკს, სადაც ოსტატის ყურადღება მიმართული იყო უფრო ექსპრესიულობის გამოხატვისაკენ, ვიდრე პლასტიკური მომენტებისაკენ [5]. მაგრამ, ამასთან ერთად, მასში არ შეიძლება უგულებელვყოთ წინათგრძნობა იმ მომენტებისა, რომელთა აყვავება მიეკუთვნება XI საუკუნეს, როგორც ამას წარმოგვიდგენენ ქვაზე ჭრისა (კანკელები) და ოქრომჭედლობის [6] მრავალრიცხოვანი ძეგლები. მართლაც, ფიგურის მთლიანი ბლოკის აღქმასა და მისი თავის ხაზგასმულ ექსპრესიულობასთან ერთად, ქრისტეს გამოსახულებას იშხანის ჯვარცმაზე აქვს ისეთი დეტალები, როგორიცაა მსუბუქი ტალღისებური გადასვლა ერთი მხარიდან მეორისაკენ, მსუბუქი ჩაღრმავება გულმკერდის შუაგულში; ცერის დასაწყისი, მიუხედავად საკმაოდ გაბრტყელებული ხელის მტევნისა სწორკუთხა თითებით, გამოყოფილია არა უბრალოდ ჩაჭრილი ხაზით, არამედ რელიეფის მსუბუქი ამაღლებით; ფეხის ტერფები ამოზნექილია მსუბუქ მომრგვალებად იმ ადგილას, სადაც იგრძნობა ლურსმნები. ეს დეტალები, მსგავსი აღნიშნული დეტალებისა ზემოთ განხილულ ფილაში ს. ოლგინსკოედან,

უცილობლად აყენებს ამ უკანასკნელს იშხანის ჯვრის მახლობელ ხანაში, მით უმეტეს, რომ ქრისტეს ფიგურა იშხანის ჯვარცმაში ჯერ კიდევ ისევე შებოჭილია თავისი საკუთარი ბლოკით, როგორც ფიგურები ს. ოლგინსკოეში ნაპოვნ რელიეფში, სადაც ეს მომენტი გაძლიერებულია მათი მომცველი მოჩარჩოების ვერტიკალებით. თუმცა, რასაკვირველია, იშხანის ჯვარცმის ისეთი უპირატესობა, როგორიცაა ფიგურის პროპორციები, არ შეიძლება მიეწეროს მხოლოდ პლასტიკური ხელოვნების სახეს—ქედურ ხელოვნებას. უეჭველია, ქვაზე ჭრის ტექნიკურ თავისებურებებს არ შეიძლება არ შეექმნა ერთგვარი განსხვავება მიდგომის მხრივ, მაგრამ თავისი გადაწყვეტის საერთო ხასიათითაც, მიუხედავად პლასტიკურ ღირებულებათა არსებობისა, ს. ოლგინსკოეში ნაპოვნი ფილა ინარჩუნებს ორნამენტულ-დეკორაციულ მომენტებს, რომლებიც აღნიშნული იყო IX საუკუნის ზემოხსენებულ ძეგლებში („ფერისცვალების“ ქედური ხატი, რელიეფი ოპიზიდან). ეს გვაძლევს უფლებას დავაყენოთ ოლგინსკოეს რელიეფი შესრულების დროის მიხედვით იშხანის ჯვარცმის ახლოს, მაგრამ არა მის გვერდით. ქვაზე ჭრის ძეგლებშივე—ვალეს რელიეფში (დათარიღებულია X ს. უკანასკნელი მეოთხედით [7]) გვხვდება ზემოთ აღნიშნულთა მსგავსი ელემენტები. აქ ერთ-ერთ ფრაგმენტში ანგელოზის ტანისამოსის დამუშავება პირობითი რჩება (ორნამენტულიც კი), მაგრამ ნაოჭები გამოყოფილია წახნაგებად, ისინი, არ გამოდიან რა ერთი დონის საზღვრებიდან, მაინც არღვევენ რელიეფის გარეგან ზედაპირს, რაც უკვე ქმნის ფიგურის შებოჭილობისაგან გათავისუფლების პირობას. მაგრამ მთავარი აქ შემდეგში მდგომარეობს: შარავანდისა და ფრთების ზედაპირი დამუშავებულია არა გრაფიკულად, არამედ მკვეთრად გამოყოფილი ცალკეული „ნიჟარებით“ (ე. ი. ძაბრისებრი ჩაღრმავებებით). აღნიშნული ფიგურის ხელიც აგრეთვე იწყებს გამოყოფას ფივურის მთლიანი ბლოკიდან. ამრიგად, მიუხედავად იმისა, რომ უკანასკნელი მაგალითი მოყვანილი იყო ფასადის შემამკობელი რელიეფებიდან, რასაც არ შეიძლება არ შეესუსტებინა ზოგიერთი პლასტიკური მომენტი (შორიდან ხედვისათვის გათვალისწინებული), იგი ადასტურებს ყველაფერს ზემოთ თქმულს და აგრეთვე აყენებს ს. ოლგინსკოეში ნაპოვნ რელიეფურ ფილას დაახლოებით X საუკუნის შუახანების ძეგლთა რიგში, ე. ი. ქართულ სახვით ხელოვნებაში პლასტიკის აყვავების მომენტის მოსამზადებელ ხანაში.

სსსრ მეცნიერებათა აკადემია
ქართული ხელოვნების ისტორიის ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 15.12.1950)

დამოწმებული ლიტერატურა

1. Материалы по археологии Кавказа (МАК), т. IV, Москва, 1894.
2. Д. Айналов. Некоторые хриетианские памятники Кавказа. Арх. изв. и зам, т. III, Москва, 1895.

3. Д. Айналов. Эллинистические основы византийского искусства (отд. оттиск из Записок Рус. арх. о-ва, т. XII). СПБ, 1904.
4. გ. ჩუბინაშვილი. ქართული ხელოვნების ისტორია. ტ. I, თბილისი, 1936.
5. გ. ჩუბინაშვილი. 973 წლის ჯვარი იშხანიდან. საქ. მუზ. მოამბე, VI, თ. 1931.
6. გ. ჩუბინაშვილი. X და XI საუკუნეთა მიჯნაზე წარმოშობილი ქართული ჭედური ხელოვნების ხასიათის საკითხისათვის. ქართული ხელოვნება, ტ. II, 1948.
7. რ. მეფისაშვილი. ვალეს ტაძარი და მისი აღმშენებლობის ორი ძირითადი პერიოდი. ქართული ხელოვნება, ტ. III, 1950.

პასუხისმგებელი რედაქტორის მოადგილე ი. გიგინეიშვილი

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

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 4.12.1951 | სააღრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 4,5
ანაწყობის ზომა 7×11 | საბეჭდი ფორმა 5,5
შეკვ. 1536 | უე 05068 | ტირაჟი 1500

3. Д. Айналов. Эллинистические основы византийского искусства (отд. оттиск из Записок Рус. арх. о-ва, т. XII). СПБ, 1904.
4. გ. ჩუბინაშვილი. ქართული ხელოვნების ისტორია. ტ. I, თბილისი, 1936.
5. გ. ჩუბინაშვილი. 973 წლის ჯვარი იშხანიდან. საქ. მუზ. მოამბე, VI, თ. 1931.
6. გ. ჩუბინაშვილი. X და XI საუკუნეთა მიჯნაზე წარმოშობილი ქართული ჭედური ხელოვნების ხასიათის საკითხისათვის. ქართული ხელოვნება, ტ. II, 1948.
7. რ. მეფისაშვილი. ვალეს ტაძარი და მისი აღმშენებლობის ორი ძირითადი პერიოდი. ქართული ხელოვნება, ტ. III, 1950.

პასუხისმგებელი რედაქტორის მოადგილე ი. გიგინეიშვილი

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

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 4.12.1951 სააღრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 4,5
ანაწყობის ზომა 7×11 საბეჭდი ფორმა 5,5
შეკვ. 1536 უე 05068 ტირაჟი 1500

ფასი 5 მან.

დ ა მ ტ კ ი ც ე ბ უ ლ ი ა
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. XII, № 8, 1951
Основное, грузинское издание