

524  
964/3



საქართველოს სსრ  
პეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა ე ბ ე



СООБЩЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР



BULLETIN  
OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR



XXXV:1

თბილისი 1964 ივლისი

საქართველოს სსრ  
პეცნიკებათა აკადემიის

ბ ი უ ლ ე ტ ე ნ ი

\*

СООБЩЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

\*

BULLETIN  
OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

\*

XXXV

1964



9398



В. М. КОКИЛАШВИЛИ

ОБ ОЦЕНКЕ НАИЛУЧШИХ ПРИБЛИЖЕНИЙ И МОДУЛЕЙ  
ГЛАДКОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕБЕГОВСКИХ  
ПРОСТРАНСТВАХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ  
ФУНКЦИЙ С ПРЕОБРАЗОВАННЫМ  
РЯДОМ ФУРЬЕ

(Представлено академиком Н. П. Веква 2.10.1963)

В настоящей заметке даны оценки в различных лебеговских пространствах наилучшего приближения и модуля гладкости периодической функции, ряд Фурье которой получен преобразованием ряда Фурье заданной функции, через наилучшее приближение и модуль гладкости последней.

Оценки наилучших приближений и модулей гладкости в пространстве  $L_p$  через подобные характеристики в смысле метрики  $L_p$  даны в работах [1-4].

В работе [4] получены оценки для дифференцируемых функций, причем в смысле порядка уточнены оценки, данные ранее.

Теоремы, приведенные в настоящей заметке, являются дальнейшим обобщением и уточнением известных оценок. При соответствующем подборе преобразующей последовательности  $(\lambda_n)_{n=1}^{\infty}$  получим оценки для дифференцируемых в смысле Вейля функций. Вместе с этим наши оценки более точные, а именно, у нас  $\gamma = q$  при  $1 < q \leq 2$ ,  $\gamma = 2$  при  $2 < q < +\infty$  (см. теорему 1) тогда как в ранее известных результатах фигурируют  $\gamma = p$  при  $1 < p \leq 2$ ,  $\gamma = 2$  при  $2 \leq p < +\infty$ .

Пусть  $2\pi$ -периодическая функция  $f(x)$  принадлежит пространству  $L_p$  ( $1 < p < +\infty$ ). Для каждой функции  $f(x) \in L_p(0, 2\pi)$  рассмотрим величины:  $\omega_k(f, h)_{L_p}$  — модуль гладкости порядка  $k$  функции  $f(x)$  в соответствующей метрике и  $E_n(f)_{L_p}$  — наилучшее приближение периодической функции  $f(x)$  посредством тригонометрических полиномов степени  $\leq n$ .



Рассмотрим положительную, неубывающую функцию  $\lambda(x)$ , для которой найдется постоянное  $K$ , такое, что

$$\lambda(2x) \cong K\lambda(x) \quad (\text{условие } \Delta_2) \quad (1)$$

для всех  $x$ ,  $0 < x < +\infty$ .

Справедлива следующая

Теорема 1. Если сходится ряд

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \lambda_{\nu}^{\gamma} \nu^{\gamma(1/p-1/q)-1} E_{\nu}^{\gamma}(f)_{L_p} \quad (1 < p \cong q < +\infty), \quad (2)$$

то существует функция  $F(x) \in L_q(0, 2\pi)$ , для которой ряд

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \lambda_{\nu} (a_{\nu} \cos \nu x + b_{\nu} \sin \nu x)$$

( $a_{\nu}$ ,  $b_{\nu}$  — коэффициенты Фурье  $f(x)$ ) будет рядом Фурье и справедлива оценка

$$E_n(F)_{L_q} \cong A_{p', q'} \lambda \left\{ \lambda_n n^{(\alpha/p-1/q)} E_n(f)_{L_p} + \left[ \sum_{\nu=n+1}^{\infty} \lambda_{\nu}^{\gamma} E_{\nu}^{\gamma}(f)_{L_p} \nu^{\gamma(1/p-1/q)-1} \right]^{1/\gamma} \right\}, \quad (3)$$

где  $\gamma=q$  при  $1 < q \cong 2$ ,  $\gamma=2$  при  $2 \cong q < +\infty$ ,  $n=1, 2, 3, \dots$

Доказательство. Для доказательства первой части теоремы достаточно показать, что

$$\lim_{\substack{m \rightarrow \infty \\ n \rightarrow \infty}} \|S_{2^m-1}^{(1)}(x) - S_{2^n-1}^{(1)}(x)\|_{L_q} = 0, \quad (4)$$

где  $S_{2^k-1}^{(1)}(x)$  — частные суммы тригонометрического ряда (1).

В силу теоремы Литтлвуда—Палеса [5] имеем

$$\|S_{2^m-1}^{(1)}(x) - S_{2^n-1}^{(1)}(x)\|_{L_q} \cong A_q \left\{ \int_0^{2\pi} \left( \sum_{\mu=m+1}^n \left| \sum_{\nu=2^{\mu-1}}^{2^{\mu}-1} \lambda_{\nu} A_{\nu}(x) \right|^2 dx \right)^{q/2} \right\}^{1/q}. \quad (5)$$

Применяя к правой части (4) неравенство

$$\left( \sum_{\mu=1}^r \alpha_{\mu} \right)^{q/2} \cong \sum_{\mu=1}^r \alpha_{\mu}^{q/2} \quad \text{при } 1 < q \cong 2$$

и неравенство Минковского при  $2 \cong q < +\infty$ , можно показать, что

$$\|S_{2^m-1}^{(1)}(x) - S_{2^n-1}^{(1)}(x)\|_{L_q} \cong A_q \left( \sum_{\mu=m+1}^n \left\| \sum_{\nu=2^{\mu-1}}^{2^{\mu}-1} \lambda_{\nu} A_{\nu}(x) \right\|_{L_p}^{\gamma} \right)^{1/\gamma}, \quad (6)$$

где  $\gamma=q$  при  $1 < q \cong 2$ ,  $\gamma=2$  при  $2 \cong q < +\infty$ .

Далее, в силу известного неравенства С. М. Никольского [5]

$$\left\| \sum_{\nu=3^{p-1}}^{3^p-1} \lambda, A, (x) \right\|_{L_q} \cong C_1 2^{p(1/p-1/q)} \left\| \sum_{\nu=3^{p-1}}^{3^p-1} \lambda, A, (x) \right\|_{L_p}, \quad q > p,$$

где  $C_1$  зависит только от  $p$  и  $q$ .

При помощи преобразования Абеля получим

$$\begin{aligned} \sum_{\nu=3^{p-1}}^{3^p-1} \lambda, A, (x) &= \sum_{\nu=3^{p-1}}^{3^p-2} (\lambda_\nu - \lambda_{\nu+1}) [(S_\nu - f) + (f - S_{3\nu^{p-1}})] + \\ &+ \lambda_{3^p-1} [(S_{3^p-1} - f) + (f - S_{3^{p-1}})]. \end{aligned}$$

Следовательно, в силу соотношения  $\|f(x) - S_n(x)\|_{L_p} = E_n(f)_{L_p}$  будем иметь

$$\left\| \sum_{\nu=3^{p-1}}^{3^p-1} \lambda, A, (x) \right\|_{L_p} \cong C_2 \lambda_{3^{p-1}} E_{3^{p-1}}(f)_{L_p}. \quad (7)$$

Значит,

$$\|S_{2^{m-1}}^{(l)} - S_{2^{n-1}}^{(l)}\|_{L_q} \cong C_3 \left\{ \sum_{\mu=m+1}^n \lambda_{2^{\mu-1}}^{\gamma} E_{2^{\mu-1}}^{\gamma}(f)_{L_p} 2^{p(1/p-1/q)\gamma} \right\}^{1/\gamma},$$

где  $\gamma = q$  при  $1 < q \leq 2$ ,  $\gamma = 2$  при  $2 \leq q < +\infty$ .

Принимая во внимание монотонность последовательности наилучших приближений и условие (г), легко убедиться в справедливости следующей оценки:

$$\begin{aligned} \|S_{2^{m-1}}^{(l)} - S_{2^{n-1}}^{(l)}\|_{L_q} &\cong C_4 \left\{ \sum_{\mu=m+1}^n \sum_{\nu=2^{\mu-1}}^{2^{\mu}-1} \frac{\lambda_{\nu}^{\gamma} E_{\nu}^{\gamma}(f)_{L_p} \nu^{\gamma(1/p-1/q)}}{\nu} \right\}^{1/\gamma} = \\ &= C_4 \left\{ \sum_{\nu=2^{m-1}}^{2^n-1} \frac{\lambda_{\nu}^{\gamma} E_{\nu}^{\gamma}(f)_{L_p} \nu^{\gamma(1/p-1/q)}}{\nu} \right\}^{1/\gamma}. \quad (8) \end{aligned}$$

В силу сходимости ряда (2) последнее выражение стремится к нулю при  $m, n \rightarrow \infty$ . Следовательно, существует функция  $F(x) \in L_q(0, 2\pi)$ , для которой тригонометрический ряд

$$\sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k (a_k \cos kx + b_k \sin kx)$$

является рядом Фурье.

Предположим, что  $2^m \leq n < 2^{m+1}$ . Применяя неравенство С. М. Никольского и оценку (7), получаем

$$\begin{aligned} \|F(x) - S_n^{(l)}(x)\|_{L_q} &\leq \|F(x) - S_{2^{m+1}-1}^{(l)}(x)\| + \|S_{2^{m+1}-1}^{(l)}(x) - S_n^{(l)}(x)\|_{L_q} \cong \\ &\cong C_2 \lambda_n n^{(1/p-1/q)} E_n(f)_{L_p} + \|F(x) - S_{2^{m+1}-1}^{(l)}(x)\|_{L_q}. \end{aligned}$$



Далее при помощи теоремы Литтльвуда—Палеса и неравенства (7) можно вывести оценку

$$\|F(x) - S_{2^{m+1}-1}^{(l)}(x)\|_{L_q} \cong C_6 \left\{ 2^{(m+2)(1/p-1/q)} E_{2^{m+1}-1}(f)_{L_p} \lambda_{2^{m+1}} + \left[ \sum_{\mu=m+3}^{\infty} 2^{\mu\gamma(1/p-1/q)} E_{2^{\mu}-1}^{\gamma}(f)_{L_p} \lambda_{2^{\mu}}^{\gamma} \right]^{1/\gamma} \right\}.$$

Приняв во внимание монотонность последовательности наилучших приближений и условие (1), аналогично (8) получим

$$\|F(x) - S_{2^{n+1}-1}^{(l)}(x)\|_{L_q} \cong C_7 \left\{ \lambda_n n^{(1/p-1/q)} E_n(f)_{L_p} + \sum_{\nu=m+3}^{\infty} \sum_{\nu=2^{\mu}-2}^{2^{\mu}-1} \frac{\lambda_{\nu}^{\gamma} E_{\nu}^{\gamma}(f)_{L_p} \nu^{(1/p-1/q)\gamma}}{\nu} \right\}.$$

Следовательно,

$$E_n(f)_{L_q} \cong C_{p, q, l} \left\{ \lambda_n E_n(f)_{L_p} n^{(1/p-1/q)} + \left[ \sum_{\nu=n+1}^{\infty} \lambda_{\nu}^{\gamma} E_{\nu}^{\gamma}(f)_{L_p} \nu^{(1/p-1/q)\gamma-1} \right]^{1/\gamma} \right\},$$

$n = 1, 2, 3, \dots$

Теорема доказана.

С помощью рассуждений, аналогичных проведенным при доказательстве теоремы 1, можно показать, что справедлива

**Теорема 2.** Если сходится ряд (1), то справедлива оценка

$$\omega_k \left( F, \frac{1}{n} \right)_{L_q} \cong B_{p, q, l, k} \left\{ \frac{1}{n^k} \left( \sum_{\nu=1}^n \lambda_{\nu}^{\gamma} \nu^{(k+1/p-1/q)-1} E_{\nu-1}^{\gamma}(f)_{L_p} \right)^{1/\gamma} + \left( \sum_{\nu=n-1}^{\infty} \lambda_{\nu}^{\gamma} \nu^{(1/p-1/q)-1} E_{\nu}^{\gamma}(f)_{L_p} \right)^{1/\gamma} \right\}, \quad (9)$$

где  $\gamma = q$  при  $1 < q \leq 2$ ,  $\gamma = 2$  при  $2 \leq q < +\infty$ ;  $n = 1, 2, \dots$

Известное неравенство Джексона дает возможность в силу теоремы 2 утверждать, что справедлива

**Теорема 3.** Если сходится интеграл

$$\int_0^1 \frac{\omega_1^{\gamma}(f, t)_{L_p} \lambda^{\gamma} \left( \frac{1}{t} \right)}{t^{(1/p-1/q)+1}} dt, \quad (q > p), \quad (10)$$

то при  $l < k$  справедлива оценка

$$\omega_\epsilon(F, h)_{L_p} \cong D_{p^*, q^*, \lambda, \gamma} \left\{ h^t \left[ \int_h^1 \frac{\omega_k^1(f, t)_{L_p} \lambda^t \left( \frac{1}{t} \right)}{t^{(t+1/p-1/q)+1}} dt \right]^{1/\gamma} + \right. \\ \left. + \left[ \int_0^h \frac{\omega_k^1(f, t)_{L_p} \lambda^t \left( \frac{1}{t} \right)}{t^{(2/p-1/q)+1}} dt \right]^{1/\gamma} \right\}. \quad (11)$$

Заметим, что вышеприведенные теоремы можно сформулировать для обобщенных  $\lambda$ -производных, введенных нами в работе [7].

Методика работы [4] дает возможность получить оценки, аналогичные (3), (9), (11) для функций, заданных на всей вещественной оси, если рассматривать приближения целыми функциями конечной степени.

Далее приведем оценку снизу модуля гладкости функции с преобразованным рядом Фурье.

Справедлива следующая

**Теорема 4.** Пусть неубывающая последовательность  $\{\lambda_n\}_{n=1}^\infty$  удовлетворяет условию  $\Delta_2$ ,  $F(x) \in L_p(0, 2\pi)$ ,  $1 < p < +\infty$  и

$$F(x) \sim \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos kx + B_k \sin kx),$$

тогда имеет место оценка

$$\omega_k \left( F, \frac{1}{n} \right)_{L_p} \cong \frac{C_{p^*, q^*, \lambda}}{n^\gamma} \left\{ \sum_{v=1}^n \lambda_v^1 v^{2k-1} E_{v-1}^1(f)_{L_p} \right\}^{1/\gamma},$$

где  $f(x)$  — функция с коэффициентами Фурье

$$\frac{A_k}{\lambda_k}, \quad \frac{B_k}{\lambda_k}, \quad k = 1, 2, \dots;$$

$\gamma = 2$  при  $1 < p \leq 2$ ,  $\gamma = p$  при  $2 \leq p < +\infty$ .

Доказательство опирается на теорему Литтльвуда—Палея и теорему Марцинкевича о мультипликаторах рядов Фурье [8].

Академия наук Грузинской ССР  
Тбилисский математический  
институт  
им. А. М. Размадзе



მ. კოკილაშვილი

პერიოდულ ფუნქციათა საშუალო მიახლოებების  
და სიბლუზის მოდულთა შეფასების  
შესახებ ლემების სხვადასხვა  
სიმრცხე

რეზიუმე

ამ შრომაში მოცემულია იმ ფუნქციის საუკეთესო მიახლოებათა და სიბლუზის მოდულთა შეფასებები  $L_p$  სივრცეში, რომლის ფურიეს მწკრივი მიიღება მოცემული ფუნქციის ფურიეს მწკრივის გარკვეული გარდაქმნით, უკანასკნელის ასეთივე მახასიათებლების საშუალებით, მხოლოდ  $L_p$  ( $p < q$ ) სივრცის აზრით. მიღებული შედეგები წარმოადგენს ცნობილი (იხ. [4]) შეფასებების განზოგადებასა და დაზუსტებას.

დასრულებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Коношков. Наилучшие приближения тригонометрическими полиномами и коэффициенты Фурье. Мат. сборник, т. 44 (86), № 81, 53—83.
2. А. Ф. Тиман. Теория приближения функций действительного переменного. М., 1960, стр. 378.
3. И. И. Ибрагимов. Экстремальные свойства целых функций конечной степени. Баку, 1962, стр. 266.
4. М. Ф. Тиман. Наилучшие приближения и модули гладкости функций, заданных на всей вещественной оси. Известия высших учебных заведений, № 6 (251), 1961.
5. С. М. Никольский. Неравенства для целых функций конечной степени и их применение в теории дифференцируемых функций многих переменных. Труды Математического ин-та им. В. А. Стеклова, т. XXXVIII, 1951, 244—278.
6. D. Littlewood and G. Paley. Theorems on Fourier series and power series. Proc. Lond. Math. Soc., (2), 42, 1937, 52—89.
7. В. М. Кокшашвили. О наилучшем приближении функции и коэффициентах Фурье—Лебега. Сообщения АН ГССР, т. XXX, № 3, 1963.
8. J. Marcinkiewicz. Sur les multiplicateurs des séries de Fourier. Studia math., 8, 1939.





МАТЕМАТИКА

Г. Н. ТЕВЗАДЗЕ

К ТЕНЗОРНОЙ ТЕОРИИ КОНГРУЭНЦИИ ПРЯМЫХ  
 ПРОЕКТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 21.10.1963)

Применяя метод нормализованных поверхностей А. П. Нордена [1, 2], можно попытаться построить тензорную теорию конгруэнции прямых трехмерного проективного пространства. В настоящей заметке излагаются некоторые результаты в этом направлении.

Рассмотрим те области на фокальных поверхностях заданной конгруэнции  $C$ , между точками которых их общие касательные прямые (т. е. лучи из  $C$ ) устанавливают взаимно-однозначное соответствие, и отнесем их к общим криволинейным координатам  $u^1, u^2$ . Далее, с каждой точкой фокальной поверхности свяжем две прямые следующим образом.

Пусть  $x^{\alpha}_k$  и  $\xi^{\alpha}_k$  — соответственно точечные и тангенциальные представления фокальных поверхностей заданной конгруэнции  $C$  ( $k$  всегда принимает значения 1 и 2, а  $\alpha$  — от 1 до 4 включительно). Обозначим буквой  $\pi$  произвольно фиксированную прямую плоскости  $\xi^{\alpha}_1$ , проходящую через точку  $x^{\alpha}_1$ , но не лежащую в плоскости  $\xi^{\alpha}_1$ , а через  $\pi$  — прямую плоскости  $\xi^{\alpha}_2$ , проходящую через точку  $x^{\alpha}_2$ , но не лежащую в плоскости  $\xi^{\alpha}_2$ . Согласно терминологии А. П. Нордена, прямую  $\pi$  назовем нормалью первого рода фокальной поверхности  $x^{\alpha}_1$  и нормалью второго рода фокальной поверхности  $x^{\alpha}_2$ , а прямую  $\pi$  — нормалью второго рода поверхности  $x^{\alpha}_1$  и нормалью первого рода поверхности  $x^{\alpha}_2$ . После выбора нормалей  $\pi_1, \pi_2$  будем говорить, что фокальные поверхности  $x^{\alpha}_k$  нормализованы фокально. Заметим, что введенные А. П. Норденом [1] так называемые нормализации Грина и Лапласа принадлежат классу фокальных нормализаций. Кроме того, согласно одному результату А. П. Нордена ([1], стр. 185), фокальные нормализации поверхности характеризуются

ются тем, что они допускают существование поля абсолютно параллельных направлений  $\psi^i$ . Например, если на фокально нормализованной поверхности  $x^a$  индуцируются внутренние аффинные связности первого и второго родов соответственно  $G_{ij}^a$ ,  $\Gamma_{ij}^a$ , то

$$\nabla_i v^a = h_i v^a; \quad \nabla_i \psi^{(a)} = r_i \psi^{(a)}, \quad (1)$$

где (как всюду ниже) тензорные индексы принимают значения 1 и 2, а тензорный индекс в скобках означает ковариантное дифференцирование в связности  $\Gamma_{ij}^a$ . Кроме того,  $\psi^i$  — касательное к поверхности  $x^a$  направление, лежащее на луче конгруэнции  $C$ , а  $\psi^j$  — сопряженное ему направление

$$\psi_j = k \delta_{in} v^a, \quad (2)$$

причем здесь  $k$  — коэффициент пропорциональности, а  $\delta_{in}$  — тензор асимптотической сети поверхности  $x^a$ . В равенстве (1)  $h_i$  и  $r_i$  — некоторые векторы, связанные соотношением

$$r_i = h_i - 2 T_i + \partial_i \lg k, \quad (3)$$

где  $T_i$  — чебышевский вектор асимптотической сети  $\delta_{ij}$  в связности  $G_{ij}^a$ .

В этих рассуждениях естественно исключаются из рассмотрения конгруэнции с совпадающими фокальными поверхностями и конгруэнции на фокальных поверхностях, у которых совпадают асимптотические линии. Поэтому будем предполагать, что поверхности  $x^a$  неразвертывающиеся и

$$v = \psi^i v_i \neq 0. \quad (4)$$

При этом, как принято в теории Нордена [1], тензорные индексы всюду поднижаются и опускаются с помощью дискриминантного бивектора тензора  $\delta_{ij}$ .

Основные уравнения фокально нормализованных фокальных поверхностей заданной конгруэнции  $C$  имеют вид [1, 2]

$$\partial_j y^a = l_j y^a + G_{ij}^a y^a + p_{ij} x^a + b_{ij} X^a; \quad \partial_j \eta_{ai} = \lambda_j \eta_{ai} + \Gamma_{ij}^a \eta_{ai} + \pi_{ij} \xi_a + b_{ij} \Sigma_a \quad (5)$$

$$y^a = \partial_i x^a - l_i x^a; \quad \eta_{ai} = \partial_i \xi_a - \lambda_i \xi_a, \quad (6)$$

где  $l_i$ ,  $\lambda_i$ ,  $p_{ij}$ ,  $\pi_{ij}$  — тензорные величины;  $b_{ij}$  — тензор асимптотической сети поверхности  $x^a$ ;  $G_{ij}^a$  ( $\Gamma_{ij}^a$ ) — коэффициенты аффинной связности пер-



ного (второго) рода, индуцированной на поверхности  $X^*$ ;  $X^*$  — точка на прямой  $\pi$ ;  $\Sigma_1$  — плоскость, проходящая через прямую  $\pi$ , а  $\Sigma_2$  — плоскость, проходящая через прямую  $\pi$ .

Исходя из коэффициентов основного уравнения (4) для фокальной поверхности  $X^*$ , мы с их помощью определяем все коэффициенты основного уравнения (5) для фокальной поверхности  $X^*$ . На базе этих соотношений и строится нами теория конгруэнций прямых проективного пространства.

Точечные и тангенциальные представления второй фокальной поверхности теперь, в силу (1), можно записать в виде

$$\frac{x^*}{2} = a v^* \frac{y_i^*}{1}; \quad \frac{\xi_i^*}{2} = a v^* \eta_{ai}^* \quad (7)$$

где  $a$ ,  $\underline{a}$  — коэффициенты пропорциональности.

С другой стороны, учитывая, что точки  $y_i^*$  лежат на прямой  $\pi$ , а плоскости  $\eta_{ai}^*$  проходят через прямую  $\pi$ , согласно (6) и (7), получим

$$\left. \begin{aligned} \frac{y_i^*}{2} &= a \left( v^* \frac{p_{ai}}{1} \frac{x^*}{1} + \frac{1}{k} v_i X^* \right), & l_i &= l_i + h_i + d_i \lg a; \\ \frac{\eta_{ai}^*}{2} &= a \left( v^* \frac{\pi_{ai}}{1} \frac{\xi_i^*}{1} - k v_i \Sigma_a \right); & \lambda_i &= \lambda_i + r_i + d_i \lg a. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Отсюда для тензоров асимптотических сетей фокальных поверхностей заданной конгруэнции выводится следующее соотношение:

$$b_{ij} = a \underline{a} \left( \frac{p - \pi}{2} v_{ij} - \frac{p + \pi}{2} \frac{b_{ij}}{1} \right), \quad (9)$$

где

$$v_{ij} = \frac{1}{v} \left( k v_i v_j - \frac{1}{k} \partial_i v_j \right); \quad (10)$$

$$p = v^* v^j \frac{p_{aj}}{1}; \quad \pi = v^* v^j \frac{\pi_{aj}}{1}. \quad (11)$$

Отметим, что величины  $p$ ,  $\pi$  всегда отличны от нуля для неразвертывающихся поверхностей.

Теперь, согласно формуле (9), равенство

$$p = \pi \quad (12)$$

будет необходимым и достаточным условием того, чтобы на фокальных поверхностях конгруэнции асимптотические линии соответствовали друг



другу. Этот признак конгруэнтности  $W$  равносильен каждому из следующих равенств:

$$\frac{\rho_{,i}^i}{2} = \frac{\pi_{,i}^i}{1}; \quad \frac{R_{,i}^i}{2} = \frac{\rho_{,i}^i}{1}; \quad \frac{R_{ij}{}^{kl}}{2} = \frac{\rho_{ij}{}^{kl}}{1} \quad (13)$$

где  $\frac{R_{ij}}{2}$  — тензор Риччи связности  $\frac{G_{ij}^a}{2}$ , а  $\frac{\rho_{ij}}{1}$  — тензор Риччи связности  $\frac{\Gamma_{ij}^a}{1}$ .

Но, кроме того, векторы  $r_i$ ,  $h_i$  и величины  $\rho$ ,  $\pi$  связаны соотношением

$$\nabla^i (h_i + r_i) = 2 \frac{\rho - \pi}{v}, \quad (14)$$

откуда в силу (3), (12) следует еще другой признак конгруэнтности  $W$ ; а именно при надлежащем нормировании векторов поля  $v^i$  и  $v^i$  каждое из уравнений

$$\nabla_i v^m = -T_i v^m; \quad \nabla_i v^{(m)} = T_i v^m \quad (15)$$

характеризует конгруэнтность  $W$ .

Условие (15) имеет место при фокальной нормализации фокальной поверхности, но легко записать его в случае произвольно нормализованной поверхности

$$\nabla_i v^m = -(T_i + \tau_i) v^m + \frac{b_{im}}{1} \frac{b^{mj}}{1} \tau_j v^m - \partial_i^n l_m v^m, \quad (16)$$

где  $l_i$ ,  $\tau_i$  — чебышевские векторы первого и второго родов соответственно сопряженной сети

$$\omega_{ij} = \frac{1}{v} (v_j \bar{v}_i + v_i \bar{v}_j). \quad (17)$$

В качестве второго следствия формулы (9) отметим необходимое и достаточное условие аполлярности асимптотических сетей фокальных поверхностей конгруэнтности:

$$\rho = -\pi. \quad (18)$$

Здесь же укажем, что величины  $\rho$ ,  $\pi$  в случае произвольной нормализации фокальной поверхности в отличие от выражения (11) имеют вид

$$\rho = (\rho_{ni} + \nabla_i l_n - l_i l_n) v^i v^i; \quad \pi = (\pi_{ni} + \nabla_i \tau_n - \tau_i \tau_n) v^i v^i. \quad (19)$$

При специальной выборке элементов проективных реперов  $\lambda_{k,i}^a$ ,  $\Sigma_k$  связь между тензорами  $\frac{\rho_{ij}}{k}$ ,  $\frac{\pi_{ij}}{k}$  фокально нормализованных поверхностей дается формулой

$$\frac{\rho_{ij}}{2} = \frac{1}{\pi} \frac{\pi_{ij}}{1} \left( \frac{\rho - \pi}{2} \omega_i^i + \frac{\rho + \pi}{2} \partial_i^i \right), \quad \frac{\pi_{ij}}{2} = \frac{1}{\rho} \frac{\rho_{ij}}{1} \left( \frac{\rho - \pi}{2} \omega_i^i + \frac{\rho + \pi}{2} \partial_i^i \right). \quad (20)$$



откуда следует, что для конгруэнции  $W$  всегда

$$\frac{\rho_{ij}}{2} = \frac{\pi_{ij}}{1}; \quad \frac{\pi_{ij}}{2} = \frac{\rho_{ij}}{1}. \quad (21)$$

Кроме того, зависимость между внутренними сопряженными связностями фокальных поверхностей конгруэнции  $W$  выражается соотношением

$$G_{ij}^n = \Gamma_{ij}^n - \frac{1}{2} (v_i^n + b_i^n) b_j^n \partial_i \lg \rho + \frac{1}{2} (w_i^n + \beta_i^n) \partial_j \lg \rho. \quad (22)$$

Теперь, в силу равенств (9), (20), (22) заключаем, что

$$\rho = \pi = \text{const} \quad (23)$$

будет необходимым и достаточным условием того, чтобы фокальные поверхности заданной конгруэнции коррелятивно соответствовали друг другу. Эта корреляция с необходимостью является нуль-системой, а сама конгруэнция всегда будет принадлежать соответствующему линейному комплексу прямых. Впрочем, геометрически также совершенно очевидно, что конгруэнция, принадлежащие линейному комплексу прямых, характеризуются тем, что их фокальные поверхности коррелятивно соответствуют друг другу в соответствующей нуль-системе.

Что касается конгруэнции общего вида, для сопряженных связностей ее фокальных поверхностей приведем формулы

$$G_{ij}^n = \Gamma_{ij}^n - 2 h_i - 2 T_i - \partial_i \lg \frac{k}{\rho}; \quad \Gamma_{in}^n = G_{in}^n - 2 r_j + 2 T_i + \partial_i \lg (k \pi), \quad (24)$$

из которых для чебышевских векторов асимптотических сетей фокально нормализованных фокальных поверхностей конгруэнции получается следующая зависимость:

$$T_i = -T_i + \partial_i \lg \sqrt{\frac{\pi}{\rho}}, \quad (25)$$

где  $T_i$  — чебышевский вектор асимптотической сети  $b_j$  в связности  $G_{ij}^n$ .

В частности, для конгруэнции  $W$  эти тензоры будут отличаться только знаком.

Наконец заметим, что, применяя эти рассуждения теперь к сопряженному вектору  $\psi^i$ , совершенно аналогично изложенному, можно развить теорию преобразования Лапласа для конгруэнции прямых проективного пространства.

ბ. თემატიკა

პროექციული სივრცის წრფითა კონგრუენციების ტენზორული  
თეორიისათვის

რეზიუმე

წრომაში მიღებულია ძირითადი ფორმულები პროექციული სივრცის  
წრფითა კონგრუენციების ტენზორული თეორიის ასაგებად.

ზოგადი ფორმულებიდან გამოყვანილია ტენზორული დახასიათება  $W$   
კონგრუენციებისა და ისეთი კონგრუენციებისა, რომლებიც წრფივ კომპლექსს  
მიეკუთვნებიან.

დავითაშვილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Норден. О внутренних геометриях поверхностей проективного пространства. Труды семинара по векторному и тензорному анализу, 6, 1948, 125—224.
2. А. П. Норден. Пространство аффинной связности. М., 1950.



МАТЕМАТИКА

И. Т. КИГУРАДZE

О НЕКОЛЕБЛЮЩИХСЯ РЕШЕНИЯХ УРАВНЕНИЯ

$$u'' + a(t)|u|^n \operatorname{sign} u = 0$$

(Представлено академиком В. Д. Купрадзе 30.10.1963)

Рассмотрим уравнение

$$u'' + a(t)|u|^n \operatorname{sign} u = 0, \quad (1)$$

где  $n > 1$ , а функция  $a(t)$  неотрицательна и суммируема на каждом конечном отрезке положительной полуоси.

В статьях [1—6] устанавливаются критерии колеблемости и неколеблемости решений уравнения (1) и даются оценки колеблющихся решений для больших значений аргумента.

В настоящей заметке выводятся асимптотические формулы для неколеблющихся решений этого уравнения.

**Теорема 1.** Для того чтобы существовали решения  $u_i(t)$  ( $i=1, 2$ ) уравнения (1), имеющие при  $t \rightarrow \infty$  вид

$$u_i(t) \sim c_i t^{i-1}, \quad c_i \neq 0 \quad (i=1, 2), \quad (2)$$

необходимо и достаточно выполнение условия

$$\int_0^{\infty} t^n a(t) dt < \infty. \quad (3)$$

**Доказательство.** Если соблюдается условие (3), то легко можно показать, что при достаточно большом  $t_0$  интегральные уравнения

$$u_1(t) = c_1 + \int_t^{\infty} (t - \tau) a(\tau) |u_1(\tau)|^n \operatorname{sign} u_1(\tau) d\tau,$$

$$u_2(t) = c_2 t + \int_{t_0}^t d\tau \int_{\tau}^{\infty} a(x) |u_2(x)|^n \operatorname{sign} u_2(x) dx$$

<sup>0</sup> Здесь и в дальнейшем запись  $f_1(t) \sim f_2(t)$ ,  $f(t) \sim 0$ ,  $f(t) \sim \infty$  соответственно означают  $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{f_1(t)}{f_2(t)} = 1$ ,  $\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = 0$ ,  $\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \infty$ .



и, следовательно, дифференциальные уравнение (1) имеют решения вида (2), а если уравнение (1) имеет решения вида (2), то из равенства

$$\int_{t_0}^{\infty} a(t) |u_2(t)|^n dt = |u_2'(t_0) - u_2'(\infty)|$$

непосредственно следует справедливость условия (3).

Заметим, что эта теорема сохраняет силу при любом  $n \geq 0$ .

**Теорема 2.** Если  $a(t)$  — абсолютно непрерывная положительная функция и

$$\int_0^{\infty} t^n a(t) \exp\left(\frac{n-1}{2} \int_0^t a_+(\tau) d\tau\right) dt < \infty, \quad (4)$$

где  $a_+(t) = \frac{1}{2} (|a'(t)| + a'(t))$ , то для любого нетривиального решения  $u(t)$  уравнения (1) имеем

$$u(t) \sim c_1 + c_2 t, \quad |c_1| + |c_2| \neq 0.$$

*Доказательство.* Так как

$$\begin{aligned} u^{n+1}(t) + \frac{2}{n+1} a(t) |u(t)|^{n+1} &= \\ = c_0 \exp\left(\frac{2}{n+1} \int_0^t a'(\tau) |u(\tau)|^{n+1} \left[ u^2(\tau) + \frac{2}{n+1} |u(\tau)|^{n+1} \right]^{-1} d\tau\right) &\leq \\ \leq c_0 \exp\left(\int_0^t a_+(\tau) d\tau\right). \end{aligned}$$

то

$$u'(t) = O\left[\exp\left(\frac{1}{2} \int_0^t a_+(\tau) d\tau\right)\right]$$

и

$$u(t) = O\left[t \cdot \exp\left(\frac{1}{2} \int_0^t a_+(\tau) d\tau\right)\right]. \quad (5)$$

Перепишем уравнение (1) следующим образом:

$$u'' + a_1(t) u = 0, \quad (6)$$

где

$$a_1(t) = a(t) |u(t)|^{n-1}.$$



Согласно (4) и (5) имеем

$$\int_0^{\infty} t a_1(t) dt < \infty.$$

В силу этого из теоремы 1 следует, что уравнение (6) имеет фундаментальную систему решений вида  $u_1(t) \sim 1$ ,  $u_2(t) \sim t$ . Следовательно,

$$u(t) = c_1 u_1(t) + c_2 u_2(t) \sim c_1 + c_2 t.$$

Если  $a(t)$  — невозрастающая функция, из теоремы 2 получается теорема Аткинсона [1].

**Лемма.** Пусть функция  $b_1(x)$  абсолютно непрерывна, а функции  $b_2(x)$  и  $b_3(x)$  непрерывны и имеют ограниченную вариацию на  $[x_0, \infty)$ . Если

$$x^{-\sigma} b_1(x) \sim b_1, \quad x^{-2\sigma} b_1'(x) \sim 0, \quad b_i(x) \sim b_i \quad (i=2, 3), \quad (7)$$

где  $0 \leq \sigma \leq 1$ ,  $b_1 \neq 0$ ,  $b_2 < 0$ ,  $b_3 > 0$ , то для любого нетривиального неколеблющегося (а если  $b_2 > 0$ , то для любого нетривиального) решения  $w(x)$  уравнения

$$w'' + b_1(x) w' + b_2(x) w + b_3(x) |w|^n \operatorname{sign} w = 0 \quad (8)$$

имеем либо  $w(x) \sim (|b_2|/|b_3|)^{1/(n-1)}$ , либо

$$w(x) \sim v(x) \sim 0, \quad (9)$$

где  $v(x)$  — какое-нибудь нетривиальное решение уравнения

$$v'' + b_1(x) v' + b_2(x) v = 0. \quad (10)$$

**Доказательство.** Нетрудно проверить, что если решение  $w(x)$  уравнения (8) удовлетворяет условию  $w(x) \sim r$ , то  $r$  является корнем уравнения  $b_2 |r|^n \operatorname{sign} r + b_3 r = 0$ , т. е. либо  $r=0$ , либо  $r = \left| \frac{b_2}{b_3} \right|^{1/(n-1)}$ .

Поэтому для доказательства леммы достаточно показать, что либо  $w(x) \sim r \neq 0$ , либо соблюдается условие (9).

Пусть  $b_1 > 0$ . Так как  $\int_{x_0}^{\infty} (b_1(x) + b_2(x)) dx < \infty$ , то из тождества

$$\begin{aligned} w^2(x) + \int_{x_0}^x b_1(\zeta) w^2(\zeta) d\zeta + b_2(x) w^2(x) + \frac{2}{n+1} b_3(x) |w(x)|^{n+1} = \\ = c_0 + \int_{x_0}^x \left( w^2(\zeta) d b_2(\zeta) + \frac{2}{n+1} |w(\zeta)|^{n+1} d b_3(\zeta) \right) \end{aligned} \quad (11)$$



9398



легко заключим, что каждое решение уравнения (8) является ограниченным при  $x \rightarrow \infty$ . Учитывая условия (7), в силу ограниченности  $w(x)$  из уравнений (8) и (11) находим

$$|w'(x)| \leq c_1, \quad |w''(x)| \leq c_1 x^2, \quad \int_{x_0}^{\infty} \zeta^2 w^2(\zeta) d\zeta < \infty. \quad (12)$$

Пусть  $\Delta x$  — неотрицательный корень уравнения

$$\Delta x = \frac{1}{2c_1} |w'(x)| (x + \Delta x)^{-\sigma}.$$

Так как

$$|w'(\zeta)| \geq |w'(x)| - |w''(\xi)| (\zeta - x) \geq |w'(x)| - c_1 \zeta^2 (\zeta - x) \quad \text{при } \zeta \geq x, \quad \text{то}$$

$$\int_x^{\infty} \zeta^2 w^2(\zeta) d\zeta \geq \int_x^{x+\Delta x} \zeta^2 |w'(x)| \left[ |w'(x)| - 2c_1 \zeta^2 (\zeta - x) \right] d\zeta > \frac{1}{8c_1} |w'(x)|^2.$$

Следовательно,  $w'(x) \sim 0$ . В силу этого из тождества (11) вытекает, что существует конечный предел  $\lim_{x \rightarrow \infty} w(x)$ .

Пусть  $b_1 < 0$ . Не представляет большой трудности доказать, что в этом случае каждое положительное решение уравнения (8) ограничено при  $x \rightarrow \infty$ . Докажем, что существует  $\lim_{x \rightarrow \infty} w(x)$ . Допустим противное.

Тогда для последовательности точек экстремумов функции  $w(x)$  из тождества (11) имеем

$$\int_{x_0}^{x_k} b_1(\zeta) w^2(\zeta) d\zeta < c_2, \quad \text{т. е.} \quad \int_{x_0}^{\infty} b_1(\zeta) w^2(\zeta) d\zeta < \infty.$$

В силу этого из уравнений (8) и (11) заключим, что соблюдаются условия (12). Тогда  $w'(x) \sim 0$ . Поэтому из тождества (11) следует, что  $w(x)$  имеет конечный предел при  $x \rightarrow \infty$ .

Докажем, наконец, что каждое стремящееся к нулю решение уравнения (8) имеет вид (9).

Пусть  $v_1(x)$  и  $v_2(x)$  — линейно независимые решения уравнения (10) и

$$v_2(x) = v_1(x) \int_x^{\infty} \exp\left(-\int_{x_0}^{\zeta} b_1(\xi) d\xi\right) v_1^{-1}(\zeta) d\zeta,$$

а  $w(x)$  — стремящееся к нулю нетривиальное решение уравнения (8). Допустим, что

$$\int_{x_0}^{\infty} \exp\left(\int_{x_0}^x b_1(\zeta) d\zeta\right) v_1(x) v_2(x) |w(x)|^{n-1} dx < \infty. \quad (13)$$

В силу этого условия легко можно показать, что интегральные уравнения

$$w_1(x) = v_1(x) + \int_{x_0}^x \exp\left(\int_{x_0}^{\zeta} b_1(\zeta) d\zeta\right) (v_1(\zeta) v_2(x) - v_2(\zeta) v_1(x)) \tilde{b}_2(\zeta) w_1(\zeta) d\zeta,$$

$$w_2(x) = v_2(x) - \int_x^{\infty} \exp\left(\int_x^{\zeta} b_1(\zeta) d\zeta\right) (v_1(\zeta) v_2(x) - v_2(\zeta) v_1(x)) \tilde{b}_2(\zeta) w_2(\zeta) d\zeta,$$

где  $\tilde{b}_2(x) = b_2(x) |w(x)|^{n-1}$ , имеют решения  $w_1(x)$  и  $w_2(x)$ , такие, что  $w_1(x) \sim c_1 v_1(x)$ , где  $c_1 > 0$ ,  $w_2(x) \sim v_2(x)$ . Но  $w_1(x)$  и  $w_2(x)$ , как и  $w(x)$ , являются решениями дифференциального уравнения

$$w'' + b_1(x)w' + (b_2(x) + \tilde{b}_2(x))w = 0.$$

Поэтому  $w(x) = c_1 w_1(x) + c_2 w_2(x)$ . Отсюда следует, что  $w(x)$  имеет вид (9).

Итак, нам остается доказать, что соблюдается условие (13). Преобразуем

$$s = \frac{1}{\sigma+1} x^{\sigma+1}, \quad v(x) = x^{-\sigma/2} \exp\left(-\frac{1}{2} \int_{x_0}^x b_1(\zeta) d\zeta\right) \omega(s)$$

уравнение (10) приводится к виду

$$\omega'' = b^2(x) \omega, \quad (14)$$

где

$$b^2(x) = \left(\frac{1}{4} b_1^2(x) + \frac{1}{2} b_1'(x) - b_2(x) - \frac{2\sigma + \sigma^2}{4} x^{-2}\right) x^{-2\sigma}.$$

По теореме Перрона ([7], стр. 56—64), каково бы ни было  $\varepsilon > 0$ , для линейно независимых решений  $\omega_1(s)$  и  $\omega_2(s)$  уравнения (14) имеем

$$\omega_1(s) = O[\exp(b + \varepsilon)s], \quad \omega_2(s) = O[\exp(\varepsilon - b)s].$$

Следовательно,

$$v_1(x) = O\left[\exp\left(\frac{b + \varepsilon}{\sigma + 1} x^{\sigma+1} - \frac{1}{2} \int_{x_0}^x b_1(\zeta) d\zeta\right)\right],$$

$$v_2(x) = O\left[\exp\left(\frac{\varepsilon - b}{\sigma + 1} x^{\sigma+1} - \frac{1}{2} \int_{x_0}^x b_1(\zeta) d\zeta\right)\right]. \quad (15)$$



Аналогично докажем, что

$$w(x) = O \left[ \exp \left( \frac{x-b}{\sigma+1} x^{n+1} - \frac{1}{2} \int_{x_0}^x b_1(\tau) d\tau \right) \right]. \quad (16)$$

Из оценок (15) и (16) непосредственно следует, что имеет место условие (13). Лемма доказана.

В дальнейшем будем считать, что  $a(t) = a_0(t) + \alpha(t)$ , где  $a_0(t)$  дважды непрерывно дифференцируема и положительна, а  $\alpha(t)$  непрерывна и

$$\bigvee_0^{\infty} \frac{\alpha(t)}{a_0(t)} < \infty, \quad \frac{\alpha(t)}{a_0(t)} \sim 0.$$

Мы будем также пользоваться обозначениями

$$A_1(t) = \frac{2(n+1)}{(n-1)^2} + (a_0^{-1/(n+3)}(t))^n a_0^{-2/(n+3)}(t) \left( \int_1^{\infty} a_0^{2/(n+3)}(\tau) d\tau \right)^2,$$

$$A_2(t) = A_1(t) \left| \ln \int_1^{\infty} a_0^{2/(n+3)}(\tau) d\tau \right| - \frac{n+3}{(n-1)^2},$$

$$A_3(t) = \frac{2(n+1)}{(n-1)^2} + (a_0^{-1/(n+3)}(t))^n a_0^{-2/(n+3)}(t) \left( \int_0^t a_0^{2/(n+3)}(\tau) d\tau \right),$$

$$A_4(t) = A_3(t) \ln \int_0^t a_0^{2/(n+3)}(\tau) d\tau + \frac{n+3}{(n-1)^2}.$$

**Теорема 3.** Если  $\bigvee_0^{\infty} A_1(t) < \infty$  и  $A_1(t) \sim A_1 < 0$ , то любое решение  $u(t)$  уравнения (1) имеет один из следующих видов:

$$u(t) \sim \pm |A_1|^{1/n-1} a_0^{-1/(n+3)}(t) \left( \int_1^{\infty} a_0^{2/(n+3)}(\tau) d\tau \right)^{-2/(n-1)}, \quad (17)$$

$$u(t) \sim C_0 \neq 0. \quad (18)$$

**Доказательство.** В результате подстановки

$$x = \left| \ln \int_1^{\infty} a_0^{2/(n+3)}(\tau) d\tau \right|,$$

$$u(t) = a_0^{-1/(n+3)}(t) \left( \int_1^{\infty} a_0^{2/(n+3)}(\tau) d\tau \right)^{-2/(n-1)} w(x) \quad (19)$$

уравнение (1) принимает вид (8), где

$$b_1(x) = \frac{n+3}{n-1}, \quad b_2(x) = A_1(t), \quad b_3(x) = 1 + \frac{\alpha(t)}{a_0(t)}.$$

Так как соблюдаются все условия доказанной выше леммы, то либо  $w(x) \sim \pm |A_1|^{1/(n-1)}$ , либо имеет место (9). Легко видеть, что в качестве линейно независимых решений уравнения (8) служат функции

$$v_1(x) = t a_0^{2/(n+2)}(t) \left( \int_t^\infty a_0^{2/(n+2)}(\tau) d\tau \right)^{2/(n-1)},$$

$$v_2(x) = a_0^{1/(n+2)}(t) \left( \int_t^\infty a_0^{2/(n+2)}(\tau) d\tau \right)^{2/(n-1)}.$$

Так как  $b_2 = A_1 < 0$ , то из уравнения (10) следует  $v_1(x) \sim 0$ . Отсюда ясно, что если  $w(x)$  не стремится к  $|A_1|^{1/(n-1)}$ , то  $w(x) \sim c_0 v_2(x)$ ,  $c_0 \neq 0$ . В силу этого из (19) определяем, что  $u(t)$  имеет либо вид (17), либо вид (18). Теорема доказана.

Допустим теперь, что  $A(t) \sim 0^{(1)}$ , но  $A_2(t) \sim A_2 < 0$ . Полагая, что

$$x = 2 \left| \ln \int_t^\infty a_0^{2/(n+2)}(\tau) d\tau \right|^{1/2},$$

$$u(t) = \left( \frac{x}{2} \right)^{-2/(n-1)} a_0^{-1/(n+2)}(t) \left( \int_t^\infty a_0^{2/(n+2)}(\tau) d\tau \right)^{-2/(n-1)} w(x),$$

для  $w(x)$  получаем уравнение вида (8), где

$$b_1(x) = \frac{n+3}{2(n-1)} \left( x - \frac{2}{x} \right), \quad b_2(x) = A_2(t) + 4n(n-1)^{-2} x^{-2},$$

$$b_3(x) = 1 + \frac{x(t)}{a_0(t)}.$$

Теперь из леммы непосредственно вытекает

**Теорема 4.** Если  $\bigvee_0^\infty A_2(t) < \infty$  и  $A_2(t) \sim A_2 < 0$ , то каждое решение  $u(t)$  уравнения (1) имеет один из следующих видов:

$$u(t) \sim \pm |A_2|^{1/(n-1)} \left| \ln \int_t^\infty a_0^{2/(n+2)}(\tau) d\tau \right|^{-1/(n-1)} a_0^{-1/(n+2)}(t) \left( \int_t^\infty a_0^{2/(n+2)}(\tau) d\tau \right)^{-2/(n-1)},$$

$$u(t) \sim c_0 \neq 0.$$

Повторяя дословно доказательства теорем 3 и 4, заменяя при этом введе интеграл от  $t$  до  $\infty$  интегралом от  $0$  до  $t$ , убеждаемся в справедливости следующих теорем:

<sup>1)</sup> Легко показать, что если  $A_1(t) \sim A_1 > 0$ , то  $\int_0^\infty a(t)^n dt < \infty$ . Но этот случай уже рассмотрен в теоремах 1 и 2.

Теорема 5. Если  $\int_0^{\infty} A_3(t) dt < \infty$  и  $A_3(t) \sim A_3 < 0$ , то для любого неколеблющегося решения  $u(t)$  уравнения (1) имеем либо

$$u(t) \sim \pm |A_3|^{1/(n-1)} a_0^{-1/(n+3)}(t) \left( \int_0^t a_0^{2/(n+3)}(\tau) d\tau \right)^{-2/(n-1)},$$

либо  $u(t) \sim c_0 \neq 0$ .

Теорема 6. Если  $\int_0^{\infty} A_4(t) dt < \infty$  и  $A_4(t) \sim A_4 < 0$ , то для любого неколеблющегося решения  $u(t)$  уравнения (1) имеем либо

$$u(t) \sim \pm |A_4|^{1/(n-1)} \left( \ln \int_0^t a_0^{2/(n+3)}(\tau) d\tau \right)^{-1/(n-1)} \times \\ \times a_0^{-1/(n+3)}(t) \left( \int_0^t a_0^{2/(n+3)}(\tau) d\tau \right)^{-2/(n-1)},$$

либо  $u(t) \sim C_0 \neq 0$ .

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 30.10.1963)

შემაჯობებელი

0. პილუბაძე

მართი განტოლების არარსებვადი ამოხსნების შესახებ

რ ე ზ ი თ მ ე

შრომაში განხილულია განტოლება

$$u'' + a(t) |u|^n \operatorname{sign} u = 0,$$

სადაც  $n > 1$ , ხოლო ფუნქცია  $a(t)$  არაუარყოფითი და ჯამებადია დადებითი ნახევარღერძის ყოველ სასრულ შონაკვეთზე. დადგენილია ასიმპტოტური ფორმულები ამ განტოლების არარსებვადი ამოხსნებისათვის.

შეფარებულია ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. F. V. Atkinson. On second-order non-linear oscillations. Pacific J. Math., 5, 1965, 643—647.
2. И. Т. Кигурадзе. Об одном обобщении теоремы Армеллини—Тонелли—Самсона. Труды ТГУ, 84, 1962, 233—238 (на грузинском языке).
3. И. Т. Кигурадзе. Об условиях колеблемости решений уравнения... Casopis pro pestování matematiky, 87, № 3, 1962, 492—495.
4. И. Т. Кигурадзе. Об асимптотических свойствах решений уравнения... Сообщения АН ГССР, 30, № 2, 1963, 129—136.
5. Я. Куршвейль. Заметка по колеблющимся решениям уравнения... Casopis pro pestování matematiky, 85, № 3, 1960, 357, 358.
6. М. Ясны. О существовании колеблющегося решения нелинейного дифференциального уравнения второго порядка... Casopis pro pestování matematiky, 85, № 1, 1960, 78—83.
7. Р. Беллман. Теория устойчивости решений дифференциальных уравнений. ИЛ, М., 1954.



МАТЕМАТИКА

Д. А. ГЕОРГОБИАНИ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКИХ РЕШАЮЩИХ  
 ФУНКЦИЙ К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРАХ  
 В ОДНОЙ ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. П. Гокцелани 12.12. 1963)

Настоящая статья имеет целью применить теорию статистических решений к одному типу задач, возникающих в различных отраслях народного хозяйства [1]. Эти задачи можно описать в терминах теории массового обслуживания.

Предположим, что на некоторое предприятие в одинаковые интервалы времени поступают запросы. Пусть максимальное количество запросов, которое может быть обслужено в течение одного интервала времени, равно  $\alpha$ . Если запросов поступает больше, чем обслуживается, то возникает очередь. Максимально допустимая длина очереди равна  $\beta$ . При поступлении запросов в большом количестве, когда возникает необходимость создания очереди длиннее  $\beta$ , «лишние» запросы попросту устраняются, остаются без обслуживания.

Ставится вопрос определения  $\alpha$  и  $\beta$  в некотором оптимальном смысле.

§ 1. Математическая модель задачи. Пусть дан случайный процесс с дискретным временем  $\{X_t\}$  ( $t=0, 1, 2, \dots$ ). Величины  $X_i$  и  $X_j$  при  $i \neq j$  независимы, одинаково распределены и имеют плотность распределения

$$f_{x,\lambda}(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x > 0, \\ \frac{x^\lambda}{\Gamma(\lambda)} \lambda^{\lambda-1} e^{-x\lambda} & \text{при } x < 0, \end{cases}$$

где  $x > 0$ ,  $\lambda > 1$  — постоянные.

Рассмотрим случайные процессы  $Y_t, Z_t, U_t$ , связанные с  $X_t$  следующим образом:

$$\begin{aligned} Y_t &= \begin{cases} \alpha, & \text{если } X_t + Z_t \geq \alpha, \\ X_t + Z_t, & \text{если } X_t + Z_t < \alpha, \end{cases} \\ Z_{t+1} &= \begin{cases} 0, & \text{если } X_t + Z_t \leq \alpha, \\ X_t + Z_t - \alpha, & \text{если } \alpha < X_t + Z_t < \alpha + \beta, \\ \beta, & \text{если } X_t + Z_t \geq \alpha + \beta. \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$



$$U_i = \begin{cases} 0, & \text{если } X_i + Z_i \leq \alpha + \beta, \\ X_i + Z_i - (\alpha + \beta), & \text{если } X_i + Z_i > \alpha + \beta. \end{cases}$$

В работе [2] было доказано, что процесс  $\{Z_i\}$  является однородным во времени случайным процессом, имеющим эргодическое стационарное распределение  $\Phi(x)$ , все точки роста которого лежат в  $[0, \beta]$ , и равно там решению интегрального уравнения

$$\Phi_i(x) = F_{\kappa, \lambda}(x + \alpha - \beta) + \frac{x^\lambda}{\Gamma(\lambda)} \int_0^\beta \Phi_1(t) (x + \alpha - t)^{\lambda-1} e^{-x(t+\alpha-\beta)} dt, \quad (2)$$

где

$$F_{\kappa, \lambda}(x) = \frac{x^\lambda}{\Gamma(\lambda)} \int_0^x x^{\lambda-1} e^{-x^2} dx.$$

Распределение  $\Phi(x)$  и примем за распределение  $Z_i$  при большой  $i$ . Тогда при таких  $i$  распределение  $Y_i$  тоже можно считать стационарным. Функция распределения  $Y_i$  дается, как легко видеть, следующим выражением:

$$\phi(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < 0, \\ \int_0^x \Phi(x-y) dF_{\kappa, \lambda}(y), & \text{если } 0 \leq x < \alpha, \\ 1, & \text{если } x \geq \alpha. \end{cases} \quad (3)$$

§ 2. Постановка задачи в терминах теории статистических решений. Рассмотренную нами задачу можно истолковать как игру экспериментатора с природой. Пространство  $\Omega$  чистых стратегий природы представляет собой параметрическое семейство функций распределения  $F_{\kappa, \lambda}(x)$ . Каждый элемент  $F \in \Omega$  может быть представлен с помощью точки  $(\alpha, \lambda)$  в прямоугольнике  $[0, k_0; 1, l_0]$ , где  $k_0$  и  $l_0$  — конечные числа. Пространство  $D^f = \{d^f\}$  окончательных решений (чистых стратегий статистика) является трапецией  $[0 \leq \alpha \leq a_0; 0 \leq \beta \leq b_0; \alpha > \beta]$ .

Убыток, который терпит статистик, когда выбирает окончательное решение  $d^f = (\alpha, \beta)$  и когда истинным распределением  $X_i$  является  $F_{\kappa, \lambda}(x)$ , можно дать следующей формулой (см. [3], опр. 3.6):

$$L(F, d^f) = K(d^f) - V(d^f, F), \quad (4)$$

где  $K(d^f) = K(\alpha, \beta)$  — известная непрерывная функция  $\alpha$  и  $\beta$ ;

$$V(d^f, F) = N \int_{-\infty}^{\infty} x d\phi(x) = N \int_0^{\alpha} x d\phi(x) \quad (N - \text{постоянная}).$$





Относительный убыток (сожаление), причиняемый вынесением неоптимального решения  $d'$ , если  $F$  есть истинное распределение  $X_n$ , дается через [4]

$$W(x, \lambda, \alpha, \beta) = W(F, d') = L(F, d') - \min_{d'} L(F, d').$$

Будем называть функцию  $W(F, d')$  весовой функцией.

Лемма.  $W(x, \lambda, \alpha, \beta)$  является непрерывной функцией всех аргументов в области

$$\begin{aligned} 0 \leq x \leq k_0, \quad 0 \leq \alpha \leq a_0, \quad \alpha > \beta, \\ 1 \leq \lambda \leq l_0, \quad 0 \leq \beta \leq b_0. \end{aligned}$$

Доказательство. Так как ядро уравнения (2) является непрерывной функцией аргумента и двух параметров  $x$  и  $\lambda$ , то из ограниченности  $\Phi(f)$  следует, что интеграл в правой части (2) дает непрерывную функцию параметров  $\alpha, \beta, x, \lambda$  (см. [5], § 4). Тогда из непрерывности  $F_{x,\lambda}(x)$  по  $x, x, \lambda$  следует, что решение  $\Phi(x)$  является непрерывной функцией  $\alpha, \beta, x, \lambda$ . Как и выше, из выражения (3) следует непрерывность  $\phi(x)$  по всем параметрам. Отсюда и из теоремы Хелли [6] вытекает непрерывность  $V(x, \lambda, \alpha, \beta)$  по всем аргументам. Из формулы (4) по непрерывности  $K(\alpha, \beta)$  следует непрерывность  $L(x, \lambda, \alpha, \beta)$ . Тогда непрерывной по  $x, \lambda$  является и  $\min_{d'} L$  и лемма доказана.

С помощью весовой функции  $W(F, d')$  введем метрику Хелли в  $D'$  следующим образом:

$$R(d'_1, d'_2) = \sup_{F \in \Omega} |W(F, d'_1) - W(F, d'_2)| \quad (5)$$

и аналогично в  $\Omega$

$$R(F_1, F_2) = \sup_{d' \in D'} |W(F_1, d') - W(F_2, d')|. \quad (6)$$

Пусть теперь  $C_{D'}$  — наименьшее борелевское поле подмножеств  $D'$ , содержащее в качестве элементов все открытые в смысле метрики (5) подмножества  $D'$ . Аналогично, пусть  $C_{\Omega}$  — наименьшее борелевское поле подмножеств  $\Omega$ , содержащее все открытые в смысле метрики (6) подмножества  $\Omega$ .

Вследя так называемую решающую функцию  $\delta(x) = \delta(x_1, \dots, x_k)$ .  $\delta(x)$  есть функция выборки  $x = (x_1, \dots, x_k)$  при фиксированном  $k$  и при любых  $x_1, \dots, x_k$ . Она является вероятностной мерой, определенной на  $C_{D'}$ . Для всякого  $\bar{D}' \in C_{D'}$   $\delta(\bar{D}' | x)$  обозначает вероятность того, что  $d' \in \bar{D}'$ , если наблюдается выборка  $x$ . Мы рассматриваем несеквенциальный случай, т. е. такой случай, когда  $\delta(D' | x) = 1$  при любом  $x$ .



Вероятность того, что окончательное решение окажется элементом  $\bar{D}'$  при использовании  $\bar{\delta}$  и при истинном распределении  $F$  (наблюдения производятся над случайными величинами  $X_1, \dots, X_k$ ), равна

$$p(\bar{D}' | F, \bar{\delta}) = \int_{R_k} \bar{\delta}(\bar{D}' | x_1, \dots, x_k) dF(x_1, \dots, x_k), \quad (7)$$

где  $R_k$  — полное пространство выборок объема  $k$  и  $F(x_1, \dots, x_k)$  — функция совместного распределения случайных величин  $X_1, \dots, X_k$ .

Среднее значение убытка  $W(F, d')$  при использовании  $\bar{\delta}$  и истинном распределении  $F$  равно

$$p(F, \bar{\delta}) = \int_{D'} W(F, d') dp(\bar{D}' | F, \bar{\delta}). \quad (8)$$

Эта функция в нашем случае есть функция риска (стоимость испытания считаем сравнительно ничтожной и пренебрежем ею).

$$r(\xi, \bar{\delta}) = \int_{\Omega} p(F, \bar{\delta}) d\xi \quad (9)$$

выражает средний риск относительно априорного распределения  $\xi$  на  $\Omega$ .

Таким образом, по существу имеем игру экспериментатора с природой с функцией выигрыша  $r(\xi, \bar{\delta})$ , где  $\xi$  — смешанная стратегия природы (первого игрока),  $\bar{\delta}$  — стратегия статистика (второго игрока).

§ 3. Теорема существования. Чтобы применить основные результаты главы III из работы [4] к нашей задаче, т. е. чтобы показать справедливость теорем, относящихся к точной определенности игры, к существованию минимаксных и байесовских решений и т. д., нужно проверить справедливость допущений 3.1 — 3.6 [4]. Все они в нашем случае проверяются просто. Стоит остановиться лишь на допущении 3.4, где требуется компактность  $D'$  в смысле метрики (5). В самом деле, так как пространства  $D'$  и  $\Omega$  компактны в евклидовой топологии, а функция  $W$  непрерывна в смысле топологии на  $D' \times \Omega$ , то метрика (5) приводит к топологии, в которой  $D'$  компактно.

Из компактности  $D'$  вытекает его сепарабельность в смысле метрики (5). Тогда из определений  $C_{D'}$  и  $C_{\Omega}$  следует, что  $W(F, d')$  является измеримой функцией ( $C_{D'} \times C_{\Omega}$ ), где  $C_{D'} \times C_{\Omega}$  означает наименьшее борелевское поле подмножеств  $D' \times \Omega$ , содержащее декартово произведение каждого из элементов  $C_{D'}$  на каждый из элементов  $C_{\Omega}$  (см. [4], 2.1.1.).

Пусть  $f_{x_i}^i(x)$  — плотность совместного распределения  $X_1, \dots, X_k$ . Ясно, что измеримость  $f_{x_i}^i(x)$  по отношению к  $C_{\Omega} \times B$  ( $B$  — наименьшее борелевское поле в  $R_k$ ) гарантируется тем, что топологии в  $\Omega$ , обычные и порожденные метрикой (6), эквивалентны. Действительно, так как минимальные борелевские поля, натянутые на этих двух эквивалентных тополо-

гих, совпадают, то из непрерывности  $f_{x,\lambda}^i(x)$  по  $x, \lambda$  следует измеримость  $(C_\Omega)$ , а из непрерывности по  $x$  следует измеримость  $(B)$ . Итак,  $f_{x,\lambda}^i(x)$  измерима по отношению к  $(C_\Omega \times B)$ .

Эти замечания об измеримости гарантируют существование интегралов (7), (8), (9) (измеримость  $\delta(\bar{D}'|x)$ , как функции  $x$ , должна быть обеспечена при конструировании  $\delta$ ).

После вышесказанного все теоремы главы III работы [4] применимы к нашей задаче. В частности, справедливы следующие теоремы.

**Теорема 1.** *Задача определения оптимальных параметров, рассмотренная как нулевая игра двух лиц, вполне определена, т. е.*

$$\sup_{\xi} \inf_{\delta} r(\xi, \delta) = \inf_{\delta} \sup_{\xi} r(\xi, \delta).$$

**Теорема 2.** *Существует минимаксное решение, т. е. существует решающая функция  $\delta_0$ , такая, что*

$$\sup_{\xi} r(\xi, \delta_0) \leq \sup_{\xi} r(\xi, \delta) \quad \text{для любого } \delta.$$

**Теорема 3.** *Для любого априорного распределения  $\xi$  существует решающая функция  $\delta_1$ , такая, что  $\delta_1$  является байесовским решением относительно  $\xi$ , т. е.*

$$r(\xi, \delta_1) = \inf_{\delta} r(\xi, \delta).$$

Рассмотрим теперь разбиение области  $\Omega = \{0 \leq x \leq k_0; 1 < \lambda \leq l_0\}$  на прямоугольники следующим образом: отрезок  $[0, k_0]$  делим на  $k$  равных частей, а отрезок  $[1, l_0]$  — на  $l$  равных частей. Из каждого малого прямоугольника выбираем по одной внутренней точке. Совокупность этих точек обозначим через

$$\{\omega_i; i = 1, 2, \dots, kl\}.$$

Аналогично разобьем  $D' = \{0 \leq \alpha \leq a_0; 0 \leq \beta \leq b_0; \alpha > \beta\}$  на  $m$  частей (отрезок  $[0, a_0]$  на  $m$  равных частей, а отрезок  $[0, b_0]$  — на  $n$  равных частей) и возьмем по одной внутренней точке из каждой части. Пусть  $\{d_j^i; j = 1, 2, \dots, mn\}$  — совокупность этих точек.

Если теперь вместо игры относительно  $(\Omega, D')$  рассмотреть игру относительно  $(\{\omega_i\}, \{d_j^i\})$ , то будет иметь место следующая

**Теорема 4.** *Для произвольного  $\varepsilon > 0$  можно подобрать натуральные числа  $k, l, m, n$ , такие, что значение игры относительно  $(\Omega, D')$  будет отличаться от значения игры относительно  $(\{\omega_i\}, \{d_j^i\})$  не более, чем на  $\varepsilon$ .*

Академия наук Грузинской ССР  
Вычислительный центр

(Поступило в редакцию 12.12. 1963)

## წ. ბიორგონია

სტატისტიკურ გადაწყვეტ ფუნქციონირება მეთოდების გამოყენება  
ობტივალურ პარამეტრთა საკითხისათვის მართვის  
მის ამოცანაში

## რ ე ზ ი ე

სტატიაში მოცემულია კავშირი  $\{X_t\}$ ,  $\{Y_t\}$ ,  $\{Z_t\}$ ,  $\{U_t\}$  ( $t=0, 1, 2, \dots$ ) პროცესებს შორის შემდეგი სახით ( $\alpha > \beta$ ):

$$\begin{aligned}
 Y_t &= \begin{cases} \alpha & \text{როცა } X_t + Z_t \geq \alpha \\ X_t + Z_t & \text{როცა } X_t + Z_t < \alpha \end{cases} \\
 Z_{t+1} &= \begin{cases} 0 & \text{როცა } X_t + Z_t \leq \alpha \\ X_t + Z_t - \alpha & \text{როცა } \alpha < X_t + Z_t < \alpha + \beta \\ \beta & \text{როცა } X_t + Z_t \geq \alpha + \beta \end{cases} \\
 U_t &= \begin{cases} 0 & \text{როცა } X + Z \leq \alpha + \beta \\ X_t + Z_t - (\alpha + \beta) & \text{როცა } X + Z > \alpha + \beta. \end{cases}
 \end{aligned}$$

$X_t$  და  $X_j$  ( $i \neq j$ ) ერთნაირად განაწილებული, დამოუკიდებელი შემთხვევითი სიდიდეებია და მათ აქვთ პირსონის III ტიპის სიმკვრივე.

ამოცანა მდგომარეობს  $\alpha$  და  $\beta$  სიდიდეების ობტივალურად არჩევაში. ეს ამოცანა მოყვანილია ორი პირის ნულოვან თამაშზე, სადაც ერთი მოთამაშის (სტატისტიკოსის) სტრატეგია ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), მეორესი (ბუნების) კი — განაწილების ფუნქციების პარამეტრული ოჯახი.

დამტკიცებულია, რომ ასეთი თამაში სავსებით განსაზღვრულია. მას აქვს მინიმაქსური ამოხსნა, ამასთან ნებისმიერი აპრიორული განაწილებისათვის აქვს ბაიესისებური ამოხსნა.

## დამოწმებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Сванидзе, А. Горонджадзе. Расчет многолетней емкости регулирующего водохранилища методом функциональных уравнений. Труды Ин-та энергетики, т. XVII, Тбилиси, 1963.
2. Д. А. Георгобани. Доказательство существования и единственности стационарного эргодического распределения в одной задаче регулирования потоков. Сообщения АН ГССР, XXXV: 1, 1964.
3. Д. Блекуэлл, М. А. Гиршник. Теория игр и статистических решений. ИЛ, 1958.
4. A. Wald. Statistical Decision Functions. Wiley, 1950.
5. В. И. Смирнов. Курс высшей математики, т. IV. М., 1953.
6. И. П. Натансон. Теория функций вещественной переменной. М., 1957.



МАТЕМАТИКА

Т. С. ВАШАКМАДЗЕ

О МНОГОТОЧЕЧНЫХ ЛИНЕЙНЫХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧАХ

(Представлено академиком Ш. Е. Микеладзе 15.1.1964)

В настоящей работе изучаются многоточечные линейные краевые задачи, т. е. задачи следующего вида:

$$L[y] \equiv y^{(n)}(x) + X_1(x) y^{(n-1)}(x) + \dots + X_n(x)y = X_0(x) \quad (0 < x < l), \quad (1)$$

$$L_i[y] \equiv \sum_{s=1}^m \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(s)} y^{(j)}(x_s) = \gamma_i \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (2)$$

где

$$0 < x_1 < x_2 < \dots < x_{m-1} < x_m < l. \quad (3)$$

Многоточечная линейная краевая задача как для одного дифференциального уравнения, так и для системы дифференциальных уравнений изучалась многими математиками [1—4]. В качестве аппарата построения решения такого рода краевых задач эти авторы чаще всего используют теорию интегральных уравнений Фредгольма II рода. Что же касается приближенного решения многоточечных задач, то этому вопросу посвящена статья [5], в которой используется метод итерационного типа, основанный на построении последовательности решения задач Коши, сходящихся к задаче (1) — (2) без указания порядка сходимости. Наряду с другими вопросами двухточечной граничной задачи, когда коэффициенты зависят от совокупности параметров, посвящена монография Ш. Е. Микеладзе [6]. В ней указан ряд методов, которые вместе с данными статьи [7] послужили источником настоящей статьи.

Приведем некоторые выражения, фигурирующие в § 1 и 2 настоящей работы.

Наряду с дифференциальным уравнением (1) мы будем рассматривать и эквивалентное ему интегральное уравнение Вольтерра II рода:

$$y(x) = \sum_{k=0}^{n-1} f_{k+1}(x) y^{(k)}(0) + f_0(x) + \int_0^x K(x,t) y(t) dt. \quad (4)$$



Пусть  $\{Y_i(x)\}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) — нормальная фундаментальная система решений уравнения

$$L[y] \equiv 0, \quad (5)$$

а  $Y(x) \equiv Y_0(x)$  — частное решение уравнения (1) с нулевыми начальными данными. Тогда, очевидно, функции  $Y_i(x)$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ) будут удовлетворять интегральным уравнениям

$$Y_i(x) = f_i(x) + \int_0^x K(x,t) Y_i(t) dt \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n). \quad (6)$$

Если применить метод последовательных приближений к уравнениям (6), то можно найти  $\{Y_i(x)\}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Что касается частного решения  $Y_0(x)$ , то его можно найти с помощью фундаментальной системы ([1], стр. 60 или [8], стр. 803).

В этой работе мы также будем пользоваться выражением для общего решения (1), которое, как известно, имеет вид

$$y(x) = \sum_{k=0}^{n-1} y^{(k)}(0) Y_{k+1}(x) + Y(x). \quad (7)$$

Подставляя выражение (7) в граничные условия (2) и решая полученную линейную алгебраическую систему уравнений относительно неизвестных  $y^{(k)}(0)$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$ ), находим решение задачи (1) — (2).

Хотя указанный прием решения многоточечной краевой задачи теоретически безукоризнен, на практике не часто удается провести вычисления до конца из-за трудности, а порой из-за невозможности выполнения квадратур. Поэтому возникает необходимость применения методов численного анализа, что мы и делаем в § 2 настоящей работы.

Кроме того, ниже в § 1 будут также рассмотрены некоторые краевые задачи специального вида, для которых сделаем ряд замечаний, вытекающих из результатов работы А. А. Маркова [9].

### § 1. Краевая задача Вазде-Пуассена

Если в граничных условиях (2) допустить, что  $a_{ij}^0 = 1$ ,  $d_{ij}^0 = 0$ , то получим

$$y(x_i) = \gamma_i \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (1.1)$$

После этого рассмотрим дифференциальное уравнение (1) с граничными условиями (1.1). Задача (1) — (1.1) называется, как общепринято, задачей Вазде-Пуассена [3], для которой справедлива следующая

**Теорема 1.1.** Для любого уравнения (1) с непрерывными коэффициентами  $X_i(x)$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ) ( $0 < x < 1$ ) существует такое

$h_0 > 0$ , что задача (1) — (1.1), рассмотренная в промежутке  $(0, 2h_0 < l)$ , имеет единственное решение.

Заметим, что при доказательстве теоремы (1.1) существенно пользуются теоремой Маркова ([9], стр. 148).

Доказательство теоремы 1.1: применим теорему Маркова относительно функции  $\{Y_i(x)\}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Так как

$$\Delta_1[Y_1(0)] = Y_1(0) = 1, \Delta_2[Y_1(0), Y_2(0)] = 1, \dots, \Delta_n[0] = 1,$$

то из непрерывности определителей

$$\Delta_i[Y_1(x), Y_2(x), \dots, Y_i(x)] = \Delta_i(x) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1.2)$$

следует существование такого числа  $h_0 > 0$ , что в промежутке  $[0, h_0]$  все  $\Delta_i(x) > 0$ . Если теперь точки  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) взять из  $[0, h_0]$ , то в силу леммы 1 получим

$$\det\{Y_i(x_j)\}_1^n > 0. \quad (1.3)$$

Из уравнения (7) с использованием условий (1.1) легко получается

$$\sum_{j=0}^{n-1} Y_{j+1}(x_i) y^{(j)}(0) = \gamma_i - Y(x_i) \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (1.4)$$

и так как  $\det\{Y_i(x_j)\}_1^n \neq 0$ , то система (1.4) имеет единственное решение. Поэтому задача (1) — (1.1) однозначно разрешима.

Пусть теперь начальные значения  $\{Y_i(x)\}$  будут даны не при  $x = 0$  (как выше), а при  $x = h_0$ . Тогда функции  $\Delta_i(x)$  будут больше нуля в промежутке  $(0, 2h_0)$  и в силу теоремы Маркова  $\det\{Y_i(x_j)\}_1^n$  будет отличен от нуля для любой совокупности точек  $x_i \in (0, 2h_0)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Если вновь воспользоваться общим решением уравнения (7) и граничными условиями (1.1), то легко получим, что задача Валаде-Пуассена (1) — (1.1) имеет единственное решение в промежутке  $(0, 2h_0)$ .

Теорема 1.1 доказана.

Из теоремы Маркова вытекает

*Лемма. Пусть выполняются условия теоремы Маркова. Тогда определитель*

$$\det\{\lambda_i^{j-1}(x_j)\} > 0 \quad (k = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, p, j = 1, \dots, n_j, \sum_{i=1}^p n_i = n)$$

*больше нуля.*

Справедливость леммы становится очевидной, если ввести в рассмотрение новые функции, которые порождаются посредством  $\{\lambda_i(x)\}$  и  $\{\Lambda_i(x)\}$ , фигурирующих в работе [9] на стр. 147 и 149, и применить несколько раз доказательства следствий 1 и 2 ([9], стр. 151—153) к этим функциям.



Из теоремы 1.1 и леммы (если ее применить к  $\{Y_i(x)\}$ ) вытекает справедливость следующей теоремы.

Теорема 1.2. *Обобщенная краевая задача Валле-Пуссена*

$$L[y] \equiv X_0(x),$$

$$y^{(j-2)}(x_i) = \gamma_{ij} \quad \left( i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, n_i, \sum_{i=1}^p n_i = n \right) \quad (1.5)$$

имеет единственное решение в промежутке  $(0, 2h_0 < l)$ .

Для полноты заметим следующее: наименьший из корней уравнений

$$\Delta_i(x) = \Delta[Y_1(x), Y_2(x), \dots, Y_n(x)] = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n-1) \quad (1.6)$$

определяет длину промежутка существования и единственности решения многоточечной линейной краевой задачи. Следовательно, наряду с условием теоремы Валле-Пуссена ([1], стр. 157)  $\Delta_i(x) > 0$  является достаточным условием существования и единственности решения задачи Валле-Пуссена. Они, вообще говоря, дают разные результаты. Так, например, трехточечная граничная задача

$$\begin{aligned} y'''(x) + y'(x) &= 0, \\ y(x_i) &= \gamma_i \quad (i = 1, 2, 3) \end{aligned}$$

по теореме Валле-Пуссена имеет единственное решение в промежутке, длиной не больше чем  $\sqrt{2}$ , в то время как условия (1.6) определяют интервал, длина которого не превосходит числа  $\pi$ , ибо  $Y_1(x) = 1$ ,  $Y_2(x) = \sin x$ ,  $Y_3(x) = 1 - \cos x$ .

## § 2. Приближенное решение многоточечной линейной краевой задачи

Вернемся к краевой задаче (1) — (2). В уравнении (1) без потери общности можно считать  $X_1(x) \equiv 0$ . Если же  $X_1(x) \neq 0$ , то посредством подстановки

$$y(x) = \exp\left\{-\frac{1}{n} \int X_1(x) dx\right\} \cdot u(x)$$

приходим к этому случаю.

Заданная целью решить задачу (1) — (2) приближенно.

Для этого прежде всего приступим к отысканию функций  $\{Y_i(x)\}$ .

Существует множество численных способов, посредством которых эффективно можно получить приближенные значения функций  $\{Y_i(x)\}$ . Ниже воспользуемся схемой, которая развита в работах Ш. Е. Микеладзе [6, 7].



На основании того, что  $X_i(x) \in C^{(p)}(0, l)$ , использование формул механических квадратур (согласно работе [7]) замкнутого типа для интегральных уравнений (6) дает

$$Y_{i,\nu} = f_{i,\nu} + h \sum_{\mu=1}^{\nu-1} A_{\nu}^{\mu} K_{\nu\mu} Y_{i,\mu} + R_{i,\nu}^p \quad (2.1)$$

$$(i = 0, 1, 2, \dots, n; \nu = 2, 3, \dots, q+1),$$

где  $h$  — шаг,  $q = \frac{l}{h}$ ,  $A_{\nu}^{\mu}$  — коэффициенты формул механических квадратур,

$$x_{\nu} = (\nu-1)h, \quad Y_{i,\nu} = Y_i(x_{\nu}), \quad K_{\nu\mu} = K(x_{\nu}, x_{\mu}), \quad f_{i,\nu} = f_i(x_{\nu}),$$

а для остаточного члена  $R_{i,\nu}^p$  справедлива оценка

$$|R_{i,\nu}^p| < N_1 h^p, \quad (2.2)$$

где  $N_1$  не зависит от  $x$  и  $h$ .

Пренебрегая остаточным членом и погрешностью округления в формуле (2.1), имеем

$$\bar{Y}_{i,\nu} = \bar{f}_{i,\nu} + h \sum_{\mu=1}^{\nu-1} A_{\nu}^{\mu} \bar{K}_{\nu\mu} \bar{Y}_{i,\mu} \quad (\nu = 2, 3, \dots, q+1), \quad (2.3)$$

так как  $X_i(x) \equiv 0$ , и поэтому  $K(x, x) \equiv 0$ .

Выражения (2.3) дают функции  $\{\bar{Y}_i(x)\}$  с погрешностями:

$$\xi_i(x) = Y_i(x) - \bar{Y}_i(x) \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n). \quad (2.4)$$

Здесь же введем обозначения

$$\xi_i^{(j)}(x) = Y_i^{(j)}(x) - \bar{Y}_i^{(j)}(x) \quad (j = 0, 1, 2, \dots, n-1), \quad (2.5)$$

где через  $\{\bar{Y}_i^{(j)}(x)\}$  обозначаются приближенные значения  $\{Y_i^{(j)}(x)\}$ .

Величины  $\xi_i(x)$ , если погрешность округления имеет порядок малости  $p$  относительно  $h$ , удовлетворяют неравенствам ([7], § 2)

$$|\xi_i(x)| < N_2 h^p, \quad (2.6)$$

где  $N_2$  не зависит от  $x$  и  $h$ .

Если продифференцировать формулы (6)  $j$  раз, то полученные выражения и неравенства (2.6) убеждают нас в том, что для величин  $\xi_i^{(j)}(x)$  будут справедливы неравенства, аналогичные (2.6).

Теперь, поскольку построены функции  $\{\bar{Y}_i(x)\}$ , постараемся удовлетворить граничным условиям (2), и тем самым задача (1) — (2) будет решена приближенно.

0 Предполагаем, что начальный отрезок значений функции  $\{Y_i(x)\}$  определяется каким-нибудь способом, а к записи (2.1) с  $\nu=2$  прибегаем для краткости.

Из формулы (7) с помощью чисел  $a_{ij}^{(l)}$  легко получается

$$\sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} y^{(j)}(x_s) = \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} \sum_{r=0}^{n-1} y^{(r)}(0) Y_{r+1}^{(l)}(x_s) + \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} Y_0^{(l)}(x_s).$$

Суммируя эти равенства по  $s$  и принимая во внимание (2), получаем

$$\begin{aligned} \gamma_i = \sum_{s=1}^m \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} y^{(j)}(x_s) &= \sum_{r=0}^{n-1} y^{(r)}(0) \sum_{s=1}^m \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} Y_{r+1}^{(l)}(x_s) + \\ &+ \sum_{s=1}^m \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} Y_0^{(l)}(x_s), \end{aligned}$$

откуда с учетом равенств (2.5) имеем

$$\begin{aligned} &\sum_{r=0}^{n-1} y^{(r)}(0) \sum_{s=1}^m \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} [\bar{Y}_{r+1}^{(l)}(x_s) + \xi_{r+1}^{(l)}(x_s)] = \\ &= \sum_{r=0}^{n-1} y^{(r)}(0) \sum_{s=1}^m \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} Y_{r+1}^{(l)}(x_s) = \gamma_i - \sum_{s=1}^m \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} [\bar{Y}_0^{(l)}(x_s) + \xi_0^{(l)}(x_s)] = \\ &= \gamma_i - \sum_{s=1}^m \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} Y_0^{(l)}(x_s). \end{aligned}$$

Если для сокращения записи ввести обозначения

$$\begin{aligned} b_{i,r+1} &= \sum_{s=1}^m \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} Y_{r+1}^{(l)}(x_s) = b_{i,r+1} + \alpha_{i,r+1} = \\ &= \sum_{s=1}^m \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} [\bar{Y}_{r+1}^{(l)}(x_s) + \xi_{r+1}^{(l)}(x_s)], \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \gamma_i - \sum_{s=1}^m \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}^{(l)} Y_0^{(l)}(x_s) = \gamma_i - \sum_{s=1}^m \sum_{j=1}^{n-1} a_{ij}^{(l)} [\bar{Y}_0^{(l)}(x_s) + \\ &+ \xi_0^{(l)}(x_s)] = \alpha_i - \alpha_{i,0}, \end{aligned}$$

то из последнего выражения получим уравнения

$$\sum_{j=0}^{n-1} \bar{b}_{i,j+1} y^{(j)}(0) = c_i = \sum_{j=0}^{n-1} (\bar{b}_{i,j+1} + \alpha_{i,j+1}) y^{(j)}(0) = z_i - \alpha_{i,0} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (2.7)$$

Пренебрегая в равенствах (2.7) величинами порядка  $p$  относительно шага  $h$ , получаем

$$\sum_{j=0}^{n-1} \bar{b}_{i,j+1} \bar{y}^{(j)}(0) = z_i \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (2.8)$$

Введем погрешности вида

$$\eta_j = y^{(j)}(0) - \bar{y}^{(j)}(0) \quad (j = 0, 1, \dots, n-1),$$

которые удовлетворяют линейной алгебраической системе уравнений

$$\sum_{j=1}^{n-1} \bar{b}_{i,j+1} \eta_j = - \sum_{j=0}^{n-1} \alpha_{i,j+1} y^{(j)}(0) - \alpha_{i,0} \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (2.9)$$

Заканчивая решение задачи (1.1) — (1.2) приближенно, докажем следующую теорему.

**Теорема 2.1.** Если задача (1) — (2) имеет единственное решение, тогда система (2.8) также имеет единственное решение, начиная с некоторого  $h < h_0$  и

$$|y(x) - \bar{y}(x)| < N h^p,$$

где  $N$  не зависит от  $x$  и  $h$ .

**Доказательство.** Так как задача (1) — (2) однозначно разрешима, то

$$\det \{\bar{b}_{i,j}\}_1^n \neq 0.$$

Пользуясь известным неравенством для определителей, находим

$$|\det \{\bar{b}_{i,j}\}_1^n - \det \{\bar{b}_{i,j}\}_1^n| < N_2 h^p,$$

где  $N_2$  не зависит от  $x$  и  $h$ .

Из последнего выражения следует, что, начиная с некоторого  $h < h_0$ , будем иметь

$$\det \{\bar{b}_{i,j}\}_1^n \neq 0,$$

и тем самым доказано, что система (2.8) однозначно разрешима относительно  $\bar{y}^{(j)}(0)$  ( $j = 0, 1, 2, \dots, n-1$ ). Но из этого вывода вытекает, что для величин  $\eta_j$  имеют место оценки, аналогичные неравенству (2.6).

После этого нетрудно убедиться в справедливости соотношения

$$y(x) = \sum_{j=0}^{n-1} (y^{(j)}(0) + \eta_j) (\bar{Y}_{j+1}(x) + \bar{\xi}_{j+1}(x)) + Y_0(x) + \xi_0(x) = \bar{y}(x) + \bar{R}(x), \quad (2.10)$$

где  $\bar{R}(x)$  удовлетворяет неравенству вида (2.6).



Равенство (2.10) доказывает теорему 2.1 целиком, и тем самым приближенное решение задачи (1) — (2) завершено.

По поводу численного решения многоточечной задачи сделаем несколько замечаний:

1°. Мы не касались вопроса об устойчивости приближенного решения, поскольку устойчивость немедленно следует из оценки (2.6), имеющейся в работе [7].

2°. Вышеизложенный метод решения задачи (1) — (2), если воспользоваться рассуждениями из работы [6], применим и тогда, когда  $X_i(x)$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ) имеют конечное число разрывов I рода.

3°. Материал, изложенный в этом параграфе, легко распространяется на случай многоточечной краевой задачи для системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с более общими, чем в задаче (1) — (2), краевыми условиями.

Академия наук Грузинской ССР  
Тбилисский математический институт  
им. А. М. Размадзе

(Поступило в редакцию 15.1.1964)

მათემატიკა

თ. ვახაკმაძე

მრავალწიბრტილოვანი წრფივი სასაზღვრო  
პრობლემის შესახებ

რ ე ხ ი უ მ ე

ამ შრომაში შესწავლილია ვალე-პუსენის ჩვეულებრივი და განზოგადებული ამოცანები, ანუ (1) დიფერენციალური განტოლება (1.1) და (1.5) პირობებით. მათთვის მოცემულია ამოხსნის არსებობისა და ერთადერთობის საკმარისი პირობა. განხილულია (1) — (2) ამოცანის ამოხსნა რიცხვითი ხერხით, მოცემულია ცდომილების შეფასება და გამოთვლითი პროცესის კრებადობა.

დავროზნაული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Сансоне. Обыкновенные дифференциальные уравнения, т. 1. ИЛ, 1953.
2. Е. Камке. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. ИЛ, 1951.
3. Ch. I. De la Vallée Poussin. Détermination d'une intégrale par deux valeurs assignées. Journ. de math. pur. et appl., (9), 8, 1929, 130—144.
4. А. Ю. Левин. О многоточечной краевой задаче. НДВШ, физ.-мат. науки, № 5, 1958, 34—37.
5. В. Е. Шаманский. Решение обобщенной краевой задачи для системы обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием задач Коши. Укр. мат. журнал, №1, 1963.
6. Ш. Е. Микеладзе. Новые методы интегрирования дифференциальных уравнений. ГИТТЛ, М.—Л. 1951.
7. Ш. Е. Микеладзе. О численном решении интегральных уравнений. Изв. АН СССР, отд. мат. и ест. наук, 1935, 255—300.
8. Ш. Е. Микеладзе. Разрывные решения обыкновенных линейных дифференциальных уравнений. ДАН СССР, т. V, №9, 1947, 801—804.
9. А. А. Марков. Избранные Труды. Гостехиздат, М.—Л., 1948.



С. Н. КУКУДЖАНОВ

УСТОЙЧИВОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ  
 ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ ДЕЙСТВИИ  
 КРУЧЕНИЯ И ПЕРЕМЕННОГО  
 ДАВЛЕНИЯ

(Представлено академиком О. Д. Ониашвили 3.3.1964)

Рассматривается вопрос устойчивости цилиндрической оболочки, находящейся при одновременном действии крутящих моментов  $M$ , приложенных по краям оболочки, и внешнего осесимметричного давления  $q(\xi)$  ( $\xi$ —безразмерная координата вдоль образующей), изменяющегося по линейному закону и приложенного как на всей боковой поверхности, так и на ее части. Предполагается, что края оболочки шарнирно закреплены. Задача решается при использовании методики, предложенной нами в работе [2].

Уравнение устойчивости относительно радиального перемещения  $w$  для рассматриваемой задачи имеет вид [1]

$$\varepsilon \Delta^2 w + \frac{\partial^4 w}{\partial \xi^4} + \Delta^2 \left( 2s \frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2 \partial \theta} + t(\xi) \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right) = 0, \quad (1)$$

где

$$\Delta^2 = \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2}{\partial \theta^2}; \quad \varepsilon = \frac{h^2}{12 R^2 (1 - \nu^2)};$$

$R\theta$ —координата в окружном направлении;  $s, t$ —безразмерные напряжения, отнесенные к модулю упругости  $E$ :

$$s = \frac{\tau}{E} = \frac{S^0}{Eh} = \frac{M}{2 \pi R^2 E h}, \quad (2)$$

$$t_*(\xi) = \frac{\sigma_*(\xi)}{E} = \frac{T_*(\xi)}{Eh} = \frac{q_*(\xi) h}{Eh}. \quad (3)$$

Внешнее давление имеет вид

$$q_*(\xi) = \begin{cases} q_{0*} \left( 1 - k \frac{R}{\omega l} \xi \right) & 0 \leq \xi \leq \omega \frac{l}{R}, \\ 0 & \omega \frac{l}{R} < \xi \leq \frac{l}{R}, \end{cases} \quad (4)$$



где

$$\omega = \frac{a}{l} \quad (l \text{—длина оболочки, } a \text{—длина зоны загрузки});$$

$$k = \frac{q_0 - q_a}{q_0} \text{—коэффициент неравномерности внешнего давления;}$$

$$q_0 \text{ и } q_a \text{—ординаты давления в точках } \xi = 0 \text{ и } \xi = \frac{a}{R}.$$

Поскольку потеря устойчивости цилиндрической оболочки, находящейся при одновременном действии кручения и давления, происходит по форме, близкой к синусоидальной, с большим числом волн в окружном направлении, то целесообразно неизвестную функцию искать в виде следующего ряда:

$$\omega = \sum_{m,k} a_{mnk} \sin \frac{m\pi R}{l} \xi \sin \frac{n_k}{2} \theta, \quad (5)$$

который удовлетворяет граничным условиям шарнирного закрепления. Индексы  $m$  принимают значения 1, 2, 3, ..., а индексы  $(n_k)$  представляют собой некоторую наперед неизвестную подпоследовательность, выделяемую из натурального ряда чисел.

Главные гармоники, как будет видно из дальнейшего, соответствуют нескольким первым членам последовательности  $(n_k)$ , что позволяет ограничиться лишь несколькими первыми членами ряда (5) и, следовательно, небольшим числом соответствующих приближений критической нагрузки.

Используя путь решения, предложенный в работе [2], применительно к методу Бубнова—Галеркина, получаем следующую систему алгебраических уравнений:

$$a_{mnk} D_{mnk} - t_0 \sum_i a_{iik} \frac{R_{im}}{\lambda_m} \left( \frac{n_k}{2} \right) - s_0 \sum_i \sum_j a_{ijj} c_{mi}^{n_k n_j} = 0, \quad (6)$$

где

$$d_m = \left( \omega - \frac{\sin 2 m \pi \omega}{2 m \pi} \right) - k \left( \frac{\omega}{2} - \frac{\sin 2 m \pi \omega}{2 m \pi} + \frac{\sin^2 m \pi \omega}{2 m^2 \pi^2 \omega} \right), \quad (7)$$

$$\begin{aligned} R_{im} = & \frac{1}{\pi} \left[ \frac{\sin (m-i) \pi \omega}{(m-i)} - \frac{\sin (m+i) \pi \omega}{(m+i)} \right] - \\ & - k \left\{ \frac{1}{\pi} \left[ \frac{\sin (m-i) \pi \omega}{(m-i)} - \frac{\sin (m+i) \pi \omega}{(m+i)} \right] - \right. \\ & \left. - \frac{1}{\pi^2} \frac{1}{\omega} \left[ \frac{1 - \cos (m-i) \pi \omega}{(m-i)^2} - \frac{1 - \cos (m+i) \pi \omega}{(m+i)^2} \right] \right\}, \quad (8) \end{aligned}$$

$$D_{mnk} = K_{mnk} - \frac{d_m t_0}{\lambda_m} \left( \frac{n_k}{2} \right), \quad (9)$$

$$K_{mnk} = \frac{12(1-\nu^2)}{1} \frac{Q}{\left(\frac{n_k}{2}\right)^2} + \frac{1}{\delta^2} \frac{\lambda_m^2}{Q},$$

$$Q = \frac{\left(\lambda_m^2 + \left(\frac{n_k}{2}\right)^2\right)^2}{\lambda_m}, \quad \delta = \frac{h}{R}, \quad \lambda_m = \frac{m\pi R}{l}, \quad t_0 = t \frac{8}{\pi^2} \frac{1}{\delta^2}. \quad (10)$$

Кроме того, в дальнейшем для удобства записи обозначим

$$t_0 = t_{0z} \frac{1}{\delta^2}, \quad t_{0z} = \frac{q_{0z} R}{Eh}. \quad (11)$$

Суммирование двойной суммы ведется только для таких индексов  $i$  и  $n_j$ , у которых суммы  $(i+m)$  и  $(n_j+n_k)$  нечетны.

Предполагается, что  $t_0$  — некоторая заданная фиксированная нагрузка.

Решая задачу в первом приближении, ограничиваемся в ряде (5) тремя членами:

$m n_k$	$i n_j$	$i n_k$
$1 n_1$	$2 n_2$	
$2 n_1$	$1 n_1$	$1 n_2$
$1 n_2$		$2 n_2$

Во втором столбце записываются члены, которые содержатся в двойной сумме, а в третьем столбце — члены, соответствующие одинарной сумме в системе (6). При этом система (6) будет состоять из трех уравнений, линейных относительно коэффициентов  $a_{1n_1}$ ,  $a_{1n_2}$ ,  $a_{2n_2}$ . Приравняв соответствующий определитель нулю. После раскрытия получаем, что

$$(I_0)^2 = \frac{9}{32} \delta_{n_1, n_2} D_{1n_1} \left[ D_{2n_2} - i \frac{n_2}{2 D_{1n_2}} \right], \quad (12)$$

где

$$\delta_{n_1, n_2} = \frac{(n_2^2 - n_1^2)^2}{n_1 n_2}, \quad (13)$$

$$i = t_0^2 \frac{K_{11}^2}{2 \lambda_1^2}, \quad (14)$$

$(I_0)_{\text{кр}}$  находим как минимум этой функции в зависимости от  $n_1$  и  $n_2$  (таких, что  $(n_1+n_2)$  нечетно).

Исследуя частные производные этой функции, можно показать, что для оболочек средней длины минимум ее реализуется при

$$n_2 = n_1 + 1, \quad (15)$$

$$n_1^2 \cong n_1^* \cong n_2^2, \quad (16)$$



где

$$\frac{n_1^*}{2} = 2,56 g, \quad \frac{n_2^*}{2} = 3,62 g, \quad g = (1 - \nu^2)^{1/8} \left( \frac{R}{h} \right)^{1/4} \left( \frac{R}{e} \right)^{1/2}.$$

Учитывая (15) и (16), получаем, что  $\delta_{n_1, n_2} \approx 4$ . Тогда (12) примет вид

$$j_0(n_1^*)_{\text{сп}} = \left[ \frac{9}{8} D_{1n_1^*} \left( D_{2(n_1^*+1)} - i \frac{(n_1^*+1)}{2 D_{1(n_1^*+1)}} \right) \right]^{1/2} \quad (17)$$

$n_1^*$  определяется из условия минимальности  $j_0(n_1)$ , где  $n_1^* \approx n_1 \approx n_2^*$ .  
Учитывая в последующем приближении еще члены  $1n_2$ ,  $2n_4$ ,  $3n_6$ , дополнительно к вышерассмотренным получаем

$$(j_0)_{\text{сп}} = \frac{j_0(n_1^*)_{\text{сп}}}{\left[ 1 + \frac{D_{1n_1^*}}{D_{1(n_1^*+2)}} + 1,08 \left( \frac{D_{1n_1^*}}{D_{3(n_1^*+2)}} + \frac{D_{1n_1^*}}{D_{3n_1^*}} \right) \right]^{1/2}} \quad (18)$$

В случае же  $i_0=0$  (т. е. когда действует только один фактор кручения) из (17) и (18) получаем формулы для задачи кручения, приведенные в работе [2].

Кроме того, при  $i_0=0$  из формулы (17) получаем

$$D_{2n_2} = i \frac{n_2}{2 D_{1n_2}}$$

— условие для определения  $i_0$  в случае действия только одного переменного давления, аналогичное приведенному в работе [3].

1. Рассмотрим случай действия кручения с равномерно распределенным по всей боковой поверхности давлением ( $\omega=1$ ,  $k=0$ ). Тогда соотношение (17) примет вид

$$j_0(n_1^*)_{\text{сп}} = \left( \frac{9}{8} D_{1n_1^*} D_{2(n_1^*+1)} \right)^{1/2} \quad (19)$$

При этом  $(j_0)_{\text{сп}}$  определяется формулой (18), где в отличие от общего случая величины  $d_m=1$ , и, следовательно, на основании (9)

$$D_{mn_k} = K_{mn_k} = \frac{i_0}{\lambda_m} \left( \frac{n_k}{2} \right).$$

2. В случае действия кручения с линейно изменяющимся давлением, приложенным по всей боковой поверхности оболочки ( $\omega=1$ ,  $k=1$ ), на основании формул (7), (8) имеем

$$d_m = \frac{1}{2}, \quad R_{12} = R_{21} = \frac{3}{9\pi^2}$$

и, следовательно, в данном случае согласно (9) и (14)





$$\bar{i} = \frac{32 t_0^2}{81 \pi^4 \lambda_1^2}, \quad D_{mnk} = K_{mnk} - \frac{t_0}{2 \lambda_m} \left( \frac{n_k}{2} \right).$$

Подставляя полученные значения в (16), (17), получаем  $\Pi_{s_{0kr}}$ .

3. В случае действия кручения с линейно изменяющимся давлением, приложенным к половине боковой поверхности оболочки

$$\left( \omega = \frac{1}{2}, \quad k = 1 \right),$$

из формул (7), (8) имеем

$$d_1 = \frac{1}{6,73}, \quad d_2 = \frac{1}{4}, \quad d_3 = \frac{1}{4,19}. \quad (20)$$

Отсюда на основании (14)  $\bar{i} = \frac{128 t_0^2}{81 \pi^4 \lambda_1^2}$ , а выражения  $D_{mnk}$  определяются равенством (9), где  $d_m$  даются формулой (20) при соответствующем  $m$ . Подставляя полученные значения в (17), (18), находим  $\Pi_{s_{0kr}}$ .

4. В случае действия кручения с равномерно распределенным давлением, приложенным к половине боковой поверхности

$$\left( \omega = \frac{1}{2}, \quad k = 0 \right),$$

получаем

$$d_m = \frac{1}{2}, \quad R_{12} = R_{21} = 0,425$$

и, следовательно,

$$\bar{i} = \frac{0,181 t_0^2}{2 \lambda_1^2}, \quad D_{mnk} = D_{mnk} - \frac{t_0}{2 \lambda_m} \left( \frac{n_k}{2} \right).$$

На основании полученных формул построим кривые зависимости критического крутящего момента от давления. Эти кривые для сравнения целесообразно строить относительно системы безразмерных прямоугольных координат

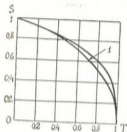
$$T = \frac{\bar{i}}{t_{0k}} \quad \text{и} \quad S = \frac{s}{s_{0k}},$$

где  $\bar{i}$  — статически эквивалентная равномерная нагрузка, соответствующая неравномерно приложенной;  $t_{0k}$  и  $s_{0k}$  — критические значения  $t$  и  $s$  для данной оболочки при раздельном действии соответственно равномерного внешнего давления и крутящих моментов.



Так, например, для оболочки с относительной длиной  $\frac{h}{R} = \frac{1}{2} \cdot 10^{-2}$  и  $\nu = 0,3$  на основании полученных формул были просчитаны кривые зависимости  $S$  от  $T$  для вышеприведенных случаев 1—4.

Расчеты показывают, что сходимость процесса по данным формулам с увеличением  $t_0$  улучшается так, что во втором приближении можно ограничиться все меньшим числом членов разложения (5) по мере приближения  $t_0$  к  $t_{0кр}$  ( $t_{0кр}$  — критическая нагрузка в случае одного давления). Так, оба члена  $3n_1^2$ ,  $3(n_1^2 + 2)$  можно уже не учитывать при  $t_0 \cong 0,75 t_{0кр}$ .

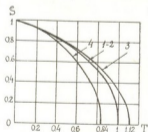


Черт. 1

Номера, которыми обозначены кривые, соответствуют номерам вышеприведенных случаев. При этом кривая 1 практически совпадает с кривой 2, тогда как кривая 3 расположена выше кривой 1, а кривая 4 — гораздо ниже.

Кроме того, было проведено сравнение полученных результатов для случая 1 (случай совместного действия кручения с равномерно распределенным давлением по всей поверхности) с известным решением В. М. Даревского [4], где из граничных условий удовлетворяется лишь условие отсутствия радиального перемещения  $w = 0$  на концах. Сравнение (черт. 1) показывает, что кривые практически совпадают на интервале  $0 \cong q \cong 0,5 q_{кр}$ , однако затем кривые несколько расходятся, причем кривая, полученная в данной работе, дает меньшее значение критического момента, максимальное расхождение составляет 15%, а затем при  $q$ , близких к  $q_{кр}$ , кривые вновь сходятся.

Вид кривых 1, 3, 4 показывает (черт. 2), что, чем больше  $T$ , тем



Черт. 2

больше расхождение между величинами  $S_{(2)кр}$ ,  $S_{(3)кр}$ ,  $S_{(4)кр}$  (†) ( $S = \frac{s}{s_{кр}}$ ,

† Индекс соответствует номеру кривой.



$\xi$  характеризует величину крутящего момента  $M$  по формуле  $\xi = \frac{2M}{2\pi R^2 E h}$  (где показано продольное сечение оболочки).

Вспомним, что  $T = \frac{\bar{i}}{t_{кр}}$ , где  $\bar{i}$  — приведенное давление,  $t_{кр}$  — критическое давление в случае одного равномерно распределенного давления. Тогда если  $T$  для всех трех случаев одно и то же (т. е. если имеет место равная приведенная нагрузка), то в случае 4 (черт. 5) потеря устойчивости произойдет при крутящем моменте  $M_{(4)кр} < M_{(1)кр}$  для случая 1 (черт. 3), тогда как в случае 3 (черт. 4) потеря устойчивости произойдет при  $M_{(3)кр} > M_{(1)кр}$ . Причем, чем больше  $T$ , тем больше уменьшается  $M_{(4)кр}$  по сравнению с соответствующим  $M_{(1)кр}$ , тогда как  $M_{(3)кр}$ , наоборот, увеличивается.



Черт. 3



Черт. 4



Черт. 5

Отсюда следует, что случай действия крутящего момента с равномерно распределенным давлением на 1/2 части боковой поверхности опасней, чем случай совместного действия кручения с равномерно распределенным давлением по всей боковой поверхности, тогда как случай действия крутящего момента с линейно изменяющимся давлением на 1/2 части боковой поверхности надежней.

Так, например, как не трудно видеть из черт. 2, при  $T=0,3$   $S_{(4)кр}$  практически совпадает с  $S_{(1)кр}$ , при  $T=0,6$   $S_{(4)кр}$  отличается от  $S_{(1)кр}$  на 15%, тогда как при  $T=0,8$   $S_{(4)кр} \approx 0,26$ , а  $S_{(1)кр} \approx 0,5$ , т. е. потеря устойчивости в случае 4 ( $\omega = \frac{1}{2}$ ,  $k=0$ ) для  $T=0,8$  происходит при крутящем моменте почти в два раза меньше, чем в случае 1.

На основании полученных формул (17), (18) нетрудно также рассмотреть и другие случаи совместного действия кручения с переменным давлением.

Академия наук Грузинской ССР

Тбилисский математический

институт

им. А. М. Размадзе

(Поступило в редакцию 3.3.1964)

ს. კაპუჯანოვი

ცილინდრული გარსების მდგრადობა ტრეხისა და  
ცვალებადი წნევის ერთდროული მოქმედების  
შემთხვევაში  
ოეხიუმე

შრომაში განხილულია ცილინდრული გარსების მდგრადობის საკითხი გარსის კიდეებზე მოქმედი მგრეხავი მომენტებისა და გარე ლერძისმეტრიული წნევის შემთხვევაში, რაც იცვლება წრფივი კანონის მიხედვით და მოქმედებს როგორც მთელი გვერდით ზედაირზე, ისე მის ნაწილზე. იგულისხმება, რომ გარსის კიდეები სასრულად ჩამაგრებულია. ამოცანა იხსნება იმ მეთოდის საფუძველზე, რომელიც ზენ მიერ მოყვანილი იყო ბუნბოე—გალერკინის მეთოდისათვის [2].

## დადოწმებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. L. H. Donnell. Stability of thin-walled tubes under torsion. Washington, NASA, Rep. № 479, 1935.
2. С. Н. Кукуджанов. О нааучних начальных приближениях в проблеме собственных чисел в методах Рунца и Бубнова—Галеркина. Труды IV Всесоюзной конфер. по теории пл. и оболоч. Ереван, 1962.
3. X. M. Муштари, С. В. Прохоров. Об устойчивости цилиндрической оболочки при неравномерном обжатии. Труды КХТИ, в. 22, 1957.
4. В. М. Даревский. Устойчивость цилиндрической оболочки при одновременном действии крутящих моментов и нормального давления. Известия АН СССР, № 1, 1957.



მ. გომეზა

დრეკადობის ბრტყელი თეორიის ინტეგრალურ  
 განტოლებათა ამოხსნების აპროქსიმაციის  
 შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. ვეჯუამ 6.1.1964)

ეთქვათ  $S$  აღნიშნავს  $\mathbb{R}^n$  კომპლექსური ცვლადის სიბრტყეზე აღებულ სა-  
 სრულ არეს, შემოსაზღვრულს შარტივი, ჩაკეტილი  $L$  წირით. ვიგულისხმობთ,  
 რომ  $L$  წირის კოორდინატებს აქვთ რკალით მესამე რიგამდე ჩათვლით უწ-  
 ვვეტი წარმოებულები.

როგორც ცნობილია, დრეკადობის ბრტყელი თეორიის პირველი და  
 მეორე ძირითადი სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა მიიყვანება  $\mathbb{R}^n$  ცვლადის  
 $f_1(z)$  და  $\phi_1(z)$  პოლომორფული ფუნქციების პოვნაზე, რომლებიც რეგულარუ-  
 ლია  $S$  არეში და  $L$  საზღვარზე აკმაყოფილებენ პირობას

$$\Re f_1(t) + t\phi_1'(t) + \phi_1(t) = f_1(t),$$

სადაც  $f_1(t)$  ცნობილი ფუნქციაა, რომელიც განისაზღვრება საზღვარზე მო-  
 დებული გარე ძალების ან ამ საზღვრის წერტილთა დრეკადი გადაადგილების  
 საშუალებით, ხოლო  $\Re$  მუდმივია, რომელიც პირველი სასაზღვრო ამოცანის  
 შემთხვევაში 1-ის ტოლია, ხოლო მეორე სასაზღვრო ამოცანის შემთხვევაში—  
 $-x$ -სი [1].

თუ  $z = w(\zeta)$  აღნიშნავს ფუნქციას, რომელიც ერთფურცადიანად  
 $|\zeta| < 1$  წრეს კონფორმულად გადასახავს  $S$  არეზე, მაშინ ზემო ტოლობა  
 მიიღებს სახეს

$$\Re f(\sigma) + \frac{w(\sigma)}{w'(\sigma)} \varphi'(\sigma) + \phi(\sigma) = f(\sigma),$$

სადაც  $\sigma = e^{i\theta}$  წრეწირის წერტილის აფიქსია, ხოლო

$$\varphi(\sigma) = \varphi_1[w(\sigma)], \quad \phi(\sigma) = \phi_1[w(\sigma)], \quad f(\sigma) = f_1[w(\sigma)].$$

6. მუსხელიშვილმა ზემოთ დისკული სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნა  
 ფრედჰოლმის მეორე გვარის ინტეგრალური განტოლების ამოხსნაზე მიიყვანა.  
 ამ ინტეგრალურ განტოლებას აქვს სახე

$$\varphi'(\sigma_0) + \frac{\lambda}{2\pi i} \int_{\gamma} \frac{\partial}{\partial \sigma_0} \left\{ \frac{w(\sigma) - w(\sigma_0)}{\sigma - \sigma_0} \right\} \frac{\varphi'(\sigma)}{w'(\sigma)} d\sigma + kw'(\sigma_0) = A(\sigma_0), \quad (1)$$



სადაც  $\gamma$  აღნიშნავს ერთეულრადიუსიან  $|\zeta|=1$  წრეწირს და

$$\lambda = \frac{1}{2}, \quad k = \frac{\varphi'(0)}{\omega'(0)}, \quad A'(\sigma_0) = \frac{1}{2} f'(\sigma_0) + \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma} \frac{f'(\sigma)}{\sigma - \sigma_0} d\sigma. \quad (2)$$

თუ შემოვიღებთ  $\varphi_0(\zeta)$  ფუნქციას, რომელიც  $\varphi(\zeta)$  ფუნქციასთან დაკავშირებულია შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\varphi(\zeta) = -\lambda k \omega(\zeta) + \varphi_0(\zeta), \quad (3)$$

მაშინ (1) განტოლება მიიღებს სახეს

$$\varphi_0'(\sigma_0) - \lambda \int_{\gamma} K(\sigma, \sigma_0) \overline{\varphi_0'(\zeta)} d\sigma = B(\sigma_0), \quad (4)$$

სადაც აღნიშნულია

$$B(\sigma_0) = A'(\sigma_0), \quad K(\sigma, \sigma_0) = -\frac{1}{2\pi i} \frac{\partial}{\partial \sigma_0} \left\{ \frac{\omega(\sigma) - \omega(\sigma_0)}{(\sigma - \sigma_0) \omega'(\sigma)} \right\}. \quad (5)$$

6. მუხსხელი მვიღმა აჩვენა, რომ (4) განტოლებას  $\lambda$ -ს ზემოთ აღნიშნული მნიშვნელობებისათვის აქვს ერთადერთი ამოხსნა. დ. შერმანმა დამატკიცა, რომ ამ განტოლებას აქვს მხოლოდ ნამდვილი საკუთარი მნიშვნელობები და ისინი  $[-1, 1]$  შუალედის გარეთ არიან მოთავსებული [2].

ჩვენთვის საინტერესო შემთხვევაში  $\lambda = 1$  (პირველი სასაზღვრო ამოცანა), ან  $\lambda = -\frac{1}{\alpha}$  ( $\alpha > 1$ , მეორე სასაზღვრო ამოცანა). მაგრამ  $\lambda$ -ს ეს მნიშვნელობები, როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, არ წარმოადგენენ (4) განტოლების საკუთარ მნიშვნელობებს და ამიტომ ეს განტოლება შეიძლება მიმდევრობითი მიახლოების მეთოდით ამოიხსნას.

(4) განტოლების ამოხსნას ვეძებთ შემდეგი მწკრივის სახით:

$$\varphi_0'(\sigma_0) = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda^n \varphi_n'(\sigma_0). \quad (6)$$

$\varphi_n(\sigma)$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) ფუნქციების განსაზღვრის მიზნით (6) მწკრივი შევიტანთ (4) განტოლებაში და ერთმანეთს გავუტოლოთ  $\lambda$ -ს ერთნაირი ხარისხების კოეფიციენტები. თუ ასეთნაირად განსაზღვრულ  $\varphi_n(\sigma_0)$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) ფუნქციებს შევიტანთ (6) ტოლობაში, მივიღებთ

$$\varphi_n'(\sigma_0) = B(\sigma_0) + \int_{\gamma} \Gamma_1(\sigma, \sigma_0, \lambda) \overline{B'(\sigma)} d\sigma + \int_{\gamma} \Gamma_2(\sigma, \sigma_0, \lambda) B'(\sigma) d\sigma, \quad (7)$$

სადაც

$$\Gamma_1(\sigma, \sigma_0, \lambda) = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda^{2n+1} K_{2n+1}(\sigma, \sigma_0), \quad (8)$$

$$\Gamma_2(\sigma, \sigma_0, \lambda) = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda^{2n+2} K_{2n+2}(\sigma, \sigma_0), \quad (9)$$



$$K_1(\sigma, \sigma_0) = K(\sigma, \sigma_0), \quad K_{m+1}(\sigma, \sigma_0) = \int_1^{\sigma} K(t, \sigma_0) \overline{K_m(\sigma, t)} dt, \quad (10)$$

( $m = 1, 2, \dots$ ).

(7) ფორმულის გამოყენების დროს იგულისხმებოდა, რომ (6) მწკრივი აბსოლუტურად და თანაბრად კრებადი. ახლა დავადგინოთ ამ დაშვების საპრობლემისათვის საკმარისი პირობები.

როგორც ცნობილია, იმისათვის რომ (6) მწკრივი იყოს აბსოლუტურად და თანაბრად კრებადი, საკმარისია შესრულდეს პირობა

$$|\lambda| < \frac{1}{2\pi M},$$

სადაც

$$M = \max_{|\sigma| = |\sigma_0| = 1} |K(\sigma, \sigma_0)|.$$

ჩვენს შემთხვევაში გვაქვს

$$M = \max_{|\sigma| = |\sigma_0| = 1} \left\{ \frac{1}{2\pi |\omega'(\sigma)|} \left| \frac{\omega(\sigma) - \omega(\sigma_0) - (\sigma - \sigma_0) \omega'(\sigma_0)}{(\sigma - \sigma_0)^2} \right| \right\}.$$

ჩვენი დაშვების თანახმად,  $L$  კონტურის წერტილის კოორდინატებს აქვთ შესაბამისი რიგამდე ჩათვლით უწყვეტი წარმოებულები რეალური. ამიტომ  $z = \omega(\zeta)$  ფუნქციას აქვს მეორე რიგამდე ჩათვლით უწყვეტი წარმოებულები  $|\zeta| \leq 1$  წრეზე და  $\omega'(\sigma) \neq 0$ . თუ გამოვიყენებთ ტეილორის ფორმულას განსახილველი ინტეგრალით წარმოდგენილი ნაშთითი წევრით, გადავალთ ამ ინტეგრალის შიგნით მოდულზე და გამოვიყენებთ საშუალო მნიშვნელობის თეორემას, მივიღებთ

$$M \leq \frac{1}{4\pi} \max_{|\sigma| = 1, |\zeta^*| \leq 1} \left| \frac{\omega''(\zeta^*)}{\omega'(\sigma)} \right|. \quad (11)$$

ახლა ცხადია, რომ (6) მწკრივის აბსოლუტურად და თანაბრად კრებადობისათვის საკმარისია შესრულდეს პირობა

$$\max_{|\sigma| = 1, |\zeta^*| \leq 1} \left| \frac{\omega''(\zeta^*)}{\omega'(\sigma)} \right| < \frac{2}{|\lambda|}. \quad (12)$$

ვთქვათ,  $L$  კონტური წარმოდგენილია პოლარ კოორდინატებში  $\rho = \rho(\varphi)$  განტოლებით. დამატებით ვიგულისხმობთ, რომ  $\rho(\varphi)$  ფუნქცია აქმაყოფილებს პირობებს

ა)

$$\frac{1}{1 + \varepsilon} \leq \rho(\varphi) \leq 1 + \varepsilon,$$

ბ)

$$\rho'(\varphi) \text{ უწყვეტია და } \left| \frac{\rho'(\varphi)}{\rho(\varphi)} \right| \leq \varepsilon,$$

ბ)

$$P(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \left[ \frac{\rho'(\varphi)}{\rho(\varphi)} \right] \quad \text{უწყვეტია და } |P(\varphi)| \leq \varepsilon,$$

დ) ყოველი  $\varphi_0$ -სათვის ( $0 \leq \varphi_0 \leq 2\pi$ )

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left| \frac{\alpha'(\varphi) - \alpha'(\varphi_0)}{\sin \frac{\varphi - \varphi_0}{2}} \right| d\varphi \leq \varepsilon,$$

სადაც

$$\alpha(\varphi) = -\operatorname{arctg} \frac{\rho'(\varphi)}{\rho(\varphi)} \quad \text{და } 0 < \varepsilon < 1,$$

მაშინ [3] და [4]-ში მოყვანილი შეფასებებიდან მიიღება შემდეგი უტოლობები:

$$[A(1+\varepsilon)\sqrt{1+\varepsilon^2}]^{-1} \leq |w'(\zeta)| \leq A(1+\varepsilon)\sqrt{1+\varepsilon^2},$$

$$A = 4^{\varepsilon} \varepsilon^2, \quad |\zeta| \leq 1; \quad \left| \frac{w''(\zeta)}{w'(\zeta)} \right| \leq \frac{3 + \frac{1}{\pi} + 4\varepsilon}{1 - \frac{8}{\pi^2} \varepsilon} \varepsilon, \quad |\zeta| \leq 1.$$

თუ განსახილავი არის საზღვარი ზემოთ ჩამოთვლილ პირობებს აკმაყოფილებს, მაშინ ორი უკანასკნელი უტოლობის ძალით, როგორც ამაში მართივით გამოთვლებით დავრწმუნდებით, (12) პირობის სამართლიანობისათვის საკმარისია ადგილი ქონდეს შემდეგ უტოლობას:

$$\Delta(\varepsilon) = A^2 \frac{3 + \frac{1}{\pi} + 4\varepsilon}{1 - \frac{8}{\pi^2} \varepsilon} (1+\varepsilon)^2 (1+\varepsilon^2) \varepsilon < \frac{2}{|\lambda|}; \quad (13)$$

(11) უტოლობის თანახმად კი ინტეგრალური განტოლებისათვის შემდეგ პირობას მივიღებთ:

$$M \leq \frac{\Delta(\varepsilon)}{4\pi}, \quad (14)$$

სადაც  $\varepsilon$  აკმაყოფილებს (13) პირობას.

ამ უკანასკნელი უტოლობის საფუძველზე  $\Gamma_1(\sigma, \sigma_0, \lambda)$  და  $\Gamma_2(\sigma, \sigma_0, \lambda)$  ფუნქციები შემდეგნაირად შეფასდებიან:

$$|\Gamma_1(\sigma, \sigma_0, \lambda)| \leq \frac{|\lambda| \Delta(\varepsilon)}{\pi [4 - \lambda^2 \Delta^2(\varepsilon)]}, \quad (15_1)$$

$$|\Gamma_2(\sigma, \sigma_0, \lambda)| \leq \frac{\lambda^2 \Delta(\varepsilon)}{2\pi [4 - \lambda^2 \Delta^2(\varepsilon)]}. \quad (15_2)$$







მარტივია იმის ჩვენება, რომ (20) და (21) შეფასებებში შემდეგნაირად განისაზღვროს:

$$\eta_n = \max_{\substack{|\sigma| \leq 1 \\ |\zeta| \leq 1}} \left\{ \left| \frac{\omega''(\zeta)}{\omega'(\sigma)} - \frac{\omega_n''(\zeta)}{\omega_n'(\sigma)} \right| \right\}.$$

(20) და (21) უტოლობები საშუალებას იძლევა შეფასდეს გადაადგილებათა ველის ცთომილება ბრტყელ ამოცანაში არის საზღვრის შიგნით დეფორმაციის დროს. ჩვენ ვანზრახული ვეაქვს ამ საკითხს ცალკე წერილი მიუძღვნათ.

საჭარბელოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
განყოფილითი ცენტრი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 16.1.1964)

## ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

Ж. П. РОКВА

### ОБ АПШРОКСИМАЦИИ РЕШЕНИЙ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЛОСКОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

#### Резюме

В данной статье рассматривается интегральное уравнение (4) основной плоской задачи, построенное Н. И. Мусхелишвили. Для областей, близких к кругу, указывается достаточное условие простого вида для сходимости метода последовательных приближений и оценивается сверху резольвента ядра. С помощью этой оценки на основе известных теорем Л. В. Канторовича даются эффективные оценки погрешности решения при замене ядра близкими значениями, соответствующими некоторому способу приближенного конформного отображения на единичный круг.

#### დასრულებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Мусхелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1954.
2. Д. И. Шерман. О распределении характеристических чисел интегральных уравнений плоской задачи теории упругости. Труды Сейсмологического института, 82, 1938.
3. E. S. Specht. Estimates on the mapping function and its derivatives in conformal mapping of nearly circular regions. Trans. Amer. Math. Soc., 71, № 2, 1951, pp. 183—196.
4. S. E. Warszewski. On Theodorsen's method of conformal mapping on nearly circular regions. Quart. of applied math., vol. 3, № 1, 1945.
5. Л. В. Канторович и В. И. Крылов. Приближенные методы высшего анализа. М.—Л., 1962.



ა. შამსთვალიძე

წამკითხველი მანქანისათვის მინიმალური ალფირის  
 საკითხის ბანხილვა ქართული ასოების  
 მანგალითზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. გაბაშვილმა 4.1.1964)

წამკითხველი მანქანის დაპროექტების ერთ-ერთ ძირითად საკითხს მინიმალური ალფირა წარმოადგენს [1, 2]. მინიმალური ალფირა გულისხმობს იმას, რომ თითოეული ასოს ალფირა, ანუ კოდი, უნდა შეიცავდეს ელემენტთა რაც შეიძლება ნაკლებ რაოდენობას, რადგან სხვა თანაბარ პირობებში წამკითხველი მანქანა მით უფრო იაფია და მარტივი, რაც უფრო მოკლეა ალფირის საშუალო სიგრძე.

მინიმალური ალფირის საკითხის განსახილველად სათანადოდ პრეპარირებული ქართული ასოები წახეხატეთ  $7 \times 5$  ზომის „ბადურაში“, რომლის უჯრედებშიც გადანიშნულია გარკვეული რიგის მიხედვით (იხ. ნახ. 1). პრეპარირება გულისხმობს, რომ ასოები ისეა შერჩეული, რომ „ბადურას“ თითოეული უჯრედი ან მთლიანად არის შევსებული ასოს მიერ, ან მთლიანად თავისუფალია. ამის შესაბამისად გვექნება ორი შეფერილობის უჯრედები—თეთრი და შავი. ასოების შერჩევისას შეძლებისდაგვარად ვუძღვებოდით დაგვეცვა ქართული ასოების ბუნებრივი მოხაზულობა, რისთვისაც ვსარგებლობდით სათანადო ლიტერატურით [3, 4]. ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია ჩვენ მიერ შერჩეული ასოები. პირველი 33 ასო შეესაბამება ქართული ანბანის ასოებს, ხოლო 34-ე ასო—სიტყვებს შორის შუალედს.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35

ნახ. 1

თუ თეთრ უჯრედებს შევსაბამებთ ციფრს 0, ხოლო შავ უჯრედებს—ციფრს 1, მაშინ თითოეული ასოს ალფირის სიგრძე ტოლი იქნება 35-ისა (იხ. ცხრილი 1, სადაც ვერტიკალური სვეტების თანმიმდევრობა ნახ. 1-ზე მოცემული უჯრედების თანმიმდევრობას შეესაბამება). მეორე მხრივ, ინფორმაციის თეორიიდან ცნობილია, რომ თუ ალფირას ორფუძიანი რიცხვის სახე აქვს, მაშინ იმ ციფრ-

ბის მინიმალური რაოდენობა, რომელსაც მოცემული კოდი შეიძლება შეიცავდეს, უდრის

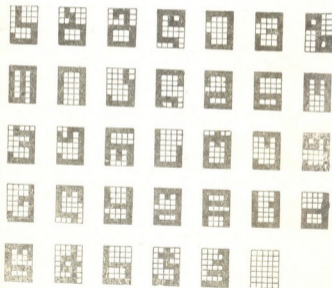
$$I = \lg_2 m,$$

სადაც  $m$  არის აღსაწერი ობიექტების რაოდენობა. ჩვენს შემთხვევაში  $m$  უდრის 34-ს, ამიტომ შემოშოვანილი ფორმულიდან ვღებულობთ

$$I = 5,0875 \text{ ბიტს};$$

1 ცხრილში კი აღწერის სივრცე უდრის

$$I_0 = 35 \text{ ბიტს.}$$



ნახ. 2

ამრიგად, სივრცეზე წვენი აღწერისათვის ტოლია

$$R = \left(1 - \frac{I}{I_0}\right) 100\% = 85,47\%.$$



ჩვენი მიზანია, რომ ეს სიჭარბე მინიმუმამდე დავიყვანოთ, ნიშნავს, რომ უნდა ვეცადოთ თითოეული ასოს ცალსახად გასარჩევად

ნახ. 1-ზე ნაჩვენებ „ბადურაზე“ ყველა უჯრედის ნაცვლად საკმარისი იყოს უჯრედების რაც შეიძლება ნაკლები რაოდენობის გასინჯვა. იმ უჯრედებს, რომელთა გასინჯვაც საკმარისია თითოეული ასოს წასაკითხავად, საყრდენი უჯრედები ეწოდება.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენები ქართული ასოებისათვის მინიმალური აღწერის ამოცანა ჩვენ მიერ განხილულ იქნა [1] შრომაში მოცემული მეთოდით, რომელიც ითვალისწინებს ასოების ალბათობებს საყრდენი უჯრედების მოძებნის დროს.

ასოების ალბათობებად მივიღეთ [5] შრომაში მოცემული ქართულ სალიტერატურო ენაში 33 ქართული ასოსა და სიტყვებს შორის შეუღედის სიხშირეები. ზემოაღნიშნული მეთოდის გამოყენებით თითოეული ასოს აღწერის სიგრძე 9-მდე დავიდა. საყრდენი უჯრედებია შემდეგი უჯრედები (მათი პოენის რიგის მიხედვით): მე-11, მე-18, მე-15, მე-8, მე-14, 23-ე, მე-16 და 1-ლი. არათანაბარი კოდების გამოყენებით მივალწვიეთ აღწერის შემდგომ მინიმიზაციას. მე-2 ცხრილში ნაჩვენებია მიღებული მინიმალური აღწერა. ამ აღწერის შესაბამისი სიჭარბე ტოლია

$$R_1 = 26,30\%$$

ამის მექედე მინიმალური აღწერის საკითხი განვიხილეთ მეორე მეთოდით. დაეუპვიოთ, რომ თავდაპირველად ყველა ასო თანაბრად ალბათია,

ა	0100091000010000111100001100011111
ბ	0100001100001001111100011000111111
გ	0111011010000101111100011000111111
დ	1111110110111110000100001111000010
ე	111111000100001000011000010000111111
ვ	111111000100001001111000110001111111
ზ	111001010011100001000011100110011111
თ	111111010110101101011010110101111101
ი	111111000110001100001100011000110001
კ	0010000100001100001000011000111111
ლ	111111000110001100001000011111000010
მ	1111110000100001000011111100011111
ნ	11111101011010110101100011000110001
ო	0100001111000010011100001100011111
პ	0011110101111010000100001100011111
რ	11111100001000011111101011010110001
ს	10000100001000010001100011000111111
ტ	0010011111101011000110001100011111
უ	1111110011010100001000011000111111
ფ	11111101011101100001000011000111111
ყ	0000100001011100101000011000111111
ჩ	11111101011000110000100001111000010
ც	10001100011000111111000011000111111
ც	10001100011000110001100011000110001
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001
ქ	10001100011000110001100011000111111
ღ	00001000010000111111100011000111111
ყ	11111101011000110000111111000111111
შ	11111100011111110000111111000110001
ჩ	10001100011000110001100011000111111
ც	00001000010000111111100011000111111
ც	11111101011000110000111111000111111
ძ	10001100011000110001100011000111111
წ	00001000010000111111100011000111111
ჭ	11111101011000110000111111000111111
ხ	11111100011111110000111111000110001

$$P_3 = \frac{1}{34}$$

ყოველი ასოსათვის.

ამ მეთოდით პირველი საყრდენი უჯრედის საპოვნელად (1) ცხრილში ვეძებთ ისეთ ვერტიკალურ სვეტს, რომელიც ყველაზე მეტ ინფორმაციას იძლევა.

		ცხრილი 2	
შ	0011	ჩ	101011
პ	0111	ხ	110000
ბ	1101	ბ	110001
გ	1110	ო	111100
შუალედნი	00000	თ	111101
ა	00001	ლ	1010000
ე	00100	ი	1010001
ო	01000	ყ	1011000
კ	01001	ფ	1011010
ა	01101	შ	1011011
დ	10111	ჯ	01010010
ტ	001010	ბ	01010011
კ	001011	ვ	01100010
ს	100000	მ	01100011
ნ	100001	ტ	10110011
შ	101001	ც	101100100
ც	101010	ფ	101100101

ჩვენს შემთხვევაში ეს იმას ნიშნავს, რომ ვიპოვოთ ისეთი სვეტი, რომელშიაც თეთრი და შავი უჯრედების ალბათობები მაქსიმალურად უახლოვდება ერთმანეთს (ამასთან, თუ აღმოჩნდა, რომ ასეთ პირობას აკმაყოფილებს ორი ან რამდენიმე სვეტი, სურვილისამებრ ვირჩევთ ერთ-ერთ მათგანს). ასეთია მე-16 სვეტი, რომლისთვისაც

$$P_{\text{თეთრი}} = P_1 = \frac{16}{34}$$

$$P_{\text{შავი}} = P_2 = \frac{18}{34}$$

შესაბამის ინფორმაციას ვითვლით ფორმულით

$$I(i) = I(16) = -(P_1 \lg_2 P_1 + P_2 \lg_2 P_2) = 0,9977 \text{ ბიტს.}$$

მეორე საყრდენი უჯრედის საპოვნელად ვეძებთ ისეთ სვეტს, რომელიც იძლევა ინფორმაციის ყველაზე მეტ ნაზრდს, თუ ცნობილია, რომ პირველ კრიტიკულ უჯრედად აღებულია *i*-ური (ჩვენს შემთხვევაში მე-16) უჯრედი.

ესარგებლობით ფორმულით [6]:

$$I(j|i) = I(i, j) - I(i),$$

სადაც *j* არის საძიებელი სვეტის ნომერი,  $I(j|i)$  არის ინფორმაციის ის ნაზრდი, რომელსაც იძლევა *j*-ური სვეტი,  $I(i, j)$  არის ინფორმაციის ის რაოდენობა, რომელსაც იძლევიან *i*-ური და *j*-ური სვეტები ერთად. გამოთვლები გვიჩვენებს, რომ ინფორმაციის ყველაზე მეტ ნაზრდს გვაძლევს მე-8 სვეტი, რომლისთვისაც

$$I(j|i) = I(8|16) = 0,9762 \text{ ბიტს.}$$

შესაშე საყრდენი უჯრედის საპოვნელად ესარგებლობით ფორმულით

$$I(k|i, j) = I(i, j, k) - I(i, j),$$



ე. ი. ვეძებთ ისეთ სვეტს, რომელიც იძლევა ინფორმაციის მაქსიმალურ ნაზრდს, თუ ცნობილია, რომ ყოველი ასოს პირველ საყრდენ უჯრედად აღებულია *i*-ური უჯრედი, ხოლო მეორე საყრდენ უჯრედად—*j*-ური უჯრედი.

ანალოგიურად ეპიფლოზით დანარჩენ საყრდენ უჯრედებსაც. მე-3 ცხრილში მოკლებულია ასეთი წესით ნაპოვნი საყრდენი უჯრედების ნომრები და ინფორმაციის ის ნაზრდები, რომელსაც თითოეული მათგანი იძლევა. შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ ამ ცხრა უჯრედისათვის ნებისმიერი სხვა უჯრედის დამატებით მიღებული ინფორმაციის ნაზრდი ნულის ტოლია, ე. ი. ნებისმიერი *i*-ათვის

კრიტიკული უჯრედის №:ი	ინფორმაციის ნაზრდი ბიტებში
16	0,9977
8	0,9762
18	0,9697
23	0,7982
10	0,6312
14	0,3972
1	0,1986
20	0,6588
11	0,0588

$$I(1/16, 8, 18, 23, 10, 14, 1, 20, 11) = 0.$$

ეს კი იმას ნიშნავს, რომ ჩვენ მიერ ნაპოვნი ცხრა უჯრედი სავესებით საკმარისია თითოეული ასოს ცალსახად აღსაწერად (იხ. მე-4 ცხრილი). შემდგომ მინიშნაიკის ვალწევთ შემდგენიარად: მე-4 ცხრილში მოკლებული ყოველი ასოს აღწერიდან ვირჩევთ 0-ებისა და 1-ების ისეთ კომბინაციებს, რომლებიც სხვა ასოებში არ გვხვდება. ამის შედეგად ასოებისათვის ვღებულობთ არათანაბარი სიგრძის კოდებს (იხ. მე-5 ცხრილი). მიღებულ აღწერაში ასოების კოდების საშუალო სიგრძე უდრის 5,8529-ს, რასაც შეესაბამება სიჭარბე

ცხრილი 4

ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	თ	ი	კ	ლ	მ	ნ	ო	პ	ჟ	რ	ს	ტ	უ	ფ	ქ	ც	ძ	წ	ჭ	ხ	ჯ	ჲ	შ	ჩ	ცხრილი 4														
001000010	11001000	101001010	11001101	000010110	001010110	01110010	11110111	10001011	00001010	100010101	00011011	00100010	11101011	01001010	01001010	011010010	00010101	10100011	01100010	00011010	00011010	01100010	01000010	01100010	00011010	00000000	00000000	00000000	100000111	110010011	01001010	01001011	001011010	110010101	10101011	01010111	00011101	10001111	101010010	11011010	00010101	10100011	01100010	00011010	00000000

$$R = 13,08\%$$

თუ გავითვალისწინებთ ასოების აღბათობებს (იმის შემდეგ, როდესაც საყრდენი უჯრედები უკვე ნაპოვნია მეორე მეთოდით), მაშინ კოდის საშუალო სიგრძისათვის ვიღებთ რიცხვს 5,7433, რომელიც საკმარისად უხელოვდება მინიშლური აღწერის ჭედა თეორიულ ზღვარს—5,0875-ს.

ამრიგად ოპტიმალური შედეგი, ესე იგი აღწერის ყველაზე მოკლე საშუალო სიგრძე მივიღეთ იმ შემთხვევაში, როდესაც საყრდენი უჯრედ-



საქართველოს  
საბჭოთაო მეცნიერებათა  
აკადემიის სსრკ-ის

ბის მოძებნისას ყველა ასო ჩავთვალეთ თანაბრად ალბათად, ნებისმიერი სიგარდის სიგარდის კოდები რდენი უჯრედების მიხედვით შევადგინეთ არათანაბარი სიგარდის კოდები და მხოლოდ ამის შემდეგ გავითვალისწინეთ ასოების ალბათობები—ალწერის

		ცხრილი 5	
ხ	0111	შ	000110
წ	0101	ჩ	000111
რ	1011	ც	001010
ჭ	1101	ც	011011
თ	1111	ც	100011
ღ	00001	ხ	101000
კ	00010	გ	101001
ა	01100	დ	110011
ჯ	01101	ე	0100100
ს	10000	ვ	1010100
ზ	10010	მ	1010101
ბ	10011	ტ	1100100
ბ	11100	ლ	1100101
ო	11101	ლი	10001010
შედეგი	000300	ი	10001011
კ	000001	ყ	010010110
		ფ	010010111

საშუალო სიგარდის გამოთვლისას. ეს მეთოდიკა გამართლებულია იმით, რომ ასოების ალბათობის თავიდანვე გათვალისწინება რამდენჯერმე ადიდებს გამოთვლების მოცულობას და, როგორც დაეინახეთ, არაეითარ უპირატესობას არ იძლევა მეორე მეთოდთან შედარებით.

ჩვენ მიერ მიღებული შედეგების საფუძველზე თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიზიკური კიბერ-

ნეტიკის პრობლემური ლაბორატორიაში ამჟამად წარმოებს წამკითხველი ავტომატის აწყობა.

დასასრულ, დიდ მადლობას ვუძღვნი თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიზიკური კიბერნეტიკის პრობლემური ლაბორატორიის გამგეს დოკ. ო. მდივანს და ამჟამად ლაბორატორიის განყოფილების გამგეს, ფიზ.-მათ. მეცნიერებათა კანდიდატს თ. გაჩეჩილაძეს მათ მიერ გამოთქმული შენიშვნებისათვის.

თბილისის სახელმწიფო  
უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვია 4.1.1964)

КИБЕРНЕТИКА

А. Г. МАМИСТВАЛОВ

РАССМОТРЕНИЕ ВОПРОСА О МИНИМАЛЬНОМ  
ОПИСАНИИ ДЛЯ ЧИТАЮЩИХ МАШИН  
НА ПРИМЕРЕ ГРУЗИНСКИХ  
БУКВ

Резюме

В данной статье поставлен вопрос о минимальном описании для букв грузинского алфавита. Для этого грузинские буквы записывались в прямоугольную сетку, состоящую из 35 клеток (рис. 1 и 2). Минималь-







ФИЗИКА.

Т. Т. БАРНАВЕЛИ, М. Ф. БИБИЛАШВИЛИ, А. К. ЛЖАВРИШВИЛИ,  
Г. А. ГРУБЕЛАШВИЛИ, Р. Е. КАЗАРОВ, Р. В. КУРИДZE,  
И. В. ХАЛДЕЕВА

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ $\mu$ -МЕЗОНОВ В ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЯХ НА ГЛУБИНЕ 200 МВЭ

(Представлено академиком Э. Л. Андрикошвили 20.11.1983)

Работа выполнена в подземной лаборатории Института физики АН ГССР и посвящена исследованию пространственного распределения проникающей компоненты ШАЛ на глубине 200 мвэ.

На основании измерений, проведенных ранее нами на глубине 65,5 мвэ [1], измерений, проведенных группой физиков Московского государственного университета на глубинах 20 и 40 мвэ [2], а также работ японских физиков можно сделать заключение о сужении пространственного распределения  $\mu$ -мезонов с ростом их энергии. В работах НИИЯФ МГУ [2] были получены наиболее полные данные относительно пространственного распределения  $\mu$ -мезонов с энергиями  $\geq 5$  ГэВ и  $\geq 10$  ГэВ. Было показано, что при переходе от первой из приведенных глубин ко второй средний квадратичный радиус пространственного распределения изменяется от величины  $195 \pm 15$  м до величины  $155 \pm 15$  м соответственно. С учетом этого обстоятельства нами была выбрана такая геометрия эксперимента, которая должна была обеспечить измерение плотности потоков  $\mu$ -мезонов в ШАЛ вплоть до расстояний 80—100 м от их оси.

Помимо этой задачи, преследовавшей цель получения на глубине 200 мвэ средних характеристик  $\mu$ -мезонной компоненты ШАЛ, на основании которых можно было бы вычислить полное число проникающих частиц с минимальной энергией 40 ГэВ, а также их вклад в энергетический баланс ливней, стояла задача обнаружения нерегулярностей в потоке  $\mu$ -мезонов (группы  $\mu$ -мезонов). С целью обнаружения подобных нерегулярностей в отдельных ливнях брались детекторы проникающих частиц голооскопического типа, общая площадь которых составляла  $4 \text{ м}^2$ . Данное исследование проводилось нами в качестве предварительного, для уточнения параметров будущей установки, создающейся специально для

изучения вопроса возможной корреляции группы  $\mu$ -мезонов с ШАЛ, а также возможности объяснения их флуктуациями  $\mu$ -мезонной компоненты ШАЛ.

### Установка и методика измерений

Для получения средних характеристик  $\mu$ -мезонной компоненты ШАЛ на различных расстояниях от их оси на глубине 200 миз параллельно с измерением полного числа частиц в ливне и определением координат оси на поверхности земли потребовалось определение направления прихода оси ШАЛ, поскольку расстояние между детекторами  $\mu$ -мезонов под землей и

осью ливня, регистрируемого на поверхности, существенно зависит от угла наклона оси.

Установка для этих измерений располагалась в наземной лаборатории помещения. Кроме того, для определения плотности потока  $\mu$ -мезонной компоненты в подземной части лаборатории располагались детекторы  $\mu$ -мезонов (рис. 1).

Наземная часть аппаратуры. Выделение ШАЛ и определение угла наклона их осей производилось с помощью синхронизирующей установки.

Импульсом от схемы совпадений этой установки, которым производился запуск развертки осциллографа ОК-19 м, запускался также блокинг-генератор, управляющий работой двух модуляторов на тиратронах ТТИ-1-130/10, один из которых служил для запуска импульсных головок, расположенных на поверхности земли вокруг здания лаборатории (рис. 2), а другой—для управления подземными детекторами  $\mu$ -мезонов.

Импульсы от блокинг-генератора подавались также на блок управления, приводящий в движение опрашивающие и коммутирующие шаговые счетчики (ШС), а также ШС в точках с головками, расположенными вокруг дома. Опрашивающие ШС, двигаясь синхронно с ШС в точках, переносили на фоторегистратор информацию о числе и номере сработав-

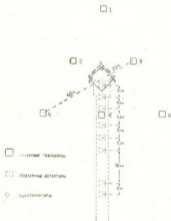


Рис. 1. Установка (геометрия)

ших счетчиков в каждой годоскопической точке. Коммутирующие ШИ управляют работой установки после прихода каждого ливня, а именно запускают киноаппараты на наземном и подземном фоторегистраторах, киноаппарат осциллографа, механический счетчик числа зарегистрированных ШАЛ, переводят сельсинный датчик на очередной номер, с помощью чего и происходит маркировка кадров, фотографируемых всеми тремя киноаппаратами, для их дальнейшей совместной обработки. Кроме того, на последнем шаге коммутирующие ШИ включают в осциллографе ОК-19 и калибровочный генератор для нанесения на осциллограмму меток времени в  $10^{-8}$  сек.

С момента запуска установки вход ее блокируется отрицательным напряжением 60 в, снимаемым на последнем шаге коммутирующих ШИ. Весь цикл переноса информации и фотографирования длится около 100 сек., после чего установка приходит в исходное состояние и готова к регистрации очередного ливня. Рис. 3 демонстрирует один из кадров, зарегистрированных наземным фоторегистратором. Видны неоновые лампочки, диск сельсинна—датчика с указанием номера кадра, а также табло с датой и часом.

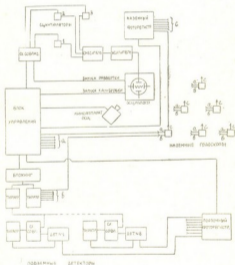


Рис. 2. Блок-схема установки

Подземная часть аппаратуры. Подземная часть установки представляла собой систему из восьми двухслойных годоскопических детекторов, расположенных согласно рис. 1 на глубине 200 мвз (минимальная энергия  $\mu$ -мезонов для достижения этой глубины около 40 Бэв). Между слоями детекторов помещены свинцовые блоки толщиной 10 см.

Площадь каждого детектора равнялась  $0,5 \text{ м}^2$ , и, таким образом, площадь детекторов под землей составляла  $4 \text{ м}^2$ .

Каждому детектору была придана схема трехкратных совпадений. Импульсы от обоих рядов счетчиков пускались на совпадения с импуль-

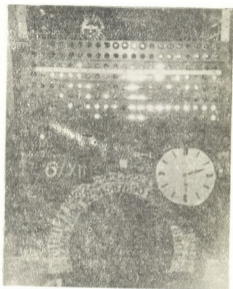


Рис. 3. Кадр с фотографией годоскопической картины. Виден диск сельсинного датчика

сом от наземной части установки, передаваемая в подземное помещение по кабелю в момент регистрации ливня. При наличии трехкратного совпадения срабатывает годоскопическое устройство и картина фотографируется подземным фоторегистратором.

В шести детекторах годоскопическим был лишь нижний ряд счетчиков, расположенных под свинцовыми блоками. В остальных двух детекторах  $\mu$ -мезонов, расположенных отдельной группой, годоскопическими были оба ряда счетчиков.

Итак, зарегистрировав ливень, мы с



Рис. 4. Распределение частоты выпадения ШАЛ как функция расстояния их осей от детектора  $\mu$ -мезонов № 7

тиляционная установка позволяет определить направление прихода оси ШАЛ. Восстанавливая перпендикуляр из точки расположения детекторов

$\mu$ -мезонов к направлению прихода оси ШАЛ, получают возможность измерить расстояние от оси ШАЛ до детекторов  $\mu$ -мезонов. Группируя затем случаи срабатывания детекторов по расстояниям до оси, можно построить усредненную картину распределения плотности потока  $\mu$ -мезонов в ШАЛ.

В качестве примера работы детекторов  $\mu$ -мезонов приведем распределение (рис. 4) частоты случаев выпадения осей ШАЛ как функции расстояния этих осей от детектора  $\mu$ -мезонов № 7 безотносительно от срабатывания этого детектора, а также в случае его срабатывания (нижнее распределение). Гистограмма ясно показывает, что распределение довольно широко в обоих случаях. Аналогичные гистограммы были получены и для остальных семи детекторов. Для детекторов № 1—6 распределение начинается с нескольких метров.

Ширина распределений позволяет разбить экспериментально полученные данные на несколько интервалов расстояний, средние значения которых оказались равными 10, 30, 52 и 80 м.

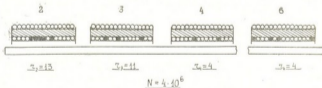


Рис. 6. Случай регистрации группового прохождения  $\mu$ -мезонов через детекторы

Не останавливаясь подробно на способе определения координат осей ШАЛ на поверхности земли, отметим лишь, что он производился с помощью кривых «равных отношений плотностей» по данным шести геодезических пунктов.

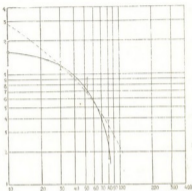


Рис. 5. Пространственное распределение  $\mu$ -мезонов на глубине 200 м

## Результаты эксперимента

За время работы установки (1920 часов) было зарегистрировано 415 срабатываний подземных детекторов.

Среднее значение размера ШАЛ (по числу частиц) оказалось равным  $6 \times 10^5$ . Ливни меньше  $10^5$  не дали вклада в срабатывание детекторов  $\mu$ -мезонов.

Поскольку по каждому из восьми детекторов под землей были получены данные относительно плотности потока  $\mu$ -мезонов на приведенных

Таблица

Расстояние, м	Темп выпадения ливней		Плотность потока $\mu$ -мезонов с энергией $> 10$ Бэв, частиц/м <sup>2</sup>
	всех, час <sup>-1</sup>	давших срабатывание, час <sup>-1</sup>	
10	0,250	0,0193	0,16 $\pm$ 0,04
30	1,605	0,0932	0,12 $\pm$ 0,01
52	0,997	0,0396	0,08 $\pm$ 0,013
80	0,314	0,00417	0,027 $\pm$ 0,011

в предыдущем разделе расстояниях от оси ШАЛ (10, 30, 52 и 80 м), данные по всем восьми детекторам объединялись с учетом действительного времени работы каждого из них. Данные о темпе срабатывания детекторов (в пересчете на один), а

также о темпе выпадения осей ШАЛ на указанных средних расстояниях безотносительно от срабатывания детекторов приводятся в таблице. В таблице приведены также вычисленные по этим данным значения плотности  $\mu$ -мезонов.

Полученное распределение хорошо описывается законом Гаусса вида

$$\rho(r) = 0,16 e^{-1,31 \cdot 10^{-4} r^2}.$$

Для сравнения с результатами работы НИИЯФ МГУ по пространству распределению потоков  $\mu$ -мезонов с энергиями  $\approx 5$  Бэв и  $\approx 10$  Бэв [2] опишем наши экспериментальные данные законом вида

$$\rho(r) = k N^{0,85 \pm 0,1} r^{-0,7 \pm 0,1} \exp - \left[ \frac{r}{r_0} \right]^2,$$

полученный в этой работе.

Оказалось, что наши экспериментальные данные могут быть удовлетворительно описаны законом такого вида с параметрами  $k$  и  $r_0$ , равными

$$k = 1,74 \times 10^{-5} \quad \text{и} \quad r_0 = 100 \pm 20 \text{ м.}$$

На рис. 5 представлены наши экспериментальные данные, а также оба закона. Шпательной линией изображен закон Гаусса, пунктирной — вторая зависимость.

За время эксперимента нами наблюдались 20 случаев группового прохождения  $\mu$ -мезонов через детекторы.

В больших линиях, с числом частиц порядка  $10^6$  и выше, групповое прохождение проникающих частиц в одном детекторе сопровождалось, как правило, срабатыванием еще одного или нескольких детекторов. Типичный случай приведен на рис. 6, где изображены детекторы  $\mu$ -мезонов и отмечены счетчики, через которые прошли проникающие частицы. В некоторых из зарегистрированных случаев такого рода ось ШАД проходит на малом расстоянии от зарегистрировавшего группу детектора, однако есть и такие случаи, в которых ось ШАД проходит на расстоянии в несколько десятков метров от детекторов.

### Обсуждение результатов

Проведен сравнение полученного нами пространственного распределения для  $\mu$  мезонов, обладающих энергией  $\cong 40$  Бэв, с данными работы НИИЯФ МГУ [2].

Средний квадратичный радиус распределения для  $\mu$ -мезонов с энергией  $E \cong 5$  Бэв  $r_0 = 195 \pm 15$  м, сократившись до  $155 \pm 15$  м для энергии  $E \cong 10$  Бэв, падает далее до величины  $r_0 = 100 \pm 20$  м при энергии  $\mu$ -мезонов выше 40 Бэв.

Эта величина среднего квадратичного радиуса приводит к значению  $\rho_1 = (2 \div 4) \times 10^8$  эв/с.

Оценим полное число частиц на глубине 200 мэв.

Полученное значение, равное  $2,5 \times 10^3$ , относится к ШАД с полным числом частиц  $6 \times 10^5$  (средний диаметр, для которого мы получили распределение). Определив затем число частиц с энергией выше 10 Бэв в линиях этого же размера, мы сможем оценить показатель в интегральном энергетическом спектре в целом по линии и сравнить его с результатами нашей предыдущей работы [3], а также работы [2].  $\gamma$  оказывается равным  $\gamma = 1,1 \pm 0,1$  в интервале энергий  $E = 10 \div 40$  Бэв. Это значение согласуется как с результатами работы [3], так и со значением, полученным для интервала  $E = 5 \div 10$  Бэв в работе [2]. Определение  $\gamma$  по данным о полном числе  $\mu$ -мезонов на глубине 65,5 Мэв, полученным нами в работе [1], приводит к величине  $\gamma = 0,92 \pm 0,1$ , что согласуется с предыдущим расчетом.

Часть из 20 наблюдаемых за время эксперимента случаев прохождения  $\mu$ -мезонов через детекторы, по-видимому, не удастся объяснить тривиально. В связи с этим представляется весьма актуальной постановка эксперимента по «нетривиальным» пучкам.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физики  
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 25.11.1963)



თ. ბარნაველი, მ. ბიბილაშვილი, ა. ჯაფარიძე, ზ. ლაშაველაშვილი,  
 რ. ქაპარაძე, რ. შურიაძე, ი. ხალაშვილი

**ფართო ატმოსფერული ღვარამბის  $\mu$ -მეზონების სინტეზური  
 განაწილების გამომკვლევა წყლის მდინეალების  
 200 მ-ის სიღრმეზე**

რ ე ზ ი უ მ ე

გამოკვლევა ჩატარებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ფიზიკის ინსტიტუტის მიწისქვეშა ლაბორატორიაში ზღვის დონიდან 400 მ-ის სიმაღლეზე.

ფართო ატმოსფერული ღვარამბი გამოიყოფოდა დედამიწის ზედაპირზე განლაგებული სინტილაქციური მთელელების სისტემის საშუალებით. ამ სინტილაქციურების ფოტოგამაზრავლებლების იმპულსთა შედარებითი დაგვიანება ოსცილოგრაფზე ფიქსირდებოდა და საშუალებას გვაძლევდა გავეცახა ღვარამბის უოველი გამოყოფილი ღვარამბის ღერძის დახრის კუთხე.

ღვარამბის  $\mu$  მეზონური ნაწილი რეგისტრირდებოდა წყლის ეკვივალენტის 200 მ-ის სიღრმეზე გვირამბში განლაგებული 8 ორფენოვანი ჰოდოსკოპური დეტექტორის საშუალებით, რომელთა საერთო ფართი 4 მ<sup>2</sup>-ს უდრიდა. ფენების შორის განლაგებული იყო 10 სმ სისქის ტყვიის ფილტრი.

დინადგარის მუშაობის 1920 საათის განმავლობაში რეგისტრირებული იყო მიწისქვეშა დეტექტორების ამუშაების 415 შემთხვევა. მათი ძირითადი ნაწილი გამოწვეული იყო  $6 \times 10^5$  რიგის სიდიდის ფართო ატმოსფერულ ღვარამბში შემავალი  $\mu$  მეზონებით.

$\mu$ -მეზონების სიმკვრივეები განსაზღვრულია ღვარამბის ღერძებიდან 10, 30, 52 და 80 მ-ის მანძილზე.

აღწერათ რა ჩვენ მიერ მიღებულ შედეგებს შემდეგი სახის ფუნქციით

$$\rho(r) = kN^2 r^{-\alpha} \exp \left[ -\left( \frac{r}{r_0} \right)^{\beta} \right],$$

მივღებთ  $r_0$ -ის მნიშვნელობას  $r_0 = 100 \pm 20$  მ.

გაკეთებულია აგრეთვე დასკვნები პირველად აქტივი მიღებული იმპულსის განივი შემადგენელის სიდიდის, მოყვანილი ზომის ფართო ატმოსფერულ ღვარამბში 40 ბეე-ზე დიდი ენერჯის  $\mu$ -მეზონების რიცხვისა და აგრეთვე  $\mu$ -მეზონების ენერგეტული სპექტრის მაჩვენებლის შესახებ.

**დაკონფიდენციალური ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Э. Л. Андроникашвили, М. Ф. Библиашвили. О пространственном распределении проникающей компоненты широких атмосферных ливней. ЖЭТФ, 32, 1957.
2. Б. А. Хренов. Изучение потоков  $\mu$ -мезонов высокой энергии в составе широких атмосферных ливней. ЖЭТФ, 41, 1961.
3. Э. Л. Андроникашвили, Р. Е. Казарон. Экспериментальное исследование энергетического спектра проникающей компоненты широких атмосферных ливней. ЖЭТФ, 38, 1960.



М. Ш. КАВИАДЗЕ, И. В. АБАШИДZE

К ВОПРОСУ О ВАРИАЦИЯХ ИЗОТОПНОГО ОТНОШЕНИЯ  
 $K^{39}/K^{41}$  В ЗЕМНОМ КАЛИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирнанашвили 14.12.1983)

Появление и дальнейшее усовершенствование масс-спектрометрического метода анализа позволило обнаружить вариации изотопного состава некоторых химических элементов, не связанные с радиоактивностью и доходящие до 10—15%. К числу таких элементов относятся водород, углерод, кислород, сера и др.

Надежное установление этих вариаций, обусловленных различными геохимическими и биохимическими процессами, имеет большое научное значение.

Масс-спектрометрические измерения отношения распространенности изотопов калия  $K^{39}$  и  $K^{41}$  в естественной их смеси дали значительно отличающиеся друг от друга результаты. В послевоенные годы для отношения  $K^{39}/K^{41}$  были получены значения, варьирующие от  $13,48 \pm 0,6$  [1] до  $14,4 \pm 0,1$  [2]. Однако анализ опубликованных за последние годы работ приводит к выводу, что наблюдавшиеся отклонения между данными разных авторов могли быть обусловлены отличиями в методике измерений или разницей в систематических ошибках приборов. В этой связи представляется обоснованной попытка [3] судить о вариациях изотопного состава элементов на основании сравнения результатов измерений, произведенных различными исследователями.

Естественно, что более убедительным является сравнение данных, полученных с помощью одинаковой методики на одном и том же приборе, так как при этом все образцы измеряются в близких условиях.

Изучением вариаций изотопного состава  $K^{39}/K^{41}$  в природных образованиях в разное время занимались Брюер и Баудиш [4], Кук [5], Рик [2], Рейтерсверд [6], Кендолл [7] и Летоль [8]. Результаты, полученные этими авторами, противоречивы, поскольку одни из них вообще не обнаруживают вариаций, превышающих 1—2%, а другие говорят о значительных вариациях — до 10—15%.

Особо следует отметить работы Кендолла, исследовавшего 27 образцов органического и минерального происхождения. К сожалению, Кендолл в трех статьях [9, 10, 11] излагает методические вопросы и лишь в одной [7] вкратце резюмирует полученные им данные, поэтому невозможно точно установить, в каких именно образцах он измерял



распространенность  $K^{39}$  и  $K^{41}$ . Кендолл не приводит конкретных отношений  $K^{39}/K^{41}$  для отдельных образцов, но делает общий вывод о том, что вариация изотопного состава в образцах сиалического происхождения составляет 1—2%. В измерениях он использовал разработанный им ионный источник с поверхностной ионизацией. Работая двухлучевым методом, Кендолл стабилизировал ионный луч  $K^{39}$  через обратную связь на ионизатор. Этот метод с первого взгляда очень эффективен, но нами на контрольных опытах было установлено, что он является источником переменных систематических ошибок.

В 1962 г. Летоль опубликовал результаты своей работы [8], в которой он использовал заводской масс-спектрометр с термоионным источником. Им было исследовано 11 образцов горных пород различного возраста—от докембрия до плейстоцена,—на основании чего он пришел к далеко идущему геохимическому выводу о том, что кислые и основные породы отличаются друг от друга по отношению  $K^{39}/K^{41}$ . Внутри же каждой из этих групп в пределах ошибок измерений вариация изотопного состава отсутствуют.

Как уже отмечалось выше, критический анализ всех этих работ убедил нас в том, что основным источником систематических ошибок при измерении образцов твердой фазы является ионный источник масс-спектрометра. Газовые источники при изучении вариаций изотопного состава элементов позволяют осуществить метод двойного напуска, что резко повышает точность относительных измерений, так как при таком сравнении все систематические ошибки ввиду идентичности условий измерений не влияют на определение изотопных отношений.

Иначе обстоит дело при исследовании образцов твердой фазы. До последнего времени не было ионного источника, в который одновременно можно было бы вводить как эталон, так и изучаемый образец. Это ведет к тому, что после завершения очередного измерения при переходе к следующему образцу приходится останавливать прибор. Естественно, что после каждой замены образца меняется режим, так как воспроизвести все условия работы прибора очень трудно. Кроме того, по-видимому, существуют неконтролируемые изменения в приборе, полный учет которых пока невозможен. В результате воздействия этих факторов наблюдается вариация измеряемых величин изотопных отношений, обычно (1—3%) после каждой замены образца одного и того же исследуемого вещества при прочих идентичных условиях.

При изучении вопроса о вариациях изотопного состава элементов твердой фазы в природе нам пришлось заняться поисками нового варианта источника типа Ингрема и Чуики. Было решено использовать в ионном источнике вращающуюся систему, впервые примененную Куком в ионном источнике масс-спектрографа. Однако этот источник

имел ряд недостатков, вследствие которых были получены большие колебания (порядка 3—4%) при измерении одного и того же образца. Принимая во внимание недостатки источника Кука, мы видоизменили трехнитный источник Ингрема и Чупки, учтя те недостатки, которые, по нашему мнению, имеет источник Паттерсона и Вильсона.

Нами был разработан новый вариант источника ионов [12] с поверхностной ионизацией для одновременного анализа трех образцов твердой фазы, из которых один является эталоном. Конструкция источника изображена на рисунке.

Ионизатор А из вольфрама или никеля с продольным отверстием в середине находится в строго фиксированном положении относительно выходной щели источника. Ионизатор крепится на траверзах 1 и 4 и находится при потенциале анода. Под ионизатором расположен керамический диск В с хорошими изоляционными и вакуумными свойствами. Форма диска изображена на рисунке. Луники под испарителями делались специально для термозоляции лент, а шестигранное отверстие в центре диска — для фиксации храповика. Диск монтируется в печном или газовом источнике заводского масс-спектрометра, храповой механизм с помощью гибкого троса выводится наружу через отверстие, служащее для напуска газа в источник. Движение троса под вакуумом осуществляется с помощью сиффона. Практика работы показала, что такая механическая система работает безотказно.

Ленты-испарители из тантала или никеля расположены под углом  $120^\circ$  относительно друг друга. Точечной сваркой они крепятся к специ-

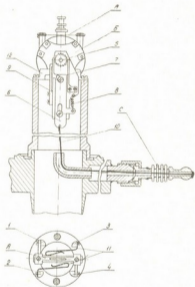


рис. А—ионизатор, В—диск с испарителями, С—сиффон, 1, 2, 3, 4—траверсы, 5—храповик, 6—движок, 7—фиксатор, 8, 9—пружины, 10—трос, 11—скользящие контакты, 12—угольник для крепления храпового механизма

№	Характеристика образцов и их местонахождение	Геологический возраст	Арсеновая порода, м.к. д.т.	Оптимальное $h^* K^*$	Количество зерен/мм <sup>2</sup>
<b>Интрузивные образования</b>					
1	Базальт из месторождения (Карагай)*	Доломитовый	1000	1,007 ± 0,01	100
2	Углеродистый известняк (Урал I)* (Урал I)*	Доломитовый	1000	1,007 ± 0,01	115
3	Углеродистый известняк (Урал II)* (Урал II)*	Палеозой	110	1,007 ± 0,01	111
4	Углеродистый известняк (Урал III)* (Урал III)*	Палеозой	300	1,007 ± 0,01	102
5	Базальт из месторождения "Урал III" (Урал III)*	Палеозой	350	1,007 ± 0,01	110
6	Микролитовый известняк "Урал IV" (Урал IV)*	Палеозой	210	1,007 ± 0,01	117
7	Базальт из гранита Вельдур (Грузия)	Ср. юра	105	1,007 ± 0,01	95
8	Углеродистый известняк из гранита Вельдур (Грузия)	Ср. юра	—	1,007 ± 0,01	103
9	Базальт из гранитового массива Дзанджар (Грузия)	Н. юра	37	1,007 ± 0,01	113
10	Кальцит из гранитового массива Дзанджар (Грузия)	Н. юра	—	1,007 ± 0,01	81
11	Микролитовый габбро Дарульское месторождение "а" (Грузия)	Палеозой (?)	—	1,007 ± 0,01	111
12	То же, образцы "б"	Палеозой (?)	—	1,007 ± 0,01	115
13	Габбро Дарульское месторождение (Грузия)	—	—	1,007 ± 0,01	118
14	Синтоновый флюид из гранита Агурийан, образцы "а" (Грузия)	Палеозой (Урало-Кавказский?)	—	1,007 ± 0,01	100
15	То же, образцы "б"	Палеозой (?) или мезозой (?)	—	1,007 ± 0,01	106
16	Диорит Сачхур (Грузия)	Палеозой (?) или мезозой (?)	—	1,007 ± 0,01	108
<b>Эффузивные образования</b>					
17	Кварцопорфир Чугури (Грузия)	Н. палеозой	—	1,007 ± 0,01	81

М. Ш. Квасцхелия, Н. П. Адамидзе

Контент в открытом доступе по инициативе РГБКИ в рамках проекта

18	Андезит-базальт Цахви (Грузия)	Н. юра	—	1,007 ± 0,01	100
19	То же	Н. юра	—	1,007 ± 0,01	70
20	То же	Н. юра	—	1,007 ± 0,01	110
21	Диорит Дзаван (Грузия)	Палеозой	—	1,007 ± 0,01	100
22	То же	Палеозой	—	1,007 ± 0,01	105
23	То же	Палеозой	—	1,007 ± 0,01	100
<b>Метаморфические образования</b>					
24	*Известняк месторождения Цахви (Грузия)	Н. палеозой-юра	—	1,007 ± 0,01	100
25	Мусковит из гнейса р. Дзаван (Грузия)	Палеозой	—	1,007 ± 0,01	110
26	Слюдяной сланец р. Ардон (Сек. Кавказ)	Палеозой	—	1,007 ± 0,01	117
<b>Осадочные образования</b>					
27	Глинистый р. Поника (Сек. Кавказ)	Н. юра	100	1,007 ± 0,01	105
28	Слюдяной сланец, обр. "а" (Орбика)	Юра	—	1,007 ± 0,01	100
29	То же обр. "б"	Юра	—	1,007 ± 0,01	120

\* Этиловые образцы для доломитовых пород Кавказа по определению абсолютного возраста геологических формаций.



альным ушкам из никеля. Испаритель в рабочем положении вращается током, который подводится к испарителю с помощью скользящих контактов, укрепленных на траверзах 2 и 3. Ионизатор и испаритель имеют независимый подогрев. Поскольку интенсивность ионного тока в масс-спектрометре в сильной степени зависит от температуры испарителя и ионизатора, то для точных измерений изотопных отношений необходима стабилизация источников питания не менее 0,02%.

На испарителе наносится эталон и два образца. Под ионизатор А подводится испаритель с эталоном и путем регулирования тока накала поддерживается нужная плотность пара. Пар исследуемого образца при соприкосновении с ионизатором, имеющим высокую температуру, частично ионизируется. Ионы вытягиваются и фокусируются к выходной щели источника. Масс-спектрометр настраивается, и производится запись изотопного состава. После измерения эталона с помощью храпового механизма под ионизатор подводится исследуемый образец. Так как измерение эталона и образцов происходит при неизменных параметрах масс-спектрометра, то точность относительных измерений резко возрастает. Проверка фона в источнике производится фактически перед каждым вводом испарителя.

Работа выполнялась на масс-спектрометре МИ-1305. Использовался однолучевой метод с механической разверткой магнитного поля. Ионные лучи изотопов  $K^{40}$  и  $K^{41}$  попадали автоматически в приемник поочередно. В такт ионным лучам менялось выходное сопротивление, так что ЭПП принимал сравнимые сигналы. Одночасовая непрерывная работа прибора позволяла измерять в среднем около 90 отношений  $K^{40}/K^{41}$ . Для точного и быстрого измерения высот пиков соответствующих изотопов было сконструировано специальное приспособление.

Многочисленные измерения отношений изотопов в одном и том же образце, нанесенном на все три ленты, показали, что разброс между средними результатами от трех лент одного диска не превышает 0,2—0,3%.

Принимая во внимание легкость щелочных элементов, особое внимание мы уделили вопросу влияния одной пробы на другую. Контрольные опыты на образцах со смещенным изотопным составом показали, что в пределах ошибок опыта перекрытия не наблюдается даже в условиях «жесткого» опыта с моноизотопами.

Исследованию подверглись 22 различных образца горных пород и минералов, из которых по полностью стереотипной методике извлекался калий в виде  $KClO_4$ . Образцы были подобраны таким образом, чтобы в их число входили представители всех основных генетических групп горных пород в широком возрастном диапазоне—от докембрия до плейстоцена. Для части образцов определялся их абсолютный возраст

аргоновым методом в лаборатории Геологического института под руководством М. М. Рубинштейна, советы и критические замечания которого во многом способствовали выполнению данной работы.

Три образца в виде водного раствора  $KClO_4$ , содержащего около  $10^{-5}$  —  $10^{-6}$  г калия, наносились на ленты вращающегося диска нового источника. Одним из этих образцов всегда являлся эталон — докембрийский биотит (таблица, образец № 1). Прибор настраивался по эталону и в дальнейшем до полного окончания серии измерений все параметры прибора оставались неизменными, чтобы не вносить новую систематическую ошибку. После непрерывной одночасовой записи эталона происходил только поворот диска с образцами для замены эталона первым измеряемым образцом. После окончания этой записи таким же образом вводился второй измеряемый образец. Работа заканчивалась вторичным измерением изотопных отношений эталона, позволяющим судить о нормальной работе прибора и надежности результатов, полученных в данной серии измерений. Сравнение образцов, измеренных в различных сериях, происходило опять-таки по эталону, позволяющему произвести соответствующий пересчет. Расчетное значение изотопных отношений в эталоне было получено усреднением этих значений во всех сериях измерений. Результаты измерений приведены в таблице, из которой явствует, что вариации изотопных отношений в исследованных образцах не превышают  $\pm 0,25\%$ .

Иными словами, ощутимой разницы в отношении  $K^{39}/K^{41}$  между разновозрастными и различными по генезису минеральными образованиями не наблюдается, а вывод Летоля о существенном отличии в отношениях  $K^{39}/K^{41}$  между сиалитскими и базальтовыми образованиями является, по-видимому, ошибочным.

Для установления более тонких эффектов вариаций изотопного состава образцов твердой фазы большое значение приобретает дальнейшее повышение точности относительных измерений.

Во всех предыдущих работах предел точности ограничивался систематическими ошибками прибора. Использование предложенной нами конструкции нового источника позволяет в основном устранить их, и предел точности наших измерений  $\pm 0,25\%$  ограничивается статистическими ошибками, которые, к сожалению, особенно велики при однолучевом методе измерения.

Поэтому в данный момент мы осваиваем прецизионный метод регистрации изотопных отношений, описанный в работах Мак-Кинни, Мак-Кри, Эшштейна, Аллена, Юри и А. П. Виноградова, М. С. Чувакина, В. А. Гриненко.



Названный метод был разработан для газов и практически осуществление его для твердых образцов связано с целым рядом затруднений. Эти затруднения нами частично преодолены, во всяком случае мы уже имеем методику, позволяющую производить относительные измерения изотопного состава калия с точностью  $\pm 0,03-0,04\%$ .

Окончательно доработанная прецизионная методика относительных измерений и полученные результаты будут опубликованы отдельно.

Тбилисский государственный  
университет

(Поступило в редакцию 14.12.1965)

შენიშვნა

მ. კავლაძე, ი. აბაშიძე  
იზოტოპური ფარდობის  $K^{39}/K^{41}$  მარიანიწყების  
საკონტროლო მუშაობის დამუშავების კალენდრში

რეზიუმე

სტატიაში შესწავლილია იზოტოპური ფარდობა  $K^{39}/K^{41}$  შიგნით მიწ-რალბსა და ქანებში. გაზომვები ჩატარებულია მასსპექტრომეტრზე MI1-1305 სპეციალური კონსტრუქციის იონური წყაროს გამოყენებით, რაც ზუსტი შეფარდებითი გაზომვების საშუალებას იძლევა.

გაზომილ ექნა ინტრუზიული, ეფუზიური, მეტამორფული და დანალექი წარმოშობის 22 ნიმუში. ასაკთა ინტერვალში პლესტოცენიდან კამბრიუმის წინა დრომდე. ექსპერიმენტის სიზუსტის ფარგლებში ( $\pm 0,25\%$ ) კალიუმის იზოტოპური შემადგენლობის ვარიაციები არაა შეშინებული.

დასოფაიული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. O. Nier. A redetermination of the relative abundances of the isotopes of carbon, nitrogen, oxygen and potassium. Phys. Rev., 77, 1950, 789.
2. Г. Р. Рих, Ю. А. Шуколюков. Изотопный состав калия из метеоритов. ДАН СССР, 94, 1954, 667.
3. И. В. Петровская, Л. Н. Гриненко. Исследования изотопного состава элементов в связи с вопросами генезиса рудных месторождений. Геология рудных месторождений, № 2, АН СССР, 1962, стр. 3.
4. A. K. Brewer. Isotopes of potassium in phosphate rocks and soil. Am. Chem. Soc. Journ., 61, 1939, 597.
5. K. L. Cook. The relative abundance of the isotopes of potassium in pacific kelps and in rocks of different geologic age. Phys. Rev., 64, 1943, 278.
6. C. Reutersward. On the isotopic constitution of potassium. Arkiv för fysik, 11, 1956.
7. B. R. Kendall. Isotopic composition of potassium. Nature, 186, № 4720, 1960.
8. M. R. Letolle. Observations sur la composition isotopique du potassium de certaines roches. Comptes Rendus Academie des Sciences, 254, № 12, 1962.
9. B. R. Kendall. Mass spectrometer ion source for solid samples. Rev. Sci. Instr., 29, 1958, 1958.
10. B. R. Kendall. Direct-coupled amplifier for the measurement of small currents. Nuclear Instr., 3, 1956, 73.
11. B. R. Kendall. Ion current stabilization for a surface ionization mass spectrometer. Rev. Sci. Instr., 29, 1958, 851.
12. Г. М. Мирзиашвили, М. Ш. Кавლაძე, ი. ვ. აბაშიძე. Источники ионной токовой измерение изотопных отношений в образцах твердой фазы. Сообщения АН СССР, XXXII, 1963, 311.





Г. Г. ТАБАГУА

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ГРУЗИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Л. Цагарели 7.3.1964)

Метод естественного электрического поля является одним из эффективных методов электроразведки, успешно применяемых для поисков и разведки сульфидных и отчасти полиметаллических месторождений. Естественные электрические поля железорудных месторождений еще недостаточно изучены, поскольку специальные исследования на отдельных типах этих месторождений в настоящее время не приводятся, а прежние работы носили эпизодический характер.

В данной статье рассмотрены вопросы, касающиеся эффективности метода естественного электрического поля на железорудных месторождениях Грузии и возможности использования этого метода для разведки некоторых типов месторождений железных руд.

С целью изучения естественных электрических полей железорудных месторождений были проведены исследования на различных по своему вещественному составу и генезису месторождениях, расположенных в разных литологических средах и гидрогеологических условиях, как например Нолазурское, Дзваское, Шроша-Убисское и Цедисское.

Для изучения условий происхождения электрического поля на этих месторождениях был проведен гидрохимический анализ рудничных вод; на образцах руд определялись электродные потенциалы, возникающие при их соприкосновении с различными электролитами; изучался минералогический состав образцов руд и определялась природа электрической проводимости этих образцов.

Электродные потенциалы, возникающие в результате соприкосновения руд с растворами, имеют большое значение в образовании электрических полей на месторождениях. Поэтому для изучения этих потенциалов на рудных образцах были проведены лабораторные опыты по методике, изложенной в работе [1].

Учитывая результаты гидрохимического анализа рудничных вод исследуемых месторождений, в качестве электролитов мы подобрали водные растворы следующих солей и щелочей:  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  и  $\text{KOH}$ . Этим частично было осуществлено приближение лабораторных опытов к естественным условиям. Помимо этого, были использованы также водные растворы  $\text{KHSO}_4$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{KNO}_3$  и  $\text{KCl}$  для изучения их электрохимической активности.

В таблице приведены качественные результаты основных серий лабораторных определений электродного потенциала, проведенных с использованием 0,5 нормального раствора электролитов. Каждое значение электродного потенциала в таблице представляет собой среднее арифметическое 6—8 измерений.

Таблица

Электролиты	Электродные потенциалы в мВ			
	Дзясское м-ние	Ваки-Джварское м-ние	Цедисское м-ние	Шроша-Убисское м-ние
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	393	370	380	360
$\text{KHSO}_4$	385	300	390	0
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	375	350	320	0
$\text{KNO}_3$	230	260	290	0
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	225	350	215	0
$\text{K}_2\text{CO}_3$	220	300	180	0
$\text{NaHCO}_3$	240	305	350	0
$\text{KCl}$	260	360	190	0
$\text{NaOH}$	60	350	85	0
$\text{KOH}$	56	190	20	0

Как видно из таблицы, в образовании электродного потенциала водные растворы кислотных солей более активны, чем щелочные. Из них наиболее активным является электролит  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Высокие электродные потенциалы создают также  $\text{KHSO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ . Подобная закономерность электрической активности указанных водных растворов отмечена в отдельности для всех образцов того или иного месторождения.

Полученные данные показывают, что в электродных процессах, т. е. в возникновении в ионной среде потенциала на поверхности образцов, одну из решающих ролей играет именно химический состав растворов. Эти результаты подтверждают мнение о большом значении гидрохимических условий в возникновении локальных электрических полей на рудных месторождениях [2, 3].

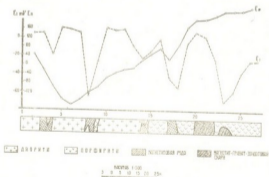
Макроскопическое изучение образцов показывает, что на рассмотренных месторождениях оруденения характеризуются простым минералогическим составом. На Дзясском месторождении скарнивого типа из рудных минералов в основном представлены магнетит и пирит, в малом количестве халькопирит и лимонит. На месторождении осадочного типа Шроша—Убиса оруденение представлено лишь гематитом, гидрогематитом

и лимонитом. На месторождении гидротермального типа Цедеси из рудных минералов встречаются в основном гематит, гидрогематит, образования ряда псилоомелан—вад и редко якобит, магнетит и пирит. На месторождении собственно магматического типа Ваки-джвари наблюдаются магнетит и сопутствующий ему ильменит, в малом количестве—пирит и халькопирит.

Сопоставление значений электродных потенциалов с вещественным составом рудных образцов показывает, что внешнеотраженные минералы железа при соприкосновении с электрохимически активными электролитами создают электродные потенциалы высокой интенсивности. Из взятых образцов более высокими электродными потенциалами характеризуются образцы месторождения Ваки-джвари. Образцы из месторождений Дзама и Цедеси создают сравнительно меньшие значения электродных потенциалов.

В этом отношении определенную инертность проявляют образцы из месторождения Шроша-Убиса, что вызвано низким содержанием минералов железа в руде.

Рассмотрим теперь характер естественного электрического поля на железорудных месторождениях, соответствующих рудным образцам.

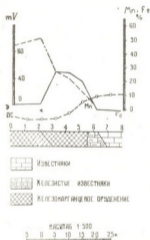


Фиг. 1

На фиг. 1 представлены две кривые, построенные на Дзамском месторождении:  $E_I$ , показывающая изменения значений потенциала электрического поля в штольне № 7, и  $E_{II}$ —вдоль просекции штольни на дневной поверхности. Аномальные значения потенциалов в штольне увязываются с участками оруденения. Дневная поверхность здесь имеет угол наклона  $25-30^\circ$ , и поэтому интенсивные аномалии наблюдаются только

в начале профиля, где оруденелые тела, пересеченные штольней, находятся вблизи от дневной поверхности. На профилях, проведенных перпендикулярно штольням, интенсивность отрицательной аномалии рудного происхождения колеблется от 40—50 до 200—250 мВ.

На ряде профилей Широа-Убиса, которые пересекают рудное тело мощностью 10—12 м, аномалии естественного электрического поля вовсе не отмечаются. Аналогичная картина наблюдается на Поладзурской месторождении железа. Детальная площадная съемка отдельных участков



Фиг. 2

Дзямского месторождения достигает 400—500 мВ. Исходя из результатов лабораторных опытов, можно считать, что возникновению электрических аномалий на месторождениях Дзема и Цедиси способствует активность водных растворов сульфатных солей.

Как известно из таблицы, аниону  $\text{HCO}_3^-$  свойственна высокая электрическая активность. Соответственно можно предполагать, что он играет также значительную роль в возникновении электрических аномалий на Цедиском месторождении, где его содержание в пробах воды примерно такое же, как аниона  $\text{SO}_4^{2-}$ . Этого нельзя сказать о месторождении Дзема, где анион  $\text{HCO}_3^-$  по сравнению с анионом  $\text{SO}_4^{2-}$  содержится в весьма малых количествах (80—90 мг/л). Содержание аниона  $\text{SO}_4^{2-}$  в пробах других

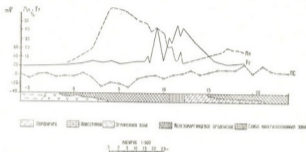
месторождений Демур-су, Саркинет, Тапкесан и Балдыра показывает, что аномалии электрического поля не наблюдаются ни на одной из указанных участков [4].

На Цедиском месторождении аномалии 30—50 мВ увязываются с участками оруденения. Сопоставление в горных выработках естественного электрического поля с минералогическим составом оруденения показывает, что аномалии увязываются с участками скопления в руде минералов марганца, а минералы железа (гематит и гидротематит) аномалий не создают (фиг. 2, 3).

Химический анализ рудничных вод для проб из Дзема и Цедиси по сравнению с пробами из других месторождений указывает на повышенное содержание аниона  $\text{SO}_4^{2-}$ . В пробах из месторождения Цедиси оно составляет 100—140 мг/л, а в пробах



месторождений низкое: на месторождении Широша оно равняется 10 мг/л, в Ваки-джвари—15 мг/л и на Поладаурском месторождении—70—90 мг/л. Содержание аниона  $\text{HCO}_3^-$  в пробах воды Поладаурского месторождения составляет 330 мг/л, а на месторождении Широша-Убиса—220 мг/л. Количество других анионов в пробах весьма незначительное (до 10 мг/л).



Фиг. 3

Слоистый характер электрического поля на месторождениях Поладаури и Широша-Убиса нельзя объяснить лишь низким содержанием анионов  $\text{SO}_4^{2-}$  в водах этих месторождений. Очевидно, здесь решающую роль играет характер электрической проводимости самих рудных тел.

С этой целью для оруденелых тел в естественных условиях и на образцах руд в лаборатории нами изучена природа их электрической проводимости по методике, предложенной в работе [5]. Как показывают эти данные, образцы из Дзая и Ваки-джвари характеризуются в основном электроиной, а руды месторождений Поладаури, Широша-Убиса и Цедиси—ионной проводимостью.

На основе этого ясно, что на месторождении Дзая высокая электрическая проводимость рудных минералов способствует возникновению интенсивных электрических аномалий, тогда как низкая электрическая (ионная) проводимость руд месторождений Поладаури, Широша-Убиса и Цедиси является неблагоприятным фактором.

### Выводы

1. По данным проведенных нами лабораторных опытов окисные минералы железа—гематит и магнетит создают электродные потенциалы того же порядка, что и сульфидные минералы [6]. На интенсивность электродных потенциалов, созданных при соприкосновении образцов железной руды с различными электролитами, большое влияние оказывает химический состав электролита. В частности, замечено, что из подобра-

ნის და ოქსიდის ნაწილები. ამგვარი ნაწილები წარმოადგენს მთლიანად დასრულებულ მინერალს, რომელიც შედის მინერალის კონსტიტუციის შემადგენელ ნაწილებში.

2. На железорудном месторождении Дзама электрические аномалии (до 200—250 мВ) обусловлены как высокой электрохимической активностью магнетита и сульфидных минералов и большим содержанием в рудничных водах аниона  $SO_4^{2-}$ , так и хорошей электрической (электронной) проводимостью рудных минералов. Железорудное месторождение типа Дзама представляет собой благоприятный объект разведки методом естественного электрического поля.

3. На Цедисском железорудном месторождении аномалии электрического поля (30—50 мВ) возникают в основном в результате воздействия на минералы марганца водных растворов, содержащих анионы  $SO_4^{2-}$  и  $HCO_3^-$ . Низкая интенсивность аномалий объясняется повышенной электрической (ионной) проводимостью рудных тел.

4. Наличие спокойных электрических полей на месторождениях Поладзур и Шроша-Убиса вызвано главным образом низкой электрической (ионной) проводимостью рудных минералов. На месторождении Шроша-Убиса к этому добавляется малое содержание в рудничных водах анионов  $SO_4^{2-}$  и низкая концентрация железных минералов в руде.

5. До проведения на железорудных месторождениях разведки методом естественного электрического поля как для изучения эффективности метода, так и для качественной характеристики электрической аномалии необходимо предварительное определение электродных потенциалов рудных образцов, изучение природы их электрической проводимости, а также химического состава рудничных вод.

Академия наук Грузинской ССР

Институт геофизики

Тбилиси

(Поступило в редакцию 7.3.1964)

ბარეშვიძე

ბ. ტაბარვა

საქართველოს რკინაგზაზე საბაზო მუშაობის  
 ელემენტური ველის მეთოდის ელემენტურობის  
 საკითხისათვის

რეზიუმე

საქართველოს რკინაგზაზე საბაზო მუშაობის ელემენტური ველის მეთოდის ელემენტურობის შესწავლის მიზნით გამოკვლევები ჩატარდა ერთმანეთისაგან მინერალოგურად და გენეტიურად განსხვავებულ, სხვადასხვა ლითონისაგან შემდგომ მინერალებში.



ლოგიურ გარემოსა და პიდროგეოლოგიურ პირობებში მყოფ საბადოებზე, როგორცაა: ფოლადურის, ძამის, შროშა-უბისისა და წედისის საბადოები. ამ ადგილებზე ელექტრული ველების წარმოშობის პირობების შესწავლისათვის ჩატარდა საბადოებიდან აღებული წყლის სინჯების პიდროქიმიური ანალიზი. მადნის ნიმუშებზე განსაზღვრულ იქნა სხვადასხვა ელექტროლიტებთან მათი შეხებისას წარმოქმნილი ელექტროდული პოტენციალები. შესწავლილ იქნა მადნის ნიმუშების მინერალოგიური შედგენილობა და ელექტრული გამტარებლობის ბუნება.

ლაბორატორიული და საველე დაკვირვებების შედეგად გამოირკვა, რომ:

1. რკინის ქანგეული მინერალები—ჰემატიტი და მაგნეტიტი სხვადასხვა ელექტროლიტის მიმართ იმავე რიგის ელექტროდულ პოტენციალებს წარმოქმნიან, როგორცაა: რკინის სულფიდური მინერალები [6]. რკინის მადნის ნიმუშების ელექტროდული პოტენციალის ინტენსიურობაზე დიდ გავლენას ახდენს ელექტროლიტის ქიმიური შემადგენლობა. კერძოდ, შეიმჩნევა, რომ ცდებისათვის აღებული წყალსნარებიდან რკინის მადნის ნიმუშებთან შეხებისას ყველაზე მეტ ელექტროდულ პოტენციალს წარმოქმნიან ის წყალსნარები, რომლებიც  $SO_4$  ანიონებს შეიცავენ.

2. ძამის რკინამადნეულ საბადოზე ელექტრულ ანოზალებს (200—250 მგ-მდე) განაპირობებს როგორც მაგნეტიტისა და სულფიდური მინერალების მაღალი ელექტროქიმიური აქტივობა და მადნეულ წყლებში  $SO_4$  ანიონების მაღალი შემცველობა, ისე მადნეული მინერალების კარგი ელექტრული გამტარებლობა. ძამის რკინამადნეული ტიპის საბადო ბუნებრივი ელექტრული ველის შეთოვით ძიების ხელსაყრელ ობიექტს წარმოადგენს.

3. წედისის რკინამაგნეციის საბადოზე ელექტრული ველის ანოზალები (30—50 მგ) წარმოიშობიან ძირითადად მარგანეციის მინერალებზე  $SO_4$  და  $HCO_3$  ანიონების შემცველი წყალსნარების ზემოქმედებით. ანოზალების დაბალი ინტენსივობა აიხსნება გაზაღმებული სხეულების დაბალი ელექტრული (იონური) გამტარებლობით.

4. ფოლადურისა და შროშა-უბისის საბადოებზე მჭიდრო ელექტრული ველების არსებობა ძირითადად გამოწვეულია მადნეული მინერალების დაბალი ელექტრული (იონური) გამტარებლობით. შროშა-უბისის საბადოზე ამას ემატება როგორც საბადოზე წყლებში  $SO_4$  ანიონების დაბალი შემცველობა, ისე მაღანში ჰემატიტის მარცვლების დაბალი კონცენტრაცია.

5. რკინამადნეულ საბადოებზე ბუნებრივი ელექტრული ველის შეთოვით ძიების ჩატარებამდე როგორც შეთოდის ეფექტურობის, ისე ელექტრული ანოზალების თვისობრივი დაბასიათებისათვის საჭიროა წინასწარ იქნეს შესწავლილი მადნის ნიმუშების ელექტროდული პოტენციალები, მათი ელექტრული გამტარებლობის ბუნება და აგრეთვე წყლების ქიმიური შედგენილობა.

## საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Бухникашвили. Установка для измерения естественных потенциалов рудных образцов. Сообщения АН ГССР, т. XXI, № 3, 1958.
2. Г. Б. Свешников. О роли химического состава подземных вод в образовании естественного электрического поля на сульфидных месторождениях. Сб. „Вопросы рудной геофизики“, в. 3, Геотехиздат, М., 1961.
3. А. С. Семенов. Электроразведка методом естественного электрического поля. Изд. ЛГУ, 1955.
4. Ш. М. Чхенкели, В. С. Мацаберидзе, Г. Г. Табагуа. К вопросу изучения геофизическими методами Поладаурского железорудного месторождения. Труды Института геофизики Академии наук Грузинской ССР, т. XVIII, 1959.
5. А. С. Семенов. Исследование природы проводимости руд и пород методом электродных потенциалов. Труды ВИРГа, 1953.
6. А. В. Бухникашвили. Электроразведка в рудной геологии Закавказья. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1962.





В. И. КОБИШВИЛИ

БИОГЕОХИМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАССЕЯННОГО  
 В ПРИРОДЕ ВОЛЬФРАМА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. И. Эривани 5.10.1963)

Вольфрам в рассеянном в природе состоянии относится к числу тех микроэлементов, которые имеют большое значение в развитии сельского хозяйства и привлекают внимание многих ученых. Распространение рассеянного в природе вольфрама и его биогеохимическое значение слабо освещены в литературе.

Вольфрам связан главным образом с кислыми магмами и должен находиться в более наружной части силикатной магматической коры земли. Вольфрам встречается среди кварцевых жидк, грейзенов, гипотермальных жидких образований и в зоне окисления. Наиболее устойчивы в природных условиях, по А. Е. Ферсману [1], шестивалентные ионы вольфрама, которые при высоком окислительном потенциале переходят в комплексный анион, вольфрамат-ион  $(WO_4)^{-2}$  и рассеиваются в природе.

Относительно распространения вольфрама в земной коре существуют различные показания авторов. Анализ сборной пробы 282 изверженных пород, произведенный Хэвеси и Хоббье, показал содержание вольфрама 0,0069% [2]. По А. Е. Ферсману, среднее содержание вольфрама в земной коре—0,0009%, по Кларку и Вашингтону—0,003%, по В. И. Вернадскому и В. М. Гольдшмидту  $5,5 \cdot 10^{-6}$  [3]. Благодаря близости радиусов ионов шестивалентные ионы вольфрама часто сопутствуют шестивалентным ионам молибдена, пятивалентным ионам ниобия и тантала и четырехвалентным ионам титана в решетке различных вольфрамовых, молибденовых, ниобо-танталовых и титановых минералов в качестве изоморфных примесей. Вольфрам ассоциируется также с литием, висмутом, мышьяком, оловом и другими элементами, способными к образованию летучих соединений.

Выветривание горных пород, месторождений минералов и руд, обогащенных теми или иными химическими элементами, способствует рассеянию этих элементов в биосфере. Вольфрам в крайне рассеянном состоянии найден в организмах растений и животных, но порядок его нахождения неизвестен [4].



Биологическое значение вольфрама мало изучено. Организмы широко используют каталитическую способность элементов. Ванадий и молибден обладают исключительной каталитической способностью при главных превращениях веществ в живой клетке и особенно в окислительно-восстановительных процессах [5]. Предполагают, что вольфрам обладает эффектом молибдена. Вместе с тем известно, что вольфрам благотворно действует на повышение урожайности зерновых культур. Предпосевная обработка семян зерновых культур раствором вольфрамата натрия определенной концентрации повышает их урожайность.

По В. И. Вернадскому [6], почвы соответствуют наиболее верхним слоям земной коры, находятся в контакте с литосферой и с осадочными метаморфическими или вулканическими породами, расположенными на поверхности. Почвы, образованные близ рудных тел, в результате рассеяния химических элементов, резко ими обогащаются. Распространение вольфрама в горных породах и почвах мало изучено.

Нами исследовалось распространение вольфрама в некоторых горных породах и почвах Грузии.

Определение вольфрама в исследуемых объектах производилось колориметрическим роданидным методом, в виде окрашенного в желтый цвет вольфраматно-роданидного комплекса [7].

Содержание вольфрама, как и вообще редких элементов в горных породах, находится в зависимости от генезиса этих пород, от их минерального и химического состава, от взаимодействия горных пород, почв, циркулирующих подземных и поверхностных вод и живых организмов, а также от физико-химических условий среды. Образцы исследованных нами горных пород были взяты из определенных пунктов Грузии по их литологическому признаку. Содержание вольфрама в виде  $WO_3$  в исследованных нами горных породах варьирует в пределах  $n \cdot 10^{-4}$ — $n \cdot 10^{-3}\%$ , в большинстве случаев в пределах 0,0001—0,005%. Повышенное содержание вольфрама в некоторых горных породах можно объяснить их вулканическим происхождением и высоким содержанием в них кремниевой кислоты. Приток ванадия, молибдена и вольфрама из глубин связан с мезо-кайнозойским вулканизмом в Грузии.

В исследованных нами осадочных горных породах вольфрам редко наблюдается. В измененных магматических горных породах, богатых кремниевой кислотой, содержание вольфрама в виде  $WO_3$  варьирует от 0,001 до 0,010%. При исследовании образцов почв, взятых из поверхностного слоя зональных почв Грузии [8], нами замечено, что распространенность вольфрама в почвах Грузии меньше, чем ванадия. В почвах Грузии содержание  $WO_3$  колеблется в пределах  $1 \cdot 10^{-4}$ — $n \cdot 10^{-2}\%$ . Несколько повышенное содержание  $WO_3$ , примерно 0,001—0,005%, наблюдается в горнолесных и горнолуговых почвах, образованных за счет магматических

горных пород. Горнолесные и горнолуговые почвы, возникшие за счет карбонатных пород и легко подвергающиеся выветриванию, характеризуются меньшим процентным содержанием  $WO_3$ , местами же вольфрам отсутствует.

Красноземные почвы, образованные за счет вулканических пород, благодаря наличию гидратов окислов железа и алюминия обладают сорбиционными свойствами.

Судя по некоторым исследованным нами образцам горных пород и зональных почв Грузии, взятым из поверхностного слоя, вольфрам находится в них в рассеянном состоянии. В горных породах пределы его колебания в виде  $WO_3$ — $1 \cdot 10^{-4}$ — $0,010\%$ , а в почвах несколько меньше— $1 \cdot 10^{-4}$ — $3 \cdot 10^{-3}\%$ . В единичных случаях содержание  $WO_3$  несколько превышает приведенные цифры или же вольфрам вовсе отсутствует. В целом вольфрам в почвах Грузии менее распространен, чем ванадий.

В результате различных природных процессов вольфрамат-ионы, молибдат-ионы, ванадат-ионы и др. мигрируют из горных пород в почвы, из почв в растительные и животные организмы и после разложения последних возвращаются обратно в почвы. Однако их среднее распространение в земной коре в целом остается без изменения.

Дальнейшее исследование распространения вольфрама в растениях и животных организмах поведет наши знания о миграции вольфрама между неорганической и органической природой.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

Тбилиси

(Поступило в редакцию 5.10.1963)

3080

ბ. კობახიძე

ბუნებრივი გავრედილი ვოლფრამის ბიოგეოქიმიური  
მნიშვნელობა

რეზიუმე

ვოლფრამი ეკუთვნის ისეთ მიკროელემენტთა რიცხვს, რომლებსაც დიდი მნიშვნელობა აქვთ სოფლის მეურნეობის განვითარებაში. ნატრიუმის ვოლფრამატის ხსნარის შეტანა ნიადაგში ზრდის მარცვლოვანი კულტურების მოსავალს. ვოლფრამის ბიოლოგიური როლი სუსტადაა შესწავლილი. ფიქრობენ, რომ ვოლფრამი მოლიბდენის მსგავსად თამაშობს კატალიზურ როლს მცენარეთა უჯრედების ენგვა-ალდენის პროცესებში. ვოლფრამის გეოქიმიური გავრცელება ბუნებრივ წარმონაქმნებში აგრეთვე სუსტადაა შესწავლილი. გათანტულოვებული ბიოგეოქიმიის ამგვარ დიდი მნიშვნელობა აქვს.



ვოლფრამის გავრცელების შესწავლის მიზნით საქართველოს ქანებში და ნიადაგებში, ზეენ გამოვიყენეთ კოლორიმეტრული როდანიდის მეთოდი ა. ფერიაჩიჩის მიხედვით.

ზეენმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ მთავე შედგენილობის მაგმურ ქანებში ვოლფრამის შემცველობა რამდენაღმე უფრო მაღალია, ვიდრე დანალექ ქანებში. იგი მერყეობს მეტწილ შემთხვევაში  $WO_3$ -ის სახით 0,0001—0,010%-ის ფარგლებში. საქართველოს ზონალური ნიადაგების ზედაპირულ ფენაში ვოლფრამის შემცველობა  $WO_3$ -ის სახით მეტწილ შემთხვევაში მერყეობს 0,0001—0,003%-ის ფარგლებში. შემწნეულია, რომ მთა-ტყის, მთა-მდელოს და წითელმიწა ნიადაგებში, რომლებიც მაგმური ქანების ხარჯზე არიან წარმოშობილი, ვოლფრამის შემცველობა უფრო მაღალია, ვიდრე სხვა ტიპის ნიადაგებში.

ვოლფრამის შემცველობა ქანებში და ნიადაგებში ბუნებრივი პროცესების გამო არის ცვალებადი, მაგრამ მისი საშუალო გავრცელება დედამიწის ქერქში რჩება უცვლელი.

#### დავოყვანული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Е. Ферсман. Геохимия, т. IV. Госхимиздат, Л., 1939.
2. С. С. Смирнов. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. АН СССР, М.—Л., 1955.
3. Иза Ноддак и Вальтер Ноддак. Распределение полезных металлов в земной коре. Успехи химии, V, в. 6, 1936.
4. А. П. Виноградов. Химический и элементарный состав морских организмов в связи с вопросами их систематики и морфологии. Природа, 3, 1931.
5. А. П. Виноградов и др. Рефераты докладов на конференции по микроэлементам. М., 1950.
6. Ы. И. Вернадский. Об анализе почв с геохимической точки зрения. Почвоведение, т. 1, в. 8, 1936.
7. Ф. А. Ферьичи. Колориметрическое определение вольфрама в минеральном сырье в присутствии мышьяка, сурьмы, молибдена, титана и фосфора. Заводская лаборатория, т. XIII, в. 6, 1947.
8. М. Н. Сабашвили. Почвы Грузии. Изд. АН СССР, Тбилиси, 1950.



ХИМИЯ

Г. В. ЦИЦИШВИЛИ (академик АН ГССР), Т. Г. АНДРОНИКАШВИЛИ,  
Ш. Д. САБЕЛАШВИЛИ, З. И. КОРИДЗЕ

СЕЛЕКТИВНЫЕ СВОЙСТВА НАПОЛНИТЕЛЯ  
ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ, СОДЕРЖАЩЕГО ИОНЫ  
СЕРЕБРА

В последнее время газовая хроматография получила большое применение в различных областях науки и техники для разделения и анализа сложных органических и неорганических смесей. Особое внимание обращено на один из видов газовой хроматографии — газо-жидкостную хроматографию.

Отличительной чертой газо-жидкостной хроматографии является возможность использования многочисленных наполнителей хроматографических колонок, или так называемых стационарных фаз. Подбор этих фаз производится по их специфическим особенностям, а именно: полярности, способности к образованию водородных связей, склонности к комплексообразованию с компонентами анализируемой смеси и другим свойствам.

В газо-жидкостной хроматографии нашла достаточно широкое применение стационарная фаза, представляющая собой раствор азотнокислого серебра в гликоле. В качестве растворителей используются также глицерин, бензилцианид и другие вещества. Действие такого наполнителя основано на взаимодействии ионов серебра с ненасыщенными соединениями, приводящем к образованию комплексов различной стойкости в зависимости от строения и степени ненасыщенности разделяемых компонентов.

Первые шаги в этом направлении были сделаны английскими учеными [1—3]. В их работах описано использование раствора азотнокислого серебра в гликоле в качестве стационарной фазы при разделении смеси газообразных углеводородов, содержащих насыщенные и ненасыщенные соединения. Применение таких фаз приводит к увеличению удерживаемых объемов непредельных углеводородов по сравнению с обычными стационарными фазами и в результате к лучшему разделению этих смесей.



Вышерассмотренная фаза пригодна не только для отделения предельных соединений от предельных, но и для разделения смеси ненасыщенных соединений. В литературе имеются интересные данные о разделении таких смесей на этой фазе [4, 5]. В первой работе описано разделение следующих пар компонентов: транс-бутилена, цис-бутилена и изо-бутилена,  $\alpha$ -бутилена, во второй—разделение алкенов, имеющих очень близкие температуры кипения и трудноразделяемых на стандартных колонках, а именно бинарной смеси 3-метил-1-пентена и 4-метил-1-пентена.

Этот же наполнитель с успехом может быть применен при разделении смеси непредельных соединений с различной степенью насыщения. Имеется возможность определить следы пропадиена в пропилене методом газовой хроматографии, причем пропадиен, которому свойственно наличие кумулированной связи, вымывается раньше пропилена, что, по всей вероятности, связано с различной силой взаимодействия этих соединений с ионом серебра [6].

Работами группы израильских ученых показана возможность использования этой стационарной фазы для хроматографического разделения и анализа более высококипящих углеводородов, в частности циклических олефинов с четырех-, пяти- и шестичленными кольцами, а также для ряда моно- и диолефинов с открытой цепью [7, 8, 9, 10]. Как и в предыдущих работах, разделение объяснено здесь образованием комплексных соединений компонентами разделяемой смеси с ионами серебра. Стабильность этих комплексов и, следовательно, их удерживаемые объемы, зависят от таких факторов, как наличие сопряженных, несопряженных и кумулированных связей, расположение алкилзамещенных групп и т. д.

Вышеприведенный материал показывает, насколько интересные результаты можно получить, используя метод комплексообразования в газо-жидкостной хроматографии. Однако, если по применению раствора азотнокислого серебра в газо-жидкостной хроматографии имеется обширная литература, то данных по газо-адсорбционной хроматографии с колонками, заполненными адсорбентами, содержащими ионы серебра, весьма мало.

Представляло интерес исследовать цеолит, содержащий ионы серебра, т. е. серебряную ионообменную форму, и сравнить ее с поведением раствора азотнокислого серебра в газо-жидкостной хроматографии.

Впервые для анализа углеводородных газов чешским исследователем Я. Янзком [11] была применена серебряная форма цеолита. Этот цеолит проявлял повышенную адсорбционную способность по отношению к олефиновым углеводородам и задерживал в колонке оле-



финовые углеводороды. Это свойство было использовано для определения малых количеств *n*-парафинов в техническом этилене. Для этой цели применялся цеолит с 14%-ным содержанием серебра. Олефины прочно адсорбировались. Что касается *n*-парафинов, то они выделялись из колонки, давая четко выраженную кривую разделения. Сравнительно длительная эксплуатация таких колонок (2 часа) ухудшала процесс разделения.

В наших исследованиях мы продолжали работу по изучению ранее замеченного явления прочного адсорбирования водорода, окиси углерода, этилена, пропилена и бутилена при хроматографировании на серебряных формах цеолитов типа А и X [12, 13].

Для исследования были взяты четыре образца молекулярных сит, содержащих серебро. Первый образец получался введением ионов серебра в гранулы сит типа NaX путем их обработки растворами нитрата серебра. Второй образец был приготовлен обработкой раствором азотнокислого серебра кристаллического цеолита с последующим его прессованием в гранулы (связующее—каолин). Третий образец был также приготовлен введением ионов серебра в гранулы цеолита, а затем ионы серебра были восстановлены в потоке водорода. Таким образом, был получен сорбент, содержащий мелкодисперсное серебро. Четвертый образец представлял собой механическую смесь окиси серебра и гранул типа NaX, составленную соответственно химическому составу первого образца.

Окись серебра была получена по методике, описанной Брауэром [14]. Удельный вес полученной окиси серебра равнялся 7,2 г/см<sup>3</sup>.

В качестве хроматографических колонок использовались стеклянные и металлические трубки, а газа-носителя — воздух и гелий. Зернение сорбента составляло 15—30 меш. Все работы производились на хроматографе марки ХТ-2М. Особое внимание во всех случаях следует уделить активации сорбента, ибо даже очень незначительное количество воды в цеолите сводит на нет его селективные свойства относительно ненасыщенных углеводородов, окиси углерода и, особенно водорода.

Как показало исследование, первые два образца прочно поглощают окись углерода, водород и ненасыщенные углеводороды. Это свойство проявляется с большой интенсивностью при повышенных температурах. Опыты, проведенные в металлических и стеклянных колонках с использованием воздуха и гелия в качестве газа-носителя, дали идентичные результаты.

Как уже отмечалось, третий образец цеолита восстанавливался в потоке водорода. Восстановление велось в хроматографической U-образной стеклянной колонке. Через эту колонку пропускали электро-



литический водород, предварительно просушенный и очищенный от следов кислорода. Температура поднималась от комнатной до 250 — 280°C. В этих условиях происходило восстановление серебра и удаление воды из цеолита. Общее количество пропущенного в течение 3 часов водорода было равно 10 литрам. Затем в течение 3 — 3,5 часа для окончательного восстановления серебра в цеолите при температуре 280—380°C пропускалось 30 литров водорода. После этого колонка охлаждалась без доступа воздуха и приводилась в рабочее состояние. При использовании в качестве газа-носителя гелия водород, окись углерода и все ненасыщенные углеводороды вымываются из хроматографической колонки. Это, по-видимому, можно объяснить тем, что вышеперечисленные соединения не фиксируются металлическим серебром. Если гелий заменить воздухом, то вновь происходит прочная адсорбция водорода, окиси углерода, этилена, пропилена и бутилена в хроматографической колонке. Такое поведение сорбента, вероятно, связано с тем, что под влиянием воздуха атомы серебра превращаются в ионы и цеолит начинает проявлять свое специфическое действие.

Четвертый образец, представляющий собой механическую смесь окиси серебра и NaX, активировался нагреванием в течение 4 часов при 250°C в термостате и затем в колонке при той же температуре в течение одного часа. Эта насадка, так же как и серебряная форма цеолита, прочно адсорбирует водород, окись углерода и ненасыщенные углеводороды. Предельные углеводороды C<sub>1</sub>—C<sub>4</sub> разделяются на этой колонке и элюируются из нее в виде отдельных компонентов, чего нельзя добиться, используя в качестве адсорбента только окись серебра.

### Выводы

Исследование хроматографических свойств гранулированной серебряной формы цеолита, цеолита с восстановленным серебром и смеси натриевого цеолита и окиси серебра по водороду, окиси углерода, предельным и непредельным углеводородам состава C<sub>1</sub>—C<sub>4</sub> показало, что селективность изученных сорбентов обусловлена ионами серебра, входящими в их состав. Установлено также сильное подавление селективных свойств серебряной формы цеолитов под влиянием влаги.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт химии  
им. П. Г. Меликишвили





ბ. შიშვენი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი),  
 თ. ანდრონიკაშვილი, ზ. საბაღაშვილი, ზ. ქორიძე

ჰერცხლის იონის შიშვენი ქრომატოგრაფიული სისტემის  
 შიშვენილის სელექტიური თვისებები

რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია გამოყენება ქრომატოგრაფიული სისტემის სხვადასხვა შენეხებისა, რომლებიც შეიცავენ ვერცხლის იონებს. შეყანილია აირ-თხევად ქრომატოგრაფიაში ვერცხლის ნიტრატის ხსნარის სტაციონარულ ფაზად გამოყენების მრავალი მაგალითი ნახშირწყალბადების რთული ნარევის დასაყოფად. გამოყენებულია ვერცხლის იონის სპეციფიკური თვისება (აღიღებს უჯერი ნახშირწყალბადების შეკავებულ მოცულობებს).

გამოკვლეულია ცეოლითის ვერცხლით ჩანაცვლებული ფორმის სელექტიური თვისებები. ისინი განაპირობებენ ქრომატოგრაფიის დროს წყალბადის, ნახშირენგისა და  $C_2 - C_4$  უჯერ ნახშირწყალბადების მტკიცე ფიქსაციას.

მიღებული შედეგების შესაღარებლად მსგავსი ექსპერიმენტები ტარდებოდა ცეოლითზე, რომელიც შეიცავდა აღდგენილ ვერცხლს, და აღსიორბენტზე, რომელიც წარმოადგენდა  $Ag_2O$ -სა და  $NaX$  ის შექანიკურ ნარევეს.

დადგენილია, რომ ზემოთ ჩამოთვლილი ნაერთების მიხარა შენეხების მაფიქსირებელი თვისებები გაპირობებულია ვერცხლის იონის და არა აღდგენილი ვერცხლის არსებობით. ვერცხლის ფორმის ცეოლითში სინესტის არსებობა ძლიერად ამკირებს მის სელექტორ — შთანთქმით თვისებებს.

დაშოშვილი ლიტერატურა: — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. B. W. Bradford, D. Harvey, D. E. Chalkley. The Chromatographic Analysis of Hydrocarbon Mixtures. Journal of the Institute of Petroleum, 41, № 375, 1955, 80.
2. J. A. Barnard, H. W. D. Hughes. Analysis of Light Hydrocarbon Gas Mixtures. Nature, 183, № 4656, 1959, 250.
3. G. R. Primavesi. Analysis of Light Hydrocarbons. Nature, 184, № 4704, 1959, 2010.
4. M. E. Bednas, D. S. Russel. A Study of Silver Nitrate Solutions in Gas Chromatography. Canadian Journal of Chemistry, 36, № 9, 1958, 1272.
5. G. Smith, R. Ohlson. Gas Chromatographic Separation of 3 and 4 Methyl-1-pentene. Acta Chem. Scand., 13, № 6, 1959, 1253.
6. E. Bus, P. Manaresi, L. Motta. Determination of Propadiene Traces in Propene. Anal. Chem., 31, № 11, 1959, 1910.
7. E. Gil-av, J. Herling, J. Shabtai. Gas Liquid Partition Chromatography of Mixtures of Methylene-cyclohexane and the Isomeric Methylcyclohexenes. Journal of Chromatography, 1, 1958, 508.
8. J. Shabtai, J. Herling, E. Gil-av. Gas Liquid Partition Chromatography of Isomeric Alkylcyclopentenes and Alkylidencyclopentanes. Journal of Chromatography, 4, 1959, 406.



9. E. Gil-av, J. Herling. Determination of the Stability Constants of Complexes by Gas Chromatography. *Journal Phys. Chem.*, 66, № 6, 1962, 1208.
10. J. Shabtai, J. Herling, E. Gil-av. Gas Chromatography with Stationary Phases Containing Silver Nitrate. *Journal of Chromatography*, 11, №1, 1963, 32.
11. J. Janak. Vapour Phase Chromatography on Zeolites. *Vapour Phase Chromatography*. Ed by D. H. Desty London Butterworths Scient. Publs., 1957, 247.
12. Т. Г. Андрикошвили, Ш. Д. Сабелашвили. Газо-адсорбционная хроматография на синтетических цеолитах. В сб.: «Синтетические цеолиты.» Изд. АН СССР, 1962, 65.
13. Т. Г. Андрикошвили, Ш. Д. Сабелашвили, Г. В. Цицишвили. Исследование разделительных свойств натриевой и серебряной форм молекулярных сит типа X методом газовой хроматографии. *Нефтехимия*, т. II, в. 2, 1962, 248.
14. Г. Брауер. Руководство по preparативной неорганической химии. ИЛ, 1956.



**БИОХИМИЯ**

**А. Ф. ЗОЛОТАРЕВА**

**ГЛЮКОКОРТИКОИДНАЯ ФУНКЦИЯ КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ  
 ПРИ ОСТРЫХ ГЕПАТИТАХ И ЦИРРОЗАХ ПЕЧЕНИ**

(Представлено академиком В. С. Асатиани 14.2.1964)

В настоящее время значительно возрос интерес к изучению функционального состояния коры надпочечников и применению гормонотерапии в клинике эндокринных заболеваний. Причина заключается в том, что гормоны, вырабатываемые надпочечниками, участвуют в регуляции чрезвычайно обширного круга функций организма. Они влияют на все обменные процессы и усиливают проявление действия других биологических активных веществ. Гормоны коры надпочечников (гидрокортизон, кортизон и др.) и их производные, полученные синтетическим путем (преднизон, преднизолон, дексаметазон и др.), оказались эффективными при целом ряде эндокринных заболеваний и вышли тем самым далеко за рамки заместительной терапии. Наконец, симптомы, наблюдаемые при целом ряде заболеваний, сходны с симптомами заболеваний эндокринной системы [1]. А. А. Матвеев [2] отмечает что сходство при остром гепатите. Напрашивается вопрос, не является ли основой сходства этих симптомов какое-то общее нарушение функций надпочечников?

Предметом нашего изучения были заболевания печени, а именно эпидемический гепатит и циррозы, при которых, как известно, широко применяется стероидная терапия.

Важность этого вопроса подчеркивалась Г. П. Рудиевым [3], который писал: «Приходится констатировать явно недостаточную разработку с позиций патогенеза при болезни Боткина степени вовлечения и роли нарушений гипофизарно-надпочечниковой системы».

Работы советских и зарубежных авторов, посвященные этому вопросу, пока немногочисленны, а полученные результаты и выводы часто противоречивы. Сложность решения вопроса о функциональном состоянии надпочечников, помимо других причин, объясняется еще и тем, что печень является основным органом, в котором происходит метаболизм стероидных гормонов в конъюгированные формы и нейтральные 17-кетостероиды, в результате чего одними авторами полученные



отклонения связываются с нарушением метаболизма в пораженной печени, другими же — с нарушением секреторной функции коры надпочечников.

Л. М. Петренюк [4], А. А. Матвеев [2] и др. находят, что функция коры надпочечников при эпидемическом гепатите понижена. М. А. Алекперов [5], Е. В. Крутских [6] и др. этих изменений не отмечают. Они считают, что при эпидемическом гепатите имеет место не нарушение функционального состояния коры надпочечников, а обмен стероидных гормонов в пораженной печени. Противоречивость подобных данных трудноразъяснима. Видимо, это связано с применением различных методов исследования, с недоучетом тяжести и периода течения заболевания, сопутствующих заболеваний, возраста обследуемых, лабораторных, биохимических анализов и т. д. Этим определяется необходимость дальнейшего изучения данного вопроса, ибо, как отмечал Юдаев Н. А., «отсутствие согласованности в данных о состоянии коры надпочечников свидетельствует о том, что этот вопрос нуждается в дальнейшем изучении».

Глюкокортикоидная функция коры надпочечников при остром гепатите и циррозах печени изучалась нами по экскреции 17-оксикортикостероидов (17-ОКС), свободных и суммарных в суточной моче до лечения и после клинического выздоровления. Резервная способность коры надпочечников определялась стимуляцией адренокортикотропным гормоном (АКТГ). Часть больных лечилась стероидными гормонами (преднизон, преднизолон), это дало нам возможность судить об изменении функционального состояния коры надпочечников под влиянием стероидной терапии. После определения в суточной моче экскреции свободных и суммарных 17-ОКС вычислялось процентное соотношение свободных от суммарных.

Суточная экскреция 17-ОКС в моче определялась методом Сильбера и Портера в модификации М. А. Креховой [7].

Нами было обследовано 67 больных эпидемическим гепатитом и 21 больной циррозом печени. Из больных острым гепатитом женщины 31, мужчины 36; в группе больных циррозами 8 женщин и 13 мужчин. По возрастному составу: до 20 лет—3 больных, от 20 до 40 лет—41, от 40 до 60 лет—30, от 60 и выше—14.

У всех больных тщательно изучались функциональные пробы печени. На основании клинической картины и лабораторных данных согласно существующей классификации все случаи эпидемического гепатита были разделены по тяжести заболевания на легкую, среднюю и тяжелую степени.

Норма экскреции 17-ОКС в суточной моче была выведена на 20 практически здоровых лицах (10 мужчин, 10 женщин).



Из табл. 1 видно, что уровень экскреции свободных 17-ОКС в суточной моче у больных острым гепатитом в начале заболевания изменяется в зависимости от тяжести заболевания. У больных с легкой степенью выделение 17-ОКС не понижено (статистически недостоверно).

Таблица 1  
Содержание свободных 17-ОКС в суточной моче (в мг) у здоровых и у больных эпидемическим гепатитом различной тяжести до лечения

	M	$\pm \sigma$	$\pm m (M)$	$\pm \sigma_{разн}$	M (Mр)	t	n'	P	n
Здоровые	0,23	0,07	0,02						20
Легкая ст.	0,20	0,10	0,03	0,12	0,03	1	39	<0,04 < 0,03	21
Средняя ст.	0,17	0,10	0,02	0,10	0,03	2	60	<0,05 > 0,02	42
Тяжелая ст.	0,13	0,01	0,003	0,2	0,03	2	22	0,02	4

M — среднее арифметическое,  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение, m — ошибка среднего арифметического,  $\sigma_{разн}$  — сигма разности, n' — число степеней свободы, n — число случаев, t — стандартное отклонение, p — уровень значимости по распределению Стюдента

Интересно то, что в этой группе больных имели место три случая с резко повышенным количеством свободных 17-ОКС (0,45; 0,51, 0,61 мг), четыре случая с резким снижением (0,05; 0,06 мг), в остальных же случаях выделение свободных 17-ОКС находилось в норме или несколько ниже ее. Такие резкие колебания свободных 17-ОКС и сказались на среднем арифметическом. У больных с средней и тяжелой степенью количество свободных 17-ОКС было снижено (статистически достоверно).

Таблица 2  
Содержание суммарных 17-ОКС в суточной моче (в мг) у здоровых и у больных эпидемическим гепатитом различной тяжести до лечения

	M	$\pm \sigma$	$\pm m (M)$	$\pm \sigma_{разн}$	M (Mр)	t	n'	P	n
Здоровые	3,36	1,2	0,3						20
Легкая ст.	1,72	0,3	0,09	1,1	0,11	17	37	< 0,001	19
Средняя ст.	1,42	0,3	0,03	0,3	0,09	23	56	< 0,001	38
Тяжелая ст.	1,91	0,3	0,2	1,2	0,24	8	22	< 0,001	4

Содержание же суммарных 17-ОКС в суточной моче было значительно снижено (статистически достоверно), у подавляющего большинства больных не отмечалось определенной зависимости от степени тяжести заболевания. Определенный интерес представляет процентное соотношение свободных 17-ОКС и суммарных. В норме это соотношение равно 1—3% [8].



У обследованных нами практически здоровых лиц это соотношение составляет 6%, у больных эпидемическим гепатитом — 9—12%. Это значительно выше данных, полученных у здоровых лиц. Значительное повышение процента свободных 17-ОКС от суммарных следует объяснить нарушением конъюгирующей функции печени.

Некоторым больным проводилась нагрузка АКГГ (40 ед. внутримышечно, пролонгированного действия, однократно) и собиралась суточная моча в первые сутки. Проба показала, что у больных с средней и легкой степенью экскреция 17-ОКС увеличивается, что особенно заметно по свободным 17-ОКС (0,42 против 0,2). Что же касается суммарных, то увеличение их было менее выражено. В нескольких случаях в ответ на введение АКГГ нарастание выделения 17-ОКС отмечено не было, а в трех случаях имела место парадоксальная реакция.

Эти же больные обследовались после лечения. Они были разделены на две группы. Одна группа больных принимала комплексное лечение (глюкоза, панкреатин, метионин, витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>). Вторая группа, помимо этих средств, принимала стероидные гормоны (преднизон, преднизолон).

Полученные данные вычислялись отдельно. В результате проведенного лечения как в одной, так и в другой группе было получено увеличение экскреции свободных 17-ОКС, причем это увеличение особенно было выражено в группе больных, не леченных стероидной терапией. Что же касается экскреции суммарных 17-ОКС в обеих группах, то у больных как с легкой, так и с средней степенью были получены практически одни и те же данные. Важно отметить, что если экскреция свободных 17-ОКС в среднем превысила данные контрольной группы, то суммарные значительно отставали от нее. После проведенной нагрузки АКГГ нарастание экскреции 17-ОКС было получено в обеих группах, причем у больных, не леченных стероидными гормонами, оно было выражено больше.

Функциональное состояние изучалось вышеуказанными тестами и у больных циррозами печени. В этой группе больных было 15 случаев атрофического цирроза различной этиологии, два случая спленомегалического цирроза типа Банти, один случай кардинального цирроза, три случая смешанного цирроза. Из табл. 3 и 4 видно, что суточная экскреция свободных 17-ОКС понижена (статистически достоверно). В восьми случаях нами найдено увеличение свободных 17-ОКС, в трех — резкое понижение (0,05—0,06 мг), в остальных же случаях величина суточной экскреции находилась на нижних границах нормы.



Выделение суммарных 17-ОКС почти во всех случаях было значительно ниже полученной нами нормы (статистически достоверно). После введения АКТГ отмечалось как незначительное увеличение свободных 17-ОКС, так и их уменьшение. Суммарные несколько увеличи-

Таблица 3  
Содержание свободных 17-ОКС в суточной моче (в мг) у здоровых и у больных циррозами печени до лечения

	M	$\pm s$	$\pm m$ (M)	$\pm 2_{раз}$	M (Mр)	t	n'	P	n
Здоровые	0,23	0,07	0,02						20
Больные	0,19	0,13	0,03	0,1	0,01	4	38	<0,001	21

вались, но по-прежнему или не достигали нормальных величин, или находились на верхней границе нормы, полученной у практически здоровых лиц до нагрузки. После проведенного лечения экскреция свободных 17-ОКС у больных в стадии декомпенсации остается без изменений или уменьшается. В одном случае у больной с компенсированной формой атрофического цирроза мы наблюдали увеличение как свободных, так и суммарных 17-ОКС, доходящих до нормальных цифр (0,37—3,75). Суммарные 17-ОКС почти во всех случаях оставались без изменения.

Таблица 4  
Содержание суммарных 17-ОКС в суточной моче (в мг) у здоровых и у больных циррозами печени до лечения

	M	$\pm s$	$\pm m$ (M)	$\pm 2_{раз}$	M (Mр)	t	n'	P	n
Здоровые	3,63	1,2	0,3						20
Больные	1,34	0,23	0,05	1,02	0,01	229	38	<0,001	21

Реакция на введение АКТГ у больных циррозом печени была выражена слабее. В некоторых случаях нами была получена парадоксальная реакция. В ответ на введение АКТГ получали уменьшение как свободных, так и суммарных 17-ОКС.

В заключение отметим, что судить о глюкокортикоидной функции коры надпочечников по экскреции 17-ОКС в моче при остром гепатите нужно с осторожностью, так как печень является органом, играющим основную роль как в образовании 17-ОКС, связанных с глюкуроновой кислотой (глюкоронидообразующая функция печени), так и в образовании нейтральных 17-кетостероидов [1, 5, 8].

Полученные нами данные суточной экскреции 17-ОКС при болезни Боткина в начале заболевания и после клинического выздоровления не могут быть объяснены лишь нарушением метаболизма в печени. Види-



мо, это является следствием изменения функционального состояния коры надпочечников вторичного происхождения. Об изменении функции надпочечников говорит тот факт, что в ответ на сравнительно высокие дозы АКТГ повышение экскреции кортикостероидов до лечения в большинстве случаев бывает незначительным. После лечения эта реакция более выражена, что говорит о восстановлении резервной способности поры надпочечников.

У больных циррозами печени в стадии компенсации имеется некоторое уменьшение как свободных, так и суммарных 17-ОКС. В стадии декомпенсации мы получили тенденцию к увеличению свободных 17-ОКС и резкое уменьшение суммарных. Процент свободных от суммарных значительно повышен и составляет 14%.

При циррозах печени отмечается, по-видимому, не только изменение обмена гормонов в печени, но и понижение глюкокортикоидной функции коры надпочечников.

### Выводы

1. При болезни Боткина в большинстве случаев экскреция 17-ОКС, как свободных, так и суммарных, понижена.
2. В легкой степени острого гепатита понижение 17-ОКС статистически недостоверно, тогда как в средней и тяжелой форме наблюдалось статистически достоверное понижение.
3. В ответ на введение АКТГ выделение 17-ОКС повышалось незначительно, существенно отставая от нормальной реакции здоровых людей.
4. После проведенного лечения и клинического выздоровления экскреция свободных 17-ОКС нормализуется, тогда как суммарные повышаются незначительно.
5. Проба с АКТГ после лечения выявила значительное повышение экскреции как свободных, так и суммарных 17-ОКС, что говорит о восстановлении функциональной способности коры надпочечников.
6. В группе больных, которым проводилась стероидная терапия, нарастание выделения 17-ОКС было выражено меньше по сравнению с группой леченных комплексной терапией.
7. При циррозах печени в стадии компенсации экскреция 17-ОКС, как свободных, так и суммарных, несколько понижена.
8. В стадии декомпенсации отмечается нарастание выделения свободных 17-ОКС и значительное уменьшение суммарных; в ответ на введение АКТГ часто наблюдается парадоксальная реакция.





9. После проведенного лечения нарастание экскреции как в мочевых, так и суммарных 17-ОКС повышалось, но не доходило до нормальных величин.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
მედიცინის ფაკულტეტის  
უცხოენოვანი განყოფილება

(Поступило в редакцию 14.2.1964)

აბოკრები

ა. ზრდობაძე

თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის გლუკოკორტიკოიდული ფუნქცია მწვავე ჰეპატიტის და ცირკოზის დროს  
რეზიუმე

წონაში მოყვანილია მონაცემები თავისუფალი და შეჯამებული 17-ოქსიკორტიკოსტეროიდების (ოქს) შესახებ, რაც დაფუძნებულია მწვავე ჰეპატიტის 69 და ლეილის ციროზის 21 შემთხვევის გამოკვლევაზე. მწვავე ჰეპატიტები, არსებული კლასიფიკაციის შესაბამისად, ავადმყოფობის მიმდინარეობის მიხედვით დაყოფილია მსუბუქ, საშუალო და მძიმე ფორმებად. გამოკვლევა წარმოებდა როგორც თავადების დასაწყისში, ისე კლინიკური გამოკვლევების შემდეგ.

თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის რეზერვული უნარის გამოვლინების მიზნით წარმოებდა დატვირთვით აღრენო-კორტიკოტროპული პორმონით (პროლანგირებული მოქმედების 40 ერთეული). გამოიკვია, რომ თავისუფალი და შეჯამებული 17-ოქს ექსკრეციის დაქვეითება, აგრეთვე შეჯამებული 17-ოქს. უფრო მეტწილად იყო გამოხატული მკურნალობის ჩატარების შემდეგ. ექსკრეცია მატულობდა, ამისთან თავისუფალი 17-ოქს ნორმას აღწევდა, მაშინ როცა შეჯამებული 17-ოქს არ აღწევდა საკონტროლო ჯგუფის მაჩვენებლებს. 17-ოქს ექსკრეციის მომატება უფრო ნათლად იყო გამოხატული იმ ავადმყოფთა ჯგუფში, რომელთაც არ ჩაუტარდათ მკურნალობა სტეროიდებით. აღრენო-კორტიკოტროპული პორმონით დატვირთვამ გამოავლინა თირკმელზედა ჯირკვლის რეზერვული უნარის დაქვეითება, რაც მატულობდა მკურნალობის შემდეგ.

ლეილის ციროზის 21 სხვადასხვა ფორმის გამოკვლევის შედეგად გამოიკვია 17-ოქს ექსკრეციის დაქვეითება. განსაკუთრებით მცირდებოდა შეჯამებული 17-ოქს გამოყოფა. მკურნალობის შემდეგ 17-ოქს ექსკრეციის მომატება უმნიშვნელოდ იყო გამოხატული. რვაქვია აღრენო-კორტიკოტროპულზე მიუთითებდა თირკმელზედა ჯირკვლების ქერქის რეზერვული უნარის დაქვეითებაზე.



ამგვარად, მწვავე ჰეპატიტისა და ღვიძლის ციროზის დროს ადგილი აქვს თირკმელზედა ჯირკვლების ქერქის ფუნქციურ დაქვეითებას (შეჯამებული 17-ოკს). ექსკრეციის უფრო მკვეთრი დაქვეითება, თავისუფალ 17-ოკსთან შედარებით, მიუთითებს დაავადებული ღვიძლის ჰორმონების მეტაბოლიზმის დარღვევაზე.

#### შავრწვანული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Л. Мисников, В. В. Меньшиков. Об исследовании деятельности надпочечников при неадокриновой патологии. Труды по новой аппаратуре и методам, в. 20, М., 1963.
2. А. А. Матвеев. К вопросу о атрофии надпочечников при болезни Боткина. Терапевтический архив, № 11, 1962, 63—68.
3. Г. П. Руднев. Патогенез болезни Боткина (вирусно-эпидемический гепатит). Журнал микробиол., эпидемиологии и иммунологии, № 6, 1961, 4—8.
4. Л. М. Петренюк. О функциональном состоянии коры надпочечников у больных болезнью Боткина. Клиническая медицина, № 3, 1962, 54.
5. М. А. Алекперов. Функциональное состояние коры надпочечников при болезни Боткина. Вопросы физиологии и патологии эндокринных желез. Тезисы докл., июнь, 1961.
6. Е. В. Крутских. Состояние функции надпочечников при болезни Боткина и циррозах печени. Терапевтический архив, в. 3, 1961, 83.
7. М. А. Крехова. Метод приготовления препарата — глюкотенидазы и его применение для определения 17-оксикортикостероидов в моче. Проблемы эндокр. и горм., № 2, 1960, 55—63.
8. М. А. Юдаев. Химические методы определения стероидных гормонов в биологических жидкостях. М., 1961.



Р. Г. ГАЧЧИЛАДЗЕ, Н. И. ЧАЧАНИДЗЕ, Т. В. КАЛАНДАРИШВИЛИ

## К ВОПРОСУ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ВТОРИЧНОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

(Представлено академиком П. А. Кометовани 27.3.1964)

Имеющаяся литература о гистохимическом выявлении нуклеиновых кислот с помощью люминесцентной микроскопии включает в себя исследования, основанные на сродстве красителей акридинового ряда с клетками живого организма. Подобные исследования легли в основу целого ряда работ, проводимых с целью изучения локализации нуклеиновых кислот в обычных гистологических препаратах [1—6].

В настоящее время методы дифференциального обнаружения нуклеиновых кислот по интенсивности вторичной люминесценции выделяются среди других методов определения этих кислот благодаря ряду преимуществ [7].

Современные биологические исследования часто не могут ограничиться лишь качественным определением нуклеиновых кислот в фиксированных препаратах. Известные методы фотометрирования, направленные на выявление количественных содержаний веществ в отдельных участках препарата [8], связаны с целым рядом трудностей, делающих эти методы малодоступными для широких лабораторных исследований. В связи с этим несколько проблематично стоит вопрос об использовании вторичной люминесценции нуклеиновых кислот для количественного определения последних.

О принципиальной возможности проведения подобных работ говорит прежде всего то обстоятельство, что связь нуклеиновых кислот и, в частности, ДНК с акридиновым оранжевым не является химической [9]. Вполне возможно, что это взаимодействие имеет адсорбционный характер. Как следствие этого положения может быть выдвинуто предположение о том, что с увеличением количества нуклеиновых кислот увеличивается и количество красителя, связанного с ними. В литературе имеются соответствующие сведения.

В предполагаемом методе существенной помехой может оказаться эффект концентрационного тушения, вызванный скоплением больших количеств красителя.



Мы воспользовались предлагаемой Ленинградским институтом цитологии установкой для регистрации интенсивности люминесценции микроструктур [10], внося в нее лишь некоторые изменения (рис. 1).

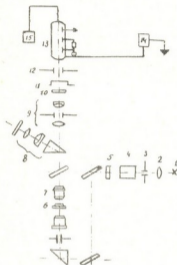


Рис. 1. Оптическая и электрическая схема установки: 1 — источник света; 2 — коллектор; 3, 12 — диафрагмы; 4, 5, 10 — светофильтры; 6 — препарат; 7 — объектив микроскопа; 8 — система для визуального наблюдения; 9 — окуляр микроскопа; 11 — фотозатвор; 13 — ФЭУ; 14 — блок питания ФЭУ; 15 — регистрация интенсивности

Установка состоит из ультрафиолетового микроскопа МУФ-3М, к которому пристроен фотоэлектромножитель ФЭУ-19, вмонтированный в дво микрофотонасадку и соответствующим образом отцентрированный. Сигнал с ФЭУ регистрируется микроамперметром. Питание ФЭУ производится от стабилизированного источника высокого напряжения типа «орех». Источником света служит кварцевая ртутная лампа СВД-120 А (1). Лучи проходят через кварцевый коллектор (2) и диафрагму (3). Для выделения лучей, возбуждающих ультрафиолетовую люминесценцию, используется газовый хлор-бромный светофильтр (4). Полоса пропускания фильтра лежит в области 250—280 мкм и 480 мкм и выше. За ним установлен светофильтр УФС-1 (5) толщиной 3 мм. Полоса пропускания светофильтра лежит в области 250—400 мкм. Этим срезаются лучи выше 400 мкм. Между люминесцирующим объектом и ФЭУ для устранения отражаемых лучей источника света установлен скрещенный светофильтр ЖС-18, который поглощает возбуждающие флуоресценцию лучи и хорошо пропускает ультрафиолетовую флуо-

ресценцию препарата. Для ограничения освещенного поля на препарате мы пользовались ирисовой полевой диафрагмой осветителя (3), а для ограничения фотометрируемого объекта полевая диафрагма устанавливалась непосредственно перед ФЭУ (12). Таким образом, ФЭУ воспринимает только свет флуоресценции с ограниченного участка объекта.

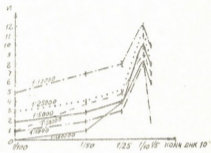


Рис. 2. Характеристики зависимости интенсивности свечения вторичной люминесценции от концентрации ДНК (рН=5).

Предлагаемая установка позволяет измерять интенсивность флуоресценции отдельных клеточных скоплений в исследуемой ткани. Нами наблюдалось изменение интенсивности вторичной люминесценции растворов при различных концентрациях как красителя, так и ДНК. Результаты этих наблюдений представлены на рис. 2 и 3.

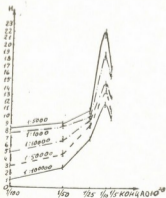


Рис. 3. Характеристики зависимости интенсивности свечения вторичной люминесценции от концентрации флуорохрома акридинового оранжевого (рН=5).



Проведенными исследованиями установлено, что в пределах концентрации красителя акридинового оранжевого от 1/100000 г/мл до 1/25000 г/мл эффект концентрационного тушения не проявляется. При этом оптимальной является концентрация 1/10000 г/мл, поскольку ею обеспечивается максимальное свечение.

В выбранном нами промежутке концентрации акридинового оранжевого ясно видна пропорциональная зависимость интенсивности люминесценции от концентрации ДНК, т. е. чем больше концентрация ДНК, тем выше располагаются кривые характеристики изменения интенсивности люминесценции.

Пропорциональная зависимость между указанными концентрациями красителя и нуклеиновых кислот будет сохраняться в тканях, содержащих клетки с различной плоидностью.

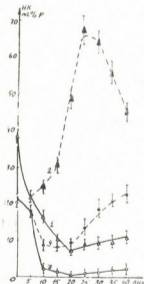


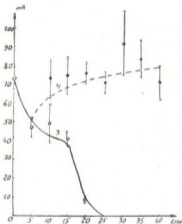
Рис. 4. Характеристики содержания нуклеиновых кислот в атрофирующемся семеннике и в случае стимуляции регенерационного процесса, полученные спектрофотометрированием: 1 — РНК (контроль); 2 — РНК (опыт); 3 — ДНК (контроль); 4 — ДНК (опыт)

Пробные измерения мы проводили на препаратах семенниковой ткани. При этом делалась попытка сравнить полученные результаты с данными спектрофотометрического определения нуклеиновых кислот в семеннике.

Материалы изменения содержания нуклеиновых кислот в семеннике крысы, полученные методом Шмидта и Танихаузена в модификации Маркова и Цанева [11], представлены на рис. 4. Кривые иллюстрируют динамику содержания нуклеиновых кислот в атрофирующемся семеннике и в случае стимуляции регенерационного процесса экстрактами гомологичного органа кролика [12].

В тех же условиях постановки опыта, измеряя интенсивность свечения вторичной люминесценции нуклеиновых кислот в герминальном эпителии, мы получили кривые, качественно очень схожие с кривыми, установленными биохимическими исследованиями (рис. 5).

Рис. 5. Характеристики содержания нуклеиновых кислот в герминальном эпителии атрофирующегося семенника и в случае стимуляции регенерационного процесса, полученные с помощью вторичной люминесценции



Совпадение максимумов и общего характера изменения интенсивности свечения вторичной люминесценции ДНК и РНК с изменением содержания нуклеиновых кислот в органе дает возможность полагать, что в данном случае используемая методика довольно точно отражает изучаемый процесс. При этом следует сказать, что точность определений несколько низка. В ряде случаев максимальная погрешность достигает 25%, что значительно отличает ее от точности определения локализации нуклеиновых кислот в фиксированных препаратах методом фотометрирования.

Однако, учитывая ту легкость и простоту, которая характерна для проведения измерений интенсивности свечения вторичной люминесценции, и полагая, что точность измерений может значительно повышаться



при обработке большого количества препаратов (в наших каждую точку приходится пять препаратов, по 10—15 промеров с каждого среза), можно считать получаемые данные достоверными, когда стоит задача определения среднего количества нуклеиновых кислот в одной группе клеток сравнительно с другой или в различных структурах одной и той же клетки.

В частности, по нашим опытам, известная устойчивость терминального эпителия [13, 14] при атрофических процессах может быть дополнительно охарактеризована как наиболее легко восстанавливаемая при создании определенных условий регенерации.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт кибернетики  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 27.3.1964)

საბუნებისმეტყველო

რ. გაცეჩილაძე, ნ. ი. ჩაჩანიძე, თ. ვალადარშვილი

მეორადი ლუმინესცენციის ინტენსივობის მიხედვით ნუკლეინის  
მეტაბოლიზმის რეგულაციის განსაზღვრის საკითხისათვის

რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია მოწყობილობა მეორადი ლუმინესცენციის ინტენსივობის გასაზომად, რაც აგებულია ლენინგრადის ციტოლოგიის ინსტიტუტში დამუშავებული სქემის მიხედვით. ჩვენ ჩავატარეთ ნარინჯისფერი აკრიდინისა და დეოქსირიბონუკლეინის მკვების ხსნარების მეორადი ლუმინესცენციის ინტენსივობის გაზომვები სხვადასხვა კონცენტრაციებისათვის. შერჩეულ იქნა ფლუოროქრომის კონცენტრაციის ოპტიმალური ინტერვალი ( $1/10000 \pm 1/25000$  გ/მლ), რომლის დროსაც გამორიცხულია კონცენტრაციული ქრომის ეფექტი, ამასთანავე  $1/10000$  გ/მლ. გვაძლევს ლუმინესცენციის მაქსიმალური ინტენსივობის.

შესწავლილ იქნა ნუკლეინის მკვების რაოდენობრივი ცვლილებები ქსოვილის ატროფიისა და აგრეთვე რეგენერაციის პროცესში. პარალელურად იგივე გაზომვები ჩატარდა სტანდარტული სპექტროფოტომეტრული მეთოდით. მიღებულია მრუდები ერთნაირი შიდასიათებლებით, რის გამოც ვთვლით, რომ მეორადი ლუმინესცენციის მეთოდი, მიუხედავად თავისი სიმარტივისა, საკმაოდ ინფორმაციას გვაძლევს ნუკლეინის მკვების რაოდენობის ცვლის შესახებ.

ჩვენი გაზომვების ცდომილება 25% შეიძლება გაკლებით უფრო შემცირდეს დიდი რაოდენობის პრეპარატების დამუშავებით.





შეფასებისათვის უბრალოდ ტანად — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. В. Брейвис. Исследование процесса излечения красной саркомы воздействием сарколизина с помощью метода прижизненной люминесцентной микроскопии. Архив патологии, т. 20, № 1, 1938, 39 — 44.
2. Т. М. Кондратьева. Ранние цитологические изменения в костном мозгу животных при воздействии проникающего излучения. ДАН СССР, III, 1, 1956, 89—91.
3. М. Н. Мейсель и А. В. Гуткина. Применение люминесцентной микроскопии для быстрого обнаружения патологических изменений в тканях и органах. ДАН СССР, ХСТ, № 3, 1953, 647 — 650.
4. М. Н. Мейсель и В. Б. Корчагин. Люминесцентно-микроскопическое выявление нуклеиновых кислот и нуклеопротеидов. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, т. XXXIII, в. 3, 1959, 49 — 54.
5. М. Н. Мейсель, Т. М. Кондратьева и Н. А. Помощникова. Функциональное состояние и реактивность структур клеточного протопласта. Журнал общей биологии, т. XII, № 5, 1951, 312 — 330.
6. М. Я. Хсуае. Люминесцентная микроскопия периферической крови при рентгеновском облучении. Медицинская радиология, т. IV, № 3, 1959, 44 — 48.
7. А. В. Зеленин. Люминесцентная микроскопия в гистохимии нуклеиновых кислот. Архив анатомии, гистологии и эмбриологии, т. XI, № 3, 1961, 88.
8. Л. С. Агроскин. Современная аппаратура для цитоспектрофотометрии. Биофизика, т. III, в. 3, 1958, 343 — 353.
9. Е. В. Ануфриева, М. В. Волькенштейн и Т. В. Шевелова. Исследование взаимодействия ДНК с акридиновым окрашиванием методом поляризованной люминесценции. Биофизика, т. VII, в. 5, 1962, 554 — 560.
10. Г. М. Баренбойм, И. Я. Барский и др. Установка для измерения интенсивности флуоресценции микроструктур биологических объектов. Биофизика, т. VII, в. 3, 1962, 351 — 356.
11. Р. Г. Цанев и Г. Г. Марков. К вопросу о количественном спектрофотометрическом определении нуклеиновой кислоты. Биохимия, т. 25, в. 1, 1960, 151—159.
12. Р. Г. Гачечиладзе и Д. Г. Барамидзе. О стимулирующем действии тканевых экстрактов на процесс регенерации семенников. Труды НИИ физиологии и патологии женщины, т. I, 1960, 287 — 291.
13. А. А. Максимов. О патологической регенерации семенных желез. Дисс., 1898.
14. С. С. Райцман. Регенерация семенников у млекопитающих. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, XLII, 9, 1956, 51.



თ. ლომინაძე

ბათუმის ადრეული და თანამედროვე ადგილმდებარეობის შესახებ

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ალ. ჯავახიშვილმა 13.2.1964)

ბათუმი უძველეს ქალაქთა რიცხვს მიეკუთვნება. რამდენიმე ძველი ისტორიკოსი მის დაარსებას ჩვენს წელთაღრიცხვამდელ დროს მოიწერს. ფრანგი ორიენტალისტი ჟან შეროე წიგნში „ბათუმი და კოროზის აუზი“ წერს, რომ „ბათუმი ცნობილი იყო 400 წლის წინათ ჩვენს ერამდე“ [1]. ნ. დაკიშვილი — კარტოგრაფი და ისტორიკოსი — აღნიშნავს, რომ... „... ბათუმი ცნობილი იყო ქრ. დაბადებამდე 400 წლით ადრე, რომ სახელგანთქმული ბერძენი კოლონისტი, ორატორი დემოსთენი (ცხოვრობდა 450—413 წლებში ქრ. დაბადებამდე) ბათუმის მკვიდრია“ [2].

აღსანიშნავია, რომ ზემოაღნიშნული მკვლევრები ამ აზრს დასამტყიცებლად რაიმე ხელშესახებ საბუთს არ იმორჩებენ. შემდგომი ისტორიკოსები ი. კალფოლი და ი. სიხარულიძე ეპყვეუ აყენებენ ამ მკვლევართა მიერ დასახელებულ თარიღს და ბათუმის დაარსებას ვარაუდობდნენ არა უადრეს ჩვ. წელთაღრიცხვის მეორე საუკუნის II ნახევრისა. ამ მიდამოების არქეოლოგიური მასალა სულ უკანასკნელ დრომდე არ იყო მოპოვებული, რამაც ი. სიხარულიძეს შემდეგი ათქმევინა: „ჩვენ არ ვიცით, რა მასალებს შეგვქვს ბათუმის არქეოლოგიური შესწავლა ქალაქის უძველესი ისტორიის გასაშუქებლად. ვინ იცის, იქნებ ძალიან ძველი ნაშთები გამოიხეუტდეს“... [3].

1960—62 წლებში ბათუმის მიდამოებში თამარის გორაზე წარმოებულ არქეოლოგიური გათხრების შედეგად მოპოვებულია მრავალი საინტერესო მასალა. „ბორცვის თავზე სამი სხვადასხვა პერიოდის ნაგებობათა კედლებისა და საძირკვლების ნაშთები აღმოჩნდა. უძველესი კედლები ადრეფეოდალურ პერიოდით უნდა დათარიღდეს, ხოლო უახლესი კი—გვიანისა, საშუალო საუკუნეებით. ბორცვის თავზე და ფერდობებზე აღმოჩნდა ძველი წელთაღრიცხვის პირველი ათასწლეულის პირველი ნახევრის ნაშთები. ეს იმაზე მიუთითებს, რომ ციხის აგების წინ ამ ადგილას საკმაოდ მოზრდილი დასახლებული პუნქტი ყოფილა“ [4].

ამრიგად, უკანასკნელი გამოკვლევების საფუძველზე გაირკვევა, რომ ბათუმის დასახლება დაარსებული იყო ჩვენს ერამდე I ათასწლეულის I ნახევარში მდ. ყოროლისწყლის შესართავთან მდებარე გორებზე.



ბათუმის თავდაპირველ მდებარეობას მდ. ყოროლისწყალთან ტორიკოსები აღნიშნავდნენ ადრეც. დიმ. ბაქრაძე წერდა: „ეს ადგილი (თამარის ვარა. — თ. ლ.) ახლაც (1873 წ. — თ. ლ.) აღინიშნება დიდი კედლისა და ექვსი-შვიდი კვადრატის ნაშთებით“.

პროფ. ს. ყაჯაბაძე ძველი ბათუმის ადგილმდებარეობას ასე განსაზღვრავს: „ძველი ბათუმი მდებარეობდა აწინდელი ბათუმის ჩრდილოეთით მდ. ყოროლისწყლის შესართავთან, სადაც ჩვენამდე მოღწეულია ძველი ციხე (ე. წ. თამარის ციხე)“ [5]. პროფ. ს. ყაჯაბაძის იმომენტები გეორგიან არხანს, ისტორიკოს პლინიუს უფროსს, მათ ნაშრომებში მოხსენებული მდ. „ბათუს“ აგიგებებს მდ. ყოროლისწყალთან და დასძენს: „აქვე უნდა ყოფილიყო ქალაქი და ნავსადგური, რომელიც აღნიშნულია ძველ რუკაზე *Tabula Peutingeriana*, სადაც მას ეწოდება „*Portus altus*“ [6].

უნდა აღინიშნოს, რომ თანამედროვე ბათუმის ტერიტორიაზე, ბათუმის კონცხზე, არაერთი არქეოლოგიური მასალა არ არის ნაპოვნი, თუმცა მისი გაშენება სწრაფი ტემპით წარმოებს და აუცილებლად აღმოჩნდება რაიმე მასალა, რომ ძველი ქალაქი თავიდანვე აქ არსებულიყო. მასთან გვირგვინდება დავემართოთ, რომ ძველად ნაოსნობა თითქმის მხოლოდ კაპოტაქური იყო და გემები ნავსაყუდელს მდინარის შესართავში ეჭებდნენ, სადაც ზღვის ღელვა ვერ აღწევდა. ყოროლისწყლის შესართავი ქარისაგან დაცულია და თუმცა ღრმა არ არის. მაგრამ მაშინდელი პატარა გემებისათვის არც იყო დიდი სიღრმე საჭირო. ამიტომ იგი საეცებით შესაფერის ადგილს წარმოადგენდა ძველი ციხე-ქალაქის გასაშენებლად.

ამრიგად, ზემოაღნიშნული საბუთების გათვალისწინებით შეიძლება ითქვას, რომ ადრინდელი ბათუმი მდ. ყოროლისწყალთან ვოჩაყ-ბორცვებზე მდებარეობდა.

მაგრამ მე-19 საუკუნიდან სურათი იცვლება. იმპროინდელი მოგზაურები და მკვლევარები ბათუმის ადგილსამყოფელად ბათუმის ყურის ირგვლივ მდებარე ტერიტორიას, სახელდობრ, ბათუმის, ანუ, როგორც მაშინ უწოდებდნენ, ბურუნ-თაბიუს კონცხის ტერიტორიას მიუთითებენ, სადაც ახლა თანამედროვე ქალაქია გაშენებული. ჩვენ დავინტერესდით ქალაქის ადგილმდებარეობის შეცვლის დროითა და მიზეზებით და შევეცადეთ გავვერკვია ეს საკითხები.

დავიწყოთ გეოლოგიური მასალის გაცნობით. ბათუმის კონცხისა და ყურის ირგვლივ ხანგრძლივი და დეტალური გეოლოგიური დაკვირვებები აქვს ჩატარებული დ. სვიშჩევსკის [7]. კახაბრის დაბლობი, რომელიც მდ. ჭოროხის მიერ გამოტანილი ალუვიური მასალითაა შექმნილი, ჩრდ. ნაწილში ბათუმის (ბურუნ-თაბიუს) კონცხით ბოლოვდება. კონცხი უფრო გვიანდელი წარმოშობისაა, ვიდრე კახაბრის დაბლობის დანარჩენი ნაწილი და, ჭოროხის დელტისაგან განსხვავებით, რომელიც ზღვის შემოტევის გამო ნგრევას განიცდის (თუმცა ჭოროხის მიერ შემოტანილი ალუვიური მასალა იმდენად დღდია, რომ დელტა თითქმის სტაბილურ მდგომარეობაშია), კონცხის ზრდა განუწყვეტლივ მიმდინარეობს. დ. სვიშჩევსკის მონაცემებით, მხოლოდ 1880 წლიდან



1926 წლამდე, ე. ი. 46 წლის მანძილზე, კონცხი ზღვაში 160 — 170 მეტრით შეიჭრა. ამრიგად, მისი საშუალო წლიური ზრდა, რომელიც დღემდე ვრძელდება, 3.6 მეტრს შეადგენს. ამ ზრდის მიზეზია, ერთი მხრივ, ქოროხის დელტის დაძირვის შესუსტება დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ, ამოწვევის საზღვართან, რომელიც ვადის დაახლოებით ახლანდელი პიონერთა პარკის მიდამოებში და, მეორე მხრივ, დინების მიერ ნაშალი მასალის გადატანა კონცხის მიმართულებით. მკვლევრები ნ. ლევანოვი, ელინსკი, დ. სვიშჩევსკი, დ. წერეთელი, ვ. ზენკოვიჩი და ნ. ასტახოვი, კახაბრის დაბლობის ან ნაწილის წარმოშობას სულ ახლო წარსულს მიაკეთებენ. ვ. ზენკოვიჩი ამის შესახებ ასე წერს: „ეს (ბათუმის კონცხი — თ. ლ.) ძალზე ახალგაზრდა წარმონაქმნია, რომელიც თავისი ცხოვრების მხოლოდ რამდენიმე საუკუნეს ითვლის — 18]. დ. სვიშჩევსკის ვარაუდით, მხოლოდ მე-18 საუკუნისათვის მიიღო თანამედროვე სახე ბათუმის კონცხმა [7].

ბათუმის კონცხი რომ ასეთი გვიანდელი წარმოშობისაა, გეოლოგიური მასალების გარდა, ამას ნიადაგის შესწავლაც ადასტურებს. კონცხს ნიადაგ-სადარი არ გააჩნია და იგი აგებულია ქვიშის, ხრეშისა და კენჭებისაგან.

კონცხის ახალგაზრდა ასაკზე მიუთითებს ტოპონიმიკური მასალის შესწავლაც. კონცხს უკანასკნელ დრომდე თურქული სახელი ბურუნ-თაბიე ჰქონდა და ქართული სახელწოდება არ გააჩნდა, კონცხი რომ შევლადაც არსებუ-ლიყო, ე. ი. თურქთა ბათუმში სტაბილურად გაბატონებამდე (მე-18 საუკუნის 20-იანი წლები). მას აუცილებლად ქართული სახელიც ექნებოდა, რომელიც შესაძლოა შემდგომ შეცვლილიყო თურქულით, როგორც ეს მოხდა ამ მხარის სხვა ქართული სახელწოდების მიმართ. მაგალითად, ქობულეთს თურქებმა ჩურუქ-სუ უწოდეს, მეჯინისწყალს — მეჯინა-სუ, კაპანდიდს — კაპანდიბი, სალიბურს — ინამიე, კახაბრის დაბლობებს — სოუქ-სუ და ა. შ.

მე-19 საუკუნის მკვლევრები ბათუმის თანამედროვე ტერიტორიაზე არსებობას ასე ხსნიან: ისტორიკოსი კალეოლლე წერს, რომ გასული საუკუნის დასაწყისში მუსულიმის (გუბერნატორის თანაშემწის) საფარ-ბეი ხიმშიაშვილის რეზიდენცია თამარის გორასთან მდებარეობდა. უფრის ნაპირზე მხოლოდ მენავეებისა და მეთევზეების რამდენიმე ქოხი იყო. როდესაც მან დანიახა, რომ გემები ღუზას აედებდნენ სწორედ ამ ქოხების გასწვრივ, ხიმშიაშვილმა გადაწყვიტა თავისი ადგილსამუოფელის გადმონაცვლება სამხრეთით. ამ მიზნით ააგო მგჩეთი, რომლის ირგვლივ დაიწყო მოსახლეობამ ჩამოსახლებამო [9]. გიორგი ვაზბეგი ბათუმის ახალი მდებარეობის შესახებ ცოტა უფრო განსხვავებულად მოგვითხრობს. იგი წერს, რომ მე-19 საუკ. 50-იან წლებში „მოსახლეობა თავმოყრილი იყო უფრის აღმოსავლეთ ნაპირების ამაღლებებთან და თანამედროვე ქალაქის საუკეთესო ნაწილები დაკავებული ჰქონდა მხოლოდ ტახების ჯოჯს“ [10]. როდესაც რუსეთის კონსული ბათუმში ჟიულდოი შეუდგა სახლის მშენებლობას უფრის ნაპირას, მას მოუხდა წინასწარ ტყის გაკაფვაო. შემდეგ განავრძობს: „ბათუმს განსაკუთრებული მნიშვნელობა მიეცა ნაოსნობისა და ვაჭრობის რუსეთის საზოგადოების დაარსების შემდეგ (1858 წ. — თ. ლ.) და აქედან მოიქცა თურქეთის მთავრობამ ქალაქს განსაკუთრებული



ყურადღება“. რომ თურქეთის მთავრობამ ასე გვიან მოაქცია ყურადღება თუმს, როგორც სტრატეგიულ პუნქტს, ამაზე ლაპარაკობს კიდევ ერთი საბუთი. 1863 წელს გამოცემული ფორმანი ბათუმში „აზიზის“ მეჩეთის აგების შესახებ, რაც დაკავშირებული იყო თურქეთის მთავრობის საერთო პოლიტიკურ გეგმასთან და რაც მხარის სრულ კოლონიზაციას ისახავდა მიზნად. ისტორიკოსი ა. ავალიანი ასკვნის, რომ თურქებმა მხოლოდ „ამ პერიოდში მოაქციეს პათუმს, როგორც სტრატეგიულ პუნქტს, ყურადღება და სწორედ ამ პერიოდში ჩააყენეს მასში მუდმივად რეგულარული სამხედრო ნაწილები [11]. ამასვე ადასტურებს ისტორიკოს კალფოლლუს ცნობა, რომ პირველად მხოლოდ ყირიმის ომის დროს (1853 — 56 წწ) ააგეს თურქებმა ბათუმში სიმაგრეები, რომლებიც შემდგომ გაამაგრეს და გააუმჯობესეს რუსეთ-თურქეთის ომის დროს (1877 — 78 წწ.). ე. ვეილენბაუმი [12] მიხედვითაც ქალაქი მხოლოდ მე-19 საუკუნის 50-იან წლებში გაჩნდა კონცხის ტერიტორიაზე.

ამრიგად, ისტორიკოსთა და მოგზაურთა ცნობებით ბათუმი დღევანდელ ტერიტორიაზე მე-19 საუკუნის 50-იან წლებში წარმოქმნილა. მაგრამ არის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტი: მე-19 საუკუნის დასაწყისიდან, როდესაც იალქინიანი გემები თანდათან შეიცვალა ორთქლის გემებით და საერთოდ საკრძნობლად ვადიდდა გემთა წყალწყვა, ნავსადგურის ძებნა საჭირო იყო არა მდინარის შესართავში, არამედ ღრმა და ქარისგან დაცულ ყურეში. ასეთია სწორედ ბათუმის ყურე და ეს არის ერთ-ერთი მიზეზი ქალაქის მთის ფერდობებთან კონცხზე გადმოტანისა. აქ წერდა კიდევ კალფოლლუს, რომ სწორედ ნავსადგურის ადგილმდებარეობის შეცვლამ აიძულა მუსელიმი ხიმშიაშვილი ადგილსამყოფელი შეეცვალათ. მაგრამ გეოლოგიურმა და ტოპონომიკურმა მასალამ, რომელთა მიხედვით ირკვევა, რომ კონცხი უახლოესი წარმოშობისაა და რომლის ყურეში ნაოსნობისა და მეთევზეობისათვის მეტად ხელისშემწყობი ბუნებრივი პირობები შეიქმნა, გვაფიქრებინა, რომ მოსახლეობა უფრო ადრე ჩამოვიდა მთებიდან, ვიდრე ზემოთ ჩამოთვლილი მკვლევარები აღნიშნავენ. სახელდობრ, ეს უნდა მომხდარიყო ვასული საუკუნის დასაწყისში, ან მე-18 საუკუნის დასასრულს. ამრიგად, ბათუმის თანამედროვე ტერიტორიაზე ხელსაყრელი ბუნებრივი და სატრანსპორტო-ეკონომიკური პირობების შერწყმა წარმოადგინს ქალაქის ადგილმდებარეობის შეცვლისა და თანამედროვე ტერიტორიის დაკავების მიზეზს.

თუმცა თურქეთისათვის მალე გახდა ნათელი ბათუმის დიდი მნიშვნელობა როგორც ნავსადგურისა და სტრატეგიული პუნქტისა, მას თითქმის არაფერი არ გაუეფთებია ქალაქის გაზრდისა და განვითარებისათვის. რუსეთ-თურქეთის ომის დროს იტალიის ბათუმელი კონსულის მალმუზინის სიტყვით, ბათუმი მეთევზეთა და კონტრაბანდისტთა თავშესაფარს წარმოადგენდა. როცა 1858 წ. რუსეთის სანაოსნო და სავაჭრო საზოგადოებამ ბათუმში ხის ნავსადგომი ააგო, ნაოსნობა ცოტა გამოცოცხლდა. მიუხედავად ამისა, 1878 წელს, რუსეთის ჯარის ბათუმში შესვლისას სამხედრო კორესპონდენტი ფრენკელი წერდა, რომ მოსახლეობა არ აღემატება 3000 სულს და თურქული უზანი არის



ყოველგვარი დაავადებისა და სიბინძურის ბუდე [13]. ამავე პერიოდის ბათუმზე ნ. ნიკოლაძე წერდა: „ბათუმის ქალაქი ასიოდე უბედურ სახლს და ქოხს ქვეა, ზოგი მათგანი დაბნეილი და შეტყეწილი ფაცხა, ზოგი ფიცრულია, ორიოდე შენობა ქვეთიერისაც იჭნება“ [14].

მაშინდელ ბათუმს ძალზე მცირე ტერიტორია ეკირა და ისიც გარშემორტყმული იყო გაუვალი ჭაობებით. შემოერთების შემდეგ ქალაქის ტერიტორიამ სწრაფად დაიწყო ზრდა, ჩატარდა ღონისძიებები ჭაობების მოსასპობად, მაგრამ მათმა ნაწილმა მაინც მოატანა ჩვენს დრომდე.

ბათუმის შესანიშნავმა ეკონომიურ-გეოგრაფიულმა მდებარეობამ განაპირობა მისი შემდგომი ზრდა-განვითარება.

კაპიტალიზმის ეპოქაში ბათუმი გადაიქცა ბაჭოს ნავთობის მსოფლიო ბაზარზე გატანის უველაზე ხელსაყრელ ნავსადგურად. ამასთან დაკავშირებით, 1883 წლიდან იგი ამიერკავკასიის რკინიგზის მაგისტრალის დასავლეთი დაბოლოების უმნიშვნელოვანესი პუნქტი გახდა, ხოლო 1897 — 1907 წლებში გაყვანილმა ბაჭო-ბათუმის ნავთსადგენმა ნავსადგურის ტერიტორიის შემდგომი გადიდების პირობები შექმნა. თუ 1867 — 68 წლებში ბათუმის ნავსადგურში სულ 182 ორთქლის გემი შემოვიდა, 1902 წელს ნავსადგური მოემსახურა უკვე 2.290 გემს. გაიზარდა მოსახლეობის რაოდენობა: 3.000 კაცის ნაცვლად, რომელიც 1878 წელს ითვლებოდა, 1897 წელს მცხოვრებთა რიცხვმა 28.512 კაცს მიაღწია [15]. ნავთობპროდუქტების სულ უფრო მზარდი რაოდენობით გაზიდვამ გამოიწვია ქალაქში საკმაოდ მნიშვნელოვანი მრეწველობის შექმნა-განვითარება. დიდმა ნავსადგურმა თავის პინტერლანდად გადააქცია მდ. ქოროხის (ქლარჯეთ-შავშეთის) აუზის მნიშვნელოვანი ნაწილი. ომელიც უწინ შავ ზღვას გონიოთი უკავშირდებოდა. ამავე დროს მეფის რუსეთისათვის ბათუმმა უდიდესი სამხედრო-სტრატეგიული მნიშვნელობა მოიპოვა, როგორც ციხადელმა შავი ზღვის სამხრეთ-აღმოსავლეთ სანაპიროზე.

ჩვენს დროში ბათუმის ხელსაყრელი ეკონომიურ-გეოგრაფიული მდებარეობა კიდევ უფრო სრულყოფილად და გამოყენებულ. მისი მიზიდვის არეალში ისევ შედის ამიერკავკასიის ისეთი მძლავრი მოპოვებითი მრეწველობის ცენტრი, როგორცაა ბაჭო. ბათუმის მრეწველურმა აღმავლობამ და ამასთან ერთად მისი მოსახლეობის ზრდამ (1959 წლის მონაცემებით 82.328 კაცი) განაპირობა ქალაქის ტერიტორიის მნიშვნელოვანი გაფართოება.

ამეამად ბათუმს საქართველოს ქალაქთა შორის თავისი სიდიდით, სამრეწველო და კულტურულ-ადმინისტრაციული მნიშვნელობით ერთ-ერთი პირველი ადგილი უკავია. მისი ტერიტორია გასცილდა მდ. ყორალისწყლის შესართავს ჩრდილოეთით და ციხე-ქალაქი თამარის გორა თანამედროვე დასახლების ფარგლებში შევიდა. აქედან მოყოლებული იგი ვრცელდება სამხრეთ-



დასავლეთით 7-კმ-ის მანძილზე მდ. მეჯინისწყლამდე. ხოლო სამხრეთ-აღმოსავლეთიდან ჩრდ.-დასავლეთი მიმართულებით სიგანე 1—2,5 კმ-ს აღწევს და ზღვის ნაპირიდან გორაკ-ბორცვების ზოლამდეა გაშლილი. ამჟამად ქალაქის ტერიტორიაში მოექცა მისი პირველი დასახლების ადგილი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ვახუშტის სახელობის  
გეოგრაფიის ინსტიტუტი

(რედაქცია მოვიდა 13.2.1964)

## ГЕОГРАФИЯ

Т. И ГВИНИАНИДЗЕ

### О МЕСТОНАХОЖДЕНИИ ГОРОДА БАТУМИ В ПРОШЛОМ И В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

#### Резюме

Многочисленными исследованиями по истории города Батуми установлено, что древний Батуми, основанный в первой половине первого тысячелетия до нашей эры, был расположен севернее современного города, на холмах у устья реки Королискали.

В настоящее время город Батуми расположен не Батумской (Бурун-Табийской) мысе и вдоль Батумской бухты.

Сопоставив природный, исторический и топографический материалы, выясняем следующее:

1. Детальные геологические исследования (Л. Свищевский, В. П. Зенкович) показали, что Батумский мыс — «очень молодое образование, насчитывающее всего несколько столетий своей жизни» [10].

2. Мыс не имеет почвенного покрова и состоит из ила, гравия и песка.

3. Мыс до наших дней имел только турецкое название Бурун-Табие. Если бы мыс существовал до захвата турками Аджарии (XVII в.), то он носил бы грузинское название, так же как остальные географические пункты Аджарии, которые были переименованы во время владычества турок. Например, Кобуаети называли Чурук-Су, Салабаური — Инаие, Кахаберские возвышенности — Соук-Су и т. д.

Таким образом, можно заключить, что Батумский мыс образовался совсем недавно, после чего создались благоприятные условия для рыболовства и парохозяйства в образующем его заливе.

4. Путешественники и исследователи XIX в. (Ш. Н. Кальфоглу, Г. Казбегги, Е. Г. Вейденбаум) указывают, что город Батуми с холмов р. Королискали был перенесен из внешней территории в 30-х гг. XIX в.

5. С начала XIX в. ирусские корабли постепенно заменяются пароходами, для которых нужны глубокие гавани, такие, как Едлужский залив. Поэтому корабли опускают якорь не в устьях р. Королискаан, как раньше, а у Батумского мыса.

Весь этот материал дает нам возможность заключить, что, когда создались благоприятные природные и транспортно-экономические условия для образования города у Батумской бухты на Батумском мысу, тогда спустилось население древнего города с холмов на побережье. Но это должно было случиться не в 50-х гг. XIX в., а в конце XVIII или в начале XIX в.

#### დაბოუნდაბული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ვ. მუროვი, ბათუმი და კორთია აუზი. ბათუმი, 1962.
2. И. М. Дакишевич. Батум. Тифлис, 1890.
3. ი. სიხარულიძე. სამხრეთ-დასავლეთსაქართველოს ტოპონიმთა ნაწ. II. ბათუმი, 1959.
4. ი. გრძელისვილი. შუქი ფენს უძველეს ისტორიაზე. ვახ. „აბლაგაზრდა კომენტარი“, 100, № 1962.
5. ს. კაკაბაძე. ძიებანი ქართველთა მე-4-7 საუკ. ისტორიის შესახებ. „საისტორიო კრებული“, ნაწ. II, 1928.
6. ს. ყაუხჩიშვილი. ანტიკური მასალები ბათუმის ისტორიისათვის. აღ. წიგნუბანი საბ. ქუთაისის მეცნიერებათა აკადემიის შრომები, ტ. X, 1952 — 1951.
7. Д. Свищевский. Разрушение морского берега у г. Батуми. Изв. ВГО, № 5, 1939.
8. В. П. Зенкович. Берега Черного и Азовского морей. М., 1908.
9. И. И. Кальфоглу. Древнейшие известия о Батуме. Изв. КО и РГО, т. XVIII, № 1, 1905.
10. Г. Казбегн. Три месяца в турецкой Грузии. Тифлис, 1875.
11. ა. ავალიანი. მიწისმფლობელობის ფორმები აჭარაში. ბათუმი, 1961.
12. E. Г. Вейденбаум. Кавказские эвюлы. Тифлис, 1901.
13. А. Френкель. Очерки Чурук-Су и Батума. Тифлис, 1879.
14. ფერნ. „კრებული“, 16-1 წიგნი, 1873.
15. Батуми и его окрестности. Батуми, 1906.





მ მარსიაშვილი

რიონის ხათაში მდებარე ნალექების  
 ლითოლოგიისათვის

(წარმოდგინა აკადემიის აკადემიის სესიის 25.3.1964)

ზემო რაჭაში, მდ. რიონის სათავეებში, გავრცელებულია ზედა იურულ-ქვედა ცარცული ფლიშური ნალექები, რომლის ზედა ნაწილი „გესკეს“ წყების სახელწოდებითაა ცნობილი [1]. ამ წყების ლითოლოგიის შესასწავლად 1960—1963 წლების საველე პერიოდში სხვა ჭრილებთან ერთად მასალა შევარგეთ მდ. რიონის ხეობაში სოფ. უწერასა და საგლოლოს შორის.

აღნიშნული უბანი გეოტექტონიკურად მიეკუთვნება კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა სისტემის რაჭა-თიანეთის ზონას, რომელიც ძლიერ შეკუმშული სამხრეთისაკენ გადმოწოლილი განედური მიმართების იზოკლინური ნაოჭებით ხასიათდება [2].

რაიონის გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობს ბაიოსური პორფირიტული წყება და მასთან ტექნიკურ შეხებაში მყოფი ზედა იურულ-ქვედა ცარცული ფლიში. უკანასკნელი წარმოდგენილია კარბონატული წყების ნაწილით, რომელიც აღმავალ ჭრილში თანდათან იცვლება ე. წ. გარდაამავალი წყებით, ეს კი თავის მხრივ ასევე თანდათანობით გადადის ტერივენულ ნალექებში — გესკეს წყებაში.

აღნიშნულ ჭრილში გესკეს წყება იწყება: 1) არგილიტებისა და ქვიშაქვების შორიგეობით. ქვიშაქვები ძირითადად პლაგიოკლაზიან-კვარციანია, უმეტესად კარბონატული ცემენტით. დასტის სიმაღლერე 120 მ-ია; ამ დასტის აგრძელებს 2) სქელშრებბრივი (შრის მაქსიმალური სიმაღლერე 1.8 მ) ქვიშაქვები არგილიტების თხელი (0.5—0.10 მ) განშრეებებით. ეს ქვიშაქვები დასტის ქვედა ნაწილში პლაგიოკლაზიან-კვარციანია, ზევით ქარსიანი პლაგიოკლაზიან-კვარციანი ხდება და ბოლოს არკოზულ-კვარციანია. დასტის სიმაღლერე 350 მ-ია. სქელშრებბრივ ქვიშაქვებს აგრძელებს 3) არგილიტებისა და ქვიშაქვების შორიგეობა, რომლებშიც არგილიტები უფრო მძლავრი (5-მ-მდე) შრეებით არის წარმოდგენილი. ძირითადად არკოზულ-კვარციანია. დასტის სიმაღლერე 700 მ-ია. ეს დასტა ფლიშური სინკლინორიუმის გულს წარმოადგენს. ამის შემდეგ ჭრილი უკვე აღმავალია.

ხატარებული დეტალური ლითოლოგიური კვლევით დადგინდა აქნა [3], რომ აღნიშნულ უბანზე გესკეს წყება აგებულია ძირითადად კლასტოლითებით, მცირე რაოდენობით გვხვდება კარბონატული ქანები. კლასტოლითებში



გაირჩევა: მსამიტოლოები, ალევროლითები და პელიტოლოები. ამათგან შესწავლილ ჭრისში გაბატონებულია მსამიტოლოები და პელიტოლოები, ხოლო ალევროლითები დამორჩილებულ როლს თამაშობენ.

მსამიტოლოები წარმოდგენილია მუქი ნაცრისფერი, ძირითადად შრეებრივი, ზოგჯერ დაფიქლებული, წერილმარცლოვანი სახესხვაობებით. შედგენილობის მიხედვით მათში გამოირჩევა: არკოზულ-კვარცხანი, პლაგიოკლაზიან-კვარცხანი, ქარსიანი პლაგიოკლაზიან-კვარცხანი ქვიშაქვები.

არკოზულ-კვარცხანი ქვიშაქვები შედგება კვარცის, მინდვრის შატებისა და ქანის ნატეხებისაგან, ზოგჯერ შეიმჩნევა ცირკონისა და ტურმალინის ერთეული მარცვლები.

კვარცი წაყვანი კომპონენტია, უმეტესად გვხვდება კუთხედი, ტალღური ჩაქრობი, მქონე მარცვლები, შედარებით იშვიათად მომრგვალებული, სწორი ჩაქრობით.

მინდვრის შატები წარმოდგენილია შვევე პლაგიოკლაზით და K-შატით. პლაგიოკლაზი ალბიტო-ოლიგოკლაზის რივისაა ( $Ng' = 1.530 \pm 0.002$ ;  $Np' = 1.536 \pm 0.002$ ), ახასიათებს პოლისინთეტური მრჩობლები, ძირითადად სალია, ზოგჯერ სუსტად გასერიციტებული ან გაპელიტებული.

K-შატი მიკროკლინი (სურ. 1); ნაკლებად გვხვდება ორთოკლაზი. მარცვლებს უოველითის კუთხედი ფორმა აქვს, სალია, იშვიათად გაპელიტებული.



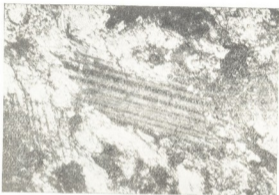
სურ. 1. მიკროკლინი (ნიკ. +, გად. 160 X)

ქარსები ბიოტიტი და მუსკოვიტია; გვხვდება მცირე რაოდენობით, უმეტესად დეფორმირებული ქერცლების სახით; ბიოტიტი ხშირად გაუფერულებულია.



ქანის ნატეხები წარმოდგენილია ფიქლებისა და კვარციტების ნამსხვრევი მასალით. მათი რაოდენობა ქანში ჩვეულებრივ ტერიტენი მასალის 10%-ს არ აღემატება.

ცემენტი აგებულია თიხა-სერიციტული, პელიტურ-ჰიდროქარსული და ჰიდროქარსულ-სერიციტული მასებით. ცემენტაციის ტიპი ძირითადად პორებისაა, გვხვდება შებების ცემენტიც.



სურ. 2. კარბონატით კოროდირებული პლაგიოკლასის ნარცვალი (ნიკ. +, გაზ. 160X)

ჰიდროქარსებისა და სერიციტის ქერცლები ზოგჯერ ერთი მიმართულებითაა ორიენტაცია. ხშირად ქანში მარცვლები კოროდირებულია ცემენტით, რაც შემთხვევაში აღწერილი ტიპის ქვიშაქვების ცემენტი ზოგ უბანზე, ნაწილობრივ ან მთლიანად, კარბონატულია, ასეთ შემთხვევაში პლაგიოკლასის ძარცვლების ნაწილიც ხშირად ვაკარბონატებულია (სურ. 2). ამ ქანების კარბონატობის შესწავლით გამოიჩინა, რომ მათში  $\text{CaCO}_3$ -ის პროცენტული რაოდენობა მერყეობს 3,6%-დან 23%-მდე (იხ. ცხრილი 1).

ცხრილი 1

ნიმუში №	96	107	127	128	132	144	187	206	210
$\text{CaCO}_3$ -ის რაოდენობა %,ით	11,7	22,5	7,2	14,4	5,4	23,0	20,7	3,6	24,3

ქვემოთ განხილულ ქანთა ტიპების დახასიათებისას გამოვჩინეთ თავიდან ასაცილებლად მოვეყვანეთ მხოლოდ აღწერილი ქანებისაგან მათ განმასხვავებელ ნიშნებს.



პლაგიოკლაზიან-კვარციან ქვიშაქვებში მინდვრის შპატები მსხვილქვიშაქვებში პლაგიოკლაზებითაა წარმოდგენილი. K-შპატი თითქმის არ გვხვდება.

ქარსიან პლაგიოკლაზიან-კვარციან ქვიშაქვებში ქარსი გვხვდება მუსკოვიტიტისა და ბიოტიტის ძირითადად პიდრატირებულ ლურჯულაყების სახით.

ქარსიან-კვარციან ქვიშაქვებში მინდვრის შპატები თითქმის არ გვხვდება.

ალევიტოლითები წარმოდგენილია არკოზულ-კვარციანი, პლაგიოკლაზიან-კვარციანი და ქარსიანი პლაგიოკლაზიან-კვარციანი სახესხვაობებით. შესწავლილ კრილში ისინი ძალზე მცირე გავრცელებით სარგებლობენ და მხოლოდ მარცვლის სიმსხოთი განსხვავდებიან (მარცვლის სილიდე 0.1 მმ-ს არ აღემატება) ზემოთ განვიხილული ქვიშაქვებისაგან.

პელიტოლითები ნაცრისფერი ან მოშავო ნაცრისფერი თხელი და მიკრო-შრებებიანი არგილიტებითაა წარმოდგენილი. მიკროსკოპულად ისინი ქერცლოვანი სტრუქტურის პელიტური მასებისაგან შედგებიან. ეს მასები ზოგ უბანში ბოქვოვანი აღნაგობისაა. პელიტოლითები ჩვეულებრივ შეიცავენ კვარცის, მინდვრის შპატებისა და ქარსების ალევრიტულ ნაწილაკებს და მტერისებურ პირიტს, რომელიც ხშირად გალიმონიტებულია. იშვიათად გვხვდება სუფთა პელიტოლითები, რომელთა შემადგენელი პელიტური მასების ვარდატების მიჩვენებელი N სავ. = 1.570 + 0.002. მათი ქიმიური ანალიზები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

ნომერი №	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	ჯამი
98	57,36	1,21	21,18	0,69	1,22	0,21	2,93	0,13	1,79	4,82	0,05	2,02	2,26	0,48	100,68
122	56,93	1,11	23,86	2,82	0,03	1,71	0,50	1,77	5,63	0,38	1,31	0,00	0,27		100,67
126	59,32	1,15	21,99	3,02	0,03	2,16	0,10	1,77	5,79	0,24	3,74	0,16	0,27		99,95
193 <sup>4</sup>	68,42	0,77	18,35	1,07	3,33	0,01	0,20	0,14	0,70	4,13	კვლი	2,44	0,13	0,11	100,08
696	46,87	1,19	23,73	3,27	0,03	2,80	1,15	1,23	6,39	0,43	5,05	0,38	0,36		100,30

ამ ანალიზების მიხედვით ეს პელიტოლითები პოლიმინერალური უნდა იყოს — K<sub>2</sub>O-ს ქარბი რაოდენობა პიდროქარსების, ხოლო Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ის გაზრდილი პროცენტული შემცველობა (ნომში № 696) კალიონიტის არსებობას უნდა მიუთითებდეს. ამ უკანასკნელის არსებობას ადასტურებს აკრეთვე თერმული ანალიზების შედეგად 600°-ის ფარგლებში მიღებული სუსტი ენდოთერმული სავრთოდ. წყებაში პელიტოლითები მეტამორფულია და მათი შესწავლა სპეციალურ კვლევას მოითხოვს.

გეცეს წყების შესწავლილ კრილში კარბონატული ქანები უმნიშვნელო გავრცელებით სარგებლობენ. მათში CaCO<sub>3</sub>-ის პროცენტული რაოდენობა მოცემულია მე-3 ცხრილში.

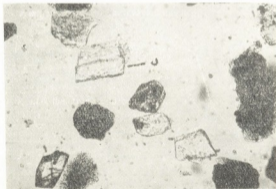
უხსნადი ნაშთის რაოდენობისა და რავარობის მიხედვით ამ კარბონატულ ქანებში გაიჩნევა ქვიშიანი კირქვები და შერგელები.

ქვიშიანი კირქვები მუქი ნაცრისფერი, იშვიათად ღია ნაცრისფერი შრეებრივი ქანებია, შედგება მიკრო-ან წვრილმარცვლოვანი კარბონატისაგან, რომელიც შეიცავს ქვიშის ნაწილაკთა მინარევებს 25%-დან 50%-მდე. ეს ტერიგები ნაწილი ძირითადად წარმოდგენილია კვარცით, მინდვრის შპატებით, ქარსებით და ქანის ნატეხებით, დიდი რაოდენობითაა მტვრისებორი პირიტი.

ცხრილი 3

ნიმუშის №	145	157	170	186
CaCO <sub>3</sub> -ის რაოდენობა %-ით	53,8	65,7	63,9	67,5

მერგელები ძირითადად ღია ნაცრისფერი თხელშრეებრივი ან ფიქლებრივი ქანებია. შედგება მიკრომარცვლოვანი კალციტისაგან, რომელიც შეიცავს ტერიგენ პელიტურ ნაწილაკებს 25%-დან 75%-მდე, პირიტს და განახშირებულ მცენარეულ ნაშთებს.

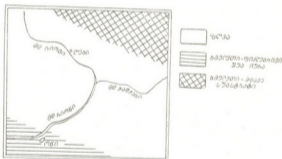


ხურ. 3. ფერნიტის შეცვლილი ბიძე ფრაქცია: ა — ფერნიტი (ნაქ. II, გად. 162 X)

მინერალოგიურმა ანალიზმა დაგვანახა, რომ შესწავლილი წყების ქანებში მძიმე ფრაქციები მცირე რაოდენობითაა და წარმოდგენილია მადნეულ და ძღვრად მინერალთა ასოციაციით; პიროქსენ-ამფიბოლები და ეპიდოტ-ციოზიტი იშვიათად გვხვდება; ქარსები და ქლორიტები თითქმის მთელ ჭრალშია მცირე რაოდენობით. ზოგ მონაკვეთზე კი შეიმჩნევა მათი კონცენტრაცია

მდნეული მინერალები წარმოდგენილია პირიტითა და მანგანით, რომლებიც უმეტესად გალიზონიტებულია, მდგრად მინერალთა ასოციაცია კი — ციკონით, ანატაზიტით, ბრუკიტით, რუტილით და ტურმალინით. უნდა აღინიშნოს, რომ შესწავლილი წყების ქანებში ამატიტი თითქმის არ შეგვხვდრია. ამავე დროს მიიშე ფრაქციაში მნიშვნელოვანი რაოდენობით (ზოგჯერ 28%-მდე) გვხვდება ამ ნალექებისათვის ახალი მინერალი, რომელიც 0.1—0.3 მმ ზომის ჩვეულებრივ პრიზმული კრისტალებითაა (სურ. 3) წარმოდგენილი, ახასიათებს ექვსკუთხა ბაზალური კვებითი, ხორკლიანი ზედაპირი, სწორი ჩაქრობა (ან ჩაქრობის მცირე კუთხე).  $Ng' = 1.622 + 0.002$ ;  $Np' = 1.615 + 0.002$  და  $Ng' - Np' = 0.007$ , ამ მონაცემებით ეს მინერალი ამატიტის ჯგუფის Na-ის შემცველი მინერალი-დერნიტი უნდა იყოს. ამას ადასტურებს აგრეთვე ამ მინერალის სპექტრული ანალიზი, რომელიც ამატიტთან შედარებით Na-ის მეტ შემცველობას ვეჩვენებს.

შესწავლილი რაიონის გესკეს წყების დეტალური ლითოლოგიური გამოკვლევის შედეგად ამ რაიონის პალეოგეოგრაფიული სურათი ქვედა ცარცულ დროში შემდეგნაირად გვესახება:



სურ. 4. პალეოგეოგრაფიული სურათი

როგორც კრილის აღწერიდან ჩანს, გესკეს წყების დალექვისას აუზში მოდის მკვე სუბსტრატისა და თიხა-ფიქლების გადარეცხვის მასალა. რის შედეგად წყების ქვედა ნაწილში გვაქვს პლაგიოკლაზიანი-კვარციანი და ქარსიანი პლაგიოკლაზიანი-კვარციანი ქვიშაქვები. ჩვენი აზრით, ამ მასალის წყაროს წარმოადგენს, ერთი მხრივ, ჩრდილოეთით კავკასიონის დერძულ ნაწილში ანდური ოროფაზისის შედეგად გაშიშვლებული მკვე შედგენილობის სუბსტრატი, ხოლო, მეორე მხრივ, აუზში ბათური ოროფაზისის შედეგად ამოხვეებული ფიქლებრივი შუა იურის კორდილიერა (იხ. სურ. 4).



გვესყვის წყების ზედა ნაწილში უყვე არკოზული მასალა გვაქვს. ამ მასალას, როგორც ჩანს, კვლავ გვაძლევს ჩრდილოეთით განვითარებული სუბსტრატის, რომელზედაც უყვე მიკროკლინიანი გრანიტები ირეცხება. რიხაფიქლების მასალის წყაროდ კი ისევე ბათური კორდილიერა გვესახება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 გეოლოგიური ინსტიტუტი  
 თბილისი

(რედაქციას მიუვრედა 3.4.1964)

ПЕТРОГРАФИЯ

Э. В. ВАРСИМАШВИЛИ

К ЛИТОЛОГИИ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
 ВЕРХОВЬЕВ Р. РИОНИ

Резюме

В Верхней Раче, в верховьях р. Риони, развиты верхнекрейдовые нижнемеловые флишевые отложения, верхнюю часть которых выделяет под названием «свита Геске».

Для литологического изучения этой свиты материал был собран нами по ущелью р. Риони между с.с. Угера и Сагамо.

При детальном литологическом исследовании выяснилось, что свита Геске верховьев р. Риони в основном состоит из кластолитов, в незначительном количестве встречаются карбонатные отложения. В кластолитах различаются псаммитолиты, алевролиты и пелитоалты; при этом в изучаемом разрезе алевролиты играют подчиненную роль.

Псаммитолиты представлены темно-серыми слонстыми, иногда сланцеватыми желтозернистыми разновидностями, среди которых по составу различаются аркозово-кварцевые, плагноклазово-кварцевые, сланцеватые плагноклазово-кварцевые песчаники.

Пелитоалты—серые или темно-серые аргиллиты. По данным химических анализов пелитоалты по составу полиминеральные и требуют специального исследования.

Карбонатные отложения представлены в основном темно-серыми желтозернистыми песчанистыми известняками и светло-серыми желтосланцеватыми мергелями.

При минералогическом анализе в тяжелой фракции было установлено наличие нового минерала для этих отложений—дернита.

Палеогеография исследуемого района в нижнемеловое время представляется нами следующим образом.

При образовании свиты Геске в бассейне поступал материал разнородного кислого субстрата и глинистых сланцев. Источниками этого материала, по-видимому, является, с одной стороны, кислый субстрат, обнаженный вследствие анлийской орофазы в осевой части В. Кавказа, а с другой стороны, среднеюрская кордильера, развитая в бассейне при батской орофазе.

#### დავითობის ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Г. Кузнецов. Геологическое строение р-на курорта Шови. Труды ВГРО, в. 151, Л., 1931.
2. П. Д. Гамкрелидзе. Основные черты тектонического строения Грузии. Труды Геол. ин-та АН СССР, сер. геол., т. X (XV), 1957.
3. ვარსიანიშვილი გ. ვესკეს წყების ლითოლოგიისათვის შვ. რიონის ხეობაში (საფ. უწერასა და სავლოლოს შორის). საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ასპირანტთა და ახალგაზრდა მეცნიერ-მეშაკთა XIV კონფერენციის შეზღვეული მოხსენებები, თბილისი, 1964.





ПАЛЕОБИОЛОГИЯ

Л. К. ГАБУНИЯ (член-корреспондент АН ГССР), Е. И. БЕЛЯЕВА

О ПРЕДСТАВИТЕЛЕ АНХИТЕРИИ (*ANCHITHERIINAE*)  
 ИЗ ОЛИГОЦЕНА КАЗАХСТАНА

В материалах раскопок, проведенных в 1961 г. Палеонтологическим институтом Академии наук СССР в Центральной Казахстане, имелся обломок верхней челюсти с  $dp^2-dp^4$  архайческого представителя эквид (*Equidae*) из олигоценовых отложений урочища Кызыл-Как Карагандинской области. Интерес к этой находке объясняется прежде всего отсутствием достоверных сведений об олигоценовых *Equidae* Азии. Литературные данные о палеогеновых лошадиных Советского Союза очень скудны. Они, как известно, основаны на незначительных, фрагментарных и почти не поддающихся точному определению остатках из Казахстана [1—6] и Кавказа [7]. Кызылкаякская находка позволяет установить несомненное присутствие анхитерии (*Anchitheriinae*) в олигоцене Азии.

Этот вывод, опровергающий давно установившееся в палеонтологическом мнении о существовании лошадиных, начиная с верхнего эоцена до миоцена, только в Северной Америке, подтверждает высказывания советских палеонтологов [8,9] о развитии их и в Евразии.

Исследование кызылкаякского материала и его сравнение с ископаемыми остатками других *Equoidea* показывает, что лошадка из Казахстана—одна из новых представителей олигоценовых анхитерии Евразии, которого мы предлагаем именовать кызылкаяккиппусом (*Kyzylkakkhippus* gen. nov.).

Семейство *Equidae* Gray, 1821

Подсемейство *Anchitheriinae* Osborn, 1910

Род *Kyzylkakkhippus* Gabunia et Beliajeva gen. nov. (†)

Типовой вид *Kyzylkakkhippus orlovi* Gabunia et Beliajeva sp. nov. Средний олигоцен. Центральный Казахстан, Карагандинская область, урочище Кызыл-Как.

Диагноз. Размеры небольшие, ближе к средним. Верхние молочные премоляры относительно длинные, низкоронковые, дозаризованные. Хорошо обособленный протоконус и очень слабый метакокус отчетливо вытянуты поперек коронки; они образуют с конусовидными (соответствен-

Р Род назван по урочищу Кызыл-Как, где был найден описываемый фрагмент верхней челюсти.



но) протоконом и гипоконом вполне развитые поперечные гребни несколько косо назад к продольной оси зуба. Последние прилегают к эктолофу спереди паракона и метакона. Протолоф расположен на некотором расстоянии от переднего края коронки. Парастиль и особенно мезостиль сильно развиты, метастиль едва намечен. Гипостиль зачаточный. Передний и задний воротнички хорошо развиты.

Состав. Известен один вид.

Сравнение. Сравнение лошади из урочища Кызыл-Как с другими анхитериниями представляло значительные трудности, так как молочные

премоляры не только ранних лошадиных, но и вообще ископаемых лошадей, как и других млекопитающих, известны довольно плохо. Однако это сравнение несколько облегчалось тем, что у олигоценовых анхитериний молочные и постоянные премоляры ядрозированы. Это позволило использовать одонтологические данные и по взрослым животным.



Рис. 1. *Meshippus montanensis*:  $Dp^2-M^3$ . По Осбору

Новый род анхитериний из Казахстана отличается от североамериканских мезогиппуса и миогиппуса (рис. 1—4) более сильным развитием парастилия и особенно мезостилия, большей селенодонтичностью пара- и метаконов, менее косо направленными назад поперечными гребнями, более задняя прилегания их к эктолофу и слабо развитыми метакопулея и гипостилея. К той же группе признаков могут быть отнесены и отличия в очертании коронок: молочные премоляры у кызылкакского рода более удлиненные, чем у американских раннетретичных анхитериний. Индекс ширины  $Dr^2$  и  $Dr^3$  к их длине (таблица проверок) не превышает 100% у описываемой формы (соответственно 82,3 и 82,1), более 100% у мезогиппуса (соответственно 107,0—120,8 и 107,7—125,0%) и около 100% у миогиппуса (92,8—105,8, и 100,0—102,0%). Менее важными отличиями являются: развитие ребрышек на наружной стороне пара- и метаконов, наличие зачаточных столбиков у основания мезостилия, более значительное развитие переднего и заднего воротничка и почти полное его отсутствие на наружной и внутренней сторонах зубов.



Рис. 2. *Meshippus obliquidens*.  $P^2-M^3$ . По Осбору

Однако обращает на себя внимание и некоторое сходство в строении коренных зубов сравниваемых анхитериний, что сказывается на вполне развитом мезостиле, ясно выраженном поперечном направлении прото-

металофов, вытянутых продольно внутренних конусах-буграх в направлении развития поперечных и наружных гребней. Кроме того, такие существенные, на наш взгляд, признаки представителя анхитерии из Казахстана, как значительная редукция метаконуля и относительно переднее прилегание прото- и металофа к эктолофу, наблюдаются также на единичных зубах мезогиппуса (колл. МГРИ № 1/1644, 1/1651 и др.) Это, возможно, и есть одно из указаний на филогенетическую связь между североамериканскими анхитериями, с одной стороны, и между последними и описываемой формой, с другой.

При недостаточности фактического материала трудно решить, к какому из рассматриваемых североамериканских родов ближе казахстанская лошадка. Создается впечатление, что признаки, свойственные этой форме, наблюдаются у мезогиппуса чаще, чем у многиппуса (например, выступание вперед наружного угла  $dp^2$ , значительная редукция метаконуля, смещение назад места прилегания прото- и металофа к эктолофу и др.).

Отличия от миоценового анхитерия (рис. 6)

проявляются у кызылжакской формы в слиянии обоих поперечных гребней с эктолофом (у анхитерия слит лишь металоф), в коленообразной загибе наружного конца металофа назад (чего нет у анхитерия), в менее развитом метаконуле и зачаточном гипостиле (крупном, треугольной формы у анхитерия), в менее косом направлении поперечных гребней, в отсутствии задней шпоры (лежащей на  $dp^2$  у анхитерия) и в меньшей степени седлообразности эктолофа.

Таким образом, несмотря на некоторую близость лошадки из урочища Кызыл-Жак к олигоценовым североамериканским *Mesohippus* и *Miohippus*, такие признаки ее специализации, как слияние метаконуля с гипоконом (благодаря которому металоф у нее полностью развит даже на нестертых молочных премолярах), резко выступающие пара- и мезостилы на тех же зубах и раннее слияние основных элементов зуба (протоконуля с протоконом и обоих поперечных гребней с эктолофом) в сочетании с относительно крупными размерами, безусловно, указывают на значительную обособленность *Kyzylkakhippus*, а следовательно, на его родовую самостоятельность.

Замечания. Крайняя скудость сведений о *Kyzylkakhippus* лишает нас возможности говорить с уверенностью о его происхождении. Отличия кызылжакской лошадки от североамериканского мезогиппуса все же на-



Рис. 3. *Mesohippus trigonostylus*.  $dp^1$ — $dp^3$ .  
По Осбору



столько значительны, что ставят под сомнение возможность сближения между собой. Вполне вероятно, что и непосредственные предки этих родов были не одни и те же. Правда, среди известных нам гиракотериин североамериканский *Epirippus*, предковид форма для мезогиннуса, пожалуй, ближе, чем другие, стоит к *Kuzylkakhippus*, но едва ли можно принять его за предка казахстанской лошади: слишком значителен разрыв между бунодонтием *Epirippus* и вполне дофодонтием *Kuzylkakhippus*.

Мы склонны думать, что предком последнего мог быть неизвестный нам пока представитель евразийских гиракотериин или весьма архаичных ранних анхитериин, отличившийся от энгиннуса лишь несколько большей дофодонтием и, может быть, более значительным развитием хвостовидных верхних коренных зубов. Если судить по раннеоценовым гиракотериям (*Hyracotherium*), среди которых выделяются виды [12] с довольно значительной даже для поздних гиракотериин редукцией метаконона на верхних коренных зубах, то можно допустить, что подобные их представители могли дать начало формам, весьма близким к *Epirippus*, но характеризующимся более четко выраженной дофодонтием. Впрочем, такие формы могли возникнуть и среди самих энгиннусов. Дело в том, что позднеоценового энгиннуса отделяет от среднеолигоценового *Kuzylkakhippus* значительный промежуток времени. Если допустить, что представители *Epirippus* проникли в Азию уже в поздней эоцене, когда, несомненно, имел место значительный обмен млекопитающих Азии и Северной Америки, то их эволюция в течение раннего олигоцена вполне могла привести к возникновению *Kuzylkakhippus*. Не вполне ясно отношение кызылкахиннуса к раннемиоценовому *Anchitherium*, но материал, которым мы располагаем не противоречит допущению генетической связи между этими родами. Поэтому мы считаем себя вправе вновь поставить вопрос об азиатском или евразийском происхождении анхитериин [7,8]. Такое предположение подтверждается также



Рис. 4. *Miohippus gemmarosae*.  $Dp^2-dp^3$ . По Осборну

на верхних коренных зубах, то можно допустить, что подобные их представители могли дать начало формам, весьма близким к *Epirippus*, но характеризующимся более четко выраженной дофодонтием. Впрочем, такие формы могли возникнуть и среди самих энгиннусов. Дело в том, что позднеоценового энгиннуса отделяет от среднеолигоценового *Kuzylkakhippus* значительный промежуток времени. Если допустить, что представители *Epirippus* проникли в Азию уже в поздней эоцене, когда, несомненно, имел место значительный обмен млекопитающих Азии и Северной Америки, то их эволюция в течение раннего олигоцена вполне могла привести к возникновению *Kuzylkakhippus*. Не вполне ясно отношение кызылкахиннуса к раннемиоценовому *Anchitherium*, но материал, которым мы располагаем не противоречит допущению генетической связи между этими родами. Поэтому мы считаем себя вправе вновь поставить вопрос об азиатском или евразийском происхождении анхитериин [7,8]. Такое предположение подтверждается также



Рис. 5. *Anchitherium aurelianense*.  $Dp^2-dp^3$ .  $\times 1,5$ . По Ковалевскому

генетической связи между этими родами. Поэтому мы считаем себя вправе вновь поставить вопрос об азиатском или евразийском происхождении анхитериин [7,8]. Такое предположение подтверждается также

Промеры (в мм) и индексы (в %) верхних молочных  
премоляров анхитерии

Промеры и индексы	Kuzylkakhippus	Mesohippus			Miohippus			Anchitherium aurelianense
		montanus	trigonostylus	obliquidens	gamma-rose	primus		
Dp <sup>3</sup> 1. Длина основания коронки снаружи 2. То же наибольшая по эктолофу 3. То же по продольной оси из жевательной поверхности 4. Наибольшая ширина	12	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	12,5	15	20	15	19,3	26
	12	—	12	12	17	12	—	24
	12	12	13	14	16	12	15,5	24
Dp <sup>2</sup> 1. Длина основания коронки 2. То же наибольшая по эктолофу 3. Наибольшая ширина Индексы: 3:1 3:2	14,5	—	—	—	—	—	—	—
	17	11	12	14	17	14	—	23
	14	13	14,5	15	18	13	15,7	23
	96,5	—	—	—	—	—	—	—
	82,3	118,1	120,8	107,7	105,8	92,8	—	100
Dp <sup>4</sup> 1. Длина основания коронки 2. То же наибольшая по эктолофу 3. То же по продольной оси жевательной поверхности 4. Наибольшая ширина Индексы: 4:1 4:2	17,5	—	—	—	—	—	—	—
	19,5	—	12	14	17	14	17	25
	18,5	10	11	12	16	11,5	—	23
	16	—	15	15	17,5	14	17,3	23
	91,4	—	—	—	—	—	—	—
82,1	—	125	107,7	102,9	100	101,8	100	

существующими в литературе указаниями на находки в Евразии остатков каких-то архаических анхитериев уже в позднем олигоцене [6,13].

Однако независимо от того, был ли *Kuzylkakhippus* предком настоящих анхитериев, открытие этого рода является неоспоримым доказательством присутствия в олигоцене Азии эквид и, в частности, анхитерии. Это позволяет напомнить давно забытую мысль о самостоятельном развитии в Старом Свете эквид, хотя палеогеновые дошадные Евразии представляли, очевидно, боковую ветвь *Equidae*, не приведшую к возникновению современной лошади.

*Kuzylkakhippus orlovi* Gabunia et Beliajeva sp. nov.<sup>1</sup>

Табл., рис. 6.

Голотип. Обломок верхней челюсти с dp<sup>2</sup>—dp<sup>4</sup> правой стороны. Кола. ПИН № 2259—330. Центральный Казахстан, Карагандинская об-

<sup>1</sup> Вид назван в честь академика Ю. А. Орлова.

ласть, останец в северной части урочища Кызма-Как, приблизительно в 70 км к юго-западу от г. Джебказган. Средний олигоцен.

Диагноз. Тот же, что и для рода.

Описание. Передний конец лицевого гребня верхней челюсти расположен на уровне границ между  $dp^2$  и  $dp^3$ . Протокон на всех молочных премолярах ниже гипокона: высота его на  $dp^2$ — $dp^3$  и  $dp^4$  (соответственно)—5,5; 7 и 8 мм, гипокон же (соответственно)—6,8 и 10 мм.

$Dp^2$ . Поперечные гребни вполне развиты. Протокон и гипокон обособлены. Судя по сохранившейся косонаклонной передней стенке зуба, его передне-наружный угол должен был заметно выступать вперед.

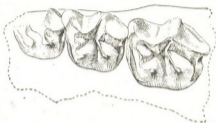


Рис. 6. *Kuzylkakhippus orlovi*.  $Dp^2$ — $dp^4$

×1,5

$Dp^2$ — $dp^4$ . Третий молочный премоляр мельче четвертого. Пара- и мезостиль выступают наружу на  $dp^2$  в одинаковой мере, на  $dp^4$  парастиль слегка уступает мезостиллю. Пара- и метакон вогнуты с наружной стороны и выпуклы с внутренней. На наружной поверхности паракона имеется резко ограниченное выпуклое ребрышко, на метаконе—едва заметный его след. Протолоф примыкает к эктолофу впереди паракона и расположен на некотором расстоянии от парастиля, а металоф несколько позади мезостиля и впереди метакона. Протоконуль, отделяясь бороздкой от протокона, довольно четко очерчен. Метаконуль почти не выражен; на его присутствие указывает незначительная бороздка, разделяющая металоф на наружную (меньшую) и внутреннюю (большую) части. Протокон и гипокон в виде конусов. На внутренней выпуклой стороне метакона имеется слабо выраженное ребрышко, направленное косо внутрь—назад и примыкающее задним концом к бугровидному утолщению заднего воротничка, по-видимому, к зачаточному гипостиллю (?). На передней и задней сторонах коронки воротничок сильно развит, при этом передний непосредственно связан с парастилем, задний—с задним краем эктолофа. Довольно слабо выражен воротничок на задне-наружной части зуба и в основаниях прото- и гипокона. Небольшой воротничок—столбик развит впереди мезостиля, у его основания. Размеры зубов указаны в таблице промеров.

Сравнение. Известен пока один вид.

Замечания. Первые сборы ископаемых позвоночных в урочище Кызыл-Как были произведены в 1960 г. А. А. Иванушко. Предварительные определения<sup>1</sup> показали, что в этом фаунистическом комплексе имеются птицы, черепахи и млекопитающие. Последние представлены хищными (*hyaenodon aymardi* Filhol и gen. ?), парнонозными—оленьками (*Tragulidae*) и другими формами (Gen ?) и непарнонозными—тапирообразными (*Colodon orientalis* Borissiak, *Ergilia kazachstanica* Gromova), носорогами (*Indri-cotherium transuralicum* M. Pavlow, *Allacerops* sp. Gen. ?), халикотериями (*Schizotherium turgaicum* Boris. siak). Большая часть кызылакского комплекса, как видно из приведенного списка, представлена видами индрикотериевой фауны (оз. Челкар-Тениз), указывающими на его среднеолигоценовый возраст. В настоящее время состав этого комплекса следует дополнить представителем жвача (*Equidae*) из анхитерии — *Kuzylkakhippus orlovi* Gen. nov. et sp. nov. Кызылакгиппус—новый член кызылакского комплекса и соответственно индрикотериевой фауны.

Геологический возраст и местонахождение. Кызылакгиппус известен пока из одного местонахождения в Казахстане—из урочища Кызыл-Как Карагандинской области, примерно в 70 км на юго-запад от г. Дзезказган. Остатки его происходят из костеносных среднеолигоценовых отложений останца, расположенного в северной части урочища.

Материал. Обломок верхней челюсти с молочными зубами  $dp^2$ — $dp^3$  правой стороны. Передне-наружный отдел  $dp^2$  обломан. Наиболее изношен второй молочный премоляр, следы стирания имеются и на поперечных гребнях  $dp^3$ . Четвертый молочный премоляр только начал функционировать—небольшие стертые площадочки заметны на передней стенке у нижнего края протолофа. Кола. ИИН 2259—330.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт палеобиологии  
Тбилиси

Академия наук СССР  
Палеонтологический институт  
Москва

(Поступило в редакцию 2.4.1964)

პალეობიოლოგია

ლ. ბაბუნია (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),  
მ. ბილიაშვილი

ანხითერიინების (*ANCHITHERIINAE*) წარმომადგენელი  
ჰაზარბეთის ოლიგოცენიდან  
რეზიუმე

ჰაზარბეთის ოლიგოცენურ ნალექებში მოპოვებული ანხითერიინების (*Anchitheriinae*) წარმომადგენლის ნაპარბი ნაშთების შესწავლამ საშუალება მო-

<sup>1</sup> Хищные определены Н. М. Яновской, остальные позвоночные—Е. И. Беляевой.



გეცა საბოლოოდ დაგვედგინა აზიის გვიან პალეოგენურში ცხენისმაგვართა არსებობა. ამ დასკვნას დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც პალეონტოლოგიური (ევრაზიაში ცხენისმაგვართა შესაძლებელი დამოუკიდებელი განვითარება), ისე მეთოდოლოგიური (დიდი ხნის წინათ დამკვიდრებულ ღებულებათა «ურყეობის» საკითხი) თვალსაზრისით.

უახახეთის ნამარბი ცხენისმაგვარი შეიკეთენა ახალ გვარს—*Kyzylkakhi ppus Gabunia et Beliajeva Gen. nov. et.* (ტიპობრივი სახე—*Kyzylkakhi ppus orlovi Gabunia et Beliajeva sp. nov.*).

დავითმეცნიერული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Бажанов. Обзор истории фауны наземных позвоночных Казахстана. Материалы по истории фауны и флоры Казахстана, т. 1, 1955.
2. В. С. Бажанов. Относительно третичных лошадей территории Советской Азии. Тезисы докладов VII научн. конфер. Томского ун-та., 3, 1957.
3. В. С. Бажанов. Значение третичных млекопитающих и пресмыкающихся для расчленения осадочных толщ Казахстана. Труды III сессии Всесоюзного палеонтологического о-ва, 1959.
4. В. В. Лавров. Континентальный палеоген и неоген Аразо-Сибирских равнин. Ин-т геологических наук АН КазССР, 1959.
5. В. В. Лавров, В. С. Бажанов. Новое захоронение древнетретичной континентальной фауны в Центральном Казахстане. Вестник АН КазССР, № 7 (40), 1948.
6. В. В. Лавров, В. С. Бажанов. Результаты геолого-палеонтологических исследований третичных толщ Зайсанской впадины. Вестник АН КазССР, № 1 (166), 1959.
7. Л. К. Габуния. К палеонтологической истории Equidae (лошадиных) Евразии. Междунар. геол. конгресс, XX сессия, 1956 г., секция VII. Палеонтология, таксономия и эволюция, 1958.
8. А. А. Борисьяк. О *Paranachibierium karpinskii gen. et sp. nov.* из среднемиоценовых отложений Кавказа. Изв. АН СССР. Отд. мат. и естеств. наук, 1937.
9. М. Раулова. Etudes sur l'histoire des Ongulés. Bull. Soc. Nat. Moscou, № 1, 1888.
10. H. F. Osborn. Equidae of the Oligocene, Miocene, and Pliocene of North America. Iconographie type Revision. Mem. Am. Mus. Nat. Hist., N. Ser., v. II, part. I, 1918.
11. В. О. Ковалевский. Осгеология *Anchibierium anrelianense* Cuv. как формы, выходящей генеалогию типа лошади (Equus). Киев, 1837.
12. D. B. Kitts. American *Hyracotherium* (Perissodactyla, Equidae). Bull. Am. Mus. Nat. Hist., v. 110, art. 1, 1956.
13. D. Erdbrink. Un nouvel *Anchibierium* découvert en Hollande comme fossile erratique. Mammalia, t. 23, № 4, 1959.





СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

И. И. ГУДУШАУРИ

РАСЧЕТ ПЛАСТИНОК МЕТОДОМ НАЛОЖЕНИЯ  
 ФИКТИВНЫХ «ОРТОТРОПНЫХ»  
 СИСТЕМ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 15.2.1964)

Излагаемый ниже метод расчета пластинок на изгиб вытекает в виде частного решения из предложенного нами метода расчета оболочек [1], если принять в нем:

$$\begin{aligned} q_3 = q_5 = 0; \quad R_1 = R_2 = \infty; \\ S_1 = S_2 = T_{12} = T_{21} = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

В основу указанного метода расчета оболочек положена новая расчетная схема (модель), согласно которой работа оболочки рассматривается в виде совместного изгиба двух фиктивных «ортотропных» систем. Благодаря этой схеме решение рассматриваемой пространственной задачи сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, что существенно упрощает задачу и облегчает удовлетворение сложных граничных условий.

В рассматриваемом здесь частном случае оболочек роль фиктивных систем выполняют «ортотропные» пластинки, каждая из которых обладает тремя плоскостями упругой симметрии. Одна из этих плоскостей параллельна срединной поверхности пластинки, а остальные две перпендикулярны координатным линиям, расположенным в срединной поверхности.

Ограничимся рассмотрением пластинок прямоугольного очертания<sup>(1)</sup>. В этом частном случае в указанном решении оболочек [1] следует еще принять, что

$$A_1 = A_2 = 1; \quad \alpha = x; \quad \beta = y, \quad (2)$$

где  $x, y$  — координаты декартовой координатной системы, которые расположены в срединной поверхности пластинки.

Согласно работе [1] будем иметь следующие упругие характеристики для фиктивных систем пластинки: в первой фиктивной системе по на-

<sup>(1)</sup> Изложенным ниже путем легко получаем решения и для пластинок другого очертания (круглые, эллиптические и т. д.).



правлению  $x$  модули упругости при растяжении ( $E_x$ ) и при сжатии ( $E_x^*$ ) удовлетворяют условию  $E_x = E$ ,  $G_x = 0$ , а по направлению  $y$ —условию  $E_y = 0$ ;  $G_y = G$ ; во второй же фиктивной системе, наоборот,  $E_x = 0$ ;  $E_y = E$ ;  $G_x = G$ ;  $G_y = 0$  (где  $E$ ,  $G$ —модули упругости при растяжении и сжатии материала пластинки). Коэффициенты Пуассона фиктивных систем равняются коэффициенту Пуассона материала пластинки ( $\nu$ ) и удовлетворяют условиям упругой симметрии  $E_x \nu_y = E_y \nu_x$ .

Учитывая (1), (2) в решении оболочек [1], уравнения равновесий пластинки запишем в следующем виде:

а) для первой фиктивной системы

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} + p^*(x, y) = 0; \quad (3)$$

$$\frac{\partial M_x}{\partial x} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} - Q_x = 0; \quad (4)$$

б) для второй фиктивной системы

$$\frac{\partial Q_y}{\partial y} - p^*(x, y) + q(x, y) = 0; \quad (5)$$

$$\frac{\partial M_y}{\partial y} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} - Q_y = 0, \quad (6)$$

где

$q(x, y)$ —внешняя нагрузка на пластинку;

$p^*(x, y)$ —искомые «реактивные» давления взаимодействий фиктивных систем;

$Q_x, Q_y$ —внутренние поперечные силы;

$M_x, M_y$ —внутренние изгибающие моменты;

$M_{xy}, M_{yx}$ —внутренние крутящие моменты.

Согласно указанным в работе [1] положениям искомые «реактивные» давления будем представлять в виде полинома

$$p^*(x, y) = \sum_m \sum_n A_{mn} \varphi_m(x) \psi_n(y), \quad (7)$$

где

$A_{mn}$ —искомые коэффициенты,

$\varphi_m(x), \psi_n(y)$ —произвольные функции.

Давления (7) определяются из контактных условий совместного изгиба рассматриваемых фиктивных систем. Учитывая при этом, что роль контактных поверхностей будут выполнять срединные поверхности фиктивных систем, контактные условия в данном случае запишем в виде тождественного равенства

$$\omega_1(x, y) \equiv \omega_2(x, y), \quad (8)$$

где  $\omega_1, \omega_2$ —прогибы первой и второй фиктивных систем.

Для сведения решения задачи к обыкновенным дифференциальным уравнениям внутренние крутящие моменты  $M_{xy} = M_{yx} = H^*$  рассматриваются нами как усилия взаимодействий фиктивных систем [1]. Поэтому представляем и эти усилия в виде полинома

$$H^* = H_1(y) + H_2(x) + \sum_m \sum_n H_{mn} \psi_m(x) \lambda_n(y), \quad (9)$$

где

$H_{mn}$ —искомые коэффициенты, определяемые из условия (10);  
 $\psi_m(x)$ ,  $\lambda_n(y)$ —произвольные функции;  
 $H_1(x)$ ,  $H_2(y)$ —величины, определяемые из граничных условий пластинки.

Но при этом необходимо удовлетворить еще известное из теории пластинок соотношение упругости

$$H^* = - (1 - \nu) D \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}, \quad (10)$$

где

$D$ —цилиндрическая жесткость пластинки,  
 $w$ —прогиб пластинки.

Учитывая равенства (7), (9), усилия  $p^*(x, y)$ ,  $H^*$  в уравнениях (3)–(6) рассмотрим как известные величины. Тогда уравнения (3)–(6), исключая из них  $Q_x$ ,  $Q_y$ , представив в следующей виде:

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} = - p^*(x, y) - \frac{\partial^2 H^*}{\partial x \partial y}; \quad (11)$$

$$\frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} = p^*(x, y) - q(x, y) - \frac{\partial^2 H^*}{\partial x \partial y}. \quad (12)$$

Исключая из (11), (12)  $p^*(x, y)$ , получаем известное уравнение равновесий пластинок

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 H^*}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} = - q(x, y). \quad (13)$$

Это показывает, что уравнения (11), (12) полностью эквивалентны уравнению равновесий, получаемому по обычной теории пластинок.

Подставляя (7), (9) в равенства (11), (12) и рассматривая последние как обыкновенные дифференциальные уравнения, легко определяем значения  $M_x$ ,  $M_y$ . Поэтому в излагаемом решении соотношения упругости пластинок можем записать в виде

$$\alpha_x = \frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} = - \frac{1}{(1 - \nu^2) D} [M_x - \nu M_y]; \quad (14)$$

$$\alpha_y = \frac{\partial^2 w_2}{\partial y^2} = - \frac{1}{(1 - \nu^2) D} [M_y - \nu M_x], \quad (15)$$



где  $x_y$ ,  $x_y$  — изменение кривизны срединной поверхности пластинок в направлении  $x$  и  $y$ .

Подставляя в (14), (15) найденные из (11), (12) значения  $M_x$ ,  $M_y$  и рассматривая полученные равенства как обыкновенные дифференциальные уравнения, легко определяем выражения для  $w_1$  и  $w_2$ . В выражения  $w_1$ ,  $w_2$ , так же как и в найденные выше выражения  $M_x$ ,  $M_y$ , будут входить неизвестные коэффициенты  $A_{mn}$ ,  $H_{mn}$ ,  $H_1(x)$ ,  $H_2(y)$  и восемь интегрированных «постоянных»:  $C_1(y)$ ,  $C_2(y)$ ,  $C_3(y)$ ,  $C_4(y)$ ,  $C_1(x)$ ,  $C_2(x)$ ,  $C_3(x)$ ,  $C_4(x)$ . Путем определения этих интегрированных «постоянных» и величин  $H_1$ ,  $H_2$ , а также с помощью соответствующего подбора произвольных функций  $\varphi_m(x)$ ,  $\psi_n(y)$ ,  $\Phi_m(x)$ ,  $\lambda_n(y)$  могут быть удовлетворены любые граничные условия пластинок (граничные условия в данном решении записываются в известном из обычной теории пластинок виде). Это и есть одна из выгодных черт излагаемого решения по сравнению с существующими решениями, основанными на интегрировании известного бигармонического уравнения изгиба пластинок.

Для определения искомых коэффициентов  $A_{mn}$ ,  $H_{mn}$  имеем два условия (8), (10), в первое из которых подставляются найденные выше выражения  $w_1$ ,  $w_2$ , а во второе — выражение  $H^*$  согласно (9) и  $w_1$  или  $w_2$  в силу того, что после удовлетворения условия (8) можно уже принять  $w_1 = w_2 = w$ .

Чтобы показать эквивалентность (по точности) данного решения и существующих теорий пластинок, рассмотрим конкретные случаи граничных условий и внешних воздействий. Произведем, например, сопоставление излагаемого решения с известным решением Навье [2], разработанным для свободной оберттой пластинки. При этом для упрощения задачи примем

$$q(x, y) = q = \text{const.} \quad (16)$$

Расположим начало координатной системы  $xoy$  в одном из углов прямоугольной пластинки. Ось  $x$  совместим с одной кромкой пластинки, длина которой равняется  $a$ , а ось  $y$  — с другой кромкой, длина которой —  $b$  (как это принято в решении Навье).

В рассматриваемом случае свободной оберттой пластинки граничные условия полностью удовлетворятся, если принять

$$p^*(x, y) = \sum_m \sum_n A_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}; \quad (17)$$

$$H^*(x, y) = \sum_m \sum_n H_{mn} \cos \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b}. \quad (18)$$

Для решения задачи необходимо представить нагрузки (16) также в виде двойного ряда

$$q = \sum_m^{\infty} \sum_n^{\infty} q_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}; \quad (19)$$

$$q_{mn} = \frac{16q}{\pi^2} \cdot \frac{1}{mn}. \quad (20)$$

На основе того, что принятые значения произвольных функций  $\varphi_m(x)$ ,  $\psi_n(y)$ ,  $\Phi_m(x)$ ,  $\lambda_n(y)$  полностью удовлетворяют заданным граничным условиям пластинки, все указанные выше интегральные «постоянные» в данном случае будут равны нулю. Поэтому для сокращения записи выражений мы их всюду будем опускать.

Подставляя (17), (18), (19) в равенства (11), (12), получаем

$$M_x = \sum_m \sum_n \left[ A_{mn} \frac{a^2}{m^2 \pi^2} + \beta H_{mn} \right] \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}; \quad (21)$$

$$M_y = \sum_m \sum_n \left[ (q_{mn} - A_{mn}) \frac{b^2}{n^2 \pi^2} + \frac{1}{\beta} H_{mn} \right] \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}, \quad (22)$$

где

$$\beta = \frac{k_1}{k_2}; \quad k_1 = \frac{a}{m\pi}; \quad k_2 = \frac{b}{n\pi}. \quad (23)$$

Подставляя (21), (22) в равенства (14), (15) и осуществляя соответствующие интегрирования, имеем

$$w_1 = \frac{1}{(1-\nu^2)D} \sum_m \sum_n \left\{ k_1^2 A_{mn} + \beta H_{mn} - \right. \\ \left. - \nu \left[ (q_{mn} - A_{mn}) k_2^2 + \frac{1}{\beta} H_{mn} \right] \right\} k_1^2 \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}; \quad (24)$$

$$w_2 = \frac{1}{(1-\nu^2)D} \sum_m \sum_n \left\{ (q_{mn} - A_{mn}) k_2^2 + \frac{1}{\beta} H_{mn} - \right. \\ \left. - \nu [A_{mn} k_1^2 + \beta H_{mn}] \right\} k_2^2 \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}. \quad (25)$$

Подставляя (24), (25) в равенство (8), получаем после преобразований

$$(\beta^4 + 2\nu\beta^2 + 1) A_{mn} + \frac{1}{\beta k_2^2} (\beta^4 - 1) H_{mn} = (1 + \nu\beta^2) q_{mn}. \quad (26)$$

Равенство (10) с учетом (18) перепишем в следующем виде:

$$-(1-\nu)D \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} = \sum_m \sum_n H_{mn} \cos \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b}. \quad (27)$$



Подставляя в (27) вместо  $w$  значение (24) или (25), получаем уравнение, которое совместно с (26) составляет систему двух алгебраических уравнений для определения  $A_{mn}$ ,  $H_{mn}$ .

Подставляя в (27), например, равенство (24) (нетрудно убедиться, что совершенно аналогичный результат получается, если вместо  $w_1$  подставить в (27) выражение  $w_2$ ), получаем после преобразований

$$\frac{1 + \beta^2}{\beta^2 k_2^2} \cdot H_{mn} = -(\beta^2 + \nu) A_{mn} + \nu q_{mn}. \quad (28)$$

Из равенств (26), (28) находим

$$A_{mn} = \frac{1}{1 + \beta^2} q_{mn}; \quad (29)$$

$$H_{mn} = - (1 - \nu^2) \frac{\beta k_1^2}{(1 + \beta^2)^2} q_{mn}. \quad (30)$$

Подставляя (29), (30) в (24) или в (25) (так как  $w_1 = w_2 = w$ ) и учитывая (20), (23), получаем после преобразований

$$w = \frac{16q}{\pi^4 D} \sum_m \sum_n \frac{\sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}}{mn \left( \frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)}, \quad (31)$$

где

$$m = 1, 3, 5, \dots \quad \text{и} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

Выражение (31) полностью совпадает с решением Навье [2], что и требовалось показать.

Подставляя (31) в выражения

$$M_x = -D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right); \quad (32)$$

$$M_y = -D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right),$$

получаем значения изгибающих моментов. Значения же крутящих моментов получаем, подставляя в (18) выражение (30).

В случае пластинок те же результаты получаются, если заменить выражения (14), (15) равенствами (32). Подставляя выражения (32) в (11), (12) и учитывая (10), находим

$$\frac{\partial^4 w_1}{\partial x^4} = \frac{1}{D} \left[ \frac{1}{1 - \nu} \frac{\partial^2 H^*}{\partial x \partial y} + p^*(x, y) \right]; \quad (33)$$

$$\frac{\partial^4 w_2}{\partial y^4} = \frac{1}{D} \left[ \frac{1}{1 - \nu} \frac{\partial^2 H^*}{\partial x \partial y} - p^*(x, y) + q(x, y) \right]. \quad (34)$$

Представим и здесь величины  $p^*(x, y)$ ,  $q(x, y)$ ,  $H^*$  в виде полиномов (17), (18), (19). Подставляя далее значения  $w_1$ ,  $w_2$ , найденные из



(33), (34), в равенство (8) и принимая интегральные константные нулю, получаем после преобразований

$$\frac{1}{1-\nu} H_{mn} \frac{mn\pi^2}{ab} (\beta^4 - 1) + A_{mn} (\beta^4 + 1) - q_{mn} = 0. \quad (35)$$

Подставляя далее в (27) значения  $w_1$  или  $w_2$ , найденные указанным выше путем (из равенств (33) и (34)), получаем после преобразований

$$H_{mn} = -\frac{1-\nu}{\pi^2} \cdot \frac{\beta^2}{\beta^2 + 1} \cdot \frac{ab}{mn} A_{mn}. \quad (36)$$

Из системы двух уравнений (35), (36) находим

$$A_{mn} = \frac{1}{\beta^2 + 1} q_{mn}; \quad (29)$$

$$H_{mn} = -\frac{1-\nu}{\pi^2} \cdot \frac{\beta^2}{(\beta^2 + 1)^2} \cdot \frac{ab}{mn} q_{mn}. \quad (37)$$

Подставляя (29), (37) в выражения  $w_1$ ,  $w_2$ , найденные из равенств (33), (34), и учитывая, что  $w_1 = w_2 = w$  согласно условию (8), получаем выражение (31).

Легко показать, что решение той же задачи излагаясь методом полностью совпадает и с известным решением Леви [2], если в нашем решении представить  $p^*(x, y)$  и  $H^*$  в виде одиарных полиномов.

Из упомянутого метода расчета оболочек [1] можно также получить решения плоских задач теории упругости (плоское напряженное состояние и плоская деформация), если принять в нем

$$\begin{aligned} R_1 = R_2 = \infty; \quad q_n = 0; \\ M_1 = M_2 = 0; \quad Q_1 = Q_2 = 0; \quad H^* = 0 \end{aligned}$$

и обозначить

$$\sigma_1 = \frac{S_1}{e}; \quad \sigma_2 = \frac{S_2}{e}; \quad \tau^* = \frac{T^*}{e},$$

где  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  — нормальные напряжения;

$\tau^* = \tau_{12} = \tau_{21}$  — касательные напряжения.

Результаты приведенного выше сопоставления изложенного здесь решения с существующими решениями пластинок можно рассматривать и как доказательство эквивалентности предложенного нами общего метода [1] и существующих теорий оболочек.

Тбилисский научно-исследовательский  
институт сооружений и  
гидроэнергетики  
им. А. В. Винтера

(Поступило в редакцию 15.2.1964)



ი. ლუღუშაური

ფალების გაანგარიშება ფიქტიურ „ორთოტროპ-  
 კიულ“ სისტემათა შიდახვედრის  
 მეთოდით

რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია ფილების საანგარიშო ახალი მეთოდი, რომელიც კერძო ამოხსნის სახით გამომდინარეობს ჩვენ მიერ აღრე დამუშავებული გარსების საანგარიშო მეთოდიდან [1].

მეთოდს საფუძვლად უდევს საანგარიშო სქემა (მოდელი), რომლის მიხედვით გარსის მუშაობა წარმოიდგინება ფიქტიური ორთოტროპული სისტემების ერთდროული მუშაობის სახით. ამ გზით გარსების გაანგარიშების ამოცანა დაიყვანება დრეკადობის თეორიის საკონტაქტო ამოცანაზე, რომლის ამოხსნა ჩაიწერება ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების სისტემის სახით.

დამოუკიდებელი ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Гудушаური. О расчете оболочек методом наложения фиктивных „орто-тропных“ систем. Сообщения АН ГССР, XXXIV:2, 1964.
2. С. П. Тимошенко. Пластинки и оболочки. ОГИЗ, Гостехиздат, 1948.





СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

В. А. БАГДАВАДЗЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ ВЕЛИЧИНЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИ-ИНЕРЦИОННОЙ НАГРУЗКИ ПО ВЫСОТЕ СООРУЖЕНИЯ

(Представлено академиком К. С. Завриным 5.2.1964)

Землетрясение, на первый взгляд, «дикое» явление, представляет собой стохастический процесс, который должен в наилучшей степени описываться методом математической статистики.

Для простоты в данной статье рассматриваются сооружения постоянного сечения с равномерно распределенной массой, расчетная схема которого принята как консольный брус, заделанный в грунт основания (рис. б).

Дифференциальное уравнение колебаний бруса с учетом только деформации изгиба запишется следующим образом:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[ EI(x) \frac{\partial^2 Z}{\partial X^2} \right] = - \frac{q(x)}{g} \left[ \frac{\partial^2 Z}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 u(t)}{\partial t^2} \right].$$

При постоянном значении  $I(x)$  и  $q(x)$  решение этого уравнения представим в виде ряда

$$Z(x, t) = \sum_{i=1}^n f_i(t) f_i(x),$$

где  $f_i(t)$  — решение дифференциального уравнения

$$f_i''(t) + 2\alpha_i f_i'(t) + K_i^2 f_i(t) = -\ddot{u}_i(t). \quad (1)$$

Далее будем интересоваться не реакцией сооружения на сейсмическое воздействие, а самой сейсмической инерционной нагрузкой [1].

Согласно правилу сложения относительного — упругого  $Z(x, t)$  и переносного — сейсмического перемещения  $u(t)$  как недеформируемого тела полное перемещение любой точки на оси бруса будет

$$W(x, t) = Z(x, t) + u(t) = \sum_{i=1}^n f_i(t) f_i(x) + u(t).$$



Для определения сейсмической инерционной силы нас интересует вторая производная по времени функции  $W(x, t)$ , т. е.

$$\ddot{W}(x, t) = \sum_{i=1}^n \dot{f}_i(t) f_i(x) + \ddot{u}(t). \quad (2)$$

Но согласно формуле (1) при малом влиянии затухания колебаний

$$\dot{f}_i(t) = -\dot{u}(t) - K_i^2 f_i(t). \quad (3)$$

Решение (1) через импульсную переходную функцию будет

$$f_i(t) = - \int_{-\infty}^t h_i(t-\tau) \ddot{u}(\tau) d\tau. \quad (4)$$

На основе (3) и (4) выражение (2) примет вид

$$\ddot{W}(x, t) = \ddot{u}(t) \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \eta_i(x) \right] + \sum_{i=1}^n K_i^2 \eta_i(x) \int_{-\infty}^t h_i(t-\tau) \ddot{u}(\tau) d\tau,$$

причем учтено, что

$$\dot{u}_i(t) = b_i \ddot{u}(t) \text{ и } \eta_i(x) = b_i f_i(x).$$

Ввиду того что сейсмические колебания почвы представляют собой случайный процесс, то необходимо знать наиболее вероятное значение функции  $W(x, t)$ . Среднеквадратичное значение ее будет [2]

$$\begin{aligned} \overline{W^2(x, t_1, t_2)} &= \overline{\dot{W}_d(x, t_1) \dot{W}_d(x, t_2)} = \\ &= K_u^2(t_1, t_2) \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \eta_i(x) \right] \left[ 1 - \sum_{k=1}^n \eta_k(x) \right] + \\ &+ \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \eta_i(x) \right] \sum_{k=1}^n K_k^2 \eta_k(x) \int_{-\infty}^{t_2} h_k(t_2 - \tau_2) K_u(t_1, \tau_2) d\tau_2 + \\ &+ \left[ 1 - \sum_{k=1}^n \eta_k(x) \right] \sum_{i=1}^n K_i^2 \eta_i(x) \int_{-\infty}^{t_1} h_i(t_1 - \tau_1) K_u(\tau_1, t_2) d\tau_1 + \\ &+ \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n K_i^2 K_k^2 \eta_i(x) \eta_k(x) \int_{-\infty}^{t_1} \int_{-\infty}^{t_2} h_i(t_1 - \tau_1) h_k(t_2 - \tau_2) K_u(\tau_1, \tau_2) d\tau_1 d\tau_2. \end{aligned}$$

Производя замену переменных  $t_1 - \tau_1 = \tau'_1$ ,  $t_2 - \tau_2 = \tau'_2$ ,  $t_2 - t_1 = \tau$ ,  $\tau_2 - \tau_1 = \tau + \tau'_1 - \tau'_2$ ,  $\tau_2 - t_2 = \tau - \tau'_2$  и  $t_2 - \tau_1 = \tau + \tau'_1$  и в дальнейшем опуская штрихи при  $\tau'_1$  и  $\tau'_2$ , получаем

$$\begin{aligned}
 K_{\tilde{w}(x)}(\tau) = & K_{\tilde{w}}(\tau) \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \eta_i(x) \right]^n + \\
 & + \sum_{i=1}^n K_i^2 \eta_i^2(x) \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} h_i(\tau_1) h_i^*(\tau_2) K_{\tilde{w}}(\tau + \tau_1 - \tau_2) d\tau_1 d\tau_2 - \\
 & - \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \eta_i(x) \right] \left[ \sum_{i=1}^n K_i^2 \eta_i(x) \int_0^{\infty} h_i(\tau_1) K_{\tilde{w}}(\tau + \tau_1) d\tau_1 + \right. \\
 & \left. + \sum_{i=1}^n K_i^2 \eta_i(x) \int_0^{\infty} h_i^*(\tau_2) K_{\tilde{w}}(\tau - \tau_2) d\tau_2 \right].
 \end{aligned}$$

Здесь учтено, что колебания почвы происходят с преобладающей частотой  $\omega_0$  и при этом взаимная корреляция между обобщенными координатами отпадает [2].

Применяя преобразование Фурье для левой и правой частей и опускающая промежуточные выкладки, получаем

$$\begin{aligned}
 \int_{-\infty}^{\infty} G_{\tilde{w}(x)}(\omega) d\omega = & \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \eta_i(x) \right]^2 \int_{-\infty}^{\infty} G_{\tilde{w}}(\omega) d\omega + \\
 & + \sum_{i=1}^n K_i^2 \eta_i^2(x) \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_i(i\omega) \Phi_i^*(i\omega) G_{\tilde{w}}(\omega) d\omega - \\
 & - \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \eta_i(x) \right] \sum_{i=1}^n K_i^2 \eta_i(x) \int_{-\infty}^{\infty} G_{\tilde{w}}(\omega) [\Phi_i(i\omega) + \Phi_i^*(i\omega)] d\omega.
 \end{aligned}$$

Подставляя значения импульсной переходной функции  $\Phi_i(i\omega)$ ,  $\Phi_i^*(i\omega)$ , плотности ускорения  $G_{\tilde{w}}(\omega)$  и учитывая, что

$$\int_{-\infty}^{\infty} G_{\tilde{w}(x)}(\omega) d\omega = \overline{\dot{W}^2(x)},$$

находим

$$\overline{\dot{W}^2(x)} = \dot{w}_0^2 \left\{ \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \eta_i(x) \right]^2 + \sum_{i=1}^n \eta_i^2(x) \beta_i^2 \right\}.$$

А сейсмическая инерционная сила будет равна

$$S(x) = \frac{q}{g} \ddot{u}_0 \sqrt{\left[1 - \sum_{i=1}^n \eta_i(x)\right]^2 + \sum_{i=1}^n \eta_i^2(x) \beta_i^2}$$

или

$$S(x) = K_d q \sqrt{\left[1 - \sum_{i=1}^n \eta_i(x)\right]^2 + \sum_{i=1}^n \eta_i^2(x) \beta_i^2}, \quad (5)$$

где  $K_d$  — коэффициент сейсмичности;  $q$  — собственный распределенный вес;  $\eta_i(x)$  — коэффициент формы колебания;  $\beta_i$  — коэффициент динамичности;  $i$  — номер формы свободных колебаний.

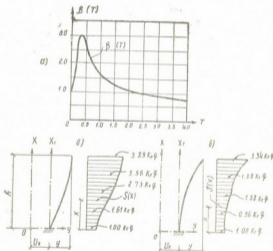


Рис. а — спектральная кривая коэффициента динамичности  $\beta(T)$ ,  
 б — сейсмические горизонтальные нагрузки для жесткого сооружения;  
 в — сейсмические горизонтальные нагрузки для гибкого сооружения

В качестве примера ниже определены сейсмические нагрузки для жесткого здания с периодом в первой форме колебаний  $T_1=0,3$  сек. и для гибкого с периодом  $T_2=0,9$  сек.

Для коэффициентов динамичности  $\beta_i$  берутся значения из спектральной кривой полученные в работе [3] также вероятностным методом

Сейсмическая нагрузка  $S(x)$

$x$ $h$	Сейсмическая нагрузка $S(x)$					
	для жесткого сооружения			для гибкого сооружения		
	при 5 формах	при 1 форме	погреш- ность в %	при 5 формах	при 2 формах	погреш- ность в %
1,00	3,89 $K_{eq}$	3,84 $K_{eq}$	1,0	3,34 $K_{eq}$	3,24 $K_{eq}$	3,0
0,75	3,56 "	3,52 "	1,0	1,88 "	1,82 "	3,0
0,50	2,73 "	2,71 "	1,0	1,58 "	1,55 "	1,5
0,25	1,61 "	1,55 "	3,5	0,96 "	0,91 "	5,0
0,00	1,00 "	1,00 "	0,0	1,00 "	1,00 "	0,0

(рис., а), а коэффициенты форм  $\eta_n(x)$  взяты из работы [4]. Результаты использования формулы (5) приведены в таблице, а графически эпюры нагрузок показаны на рисунке.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

Для определения сейсмической нагрузки, действующей на жесткое сооружение, достаточно учесть только одну первую форму собственных колебаний, а для гибкого сооружения—первые две формы колебаний.

Если же будем исходить из нормативной кривой коэффициента динамичности  $\beta_n$ , то в этом случае из-за наличия искусственно проведенного прямолинейного участка в пределах малых периодов (0 ÷ 0,3 сек.) станет необходимым учет по крайней мере 2÷3 форм для жестких и 4÷5 форм для гибких сооружений. Кроме того, сейсмические нагрузки, определенные по нормативной кривой  $\beta_n$ , получатся несколько завышенными.

Указанные обстоятельства еще раз, теперь уже вероятностным методом, подтверждают высказанное в работе [1] мнение о необходимости пересмотра нормативной кривой  $\beta_n$ .

Академия наук Грузинской ССР  
Институт строительной механики  
и сейсмостойкости

(Поступило в редакцию 5.2.1964)

საქართველოს ინჟინერია

2. ბალღვაპძე

ნაბიბრობის სიმაღლის მიხედვით სინისურ-ინერციული  
დატვირთვების სიდიდისა და ბანაწილების კანონზომიერების  
ბანსაზღვრა ალბათობის მეთოდით

რ ე ზ ი ე მ ე

სტატიაში მოყვანილია ზენ მერ შემუშავებული სეისმური დატვირთვების გამოსათვლელი ფორმულა ალბათობის თეორიის გამოყენებით. გამოთ-

ელილია დატვირთვა ხისტი და მოქნილი ნაგებობისათვის. მიღებულია შემდეგი შედეგები.

თუ სეისმური დატვირთვების გამოთვლას დროს გამოვიყენებთ ალბათობის თეორიით გამოყვანილ დინამიურობის კოეფიციენტის  $\beta$ , გრაფიკს, მიშინ ხისტი ნაგებობისათვის საკმარისია გათვალისწინებულ იქნეს საკუთარი რხევის მხოლოდ პირველი ფორმა, ხოლო მოქნილი ნაგებობისათვის — პირველი ორი ფორმა, რაც საგრძნობლად ამცირებს დატვირთვების გამოთვლის შრომატევადობას და ამასთანავე მიღებული შედეგები ზუსტია.

თუ ამავე დატვირთვების გამოსათვლად გამოვიყენებულ იქნება დინამიურობის კოეფიციენტის  $\beta$ , ნორმატიული გრაფიკი, სადაც ხელოვნურად მიღებულია გასწორხაზებული უბანი მცირე პერიოდებისათვის ( $0 \div 0,3$  სექ), აუცილებელი ხდება გათვალისწინებულ იქნეს ხისტი ნაგებობისათვის  $2 \div 3$  ფორმა, ხოლო მოქნილი ნაგებობისათვის —  $4 \div 5$  ფორმა და ამასთანავე იძლევა დატვირთვების კარბ მნიშვნელობებს. ამიტომ უმჯობესია დატვირთვები გამოთვლილ იქნეს ალბათობის მეთოდით.

#### შეზღვევითელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ш. Г. Напетваридзе. Определение сейсмической инверсионной нагрузки. Снижение стоимости и повышение качества строительства в сейсмических районах. Госстройиздат, 1961.
2. В. В. Болотин. Статистические методы в строительной механике, 1961.
3. М. Ф. Барштейн. Приложение вероятностных методов к расчету сооружений на сейсмические воздействия. Строительная механика и расчет сооружений, №2, 1960.
4. И. Л. Корчинский. К вопросу о точности расчета на сейсмические воздействия. Сейсмостойкость промышленных зданий и инженерных сооружений. Госстройиздат, 1962.



З. А. ПИРАНАШВИЛИ

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ СТАТИСТИКО-ВЕРОЯТНОСТНОГО  
 МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА

(Представлено членом-корреспондентом Академии П. Г. Шенгелиа 29.12.1963)

Один из способов статистико-вероятностного моделирования речного стока был рассмотрен в работе [1]. Этот способ давал ответ на поставленную задачу в определенных условиях, имеющих интерес для практики. Действительно, для того чтобы в отмеченной работе функция  $\psi(\cdot)$  (см. [1], формулу (2)) являлась плотностью вероятности, должны выполняться следующие условия:

$$\sum_{i=1}^{15} c_i \leq 1, \quad c_1 \geq 0, \quad c_2 \geq 0, \quad \dots, \quad c_{15} \geq 0. \quad (1)$$

Условия (1) в общем случае очень ограничивают возможность применения данного способа. Ниже будет описано, каким образом можно снять это ограничение и использовать способ в общем случае.

Начнем с рассмотрения частного случая: пусть выполняются условия  $c_1 \geq 0, \dots, c_{15} \geq 0$ , а условие  $\sum_{i=1}^{15} c_i \leq 1$  не выполняется; нужно снять ограничение.

Для этого совершим преобразование

$$\begin{aligned} u_1 &= k'_i + \alpha'_i, & v_1 &= k''_i + \alpha''_i, & w_1 &= k'''_i + \alpha'''_i, \\ u_2 &= k'_{i+1} + \alpha'_{i+1}, & v_2 &= k''_{i+1} + \alpha''_{i+1}, & w_2 &= k'''_{i+1} + \alpha'''_{i+1}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\alpha_i, \alpha'_i, \alpha''_i, \alpha'_{i+1}, \alpha''_{i+1}, \alpha'''_{i+1}$  представляют собой вспомогательные случайные величины, выбор закона распределения которых зависит от нас и которые попарно независимы как между собой, так и от случайных величин  $k_i, k'_i, k''_i, k'_{i+1}, k''_{i+1}, k'''_{i+1}$ . Поэтому для коэффициентов корреляции простые вычисления дают

$$\begin{aligned} r_{u_1 v_1} &= \frac{r_{k'_i k''_i} \cdot \sqrt{D k'_i \cdot D k''_i}}{\sqrt{(D k'_i + D \alpha'_i)(D k''_i + D \alpha''_i)}}, \\ r_{u_1 w_1} &= \frac{r_{k'_i k'''_i} \cdot \sqrt{D k'_i \cdot D k'''_i}}{\sqrt{(D k'_i + D \alpha'_i)(D k'''_i + D \alpha'''_i)}}, \\ r_{u_2 v_2} &= \frac{r_{k'_{i+1} k''_{i+1}} \cdot D k'_{i+1}}{D k'_{i+1} + D \alpha'_{i+1}}, \end{aligned} \quad (3)$$



Из (3) непосредственно вытекает, что законы распределения вспомогательных случайных величин можно выбирать так, что коэффициенты корреляции могут уменьшаться в такое количество раз, которое нужно для удовлетворения требуемых условий (для этого дисперсии вспомогательных величин нужно брать соответственно большими).

Законы распределения вспомогательных случайных величин выберем следующим образом:

$$g_1(x) = \frac{1}{2} \delta(x - a) + \frac{1}{2} \delta(x + a) \quad (\text{плотность величин } \alpha' \text{ и } \alpha'_{i+1}),$$

$$g_2(x) = \frac{1}{2} \delta(x - b) + \frac{1}{2} \delta(x + b) \quad (\text{плотность величин } \alpha'_i \text{ и } \alpha'_{i+1}),$$

$$g_3(x) = \frac{1}{2} \delta(x - c) + \frac{1}{2} \delta(x + c) \quad (\text{плотность величин } \alpha''_i \text{ и } \alpha''_{i+1}),$$

где  $a, b, c$  — некоторые постоянные положительные числа, выбор которых зависит от нас.

Простым вычислением для математических ожиданий и дисперсий получаем

$$\begin{aligned} M\alpha'_i &= M\alpha'_{i+1} = M\alpha'_i = M\alpha'_{i+1} = M\alpha''_i = M\alpha''_{i+1} = 0, \\ D\alpha'_i &= D\alpha'_{i+1} = a^2, \quad D\alpha' = D\alpha'_{i+1} = b^2, \\ D\alpha''_i &= D\alpha''_{i+1} = c^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Совершив преобразование [1]

$$\begin{aligned} \xi_1 &= \Phi_1(u_1), & \eta_1 &= \Phi_2(v_1), & \zeta_1 &= \Phi_3(w_1), \\ \xi_2 &= \Phi_1(u_2), & \eta_2 &= \Phi_2(v_2), & \zeta_2 &= \Phi_3(w_2), \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\Phi_1(x), \Phi_2(x), \Phi_3(x)$  — соответственно функции распределения случайных величин  $u_1, u_2; v_1, v_2; w_1, w_2$ .

В случае речевого стока в качестве плотности случайной величины  $k'_i$  можно взять

$$\varphi_{\alpha_1, \beta_1}(x) = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(\alpha_1 + 1) \beta_1^{\alpha_1 + 1}} x^{\alpha_1} e^{-x/\beta_1}, & x > 0 = I(x) f_1(x), \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

где

$$f_1(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha_1 + 1) \beta_1^{\alpha_1 + 1}} x^{\alpha_1} e^{-x/\beta_1}, \quad I(x) = \begin{cases} 1, & x > 0, \\ 0, & x \leq 0. \end{cases}$$

Для плотностей величин  $k'$  и  $k''$  также можно коротко написать

$$\varphi_{\alpha_2, \beta_2}(x) = I(x) f_2(x), \quad \varphi_{\alpha_3, \beta_3}(x) = I(x) f_3(x). \quad (7)$$

Согласно закону композиции для плотности величины  $u_1$  простым вычислением получаем



$$\varphi_1(x) = \int_{-\infty}^{\infty} g_1(x-z) I(z) f_1(z) dz = \begin{cases} 0, & x \leq -a, \\ \frac{1}{2} f_1(x+a), & -a < x \leq a, \\ \frac{1}{2} f_1(x-a) + \frac{1}{2} f_1(x+a), & x > a. \end{cases} \quad (8)$$

Функция распределения будет

$$\Phi_1(x) = \begin{cases} 0, & x \leq -a, \\ \frac{1}{2} \int_{-a}^x f_1(t+a) dt, & -a < x \leq a, \\ \frac{1}{2} \int_{-a}^x f_1(t+a) dt + \frac{1}{2} \int_a^x f_1(t-a) dt, & x > a \end{cases} = \begin{cases} 0, & x \leq -a, \\ \frac{1}{2} \int_0^{x+a} f_1(t) dt, & -a < x \leq a, \\ \frac{1}{2} \left[ \int_0^{x+a} f_1(t) dt + \int_0^{x-a} f_1(t) dt \right], & x > a. \end{cases} \quad (9)$$

Для плотностей и функций распределения величин  $v_1$  и  $w_1$  будем иметь те же формулы, в которых вместо  $f_1(\cdot)$ , а напишутся  $f_2(\cdot)$ ,  $g$  и  $f_2(\cdot)$ ,  $\varepsilon$  соответственно.

Зная одномерные функции распределения случайных величин  $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2$  и коэффициенты корреляции между ними, которые согласно нашему выбору удовлетворяют требуемому условию (1), построим случайные величины  $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2$ , по правилу, описанному в работе [1].

Далее, для построения случайных величин  $k'_i, k_i, k''_i, k'_{i+1}, k_{i+1}, k''_{i+1}$  нужно построить случайные величины  $\alpha'_i, \alpha_i, \alpha''_i, \alpha'_{i+1}, \alpha_{i+1}, \alpha''_{i+1}$ , для чего нужно определить условные функции распределения

$$F_1(\alpha'_i/u_1) = F_1(\alpha'_{i+1}/u_2), \quad F_2(\alpha'_i/v_1) = F_2(\alpha'_{i+1}/v_2), \quad F_3(\alpha'_i/w_2) = F_3(\alpha''_{i+1}/w_2). \quad (10)$$

Для условной функции распределения легко получается формула

$$F_1(x/y) = \frac{1}{\varphi_1(y)} \int_{-\infty}^x \varphi_{\alpha_1, \beta_1}(y-t) g_1(t) dt =$$



$$= \begin{cases} 0, & x \leq -a, \\ \frac{1}{2\varphi_1(y)} I(y+a) f_1(y+a), & -a < x \leq a, \\ \frac{1}{2\varphi_1(y)} [I(y-a) f_1(y-a) + I(y+a) f_1(y+a)], & x > a. \end{cases} \quad (11)$$

Когда  $y \leq -a$ , тогда  $\varphi_1(y) = 0$ ; поэтому  $P(y \leq -a) = 0$ .

Когда  $-a < y \leq a$ , тогда  $\varphi_1(y) = \frac{1}{2} f_1(y+a)$ , поэтому в этом случае

$$F_1(x/y) = \begin{cases} 0, & x \leq -a, \\ 1, & x > -a. \end{cases} \quad (12)$$

Когда  $y > a$ , тогда  $\varphi_1(y) = \frac{1}{2} f_1(y-a) + \frac{1}{2} f_1(y+a)$ , поэтому в этом случае

$$F_1(x/y) = \begin{cases} 0, & x \leq -a, \\ \frac{f_1(y+a)}{f_1(y-a) + f_1(y+a)}, & -a < x \leq a, \\ 1, & x > a. \end{cases} \quad (13)$$

Аналогично определяются остальные условные функции распределения. С помощью этих условных функций распределения построим величины  $\alpha'_i, \alpha''_i, \alpha'''_i, \alpha'_{i+1}, \alpha''_{i+1}, \alpha'''_{i+1}$ , после чего из (2) определим искомые случайные величины  $k'_i, k''_i, k'''_i, k'_{i+1}, k''_{i+1}, k'''_{i+1}$ .

Таким образом, в этом частном случае по вышеописанному способу задача решается до конца.

Теперь рассмотрим общий случай. К решению задачи можно подойти двумя различными путями.

1. Вместо преобразования (2) совершим преобразование

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha'_i \cdot k'_i + \alpha''_i, & \alpha_2 &= \alpha'_i \cdot k'_i + \alpha''_i, & \alpha_3 &= \alpha'''_i \cdot k'''_i + \alpha''_i, \\ \alpha_4 &= \alpha'_i \cdot k'_{i+1} + \alpha''_{i+1}, & \alpha_5 &= \alpha'_i \cdot k'_{i+1} + \alpha''_{i+1}, & \alpha_6 &= \alpha'''_i \cdot k'''_{i+1} + \alpha''_{i+1}, \end{aligned} \quad (14)$$

где  $\alpha$  — вспомогательные случайные величины, обладающие теми же свойствами, что и в преобразовании (2).

$a$ -постоянные и законы распределения вспомогательных величин выберем так, чтобы удовлетворялись условия (1).

$a$ -постоянные нужны для того, чтобы вместо отрицательных коэффициентов корреляции (если такие существуют) получились бы положительные коэффициенты корреляции. Как известно, если коэффициент корреляции между  $x$  и  $y$   $r_{xy} < 0$ , тогда коэффициент корреляции между величинами  $\xi = x$ ,  $\eta = -y$   $r_{\xi\eta} > 0$ . Пользуясь этим обстоятельством,  $a$ -постоянные выберем так, чтобы все коэффициенты корреля-



ции между величинами  $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2$  были бы положительными. К сожалению, такой выбор не всегда возможен. В связи с этим заметим следующее: скажем, нам нужно построить случайные величины  $x_1, x_2, \dots, x_n$  с помощью заданной корреляции и одномерной функции распределения. Количество коэффициентов корреляции между упомянутыми величинами есть  $\frac{n(n-1)}{2}$ . Если все эти коэффициенты корреляции положительны, то возьмем все  $n$  равными единице.

Если в данной последовательности у одной из величин изменим знак, то  $n-1$  коэффициентов корреляции между остальными величинами и величиной с измененным знаком изменит свой знак на обратный, и если все они были отрицательными, то станут положительными (корреляции между остальными величинами останутся теми же). По такому правилу  $n-1$  отрицательных коэффициентов корреляции обратим в положительные, после чего в полученной новой последовательности все коэффициенты корреляции будут положительными.

Если теперь изменить знак каких-нибудь двух величин, то  $n-2 + n-2 = 2(n-2)$  коэффициентов корреляции изменят знак, и если они были отрицательными, станут положительными (остальные коэффициенты корреляции останутся теми же). По такому правилу  $2(n-2)$  отрицательных коэффициентов корреляции обратим в положительные, после чего в полученной новой последовательности все коэффициенты корреляции будут положительными.

Изменение знака у трех величин вызовет изменение знаков у  $3(n-3)$  коэффициентов корреляции и т. д.

Пусть теперь  $n$  четное. В данной последовательности у половины величин изменим знак, а половину оставим без изменения. Этим наша последовательность разбивается на две группы — на группу с измененными знаками и на группу с неизменными знаками. Коэффициенты корреляции между величинами 1-й группы, так же как и между величинами 2-й группы, будут иметь первоначальный знак, а коэффициенты корреляции между величинами 1-й и 2-й групп будут иметь знак, противоположный начальному. Количество коэффициентов корреляции, которые изменят знак, очевидно, будет  $\frac{n}{2} \cdot \frac{n}{2} = \frac{n^2}{4}$ .

Если количество величин в 1-й и во 2-й группах изменить, положив, на 1, тогда количество коэффициентов корреляции, которые изменят знак, будет  $\left(\frac{n}{2} - 1\right) \left(\frac{n}{2} + 1\right) = \frac{n^2}{4} - 1$ . Таким образом, количество  $\frac{n^2}{4}$  есть максимальное.



Если  $n$  нечетное и в заданной последовательности мы изменим знак у  $\frac{n-1}{2}$  величин, тогда  $\frac{n-1}{2} \left( n - \frac{n-1}{2} \right) = \frac{n^2-1}{4}$  коэффициентов корреляции изменят знак. И здесь легко показать, что количество  $\frac{n^2-1}{4}$  есть максимальное.

Очевидно, что если количество отрицательных коэффициентов корреляции больше  $N$ , где

$$N = \begin{cases} \frac{n^2}{4}, & \text{когда } n \text{ четное,} \\ \frac{n^2-1}{4}, & \text{когда } n \text{ нечетное,} \end{cases} \quad (15)$$

то построение процесса вышеописанным способом становится невозможным.

Следовательно, описанный способ дает решение задачи, правда, в широких, но все-таки ограниченных условиях.

Из проведенных рассуждений видно, что одномерная простая цепь Маркова всегда построится описанным способом, каким бы ни был коэффициент корреляции—положительный или отрицательный.

II. Коротко коснемся второго способа. Вместо (5) совершим преобразование

$$\begin{aligned} \xi_1 &= 2\Phi_1(u_1) - 1, & \eta_1 &= 2\Phi_2(v_1) - 1, & \zeta_1 &= 2\Phi_3(w_1) - 1, \\ \xi_2 &= 2\Phi_1(u_2) - 1, & \eta_2 &= 2\Phi_2(v_2) - 1, & \zeta_2 &= 2\Phi_3(w_2) - 1. \end{aligned} \quad (16)$$

Очевидно, что случайные величины  $\xi_1, \eta_1, \zeta_1, \xi_2, \eta_2, \zeta_2$  будут равномерно распределены в интервале  $(-1, 1)$ .

Аналогично формуле (2), данной в работе [1], найдем представление для плотности совместного распределения, куда войдут плотности одномерного распределения величин  $\xi_1, \eta_1, \zeta_1, \xi_2, \eta_2, \zeta_2$ :

$$\psi(\xi_1) = \begin{cases} \frac{1}{2}, & \xi_1 \in (-1, 1), \\ 0, & \xi_1 \notin (-1, 1), \end{cases} \dots, \psi(\xi_2) = \begin{cases} \frac{1}{2}, & \xi_2 \in (-1, 1), \\ 0, & \xi_2 \notin (-1, 1). \end{cases} \quad (17)$$

Для плотности двумерного совместного распределения напишем представление

$$\psi(\xi_1, \eta_1) = \left( 1 + r'_{\xi_1 \eta_1} \right) \psi(\xi_1) \psi(\eta_1) - r'_{\xi_1 \eta_1} \cdot \delta(\xi_1 + \eta_1) \psi(\xi_1), \quad (18)$$

где  $r'_{\xi_1 \eta_1}$  есть коэффициент корреляции, который вычисляется по формуле

$$r_{\xi_1 \eta_1}^* = \frac{r_{a_1 r_1} \cdot \sigma_{a_1} \cdot \sigma_{r_1}}{a_{a_1} \cdot a_{r_1} - \int_0^1 \Phi_1^{-1}(1-t) \Phi_1^{-1}(t) dt} =$$

$$= \frac{r_{k_1 k_1'} \cdot \sigma_{k_1} \cdot \sigma_{k_1'}}{V(\sigma_{k_1}^2 + \sigma_{k_1'}^2) (\sigma_{k_1}^2 + \sigma_{k_1'}^2)} \cdot \frac{\sigma_{a_1} \cdot \sigma_{r_1}}{a_{a_1} \cdot a_{r_1} - \int_0^1 \Phi_1^{-1}(1-t) \Phi_1^{-1}(t) dt} \quad (19)$$

Напишем второе представление

$$\phi(\xi_1, \eta_1) = (1 - r_{\xi_1 \eta_1}^*) \phi(\xi_1) \phi(\eta_1) + r_{\xi_1 \eta_1}^* \cdot \delta(\xi_1 - \eta_1) \phi(\xi_1), \quad (20)$$

где  $r_{\xi_1 \eta_1}^*$  есть коэффициент корреляции, который вычисляется по формуле

$$r_{\xi_1 \eta_1}^* = \frac{r_{a_1 r_1} \cdot \sigma_{a_1} \cdot \sigma_{r_1}}{\int_0^1 \Phi_1^{-1}(t) \Phi_1^{-1}(t) dt - a_{a_1} \cdot a_{r_1}} =$$

$$= \frac{r_{k_1 k_1'} \cdot \sigma_{k_1} \cdot \sigma_{k_1'}}{V(\sigma_{k_1}^2 + \sigma_{k_1'}^2) (\sigma_{k_1}^2 + \sigma_{k_1'}^2) - \int_0^1 \Phi_1^{-1}(t) \Phi_1^{-1}(t) dt - a_{a_1} \cdot a_{r_1}} \quad (21)$$

Законы распределения величин  $x_1^*$  и  $x_1'$  всегда можно выбрать так, чтобы или  $r_{\xi_1 \eta_1}^*$  было отрицательным, или  $r_{\xi_1 \eta_1}^*$  было положительным, каковы бы ни были  $r_{k_1 k_1'}$  — положительное или отрицательное; причем  $r_{\xi_1 \eta_1}^*$  и  $r_{\xi_1 \eta_1}^*$  по абсолютной величине можно сделать сколь угодно малыми.

Когда  $r_{\xi_1 \eta_1}^*$  будет отрицательным, тогда в представлении совместной плотности распределения аргумент  $\delta$ -функции напишем в виде суммы  $\xi_1 + \eta_1$ , а когда  $r_{\xi_1 \eta_1}^*$  будет положительным, тогда аргумент  $\delta$ -функции напишем в виде разности  $\xi_1 - \eta_1$ . Аналогично поступим и по отношению к остальным величинам. Получим плотность совместного распределения, которая будет удовлетворять всем требуемым условиям.



## ზ. შირაშვილი

 მდინარული ჩანადენის სტატისტიკურ-ალბათური  
 მოდელირების მართი ხიზის შესახებ

## ოეხივებ

შრომაში [1] განხილული იყო მდინარული ჩანადენის სტატისტიკურ-ალბათური მოდელირების ერთი მეთოდი, რომელიც სამართლიანია იმ შემთხვევაში, როცა კორელაციის კოეფიციენტები აკმაყოფილებენ (1) პირობებს. წინამდებარე შრომაში გადმოცემულია მოდელირების ხერხი, რომელიც თავისუფალია ამ შეზღუდვისაგან. შრომაში ჯერ განხილულია ენერგეტიკისათვის საინტერესო კერძო შემთხვევა, როცა ყველა კორელაციის კოეფიციენტი დადებითია, ოღონდ მათი ჯამი ერთზე ნაკლები არ არის. ამ შემთხვევაში ვახდენთ (2) გარდაქმნას, (9) და (3) ფორმულებით განვსაზღვრავთ  $\mu_1, \nu_1, \omega_1, \mu_2, \nu_2, \omega_2$  შემთხვევითი სიდიდეების ერთგანსომილებიანი განაწილების ფუნქციებს და მათ შორის კორელაციის კოეფიციენტებს, რის შემდეგაც [1]-ში აღწერილი წესით ავაგებთ ჩამოთვლილ შემთხვევით სიდიდეებს. (12), (13) და მათი ანალოგიური პირობითი განაწილების ფუნქციებით ავაგებთ  $\alpha$ -დამხმარე შემთხვევით სიდიდეებს, რის შემდეგაც (2)-დან განვსაზღვრავთ სამიხებელ  $k$ -შემთხვევით სიდიდეებს.

ბოლოს შრომაში განხილულია ამოცანის გადაწყვეტის ხერხი ზოგად შემთხვევაში.

## დავრწმობული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Г. Сванидзе, З. А. Пирашвили. К методу расчета регуляризации речного стока с помощью системы водохранилищ. Сообщения АН ГССР, т. XXX, № 6, 1963.



МЕТАЛЛУРГИЯ

С. А. БАЛЕЗИН, Т. В. КЕМХАДЗЕ, И. М. ЖУРАВЛЕВ

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ  
 В ИЗУЧЕНИИ МЕХАНИЗМА ДЕЙСТВИЯ ИНГИБИТОРОВ  
 КОРРОЗИИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В МОРСКОЙ ВОДЕ**

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 10.2.1984)

Настоящая работа была проведена с целью изучения механизма действия некоторых ингибиторов коррозии углеродистой стали-10 в морской воде. В качестве методов исследования были выбраны следующие: 1) измерение электродных потенциалов и их изменение во времени, 2) снятие кривых ток-потенциал и 3) снятие потенциодинамических кривых на переменном токе.

Все опыты проводились на образцах из стали-10 при температуре 20°C в природной морской воде, а также с добавками следующих ингибиторов: а) нитрита натрия (100 ммоль/л); б) бензоата натрия (100 ммоль/л, в) смеси 75 ммоль/л нитрита натрия и 25 ммоль/л бензоата натрия. Бензоат натрия является довольно широко применяемым ингибитором [1]. Он используется в качестве ингибитора в водных нейтральных средах в отсутствие агрессивных ионов, а также для защиты стали от атмосферной коррозии. Несмотря на широкое применение этого ингибитора, механизм его защитного действия еще недостаточно выяснен. Одни авторы [2] утверждают, что этот ингибитор входит в состав защитной пленки, образующейся на поверхности железа. Сац-Лагодный [3] считает, что на поверхности стали может образовываться соединение, близкое по составу к гексабензоату железа. Последнее хорошо растворяется в спирте, эфире, но плохо — в воде.

По мнению Вормвела, Мерсера и Мейна [4, 5], бензоат натрия не входит в состав защитной пленки, а лишь способствует образованию  $\gamma$  Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

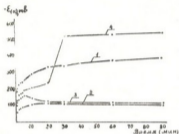
Известно, что морская вода из анионов содержит в основном Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и др. Общая соленость морской воды 2—3%, удельная электропроводность около 2,5—3,0 · 10<sup>-2</sup> ом<sup>-1</sup> см<sup>-1</sup>. Ионы хлора являются активаторами анодного процесса. Для большинства металлов хлор, как и другие галлоиды (вод. бром), вследствие очень малых размеров иона обладает способностью проникать в мельчайшие поры, нарушать окисную пленку и ускорять процесс разрушения последней. Хлор обладает также способностью адсорбционного вытеснения кислорода с поверхности металла [6].



Бензоат натрия и нитрит натрия в отдельности не проявляют достаточного действия в морской воде. Однако их смесь оказывает эффективное защитное действие вследствие образования на поверхности железа сравнительно стойкой окисной пленки.

#### Экспериментальная часть

В первой серии опытов проводились измерения электродных потенциалов углеродистой стали в морской воде по общепринятой методике, а также изучалось изменение потенциалов во времени. Полученные



Фиг. 1. Изменение во времени электродных потенциалов углеродистой стали в морской воде: 1—морская вода; 2—морская вода+нитрит натрия; 3—морская вода+75 ммоль/л нитрита натрия и 25 ммоль/л бензоата натрия; 4—морская вода+100 ммоль/л бензоата натрия

экспериментальные данные приведены на фиг. 1.

Из анализа кривых следует, что в морской воде (кривая 1) начальное значение электродных потенциалов углеродистой стали при 20°C равно — 193 мВ относительно нормального водородного электрода. Во времени происходит смещение потенциала в отрицательную область в первые минуты (от 30 секунд до 20 минут), при этом изменение потенциала происходит на 150 мВ, в дальнейшем существенного изменения потенциала не наблюдается. В присутствии нитрита натрия в морской воде (кривая 2) изменения потенциалов существенно отличаются от приведенных выше.

Начальное значение потенциала равно — 34 мВ. За первые 20 минут он смещается на — 78 мВ и далее остается постоянным. На кривой 4 приведены значения изменения потенциала электрода в растворе, содержащем 100 ммоль/л бензоата натрия в морской воде. Начальное значение потенциала равно—114 мВ, в первые 20 минут потенциал смещается в отрицательную область на — 415 мВ. В дальнейшем изменение потенциала не происходит.

На кривой 3 приводится ход изменения потенциала углеродистой стали в смеси растворов ингибиторов нитрита и бензоата натрия в вышеприведенной концентрации. Начальный потенциал углеродистой стали в этом растворе равен—94 мВ. В первые 5 минут наблюдается





смещение потенциала в отрицательную сторону приблизительно на  $-80$  мВ, через 15 минут наблюдается смещение в положительную сторону на  $\sim 50$  мВ, а затем потенциал остается постоянным.

Из приведенных данных следует, что более положительный потенциал углеродистая сталь приобретает в растворе нитрита натрия, а наиболее отрицательный начальный потенциал ( $-187$  мВ) имеет электрод в морской воде без ингибиторов. В растворе бензоата натрия потенциал (через 30 минут) электрода равен  $-530$  мВ. Наиболее положительный начальный потенциал ( $-155$  мВ) имеет электрод в растворах бензоата с нитритом натрия и в растворе нитрита натрия. Данные по изменению потенциалов согласуются с данными по весовым потерям. Наибольшие потери металла наблюдаются в морской воде с добавкой бензоата натрия, т. е. в этих условиях бензоат натрия является стимулятором.

#### Поляризационные кривые для углеродистой стали в морской воде

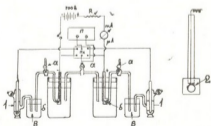
Измерения поляризации проводились по общепринятой методике (фиг. 2). Экспериментальные данные приведены на фиг. 3.

Из сравнения кривой катодной поляризации следует, что наибольшая поляризация наблюдается в растворе бензоата натрия.

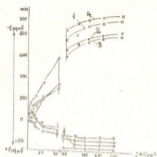
При анодной поляризации наиболее положительные значения потенциалов наблюдаются в растворе смеси ингибиторов. В таблице приведены значения потенциалов электродов при плотности тока  $40$  и  $800$   $\text{mA cm}^{-2}$ .

Из анализа катодных кривых на фиг. 3 можно сделать следующие выводы: 1) наибольшее влияние на катодный процесс оказывает рас-

Фиг. 2. Схема установки для снятия кривых катодной и анодной поляризации: а) электролитический ключ; б) стальной электрод; в) насыщенный раствор KCl; 1—каломельные полуэлементы; 2—стальной электрод; П—потенциометр СП-5; ПК—переключатель.



вор бензоата натрия с концентрацией  $100$  ммоль/л, 2) смесь нитрита с бензоатом натрия существенно не влияет на катодный процесс, 3) значительные различия наблюдаются на кривых анодной поляризации.



Фиг. 3. Анодные и катодные поляризационные кривые: 1—морская вода; 2—75 ммоль/л нитрита натрия+25 ммоль/л бензоата натрия; 3—морская вода+100 ммоль/л нитрита натрия; 4—морская вода+100 ммоль/л бензоата натрия

Наибольшее торможение анодного процесса в данных условиях протекает в растворе смеси ингибиторов. Конечные значения потенциалов анода при плотности тока 800 МА/см<sup>2</sup> приведены в таблице.

Таблица

Концентрация ингибитора	Плотность тока			
	МА 40/см <sup>2</sup>		МА 800/см <sup>2</sup>	
	К	А	К	А
Морская вода (контроль)	-593	+115	-920	-93
Нитрит натрия (100 ммоль/л)	-500	+60	-789	+209
Нитрит натрия (75 ммоль/л) и Бензоат натрия (25 ммоль/л)	-593	+85	-813	+242
Бензоат натрия (100 ммоль/л)	-830	+147	-965	+142

#### Получение потенциодинамических кривых на переменном токе

Вольтамперометрия с применением переменного тока состоит в наложении переменного напряжения небольшой величины (в нашей схеме 15 мв) на поляризующий потенциал. Ячейка для поляризации представляет собой нелинейное сопротивление, причем в точке перегиба нелинейность характеристики небольшая (фиг. 4). Поэтому приложенное напряжение в точке максимальной нелинейности будет вызывать наибольшее изменение тока, которое легко зафиксировать.

Принципиальная схема такого полярографа дана на фиг. 4.

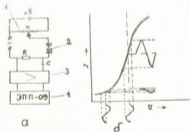
а) Падение напряжения на сопротивлении R пропорционально силе тока, проходящего через ячейку. Усилитель регистрирует только переменную составляющую, так как он присоединен через конденсатор С.

б) Вблизи точки полувольты проводимость резко возрастает, что вызывает резкое возрастание переменной составляющей, максимум на-

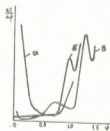
пряжения которой будет точно фиксировать местоположение волны.

Работа ячейки в этом случае напоминает работу электронной лампы. Если на сетку лампы подавать одновременно переменное и постоянное напряжение и изменять переменную составляющую переменного тока, то при значительных отрицательных потенциалах на сетке лампа будет заперта и переменная составляющая через лампу практически не пойдет. По мере снижения сеточного смещения переменная составляющая увеличивается. Максимальному усилению соответствует точка перегиба. Если продолжать увеличивать положительный потенциал на сетке, то может наступить такой момент, когда анодный ток лампы достигнет насыщения и дальнейшего усиления переменной составляющей не произойдет. Работа нами проводилась на приборе КАП-225 конструкции КБ ЦМА.

Ячейка для поляризации представляет собой обычную полярографическую ячейку с вспомогательным насыщением каломельным электродом. Поляризуемый электрод в виде стальной проволоки был изолирован клеем БФ-2. Рабочей частью электрода служил обрезанный торец площадью 0,225 мм<sup>2</sup>. Рабочая поверхность перед каждым опытом обновлялась. Все электроды выдерживались на воздухе перед опытом 10 секунд. Время изменения поляризующего потенциала от 0 до 1,5 в во всех опытах составляло 10 минут. Амплитуда переменной составляющей была примерно 15 мв на частоте 50 гц.



Фиг. 4. Принципиальная схема полярографа



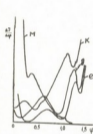
Фиг. 5. Анодные и катодные потенциодинамические кривые (а, б, в)

Экспериментальные данные приведены на фиг. 5 (а—катодные кривые для железного электрода, выдержанного в морской воде при нормальной аэрации; б—в деаэрированной морской воде; в—в морской воде, насыщенной кислородом). На кривой «в» наблюдается два мак-

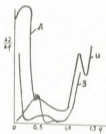


сумма при потенциалах 0,75 и 1,3 в. Первый максимум связан с восстановлением кислорода. Его наличие подтверждается удалением кислорода (кривая «б»). На катодных кривых, полученных в растворах нитрита натрия и смеси растворов бензоата с нитритом натрия (фиг. 6, з, е), наблюдается два максимума, соответствующих: 1) восстановлению кислорода на электроде при потенциале 0,75 в и 2) восстановлению окисной пленки при потенциале <math>1,3</math> в.

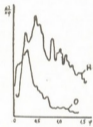
При выдержке электрода в указанных растворах до начала поляризации (15 минут) на катодных кривых появляется третий максимум (фиг. 6, к) и при  $\varphi$  1/2, равной  $-0,25$  в. Происхождение данного максимума связывается нами с восстановлением защитной пленки, образующейся под действием ингибитора.



Фиг. 6. Анодные и катодные потенциодинамические кривые (д, е, к, м)



Фиг. 7. Анодные и катодные потенциодинамические кривые (з, и, а)



Фиг. 8. Анодные и катодные потенциодинамические кривые (н, о)

При катодной поляризации электрода в присутствии бензоата натрия (фиг. 7, з) имеются два слабо выраженных максимума с вершинами при  $-0,7$  и  $-1,0$  в. Уменьшение первого максимума свидетельствует о торможении процесса разряда кислорода, что согласуется с данными обычных поляризационных измерений.

Из сравнения кривых катодной поляризации для раствора нитрита натрия и смеси нитрита натрия с бензоатом натрия следует, что введение в раствор бензоата натрия снижает высоту максимумов, что говорит о торможении катодного процесса. Анализ катодных кривых для железного электрода в морской воде (фиг. 5, 6, 7, а, и, к) позволяет сделать вывод, что процесс восстановления кислорода лучше протекает на окисленной поверхности железа. Окисел в этом случае может возникать под действием кислорода, растворенного в воде, или в результате непосредственного взаимодействия с водой [8]. При кратко-

временном контакте с водой (фиг. 5, а) такая пленка, по-видимому, не успевает сформироваться.

Сравнение кривых анодной поляризации для электрода в морской воде и в присутствии ингибиторов позволяет сделать следующие выводы: на всех анодных кривых в диапазоне потенциалов от +0,25 в в морской воде до +0,5 в (приблизительно) в растворе нитрита натрия (фиг. 8, и) наблюдается хорошо выраженный максимум, связанный с процессом выхода  $Fe^{+2}$  в раствор.

Наибольшее значение этого максимума в морской воде обусловлено наибольшей скоростью коррозии металла (фиг. 7, л). Смещение потенциала максимума при введении в морскую воду ингибиторов, а также его уменьшение связано с затруднением анодного процесса. Например, на фиг. 6, м (бензоат натрия в морской воде) хорошо заметно смещение потенциала в положительную сторону на +0,12 в и резкое уменьшение его значения.

Можно сравнить кривые анодной поляризации исследуемых образцов в морской воде в присутствии нитрита натрия (фиг. 8, и, е). Резкие периодические изменения анодного тока при добавке нитрита натрия, вероятно, можно связать с периодически протекающим процессом формирования и разрушения защитной пленки на поверхности металла. Такая пленка должна обладать слабыми защитными свойствами, что подтверждается коррозионными исследованиями. Так, при применении в морской воде в качестве ингибитора для стали нитрита натрия при температуре более 40°C наблюдается развитие точечной коррозии.

На анодной кривой для стали в смеси нитрита натрия и бензоата натрия наблюдаются лишь незначительные колебания тока, что может указывать на формирование более прочной и однородной защитной пленки.

### Выводы

1. Подтверждены полученные другими авторами данные о преимущественном влиянии нитрита натрия на анодный и бензоата натрия на катодный процессы.

2. Показано, что в случае применения смеси бензоата натрия с нитритом натрия отмечается более интенсивное торможение анодного процесса, чем при использовании их в отдельности. Это было также подтверждено весовыми измерениями.

3. Применение потенциодинамического метода дало возможность обнаружить более тонкие различия в протекании катодного и анодного процессов. Анализ анодных потенциодинамических кривых показал, что анодный процесс в присутствии нитрита натрия состоит из периодического образования и разрушения защитной пленки, что хорошо со-



гласуется с данными коррозионных исследований (при использовании в морской воде в качестве ингибитора нитрита натрия наблюдается точечная коррозия).

Анализ катодных потенциодинамических кривых показывает сложность катодного процесса и позволяет выделить ряд ступеней в его протекании. Наличие на катодных кривых трех максимумов при потенциалах — 0,2 в, —0,75 в и — 1,3 в соответствует процессу восстановления окисной пленки и растворенного кислорода.

4. Метод снятия потенциодинамических кривых на переменном токе по сравнению с общепринятыми методами дает возможность более глубокого объяснения протекающих электрохимических процессов коррозии железа в морской воде в присутствии ингибиторов. Предложенный нами метод по сравнению с известными методами экономичен во времени.

Грузинский металлургический институт

(Поступило в редакцию 10.2.1964)

შეტალურგია

ს. ბალეზინი, თ. კემხაძე, ი. მ. ჯურავლიძე

ინჰიბიტორების შექმნის შესწავლა ნახშირბადიანი ფოლადის კოროზიისას ზღვის წყალში ზოგადი ელემენტური ელემენტარული მეთოდის გამოყენებით

რეზიუმე

სტატიაში ნაჩვენებია ნატრიუმის ბენზოატისა და ნატრიუმის ნიტრატის ნარევის გამოყენებისას ანოდური პროცესის უფრო ინტენსიური დამუხრუჭება ზღვის წყლის არეში, ვიდრე მაშინ, როცა ისინი ცალ-ცალკე არიან წარმოდგენილი.

პოტენციოდინამიკური მეთოდის გამოყენება კათოდური და ანოდური პროცესების მსვლელობაში საშუალებას გვაძლევს უფრო სიზუსტით შევამჩნიოთ სხვაობა მათ შორის.

კათოდური პოტენციოდინამიკური მრუდების ანალიზით ნაჩვენებია კათოდური პროცესის სირთულე, რის გამოც აუცილებელი ხდება მის მსვლელობაში რამდენიმე საფეხურის გამოყოფა.

ამგანად მიღებულ მეთოდებთან შედარებით პოტენციოდინამიკური მრუდების აგების მეთოდი წარმოადგენს ელექტროქიმიური პროცესების უფრო ზუსტად ახსნის საშუალებას. ამავე დროს იგი იძლევა დროის ეკონომიას.

შეჯამებითი ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. А. Балезин, В. П. Бараник, И. Н. Путилова. Ингибиторы коррозии металлов. Госхимиздат, М., 1958.
2. D. M. Brasher, E. R. Stove. Chem. A. Ind., 8, 1952.
3. O. Sere-Lahodny. Werkstoffe und Korrosion, 8, No. 12, 1957, 738—742.
4. F. Wormwell, A. D. Meezer. J. Appl. Chem., 2, No. 3, 1952, 150—160.
5. J. E. Mayne. Chem. and Ind., 22, 538 (1953).
6. Г. В. Карпенко. Прочность стали в коррозионной среде. Машгиз, М., 1963.
7. Н. Г. Алексеев, В. А. Прохоров, К. В. Чмутов. Электрохимические приборы и схемы в физико-химическом исследовании. Госхимиздат, М., 1961.
8. Ю. Р. Эванс. Коррозия и окисление металлов. Машгиз, М., 1962.

МАШИНОВЕДЕНИЕ

Г. Я. РАМИШВИЛИ, Л. А. ГОГАВА

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНТАКТНОЙ  
 ЖЕСТКОСТИ В ПОКОЕ И ПРИ  
 ДВИЖЕНИИ**

(Представлено академиком В. В. Махаладзе 21.3.1964)

Вопросы увеличения контактной жесткости металлорежущего оборудования рассматриваются как жеробрания, непосредственно связанные с повышением производительности и точности обработки резанцев. Задача создания особо точных станков является весьма широкой и охватывает по существу все основные вопросы проектирования и особенно изготовления станков.

Учеными уже заложен фундамент науки по изучению контактной жесткости применительно к статической задаче. Существенными достижениями науки о контакте твердых тел являются полученные в последнее время результаты, устанавливающие связь между площадью касания в покое и при трогании [1-4].

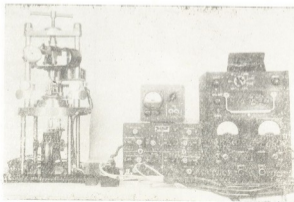


Рис. 1



С целью наибольшего приближения условий испытания к реальным условиям работы стыков в реальных условиях нами были проведены опыты на специальной испытательной

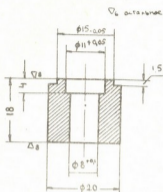


Рис. 2а

и из чугуна марки СЧ 28—48 с твердостью HB=186 (рис. 2а).

Стыки обрабатывались на плоскошлифовальном станке одним и тем же режимом резания, т. е. как чугунные, так и стальные образцы имели приблизительно одинаковую чистоту поверхности.

На рис. 3 дана профилограмма стыка стального образца (а) и чугунного (б), снятого на профилографе «Катинр ВЭИ». Номинальная площадь стыка составляла 80 мм<sup>2</sup>.

Стальные и чугунные образцы испытывались в паре с закаленным стальным полировочным образцом (рис. 2б). Материал — сталь N10А с твердостью HRC=60. Для того чтобы волнистость не влияла на результаты показаний при движении, стык закаленного образца был изготовлен без волн и высокой чистоты. Для этого после

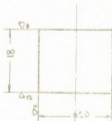


Рис. 2б

обработки на плоскошлифовальном станке стык обрабатывался абразивной шкуркой, лежащей на зеркальном стекле. После полировки на полировальном станке производилась термообработка (закалка), затем рабочий стык вновь обрабатывался мелкозерни-

специальной испытательной машине, изготовленной в ИМАШе (Москва), в лаборатории трения и frictionных материалов, при участии И. В. Крагельского, Г. Я. Ракишвили и др.

Общий вид данного прибора с усилителем и осциллографом изображен на рис. 1. Описание прибора и методики проведения экспериментов изложена в работе [5].

Испытанию подвергались круговые образцы из стали 35х с твердостью HB=195



стой шкуркой, а потом на полировальном станке. Плоскостность проверялась с помощью тонкодисперсной краски и оптиметра, а чистота поверхности—на профилографе «Калибр ВЭИ». Высота неровностей получилась 0,2—0,25 мк, что соответствует XII классу чистоты поверхности.

Для предотвращения коррозии образцы хранились в эксикаторе. Перед испытанием промывались перегретым бензином. Целью эксперимента являлось изучение контактной жесткости в статическом положении и при скольжении сухих стыков, а также при смазке. Во время испытания в статическом положении к стальным и чугунным деталям прилагалась нагрузка 16—64 кг в следующей последовательности: 16, 32, 48 и 64 кг, т. е. номинальная удельная нагрузка менялась от 0,2 до 0,8 кг/мм<sup>2</sup>. На рис. 4 (кривая 1) показана зависимость между сближением и нагрузкой при статическом нагружении для контакта стали со сталью, а на рис. 5—та же зависимость, но при контакте стали с чугуном. Получено соответствие с расчетными данными [6—8].

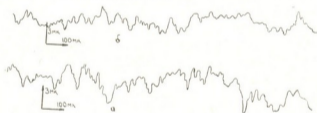


Рис. 3

Следующим этапом наших опытов являлась проверка контактной жесткости шлифованного стыка в паре со стальным закаленным полированным стыком при движении. Чугунные и стальные образцы испытывались с одинаковой последовательностью. Испытанию подвергались детали, стыки которых совместно шлифовались с деталями, подвергнувшись испытанию при статическом положении, т. е. геометрия микрошероховатости деталей в статической позиции и при движении была одинаковой (парно стальных и чугунных). Вначале давали нагрузку 16 кг ( $q_n = 0,2$  кг/мм<sup>2</sup>). Затем включали электродвигатель и производили запись осциллограмм. Число оборотов верхнего образца  $n = 0,18$  об/мин (окружная скорость по среднему диаметру  $v = \pi d n = 7,5$  м/мин), так что подъем температуры от нагрева трением при таких малых скоростях незначителен.

Проанализируем осциллограмму рис. 6. Величина  $a_{ст}$  на расстоянии  $L_1$  соответствует сближению при статическом положении образцов. Поль-



заясь тарировочной кривой, можно определить величину деформации в микронах.

Сила трения начинает увеличиваться гораздо раньше, чем начало сближения образцов. Это, по нашему мнению, можно объяснить следующим обстоятельством: на осциллограмме участок  $I_1-I_2$  соответствует времени, когда электродвигатель не включен и происходит статическое нагружение. Вертикаль  $A-A$  соответствует началу вращения электродвигателя и ведомой шестерни. На расстоянии  $I_2$  на осциллограмме, несмотря на вращение ведомой шестерни [5], верхний образец находится в статической позиции ввиду того, что в месте контакта образцов существует сопротивление сдвигу.

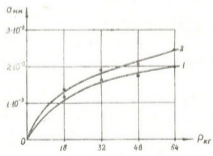
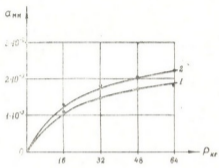


Рис. 4 и 5

В течение этого времени происходит изгиб ребер крестовины, тензотометры претерпевают деформацию и сигнал через усилитель поступает в осциллограф, который фиксирует силу трения сопротивляющегося началу вращения верхнего образца. Величина сопротивления зависит от многих факторов: нагрузки, материала контактируемых поверхностей, чистоты поверхности и т. д. Преодолев это сопротивление, верхний образец начинает вращаться. В начале его движения происходит увеличение деформации, ввиду того что происходит пластическое отнесение—уплотнение металла ( $\sigma_{н.пл}$ ). На расстоянии  $I_2'$  (с начала движения) деформация де-

В течение этого времени происходит изгиб ребер крестовины, тензотометры претерпевают деформацию и сигнал через усилитель поступает в осциллограф, который фиксирует силу трения сопротивляющегося началу вращения верхнего образца. Величина сопротивления зависит от многих факторов: нагрузки, материала контактируемых поверхностей, чистоты поверхности и т. д. Преодолев это сопротивление, верхний образец начинает вращаться. В начале его движения происходит увеличение деформации, ввиду того что происходит пластическое отнесение—уплотнение металла ( $\sigma_{н.пл}$ ). На расстоянии  $I_2'$  (с начала движения) деформация де-

стигает наибольшего значения, и это время идет на максимальное деформирование вершины шероховатостей.

При дальнейшем вращении величина сближения уменьшается по сравнению со сближением в начале вращения. Она становится стабильной и в большинстве случаев по своей величине большей, чем сближение в статическом состоянии. Стабильность можно объяснить тем, что в процессе трения устанавливается постоянная шероховатость поверхностей, которая при данных условиях трения не меняется. Следовательно, поскольку сохраняются неизменная шероховатость, свойство материала и нагрузка, постольку остается постоянным и сближение ( $a_{\text{уст. рек.}}$ ).



Рис. 6

Внесем следующее обозначение:

$$k = \frac{a_{\text{н. дв.}}}{a_{\text{ст}}}$$

где

$a_{\text{ст}}$  — сближение при статическом положении,

$a_{\text{н. дв.}}$  — сближение в начале движения.

Как показали наши опыты, для обоих материалов и всех нагрузок в момент трогания  $k$  меняется в пределах 1,15 ÷ 1,30. Аналогичные результаты были отмечены в работах [9, 10].

На рис. 4 и 5 кривыми 2 показана зависимость между деформацией и нагрузкой в момент начала движения соответственно для стали и чугуна.

Учитывая скорость протяжки ленты осциллографа (25 мм/сек) и расстояние  $l_2$  на всех осциллограммах, установили, что время с момента сдвига до установившегося режима в среднем составляет 1,5 ÷ 2,5 секунды.

Следующим этапом наших опытов являлось определение влияния смазки на контактную жесткость. Нами для смазки применялся 5%-ный



раствор олеата натрия. Масло на стыки образцов наносилось равномерно пипеткой.

Перед смазкой очистку образцов производили тлеющим электрическим разрядом [11].

Опыты проводились в такой же последовательности, как в предыдущем случае. При статическом положении для нашего случая при наличии смазки жесткость стыка получалась на 10% больше, чем при сухом контакте. Повышение жесткости при смазке отмечено и в работе [4].

Повышение жесткости при смазке наблюдалось как в статическом положении, так и при движении.

### Выводы

1. Контактная жесткость в покое и при движении стальных стыков больше, чем чугунных при испытании в паре со стальным образцом.
2. В начале вращения обхвата обжимание увеличивается, следовательно, жесткость стыка уменьшается, что объясняется отгеснением металла из-за смятия вершин.
3. В условиях установившегося процесса движения контактная жесткость больше жесткости в начале движения, но она меньше жесткости в статическом состоянии.
4. Время с момента сдвига до установившегося режима для преодоления силы трения покоя и смятия вершин неровностей зависит от нагрузки, скорости движения, масштабного фактора, продолжительности контакта и многих других факторов.
5. При наличии смазки жесткость стыка повышается как в статическом состоянии, так и при движении.
6. Учитывая то обстоятельство, что при установившемся режиме жесткость падает по сравнению со статическим положением, а наличие смазки при движении повышает жесткость, можно заключить, что контактная жесткость стыков (сухих) металлорежущих станков при статическом положении и при работе (со смазкой) приблизительно одинакова, хотя практически при врезании инструмента можно наблюдать падение жесткости. В литературе оно объясняется тем, что при приложении силы происходит выборка люфтов и зазоров. По нашему мнению, его можно объяснить и отгеснением металла.

Грузинский политехнический  
институт  
им. В. И. Ленина



ბ. კამიშვილი, ლ. გოგავა

კონტაქტური სიხისტის მასპერინგენტული  
ბამოკვლევა მოძრაობისა და  
შტრაობის დროს

რეზიუმე

მოძრაობისა და შტრაობის დროს ფოლადის პოააიოების სიხისტე მეტია თუჯისაზე. მოძრაობის დასაწყისში სიხისტე ეცემა, რაც ლითონის მიჰყულებით აიხსნება. დამყარებული რეჟიმის დროს კონტაქტური სიხისტე იზრდება. დრო აძვრის მოშენტიდან დამყარებულ რეჟიმამდე შტრაობის ხახუნის ძალის გადასალახავად და უსწორობის მისაჰყულებად დამოკიდებულება: დატვირთვაზე, ძრაობის სიჩქარეზე, მასშტაბურ ფაქტორზე, კონტაქტის ხანგრძლივობასა და სხვა ფაქტორზე. მოძრაობისა და შტრაობის დროს ზეთის არსებობა სიხისტეს ზრდის. სიხისტის დაცემა ჰრის დასაწყისში შეიძლება აიხსნას არა მარტო ღრეჩოების მოსპობით, როგორც ეს ლიტერატურაშია ცნობილი, არამედ ლითონის მიჰყულებითაც.

დასაყულები ლიტერატურა - ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Крагельский. Трение и износ. Машгиз, 1962.
2. Н. Б. Демкин. Фактическая площадь касания при статическом нагружении и при трогании. Известия высших учебных заведений (машиностроение). № 4, 1962.
3. Л. П. Медведев. Взаимосвязь чистоты обработки и контактной жесткости. Сб. „Качество поверхности деталей машин“, № 5. Изд. АН СССР, 1961.
4. Д. Н. Решетов и З. М. Левина. Расчеты на контактную жесткость в машиностроении. Сб. „Вопросы прочности материалов и конструкций“. Изд. АН СССР, 1959.
5. Г. Я. Рамишвили. К вопросу о зависимости силы трения от сближения (фактической площади касания) поверхностей трущихся твердых тел. Сообщения Академии наук Грузинской ССР, т. XXX, № 2, 1963.
6. Э. В. Рыжов. Основы расчета стыковых поверхностей деталей машин на контактную жесткость. Машгиз, 1962.
7. Г. Е. Чихладзе. Экспериментальное исследование жесткости плоских стальных стыков. Известия высших учебных заведений (машиностроение), № 4, 1962.
8. Г. Е. Чихладзе и Л. А. Гогова. Аналитическое определение влияния некоторых факторов на контактную жесткость. Бюлл. научно-технической информации. Тбилиси, № 8, 1962.
9. Г. Я. Рамишвили. Исследование зависимости силы трения и коэффициента трения от сближения трущихся тел. Сообщения Академии наук Грузинской ССР, XXXIV:1, 1964.
10. Н. М. Михлин. О связи площади касания и сближения при неподвижном и скользящем контакте. Сб. „Трение твердых тел“, № 1, 1964.
11. Г. И. Фуке и Г. С. Братова. Новый метод глубокой очистки деталей часовых механизмов перед смазкой. Журн. „Часы и часовые механизмы“, № 4, 1962.



სვანეთის მთიანეთში *Scheuchzeria palustris*  
 ფორმაციის შესწავლისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. კეცხოველმა 14.1.1984)

ჩვენი მთის თუ ბარის სტეპუნდანი ქაობები დეტალურად არ არის შესწავლილი [1]. განსაკუთრებით ეს ითქმის სვანეთზე. საქართველოს ამ მთიან მხარეში ქაობები ორი ადგილისათვის არის მითითებული ნ. კეცხოველის [2] და ა. დოლუხანოვის [3] მიერ. მხოლოდ სვანეთის ზოგიერთ ქაობიან კომპლექსშია გავრცელებული *Scheuchzeria palustris* L. ედიფიკატორობით შექმნილი ცენოზები. კავკასიაში ამ მცენარის არსებობაზე აღრიდაწვე მიუთითებდნენ, მაგრამ უტყუარი მონაცემები საქართველოში მის გავრცელებაზე მხოლოდ ორმოციან წლებში გამოქვეყნდა [3]. ამ შრომის მიხედვით *Scheuchzeria palustris* L. გავრცელებულია ტბური წარმოშობის ტორფის ხავსიან ქაობიანში, რომელიც განვითარებულია მდ. ენგურის აუზში, ორმელეთის (დარჩის) ხეობის მარცხენა მხარის გაეაყებაზე, დაახლოებით 1700 მ-ზე ზღვის დონიდან. მისი შუა ნაწილი დაკავებულია წყლის მცენარეულობით, რომელშიც გაბატონებულია *Potamogeton natans* L. ქაობიანის უდიდეს ნაწილზე განვითარებულია *Cariceta irriguae* და *Scheuchzerieta palustrae*. ხოლო სანაპირო ვიწრო ზოლზე—*Cariceta inflatae*. ქაობიანის ხავსის სინუზიაში გაბატონებულია *Sphagnum magelanicum* Brid., *Sph. angustifolium* C. lens., *Sph. inundatum* Russ., *Sph. amblyphyllum* Russ. და *Drepanocladus fluitans* (Hedw.) Warnst. ამ ქაობის ირგვლივ და მის ნიღამოებში განვითარებულია ფართოფოთლოვანი-ნაირბალახოვანი მგორადი მდელოები და მალაბალახეულობის ფრაგმენტები, ხოლო უფრო მოშორებით, ჩრდილოეთის და დასავლეთის მხარეს—ნაძენარ-სოჭნარები, მთის ნეკერჩხლიანები და წიფლანარებიც.

ტორფიან-ქაობიანების მცენარეულობის დეტალური გამოკვლევით გამოირკვა, რომ *Scheuchzeria palustris* L. უფრო ფართოდაა გავრცელებული სვანეთში. აქ იგი აღმოჩნდა ორ ქაობიანში, კვლავ ზემო სვანეთში, კერძოდ ენგურის მარჯვენა შენაჯადის მდ. ნენსკრას (ჰუბრულა) აუზში, ერთგან იგი დაკავშირებულია ტბური წარმოშობის ტორფის ხავსიან ქაობიანთან, რომელიც განვითარებულია სოჭნარ ტყეში დაახლოებით 1800 მ-ზე ზღვის დონიდან. ამ ქაობიანის მიღამოების სახელწოდებაა შამფრილი. იგი მდებარეობს მდ. ნენსკრას მარჯვენა მხარეს ლახაშის წყლისა და დველურას წყალგამყოფზე. ეს ქაობიანი ტბის შეზრდიით დაქაობების შედეგს წარმოადგენს და



განვითარების მეზოტროფულ სტადიაშია. ტორფიან-ჰაობიანის სანაპირო ზოლი ირგვლივ ამოზნექილია, ხოლო შიგნით ნაწილი ჩაზნექილია და უახლოვდება გრუნტის წყლის დონეს. ხმელეთისა და ჰაობიანის ამოზნექილ ზოლს შორის განვითარებულია ვიწრო ლარტაფი, რომელშიც გროვდება ტორფიანიდან დაწრტილი წყალი. ამ ლარტაფის დაჰაობება ინტენსიურად მიმდინარეობს. დაჰაობების პროცესში ისლებთან და *Scheuchzeria palustris* თან ერთად უშუალოდ მონაწილეობს სფაგნუმის საფეხებიც, ფაქტობრივ დაჰაობება გადადის ხმელეთზე. ეს პროცესი თითქოს იმის მინიატურულ ანალოგს წარმოადგენს, რომელიც ხორციელდება ტაიგის ფიტოლანდშაფტში არსებული ჰაობიანი მასივების სანაპიროებზე.

აღნიშნულ ტორფიან ჰაობიან კომპლექსში გაბატონებულია *Cariceta inflata* და *Cariceta irrigua*. უფრო მცირე ფართობზე წარმოდგენილია *Scheuchzeria palustris* და *Caricetum canescens sphagnum*. ჰაობიანის ხაგსების სინუზიში გაბატონებულია *Sphagnum subsecundum* Nees და *Sph. sparrmannianum* Crome; სფაგნუმის საფარში მედარებით მცირე სიმრავლით ჩართულია *Drepanocladus fluitans* (Hedw.) Warnst., ხოლო იშვიათად იგი გაბატონებულია ზოგიერთი ასოციაციის ხაგსის სინუზიში. *Scheuchzeria palustris* უმთავრესად ჰაობიანის შეაგულშია განვითარებული. ჰაობიანის შიგნით ნაწილი ძლიერ დრეკადია და თხელი საბურველის სახითაა გადაფარებული მეორეულ ქანჭახიანზე.

მეორე ჰაობიანი მასივი, რომლის მცენარეულ კომპლექსში მონაწილეობს *Scheuchzeria palustris*, განვითარებულია მდ. ნენსკრას მარჯვენა შენაკადის—დეველურას სათავესთან, დაახლოებით 2000—2100 მ ზე ზღვის დონიდან. ამ ადგილს შავლურას სათიბებს უწოდებენ. ჰაობიანი სოჭნარი ტყის ზედა საზღვართანაა განვითარებული სუბალპური არყნარების, დეკიანებისა და მდელოების ლანდშაფტში. ამ მცენარეული ლანდშაფტის უზვეგო მონაკვეთებზე წარმოდგენილია სოჭნარების ფრაგმენტები. ტორფიან-ჰაობიანი მცენარეულობის ეს საკმაოდ მრავალფეროვანი კომპლექსი განვითარებულია ძველი ყინვარული ციკლის ცირზე და მის მცირეჰაობიან ფერადობებზე. იგი სამსაფეხურიანია. სამივე საფეხური დაჰაობებულია და ამფოთეატრიფითაა გადაშლილი სამხრეთ აღმოსავლეთის მიმართულებით. ამ ჰაობიანი მასივის საერთო ფართობი 15 ჰექტარი მიიწე იქნება და ამ მხრივაც კავასიონის სამხრეთი კალთების მკაცრი რელიეფის პირობებში ერთ-ერთი უნიკალურთაგანია.

ყველაზე მეტად პირველი საფეხურია დაჰაობებული და მხოლოდ აქ განვითარებულ ჰაობიანებში მონაწილეობს *Scheuchzeria palustris* L. მეორე და მესამე საფეხურზე მხოლოდ მეზოეკტროფული ტიპის ასოციაციებია წარმოდგენილი. პირველ საფეხურზე კი ასეთივე ტიპის ჰაობიანების კომპლექსში შედარებით მცირე მონაკვეთებზე განვითარებულია ოლიგოტროფული ტიპის ცენოზები, რომლებიც ზოგჯერ საკმაოდ მკვეთრად ამოზნექილი ზედაპირით მასიათდება. ამ ჰაობიან კომპლექსში აქა-იქ განვითარებულია მოგრძო ფორმის მეორეული ქანჭახიანები. მათი სიგანე ჰაობიანის საერთო დაქანების მიმართულებით 2—4 მ-ია, ხოლო ქანჭახიანის გრძელი ღერძი ჩვეულებრივ და-



ქანების მართობული მიმართულებითაა და 10—25 მ აღწევს. ამასთან ერთად გვხვდება ელიფსური ფორმის კანქახიანებიც, მაგრამ ისინი ჰაობიანის გავრცელებულ მონაკვეთშია წარმოქმნილი. მეორეულ კანქახიანებში უმთავრესად წარმოდგენილია *Carex limosa* L. და *Scheuchzeria palustris* L. გაბატონებით შექმნილი ცენოზები.

შავლურას ჰაობიან კომპლექსში გაბატონებულია ისლიანები. მათგან უფრო ფართოდ გავრცელებულია *Cariceta irriguae*, *Cariceta canescenti*, *Cariceta dacicae* და *Cariceta muricatae*. საქმაო ფართობი უკავია *Cariceta inflatae* და *Scheuchzerieta palustrae*. თუმცა ეს უკანასკნელი ფორმაცია დამკვეთული ფართობის მიხედვით საქმაოდ ჩამორჩება დასახელებულ ისლიანებს. ამ ჰაობიანში შედარებით მცირე მონაკვეთებზე განვითარებულია აგრეთვე სფაგნუმიან-დეციანი და სფაგნუმიან-ისლიან-დეციანი. უკანასკნელი ორი ასოციაცია მომეტებულ შემთხვევაში უაღიძუბა ჰაობგანვითარების დასკვნით სტადიამზე და სუქცესიური განვითარების შემდგომ საფეხურზე *Rhododendronetum molinicum*-ით ან სხვა ტიპის ბალახოვანი-დეციანით იცვლება. შეტად იშვიათად მცირე ფრაგმენტების სახით დახასიათებულ ჰაობიანში გვხვდება *Molinietum caeruleae sphagnosum*. ამ ჰაობიანი კომპლექსის უკმა ასოციაცია განვითარებულია ტორფიან სუბტრატზე.

ამ ჰაობიან მსიხვზე ჰაობგანვითარების პროცესი სანახევროდ ნაქრობის სტადიამშია. ჩამქრალ ტორფიანზე უმეტესად განვითარებულია სხედასხვა ტიპის ძიგვიანი (მათ შორის სფაგნუმიან-ძიგვიანიც). საქმაოდ ხშირად ასეთი ტიპის ტორფიანებზე დასახლებულია დეცა. ნაჰაობარზე დეცის განსახლების ანალოგიურა პროცესი ხარკიელდება აგრეთვე კავკასიონის ჩრდილო კალთებზე მდ. მზიშთან სათავეებში განვითარებულ ჰაობიანებში და ბზიბის აღწში. ჰაობგანვითარების დასკვნით საფეხურზე დეციანის განვითარების ასეთივე პროცესი აღნიშნულია ა. კოლაკოვსკის [4] მიერ აფბაზეთის შალაშთიანეთში. ამ მზრე დასავლეთ კავკასიონზე ჰაობგანვითარების პროცესი ფრიად ორი-გინალორია. დამასასიათებელია, რომ ჰაობიანი მკენარეულობის სუქცესიური განვითარების პროცესი ზოგჯერ ასეთივე თანმიმდევრობით მიმდინარეობს საქმაოდ დაქანებულ ფერდობებზეც. შავალითად, ნაქრას აღწში, უთვირის უღელტეხილის მახლობლად არსებული ძველი ყინვარული ცირკის ფერდობებზე, ნაჰაობარზე განვითარებული ასეთი ტიპის დეციანები ცოტად თუ ბევრად მნიშვნელოვან ფართობზე არსად არ გვხვდება.

შავლურას ჰაობიან მსიხვზე განვითარებული ასოციაციების თითქმის აბსოლუტურ უმრავლესობაში ხავსების სინუზია სფაგნუმის სახეობებითაა შექმნილი. ხავსების ამ გჯუფიდან უფრო ფართოდ გავრცელებულია და ხშირად მთავარი ცენოტიპების სახით წარმოდგენილია *Sphagnum amblyphyllum* Russ., *Sph. subsecundum* Nees და *Sph. squarrosum* Crome, შედარებით იშვითად გვხვდება *Sphagnum inundatum* Russ., *Sph. magelanicum* Brid., *Sph. centrale* C. Jens. და სხვა. ამ ჰაობიან კომპლექსში *hypnosa* ს ტიპის ცენოზები იშვითადია განვითარებული და წარმოდგენილია რამდენიმე ასოციაციით. მათში ხავსების სინუზიას მომეტებულ შემთხვევაში აქმნის *Callier-*





*gon stramineum* (Brid.) Kindb. და *Drepanocladus exaristatus* (Brid.) Schwaegr. მწვანე ხავსების დასახელებული სახეობები ფართოდაა გავრცელებული მთელ ჭაობიანში, მაგრამ *sphagnosa*-ს რიგის ასოციაციებში ჩვეულებრივ მცირე სიმრავლითაა ჩართული სფაგნუმის მთლიან საფარში. ჭაობიანის განვითარების დასკვნით საფეხურზე მწვანე ხავსებიდან საკმაოდ ხშირად გვხვდება აგრეთვე *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr. და *Polytrichum commune* Hedw. მაგრამ მათი როლი ჭაობიანის მცენარეულ საფარში ფრიად უმნიშვნელოა.

აღნიშნულ ჭაობიან კომპლექსებში *Scheuchzerieta palustrae* არ არის მრავალფეროვანი ფიტოცენოლოგიურად. იგი სულ რამდენიმე ასოციაციითაა წარმოდგენილი, რომლებიც ეკოციტოცენოტური ნიშან-თვისებების საკუძველზე შესაძლებელია გაერთიანდეს ოთხ ასოციაციითაა ჯგუფში, სახელდობრ:

1) *Scheuchzerieta palustrae pura*, 2) *Scheuchzerieta palustrae caricosa*, 3) *Scheuchzerieta palustrae hypnosa*, 4) *Scheuchzerieta palustrae sphagnosa*. უკანასკნელი ჯგუფი ყველაზე მრავალფეროვანია, ხოლო პირველი სამი მხოლოდ თითო ასოციაციითაა წარმოდგენილი. ეს გარემოება თავისთავად მიუთითებს, რომ ფორმაციის ძირითადი ცენტრები—*Scheuchzeria palustris* L. ამდღავენებს დიდ გენეტიკობას ტორფის ხავსიანი ჭაობიანებისათვის და მახასიათებელ მუდმივცვალებადი გარემოსადმი და ამ გარემოში მინერალურ ნივთიერებათა რაოდენობის უკმარობისადმი. ამასვე ადასტურებს მისი საკმაოდ დიდი სიმრავლი ( $Cop^1$ ) მონაწილეობა ისეთ ცენტრებში, რომლებშიც გაბატონებულია *Sphagnum magelanicum* Brid. და *Sph. angustifolium* C. lens. ამასთან ერთად იგი ხშირად სუბედიფიკატორის სახით გვხვდება *Cariceta irrignae*-ს რამდენიმე ასოციაციაში; ხოლო მეორე მხრივ, მართალია, შედარებით მცირე სიმრავლით, წარმოდგენილია ისეთი ტიპის ისლიანებში, როგორცაა *Cariceta inflatae*, *Cariceta daeicae* და *Cariceta canescenti*. ამ ფორმაციებთან *Scheuchzerieta palustrae* დაკავშირებულია სუქცესიურადაც. იგი სუქცესიურად ცვლის ამ ჭაობიან კომპლექსებში განვითარებულ ზემოთ აღნიშნულ ისლიანებს, რაც ამ უკანასკნელთა მეზოტროფულ სტადიაზე გადასვლასთან და შესაბამისად საარსებო პირობების შეცვლასთან არის დაკავშირებული.

*Scheuchzerieta palustrae* თითქმის ყოველთვის ტორფიან სუბსტრატზე განვითარებული. ტორფნარის სისქე უმეტეს შემთხვევაში 2,5—3 მ-ია, უფრო იშვიათად მეტია ან ფრიად უმნიშვნელო სისქისაა. ტორფნარის ზედა პორიზონტი ძირითადად ტორფის ხავსით და ისლითაა შექმნილი, ან სფაგნუმ ტორფში დიდი რაოდენობითაა შერეული *Scheuchzeria palustris* ნაშთი.

1. *Scheuchzerieta palustrae pura*. ჭაობიანის ეს ტიპი ერთი ასოციაციითაა წარმოდგენილი; იგი განვითარებულია მცირეფართობიან ნაკვეთებზე ზემოთ დახასიათებულ ჭაობიან კომპლექსებში. ორმელოთისა და შამფრილის ტბური წარმოშობის ჭაობიანებში *Scheuchzerietum palustae parum* განვითარებულია ყველაზე უბეჭყლიან ნაწილში, უმთავრესად ჭაობის შუაგულში. შეედრებას ჭაობიან მასივზე კი ეს ასოციაცია წარმოდგენილია მეორეულ ტანკისიანებში. ამ ასოციაციაში გრუნტის წყლის დონე ჩვეულებრივ ზედააბრულია.

მისი სიღრმე 10—15 სმ-მდე აღწევს და საევეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში ერთგვარ მერყეობას განიცდის. ამის გამო ხაესის საფარის განვითარება საკმაოდ დიდხანს არ ხდება და დაყოენებულია ჭაობგანვითარების შემდგომ საფეხურზე გადასვლა. სუბსტრატის ჩვეულებრივ ორგანულ-მინერალური შენარჩევით ან ტორფიანი დანაფენებითაა შემდგარი და გაჯერებულია წყლით.

ამ ასოციაციისათვის დამახასიათებელია ფრიალ მჭებური და დაბალი ბალახნარი, ჩვეულებრივ განვითარებულია ერთი იარუსი, მისი საშუალო სიმაღლე 25 სმ-ია, ხოლო დაფარულობა 60% მდე აღწევს. ასოციაცია ფლორისტიკულად ღარიბია. გარდა ძირითადი ცენოტიპისა, მცირე სიმრავლით მონაწილეობს *Carex limosa* L. და *C. inflata* Huds., უფრო იშვიათად — *Carex canescens* L., *Drepanocladus fluitans* (Hedw.) Warnst. და *Calliergon stramineum* (Brid.) Kindb., ხოლო ზოგჯერ, უმთავრესად შემადგენელ მიკრორელიეფზე, განვითარებულია ტორფის ხაესებიც: *Sphagnum subsecundum* Nees, *Sph. inundatum* Russ., *Sph. palustre* L. და სხვა.

აღნიშნული ასოციაცია ყალიბდება ზემოთ დახასიათებულ ტორფიან-ჭაობიანებზე განვითარებული ქანჭახიანების დაჭაობების პირველ საფეხურზე და ტორფდატროფების პროცესში იცვლება *hypnosa*-ს ან უფრო სწორად, *sphagnosa*-ს რიგის ასოციაციებით.

2. *Scheuchzerieta palustrae caricosa*. ამ ჯგუფის მხოლოდ ერთი ასოციაცია (*Scheuchzerietum palustrae caricosum limosae*) გვხვდება ჩვენში. იგი განვითარებულია შავლურას ჭაობიან მასივზე ფრაგმენტების სახით და დაკავშირებულია ქანჭახიან ზედაპირებთან. ქანჭახიანებში ზედაპირული წყლის დონე ჩვეულებრივ 10—15 სმ-ია, ხოლო სუბსტრატის ტორფნარი დანაფენებითაა წარმოდგენილი.

აღნიშნული ასოციაცია ფლორისტიკულად ღარიბია, ხოლო სტრუქტურულად მარტივი; განვითარებულია ერთი იარუსი, რომლის სიმაღლე 20—25 სმ-ია, დაფარულობა კი 75—85%. მთავარი ცენოტიპის გარდა, მცირე სიმრავლით გვხვდება *Carex inflata* Huds., *C. irrigua* Wahl., *C. muricata* L., *Epilobium palustre* L. და სხვა. ჯგუფ-ჯგუფად შემადგენელ მიკრორელიეფზე იშვიათად დასახლებულია *Sphagnum subsecundum* Nees. და *Sph. amblyphyllum* Russ.

შავლურას ტორფიან-ჭაობიან მასივზე განვითარებული ქანჭახიანების დაჭაობების პროცესში *Scheuchzeria palustris* L. და *Carex limosa* L. ივანგარდულ როლს ასრულებენ და ჩვეულებრივ კონდომინანტურ ასოციაციას ქმნიან. ეს ასოციაცია ტორფდატროფებისთან ერთად სუქცესიურად თანდათანობით *Scheuchzerieta sphagnosa*-ს ზოგიერთ ასოციაციით იცვლება.

3. *Scheuchzerieta palustrae hypnosa*. ამ ჯგუფშიც ერთი ასოციაცია განიხილება, სახელდობრ: *Scheuchzerietum palustrae drepanocladiosum fluitans*. ეს ასოციაცია მცირე მონაკვეთზე მხოლოდ შამფრილის ტბური წარმოშობის ჭაობიანის ზედაგულშია განვითარებული. იგი ფაქტობრივ ატივტივებულია ტბის ზედაპირზე და შეზრდითი დაჭაობების შედეგს წარმოადგენს. მოტივტივე ქსელი *Scheuchzeria palustris* L. ფესვურებითაა შექმნილი, ხოლო



ხავსის მთლიან საფარს *Drepanocladus fluitans* (Hedw.) Warnst. უკავშირდება. ქაობიანი საბურველი იმდენად ელასტიკურია და მცირე სისქისაა, რომ უშუალოდ რეაგირებს წყლის დონის ცვლებადობაზე.

აღნიშნულ ასოციაციაში განვითარებულია ორი იარუსი; პირველში გაბატონებულია *Scheuchzeria palustris* L. მასთან ერთად მცირე სიმრავლით ( $S_p^{2-3}$ ) მონაწილეობს *Carex limosa* L. და *Carex inflata* Huds. ამ იარუსის სიმაღლე 25—30 სმ-ია, დაფარულობა 40%. მეორე იარუსი აღნიშნული ხავსის გაბატონებითაა შექმნილი. მასთან ერთად საკმაო სიმრავლით ( $Cop^1$ ) და ჯგუფური გავრცელებით წარმოდგენილია *Sphagnum subsecundum* Nees და *Sph. squarrosam* Crome. ხავსის საფარი წყლის ზედაპირის დონეზეა მოტივტივებული და ჰფარავს ზედაპირის 60%. ეს ასოციაცია ტოპოგეოლოგიურად უშუალოდაა დაკავშირებული *Scheuchzerietum palustrae purum* თან და წარმოადგენს მისი შენდგომი განვითარების შედეგს. თავის მხრივ იგი სექცესიურად ამ ფორმაციის sphagnosa-ს რიგის ზოგიერთი ასოციაციით შეინაცვლება.

4. *Scheuchzerieta palustrae sphagnosa*. ასოციაციათა ეს ჯგუფი ყველაზე მრავალფეროვანია განხილულ ფორმაციაში გავრთიანებული ჯგუფებიდან. ამ ტიპის ქაობიანის ასოციაციები გავრცელებულია როგორც ორმულეთის, ისე სამფრილისა და შავლურას ტორფიან-ქაობიანებში, თუმცა ტიპოლოგიურად უფრო მრავალფეროვნად წარმოდგენილია შავლურას მასივზე. ორმულეთის ქაობიან კომპლექსში გვხვდება ამ ჯგუფის მხოლოდ ერთი ასოციაცია, სახელდობრ *Scheuchzerietum palustrae sphagnosum inundati*. იგი განვითარებულია ჩადაბლებულ რელიეფზე ტბის სარკის პირას. სფაგნუმის საფარი ქარბადაა გაფერებული წყლით, ხოლო გრუნტის წყლის დონიდან აცილებულ შემადგენელ ტორფიანზე განვითარებულია *Sphagnetum scheuchzeriosum* და *Sphagnetum scheuchzeriosum-caricosum*. ამ უკანასკნელი ასოციაციების სფაგნუმის საფარში გაბატონებულია ტორფის ხავსის სხვა სახეობები—*Sphagnum magellanicum* Brid. და *Sph. angustifolium* C. lens.

სამფრილის ნატბერზე განვითარებულ ქაობიანში წარმოდგენილია ამ ჯგუფის ერთი ასოციაცია—*Scheuchzerietum palustrae sphagnosum subsecundae*. იგი განვითარებულია ქაობიანის შეაგულში, ხოლო პერიფერიულ ამოზნექილ ნაწილში სხვა ტიპის ტორფის ხავსიანი ცენოზებია ჩამოყალიბებული. აღნიშნული ასოციაცია გვხვდება აგრეთვე შავლურას ქაობიან კომპლექსში და დაკავშირებულია გამდგომებულ ქაობიანში წარმოქმნილ ქანჭიბიან მოგრობა ფორმის ღრმულებთან. შავლურას ტორფიან-ქაობიანში გავრცელებულია აგრეთვე *Scheuchzerietum caricoso (limosae)*—*Sphagnosum* და *Scheuchzerietum caricoso (canescenti)*—*sphagnosum*. პირველი ასოციაცია განვითარებულია საკმაოდ მკვეთრად ამოზნექილ ტორფიანებზე, ხოლო მეორეს ზედაპირი, მართალია, გაეკებებულია, მაგრამ მაინც საკმაოდაა აცილებული გრუნტის წყლის დონეს. შავლურას ქაობიანში შედარებით იშვიათად ფრეგმენტების სახით გავრცელებულია აგრეთვე *Scheuchzerietum sphagnosum palustrae*.



ამ ჯგუფის ყველა ასოციაცია განვითარებულია ტორფიან დახატვებზე, რომლის სისქე არანაკლებ 2,5—3 მეტრია. ტორფნარის ზედა პორიფონტი თითქმის დაუმლულია და უმთავრესად შედგება ტორფის ხავსებით, რომელშიც დიდი როლდენობით შერეულია *Scheuchzeria palustris* ან ისლების სუსტად დაშლილი ნაშთი.

აღნიშნულ ასოციაციათა ჯგუფი სტრუქტურული აღნაგობისა და სინთეზური შედგენილობის მხრივ მარტივია, ხოლო ფლორისტიკულად ფორმაციის სხვა ჯგუფებთან შედარებით მდიდარია. ჩვეულებრივ განვითარებულია ორი იარუსი. პირველი იარუსი ბალახეული მცენარეებითაა შექმნილი. მათგან დიდი სიმრავლით და მაღალი კონსტანტობით გამოირჩევა *Scheuchzeria palustris* L., *Carex limosa* L., *C. canescens* L. და *C. inflata* Huds. ბალახეული მცენარეებიდან მათთან ერთად შედარებით მცირე სიმრავლით მონაწილეობს *Carex irrigua* Wahl., *C. muricata* L., *Eriophorum vaginatum* L., *Molinia caerulea* (L.) Moench. და სხვა. ამ იარუსის სიმაღლე 25—30 სმ-ია, ხოლო დაფარელობა საშუალოდ 40—50%. მეორე იარუსი ტორფის ხავსების თითქმის მთლიანი საფარითაა შექმნილი. ამ ჯგუფის ასოციაციების ხავსის საფარში გაბატონებულია *Sphagnum subsecundum* Nees., *Sph. inundatum* Russ., *Sph. palustre* L. და *Sph. amblyphyllum* Russ. უფრო ნაკლები სიმრავლით მათთან ერთად ზოგჯერ გვხვდება *Sph. squarrosum* Urome, *Sph. centrale* C. Jens., *Sph. magelanicum* Brid. და სხვა. მწვანე ხავსებიდან მცირე სიმრავლით მონაწილეობს; *Drepanocladus fluitans* (Hedw.) Warnst., *Calliergon stramineum* (Brid.) Kindb., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwagr. და სხვა.

განხილული ჯგუფის ასოციაციები ჩვეულებრივ ვითარდება ფორმაციის სხვა ჯგუფებიდან, ან უშუალოდ ყალიბდება ჰარბწყლიანი ზედაპირების შეზღუდით დაჰაობების პროცესში. ტორფდაგროვებისთან ერთად ამ ჯგუფის ასოციაციები იცვლება ტორფის ხავსიანი ცენოზებით, რომლებშიც ბალახეულ მცენარეთა სინთეზა სუსტადაა წარმოდგენილი. განხილული ტიპის ჰაობიანის სუბტენიური ცვალებადობა ჩვეულებრივ ეგზოგენური ფაქტორების არსებითი ცვალებადობის გარეშე მიმდინარეობს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ბოტანიკის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვია 4.1.1964)

БОТАНИКА

К. Р. КИМЕРИДЗЕ

К ИЗУЧЕНИЮ ФОРМАЦИИ *Scheuchzeria palustris*  
В ГОРАХ СВАНЕТИ

Резюме

В работе дается фитоценологическая характеристика формации весьма редкого растения для Грузии и всего Кавказа — *Scheuchzeria palustris* L., установлена типологический состав, эофитоценологический ряд и осо-





ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Э. Н. КЕЦХОВЕЛИ, Д. Ч. КИНКЛАДZE

СЕЗОННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛТЫХ ФИТОХРОМОВ КОРЫ И ДРЕВЕСИНЫ

(Представлено академиком Л. И. Джаридзе 23.3.1954)

Нами изучалось содержание хлорофилла в побегах некоторых представителей древесных пород кавказской флоры, динамика хлорофилла в коре и древесине и его возрастное содержание в коре [1]. При этом, естественно, возник вопрос об изучении и желтых фитохромов этих тканей, так как литературных данных по этому вопросу очень мало [1, 2, 3].

Для анализа фитохромов пластид была применена бумажная хроматография, разработанная Д. И. Савожниковым [4]. Оптическая плотность фитохромов определялась на фотозлектроколориметре ФЭК-М, их количество вычислялось по формуле Д. И. Савожникова  $\frac{E \cdot v' \cdot k \cdot v''}{d \cdot p \cdot v''}$ , где  $E$  — экстинкция,  $v'$  — объем раствора, полученный при элюции хроматограммы,  $k$  — коэффициент исследуемого фитохрома (для каротина—62,4; для лютеина—65,4; для виолаксантина — 80,1),  $v''$  — объем исходной вытяжки,  $d$  — толщина кюветы (16 мм),  $p$  — навеска (в мг) и  $v''$  — объем вытяжки, нанесенной на хроматограмму.

Было исследовано содержание желтых фитохромов в коре, древесине и листьях двухлетних побегов различных светолюбивых и теневыносливых древесных растений кавказской флоры, произрастающих в сравнительно одинаковых условиях в Тбилисском ботаническом саду. Анализы проводились в зимний, летний и осенний периоды 1962 г. в полутемненной комнате при температуре: в январе 14—17°C; в июле 22—28°C и октябре 16—19°C.

Наибольшее количество желтых фитохромов—каротина, лютеина, виолаксантина содержится в коре в осенний (табл. 5, 6) и зимний (табл. 1, 2) периоды года. Сравнительно мало их летом (табл. 3, 4). Весной, как уже было определено нами [1], их еще меньше, чем летом.

В древесине динамика желтых фитохромов (табл. 1—6) идет параллельно динамике каротина, лютеина и виолаксантина коры с тем



различием, что зимой и осенью в количестве этих фитохромов нет такой резкой разницы, как у фитохромов коры.

В листьях (табл. 3—6) максимальное количество желтых фитохромов наблюдается летом. Осенью их количество уменьшается. Исключение составляет виолаксантин, количество которого осенью незначительно увеличивается.

Таблица 1  
Содержание желтых фитохромов в коре и древесине двухлетних побегов светолюбивых пород в мг % на свежий вес (январь)

Название растений	Объект	Каротин	Лютеин	Виолаксантин	Лютеин + виолаксантин / каротин
<i>Acer ibericum</i> M. B.	Кора	3,50	4,80	2,40	2,0
	Древесина	1,20	2,0	0,40	2,0
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Кора	2,70	7,30	2,10	3,5
	Древесина	0,12	0,56	следы	—
<i>Ammygdalus nuxia</i> S. Tamamsch.	Кора	3,20	3,80	2,60	2,7
	Древесина	1,88	1,48	0,66	1,1
<i>Cerasus machaleh</i> (L.) Mill.	Кора	3,10	6,80	3,10	3,2
	Древесина	1,80	2,10	0,60	1,5
<i>Catalpa pentagyna</i> W. et K.	Кора	4,0	5,60	2,40	2,0
	Древесина	1,50	1,84	0,42	1,5
<i>Pyrus georgica</i> Kuthath.	Кора	4,30	8,10	1,72	2,2
	Древесина	3,40	1,78	0,44	0,65
<i>Quercus ibetica</i> Stev.	Кора	3,90	5,90	2,0	2,0
	Древесина	1,52	0,98	0,20	0,77
<i>Spiraea hypericifolia</i> L.	Кора	5,30	8,80	1,44	1,9
	Древесина	2,40	4,0	1,02	2,1
Среднее содержание фитохромов	Кора	3,75	6,64	2,22	2,4
	Древесина	1,73	1,84	0,46	1,4

В литературе есть указания об ином соотношении желтых фитохромов в коре и древесине по сравнению с зелеными листьями [5]. Например, С. Я. Соколов [3], для годичной древесины приводит соотношение каротина и ксантофилла 4:1.

Подобное соотношение мы приводим для коры (каротин:ксантофилл=5:1) и древесины (каротин:ксантофилл=4:1) двухлетних побегов покрытосемянных растений, а также для голосемянных, у которых соотношение каротина и ксантофилла в коре равняется 5:1, а в древесине—2:1, как нами указывалось ранее [1].

Наши дополнительные данные показывают уже иное соотношение. Если проследить соотношение желтых фитохромов в коре во все три срока (табл. 1—6), то увидим, что соотношение каротина и ксантофилла (лютеин+виолаксантин) определенно меняется в пользу ксантофил-



ла, т. е. ксантофилла всегда больше в коре, чем каротина. Так, например, соотношение желтых фитохромов коры (лютеин+виолаксантин к каротину) зимой равняется 2,5, летом—2,0, а осенью—2,3.

Таблица 2

Содержание желтых фитохромов в коре и древесине двухлетних побегов теневыносливых пород в мг%, на свежий вес (январь)

Название растений	Объект	Каротин	Лютеин	Виолаксантин	Лютеин+виолаксантин каротин
<i>Acer velutinum</i> Boiss.	Кора	1,00	2,60	0,34	2,9
	Древесина	0,54	1,74	0,30	3,8
<i>Carpinus caucasicus</i> Grossh.	Кора	3,20	8,90	2,20	3,5
	Древесина	1,94	4,10	1,00	2,6
<i>Corylus avellana</i> L.	Кора	2,0	5,60	0,74	3,2
	Древесина	1,64	3,40	0,30	2,2
<i>Corylus ibérica</i> Wittm. et Kem-Nat.	Кора	2,20	3,50	1,44	2,2
	Древесина	0,84	1,62	0,44	2,4
<i>Fraxinus oxycarpa</i> Willd.	Кора	5,00	8,40	3,10	2,3
	Древесина	0,28	0,88	0,12	3,6
<i>Parrotia persica</i> С. А. М.	Кора	4,0	8,50	4,0	3,1
	Древесина	2,30	2,80	0,78	1,5
<i>Quercus castanifolia</i> С.А.М.	Кора	2,80	5,90	2,60	3,0
	Древесина	0,88	0,78	0,08	0,97
<i>Quercus hartwissiana</i> Stev.	Кора	3,90	6,80	1,50	2,1
	Древесина	1,42	1,62	0,14	1,2
<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	Кора	7,10	8,30	3,40	1,6
	Древесина	2,10	2,0	0,94	1,4
Среднее содержание фитохромов	Кора	3,46	6,50	2,15	2,6
	Древесина	1,33	2,10	0,45	2,2

Подобную картину дает соотношение желтых фитохромов древесины. Зимой это соотношение (лютеин+виолаксантин к каротину) составляет 1,8, летом—1,2, а осенью—1,5. Но иногда оно нарушается незначительно в пользу каротина.

В чем же кроется причина противоречивости фактов? Ответ только один. Как Соколов [3], так и мы ранее [1] пользовались несовершенным методом разделения пигментов, при котором желтые пигменты (особенно каротин) полностью не отделяются от хлорофилла. Даже неувидимая глазом примесь хлорофилла при количественном определении желтых фитохромов (например, в колориметре Дюбоска) дает преувеличенные цифры последних.





Мы попытались найти разницу в содержании желтых фитохромов—каротина, лютеина, виолаксантина коры и древесины у светолюбивых и теневыносливых растений. В некоторые сроки наблюдается определенная, хотя и не четкая, разница в содержании желтых фито-

Таблица 3

Содержание желтых фитохромов в коре и древесине двухлетних побегов светолюбивых пород в мг % на свежий вес (июнь)

Название растений	Объект	Каротин	Лютеин	Виолаксантин	Лютеин + виолаксантин / каротин
<i>Acer ibericum</i> M. B.	Листья	34,8	38,4	8,6	1,3
	Кора	4,0	6,6	1,06	1,9
	Древесина	1,04	1,68	0,10	1,7
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Листья	34,6	34,6	8,8	1,2
	Кора	3,4	6,0	2,0	2,3
	Древесина	0,18	0,48	следы	—
<i>Amygdales arata</i> S. Tamamsch.	Листья	21,0	21,4	7,0	1,3
	Кора	3,4	4,6	—	—
	Древесина	3,4	1,34	0,56	0,36
<i>Cerasus tobachaleb</i> (L) Mill.	Листья	42,6	41,6	21,2	1,5
	Кора	2,6	5,2	0,56	2,2
	Древесина	2,8	1,20	0,38	0,56
<i>Crataegus pentagyna</i> W. et K.	Листья	27,2	23,4	6,0	1,1
	Кора	1,18	1,54	следы	—
	Древесина	1,12	0,66	0,06	0,64
<i>Pyrus georgica</i> Kuthath.	Листья	31,2	29,8	0,6	1,3
	Кора	3,6	7,2	0,84	2,2
	Древесина	1,32	1,18	0,04	0,92
<i>Quercus ibérica</i> Stev.	Листья	39,4	36,0	9,4	1,2
	Кора	2,8	5,0	0,82	2,0
	Древесина	1,58	0,50	следы	—
<i>Spiraea hypericifolia</i> L.	Листья	43,8	44,0	6,0	1,2
	Кора	3,8	6,6	следы	—
	Древесина	1,22	2,6	следы	—
Среднее содержание фитохромов	Листья	34,20	33,64	9,57	1,3
	Кора	3,10	5,34	0,75	2,1
	Древесина	1,58	1,20	0,14	0,88

хромов как коры, так и древесины у светолюбивых и теневыносливых растений. Более четко эта разница выражена в отношении содержания хлорофилла коры и древесины двухлетних побегов у светолюбивых и теневыносливых растений [6]. Известно, во-первых, что в листьях теневыносливых растений содержится гораздо больше зеленых пигмен-



тов, чем у светолюбивых [5], что иллюстрируется и нашими данными для зеленых [6] и желтых фитохромов (табл. 4—6) листьев, и, во-вторых, показано, что соотношения ксантофилл/каротин и хлорофилл

Таблица 4

Содержание желтых фитохромов в коре и древесине двухлетних побегов теневыносливых пород в мг% на свежий вес (июль).

Название растений	Объект	Каротин	Лютеин	Виолаксантин	Лютеин+виолаксантин каротин
<i>Acer reticulatum</i> Boiss.	Листья	49,4	67,8	11,2	1,6
	Кора	2,4	3,0	0,40	1,4
	Древесина	0,34	0,50	следы	—
<i>Carpinus emuscata</i> Grossh.	Листья	30,4	40,2	12,0	1,7
	Кора	4,0	6,8	1,70	2,2
	Древесина	1,52	2,6	0,15	1,8
<i>Corylus avellana</i> L.	Листья	38,6	47,8	13,8	1,6
	Кора	3,8	6,0	1,08	2,3
	Древесина	1,58	1,68	0,34	1,3
<i>Corylus ibesia</i> Witt. et Kera.-Nat.	Листья	45,0	54,0	—	—
	Кора	3,0	4,2	1,24	1,8
	Древесина	0,80	1,36	0,28	2,0
<i>Fraxinus oxycarpa</i> Willd.	Листья	43,8	50,4	28,2	1,8
	Кора	5,2	10,6	1,68	2,4
	Древесина	0,18	0,22	следы	—
<i>Parrotia persica</i> C. A. M.	Листья	23,4	33,2	15,6	2,1
	Кора	4,6	8,0	2,4	2,3
	Древесина	1,26	1,44	0,38	1,4
<i>Quercus castanifolia</i> C. A. M.	Листья	36,6	32,6	9,0	1,2
	Кора	3,0	4,4	0,68	1,4
	Древесина	0,36	0,28	следы	—
<i>Quercus hartwissiana</i> Stev.	Листья	45,0	40,4	9,6	1,1
	Кора	4,0	6,2	1,52	1,9
	Древесина	0,96	0,78	0,12	0,83
Среднее содержание фитохромов	Листья	39,02	45,80	14,20	1,6
	Кора	3,82	6,15	1,34	2,0
	Древесина	0,90	1,11	0,16	1,3

«в»/хлорофилл «а» больше по величине также у теневыносливых растений [7]. Последнее положение в некоторой степени подтверждается и нашими исследованиями (см. табл. 1—6 и работу [6]).

По мнению Гудвина [7], одновременное увеличение «окисленных» форм обоих пигментов, как это отмечается в работе Зейбольда и Эгле,

исключает существование сопряженной окислительно-восстановительной системы. Но Д. И. Сапожников и Ю. Б. Лопаткин [8] установили, что при благоприятных условиях фотосинтеза соотношение каротина и ксантофилла действительно увеличивается.

Таблица 5

Содержание желтых фитохромов в коре и древесине двухлетних побегов светолюбивых пород в мг % на сухой вес (октябрь)

Название растений	Объект	Каротин	Лютеин	Виюлаксантин	Лютеин + виюлаксантин / каротин
<i>Acer ibericum</i> M. B. (листья лимонножелтые)	Листья	7,4	13,4	6,0	2,6
	Кора	2,6	4,0	1,70	2,2
	Древесина	1,06	1,30	0,42	1,6
<i>Allanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Листья	19,2	43,6	19,8	3,3
	Кора	4,0	7,4	2,2	2,4
	Древесина	0,28	0,42	следы	—
<i>Amygdalus narta</i> S Tamamsch.	Листья	19,8	20,2	13,6	1,7
	Кора	7,6	8,0	3,0	1,4
	Древесина	4,0	2,2	1,18	0,84
<i>Cerasus machaleb</i> (L.) Mill.	Листья	28,6	41,0	25,6	2,3
	Кора	2,8	5,6	1,42	2,1
	Древесина	2,8	1,24	0,54	0,63
<i>Crataegus pentagyna</i> W. et K.	Листья	16,6	21,2	8,8	1,8
	Кора	2,6	7,0	1,48	3,3
	Древесина	2,2	1,76	0,74	1,1
<i>Pyrus georgica</i> Kut- hath.	Листья	26,2	39,6	14,6	2,1
	Кора	4,2	8,0	1,92	2,4
	Древесина	0,26	2,0	0,54	0,6*
<i>Quercus ibericâ</i> Stev.	Листья	39,4	51,4	15,0	1,7
	Кора	6,4	12,0	3,4	2,4
	Древесина	1,10	0,68	0,12	0,91
<i>Spiraea hypericifolia</i> L.	Листья	34,0	47,8	15,4	1,8
	Кора	6,4	8,6	3,0	1,8
	Древесина	2,6	4,8	1,40	2,4
Среднее содержание фитохромов	Листья	24,02	34,77	14,67	2,2
	Кора	4,57	7,7	2,26	2,3
	Древесина	1,66	1,80	0,64	1,2

\* При выведении среднего эта цифра не входит.

Следует отметить, что во все сроки нашего исследования очень часто на хроматограммах между лютеином и виюлаксантином отмечается наличие неизвестного бледно-оранжевого фитохрома. Этот фитохром



некоторыми авторами предположительно принимается за зеаксантин [9]. Стрейни [10] его считает обязательным компонентом для зеленых растений. Мы склонны думать, что это неизвестное бледно-оранжевое вещество является не зеаксантином, а изолютеином.

Таблица 6

Содержание желтых фитохромов в коре и древесине двухлетних побегов теплолюбивых пород в мг %, свежий вес (октябрь)

Название растений	Объект	Каротины	Лютеины	Виолаксантин	Лютеин + виолаксантин
					каротин
<i>Acer reticulatum</i> Boiss.	Листья	23,6	18,4	3,2	0,01
	Кора	2,8	4,2	1,6	2,0
	Древесина	0,90	1,44	0,52	2,2
<i>Carpinus caucasica</i> Grossh.	Листья	19,0	20,2	8,4	2,0
	Кора	4,6	8,8	1,82	2,3
	Древесина	2,0	3,2	0,70	1,9
<i>Corylus avellana</i> L.	Листья	29,2	36,4	13,2	1,7
	Кора	3,8	7,6	2,2	2,6
	Древесина	2,4	4,2	1,04	2,2
<i>Corylus Iberica</i> Wittm. et Kem. Nat.	Листья	21,2	28,0	10,2	1,8
	Кора	3,6	5,4	2,2	2,1
	Древесина	1,30	2,4	0,78	2,4
<i>Fraxinus oxycarpa</i> Willd.	Листья	30,4	50,0	16,4	2,2
	Кора	8,8	23,0	3,4	3,0
	Древесина	0,32	0,52	0,20	2,2
<i>Parrotia persica</i> C. A. M.	Листья	23,0	28,6	13,2	1,8
	Кора	4,4	8,6	3,4	2,7
	Древесина	1,78	1,72	0,92	1,5
<i>Quercus castanifolia</i> C. A. M.	Листья	41,0	42,4	20,2	1,5
	Кора	4,4	6,4	2,0	1,9
	Древесина	0,74	0,42	следы	—
<i>Quercus hartwegiana</i> Stev.	Листья	51,8	78,6	21,8	1,9
	Кора	5,2	8,6	3,2	2,3
	Древесина	0,88	0,74	0,30	1,2
Среднее содержание фитохромов	Листья	29,90	38,95	13,32	1,7
	Кора	4,70	9,07	2,16	2,4
	Древесина	1,29	1,85	0,56	1,9

В результате нашего исследования приходим к выводу, что комплекс желтых и зеленых внелистных фитохромов пластид представляет собой весьма лабильную систему, которая реагирует на внутренние и внешние изменения среды.

Академия наук Грузинской ССР

Институт ботаники

Тбилиси

(Поступило в редакцию 23.3.1964)



ბ. კიხიძის ქუჩა, თბილისი

 მისწავლა და მისწავლის უწყვეტი ფიტოქრომების  
 სინთეზის ცვლილებები

რეზიუმე

1962 წელს შესწავლილია სინთეზის მოწყობა და ჩრდილისამტან მცენარეთა ორწლიანი ლეროების ქერქისა და მერქნის ყვითელი ფიტოქრომების—კაროტინის, ლუტეინისა და ვიოლაქსანტინის შემცველობა წლის სხვადასხვა დროს. გამოირკვა, რომ: 1) ქერქსა და მერქანში ყვითელი ფიტოქრომები გაცილებით მეტია შემოდგომისა და ზამთარში; 2) ქერქში ყვითელი ფიტოქრომების შეფარდება ლუტეინი+ვიოლაქსანტინი კაროტინთან ასეთია: ზამთარში—2,5, ზაფხულში—2,0, შემოდგომით—2,3.

მერქანში ეს შეფარდება რამდენადმე დაბალია და შესაბამისად არის: 1,8; 1,2; 1,5. 3) ჩრდილისამტანი მცენარეების ორწლიანი ლეროების ქერქსა და მერქანში ყვითელი ფიტოქრომები (ხოციერთი გამონაკლისის მიუხედავად) შედარებით უფრო დიდი რაოდენობითაა წარმოდგენილი, ვიდრე სინთეზის მოწყობის მცენარეების ლეროების ქერქსა და მერქანში.

## დასასრული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Н. Кецховели. Пластинные фитохромы коры и древесины. Труды Тбилисского ботанического ин-та, XIX, 1958, 279—334.
2. С. И. Лебедев. Физиологическая роль каротина в растении. Изд. АН УССР, Киев, 1953, 3—160.
3. С. Я. Соколов. Хлорофилл в древесине ветвей. Ботанический журнал, XXXVIII, 5, 1953, 661—685.
4. Д. И. Саложников, И. А. Бронштейн-Попова, Т. А. Красовская и А. Н. Маевская. Количественное определение основных каротиноидов зеленого листа с помощью бумажной хроматографии. Физиология растений, 3, в. 5, 1956, 487—489.
5. В. Любименко. О превращениях пигментов пластид в живой ткани растения. Зап. Им. АН, серия 8, 33, Петроград, 1916, 1—274.
6. Э. Н. Кецховели. Роль внелистового хлорофилла в усвоении углерода древесными растениями (рукопись). Отдел анат. и физиол. раст. Ин-та ботаники АН ГССР, 1962.
7. Т. Гудвин. Сравнительная биохимия каротиноидов. ИЛ, М., 1954.
8. Д. И. Саложников и Ю. Б. Ловатки. К вопросу о роли каротиноидов в фотосинтезе. ДАН СССР, 72, 2, 1950, 413—415.
9. И. А. Попова. О пигментах листьев памирских растений. Ботанический журнал, 43, 11, 1958, 1550—1561.
10. H. H. Strain. Chloroplast pigments and chromatographic analysis. Thirty-second annual Priestley lectures (March 21 to 28). The Pennsylvania State University, 1958, 1—180.



ბიოქიმიკა

8. დოლიძე

აბარცინიფობით შესწარმებულ, აბრეშვი აბლაბაშვიანი ტიპის  
 მიმკ დაზიანებული მაზის ფოთლებზე ზონიური ფიზიოლო-  
 გიური სპიტივის შესწავლისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. კლდიაშვილმა 6.12.1963)

შენე ორგანიზმების წინააღმდეგ მცენარეთა ქიმიური დაცვის საქმეში  
 სინთეზურ-ორგანული პესტიციდების ფართოდ გამოყენებამ აუცილებელი  
 გახდა მათი ფიტოფიზიოლოგიური აქტივობის შესწავლა. ღრმად ინსექტი-  
 ციდებით გამოწვეული ფიტოფიზიოლოგიური გავლენა უფრო ერთწლიან მცე-  
 ხარეებზე არის ცნობილი, ხოლო მრავალწლიანებზე მას უმნიშვნელო ყურად-  
 ლება ეთმობოდა [1]. ამ სტატიის მიზანს შეადგენს კელტანის (1.1-ბი-11-ქლორ-  
 ფენილ) 2, 2, 2-ტრიქლორეტანოლის) და ფოსფამიდის (0.0-დიმეთილ-S-(N-  
 მეთილკარბამიდ მეთილ-დიეთიოფოსფატი) შესხურების, აგრეთვე აბლაბაშვიანი  
 ტიპის მიერ დაზიანების გავლენის დადგენა ვაზის ფოთოლში მიმდინარე  
 სუნთქვაზე და მასში პიგმენტების შემცველობაზე. აღნიშნულ ფიზიოლოგიურ  
 პროცესებს დიდი საინტერესო მნიშვნელობა აქვს მცენარისათვის. სწორედ  
 ამის გამო საინტერესოდ მივიჩნით მათი შესწავლა ხსენებული აქტივობით  
 შესხურებულ და ტიპათი დაზიანებულ ვაზის ფოთოლში.

აგროტოქსიკოლოგიური თვალსაზრისით სუნთქვის შესწავლა საინტერესო  
 იმდენად, რამდენადაც მას შეეცლილ გარემოსადაში მცენარის შეფუების სა-  
 შეალებად თვლიან [2]. ამასთანავე მიუთითებენ [3] სუნთქვის ინტენსივობასა  
 და მცენარის იმუნიტეტს შორის მჭიდროდ დამოკიდებულებაზე. რაც შეეხება  
 ფოთლის პიგმენტებს, ისინი დიდ როლს ასრულებენ მცენარის ფოტოსინთე-  
 ზის პროცესში, როგორც სინათლის გარკვეული სპექტრის მშთანთქმელი და  
 ამ გზით ფოტოპროდუქტების წარმოქმნელი [4, 5].

არის მონაცემები [1, 7], როცა ზოგჯერ ინსექტიციდის გამოყენება პირ-  
 ველ ხანებში აყინებს მცენარეს, ხოლო შემდგომ მოქმედებს მასზე როგორც  
 სტიმულატორი. ვფიქრობთ, რომ მცენარის მიერ შხამისაღმი ასეთი ადაპტაცია  
 შეიძლება მივიჩნიოთ დეტოქსიკაციის მოვლენად, ხოლო თვით ეს პროცესი ფი-  
 ტოფიზიოლოგიური მოქმედებით გამოწვეულ იმუნიტეტად. ამ მოსაზრების  
 სასარგებლოდ ლაპარაკობს დეტოქსიკაციის განმარტება [6], რომლის მიხე-  
 დვით ის წარმოადგენს ცოცხალი ორგანიზმის მიერ დაცვითი რეაქციის შედეგს.  
 ამავე დროს პრაქტიკაში გვხვდება საწინააღმდეგო შემთხვევაც, ე. წ. ფოტო-  
 ტოქსიკრობა, როდესაც ინსექტიციდის შესხურებით მცენარე ნაწილობრივ

ან მთლიანად ზიანდება. ასეთ მავალითებს უმთავრესად ეამჩნევა მცენარეთვის არახელსაყრელ ტემპერატურულ პირობებში. ცნობილია, რომ მცენარე მისთვის უჩვეულო ტემპერატურულ გარემოში თავს აცავს ზოგიერთი ფიზიოლოგიური პროცესის შენელების გზით. რა თქმა უნდა, ასეთ პასიურ მდგომარეობაში მყოფმა მცენარემ მოსალოდნელია თავისთვის დამახასიათებელი დაცვითი რეაქციით ვერ უპასუხოს ინტოქსიკაციას და ის დაზიანდეს, ე. ი. ფიტოტოქსიკურობა, როგორც დეტოქსიკაციის საწინააღმდეგო მოვლენა. მოგვაჩინა მცენარის მიერ ტოქსიკანტისადმი დაცვითი ფიზიოლოგიური რეაქციის შენელების შედეგად.

აღნიშნულიდან გამომდინარე გასაგებია ის პრაქტიკული და თეორიული მნიშვნელობა, როდესაც პესტიციდების შედარებითი შეფასებისას მათ ფიტოფიზიოლოგიურ აქტიურობასაც ვაერთვალისწინებთ. კერძოდ, პესტიციდების ფიტოფიზიოლოგიური გავლენის შესწავლა ხელს შეუწყობს მცენარეთა ქიმიური დაცვის საქმეში მათ რაციონალურად გამოყენებას.

### მასალა და მეთოდები

ცდები დაყენებული იყო (1963 წ) საქართველოს მეზღვეობის, მევენახეობისა და მეღვინეობის სამეცნიერო კვლევით ინსტიტუტის საწარმოო საცდელ ბაზაზე სოფ. ვაშლაჯვარაში (გარდაბნის რ.).

საცდელად ავიღეთ ჯიში რქაწითელის სრულმოსავლიანი თანაბრად დეტვირებული ვაზები. ვაზები შესხურდა (26 VI) კონტაქტური და სისტემური აკარიციდით. კონტაქტურიდან გამოყენებულ იქნა 20% კელტანის (0,15 — 0,2%) და სისტემურებიდან 40% ფოსფამიდის (0,1 — 0,15%) ემულსიები. სამუშაო ნაზავი და კონტროლზე წყალი შესხურდა „ჰიდრობულტის“ სისტემის სასხურებლით.

ვაზის ფოთლებში სუნთქვის ინტენსივობას ვადგენდით პრეპარატების შესხურებიდან მე-3, 10, 20, 33 და 45 დღეს (დღის 12 საათზე). საანალიზოდ ვიყენებდით ერთნაირი ხნოვანებისა და ერთგვაროვან პირობებში (იარუსი, განათება, ექსპოზიცია) აღზრდილ ფოთლებს. ყოველ ვარიანტზე ნიმუშისათვის ვოდებდით ვაზის 6 — 6 ფოთოლს, მათ შორის სამს ვიყენებდით პარალელური ანალიზებისათვის.

საკონტროლო ვაზებზე ადვილად მრავლდებოდა ტკიპა, ამიტომ სამოდგელოდ შევარჩიეთ 6 ძირი მცენარე და მას სისტემატურად ვასუფთავებდით (ფენჯით) მკენებლისაგან. ამასთანავე ცალკე შევისწავლეთ სუნთქვის ინტენსივობის დინამიკა აბლაბუდიანი ტკიპის მიერ დაზიანებულ ვაზის ფოთლებშიც.

სუნთქვის განსაზღვრისათვის ნიმუშად აღებულ ფოთლებს აწონვის შემდეგ ვათავსებდით (ჩამოკიდებით) სპეციალურად მოწყობილ ქილებში, რომელშიც ჩასხმული იყო (40 მმ მოცულობის) 0,02N Ba(OH)<sub>2</sub>-ის, ქილებს, ფოთლებიანად ვათავსებდით სიბნელეში 22 — 23° ტემპერატურაზე ერთი საათის ექსპოზიციით. ბარიუმის ტუტის მიერ შთანთქმულ CO<sub>2</sub> რაოდენობას ვსა-



ზღვრადით მის გატიტვრაზე დახარჯულ 0.02 ნორმალობის HCl-ის რაოდენობის მიხედვით. პარალელურად ისაზღვრებოდა შთანთქმული CO<sub>2</sub> რაოდენობა საკონტროლო ქილებშიც (ფოთლის გარეშე), რის შემწეობითაც ვგებულობდით ფოთლის მიერ გამოყოფილ CO<sub>2</sub> რაოდენობას.

სუნთქვის ინტენსივობა გამოვხატეთ 50 გრამი მასის მიერ ერთ საათში გამოყოფილ CO<sub>2</sub> რაოდენობაზე მილიგრამებით. პიკმენტების რაოდენობა დავადგინეთ საპოენიკოვის ცნობილი მეთოდით, ხოლო მათი რაოდენობა გამოვხატეთ მგ% ლიტრ გამსხნელზე.

### მიღებული შედეგები

გამოყვებით დადასტურდა, რომ ვაზების შესხურებიდან მესამე დღეს ფოთლებში სუნთქვის ინტენსივობა საკონტროლოსთან (190 მგ-მდე) შედარებით თითქმის თანაბრად (168,45 მგ-მდე) შემცირდა კელტანის 0,2 და ფოსფამიდის 0,15% კონცენტრაციებზე. სუნთქვის ენერჯის გაზრდა (218 მგ-მდე) აღინიშნა კელტანის 0,15 და ფოსფამიდის 0,1% ემულსიით შესხურებულ ვაზის ფოთლებში, როგორც ვხედავთ, პირველ ხანებში სუნთქვის ინტენსივობა საცდელი პრეპარატების შედარებით მაღალმა (0,15 — 0,2%) კონცენტრაციებმა შეანელა, ხოლო დაბალმა (0,1 — 0,15%) უფრო გაზარდა.

სუნთქვის ინტენსივობა შესხურებიდან მე-10 დღეს საკონტროლოზე აღწევდა 137 მგ, ხოლო ფოსფამიდის 0,1 და 0,15% შესხურებულ ფოთლებში უფრო ნაკლებს — 127,3 მგ-მდე.

ამ პერიოდში შედარებით გაიზარდა (152 მგ) სუნთქვა კელტანის ორივე (0,15 — 0,2%) კონცენტრაციის გამოყენებით, ე. ი. შესხურებიდან მე-10 დღეს სუნთქვის ინტენსივობა შეანელა ფოსფამიდმა, ხოლო შედარებით გაააქტიურა კელტანის გამოყენებამ. შესხურებიდან 33-ე დღეს სუნთქვის ენერჯის გაზრდა (208,6 მგ-მდე) აღინიშნა ფოსფამიდით დამუშავებულ ვაზებზე, ხოლო კელტანით შესხურებულ ფოთლებში ის დაბალი იყო (149 მგ-მდე). სუნთქვის ინტენსივობა კელტანისა და ფოსფამიდით შესხურებულ ვაზის ფოთლებში საკონტროლოს (141 მგ-ს) მიუახლოვდა მათი შესხურებიდან 45-ე დღეს. აღსანიშნავია ისიც, რომ აღრიცხვის მონაცემების უველა პერიოდის შედარებისას სუნთქვის ენერჯია საკონტროლო ვაზის ფოთლებშიც არათანაპიროვნებულად იცვლებოდა, რაც ცდის წელს (1963) ამინდის უჩვეულო ცვალებადობით უნდა აიხსნას.

სუნთქვის ინტენსივობაზე მიღებული დაკვირვების შედეგები მოწმობს, რომ კელტანისა და ფოსფამიდის ემულსიებით შესხურებულ ვაზის ფოთლებში აღვილი აქვს მის ცვლილებებს მომეტებულად შენელების ხარჯზე. ზოგიერთი [1] მკვლევარი ინსექტიციდით შესხურებულ მცენარეში სუნთქვის ნორმალური მდგომარეობიდან გადახრას უჩრდის კოლოიდურ-ქიმიურ ცვლილებებს მიაწერს. ცნობილია [8] ისიც, რომ სუნთქვის ინტენსივობის გაზრდა ამცირებს მცენარეში დაგროვილ მშრალი მასის მარაგს. ამასთან არის საწინააღმდეგო მონაცემები [1], როდესაც ინსექტიციდებით შესხურებულ მცენარეში





სუნთქვის ენერჯის გაზრდამ არათუ შეამცირა, პირუტყვ, მშრალი მარცხენა და მარჯვენა გამოიწვია, ე. ი. მარტო სუნთქვის ინტენსივობა არ განსაზღვრავს სუნთქვის არსებული ორგანული მასის ხარჯვის რაოდენობას, თუ მასთან ერთად არ იწინება შესწავლილი ფოტოსინთეზის პროდუქტიულობა, რადგან ამ შემთხვევაში მნიშვნელობა ექნება მცენარეში ასიმილაციისა და დისიმილაციის პროცესების სიძლიერის ურთიერთ თანაფარდობას.

რაც შეეხება ტკიპის მიერ სხვადასხვა ინტენსივობით დაზიანებულ ვაზის ფოთოლში სუნთქვის ენერჯიაზე ჩატარებული ანალიზის შედეგებს, ირკვევა, რომ რაც უფრო მეტადაა დაზიანებული (დაწყებულ 40%-დან) ფოთლის ფართობი, მით უფრო შენელებულია (92%-მდე) მასში სუნთქვის ინტენსივობა, მაშინ რთდესაც ნაკლებად (25%-მდე) დაზიანებულ ვაზის ფოთლებში სუნთქვის ენერჯია კონტროლთან შედარებით 217% უდრიდა.

ძლიერ დაზიანებულ ვაზის ფოთოლში სუნთქვის შენელების მიზეზად უნდა მივიჩნიოთ მავნებლის მიერ კვების პროცესში გამოწვეული მექანიკური და ქიმიური გაღიზიანებანი, რაც შეცვლიდა უჯრედის ნორმალურ ბიოქიმიურ პროცესებს. ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვან როლს ითამაშებდა აგრეთვე დაზიანებული და საღ ქსოვილებს შორის თანაფარდობაც. ერთად, საღ ქსოვილებს დომინანტობისას მცენარე უფრო აქტიური დაცვითი სასასუბო რეაქციას გამოიჩინდა, ვიდრე კარბად დაზიანებული უჯრედების შემთხვევაში ამ მოსაზრებით უნდა აიხსნას ჩვეს ცდებში ნაკლებად დაზიანებულ ვაზის ფოთლებში სუნთქვის გაზრდილი ენერჯია, ხოლო ძლიერ დაზიანებულში მისი დაქვეითება.

როგორც ცნობილია [6], პიგმენტების რაოდენობრივი შემცველობა და შესაბამისად ფოთლის შეფერვის ინტენსივობა დიდად არის დამოკიდებული გარემოს ზეგავლენაზე. ამ მოსაზრებით საინტერესოა განვიხილოთ 1 ცხრილში მოყვანილი შედეგები.

1 ცხრილის მონაცემებით, ვაზის ფოთოლში ქლოროფილისა და კაროტინის შემცველობა კონტროლთან შედარებით შეადგენდა: ფოსფამიდით (0,15%) შესხურებულზე 145,2 — 140,5%, ხოლო კელტანით (0,2%) დამუშავებულზე 108—113,1%. აბლაბუდიანი ტკიპის მიერ ძლიერ (90%) დაზიანებული ვაზებიდან აღებულ ფოთოლში ქლოროფილი და კაროტინი მხოლოდ 61,8—64,6% უდრიდა. იმავე 1 ცხრილის მონაცემებით ცდის ყველა დასახლებული ვარიანტიდან აღებულ ფოთლის ნიმუშებში ქსანტოფილის შემცველობა შემცირდა 70,68-დან 94,9%, თანაც ეს შემცირება ჩვენთვის აუხსნელი მიზეზებით არაკანონოზომიერია.

მიღებული შედეგებიდან ამჟამად, რომ კელტანის და განსაკუთრებით ფოსფამიდის შესხურებამ საგრძნობლად გაზარდა ვაზის ფოთლებში ქლოროფილისა და კაროტინის რაოდენობა, ტკიპით ძლიერ დაზიანებულ ფოთოლში დასახლებული პიგმენტების შემცველობა საგრძნობლად შემცირდა.

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ კელტანისა და ფოსფამიდის ემულსირებით შესხურებულ ვაზის ფოთლებში ადგილი აქვს სუნთქვის ღრმა ცვლილებებს; მათმა გამოყენებამ ხელი შეუწყო ვაზის ფოთლებში ქლორო-



ფილისა და კაროტინის შემცველობის გაზრდას. აღნიშნული ფაქტები რგბინებს ვაზის ფოთლის მიმართ კელტანისა და ფოსფამიდის სტიმულატორულ მოქმედებაზე.

ცხრილი 1

პიგმენტების შემცველობაზე ჩატარებული ანალიზის შედეგები აგარიცილებით შესხერხებულ აგრიცივ აბლაბუდოანი ტკობის მიერ დაზიანებულ ვაზის ფოთლებში

ვარიანტის დასახელება	პიგმენტების რაოდენობა წველწონაში ლიტრ გამზ. ხეხუკ გადაყვებით					
	ქლოროფილის		კაროტინის		ქსანთოფილის	
	ხელოვანში (%-ით)	კონტროლთან შედარებით (%-ით)	ხელოვანში (%-ით)	კონტროლთან შედარებით (%-ით)	ხელოვანში (%-ით)	კონტროლთან შედარებით (%-ით)
კონტროლი	130,3	100	216,7	100	92,8	100
ფოსფამიდის მკურნალობით შესხერხებული	179,6	145,2	301,5	140,5	65,6	70,36
კელტანის მკურნალობით შესხერხებული	330,6	108,0	245,0	113,1	88,1	94,9
აბლაბუდოანი ტკობის მიერ ძლიერ (95%) დაზიანებული	20,4	61,8	140,0	64,6	65,6	70,68

მიღებული შედეგების საბოლოო ანალიზი საფუძველს გვაძლევს დასძულა საკითხის ღრმად დამუშავებისათვის, ამასთანავე ნათელ წარმოდგენას ვღებულობთ აბლაბუდიანი ტკობას მიერ დაზიანებული ვაზების ფიზიოლოგიური შეფასებისათვის. გარდა აღნიშნულისა, ჩატარებული გამოკვლევები მოწმობს კელტანისა და ფოსფამიდის ფიტოფიზიოლოგიურ აქტიუობას, რაც თავის მხრივ ადასტურებს ვაზის მავნებლების წინააღმდეგ მათი გამოყენების პერსპექტიულობას.

საქართველოს ნებაღეობის, მევენახეობისა და მეღვინეობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

(რედაქციაში მოვიდა 6. 12. 1963)

ЭНТОМОЛОГИЯ

Г. В. ДОЛИДZE

К ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ ФИЗИОЛОГИИ ВИНОГРАДНОГО ЛИСТА, ОПРЫСНУТОГО АКАРИЦИДАМИ, А ТАКЖЕ ЛИСТА, ПОВРЕЖДЕННОГО ПАУТИННЫМ КЛЕЩОМ

Резюме

Представленные материалы и их анализ свидетельствуют о глубоком изменении (преимущественно о повреждении) дыхания в листьях



дозы, опрыснутой эмульсией кельтана (0,15—0,2%) и фосфамида (0,1—0,15%) Было установлено, что в опрыснутых листьях по сравнению с контрольными (не поврежденными вредителями) увеличивается содержание хлорофилла и каротина: 0,15%-ным фосфамидом—на 45,2—40,5%, а 0,2%-ным кельтаном—на 8—13%.

Полученные данные указывают на стимулирующее действие кельтана и фосфамида на листья лозы.

Было отмечено также, что сильное (начиная от 40%) повреждение поверхности листа, вызванное паутиным клещиком, по сравнению с контролем понижает как интенсивность дыхания, так и содержание в листьях хлорофилла на 38,2% и каротина на 35,4%.

Содержание ксантофилла во всех вариантах нашего опыта оказалось пониженным (от 5,1 до 30%), причем это понижение происходило без каких-либо закономерностей.

Анализ проведенных данных дает основу для продолжения работы по означенным вопросам. Кроме того, полученные данные подтверждают перспективность применения кельтана и фосфамида для защиты виноградной лозы от вредителей.

#### Список литературы—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Богдарина. Физиологические основы действия инсектицидов на растение. Сельхозиздат, М.—Л., 1961.
2. Е. В. Арциховская, Б. А. Рубин. Дыхание растения как приспособительная функция. Успехи современной биологии, т. XXXVII, в. 2, 1954.
3. Б. А. Рубин. Дыхание и его роль в иммунитете растений. Изд. АН СССР, М., 1960.
4. Б. А. Рубин. Курс физиологии растений. Госиздат, М., 1961.
5. Е. Рабинович. Фотосинтез, т. 2. ИЛ, М., 1953.
6. Ю. В. Ракигин, Н. А. Шидловская. О детоксикации некоторых синтетических веществ в растении. ДАН СССР т. 22, № 1, 1958.
7. А. А. Богдарина. Вопросы физиологии растений при химической защите. Защита растений от вредителей и болезней, № 3, 1961.
8. П. А. Колесников. Взаимосвязь между дыханием и фотосинтезом. Успехи современной биологии, т. XLVII, в. 3, 1955.

Г. В. ГЕГЕНАВА

ПРЕДПОСЫЛКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ТРУДНОСТИ  
БОРЬБЫ С ЦИТРУСОВОЙ  
БЕЛОКРЫЛКОЙ

(Представлено академиком Л. А. Канчавели 16.4.1964)

Цитрусовая белокрылка, завезенная в Грузинскую ССР всего несколько лет назад (обнаружена в 1957 г.), стала бичом субтропического хозяйства республики. Она особенно сильно вредит цитрусовым насаждениям, ослабляя деревья и значительно ухудшая качество их плодов. Проводимые против этого вредителя мероприятия (2—3-кратные ежегодные опрыскивания различными препаратами) не только не ограничивают ареал распространения, но и не снижают наносимый цитрусовой белокрылкой ущерб.

Это можно объяснить следующим: цитрусовая белокрылка поселяется и нормально развивается не только на цитрусовых, но и на многих других вечнозеленых и листопадных, в том числе на дикорастущих растениях. Лечение же проводится только в цитрусовых насаждениях и редко на других культурах и декоративных деревьях, вследствие чего белокрылка (много) свободно перелетает с необработанных участков на обработанные. Имея большой потенциал размножения, вредитель в течение недолгого времени восстанавливает первоначальную численность. В результате лечения деревья, очищенные от белокрылок, через 20—30 дней не отличаются от необработанных растений.

Заслуживает внимания и такой факт: все три поколения цитрусовой белокрылки приурочены к трем периодам вегетации цитрусовых. На леченных деревьях развиваются более мощные побеги, которые по сравнению с нелечеными деревьями больше привлекают имаго следующего поколения белокрылки для откладки яиц. Вследствие этого через некоторое время после обработки зараженность белокрылкой леченных деревьев часто оказывается большей, чем необработанных растений.

Следовательно, для достижения высокой эффективности в борьбе с цитрусовой белокрылкой, решающим условием является одновременная обработка всех зараженных этим вредителем культурных насаждений и дикорастущей растительности.



Между тем, как было отмечено выше, цитрусовая белокрылка размножения (три поколения в году и в среднем 100 яиц от каждой самки) и массовая обработка зараженных насаждений без обеспечения процента смертности, предотвращающей нарастание численности вредителя, не может дать желаемого результата.

Мерой, по которой можно судить о величине процента смертности, необходимой для этой цели, по нашему мнению, должен служить так называемый «коэффициент нормального уничтожения» [1], рассчитываемый по формуле Швельфера (1932):

$$p = \left[ i \cdot 0 \left( 1 - \frac{a_1}{100} \right) \left( 1 - \frac{a_2}{100} \right) \cdots \left( 1 - \frac{a_n}{100} \right) \right]^n,$$

где

$p$ —предполагаемое количество белокрылок, полученных от одного индивида в течение года;

$n$ —количество генерации (в данном случае 3);

$0$ —половая продукция (в среднем 100 яиц);

$i$ —половой индекс (для цитрусовой белокрылки около 0,5);

$a_1, a_2, \dots, a_n$ —смертность, вызванная разными причинами (в данном случае по наблюдениям Аджарской карантинной лаборатории и ГрузИЗР) [2]:

$a_1$ —процент естественной гибели яиц и вновь вышедших личинок (около 80%);

$a_2$ —процент естественной смертности личинок (4,6%);

$a_3$ —процент естественной гибели пупариев (14,1%).

Отсюда

$$p = \left[ 100 \cdot 0,5 \left( 1 - \frac{80}{100} \right) \left( 1 - \frac{4,6}{100} \right) \left( 1 - \frac{14,1}{100} \right) \right]^3 = 551.$$

Следовательно, от одного индивида в течение года получается 551 индивид цитрусовой белокрылки. Для достижения «коэффициента нормального уничтожения» в результате лечения должны погибнуть 550 индивидов, а живым должен остаться один, т. е. смертность от применяемого препарата составит 99,8%.

Такая высокая смертность обеспечит подавление численности вредителя до такой степени, что сможет предотвратить ущерб, наносимый цитрусовой белокрылкой. В том случае, если процент смертности ниже, возникает необходимость повторного лечения.

Для иллюстрации допустим, что при лечении достигается смертность, равная 96%. Это означает, что до «коэффициента нормального уничтожения», т. е. до 99,8%, недостает 3,8% и из 551 индивида остаются живыми 22 экземпляра белокрылки (вместо одного). С целью доведения этого количества до «коэффициента нормального уничтожения»

потребуется повторное лечение с тем расчетом, чтобы обеспечить смертность 21 индивида из 22 оставшихся в живых, т. е. на 95,4%. При этом следует оговориться, что такое суждение справедливо только в пределах одной генерации, например при зимнем и весеннем опрыскиваниях против зимующего поколения.

В случае проведения этих двух курсов лечения против разных поколений картина меняется и становится необходимым достижение более высокого процента смертности. К примеру, допустим, что первый курс лечения, обеспечивающий 96% смертности вредителя, был проведен против зимующего поколения, а повторное, корректирующее лечение предлагается провести против личинок первой (летней) генерации. Пользуясь той же формулой Цвальфера, можно определить, что из 22 оставшихся в живых после первого курса лечения индивидов белокрылки к моменту второго курса отродится

$$p = 22 \cdot 100 \cdot 0,5 \left( 1 - \frac{80}{100} \right) \left( 1 - \frac{4,6}{100} \right) = 198 \text{ личинок.}$$

Для достижения «коэффициента нормального уничтожения» необходимо, чтобы из этого количества погибали 197 и остался живым только один индивид, т. е. смертность личинок должна быть не менее 98,4%.

В рассмотренных примерах достигается «коэффициент нормального уничтожения», т. е. обеспечение такого процента смертности, в результате которого плотность заражения белокрылкой к концу года остается равной ее величине в начале года. Затем, в течение зимы плотность заражения уменьшается под действием низких температур и, если в последующем году лечение опять обеспечит достижение «коэффициента нормального уничтожения», создается условие для постепенного снижения вреда, наносимого этим вредителем цитрусовым и другим насаждениям.

Однако получение такого высокого процента смертности затрудняется из-за биологических особенностей цитрусовой белокрылки. Во-первых, данный вредитель откладывает яйца преимущественно на нижней стороне листа, где потом они проходят все фазы развития. Существующие пестициды по отношению к белокрылке имеют только контактную активность (это относится и к препарату рогору, действие которого в лучшем случае можно рассмотреть как локально-глубинное, а не системное), в связи с чем непререкаемым условием обеспечения высокой смертности вредителя является полное смачивание нижней стороны листьев, что достигается с большим трудом на разновозрастных цитрусовых и других деревьях, характеризующихся загущенной кроной.



Во-вторых, различные фазы цитрусовой белокрылки неодинаково чувствительны к действию контактных инсектицидов. Яйца являются наиболее стойкими, и борьба против этой фазы практически исключается. Личинки уязвимы для инсектицидов, особенно в младших возрастах. Пуарии хотя и чувствительны к действию контактных препаратов (особенно после появления «желтых головок»), но по сравнению с личинками устойчивы. Имаго чувствительны к действию многих препаратов, но из-за растянутости их лёта пригодными являются только препараты, характеризующиеся персистентностью, т. е. в основном хлороорганические инсектициды типа ДДТ. Применение последних приводит к массовой гибели энтомофагов, что способствует размножению более опасных, чем цитрусовая белокрылка, вредителей цитрусовых из группы кокцид. Вследствие этого имаго исключается из аспекта борьбы.

Следовательно, целесообразной является борьба преимущественно против личинок, однако цитрусовая белокрылка характеризуется недружным отрождением и в этой фазе в максимуме бывает только в зимне-весенний период (личинки зимующего поколения) и отчасти после окончания цветения (личинки первого поколения). В остальное время в фазе личинок одновременно находится не более 20—25% из общей популяции белокрылки, остальная масса—яйца, пуарии и имаго, т. е. фазы, стойкие к инсектицидам или непригодные для борьбы по другим причинам.

В зимне-весеннее время борьба затрудняется из-за неблагоприятных погодных условий, а после цветения цитрусовая белокрылка в фазе личинок находится только 12—15 дней, в течение которых обработка всех зараженных насаждений и дикорастущей растительности оказывается также затруднительной.

Такая образ, высокую эффективность борьбы с цитрусовой белокрылкой можно получить только в том случае, если лечение будет проведено в строго определенные сжатые сроки, будет обеспечено при этом полное смачивание нижней стороны листьев и если этими обработками одновременно будут охвачены все зараженные насаждения и дикорастущая растительность. Соблюдение этих условий, как было отмечено выше, связано с большими трудностями, тем более что в данное время зараженная дичина вредителем площадь уже достигает нескольких тысяч гектаров. Однако, учитывая большой вред, наносимый цитрусовой белокрылкой субтропическим насаждениям, необходимо принять все меры для осуществления этих условий. В дальнейшем же для преодоления отмеченных затруднений необходимо сосредоточить внимание исследователей на поисках препаратов, системно действующих против цитрусовой белокрылки.

Грузинский институт защиты растений  
 Тбилиси

ბ. ზაზიანაძე

ციტრუსების ფრთათეთრას წინააღმდეგ  
ბრძოლის ეფექტურობის წინაპირობები  
და სიძნელეები

რეზიუმე

ციტრუსების ფრთათეთრას წინააღმდეგ ყოველწლიურად სხვადასხვა პრეპარატით ტარდება 2—3 წამლობა, მაგრამ ამ მავნებლის ვეგეტაციის არეალი და მის მიერ გამოწვეული ზარალი არ მცირდება. ამის მიზეზია ციტრუსების ფრთათეთრას გამრავლების დიდი პოტენციალი და პოლივაგობა, აგრეთვე ზოგიერთი ბიოლოგიური თავისებურება. კერძოდ ყურადღების ღირსია ასეთი ფაქტი: ფრთათეთრას სამივე თაობის ფრენის პერიოდი ემთხვევა ციტრუსების ვეგეტაციის სამ სხვადასხვა პერიოდს; შეწამულ ხეებზე უფრო ძლიერი ელორტები ვითარდება, ვიდრე შეუწამლაზე; რაც უფრო ძლიერ ვითარდება ელორტები, მით უფრო ძლიერ იზიდავს იგი ფრთათეთრას იმავგობს კვერცხების დასადებათ; ამის გამო შეწამულიდან რამდენიმე ხნის შემდეგ შეწამული ხეები უფრო ძლიერ არის დაზიანებული, ვიდრე შეუწამლაზე.

აღნიშნული მიზეზების გამო ციტრუსების ფრთათეთრას წინააღმდეგ ბრძოლის მაღალი ეფექტის მისაღებად გადამწყვეტი პირობაა ამ მავნებლით დაზიანებული ყველა კულტურული ნარგავისა და ველური მცენარის ერთდროული წამლობა იმ ვარაუდით, რომ მიღებულ იქნეს სიკვდილიანობის ისეთი პროცენტი, რაც მთელი წლის განმავლობაში გამოიქცავენ ფრთათეთრას რიცხობრიობის ზრდას. ამ მიზნისათვის აუცილებელი სიკვდილიანობის პროცენტის გამოთვლა, ზეენის აზრით, შეიძლება ცველფერის (1932) ფორმულით.

ტექსტიში მოყვანილი გაანგარიშების მიხედვით, ციტრუსების ფრთათეთრას ერთი მოხამთრე ინდივიდი წლის განმავლობაში გვაძლევს 551 ეგზემპლარ ფრთათეთრას. იმისათვის, რომ მავნებლის რაოდენობამ არ მოიმატოს, ე. ი. მისი რიცხობრიობა დარჩეს იმ დონეზე, რა დონეზედაც იგი იყო წამლობამდე, საჭიროა ყოველი 551 ეგზემპლარიდან წამლობით მოსპობილ იქნეს 550 ფრთათეთრა, ანუ მიღწეული იქნეს 99,8% სიკვდილიანობა.

იმ შემთხვევაში, როცა სიკვდილიანობის პროცენტი ნაკლებია, საჭირო იქნება წამლობის განმეორება. მაგალითისათვის დავუშვათ, რომ მიღებული იქნა არა 99,8%, არამედ 96% სიკვდილიანობა. ეს ნიშნავს, რომ ნაკლებ იმისა, რომ 551 ეგზემპლარი ფრთათეთრიდან ცოცხალი დარჩენილიყო მხოლოდ ერთი ინდივიდი, ფაქტიურად დარჩა 22. განმეორებითი წამლობისას ამ 22 ინდივიდიდან უნდა მოისპოს 21, რაც შეადგენს 95,4% სიკვდილიანობას, ე. ი. ორივე წამლობის შეჯამებული ეფექტით (პირველი წამლობისას 96% და მეორე წამლობისას 95,4%) მიღებული უნდა იქნეს ფრთათეთრას რიც-





ხეობრიობის იმ დონეზე შენარჩუნება, რაზედაც იგი იყო ზამთრის დროს. ასეთი შესჯელობა სამართლიანია, თუ ორივე წამლობა ჩატარდება ისეთ ვადაში, რომ ფრთათეთრამ არ მოასწროს ახალი თაობის მოცემა, წინააღმდეგ შემთხვევაში დასახული მიზნის მიღწევა შეუძლებელია.

მაგალითისათვის დავუშვათ, რომ დარჩენილმა 22 ინდივიდმა მოასწრო თაობის მოცემა; მაშინ, მოსასპობი იქნება არა 22, არამედ 198 ფრთათეთრას მატლი, ე. ი. აუცილებლად უნდა დაილუპოს 197 ინდივიდი, ანუ სიკვდილიანობის პროცენტი მეორე დამატებითი წამლობისას უნდა იყოს არა ნაკლებ 98,4%-სა.

განხილულ მაგალითებში მიიღწევა ე. წ. „მოსპობის ნორმალური კოეფიციენტი“, რაც გულისხმობს მავნებლის დასახლების სიმშორის იმ დონეზე შენარჩუნებას, რაზედაც იგი იყო წამლობის დაწყების წინ, მაგრამ სიკვდილიანობის ასეთი მაღალი პროცენტის მიღება რთულდება ფრთათეთრას ბიოლოგიური თავისებურებების გამო; კერძოდ იმ მიზეზით, რომ ფრთათეთრა ძირითადად სახლდება ფოთლის ქვედა მხარეზე; მეორე მხრივ დიდ როლს ასრულებს პოლიფაგობა და სხვა მომენტები. ამიტომ შექმნილი მდგომარეობის დაძლევის მიზნით აუცილებელია მკვლევართა ყურადღება გამახვილდეს ფრთათეთრას წინააღმდეგ სისტემურად მოქმედი პრეპარატების ძიებაზე.

#### დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Драховская. Прогноз в защите растений. Сельхозгиз, М., 1962.
2. М. Л. Долидзе, Г. М. Кунинская. Цитрусовая белая мушка. Госиздат, Батуми, 1958.





дения этого вида в Тбилиси. Характерно, что, помимо взрослых самцов-паяров, стали попадаться и сеголетки, что свидетельствует о наличии прочной популяции каспийского голооного геккона в городе.

Сем. Agamidae

Род *Agama* Daudin, 1802

Кавказская агама

*Agama caucasica* (Eichwald, 1831)

К имеющимся литературным данным [1,3,4,7,8] можно добавить следующее: сейчас этот вид наиболее многочислен в окрестностях с. с. Кумиси и Телети; в местах, непосредственно примыкающих к городу, он встречается значительно реже.

Род *Phrynocephalus* Kaup, 1826

Такирная круглоголовка

*Phrynocephalus helioscopus* (Pallas, 1776)

Наши исследования показали отсутствие этого вида в окрестностях Тбилиси, как и в Восточной Грузии в целом, что полностью согласуется с утверждением В. Н. Ростомбекова [1] о том, «что несомненно, ящерица эта в окрестностях Тифлиса не встречается». Хотя мысль эта была высказана еще в 1930 г., тем не менее А. Г. Джанашивили [3,4] приводит такирную круглоголовку для герпетофауны Грузии и, в частности, для окрестностей Тбилиси. Экземпляр этого вида, имеющийся в Музее Грузии и помеченный «Тифлисом», безусловно, неверно этикетирован.

Сем. Anguile

Род *Ophisaurus* Daudin, 1804

Желтопузик

*Ophisaurus apodus* (Pallas, 1775)

Данных по этому виду, отличающихся от литературных [1,3,4,7,8]; мы не имеем. Можно лишь отметить, что желтопузик в окрестностях Тбилиси стал редкостью. Объясняется это в первую очередь уничтожением его населением.

Род *Anguis* Linne, 1758

Веретенина лозкая

*Anguis fragilis* Linee, 1758

Данными, дополняющими литературу [1,3,4,7,8] по указанному виду, мы не располагаем.

Сем. Lacertidae

Род *Lacerta* Linne, 1758

Ящерица полосатая

*Lacerta strigata* Eichwald, 1831

Данные некоторых исследователей [1,7,8], объединяющих *Lacerta strigata* и *L. trilineata media* в один вид *L. viridis strigata*, не позволяют сейчас определить границы распространения полосатой ящерицы в окрестностях Тбилиси. В последней работе А. Г. Джаназвиани [4] этот вид в окрестностях Тбилиси показан для хол. Лиси, Икнети, Коджори, оз. Куциси, окрестностей Авчала. Однако сведения эти (за исключением последних двух точек) ошибочны и основаны, по-видимому, на неправильном определении.

По нашим наблюдениям, *L. strigata* представлена в окрестностях Тбилиси в следующих границах: с севера — Мухета — Авчала — Глдани — Дигами, с востока — Самгори и с юга — Рустави — Ялуджа — Куциси. На западе от города она отсутствует (см. карту).

В окрестностях Тбилиси *L. strigata* придерживается в основном древесно-кустарниковой растительности, а также участков с густой травой. Особенно многочисленна в культурных насаждениях около Тбилисского моря.



- + *Lacerta strigata*
- *Lacerta trilineata media*
- o *Lacerta derjugini*
- x *Lacerta saxicola dahli*
- △ *Ophisops elegans*
- x△ *Eremias velox caucasica*
- ▲ *Lacerta agilis exigua*

Карта распространения некоторых ящериц в окрестностях Тбилиси



## Ящерица средняя

*Lacerta trilineata media* Lantz et Cyren, 1920

Согласно Л. Е. Кутубидзе [9], этот вид имеет в окрестностях Тбилиси массовое распространение, притом большее, чем полосатая ящерица. С последним утверждением мы согласиться не можем, поскольку оба вида обитают здесь в основном раздельно и численность каждого из них колеблется в зависимости от степни.

По нашим данным, средняя ящерица распространена главным образом к западу от Тбилиси, а также к северу и к югу от него (см. карту). Что же касается территории восточнее Тбилиси, то здесь она отсутствует, хотя, по А. Г. Дикашвили [4], встречается и в Самгорской степи.

Начиная от Цодорети—Делиси—с. Лиси и далее на юг и запад по Телетскому хребту в сторону Кулиси—Коджори средняя ящерица полностью замещает полосатую и занимает ее экологические ниши. На западе граница распространения *L. t. media* проходит примерно через Коджори, где соприкасается с таковой *L. agilis exigua*, однако, по-видимому, не перекрывает ее. Наиболее многочисленна *L. t. media* в окрестностях Коджори и в лесных насаждениях Телетского хребта между Мтацминда и с. Цхети. Южнее численность ее резко падает. В районе Авчала—Гадани она смешивается с *L. strigata*, и оба вида здесь обитают совместно. Но восточнее, в районе Тбилисского моря массово распространена уже исключительно *L. strigata*.

Средняя ящерица в своем распространении в окрестностях Тбилиси отличается более широкой вертикальным диапазоном, чем полосатая. Она придерживается как степной зоны (например, на Телетском хребте, в районе с. Телети, около 500 м н. у. д.), где обитает среди осины, так и в средней лесной поясе (в районе с. Коджори, около 1300 м н. у. м.), где заселяет главным образом заросли ежевики и вишновника. Численность ее здесь несравненно выше, чем в степи. *L. strigata* же не выходит в окрестностях Тбилиси за пределы степной зоны.

Согласно новейшим данным Г. Петерса [10], *L. trilineata* является «обитателем очень теплой и большей частью довольно сухой, почти ксерофитной зоны». С этим можно согласиться полностью, но тем не менее в окрестностях Тбилиси у нее проявляется тяготение к более влажным местам, во всяком случае ее численность возрастает в насаждениях, подвергающихся систематическому поливу, близ воды в районе оз. Лиси, а также в таком сравнительно влажном месте, как Коджори.

## Ящерица приткая

*Lacerta agilis exigua* Eichwald, 1851

По В. Н. Ростовякову [1], вопрос о нахождении этой ящерицы в окр. Тифлиса до сих пор остается невыясненным. Ближайшим к Тифлису



местонахождением ее в Грузии являются Манглис и Мухрань. Однако, согласно новейшим данным систематики прытких ящериц, в Манглиси обитает подвид *L. a. brevicaudata*.

По нашим данным, в окрестностях Тбилиси *L. agilis exigua* представлена в районе Коджори и Кикети, где она придерживается хвойных насаждений и открытых пространств. И хотя, как уже было сказано, здесь же встречается и *L. trilineata*, смешение популяций этих двух видов нами не наблюдалось.

#### Ящерица Дерюгина, или артевская

*Lacerta derjugini* Nicolsky, 1898

Этот вид для окрестностей Тбилиси в литературе еще не упоминался. Однако стало известно, что три экземпляра артевской ящерицы добыто И. С. Даревским 17 мая 1954 г. в лиственном лесу около Коджори (хранятся в фондах ЗИН АН СССР).

Таким образом, *L. derjugini* является новым для окрестностей Тбилиси видом.

#### Скальная ящерица Порчинского

*Lacerta saxicola portschinskii* Kessler, 1878

Обитает в окрестностях Тбилиси повсюду, где имеются скалы, осыпи, но почти везде сравнительно немногочисленна. Встречается и в самом городе (например, на скалах подъяма им. Бараташвили).

#### Скальная ящерица Даля

*Lacerta saxicola dahli* Darewski, 1957

По И. С. Даревскому [11], «в коллекциях Музея Грузии имеются большие серии из окрестностей Манглиси и Самгори». Последнее сообщение основывается, по-видимому, на неправильной этикетировке, поскольку в Самгори скальные ящерицы вообще отсутствуют.

*L. sax. dahli* в большом количестве добывалась нами на скальных осыпях между Коджори и Цхети, где она обитает совместно с предыдущим подвидом и превалирует над ним количественно. При этом популяция *L. sax. dahli* настолько плотна, что в ряде случаев частично заселяет неприемлемую для себя стацию—травянистые участки. Причиной высокой плотности является партеногенез, отмеченный у *L. sax. dahli* впервые И. С. Даревским [12]. Однако ниже 1000 м н. у. м. этот подвид полностью замещается скальной ящерицей Порчинского. *L. sax. dahli*—новый для окрестностей Тбилиси подвид.



Здесь же следует отметить, что в работе В. Н. Ростомбекова [1] фигурирует еще *L. sax. defilippii* (Сам.), известная якобы «вокруг Тифлиса по всем направлениям». Однако это утверждение основывается на неверном определении (то ли *L. sax. portschinskii*, то ли *L. sax. dahli*).

Род *Ophisops* Menetries, 1832

Стройная змееголовка

*Ophisops elegans* Menetries, 1832

В. Н. Ростомбеков [1] почему-то не включил стройную змееголовку в состав герпетофауны окрестностей Тбилиси, хотя еще А. М. Николаевский [7] в качестве одного из пунктов обитания этого вида назвал «Тифлис».

Нами стройная змееголовка зарегистрирована в двух точках: у оз. Кумиси и у подножия и на склонах горы Ягуджа [13]. Наибольшей численности она достигает в окрестностях оз. Кумиси. В работе Джанашивили [4] говорится, что «в пределах Грузии змееголовка известна из окрестностей Тбилиси, что требует подтверждения» (разрядка наша.—Т. М.). Неизвестно, на чем основывается последнее утверждение, поскольку наличие этого вида в окрестностях Тбилиси уже было подтверждено [13].

Род *Eremias* Wiegmann, 1834

Кавказская быстрая ящурка

*Eremias velox caucasica* Lantz, 1928

Ростомбековым [1] в списке герпетофауны окрестностей Тбилиси не упоминается. Но Л. Е. Кутубидзе [14], «кажется весьма сомнительным факт находки этой ящерицы в окрестностях Тбилиси». Согласно данным того же автора, вопрос о распространении быстрой ящурки в окрестностях Тбилиси требует дальнейшего исследования.

Нами один экземпляр быстрой ящурки добыт на склоне горы Ягуджа, северо-западнее Рустави (28.V.1962), а в одном из ущелий Телетского хребта, в нескольких километрах южнее Шавнабада, ящурка извлечена из желудка разноцветного полоза (*Coluber variegatus*) (22.V.1962).

Следовательно, быстрая ящурка встречается южнее и юго-восточнее Тбилиси (см. карту) и должна быть включена в состав герпетофауны его окрестностей, хотя и является здесь большой редкостью.

Таким образом, в окрестностях Тбилиси обитает 12 видов и подвидов из отряда *Sauria*; среди них *Lacerta derjugini*—новый для окрестностей Тбилиси вид, а партогенетическая *L. saxicola dahli*—новый подвид. Окончательно подтверждается наличие в этом районе *L. agilis exigua*



и *Eremias velox caucasicus*, а *Urocyonophalus helioscopus* и *L. saxicola* *Urrii* должны быть исключены из списка терпетофауны окрестностей Тбилиси.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт зоологии

(Поступило в редакцию 1.2.1964)

ზოოლოგია

თ. მუსხელიშვილი

თბილისის მიდამოების ხვლიკების (*SAURIA. REPTILIA*)  
წაშენის შესახებ

რეზიუმე

თბილისის მიდამოებში გავრცელებულია *Sauria*-ს რიგის 12 სახეობა და ქვესახეობა; აქედან 1 სახეობა და 1 ქვესახეობა ახალია თბილისის მიდამოებისათვის.

დასოვნებადი ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Ростомбеков. Материалы к терпетофауне окрестностей Тифлиса. Зап. Кавк. Краеведч. сб., серия А, Естественные, т. 1, Тифлис, 1930.
2. Г. П. Енукидзе. Фауна позвоночных Самгорской равнины и ее сезонные изменения. Труды Института зоологии АН ГССР, т. X, 1951.
3. А. Г. Джанашиანი. Материалы к изучению распространения пресмыкающихся в Грузии. Труды ТГУ, т. 44, 1951.
4. А. Г. Джанашиანი. Позвоночные. Животный мир Грузии, т. III, Изд. АН ГССР, 1963.
5. Л. М. Чиччавадзе. Каспийский голопалый тектон в Грузии. Природа, № 10, 1956.
6. Т. А. Мухелишвили. Находки продолжаются. Природа, № 1, 1961.
7. А. М. Никольский. Пресмыкающиеся и земноводные Кавказа. Тифлис, 1913.
8. А. М. Шугуров. Заметки о гадах Кавказа. Записки Нов. Общ. Естеств., т. 39, 1912.
9. Л. Е. Кутубидзе. Фауна Lacertilia Горийского района. Труды ТГУ, т. 38, 1950.
10. G. Peters. Studien zur Taxonomie, Verbreitung und Ökologie der Smaragdeidechsen. Mitteilungen aus dem zoologischen Museum in Berlin, Bd. 38, H. 1, 1962.
11. И. С. Даревский. Систематика и экология скальных ящериц *Lacerta saxicola* Eversmann, распространенных в Армении. Зоологический сборник АН АрмССР, т. X, 1957.
12. И. С. Даревский. Естественный партеногенез у некоторых подвидов скальной ящерицы *Lacerta saxicola* Eversman. ДАН СССР, т. 122, № 4, 1958.
13. Т. А. Мухелишвили. Новые данные о распространении стройной эмееголки (*Orphisops elegans* Mén.) в пределах Грузии. Зоологический журнал, т. 41, в. 10, 1962.
14. Л. Е. Кутубидзе. К вопросу о распространении быстрой ящурки (*Eremias velox* Pallas) в Грузии. Сообщения АН ГССР, т. XII, № 5, 1951.





АНАТОМИЯ

С. Ш. ХУНДАДЗЕ  
К ВОПРОСУ ИННЕРВАЦИИ СВОБОДНЫХ КОЖНЫХ  
ТРАНСПЛАНТАТОВ

(Представлено академиком К. Д. Эристави 25.6. 1963)

Свободная пересадка кожи—один из актуальнейших вопросов пересадки тканей и органов.

Известно, что свободный трансплантат кожи претерпевает значительные макроскопические и микропатоморфологические изменения и в этом принимают участие все тканевые и химические компоненты кожного лоскута.

Известно также, что приживление или неприживление (гибель) свободного кожного трансплантата — сложный биологический процесс, совершающийся в организме реципиента.

Мы задались целью изучить нейростологическую картину при ауто- и гомотрансплантации кожи, поскольку для окончательного решения вопроса о приживлении кожного лоскута необходимо проследить, в какие сроки и насколько полно восстанавливается его иннервация. В доступной литературе мы не нашли исчерпывающих морфологических данных о структурных изменениях нервных элементов. Результаты отдельных исследований в этом направлении противоречивы и не дают возможности судить о реиннервации свободных кожных трансплантатов, а это имеет не только теоретическое, но и практическое значение, тем более что точное знание процесса и срока реиннервации свободного кожного трансплантата должно способствовать установлению соответствующего послеоперационного режима больного. Имеющиеся по этому вопросу работы клинического и экспериментального характера посвящены главным образом восстановлению чувствительности в пересаженных трансплантатах кожи.

Учитывая, что проследить на секционном и клиническом материале происходящие в кожном лоскуте нейростологические сдвиги с точным учетом сроков трансплантации невозможно, мы проводили наши исследования в эксперименте, что давало возможность выявить структурные изменения нервных приборов кожного трансплантата и прилегающей к нему кожи в динамике.

Следует указать, что в настоящем исследовании рассмотрены лишь случаи клинически неосложненной трансплантации. Описания структурных изменений при клинически осложненных пересадках можно найти в трудах других авторов. Нашей целью являлось



изучение нейростологической картины ауто- и гомотрансплантатов кожи в эксперименте при максимальном исключении таких осложнений, как инфекция и др.

### Методика

Наблюдения проводились над 60 полновозрастными кроликами обоих полов породы «шиншилла», 24 из них произведена аутотрансплантация кожи в области спины, а 26 — перекрестная гомотрансплантация; 10 кроликов использованы для контроля.

Операция проводилась в стерильных условиях под местной анестезией (15 мл 0,25%-ного раствора новокаина). Кожные лоскуты размерами 6×4 см брались без подкожной жировой ткани и вшивались в дефект кожи реципиента при помощи узлового шелкового шва таким образом, что придатки кожи трансплантата были направлены в сторону, противоположную придаткам кожи реципиента. Это давало возможность безошибочно различать трансплантированные участки от кожи реципиента даже через 3—6 месяцев после операции.

С целью исследования нейростологических изменений трансплантата и окружающей кожи производились биопсии, для чего в разные сроки после операции насакались кусочки кожи в зоне шва. В случаях аутотрансплантации они брались спустя 24, 48, 72 часа, 5, 10, 15 и 20 суток, 1, 3, 6 месяцев; при гомотрансплантации — спустя 24, 48, 72 часа, 5, 10, 15 суток.

Кусочки кожи фиксировались в 12%-ном нейтральном растворе формалина и оставались в нем 20—30 дней, после чего из них изготовлялись замороженные срезы толщиной 15—20 мк и импрегнировались серебром по методу Бильшовского—Гросс—Лаврентьева.

Парафиновые срезы толщиной 7—8 мк окрашивались гематоксилин-эозином.

### Результаты исследований и их обсуждение

Нервные образования нормальной кожи кролика представлены нервными стволами и отдельными волокнами, основная масса которых расположена в субэпидермальной области. В состав нервных сплетений входят как мякотные, так и безмякотные волокна. Некоторые нервные волокна отделяются от нервных стволов, образуя окончания вокруг волосяных фолликулов, в стенках кровеносных сосудов и под эпидермисом. Окончания представлены снопическими аппаратами простой конструкции. Единичные голые осевые цилиндры проникают между эпителиальными клетками наружного корневого влагалища, а некоторые из них прокладывают путь между базальными клетками эпидермиса, где и заканчиваются в виде свободных окончаний. Вари-





ции и на их фоне единичные тончайшие молодые голые осевые цилиндры: одни — оканчивающиеся свободно, другие — маленькими утолщениями (колбы роста). В прилегающей к трансплантату коже большинство афферентных и эфферентных нервных волокон интактно, лишь некоторые из них снабжены короткими отростками с колбообразными окончаниями.

На 10—15-й день после аутотрансплантации в толще дермы лоскута отчетливо видны вновь выросшие периферические нервные волокна, представленные голыми осевыми цилиндрами. В прилегающей к трансплантату коже наблюдается регенерация периферических нервных образований.

Через 20—30 суток после пересадки в толще дермы аутотрансплантата видно большое количество молодых нервных волокон, представленных в виде голых осевых цилиндров. Часть нервных волокон образует в соединительнотканых элементах и кровеносных сосудах простые нервные концевые приборы в форме свободных окончаний: некоторые из них складываются в виде пучков (микрофотограмма 2) и образуют нервные стволы разного калибра. В прилегающих к трансплантату участках кожи наблюдается регенерация нервных элементов. Через 3 месяца после операции периферические нервные волокна в дерме аутотрансплантата представлены в большом количестве. Некоторые из них достигают волосяных фолликулов и образуют концевые нервные приборы простой конструкции. Часть нервных волокон представлена голыми осевыми цилиндрами. Часть осевых цилиндров покрыта шванской оболочкой, часть — миелиновой. Нейрогистологическая картина прилегающей к аутотрансплантату кожи не отличается от нормальной. Аналогичная нейрогистологическая картина наблюдается в аутотрансплантате и прилегающей к нему коже через 6 месяцев после пересадки.

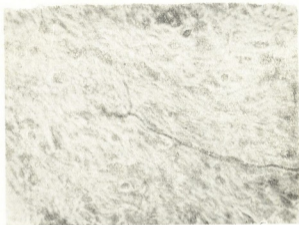
Через 24 часа после пересадки осевые цилиндры нервных волокон гомотрансплантата резко огрубевшие и гиперимпрегнированные. В прилегающей к гомотрансплантату коже реципиента отмечаются следующие изменения: осевые цилиндры толстых мякотных нервных волокон огрубевшие, местами варикозно расширенные. До некоторой степени огрубели и гиперимпрегнировались осевые цилиндры безмякотных нервных волокон.

Спустя 48 часов после гомотрансплантации кожи периферические нервные элементы трансплантата претерпевают деструктивные изменения: нервные волокна фрагментированы, местами разрушены и имеют вид мелких зерен. В коже, прилегающей к трансплантату, как и спустя 24 часа после пересадки, наблюдается ирритация нервных приборов.





По этому вопросу в литературе имеются различные мнения. По данным Н. И. Забыбина (1928) врастание в аутографт периферических нервных волокон начинается на 22-й день, а по мнению



Микрофотограмма 3. Голие осевые цилиндры в толще грануляционной ткани на 15-й день после гомотрансплантации. Бильшовский — Гросс — Лаврентьев.  $15 \times 40$

А. А. Кирова (1959), — через 6 месяцев после операции. Результаты наших опытов находятся в соответствии с данными экспериментальных исследований Н. И. Белоглядовой (1961), также проведенных на кроликах. Согласно этим данным, врастание нервных волокон в трансплантат начиналось на 12—14-й день после пересадки.

Следует отметить, что выросшие в аутографт молодые нервные волокна еще мало дифференцированы и не обнаруживают концевых нервных приборов.

На 10—15-й день после пересадки процессы реиннервации трансплантата выражены интенсивнее, однако и в эти сроки нервные окончания еще не обнаруживаются. Через 20—30 дней часть осевых цилиндров образует простые нервные концевые приборы в соединительнотканых элементах и кровеносных сосудах трансплантата в форме свободных окончаний.

Через 3—6 месяцев после пересадки можно видеть почти полное восстановление иннервационных приборов на всех структурах транс-

плантата, кроме эпидермиса. В эти же сроки заканчиваются и процессы миелинизации. Мы ни в одном случае не наблюдали врастания нервных волокон в эпидермис. В этом отношении наши данные совпадают с данными М. И. Синило (1958). По А. А. Кирову, через 2 года после пересадки кожного лоскута некоторые мякотные нервы, змеясь по ходу, теряют в дальнейшем оболочку и, проникнув в эпителиальный слой, заканчиваются в нем концевым прибором в виде либо очень тонкого окончания, либо колбообразного утолщения.

Таким образом, врастание нервных волокон в ауто-трансплантат начинается на 5-й день после пересадки. Но полная его реиннервация и дифференцировка вновь образованных нервных волокон остается незавершенной даже через 6 месяцев после пересадки.

Если сравним нейроструктурные сдвиги в ауто- и гомотрансплантатах кожи, увидим, что в последних нервные элементы подвергаются лишь дегенеративным изменениям. Так, спустя 24 часа после пересадки в аппаратах нервных связей гомотрансплантата начинают выявляться признаки дистрофии осевых цилиндров и миелиновых оболочек. Структурные изменения периферических нервных приборов трансплантата постепенно углубляются и спустя 5—15 дней после пересадки можно наблюдать лишь отдельные нервные волокна в состоянии далеко зашедшей деструкции. Происходит гибель как афферентных, так и эфферентных нервных элементов и в первые же дни после пересадки в гомотрансплантате обнаруживается состояние полной денервации. Врастания в гомотрансплантат из окружающей кожи реципиента или расположенной под ним ткани новых нервных волокон мы не наблюдали ни разу. В этом отношении наши данные полностью совпадают с приводимыми Г. В. Цинкишвили (1962).

В течение первых 48 часов после пересадки нервные приборы в прилегающих к трансплантату участках кожи реципиента находятся в состоянии ирритации, причем оно более резко выражено в нервных волокнах афферентного типа (толстые мякотные нервные волокна), тогда как нервные волокна эфферентного типа, вегетативные безмякотные нервные волокна, осевые цилиндры меньшего диаметра сравнительно менее изменены.

В последующие сроки (на 3—5-й день) после пересадки осевые цилиндры как афферентных, так и эфферентных нервных волокон подвергаются резким деструктивным изменениям.

На 10-й день после пересадки в прилегающей к гомотрансплантату коже отмечаются явления регенерации нервных волокон. Спустя 10—15 дней после пересадки в толще вновь образовавшейся грануляционной ткани встречаются единичные молодые нервные волокна в виде голых осевых цилиндров.



В более поздние сроки гомотрансплантации исследования не проводились, поскольку на 15—20-й день после пересадки подвергшийся некрозу гомотрансплантат отторгался от тканей реципиента.

Нужно подчеркнуть, что в первые же дни после пересадки нервные элементы как ауто-, так и гомотрансплантата погибают. В обоих случаях в окружающей коже наблюдается регенерация периферических нервных образований, только в случаях аутоотрансплантации этот процесс начинается гораздо раньше. Нервные волокна из окружающей кожи аутоотрансплантата врастают в трансплантат. В дальнейшем в толще дермы аутоотрансплантата нервные элементы размножаются довольно интенсивно.

Врастание нервных волокон наблюдается также из кожи, окружающей гомотрансплантат, но это происходит не в самом трансплантате, а во вновь образовавшейся грануляционной ткани.

### Выводы

1. Периферические нервные образования аутоотрансплантата в первые же дни после операции погибают, а вновь выросшие в толщу дермы нервные элементы выявляются на 5-й день после пересадки.

2. Ренинервация аутоотрансплантата продолжается длительное время. Регенерация нервов даже через 6 месяцев после аутоотрансплантации еще полностью не закончена.

3. В первые же дни после пересадки наблюдается полная денервация гомотрансплантата, но и впоследствии ренинервация не происходит.

4. На 10—15-й день после гомотрансплантации в толще грануляционной ткани обнаруживаются единичные молодые нервные волокна.

Институт экспериментальной и  
 клинической хирургии и гематологии

(Поступило в редакцию 25.6.1963)

ანატომია

ს. ხუნდაძე

ქანის თანვისშუალნი ტრანსპლანტაციის ინერვაციის საკითხისათვის  
 რეზიუმე

დინამიკაში შევისწავლეთ ნეიროსტრუქტურული ძვრები ქანის ავტო- და ჰომოტრანსპლანტატიში, ექსპერიმენტში (კურდღლეები).

ავტოტრანსპლანტატის ნერვული ელემენტები ილუბებიან და მისი რენერვაცია იწყება გადანერგვიდან მე-3 დღეს. ეს პროცესი გრძელდება დიხანს და იგი დამთავრებული არ არის გადანერგვიდან 6 თვის შემდეგაც კი.

ჰომოტრანსპლანტატი არ რენერვირდება. ჰომოტრანსპლანტატი ნეტროზდება და მის ადგილს იკავებს გრანულაციური ქსოვილი, რომლის სისქეშიც ტრანსპლანტაციიდან მე-10 — მე-15 დღეს აღინიშნება ერთეული ნერვული ბოჭკოები, უწერილესი მიწველი ღერძ ცილინდრების სახით.





ФИЗИОЛОГИЯ

К. И. ЦИЦАДЗЕ, А. А. ДЖУГЕЛИ, А. Д. ЧЕРШВИЛИ

ГЛИКОГЕНООБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ПЕЧЕНИ У  
КРОЛИКОВ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГИПЕРХОЛЕСТЕРИ-  
НЕМИИ И АТЕРОСКЛЕРОЗЕ

(Представлено академиком И. Я. Татишвили 10.12.1963)

Между гликогенообразовательной функцией печени и гиперхолестеринемией существует определенная связь [1, 2, 3, 4]. По гистохимическим исследованиям у кроликов в условиях экспериментальной гиперхолестеринемии в печеночных клетках прогрессивно уменьшается содержание гликогена [5]. У человека в условиях изокалорий углеводы способствуют развитию атеросклероза [6], а у больных атеросклерозом толерантность к глюкозе в определенном проценте случаев оказывается патологической [7]. При жировом перерождении печени, вызванном ее отравлением четыреххлористым углеродом, выпадает первая рефлекторная фаза сахарной кривой в ответ на нагрузку галактозой [8].

Однако вопрос о состоянии гликогенообразовательной функции печени у кроликов в условиях экспериментальной гиперхолестеринемии и атеросклероза остается открытым.

Для решения этого вопроса следует учитывать, что превращения гликогена в печени представляют собой сложный энзиматический процесс, для изучения которого следует применять пробу на галактозу, которая вызывает гипергликемию и указывает на активность глюкозо-6-фосфатазы, пробу на адреналин, основанную на увеличении активной фосфоорилазы в тканях, и пробу на гликоген, основанную на активации печеночных фосфоорилаз [9].

Целью настоящей работы было изучение у кроликов в норме и в различные периоды нагрузки холестерином (для вызова экспериментальной гиперхолестеринемии и атеросклероза) одной из сторон печеночного гликогеноза на основании пробы с нагрузкой галактозой.

Методика

Опыты ставились на 14 половозрелых кроликах весом 2100—3000 г. Холестерин в цельной крови определялся по Энгельгардту и Смирновой. Сахар крови определялся по Хагедорну и Пенсену до и через 30,



საქართველოს  
აкадеმიის  
გამეცნიერებელი  
სამსახური

60, 90, 120 и 150 минут после нагрузки галактозой через рот (расчета по 0,6 г на кг веса. Опыты ставились в 10 часов утра натощак. Скармливание кроликам холестерина производилось в течение 4 месяцев (по 0,25 г на кг веса в 10%-ном растворе подсолнечного масла) через зонд, введенный в желудок.

Пробы с нагрузкой галактозой ставились через 2 недели, месяц, полтора, два, три и четыре месяца скармливания кроликам холестерина. При этом рассчитывались также гипергликемический коэффициент Бодуэна, гипогликемический коэффициент Рафальского и коэффициент обмена углеводов Скольникова. К концу 4-месячной нагрузки холестерином под местной хлорэтиловой анестезией вскрывалась брюшная полость и брались кусочки печени для выявления гистохимической реакции на гликоген по Шабашу. Печень извлекалась и взвешивалась. Определялся не только абсолютный вес печени, но и процентное соотношение веса печени к весу тела. Затем извлекалась аорта, интима ее окрашивалась суданом III, а степень атеросклеротических поражений оценивалась по шкале Цинзерлинга. Материал обрабатывался методом вариационной статистики.

#### Результаты опытов и их обсуждение

В норме у обследованных кроликов концентрация холестерина крови почти одинаковая и составляет в среднем 57 и 56 мг% со средним квадратическим отклонением  $\pm 13$  и  $\pm 15$  мг%. Поэтому, судя по исходному уровню холестерина, нельзя предсказать, как в дальнейшем разовьется гиперхолестеринемия. По типу нарастания холестеринемии кроликов можно разделить на две группы. У кроликов I группы (10 кроликов) гиперхолестеринемия через 1, 2, 3, 4 месяца нагрузки холестерином протекает на относительно более высоком уровне и достигает к концу 4-месячной нагрузки 1600 мг%, а у кроликов II группы (4 кролика) — на относительно более низком уровне, достигая к тому же сроку 550 мг%. Во все периоды нагрузки холестерином у кроликов I группы средние арифметические содержания холестерина крови больше, чем у кроликов II группы. Однако это различие становится реальным, начиная со второго месяца нагрузки холестерином ( $P < 0,02$ ).

В литературе описываются аналогичные варианты гиперхолестеринемии [10, 11], причем их иногда связывают с функциональным состоянием высшей нервной деятельности кроликов [12].

У кроликов I группы с относительно высокой гиперхолестеринемией через 1,3 и 4 месяца нагрузки холестерином наступает увеличение веса по сравнению с исходным ( $P < 0,02$ ), причем прирост веса может достигать 24%. Если представить себе аналогичные отношения у людей, то подобный прирост веса у человека в 64 кг составил бы целых 16 кг. Ин-



интересно отметить, что у людей с избыточным весом в 24% атеросклероз встречается чаще всего по сравнению с людьми с нормальным и еще реже у людей с пониженным весом [13]. У кроликов II группы с относительно низкой гиперхолестеринемией в различные периоды нагрузки холестерином вес тела не меняется ( $P < 0,1$ ), лишь через 3 месяца наступает прирост веса тела ( $P < 0,02$ ), причем он не превышает 14% от исходного веса тела.

Абсолютный вес печени у кроликов I и II групп независимо от характера гиперхолестеринемии через 4 месяца нагрузки холестерином увеличивается по сравнению с нормой ( $P < 0,001$ ). При этом различие между абсолютным весом печени у кроликов I и II групп не является реальным ( $P < 0,6$ ). Увеличение веса печени почти в тех же пределах (от 87 до 148 г), но лишь к концу 6-месячной нагрузки холестерином, давая кроликам по 0,2 г холестерина на кг веса в день, отмечают и другие исследователи [14]. В наших опытах кролики получали по 0,25 г холестерина на кг веса и, возможно, поэтому у них вес печени увеличивался раньше.

Процентное соотношение веса печени к весу тела у кроликов в норме в среднем составляет 3,7% со средним квадратическим отклонением  $\pm 0,56$ . Через 4 месяца нагрузки холестерином у кроликов I группы оно увеличивается до 4,75 в среднем ( $P < 0,001$ ), а у кроликов II группы сместится лишь тенденция к его увеличению ( $P < 0,1$ ). При этом различие между процентным соотношением веса печени к весу тела у кроликов I и II групп не является реальным ( $P < 0,7$ ). Увеличение этого показателя у кроликов с относительно высокой гиперхолестеринемией отмечалось нами уже через 3 месяца нагрузки холестерином [11].

Проба на нагрузку галактозой у кроликов I группы протекает несколько иначе, чем у кроликов II группы. У кроликов I группы в норме через 30 минут после нагрузки галактозой уровень сахара крови достигает максимума (125 мг% в среднем), затем кривая начинает падать (через 60 и 90 минут) и доходит до исходного уровня (87 мг% в среднем) через 120 и 150 минут. Такой же характер носит сахарная кривая в ответ на нагрузку галактозой через 2 недели и 1 месяц нагрузки холестерином. Через полтора месяца нагрузки холестерином наблюдается резкое подавление гликогенообразовательной функции печени, которое выражается в том, что пик сахарной кривой, хотя и наступает через 30 минут после нагрузки галактозой, но выражен нерезко и уже на 60-й минуте кривая обрывается и уровень сахара крови достигает исходной величины. Через 2,3 и 4 месяца нагрузки кроликов холестерином пик сахарной кривой после введения галактозы наступает через 30 или 60 минут, а на 90-й минуте кривая возвращается к исходным данным.



У кроликов II группы с относительно низкой гиперхолестеринемией в ответ на нагрузку галактозой с самого начала наблюдается более низкая реактивность печени. В норме при нагрузке галактозой пик сахарной кривой наступает через 30 минут, но уже через 60 минут кривая обрывается. Через 1 и 2 месяца нагрузки холестерином в ответ на нагрузку галактозой пик сахарной кривой не появляется, так как уровень сахара крови через 30 минут хотя и выше, чем до введения галактозы, но эта разница статистически недостоверна ( $P < 0,2$ ). Это указывает на резкое подавление гликогенообразовательной функции печени. Через 3 и 4 месяца нагрузки холестерином пик сахарной кривой после введения галактозы наступает позже—через 90 минут, или даже через 120 минут. Это указывает на выпадение первой рефлекторной фазы сахарной кривой и подавление гликогенообразовательной функции печени, что происходит, вероятно, благодаря развитию жирового перерождения печени, так как аналогичное выпадение рефлекторной фазы сахарной кривой в ответ на нагрузку галактозой отмечается и при жировом перерождении печени, вызванном отравлением ее четыреххлористым углеродом [8].

Гипергликемический коэффициент Бодуэна отражает отношение максимального уровня сахара крови к исходному в пробе с нагрузкой галактозой и выражает поэтому интенсивность нарастания гликемии, т. е. гликогенообразовательной функции печени. В норме у кроликов I и II групп гипергликемические коэффициенты не отличаются друг от друга и составляют в среднем 1,6; это подтверждается и литературными данными [8]. Гипергликемические коэффициенты у кроликов I и II групп независимо от характера гиперхолестеринемии в различные периоды нагрузки холестерином (от 2 недель до 4 месяцев) не отличаются от нормальных величин, что вытекает из статистической обработки материала ( $P < 0,2-1$ ).

Гипергликемический коэффициент показывает, что имело место повышение уровня сахара крови в ответ на введение галактозы, однако не указывает, когда наступил пик сахарной кривой. Поэтому нами был проведен анализ времени появления пика сахарной кривой.

В норме пик сахарной кривой крови после введения галактозы у кроликов появляется на 30-й минуте, реже на 60-й минуте, что подтверждается и литературными данными [8]. Через 3 и 4 месяца нагрузки кроликов холестерином имеет место сдвиг пика сахарной кривой после введения галактозы. Пик наступает уже через 90—120, в редких случаях даже через 150 минут. Это указывает на подавление рефлекторной фазы сахарной кривой, иными словами, на подавление гликогенообразовательной функции печени. У кроликов I группы эти явления выражены в несколько меньшей мере, чем у кроликов II группы.

Гипогликемический коэффициент Рафальского, т. е. отношение исходного уровня сахара крови к конечному, у кроликов в норме равен 1. В различные периоды нагрузки холестерином (от 2 недель до 4 месяцев) независимо от характера гиперхолестеринемии у кроликов I и II групп гипогликемический коэффициент не отличается от нормальных величин, как это показывает статистическая обработка материала ( $P < 0,1 - 0,9$ ).

Коэффициент обмена углеводов Сокольников, т. е. отношение разности между максимальным и минимальным уровнями сахара крови к разности между максимальным и конечным уровнями при нагрузке галактозой у кроликов в норме в среднем равен 1,33. В различные периоды нагрузки кроликов холестерином (от 2 недель до 4 месяцев) у кроликов I и II групп независимо от характера гиперхолестеринемии коэффициент обмена углеводов не отличается от нормальных величин, что выясняется после статистической обработки материала ( $P < 0,2 - 0,9$ ).

Гистохимические исследования печени показали, что в норме гликоген равномерно распределяется в печеночных клетках, расположенных как вокруг центральной вены, так и в периферических частях долек печени. У кроликов I группы с относительно высокой гиперхолестеринемией через 4 месяца нагрузки холестерином количество гликогена в печеночных клетках уменьшается по сравнению с нормой, но все еще остается на достаточно высоком уровне. У кроликов II группы с относительно низкой гиперхолестеринемией наступает резкое уменьшение гликогена в печеночных клетках, хотя небольшая часть его все еще сохраняется в печеночных клетках, расположенных вокруг центральной вены.

Атеросклеротические поражения аорты к концу 4-месячной нагрузки холестерином у кроликов I группы с относительно высокой гиперхолестеринемией выражены больше, чем у кроликов II группы с относительно низкой холестеринемией. У кроликов I группы имеет место диффузное поражение интимы аорты атеросклеротическим процессом, а у кроликов II группы диффузно поражается атеросклерозом лишь ее грудной отдел. У кроликов I группы диффузно поражается атеросклерозом также и легочная артерия, а у кроликов II группы имеется лишь слабо выраженный липидоз легочной артерии.

На основании вышеизложенного можно заключить, что развитию атеросклероза аорты предшествуют изменения углеводного и жирового обмена в печени с последующим развитием метаболического цирроза, что ведет к увеличению ее веса. Морфологические изменения в печени являются основой для изменений ее гликогенообразовательной функции. Морфологические изменения печени при нагрузке кроликов холестерином следует рассматривать как защитную реакцию на поступле-



3. M. E. Nimbi, H. Carminati, J. M. Dellacha. Effect of dietary composition on rat liver phosphorylase activity. Proc. soc. exp. biol. a. med. 1938, 59, 690 - 691.
4. U. Butturini, E. Pretolani, A. Guadi. Azione dell'elastici e del glucagone sulla colesterolemia. Boll. soc. ital. sperim., 1959, 35, 27 - 28.
5. И. Я. Татишвили, Р. В. Капанадзе. Гистохимические изменения некоторых внутренних органов при экспериментальном атеросклерозе. Тез. докл. VII сессии Ин-та кардиол. АН ГССР, 1961, 39 - 40. Труды Ин-та кардиол. АН ГССР, т. VIII, 1963, 151 - 154.
6. G. Verdonk. Atheromatose. Acta cardiologica, 1962, XVII, 52 - 89.
7. F. Wahlberg. The intravenous glucose tolerance test in atherosclerotic disease with special reference to obesity, hypertension, diabetic heredity and cholesterol values. Acta medica Scand., 1962, 171, 1 - 7.
8. Б. С. Назарян. Функциональные пробы печени и их количественное значение. Канд. дисс., Тбилиси, 1937.
9. G. Lafargues. Les glycogénoses hépatiques. La presse médicale, 69, 1961, 1218 - 1220.
10. Т. Н. Ловягина, Т. А. Синицина. О вариантах экспериментальной гиперхолестеринемии у кроликов. В кн.: «Атеросклероз и коронарный недостаток». М., 1956, 18 - 23.
11. К. И. Цицладзе, Н. К. Квирикадзе, В. К. Элиозишвили. Железобидельная функция печени и химический состав желчи при экспериментальном атеросклерозе кроликов. Тез. докл. VII сессии Ин-та кардиол. АН ГССР, 1961, 43 - 44. Труды Ин-та кардиол. АН ГССР, т. VIII, 1963, 159 - 171.
12. Т. Г. Вацадзе. Роль нервных механизмов в развитии атеросклероза. Труды Ин-та кардиол. АН ГССР, т. V, 1958, 489 - 494.
13. G. Schettler. Arteriosklerose. Stuttgart, 1962.
14. Е. И. Ефимова. Состояние печени при атеросклерозе. В кн.: «Атеросклероз и инфаркт миокарда», М., 1959, 171 - 180.

ფიზიოლოგია

6. ბოსტონიანაშვილი

შიზოფრენიის დროს სისხლში შანგზადის შემცველობისა და თავის  
ტვინის ძირძის ფუნქციური მდგომარეობის  
უბრალოდამოკიდებულების საკითხისათვის  
(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. ზურაბაშვილმა 7.1.1964)

ლატერატურული მონაცემებითა და ექსპერიმენტულ-ლაბორატორიული  
გამოკვლევებით დასტურდება, რომ შიზოფრენიით დაავადებულებში განგზა-  
დის ხარვეზა ძირითადი ცვლის პირობებში დაქვეითებულია. აღნიშნულ მდგომ-  
არეობას, შეკვლევართა აზრით, განაპირობებს შიზოფრენიული პროცესის თან-  
მხლები ტოქსიკოზი, რომლის ბუნება ჯერჯერობით უცნობია.

შეკვლევართა ერთი ჯგუფის აზრით, შიზოფრენიის შემთხვევაში ტვინის  
ქსოვილში ვითარდება ქრონიკული პიოქსია. ა. ზურაბაშვილის [1] ხელ-  
მძღვანელობით ჩატარებული გამოკვლევები ნათლად გვიჩვენებს, რომ განგ-  
ზადის შემთხვევაში და შიზოფრენიის პათოპიოლოგიის შორის პირდაპირი  
კავშირია.

შიზოფრენიის დროს თავის ტვინის ბიოლექტრული აქტივობის შესახებ  
მონაცემები ერთიმეორის საწინააღმდეგოა: ა. ზურაბაშვილი და ნ. ძი-  
ძიშვილი [2] თვლიან, რომ შიზოფრენიის დროს თავის ტვინის ბიოლექტ-  
რულ აქტივობას ახასიათებს დისკორდინაცია თავის ტვინის ქერქის მარჯვენა  
და მარცხენა ჰემისფეროებს შორის.

ი. ყუბანეიშვილის [3] აზრით, შიზოფრენიის დროს ელექტროენცე-  
ფალოგრაფიული სურათი რაიმე ტიპურ დამახასიათებელ ცვლილებებს არ გა-  
ნიცდის.

ა. როტიბაქისა და ნ. სავანელის [4] აზრით, შიზოფრენიის დროს  
აღინიშნება აღფარითმის დაკნინება, ზოგჯერ სრულად გაქრობა.

შიზოფრენიის დროს თავის ტვინის ბიოლექტრულ აქტივობაში რაიმე  
სპეციფიკური ვადახრა არაა აღნიშნული [5].

ჩვენი კვლევის მიზანს შეადგენდა სისხლში განგზადის შემცველობისა  
და თავის ტვინის ქერქის ფუნქციური მდგომარეობის ურთიერთდამოკიდე-  
ბულების დინამიკური შესწავლა შიზოფრენიის დროს. ამ საკითხის შესწავლა  
ამჟამად შესაძლებელია მხოლოდ ნატიფი კლინიკურ-ექსპერიმენტული მეთო-  
დიკის გამოყენებით.

შიზოფრენიით დაავადებულთა კლინიკურ-ექსპერიმენტული გამოკვლე-  
ვა წარმოებდა პირობითი რეფლექსების გამოუმუშავების მეთოდით, სიტყ-





ვიერი გამტაცებით. შეისწავლეობდა თავის ტვინის ქერქის ბიოელექტრული აქტივობა. პარალელურად კრეპსის ოქსიჰემომეტრის ან ოქსიჰემო-გრაფის საშუალებით ავადმყოფის არტერიულ სისხლში ვიკლევდით ვანგბადის შემცველობის დინამიკას.

კლინიკურ-ექსპერიმენტულად გამოკვლეულია შიზოფრენიის სხვადასხვა ფორმით დაავადებული 16 ავადმყოფი; აქედან 6 — პარანორდული, 3 — მარტოვი და 4 — კატატონიური ფორმით; 3 ქრონიკული ავადმყოფი 5 წელზე მეტი ხანდაზმულობით. გამოკვლეული ავადმყოფებიდან 14 მამაკაცია და 2 — ქალი (20-დან 45 წლის ასაკამდე). დაავადების ხანგრძლიობის მიხედვით ასეთი სურათი იყო: 6 — თვიდან ერთ წლამდე — 6, ერთიდან ორ წლამდე — 7, 5 წლის ზევით — 3 ავადმყოფი.

საქონტროლად გამოკვლეულია 5 ჩანბრთელი პირი. ავადმყოფთა გამოკვლევა წარმოებდა ხმისგუმტარ კამერაში. პირობითი გამლიზიანებლები წარმოადგენდა ძლიერი და სუსტი, მაღალი და დაბალი სისშირის ბეგრებს.

კლინიკურ-ექსპერიმენტული კვლევის დროს ყურადღება ექცეოდა პირობითი რეფლექსების გამომუშავებას უმთავრესად პირველი სასიგნალო სისტემის დონეზე. შინაგანი ანუ აქტიური შეკავების შესწავლის მიზნით გამოიშვავებულ იქნა სტერეოტიპი, ბეგრითი გამლიზიანებელი: I წვეილი — ძლიერი ტონის ბეგრა — დადებითი გამლიზიანებელი, სუსტი ტონის ბეგრა — უარყოფითი გამლიზიანებელი; II წვეილი — მაღალი სისშირის ბეგრა — დადებითი გამლიზიანებელი, და დაბალი სისშირის ბეგრა-უარყოფითი გამლიზიანებელი. წარმოებდა პირობითი რეფლექსების ჩაქრობა შემდგომი აღდგენით.

თავის ტვინის ქერქის ბიოელექტრული აქტივობის გამოკვლევა წარმოებდა ალვარის ფირმის მ-არსიანი ელექტროენცეფალოგრაფის საშუალებით. ვიკლევდით: თავის ტვინის, შებლის, თხემის, საფეთქლისა და კეფის არეების ბიოელექტრულ აქტივობას.

ოქსიჰემომეტრისა და ოქსიჰემოგრაფის საშუალებით არტერიულ სისხლში ვიკლევდით ვანგბადის შემცველობის დინამიკას ექსპერიმენტის მსვლელობის დროს.

გამოკვლევის დროს ყველა შემთხვევაში ჩანდა შიზოფრენიული პროცესისათვის დამახასიათებელი სიმპტომები: პიროვნების დისტონია, აუტისმი. პიროვნების შეუნაწევრობის სინდრომი აღენიშნებოდა როგორც მოქმედებებში, ისე აზროვნებისა და ემოციის მხრივ; ერთ შემთხვევაში ავადმყოფთა ქცევები განისაზღვრებოდა საღ მსჯელობასმოკლებული მცდარი აზრებითა და უსიამოვნო შინაარსის სმენითი ჰალუცინაციებით. სხვა შემთხვევებში თვალსაჩინო იყო მათილოგიური უცნაურობა, საერთო აბუღია — ამატიის ფონზე, მოქმედებები და ქცევები — გატანაქებული, უმიზეზო სიცილი. ეპიზოდური სმენითი ჰალუცინაციები და ბოდვითი გამოთქმები. ზოგიერთ შემთხვევებში უფრო მკვეთრად ჩანდა მოტორიკაში დისკინეზური და პიპერკინეზური მოვლენები. აღინიშნებოდა მკვეთრი გამფენილი შეკავება, რაც გამოიხატებოდა სრულ უმოქმედებაში. მათთან კონტაქტის დამყარება სხვა შემთხვევებთან შედარებით გაძნელებული იყო.

ნეიროდინამიკურმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ წანმრთელ პირებში ფერენციაციის გამოუმუშავება ხდება საშუალოდ მეხუთე შეუღლებაზე და ექსპერიმენტის დასასრულამდე დიფერენცირება მყარია. ამ დროს არტერიულ სისხლში ენგებადის შემცველობა არ განიცდის მკვეთრ რყევადობას.

ელექტროენცეფალოგრაფიულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ წანმრთელ პირებში ელექტროენცეფალოგრამა ასახავს მღვიმარი მდგომარეობისათვის დამახასიათებელ სურათს; რაიმე პათოლოგიას აქ აღვილი არ აქვს.

ჩვენს მიმართვაზე: „თვალები დახურეთ“ — ვითარდება კარგი სინქრონიზაცია, რაც შეკავების პროცესის გამომატველი უნდა იყოს. ჩნდება დამახასიათებელი ნელი ჰოტენციალი.

შიზოფრენიით დაავადებულთა პარანოიდული ფორმის დროს ნეიროდინამიკურმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ დიფერენციაციის გაძნელებულია; მე-10 მე-12 შეუღლებაზე ავადმყოფები უხეშად ადიფერენცირებენ უარყოფით გამლიზიანებლებს ამასთან, დიფერენციაცია არაა მყარი, ადვილად ირღვევა. რაც მაჩვენებელია შინაგანი ანუ აქტიური შეკავების პროცესის სუსტებისა.



სურ. 1. თავის ტვინის გერქის ბიოელექტრული აქტივობა შიზოფრენიის პარანოიდული ფორმის დროს. ზემოთან კვეთათ: პირველი წოდები — მარცხენა ზებლია წილი, მეორე — მარცხენა საფეთქლის წილი, მესამე — მარცხენა მხვითი წილი, მეოთხე — მარცხენა კედის წილი; ფხვლე — მარჯვენა ზებლია წილი, ფხვსე — მარჯვენა საფეთქლის წილი, მეხუთე — მარჯვენა მხვითი წილი, მეექვ — მარჯვენა კედის წილი (დრო — წამი)

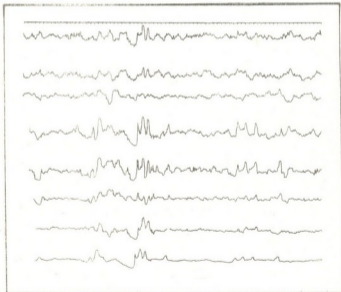


ელექტროენცეფალოგრაფიულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ გვირგვინის ელექტროენცეფალოგრაფიაზე აღვილი არ აქვს რაიმე ტიპურ გადახრებს.

**შინაარსი:** „თვალში დახუკეთ“ — ჩნდება აშკარა წელი პოტენციალი, რაც მოუთხოვს, რომ შეკვების სინქრონიზაცია ასე თუ ისე გამოხატულია (იხ. სურ. 1).

არტერიულ სისხლში ქანგბადის შემცველობა შინაგანი შეკვების გამო-  
მუშავებისა და ავადმყოფთა ელექტროენცეფალოგრაფიული გამოკვლევის  
დროს, დასაწყისში კლებულობს, შემდეგ კი შედარებით მყარ ფონს იძლევა.

შიზოფრენიის მარტივი ფორმით დაავადებულთა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ სტერეოტიპისა და დიფერენციაციის გამომუშავება აქ უფრო ძნელად მი-  
მდინარეობს, ვიდრე შიზოფრენიის პარანოიდული ფორმით დაავადებულ  
ავადმყოფებში, ე. ი. შინაგანი ანუ აქტური შეკვება აქ შედარებით სუსტა-  
დაა წარმოდგენილი და ძნელად გამომუშავდება, პირობითი კავშირები ძნე-  
ლად წარმოიშვება, მყიფეა და ადვილად ქრება.



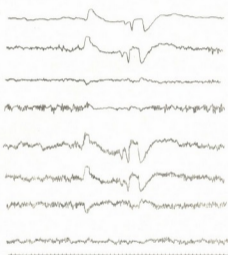
სურ. 2. თავის ტვინის ქერქის ბიოელექტრული აქტივობა შიზოფრენიის მარტივი ფორ-  
მის დროს. ხეივანი კვებით: პირველი მრუდი — მარცხენა შებლის წილი, მეორე —  
მარცხენა საფეთქლის წილი, მესამე — მარცხენა თბების წილი, მეოთხე — მარცხენა კე-  
ფის წილი, მეხუთე — მარჯვენა შებლის წილი, მეექვსე — მარჯვენა საფეთქლის წილი,  
მეშვიდე — მარჯვენა თბების წილი, მერვე — მარჯვენა კეფის წილი (დრო — 1 წამი).



ელექტროენცეფალოგრაფიული გამოკვლევით ელექტროენცეფალოგრაფიაზე რაიმე ტიპური გადახრები არ აღინიშნება.

ჩვენს მითითებაზე: „თვალეები დახუჭეთ“—მართალია, ჭარბობს ნელი პოტენციალის წარმოშობა, მაგრამ კარგად გამოხატული სინქრონიზაცია აქ არ ვითარდება, ე. ი. შეკავების პროცესთან უნდა გვეკონდეს საქმე, მაგრამ მისი ელექტროენცეფალოგრაფიული პროფილი მაინც განსხვავდება ჯანმრთელი პირის ელექტროენცეფალოგრაფიული სურათისაგან (იხ. სურ. 2).

რაც შეეხება ენგბადის შემცველობას არტერიულ სისხლში, შინაგანი შეკავების გამომუშავებისას და ელექტროენცეფალოგრაფიული გამოკვლევის დროს, სუსტად კლებულობს.



სურ. 3. თავის ტვინის ქერქის ბიოელექტრული თავტეობა შიზოფრენიის კატატონიური ფორმის დროს. ზემოდან ქვემოთ: პირველი შრული — მარცხენა შუბლის წილი, მეორე — მარცხენა საფეთქლის წილი, მესამე — მარცხენა თვების წილი, მეოთხე — მარცხენა კვდის წილი, მეხუთე — მარჯვენა შუბლის წილი, მეექვსე — მარჯვენა საფეთქლის წილი, მეშვიდე — მარჯვენა თვების წილი, მერვე — მარჯვენა კვდის წილი (დროის—1 წამი)

შიზოფრენიის კატატონიური ფორმის დროს სტერეოტიპისა და დიფერენციაციის გამომუშავება საერთოდ ვერ შევძელით, შინაგან შეკავებას (აქტიური შეკავება) ხელს უშლის მკვეთრად გამოხატული განფენილი დაცვითი შე-



კავება. ამ ფორმასაც არ ახასიათებს რაიმე ტიპური ელექტროენცეფალოგრაფიული სურათის არსებობა.

ჩვენს მიმართებაზე: „თვალები დახურე“—ვითარდება სინქრონიზაცია, მაგრამ არა მკვეთრი. თვალების დახუჭვაზე წელი ტალღები ჩნდება. არც ისე მკვეთრად. ადგილი აქვს სწორ პოტენციალებსაც (იხ. სურ. 3).

არტერიული სისხლში ენგვბადის შემცველობა ექსპერიმენტის დროს თითქმის არ იცვლება. ქრონიკულ შემთხვევებში, სადაც ფსიქოპათოლოგიურ სურათში ჩანს მხოლოდ კლინიკური ფორმის ფრაგმენტები ან სრულად წაშლილია, გამოირკვა, რომ დიფერენციაციის გამომუშავება სხვადასხვა გამიზნობებზე ვერ მოხერხდა; აქაც, როგორც ჩანს, შინაგანი შეკავების პროცესი სუსტად ან სულ არ გამომუშავდება.

ელექტროენცეფალოგრაფიული გამოკვლევით რაიმე ტიპური გადახრები არ აღინიშნება.

თვალების დახუჭვისას აქაც ჭარბობს წელი პოტენციალის წარმოშობა, მაგრამ კარვად გამოხატული სინქრონიზაცია აქ არ ვითარდება.

არტერიულ სისხლში დიფერენციაციის გამომუშავებისას და ელექტროენცეფალოგრაფიული გამოკვლევის დროს ენგვბადის რაოდენობა მკორედ კლებულობს ან თითქმის არ იცვლება.

ამრიგად, კლინიკურ-ექსპერიმენტული მონაცემები გვიჩვენებს, რომ შიზოფრენიის სხვადასხვა კლინიკური ფორმების დროს შინაგანი (ე. ი. აქტიური, ქერქული შეკავების) პროცესი სხვადასხვაგვარ ცვლილებებს განიცდის, შიზოფრენიის ყველა ფორმის დროს ელექტროენცეფალოგრაფიაზე არ ჩანს რაიმე ტიპური გადახრები, თითქმის ყველა შემთხვევებში ადგილი აქვს წელი პოტენციალებს და სუსტად გამოხატულ სინქრონიზაციას. აღნიშნული მდგომარეობა შიზოფრენიის დროს მაინც მიუთითებს შეკავების პროცესის სიჭარბეზე.

შიზოფრენიის პარანოიდულ და მარტივი ფორმის დროს არტერიულ სისხლში ენგვბადის შემცველობა თითქმის არ განსხვავდება ნორმისაგან; დიფერენციაციის გამომუშავების პერიოდში კი ენგვბადი მკვეთრად ეცემა. ე. ი. შინაგანი შეკავების გამომუშავებისას ადგილი აქვს ჰიპოქსემიის განვითარებას.

შიზოფრენიის კატატონიური ფორმის დროს, დაკვითი შეკავების მკვეთრად გამოხატვის გამო გაძნელებულია დიფერენცირების გამომუშავება და ჰიპოქსემიის მდგომარეობაც შედარებით უმნიშვნელოდ არის გამოხატული.

ქრონიკულ შემთხვევებში შინაგანი ანუ აქტიური შეკავების სისუსტესთან ერთად ადგილი აქვს სუსტ ჰიპოქსემიურ მდგომარეობას.

### დასკვნები

1. შიზოფრენიის პარანოიდული ფორმის დროს აღინიშნება შინაგანი შეკავების პროცესის სისუსტე. დაკვითი შეკავება ამ დროს სუსტად არის გამოხატული. თავის ტვინის ქერქის ბიოლექტრულ აქტიუობის მხრივ რაიმე ტიპური გადახრას ადგილი არ აქვს.



2. შიზოფრენიის მარტივი ფორმის დროს აღინიშნება შინაგანი შეკავების პროცესის სისუსტე; ელექტროენცეფალოგრამაზე უარობს ნელი პოტენციალი.

3. შიზოფრენიის კატატონური ფორმისათვის დამახასიათებელია კარგად გამოხატული დაკვითი შეკავება, რაიმე ტიპური ელექტროენცეფალოგრაფიულ სურათს ამ შემთხვევაში ადგილი არ აქვს.

4. შინაგანი შეკავების გამომწვევების დროს შიზოფრენიით დაავადებულ პირებში არტერიულ სისხლში ვითარდება ენგბადის შემცველობის დაქვეითება.

შ. ასათიანის სახელობის  
ფსიქიატრიის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციას მოუვიდა 7.1.1964)

ФИЗИОЛОГИЯ

Н. И. БОСТОГАНШВИЛИ

### К ВОПРОСУ О СОДЕРЖИМОСТИ КИСЛОРОДА В КРОВИ И ЕЕ ВЗАИМОТНОШЕНИИ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ШИЗОФРЕНИИ

#### Резюме

Нейродинамические исследования больных шизофренией производились методом выработки условных рефлексов с речевым подкреплением. Параллельно изучалась биоэлектрическая активность коры больших полушарий.

Одновременно оксигеметрическим и оксигемографическим методом исследовалась динамика содержания кислорода в артериальной крови у больных.

На основании клинико-экспериментальных исследований устанавливается, что при различных клинических формах шизофрении процесс внутреннего торможения претерпевает различные изменения.

При простой и параноидной формах шизофрении процесс внутреннего торможения выражен слабо. Отмеченное состояние не наблюдается при кататонической форме шизофрении.

В биоэлектрической активности коры головного мозга у больных шизофренией не обнаружено каких-либо типичных изменений.

При выработке процесса внутреннего торможения у больных шизофренией содержание кислорода в артериальной крови падает.

## დავით აღმაშენებლის სახელობის ინსტიტუტის შრომები — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Д. Зурабашвили. О церебральных основах шизофрении в разрезе электроэнцефалографии. Журнал невропатологии и психиатрии, т. 18, № 3, 1949.
2. Н. Н. Дзидзишвили. Электроэнцефалография при шизофренических состояниях. Труды Ин-та физиологии АН ГССР, т. 7, 1948.
3. ა. ცუბაშვილი. შიზოფრენიის ე. წ. გამოსავალი სდგომარეობის ელექტროენცეფალოგრაფიული მონაცემები. მ. ასათიანის სახ. ფსიქიატრიის ინსტიტუტის შრომები, VI—VIII. თბილისი, 1963.
4. И. П. Ройтбак и Н. А. Саванели. Электроэнцефалическое исследование шизофрении. Труды Ин-та физиологии АН ГССР, т. 9, 1953.
5. С. А. Чугунов. Основные электроэнцефалографические изменения при шизофрении. Всесоюзная конференция, посвященная 100-летию со дня рожд. С. С. Корсакова и актуальным вопросам психиатрии, 24/V—1954.



მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე

ბ. იონაშვილი შ. ლომბო

ნორსულფაზოლის სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევისა და  
 გვამში მისი შენახვის ხანგრძლივობის დადგენისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვლ. ასათიანმა 10.12.1963)

სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევისას არაიშვიათად წამოიჭრება ზოლმე საკითხი იმის შესახებ, თუ რამ მოწამლა ადამიანი.

სასამართლო ქიმიის დარგში მომუშავე ქიმიკოსმა იმისათვის, რომ აწარმოოს ამა თუ იმ ნივთიერების სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევა, უნდა იცოდეს ბიოლოგიური მასალიდან მისი გამოცალკევების მეთოდი და მგრძობიარე სპეციფიკური რეაქციების წარმოება აღნიშნული ნივთიერების იდენტიფიკაციისათვის.

ადამიანის ან ცხოველის მოწამვლის შედეგად სიკვდილის შესახებ საკითხი აღიძვრება ზოლმე გარდაცვალებისთანავე ან გარდაცვალებიდან რამდენიმე დღის შემდეგ. უკანასკნელ შემთხვევაში უნდა ჩატარდეს ექსპერტიზა, ბოლო მის ჩატარებამდე საჭიროა დადგენილ იქნეს, თუ რა დრო გავიდა ცოცხალ ორგანიზმში ამა თუ იმ შესაძინი ან ძლიერმოქმედი ნივთიერების მოხვედრის შემდეგ.

თუ გამოყენებულია ისეთი საშუალება, რაც ორგანიზმში იშლება ან ადვილად გამოიყოფა ორგანიზმიდან, ამასთან გარდაცვალებიდან საქმარისში დრომ ვანელო. სასამართლო ქიმიკოსი უმეტეს შემთხვევაში მოკლებულია ასეთი საწამლავის იდენტიფიკაციის საშუალებას. ამ შემთხვევაში ექსპერტიზისა და გვამის ორგანოების სასამართლო-ქიმიურ გამოკვლევას არავითარი აზრი არ აქვს. ამიტომ უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ამა თუ იმ შესაძინი სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევის მეთოდის შემუშავებასა და ლაბორის პროცესში მყოფ გვამში მისი შენახვის ხანგრძლივობის შესწავლას.

ლიტერატურულ წყაროებში არაა აღწერილი, თუ როგორ უნდა წარმოებდეს ნორსულფაზოლის სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევა; არაა მითითებული გვამში მისი შენახვის ხანგრძლივობის შესახებ [1].

აღნიშნულის გამო ჩვენ მიზნად დავისახეთ ნორსულფაზოლით მოწამვლის შემთხვევაში შეგვემუშავებინა ბიოლოგიურ მასალისაგან მისი გამოწვევით, გასუფთავებისა და აღმოჩენის მეთოდიკა, აგრეთვე ნორსულფაზოლით მოწამვლის შემთხვევაში დაგვედგინა გვამში მისი შენახვის ხანგრძლივობა.

ლიტერატურაში გამოქვეყნებულია ნორსულფაზოლის იდენტიფიკაციის რამდენიმე რეაქცია [2, 3]:





1) 0,1 გ პრეპარატს ხსნაინ 2 მლ განზავებულ ქლორწყალბადში (0,1 M ხსნარის 5 მლ-ს. მიღებული ხსნარის 1 მლ-ს უმატებენ ბეტა-ნაფტოლის ტუტთან ხსნარის 5 მლ-ს. მიიღება ალბ-ლისფერ-წითელი შეფერალება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ეს რეაქცია არ შეიძლება გამოვიყენოთ ნორსულფაზოლის სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევის დროს, ვინაიდან აღნიშნულ შეფერალებას იძლევა ყველა სულფამიდები:

2) 0,1 გ პრეპარატს ანჯღრევენ 0,1 n ნატრიუმის ტუტის ხსნარის 3 მლ-თან 1—2 წუთის განმავლობაში და ფილტრავენ; ფილტრატს უმატებენ 1 მლ სპილენძის ეანგის სულფატის ხსნარს; წარმოიშეება ქუქუიანი იისფერი ნალექი.

აღნიშნული რეაქციები ნაკლებად მგრძობიარეა და არასპეციფიკური. ამიტომ გადავწყვიტეთ პირველ რიგში გამოკვლევისთვის ნორსულფაზოლის იდენტიფიკაციის მგრძობიარე და სპეციფიკური რეაქციები.

ჩატარებული გამოკვლევებით გამოვლინებულ იქნა მგრძობიარე მკერძ-და მიკროქიმიური რეაქციები, რაც შემდეგში მდგომარეობს:

1. ნორსულფაზოლის 0,1% აცეტონიანი ხსნარის 4—5 წვეთს ვათავსებთ ფიფქის ფილაში და მას ვუმატებთ ნატრიუმბიტრატის 1%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს და სულენოვანი მკერძის 2%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს; მიიღება წითელი შეფერალება (რეაქციის მგრძობიარობა 0,1 მგ);

2. ნორსულფაზოლის 0,2%-იანი აცეტონიანი ხსნარის 4—5 წვეთს ვათავსებთ სასაგნე მინაზე და მას ვტოვებთ ოთახის ტემპერატურაზე. სითხის აორთქლების შემდეგ გამოკრისტალდება ნორსულფაზოლისათვის დამახასიათებელი ფორმის კრისტალები (რეაქციის მგრძობიარობა — 0,4 მგ). ეს რეაქცია სპეციფიკურია და განსხვავდება ყველა სხვა სულფამიდურ პრეპარატებისაგან.

3. ნორსულფაზოლის 1%-იანი აცეტონიანი ხსნარის 4—5 წვეთს ვათავსებთ სასაგნე მინაზე და მას ვუმატებთ სულენოვანი მკერძის 1%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს და მას ვტოვებთ ოთახის ტემპერატურაზე. სითხის აორთქლების შემდეგ გამოკრისტალდება ნეშისებური ფორმის კრისტალები (რეაქციის მგრძობიარობა — 0,2 მგ).

ნორსულფაზოლის იდენტიფიკაციის მგრძობიარე და სპეციფიკური რეაქციების გამოვლინების შემდეგ შევედგებით იმის შესწავლას თუ რა გზით შეიძლება ხსენებული ნივთიერების გამოწვლილვა და ბიოლოგიური მასალიდან გასუფთავება.

ჩვენ შევიმუშავეთ ნორსულფაზოლის გამოწვლილის მეთოდი რაც შემდეგში მდგომარეობს:

დაწვრილმანებულ მასალას ვათავსებთ ერლენმეიერის კოლბში და ვსინჯავთ მის რეაქციას. თუ იგი მკაფიო, გვანეიტრალებთ ნატრიუმ-კარბონატით და შემდეგ შევამკვებთ ლეონის მკაფით. თუ რეაქცია ტუტე ან ნეიტრალურია, ამ შემთხვევაში ვწარმოებთ შემაჯავებს ლეონის მკაფით. შემდეგ ვუმატებთ ეთილის სპირტის სამმაგ წონას. კოლბს ვუკეთებთ ვუვამაციარს და ვაცხელებთ მდულარე წყლის აბაზანაზე ერთი საათის განმავლობაში. მიღებულ



გამონაწვლილს ცხლადვე ვფილტრავთ. აღნიშნულ ოპერაციას სამკვეთში ვსრულებთ.

სპირტიან გამონაწვლილებს შევავრთებთ და დავუმატებთ ცხოველურ ნახშირს 1%-ის რაოდენობით. გვაკატხლებთ 30 წუთის განმავლობაში და გავფილტრავთ. მიღებულ გასუფთავებულ სპირტიან გამონაწვლილში ნორსულფაზოლის დასადასტურებლად სსნარს ვაორთქლებთ შშრალ ნაშთამდე. ნაშთს ვსწნით აცეტონში, რის შემდეგ ვატარებთ იგივეობის რეაქციებს.

ბიოლოგიურ მასალაში ნორსულფაზოლის შენახვის ხანგრძლივობის დასადგენად საანალიზოდ ავიღეთ 5 კგ საქონლის ზორცი, დავაწვრილმანეთ და ძასში შევვრეთ 0,5 გ ნორსულფაზოლი. შენარევი მოვათავესთ მინის ქილაში და დავტოვეთ ხრწნის პროცესის გასავითარებლად.

გამოკვლევას ვაწარმოებდით ყოველ მე-15 დღეს. უკანასკნელი ცდა ჩატარდა ნორსულფაზოლის შეტანიდან 19 თვის შემდეგ. უკანასკნელი გამოკვლევის ჩატარებისას ხრწნის პროცესში მყოფ ბიოლოგიურ მასალაში ნორსულფაზოლის თანაპოვინიერება არ დადასტურდა.

### დასკვნები

1. ბიოლოგიური მასალისაგან ნორსულფაზოლი გამოიწვლილება ღვინის მგავით შემყავებულ არედან ცხელი ეთილის სპირტით;
2. ნორსულფაზოლის დადასტურება, ლობობის პროცესში მყოფ გვამში ხერხდება იმ შემთხვევაში, თუ ცხოველის სიკვდილის შემდეგ არ გასულა 18,5 თვეზე მეტი;
3. მიღებული შედეგების გამოყენება შეიძლება სპეციალურ ლაბორატორიებში ნორსულფაზოლის სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევის შემთხვევაში.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 10.12.1963)

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Н. М. НОВАШВИЛИ, Ш. И. ГЛОНТИ

### СУДЕБНО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОРСУЛЬФАЗОЛА И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СОХРАННОСТИ ЕГО В ОРГАНАХ ТРУПА

#### Резюме

Выявлены новые реакции норсульфазола и выработана методика его извлечения. Методика извлечения заключается в испытании реакции объекта. В случае кислой реакции нейтрализуют карбонатом натрия, а затем подкисляют виннокислотной кислотой. При нейтральной или щелочной





კლინიკური მკვლევება

თ. კობახიძე

**ქანგოვანა სათითურას ფოთლების წვენიტ გარუნალობა  
 ამგვალატორულ პირობებში**

(წარმოუგანა აკადემიის წერ-კორექტიონებმა დ. გვდევანიშვილმა 9.12.1963)

ქანგოვანა სათითურას ფოთლებიდან მიღებული პრეპარატი სუკდიგფერი (Sudigfer) მოწადებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტში აკადემიოს ი. ქუთათელაძის მეთოდით [1]. მისი ფარმაკოლოგიური მოქმედების ზოგიერთი მხარე შესწავლილია შ. კვიციანიძისა და ჩვენს მიერ [2, 3, 4, 5].

სუკდიგფერი ნეოგალენიკის პრეპარატია, რომელიც ნაწილობრივ გაწმენდილია ბალასტური ნივთიერებებისაგან.

პრეპარატის მოსამზადებლად ქანგოვანა სათითურას ახლად შეგროვილ ფოთლებს კრიახ წვრილად და წურავენ პრესში. მიღებულ წვენს კონსერვაციის მიზნით უმატებენ 15%-იან ღვინის სპირტს და 0,3%-იან ქლორეტონს. სუკდიგფერი ბიოლოგიურად სტანდარტიზირებულია. მისი თითოეული მილიმეტრი, რაც გამსაზღვრულია დ. გვდევანიშვილის ბიოლოგიური შეფასების მეთოდით [6] შეიცავს 5—6 ბაყაყის ერთეულს, რაც ეთანაბრება 0,1 გ სათითურას ფოთლებს. სუკდიგფერი გამკვირვალე, მორტო-მოწითალო ფერის სითხეა თავისებური სუნითა და მწარე გემოთი. მას მკვე რეაქცია აქვს. სუკდიგფერი მისაღებად ენიშნება (მოზრდილებს) 15 წვეთი 2—3-ჯერ დღეში — საჭიროებისდა მიხედვით პირველ დღეებში 20 წვეთამდე თანდათანობით შემცირებით 15 წვეთამდე. დოზის მეტად გადიდება არაა რეკომენდირებული. მკურნალობის ხანგრძლივობა 10 დღეა. შემთხვევისა და საჭიროების მიხედვით დასაშვებია მკურნალობის ხანგრძლივობის მკეროადენი მომატებაც.

ქანგოვანა სათითურას წვენის მიცემა უკუნაჩვენებია კომპენსირებული მანკების, არტერიული წნევის მომატების შემთხვევაში და გულის ცხიმოვანი გადაგვარების დროს. შესაძლებელი გართულებები იგივეა, რაც საერთოდ დადგენილია სათითურას პრეპარატების მიღების შემთხვევისათვის (გულის კუნთის ფუნქციის მოშლა კემულაციის შედეგად არითმიებისა და მარჯის სისუსტის სახით). ამიტომ საჭიროა ამ პრეპარატის ფრთხილად და დაკვირვებით დანიშვნა.

კლინიკური დაკვირვებანი სუკდიგფერის სამკურნალო ეფექტურობაზე ჩაატარა შ. კვიციანიძემ [2, 5, 7, 8] იმ ავადმყოფებზე, რომლებსაც დანიშნული ჰქონდათ ამ პრეპარატებით მკურნალობა. დაკვირვებით დადასტურდა, რომ სუკდიგფერი წარმოადგენს აქტიურ საგულე საშუალებას და იგი მოწმენდილი სათითურას ანალოგიურ მოქმედებას იჩენს; ამიტომ ის შეიძლება გამო-



ყინებულ იქნეს ყველა იმ შემთხვევებში, როცა ნაწვევებია სათითურას პრეპარატების გამოყენება. შ. კვიციანიმ ქანგოვანა სათითურას ფოთლებიდან მიღებული წვენი მხოლოდ კლინიკურ პირობებში იხმარა. ამის გამო ჩვენ გადაწყვიტეთ ჩაკვეტარებინა გამოკვლევები ამბულატორულ ავადმყოფებზე, რომლებიც ცხოვრებისა და შრომის ჩვეულ პირობებში იმყოფებოდნენ. ეს იმიტომ, რომ სტაციონარულ პირობებში პრეპარატის გამოცდის შემდეგ, მისი პრაქტიკაში დანერგვისათვის აუცილებელ ნაბიჯს წარმოადგენდა პრეპარატის გამოცდა მოსიარულე (ამბულატორულ) ავადმყოფებზე. ასეთი დაკვირვება ჩატარებული გვაქვს გულით დაავადებულ 30 ავადმყოფზე.

პრეპარატის მიცემის პერიოდში ავადმყოფს გულდასმით ვაკვირდებოდით. ყოველდღიურად ვახდენდით გულისცემის, სუნთქვისა და პულსის შემოწმებას. ვაკვირდებოდით დიურეზს (მიღებული სითხისა და გამოყოფილი შარდის რაოდენობას 24 საათის განმავლობაში). ვიკვლევდით არტერიულ წნევას და ელექტროკარდიოგრაფიულ მონაცემებს.

დაკვირვებათა შედეგად დავადგინეთ პრეპარატის თერაპიული დოზები ამბულატორული პირობებისათვის.

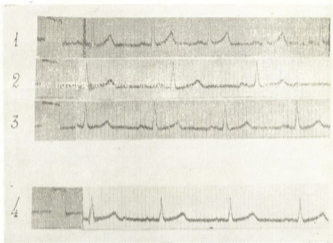
ამბულატორულ დაკვირვებაზე აყვანილი ავადმყოფები დიაგნოზების მიხედვით შემდეგნაირად ნაწილდებოდნენ: მიოკარდიტული კარდიოსკლეროზი — 4, ორკარიანი სარქველის ნაკლოვანება — 7, ათეროსკლეროზული კარდიოსკლეროზი — 9, ორკარიანი სარქველის ნაკლოვანება და მიტრალური ზერევის სტენოზი — 10; სისხლის მიმოქცევის უქმარისობის ხარისხის მიხედვით კი იგივე ავადმყოფები შემდეგნაირად ნაწილდებოდნენ: მეორე ხარისხის უქმარისობა — 27 და მესამე ხარისხისა — 3.

30 ავადმყოფიდან 27 შემთხვევაში (90%) კარგი ეფექტი მივიღეთ: აქედან 15 შემთხვევაში აღინიშნა ავადმყოფთა მდგომარეობის მკვეთრი გაუმჯობესება — გულის კომპენსაციის აღდგენა. ავადმყოფები დაუბრუნდნენ ჩვეულ სამუშაოს; 10 შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა ავადმყოფთა მდგომარეობის შედარებით გაუმჯობესებას — გულის კომპენსაციის აღდგენას. მაგრამ ამ ქვეჯგუფის ავადმყოფებს შეეძლოთ მხოლოდ მსუბუქი სამუშაოს შესრულება; დანარჩენი ავადმყოფი (5), მართალია, უფრო აქტიურნი გახდნენ, ვიდრე ისინი მკურნალობამდე იყვნენ, მაგრამ მათ შეეძლოთ მხოლოდ თავისი თავის მომსახურება, ე. ი. რაიმე მძიმე ან მსუბუქი სამუშაოს შესრულება არ შეეძლოთ.

ქანგოვანა სათითურას ფოთლების წვენიტ მკურნალობის შედეგად პულსისა და გულისცემის სიხშირის შენელებას ადგილი ჰქონდა 20 შემთხვევაში (67%); პულსის შენელება-გაიშვიათება წუთში 5-დან 38-მდე მერყეობდა. ნორმალურ მანერებლამდე პულსი შენედა 19 შემთხვევაში; არტერიული წნევა უმეტეს შემთხვევაში (19) არ შეცვლილა, მაგრამ 11 შემთხვევაში, მკურნალობის დაწყებიდან სამი დღის შემდეგ, თანდათანობით მატულობდა; მკურნალობის დამთავრების შემდეგ კი წნევა ისევ კლებულობდა და ნორმას უახლოვდებოდა.



30 ავადმყოფის, რომლებსაც ჰაერის უკმარისობა და ჭოწინი აწევა, ქანკოვანა სათითურას ფოთლებს წვენიტ მერხნალობის კერსის დამთავრების შემდეგ ეს მოვლენები გაუქრათ. გულის მუშაობის ვაუმყობენებასთან ერთად თანდათანობით დაიკლო 23 ავადმყოფის სხეულის წონამ.



სურ. 1. ავადმყოფის ელექტროკარდიოგრამაზე სტრატეგ ანტიარტულ გამზრებში: 1—ელექტროკარდიოგრამა სუკლიფერით მერხნალობის წინ, ვერად გნას იქვეს T კვლების გადიდება და ST ინტერვალის უნაგაოკობო ფოობა; 2—ელექტროკარდიოგრამა სუკლიფერით მერხნალობის 7 დღის შემდეგ; 3—ელექტროკარდიოგრამა სუკლიფერით მერხნალობის 11 დღის შემდეგ; 4—ავადმყოფის ელექტროკარდიოგრამა სუკლიფერით მერხნალობის შემდეგ, ელექტროკარდიოგრამაზე ანკარად მანს T კბილის დაუბლვა (ე. ი. მიბოტის კბილისა ზონისა)

ელექტროკარდიოგრაფიული გამოკვლევებით, რასაც ჩვენ ეატარებდით 20 ავადმყოფის შემთხვევაში ამა თუ იმ ხარისხით დადგენილ იქნა გულის ელექტროფიზიოლოგიური მონაცემების ნორმალიზაციის ფაქტი (მერხნალობამდე არსებულ შესაბამის მონაცემებთან შედარებით), მაგრამ განსაკუთრებული სიშვეთით ელექტროკარდიოგრაფიული მანვენებლების ნორმალიზაცია გამოიხატა იმ 19 ავადმყოფში, რომელთა შემთხვევაშიც სუკლიფერით მერხნალობის შემდეგ ადგილი ჰქონდა პულსის ფიზიოლოგიური დონის მკაფიო აღდგენას. ელექტროკარდიოგრაფიული მონაცემები ამ შემთხვევებში უჩვენებდნენ წინაგულების გამტარებლობის (PQ) პათოლოგიური ხანგრძლი-



ვობიდან (0,20" — 0,22") ამ ნორმის მაღალი დონიდან, ნორმის ქვემოთ (0,14" — 0,16") ჩამოსვლას. ასევე ნორმის ფარგლებს დაუბრუნდა პარკეტების გამტარებლობაც (QRS კომპლექსი), სახელდობრ იგი 0,12" — 0,14"-დან 0,09" — 0,1"-მდე ჩამოდიოდა. შედარებით ნელა სწორდებოდა მთლიანად ელექტრული სისტოლა (QRST), რაც თავის მხრივ გამოწვეულია ST ინტრვალის პათოლოგიური ხანგრძლივობის უფრო დიდხანს შენარჩუნების გამო. QRST ნორმის მაღალ დონეს (0,37" — 0,40") უახლოვდება მკურნალობის გვიან ეტაპებზე, ან მკურნალობის დამთავრებიდან 1 — 2 კვირის განმავლობაში. ამით უნდა აიხსნას ის გარემოება, რომ სისტოლური მანევრებული ამბულატორულ ავადმყოფებზე ჩვენ მიერ მიღებული ელექტროკარდიოგრაფიული მონაცემებით, საშუალოდ 0,42 — 0,45, 0,50%-ის ფარგლებში მერყეობდა.

ჩვენი დაკვირვებით, იმ ამბულატორულ ავადმყოფებში, რომელთა ბულსის სრული ნორმალიზაცია ხდებოდა უკვე მკურნალობის პროცესშივე (სუკდიგფერის მიღების 10 — 14 დღის განმავლობაში), მკურნალობის შედეგად მათზე მიღებული ელექტროფიზიოლოგიური მანევრებლების დამაკმაყოფილებელი დონე უცვლელი აღმოჩნდა მკურნალობის მომდევნო თვეების შემდეგ ჩატარებული ელექტროკარდიოგრაფიული გამოკვლევებითაც (იხ. სურათი).

ამბულატორული მკურნალობის პირობებში თერაპიული დოზების დადგენის მიზნით 5 ავადმყოფს დღეში 3-ჯერ ვაძლევდით 10 — 10 წვეთს (სამი დღის განმავლობაში). ეფექტი ვერ მივიღეთ. ამის შემდეგ დოზა გავადიდეთ 15 — 20 წვეთამდე (დღეში 3-ჯერ). 10 ავადმყოფს მიეცა 20 — 20 წვეთი დღეში 3-ჯერ. გამოირკვა, რომ მკურნალობის ხანგრძლივობა შეიძლება იყოს არა 10 დღე, როგორც ამას სათანადო ინსტრუქცია მიგვიითიუბს, არამედ შემთხვევისა და საჭიროებისდა მიხედვით — 12 დღე და ორი კვირაც კი. ჩვენი დაკვირვებით, ჟანგოვანა სათითურას ფოთლების წვენი თერაპიული დოზა ზოგიერთ შემთხვევაში უფრო მეტიც შეიძლება იყოს — 20 — 25 წვეთი 10 — 14 დღის განმავლობაში.

### დასკვნა

ჯანგოვანა სათითურას ფოთლების წვენი (სუკდიგფერი), აღისფერი (ძოწი) სათითურას პრეპარატების მსგავსად, ამბულატორულ პირობებში მკურნალობის დროსაც, მეტწილ შემთხვევაში ასწორებს სისხლის მიმოქცევის დარღვევებს და აღადგენს კომპენსაციას სისხლის მიმოქცევის ქრონიკული უკმარისობით დაავადებულთა შორის. ამიტომ, ჟანგოვანა სათითურას ფოთლების წვენი შეიძლება პოლიკლინიკის პირობებში გამოვიყენოთ სისხლის მიმოქცევის ქრონიკული უკმარისობის იმ შემთხვევებში, როცა ნაჩვენებია სათითურას პრეპარატების გამოყენება.



ჩვენი დაკვირვებით, პოლიკლინიკის პირობებში მეურნეობისას, ენგო-  
ვანა სათითურას ფოთლების წვენი თერაპიული დოზა მეტწილად უნდა შეად-  
გენდეს 20—25 წვეთს დღეში 3-ჯერ 10—14 დღის განმავლობაში, ავად-  
მყოფის მდგომარეობისა და საპირობებისა მიხედვით.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო  
ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 9.12.1963)

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Т. Д. КОБАХИДЗЕ

ЛЕЧЕНИЕ СОКОМ РЖАВОЙ НАПЕРСТЯНКИ (SUCDIGFER)  
В АМБУЛАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Резюме

Сок листьев ржавой наперстянки (Suedigfer), изготовленный Институ-  
том фармакохимии АН ГССР по методу акад. И. Г. Кутателадзе  
[1], рекомендуется в качестве сердечного средства.

Амбулаторные наблюдения над действием этого препарата проведены  
нами над 30 больными с недостаточностью сердечной деятельности II и  
III степени.

В результате лечения соком ржавой наперстянки общее состояние  
и самочувствие больных улучшилось: прикованные к постели больные  
смогли активно двигаться, многие возобновили работу. Выяснилось, что  
терапевтическая доза листьев ржавой наперстянки равняется 20—25 каплям  
3 раза в день, в продолжение 10—12 дней и больше (до 14—15 дней)  
в зависимости от состояния больных и надобности.

На основании наблюдений, проведенных в амбулаторных условиях,  
можно заключить, что сок листьев ржавой наперстянки является актив-  
ным сердечным средством и вполне может заменить препараты пурпуровой  
наперстянки и в условиях поликлинического лечения.

დასრულებული ღონისძიება—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Г. Кутателадзе. К вопросу об использовании ржавчинной наперстянки  
Сборник трудов ТНИХФИ, 5, 1944.
2. შ. კუტელაძე. ენგოვანა სათითურას წვენის მოქმედება გულსის-ხლძარღვთა სისტემაზე  
თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტიტუტის №4 სამეცნიერო სესიის მოხსენე-  
ბათა თეზისები, 1948, 53.
3. თ. კობახიძე, ძიწი სათითურასა და ენგოვანა სათითურას არტერიულ წნევაზე შედა-  
რებითი მოქმედების შესწავლისათვის. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
ბოამბე, XXXI.1, 1963, 79.





4. თ. კობახიძე, ძოწი სათითურასა და ეანგოვანა სათითურას ფოთლების აქტივობის შესახებ, საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XXXI:2, 1963, 446.
5. შ. კვიციანიძე, სათითურა ჩოგორც საგულე საშუალება, თბილისის ქიმიურ-ფარმაცეუტიული ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 5, 1942.
6. Д. М. Гедеваншвили (Гедевани), К вопросу о методах биологической оценки сердечных средств группы наперстянки. Труды ТНИХФИ, 7, 1955.
7. შ. კვიციანიძე, ეანგოვანა სათითურას ფუნქციის მოქმედება გულ-სისხლძარღვთა სისტემის დაავადებებზე, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტიტუტის მე-10 სამეცნიერო სესიის მოხსენებათა თეზისები, 1954.
8. შ. კვიციანიძე, ეანგოვანა სათითურას პრეპარატების გამოყენება პრაქტიკულ მედიცინაში, თბილისი, გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“, 1963.



კლინიკური მედიცინა

თ. ლინიძე, რ. ჩხეიძე

პერიფერიული სისხლის ქარლვეზის გამოკვლევის ზომიერით  
 მეთოდის მნიშვნელობა კვამო კიდურების  
 თრომბოფლემების დროს

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ე. ჯრისთავმა 10.12.1963)

ქვემო კიდურების თრომბოფლემების დროს პერიფერიული სისხლის ქარლვეზი თვალსაჩინო ცვლილებებს განიცდიან, რაც დაავადების დასაწყისში ფუნქციურ ხასიათს ატარებს, ხოლო მოგვიანებულ სტადიაში არტერიების კედელში ვითარდება ღრმა ანატომიური ცვლილებები, რაც იწვევს კიდურის ფუნქციის მოშლას.

ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით, ექსპერიმენტული თრომბოფლემების დროს აღინიშნება თანამოსახელე არტერიების სპაზმი, დაავადების ხანგრძლივად მიმდინარეობისას, ქრონიკული ცდის პირობებში არტერიის კედელი განიცდის მორფოლოგიურ ცვლილებებს, რაც იწვევს სანათურის სრულ ობლიტერაციას. პათოლოგიურ პროცესში არტერიული სისხლის ქარლვეზის მონაწილეობას მკვლევრები ნერვული სისტემის მოქმედებას უკავშირებენ.

ე. შვეტენაეო ნერვულ დაბოლოებათა გაღიზიანებით იწვევდა პერიფერიული სისხლის ქარლვეზის სპაზმს. გამაღიზიანებლის მოცილებით აღინიშნებოდა მათი გაფართოება.

პერიფერიული სისხლის ქარლვეზის შესწავლის მრავალი საშუალება არსებობს. მათ შორის სადღეისოდ ფართო გავრცელება მოიპოვა გამოკვლევის ოსცილოგრაფიულმა, კაპილაროსკოპულმა მეთოდებმა და კანის თერმომეტრიამ, რომლითაც სარგებლობდნენ თრომბოფლემების დროს ე. პონიშარიოვი, ვ. მილოვიდოვი, პ. ტკაჩი და სხვანი.

ქვემო კიდურების თრომბოფლემების დროს პერიფერიულ სისხლის ქარლვეზის მდგომარეობის დასადგენად გამოვიყენეთ კვლევის ზემოთ აღნიშნული მეთოდები და შევისწავლეთ თრომბოფლემებით დაავადებული 60 ავადმყოფი და 15 პრაქტიკულად ჯანმრთელი პირი (ნორმული მაჩვენებლების დასადგენად), კაკი — 25, ქალი — 35. შესწავლილი 60 ავადმყოფიდან მწვავე თრომბოფლემიტი აღენიშნებოდა 25 ავადმყოფს, ხოლო ქრონიკული — 35-ს. 28 ავადმყოფი დაავადებული იყო მარჯვენა ქვემო კიდურის თრომბოფლემიტი, 32 ავადმყოფი — მარცხენათი. ერთდროულად ორივე კიდურის დაავადება აღენიშნებოდა 2 ავადმყოფს. ასაკის მიხედვით მასალა შემდეგნაირად



დავალებით: 20-დან 40 წლამდე — 23 ავადმყოფი, 41-დან 60-მდე — 70-მდე — 6. დაავადების ხანგრძლივობის მიხედვით 1 წლამდე — 19 ავად, 1-დან 3 წლამდე — 20, 3-დან 5 წლამდე — 12, 5-დან 10-მდე — 8, 10-დან 20 წლამდე — 1.

ყველა ავადმყოფი შესწავლილი იქნა კლინიკურად (სისხლის, შარდის ანალიზი, ვულ-მკერდის რენტგენოსკოპია, სისხლში პროთრომბინის რაოდენობის განსაზღვრა, სისხლის შემდეგებული სისტემის შესწავლა და სხვა.).

ავადყოფებს შემოსვლისთანავე ესინჯებოდათ კანის ტემპერატურა სიმეტრიულ წერტილებში — ბარძაყის, წვივისა და ხელის მტევნის არეში.

ოსცილოგრაფიული გამოკვლევა ტარდებოდა კიდურების სიმეტრიულ ნაწილებზე. გამოკვლევაში 15 წუთის განმავლობაში ავადმყოფები იმყოფებოდნენ შოლიარე მდგომარეობაში, კიდურების მუსკულატურის მოღუნებამდე. ოსცილოგრაფია ტარდებოდა შემდეგი წესით: მარჯვენა და მარცხენა მხარი, მარჯვენა და მარცხენა წვივი, იდაყვის სახსრის 2 სმ. ზემოთ და მუხლქვეშა ფოსოს 2 სმ-ით ქვემოთ.

კაპილაროსკოპიის ყოველთვის ვაწარმოებდათ დაავადებული ქვემო კიდურის I თითის ფრჩხილის ბუდის არეში, აგრეთვე მარცხენა ზემო კიდურის IV თითის ფრჩხილის ბუდის მიდამოში.

გამოკვლევები ჩატარებულა ავადმყოფის კლინიკაში შემოსვლის პირველ დღეებში, მკურნალობის პროცესში და კლინიკიდან გაწირის წინ. მკურნალობა უტარდებოდათ ანტიკოაგულანტებით: დიკუმარინი, ნეოდიკუმარინი, პელენტანი, ჰეპარინი, დიკუმარინის ტიპის ანტიკოაგულანტებით მკურნალობა ხაუტარდა 56 ავადმყოფს. ჰეპარინი გამოყენებულ იქნა 4 შემთხვევაში.

დაავადების სიმძიმის მიხედვით დაკვირვების ქვეშ მყოფი ავადმყოფები დაიყავით სამ ჯგუფად.

I ჯგუფში შედიოდა 19 ავადმყოფი დაავადების მსუბუქი ფორმით და ხანმოკლე მიმდინარეობით. ამ ჯგუფის ავადმყოფებს აღენიშნებოდათ ზერელე ვენების დაზიანება. კანის ტემპერატურა როგორც დაავადებულ, ისე ჯანმრთელ კიდურზე არ აღემატებოდა ნორმულ მაჩვენებელს.

ოსცილოგრაფიული ინდექსი ამ ჯგუფის ავადმყოფებში ოთხივე კიდურზე მერყეობდა ნორმის ფარგლებში. ქვემო კიდურებზე იგი უდრიდა 15 — 16 მმ, მხარზე — 8 — 10 მმ-ს. ოსცილოგრაფიული ინდექსი წვივის მიდამოში აღემატებოდა მხრის ოსცილოგრაფიულ ინდექსს. მკურნალობის შემდეგ ოსცილოგრაფიული მაჩვენებლები იმავე სიდიდით რჩებოდა, რაც ლაპარაკობს იმის შესახებ, რომ ამ სტადიაში შავისტრალური სისხლის ძარღვები ფუნქციურ და მორფოლოგიურ ცვლილებებს არ განიცდიან.

ამ ჯგუფის ავადმყოფებისათვის დამახასიათებელი იყო შემდეგი კაპილაროსკოპიული სურათი: მხედველობის ფონი მკრთალი ვარდისფერი, კაპილარების რაოდენობა შემცირებული, კაპილარები დაგრძელებული. მარჯვენა არტერიული მუხლი ზოგ შემთხვევაში შევიწროებული. ვენური მუხლი კი ზომიერად გაფართოებული — დაკლანძვილი. სისხლის დინება ცვალებადი სადა. ასეთივე სურათი აღინიშნებოდა ჯანმრთელ კიდურებზეც. მხოლოდ უფრო ნა-



კლებად გამოხატული. მკურნალობის შემდეგ კაპილაროსკოპიული სურათი მკვეთრად იცვლებოდა. აღინიშნებოდა კაპილარების ჩაოღვნიობის მომატება. მარყუქთა არტერიული მუხლის გაფართოება. სისხლის ცოცხალი და სადა დინება. აღნიშნული მდგომარეობა, ვეჭვობთ, უნდა აიხსნას მკურნალობის შემდეგ რეფლექტორული სპაზმის მოხსნით.

II ჭკუფში გაერთიანებული იყო 24 ავადმყოფი, რომლებიც კლინიკაში შემოვიდნენ ზერელე და ღრმა ვენების პირველადი ან რეციდიული თრომბოფლებიტის მსუბუქი ფორმით, მწვავე ან ქვემწვავე პერიოდში.

მწვავე პერიოდში კანის ტემპერატურა დაავადებულ კიდურზე უფრო დაბალი იყო 2—3°-ით, ვიდრე ჯანმრთელ კიდურზე, რაც ჩვენ მივაწერით არტერიებისა და მისი წვრილი ტოტების თრომბოზს. აგრეთვე მხედველობაში ვიღებდით კანის სისხლის ძარღვებზე ანთებადი ქსოვილების ზეწოლას, რაც იწვევდა კანქვეშა სისხლის მიმოქცევის შეფერხებას და ტემპერატურის დაქვეითებას. ქვემწვავე პერიოდში კანის ტემპერატურის ცვლილებები ისეთივე იყო, რაც მწვავე თრომბოფლებიტის დროს.

მკურნალობის შემდეგ კლინიკური სურათის გაუმჯობესებათან პარალელურად მატულობდა კანის ტემპერატურა და რამდენაღმე აღემატებოდა ჯანმრთელი კიდურის კანის ტემპერატურას. ტემპერატურის ეს ცვლილება, ჩვენი აზრით, უნდა მიეწეროს არტერიების გაფართოებას სპაზმის მოხსნის შემდეგ.

ოსცილოგრაფიული ინოექსის საწყისი მაჩვენებლები მეტად დაბალი იყო. ოსცილოგრაფია დაბალ მაჩვენებლებს იძლეოდა არა მარტო დაავადებულ, არამედ ჯანმრთელ კიდურზედაც. ორ შემთხვევაში ზემო კიდურზედაც აღინიშნებოდა ოსცილოგრაფიული ინდექსის დაქვეითება. მკურნალობის შემდეგ ოსცილოგრაფიული ინდექსი საგრძნობლად მატულობდა (წვივზე 4—6 მმ-ით, მხარზე — 3—5 მმ-ით), რაც ლაპარაკობს იმის სასარგებლოდ, რომ დაავადების ამ ეტაპზე აღვილი აქვს მაგისტრალური არტერიების მხოლოდ ფუნქციური ცვლილებებს, გამოწვეულს რეფლექტორული სპაზმით, რაც სათანადო მკურნალობით ადვილად იხსნება.

ამ ჭკუფის ავადმყოფებისათვის დამახასიათებელი იყო შემდეგი კაპილაროსკოპიული სურათი: მხედველობის ფონი მკრთალი ვარდისფერი, კაპილარები შევიწროებული, დაკლანკილი, დაგრძელებული, ვენური მუხლი გაფართოებული. აღინიშნებოდა ალაგ-ალაგ კაპილარების თამაში. სისხლის დინება შენელებული, ზოგან მარცვლოვანი. მკურნალობის შემდეგ კაპილაროსკოპიული სურათი შეიცვალა. მხედველობის ფონი—ღია ვარდისფერი, კაპილარებზე—გაფართოებული, დინება უფრო ცოცხალი და სადა. კაპილაროსკოპიული სურათი დაუბრუნდა ნორმას. კაპილაროსკოპიული სურათის შეცვლა სპაზმის მოხსნის შედეგად ნერვული სისტემის ტროფიული ფუნქციის ნორმალიზაციით უნდა იქნეს ახსნილი, რამაც გამოიწვია კაპილარების მობილიზაცია და დარღვეული სისხლის მიმოქცევის წონასწორობის აღდგენა.

III ჭკუფში 15 ავადმყოფი შედიოდა. რომლებიც დაავადებული იყვნენ ხანგრძლივად მიმდინარე რეციდიული ფორმის თრომბოფლებიტით მწვავე და ქვემწვავე პერიოდში. კლინიკურად ამ ავადმყოფებს აღნიშნებოდათ ტყვი-



ლები, კიდურის შემსივნება, პერიოდული კოჭლობა და სხვ. ქვემო კიდურების სისხლძარღვთა სისტემაში ადგილი ჰქონდა შეუბრუნებელ ანატომიურ ცვლილებებს (კანის პიგმენტაცია, წყლულები და სხვ.). ამ ავადმყოფებში კანის ტემპერატურა დაავადებულ კიდურზე ჩანართულ კიდურთან შედარებით დაბალი იყო. ტროფიული წყლულების არსებობისას ტემპერატურა კიდურის დისტალურ ნაწილებში უფრო მაღალი იყო. ვიდრე კიდურის სხვა მიდამოებში. რაც წყლულის ირგვლივ ქსოვილების ანთებით იყო გამოწვეული. ერთ შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა კიდურის ძლიერ შეშუპებას, კანის ტემპერატურა ამ ავადმყოფს დაავადებულ კიდურზე გაცილებით უფრო დაბალი ჰქონდა. ვიდრე მოპირდაპირე ჩანართულ კიდურზე. ამ შემთხვევაში კანქვეშა სისხლის ძარღვები განიცდიდნენ ანთებადი ქსოვილების ზეწოლას, რაც აფერხებდა კანქვეშა სისხლის მიმოქცევას და იწვევდა ტემპერატურის დაქვეითებას. მკურნალობის შემდეგ ტემპერატურის მხრივ რაიმე თვალსაჩინო ცვლილებები არ შეგვიძინებია.

ოსცილოგრაფიული ინდექსი როგორც დაავადებულ, ისე ჩანართულ კიდურზე გაცილებით დაბალი იყო ნორმაზე. ზოგ შემთხვევაში მოპირდაპირე ზემო კიდურზედაც აღინიშნებოდა ოსცილოგრაფიული ინდექსის დაქვეითება. მკურნალობის შემდეგ ოსცილოგრაფიული ინდექსი კვლავ დაბალ მარევენებლებს იძლეოდა, ზოგ შემთხვევაში იგი კიდევ უფრო კლებულობდა, რაც მიუთითებდა პროცესის პროგრესულობაზე მაგისტრალური სისხლის ძარღვებში.

ამ ჯგუფის ავადმყოფებისათვის დამახასიათებელი იყო კაპილაროსკოპიის სპასტიკო-ატონიური ტიპი, რაც შემდეგში მდგომარეობდა: მხედველობის ფონი ციანოტური. კაპილარების რაოდენობა შემცირებული. კაპილარების განლაგება უსწორმასწორო. ზოგიერთი კაპილარი განიცდიდა სპაზმურ შეკუმშვას, აღინიშნებოდა კაპილარების დაგრძელება და დაცლავნილობა, ზოგან კი მათი ატონია. მარჯულების ვენური ნაწილი ძალზე გაფართოებული. ზოგიერთი კაპილარი ანევირიზმულადაა გაგანიერებული. მარჯულების კაპილარულ და ვენურ მუხლს შორის ვხვდებით ანასტომოზებსაც. სისხლის დინება შენელებული მარცვლოვანი. მკურნალობის შემდეგ კაპილაროსკოპიული სურათი არ შეცვლილა, რაც იმის მაჩვენებლად ჩაეთვალით, რომ დაავადების ამ სტადიაში ადგილი ჰქონია ღრმა შეუბრუნებელ ცვლილებებს. როგორც მსხვილ სისხლის ძარღვებში, ისე მის კაპილარულ სისტემაშიც.

ზემოაღნიშნული მონაცემების მიხედვით უნდა აღვნიშნოთ, რომ კაპილაროსკოპიის, ოსცილოგრაფიისა და თერმომეტრიის საშუალებით შესაძლებელი ხდება თრომბოფლებიტების დროს, სისხლის მიმოქცევის მოშლის პათოგენეზი. არტერიული სისხლის ძარღვების მონაწილეობის დადგენა.

ქვემო კიდურის თრომბოფლებიტების დროს ჩვენ მიერ გამოყენებული მეთოდებით მიღებულ მონაცემებსა და დაავადების სიმძიმეს შორის არსებობს პარალელიზმი.

ქვემო კიდურების ზერელე ვენების თრომბოფლებიტის მსუბუქი ფორმის დროს აღინიშნება ნორმული ოსცილოგრაფიული მაჩვენებლები. ტემპერატურ-

ლები, კიდურის შემსივნება, პერიოდული კოჭლობა და სხვ. ქვემოთ მოცემული სისხლძარღვთა სისტემაში ადგილი ჰქონდა შეუბრუნებელ ანატომიურ ცვლილებებს (კანის პიგმენტაცია, წყლულები და სხვ.). ამ ავადმყოფებში კანის ტემპერატურა დაავადებულ კიდურზე ჯანმრთელ კიდურთან შედარებით დაბალი იყო. ტროფიული წყლულების არსებობისას ტემპერატურა კიდურის დისტალურ ნაწილებში უფრო მაღალი იყო, ვიდრე კიდურის სხვა მიდამოებში, რაც წყლულის ირგვლივ ქსოვილების ანთებით იყო გამოწვეული. ერთ შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა კიდურის ძლიერ შეშუპებას, კანის ტემპერატურა ამ ავადმყოფს დაავადებულ კიდურზე გაცილებით უფრო დაბალი ჰქონდა, ვიდრე მოპირდაპირე ჯანმრთელ კიდურზე. ამ შემთხვევაში კანქვეშა სისხლის ძარღვები განიცდიდნენ ანთებადი ქსოვილების ზეწოლას, რაც აფერხებდა კანქვეშა სისხლის მიმოქცევას და იწვევდა ტემპერატურის დაქვეითებას. მკურნალობის შემდეგ ტემპერატურის მხრივ რაიმე თვალსაჩინო ცვლილებები არ შეგვიმჩნევია.

ოსცილოგრაფიული ინდექსი როგორც დაავადებულ, ისე ჯანმრთელ კიდურზე გაცილებით დაბალი იყო ნორმაზე. ზოგ შემთხვევაში მოპირდაპირე ზემო კიდურზედაც აღინიშნებოდა ოსცილოგრაფიული ინდექსის დაქვეითება. მკურნალობის შემდეგ ოსცილოგრაფიული ინდექსი კვლავ დაბალ მანევრებლებს იძლეოდა, ზოგ შემთხვევაში იგი კიდევ უფრო კლებულობდა, რაც მიუთითებდა პროცესის პროგრესულობაზე მავნებალური სისხლის ძარღვებში.

ამ ჯგუფის ავადმყოფებისათვის დამახასიათებელი იყო კაპილაროსკოპიის სპასტიკო-ატონიური ტიპი, რაც შემდეგში მდგომარეობდა: მხედველობის ფონი ციანოტური. კაპილარების რაოდენობა შემცირებული. კაპილარების განლაგება უსწორმასწორო. ზოგიერთი კაპილარი განიცდიდა სპაზმურ შეკუმშვას, აღინიშნებოდა კაპილარების დაგრძელება და დაკლანჩილობა, ზოგან კი მათი ატონია. მარუფების ვენური ნაწილი ძალზე გაფართოებული. ზოგიერთი კაპილარი ანევრიზმულადაა გაგანიერებული. მარუფების კაპილარულ და ვენურ მუხლს შორის ვხვდებით ანასტომოზებსაც. სისხლის დინება შენელებული მარცვლოვანი. მკურნალობის შემდეგ კაპილაროსკოპიული სურათი არ შეცვლილა, რაც იმის მანიჭებლად ჩავთვალეთ, რომ დაავადების ამ სტადიაში ადგილი ჰქონია ღრმა შეუბრუნებელ ცვლილებებს, როგორც მსხვილ სისხლის ძარღვებში, ისე მის კაპილარულ სისტემაშიც.

ზემოაღნიშნული მონაცემების მიხედვით უნდა აღვნიშნოთ, რომ კაპილაროსკოპიის, ოსცილოგრაფიისა და თერმომეტრიის საშუალებით შესაძლებელი ხდება თრომბოფლებიტების დროს, სისხლის მიმოქცევის მოშლის პათოგენეზი. არტრიული სისხლის ძარღვების მონაწილეობის დადგენა.

ქვემო კიდურის თრომბოფლებიტების დროს ჩვენ მიერ გამოყენებული მეთოდებით მიღებულ მონაცემებსა და დაავადების სიმძიმეს შორის არსებობს პარალელიზმი.

ქვემო კიდურების ზერელე ვენების თრომბოფლებიტის მუდმივი ფორმის დროს აღინიშნება ნორმული ოსცილოგრაფიული მანიჭებულები. ტემპერატურ-

რის ნორმის ფარგლებში მერყეობა და უმნიშვნელო კაპილაროსკოპიური ცვლილებები.

მწვავე და გამწვაებული თრომბოფლებიტების დროს ვითარდება რეფლექტორული სპაზმი მაგისტრალურ არტერიებში, რომელიც დაავადების მწვავე პერიოდში ხასიათდება ოსცილაციის შემცირებით, ტემპერატურის დაქვეითებით და კაპილაროსკოპიული სურათის მკვეთრი ცვლილებებით.

ხანგრძლივად მიმდინარე გამწვაებული თრომბოფლებიტები მაგისტრალურ სისხლის ძარღვებში იწვევენ შეუბრუნებელ მორფოლოგიურ ცვლილებებს, რომლის დროსაც აღინიშნება ოსცილაციის მკვეთრი შემცირება, კანის ტემპერატურის დაქვეითება და კაპილაროსკოპიის სპასტიკო-ატონიური ტიპი.

გვსპერიმენტული და კლინიკური პირვეტიისა  
და მეთოდოლოგიის ინსტიტუტი  
თბილისი

(რედაქციის მოუვიდა 10.12.1963)

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Т. Д. ЛОМИДZE, Р. Д. ЧХЕИДZE

ЗНАЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ СОСУДОВ ПРИ ТРОМБОФЛЕБИТАХ  
НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Резюме

Известно, что тромбофлебиты нижних конечностей сопровождаются изменениями в периферических сосудах.

С целью выяснения этих изменений при данной патологии были обследованы с помощью канюляроскопии, осциллографии и термометрии 100 больных с различными стадиями тромбофлебита нижних конечностей и 15 здоровых лиц.

При заболевании легкой формой тромбофлебита поверхностных вен с коротким течением у больных наблюдаются незначительные изменения в канюлярах, нормальные показатели осциллографического индекса и кожной температуры.

В острой и подострой стадиях первичного и частично рецидивирующего тромбофлебита отмечается спастико-атоническое изменение канюляров как на пораженной, так и на здоровой конечности. Наиболее выражены в стороне поражения резкое снижение ниже нормы исходных показателей осциллографического индекса и снижение кожной температуры.

У больных подострой и рецидивирующим, длительно протекающим тромбофлебитом наблюдаются спастико-атонические изменения канюляров, резкое снижение осциллографического индекса и кожной температуры.



После лечения больных спастической и спастико-атонической капилляров спазм устраняется, а в атонических формах капилляров отмечаются явления резко выраженной атонии.

В стадии первичного и частично рецидивирующего тромбофлебита осциллографический индекс и кожная температура увеличиваются.

У больных подострой и рецидивирующей, длительно протекающей тромбофлебитом осциллографический индекс и кожная температура после лечения остаются такими же, что указывает на глубокие морфологические изменения в периферических артериях.

В подавляющем большинстве случаев наблюдается параллелизм между тяжестью клинического течения и соответствующими данными нашего обследования.

Оценка полученных нами данных позволяет заключить, что капилляроскопия, осциллография и кожная термометрия являются весьма ценными методами исследования, с помощью которых можно установить участие периферических сосудов в патогенезе нарушения кровообращения при тромбофлебитах нижней конечности.

#### ՀԱՅՏԻՅՅՈՒՆՆԵՐ ՎՅԵՃՈՒԹՅՈՒՆ — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Шенкуженко. Материалы по типовой анатомии вен и экспериментальный тромбофлебит. Сборник „40 лет научной врачебной педагогической деятельности проф. С. Т. Федорова“, М., 1933.
2. Л. Е. Пономарев. Осциллометрические и капилляроскопические данные при тромбофлебите нижних конечностей. Научн. работы аспирантов и клин. ординаторов Центр. ин-та усовершенствования врачей, в. 3, 1955.
3. В. М. Милова. Динамика кожной термометрии, капилляроскопии и хронометрии при тромбофлебите конечностей. Автореферат, Л., 1955.
4. П. С. Ткач. Осциллография при тромбофлебите конечностей. Новый хирургический архив, № 5, 1960, стр. 63 — 67.





ფილოლოგია

წილი მხატვრული

ტირში „სოლიზმის“ ბაზმებისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ს. ყაუხჩიშვილმა 15.4.1964)

ათონის ივერიის მონასტრის აღაპებში [1] უამრავი ბერძნული სიტყვა გვხვდება. ბერძნულ სამყაროში შექმნილმა ქართულმა ორიგინალურმა ძეგლმა შემოგვინახა მე-11 — მე-12 საუკუნის საღაპარაჟო ბერძნულის მრავალი ფონეტიკური თავისებურება და საკმაოდ მდიდარი მასალა ბიზანტიის ეკონომიური ისტორიისათვის, ამ ბერძნული სიტყვების განმარტება, თავის მხრივ, აუცილებელია ქართული ტექსტის გაგებისთვისაც.

„სოლიზმი“ ძველი ქართლისათვის უცხო ტერმინია. იგი ბერძნული „თაქსავა“-დან მომდინარე სიტყვაა და მხოლოდ „აღაპებში“ ვხვდებით რამდენჯერმე. ბერძნული ენის მე-10 საუკუნის ენციკლოპედიურ-განმარტებითი ლექსიკონის ავტორი სვიდა მას განმარტავს, როგორც შევის მიერ ეკლესიისათვის გაღებულ ხელშეუხებელ, გაუსხვისებელ საზოგადო (ή παρὰ πᾶσιν ἄλλοις ἀναπαύεται; ἡμεῖς ἡμεῖς ἡμεῖς ἡμεῖς ἡμεῖς); ასეთსავე განმარტებას იძლევა სოფოკლესიკ (donation from the emperor to a church); დიუკანტი კი ამ მნიშვნელობასთან ერთად (honorarium, stipendium) ასახელებს თაქსავას მხოლოდ მნიშვნელობასაც — „ჩვეულება, წესი, ადათი, დღესასწაული, ზედმი (consuetum, solemne)“. მაგრამ ეს განმარტებები არ აღმოჩნდა საკმარისი იმ სიტყვის ასახსნელად, რომელიც არც თუ იშვიათად იხმარებოდა ბიზანტიური ხანის საქმიან დოკუმენტებში. ამიტომ კარგა ხანს თაქსავა ბნელ, უცნობ ტერმინად ითვლებოდა.

გ. ოსტროგორსკი [2] იხილავს მე 10 საუკუნის ანონიმი ბერძენი ავტორის წესდებას, ტრაქტატს ვადასახადების აკრების შესახებ, და მსჯელობს თაქსავა-ზე; ნათელი ხდება, რომ ტერმინის ძირითადი აზრია: შეწირულება, საზოდარი, გამოსაღები, მაგრამ ეს საზოდარი რეველარული ხასიათისაა. სისტემატურად, ხელფასის მსგავსად იძლევა მონასტრის თუ ეკლესიის.

ასევე ირკვევა, რომ თაქსავა მკიდროდ არის დავაყმირებული გადასახადებთან და უმეტეს შემთხვევაში გადასახადის შეღავათი იღებს თაქსავა ს მნიშვნელობას თუ ფორმას.

(<sup>1</sup> ფონეტიკურ შესატყვისობათა თვალსაზრისით იმჟამად სოლიზმი ყრბადღებს იქცევა — ი შეტაცდებოთ. ა. როგორც წესი, ქართულში გ-თი ვადამოღის, მაგრამ აქით ბიზანტიურ ბეომდელში რომ არ არის თვალდამჩნეული გ ს ი-ჟ წაკითხვა, ამას ქართული მასალებიდან მხარს ვჭერს ბერძნულიდან შეიძლება ახილავთ — ძველი მონაქი [2], გვ. 125, 9; 174, 20), სიკრძლანი — ძველი, [1], გვ. 250).



ფრ. დელგერი თავის ნაშრომში ბიზანტიის ეკონომიურ და სოციალურ ცვლილებების შესახებ (Text des Traktates aus Cod. Marc. gr. 173) ასკენს, რომ შესაყავს არის საყრდენი-ს ერთ-ერთი სახეობა: საყრდენი აღნიშნავს საერთოდ ყოველგვარ საგადასახადო შეღავათს, ასევე საბოძვარს; მას ტრაქტატი „უბრალოს“ (ἀπλοτης) ეპითეტით იხსენიებს და შემდეგ ასახელებს ამ „უბრალოს“ საბოძვარს საყრდენი შესაყავს — „საზეიმო“ (feierliche) — ეს არისთა ყოველწლიური გამოსახადები (საბოძვარი) სახელმწიფოსი საქველმოქმედო საზოგადოებებისა და ეკლესია-მონასტრებისადმი. შეწირვა შეიძლებოდა სამი სახით:

1. კისარი თხოვნის საფუძველზე ვასცემს გარკვეულ თანხას, რომელსაც დასახელებული ორგანიზაცია აგროვებს არა მონასტრის ვალდებული გლეხებისაგან. გლეხები გადასახადს, სახელმწიფოს ნაცვლად, უზღიან მონასტრს.

2. მეორე სახე გვაქვს მაშინ, როდესაც ეკლესია-მონასტრები საკუთარი საშინასტრო გადასახადის გადაუხდელობას იღებენ, როგორც შესაყავს-ს. ამას ეწოდებოდა ἀνασχευα შესაყავს.

3. და თუ კისრის ბრძანების საფუძველზე აკრეფილი გადასახადებიდან გამოყოფდნენ გარკვეულ თანხას სოლიშნისათვის, ამას ეწოდებოდა παρασχευα შესაყავს ([4], გვ. 146 — 147).

როგორც ჩანს, შესაყავს შესაწირავის, ძღვენის, საბოძვარის გარდა ნიშნავს შეღავათს, პატივებს, გადასახადისაგან განთავისუფლებას.

თითქმის ორი საუკუნით აღრე 725 წელს ხატისმებროლი კეისრების ლეონ მე-3-ისა და კონსტანტინე მე-3-ის მიერ გამოცემულ საქანონმდებლო კრებულში (Ecloga) ვხვდებით შესაყავს-ს აღრეულ ფორმებს ([5], გვ. 244 — 245). რომელიც განსხვავდება საგადასახადო წესდებაში მოცემული შინაშენლობისაგან იმით, რომ აქ შესაყავს ნიშნავს საბოძვარს, რომელიც საკუთრებად შეიქცეოდა სახელმწიფო სამსახურში მყოფს.

შესაყავს-ს ხიარება რომ არც თავდაპირველად იყო შაკირად განსახლვრული, ჩანს კიდევ უფრო აღრინდელი — იუსტინიანეს ედიქტიდან (მე-6 ს), რომელიც ვევიატისა და ალექსანდრიის შირთვის ედება ([6], გვ. 31; [7] გვ. 575 — 581). § 19-ი ლაპარაკია ხარჯების აღრიცხვასა და შემოსავალზე, რომლებიც არ უნდა აღემატებოდნენ ერთმანეთს: „... ταῦτα не говорили, что издержки не соответствуют количеству доходов, мы обозначили действительный канон, идуший в твой приказ иносю с указанными провинций и мест... и какие предстоит делать издержки на содержание дуки и подчинённого ему отряда, охраны и на выдачи лица и учреждения“ (შე შესაყავს).

აღაპი, როგორც წესი, მოკლედ იწერებოდა. იგი შხალოდ ორიოდ სიტყვით აღნიშნავს იმ შირის დამსახურებას, რომლისთვისაც აღაპი განუწყსებიათ. ამიტომ „სოლიშნის“ ხასიათის შესახებ ჩვენს ძველში დაწერილებით ცნობებს ვერ ვპოულობთ. ერთი კი ცხადია, რომ „აღაპეში“ ნახსენები „სო-

ლიმნი შეგქმნა“, მონასტრისათვის გარკვეული ერთდროული გამოსახულებების მომზადების მიზნით შემოსავლის (ზუსტად არ ჩანს) განწესებას უნდა გულმოდგინებით შეეცადა. ზოგიერთი ქართული წყარო დამატებით მასალას იძლევა „სოლიმნის“ განმარტებისათვის. ამ მხრივ განსაკუთრებით საყურადღებოა „გიორგი მთაწმინდელის ცხოვრება“. თხზულება ივერიისავე მონასტრის მოღვაწის გიორგი მთაწმინდელის შესახებაა და დაწერილია ამავე მონასტრის მოღვაწის გიორგი მკირის მიერ დაახლოებით 1065 – 1068 წლებში.

გიორგი მთაწმინდელი ათონის ივერიის მონასტრის დაუცხრომელი მოამაგეა. „ცხოვრების“ ავტორი დიდი გულმოდგინებით აღწერს მონასტრის დიდებისა და კეთილდღეობისათვის გაწეულ მის ყოველ ღვაწლს.

როდესაც მარიამ დედოფალი და ბაგრატ მე 4 კურობალატი კონსტანტინეპოლში ჩავიდნენ, გიორგი მთაწმინდელი ეახლა მეფესა და დედოფალს. ამის შესახებ „ცხოვრების“ ტექსტში ვკითხულობთ: „იხილა რაჲ მეფემან და დედოფალმან და ყოველთა მთავართა და წარჩინებულთა მათთა, განიხარეს სიხარულითა დიდითა: რამეთუ ასმიოდა საღმრთოჲ იგი მოქალაქობაჲ მისი, და მიიღეს წმიდაჲ ლოცვა და მადლი ზისი, და სულიერი სარგებელი ფრიოდ მოისთვალეს, და მადლობდეს ღმერთსა; და ესრეთ, ყოველივე საქმე მონასტრისა, რაჲცა უნდა, ყოველი კეთილად იურება, და დიმოსისა საქმე მაშინ გარდასწყვედა: რათა მედიმოსენი პარასტინთა ჩუქნთა ვერ შემოვიდნენ, არამედ, რათა გარეს გარე, სტარტონსავე შინა მიეცემოდის როქისაგან ჩუქნისა ლიტრა ერთი დიმოსად, ვითარცა თუ განაწესა ღუთის მსახურმან მეფემან კონსტანტი მონამახანს, და ამას ზედა ოქრო ბეჭედი შექმნა მტკიცე და უქცევლი“.

ამისა შემდგომად დაემოწაჲ მარიამ დედოფალი, დედა ბაგრატ მეფისა, და იურთხა მის მიერ სჭემითა, და გამოითხოვა მონამახანსაგან ლიტრა ერთი როქად წმიდისა მონასტრისათჳს და შემოწირა ესე საუკუნოდ სასტენბელად სულისა თჳსისათჳს წმიდასა ამას გელესისაჲ“ ([1], გვ. 302 – 303).

ამ ვრცელი ამონაწერებიდან ჩვენთვის საინტერესოა შემდეგი:

1. რომ მონასტერი დიდად შეწუხებული ყოფილა „დიმოსისა“ და „მედიმოსეთაგან“. ცოტა ზემოთ ვკითხულობთ: „დიმოსისაგან დიდსა შინა კირსა იყუნეს პრასტინი ჩუქნით“. „დიმოსი“ ბერძნული *μυκάνα*-ის ქართული შესატყვისია: *მუკანაჲ* | *მუკანაჲ* საერთოდ გადასახადს აღნიშნავს ბიზანტიურ ბერძნულში. (საბა: — დიმოსი ვეცხლი არს სახარკო ქუნიისა). პრასტინი | პარასტინი ბერძნული *παράστασις*-იდან მოდის და ნიშნავს სანახებს, გარეუბანს ([8], გვ. 293; [9], გვ. 68 – 69). აქ, ცხადია, ლაპარაკია სამონასტრო მიწებზე, რომელზედაც, როგორც ჩანს, დიდი გადასახადები (დიმოსი) იყო დაწესებული. „მედიმოსენი“ „დიმოსის“ ამკრებნი იყვნენ. ისინი კარდაკარ დადიოდნენ და აგროვებდნენ გადასახადებს, რისთვისაც იღებდნენ ე. წ. „ელატიკონს“ (*ἐλάτιον*) „ფესების დაღლისათვის“. ესეც გადასახადი იყო: გადასახადი „მედიმოსეთათვის“. როგორც ჩვენში მოხელის გასამრჯელო — „სარგო“. ქართულ საბუთებში არაიშვითად შეხვდებით გამოთქმას „დიმოკლონ ფები და კალამი“, რაც ნახარბა გადასახადების ამკრებთა მი-



მართ, რომლებიც ჩვენშიც ისევე დადიოდნენ კარდაკარ სოფლებში, როგორც ბიზანტიაში [10].

კონსტანტინე მონომახს მედიმოსეთის ავტობიოგრაფიას სანახებში შესვლა, „მედიმოსეთა“ გადასახადისაგან გაუთავისუფლება ივერიის მონასტერი და ოქრობეჭდი შეუქმნია „მტკიცე და უპყველი“<sup>1</sup>.

2. რომ გადასახადი — 1 ლიტრა ღვიძლისა და „მედიმოსეთის როქისაგან“, ე. ი. „როქიდან“ უნდა დაეკავებინათ დიმიოსი. მაშასადამე, „როქი“ მონასტრის შემოსავალი იყო, რომელიც „სეკრეტონიდან“ სეკრეტონიდან<sup>2</sup> გაიქცემოდა (σέκρετον — სამდივნო, უწყება, πρυτανία) ([8], გვ. 294 — 295).

3. მარიამ დედოფალმა ერთი ლიტრა „როქად“ შესწირა მონასტრის სულის სახსენებლად. ეს შესწირი დედოფალმა „მონომახისგან გამოითხოვა“, ე. ი. მარიამ დედოფალმა ერთი ლიტრა „როქი“ შეუქმნა მონასტერს.

სწორედ ამ ფაქტებს იხეორებს ათონის ალაპები. მოვიყვანოთ ტექსტი: ალაპი № 15: თუესა დეკენებერსა: იგ წმიდათა ვესტარტეთ დღესასწაული, პეტრიკისდა და ძმისა მისისა იოანესდა ალაპად განგვწყესებეს: ოდეს დედოფალმან ბაგრატის დედამან ლიტრაჲ ერთი სოლიმნი შეგქმნა და ბაგრატ დიმიოსი მოგვწყუდა, ორივე ესე დიდი საქმე მათითა თანადგომითა და მოღუაწებითა სრულ იქმნა... ([1], გვ. 219 — 220).<sup>3</sup>

ალაპი № 27: თუესა იანვარსა: ვ ნათლისღებაჲ კონსტანტი მონომახისა ალაპად განგვწყესებეს: სოლიმნი ყოველი მან შეგქმნა და დიმიოსი მოგვწყუდა. წესი ყოველი აღესრულენ, ვითა ზემო სწერია... ([1], გვ. 221).

ალაპი № 100: თუესა აგუსტოსსა: იგ მარიამობაჲ: მარიამ დედოფალმან, ბაგრატ კულაპარატისა დედამან, ლიტრაჲ ერთი სოლიმნი შეგქმნა ბერძენთა მეფისაგან სალოკველად და საქსენებლად მისდა საუყუნოდ, განგვწყესებია მათოჲს ალაპად ესე დღე... ([1], გვ. 240).

№ 15 და განსაკუთრებით ამ უკანასკნელი № 100 ალაპიდან ნათელია, რომ საქმე ეხება სწორედ ვიორგი მთაწმინდელის ცხოვრებაში გადმოცემულ ეპიზოდს, როდესაც მარიამ დედოფალმა კონსტანტინე მონომახს გამოსთხოვა ერთი ლიტრა როქად მონასტრისათვის. მხოლოდ „სოლიმნი“ ნაცვლად „ცხოვრებაში“ „როქია“ დასახელებული. ამდენად „სოლიმნი“ და „როქი“ იდენტური ტერმინები ჩანს.

„როქი“ საბას „სიტყვის კონიაში“ ორი ფორმითაა მოტანილი: „როქი — ვასაქველი“ და იქვე: „როლაჲ — იგივე საბოვარი“. საბა არც ტექსტებს ასახელებს და არც „სხვათაენობაზე“ მიუთითებს. „როქი“ და „როლაჲ“ ლათინური Roga, და ბერძნული ῥῆμα-დან არის, მხოლოდ როლაჲ ზუსტი ქართული შესატყვისია ῥῆμα-სი: ῥ — ლ ბუნებრივი შევარდება ქართულისათვის.

(<sup>1</sup> დედოფრის რეგისტრებში [11] კონსტანტინე მონომახს ამ ოქრობეჭედზე ცნობა არ ვხვდებით. ჩანს, დედოფრი არ იცნობს ვიორგი მთაწმინდელის ცხოვრებას, თორემ სხვა საბუთიც რომ არ ჰქონოდა, ამ ცნობას მაინც მოიტანდა. არც პ. უსპენსკი, რომელმაც იმოგზაურა ათონზე და მონასტრების ბევრი დოკუმენტი, „პრობოვული“ თავისი თვალთ ნაბა და აღწერა, არაფერს ამბობს ამ ოქრობეჭდის არსებობის შესახებ თავის „ათონის ისტორიაში“.

ყ = ქ — კი ბერძნულ-ქართული შესატყვისობებისათვის უცხოა. *ბრჯაჲ* (ხეცა) — თან ნიშნავს მეფის წყალობას, პატივს (Ρόγη, ή τὸν Βασιλέως ἐπιτίμησιν, καὶ ἢ φιλοτιμίαν). დიოქანეი მას ისევე განმარტავს, როგორც *თაქსაჲთა*-ს. (Roga, — Donativum, Honorarium, Stipendium); სოლოკლესისთვის *ბრჯა* ლათინურ *erogatio*-ს (ἐπιδοσιῶν, φιλοτιμίαν — largitio, largess — უხვი გამოსაღები, უხვი წყალობა, ბოძება) უდრის. ნათელია, რომ შინაარსობრივად ბიზანტიურ ბერძნულში ორივე ტერმინი (*თაქსაჲთა* და *ბრჯა*) თითქმის ერთი და იგივეა და მათი შინაცვლევობაც ბუნებრივია.

„როქის“ შესახებ უხე მასალას იძლევა პეტრიწონის წესდების ბერძნული და ძველქართული ტექსტები. წესდების მიხედვით „როქი“ „ცმათათვის“ გაცემული თანხაა, რომლითაც მათ შესამოსლები უნდა შეიძინონ. იგი ვაიცი-შოდა მონასტრის შემოსავლიდან და მხოლოდ განსაკუთრებულ დღეს, ეს ჩანს ტიმიკონის შემდეგი ადგილიდან: „რომ არ იყვნენ ძმები იძულებული შესამოსლის ყიდვის და მოვაჭრების საბაბით შორს წავეიდნენ მონასტრიდან და, ამრიგად, დააკლდნენ მონასტრის საბუშაოებს და ლოცვას, ჩვენ დავაწყესეთ, რომ მათ მიიღონ ზემოთ ხსენებული თავიანთი როქი, ანუ თავიანთი შესამოსლის ფასი (*ბრჯაჲ* ანუ *თაქსაჲ*); თხ თჳ; ჰმბუჲათაჲ; ანუ *თაქსაჲთა*) ჩვენი უფლის იესო ქრისტეს ბრწყინვალე აღდგომის დღეს აღვსების დიდ კვირი-აჲეს ([8], გვ. 166 — 167, 169).

აქ უფლებან „როქი“ ბერძნულ ტექსტში *ბრჯა*-ს შესატყვისია. მთარგმნელს პროფ. ს. ყაუხჩიშვილს *ბრჯა* ვადმოაქვს „როქის“ სახით იმიტომ, რომ ტიმიკონის ძველქართულ ტექსტში [12], რომელიც თარგმანს კი არ წარმოადგენს, არამედ ბერძნულის პარალელურად დამოუკიდებლადაა შექმნილი ქართულ ენაზე, უფლებან საჭირო შემთხვევაში „როქი“ გვხვდება.

„როქი“ არა მარტო შესამოსლის ფულს ეწოდებოდა ტიმიკონის მიხედვით, არამედ ყოველგვარი სამსახურისათვის გაცემულ ფულსაც (საფუძვლის დაფუძვა, შეშის მოზიდვა, სასტუმროში მიმსახურება და სხვა). ერთი სიტყვით, როქი არის გაწეული შრომის ფულადი ანაზღაურების ფორმა. იგი ცდლეოდათ სამხედრო სამსახურისათვის ([13], გვ. 288; [14], გვ. 195; *πράσιον: ბრჯაჲ; თაქსაჲ; ჰაუბჲაჲთაჲ* თუ *თაქსაჲ* ლაჲ — ac certi pactione stipendii... ([15], გვ. 433 A), სასამართლოს პერსონალს სანუქრის სახით ([5], გვ. 128). დიდებულითა საბჭოს წევრებს, მოხელეებს, სტრატოტეტებს, როგორც ხელუფასი ([6], გვ. 309) და სხვა.

„როქი“ გაქართულებული სახით ათონის აღაპებშიც გვხვდება. იგი ზნადაა ნაწარმოები — „გაიროქნეს მუშანი მონასტრისანი სამსა ვერსა, რომელთა დავასხმევიეთ ვენაჲი კე-სა მოდისაჲ“ ([1], გვ. 255). ე. ი. მონასტრის მუშებს ვენახის დარგვისათვის სამჯერ მიეცათ როქიო.

სიტყვა „გაროქვა“ პეტრიწონის წესდების ძველქართულ ტექსტშიც არის ნახმარი. ბერძნულ ტექსტში ვკითხულობთ „*ყაჲთაჲთა: ყაჲ მჲ; ბრჯაჲ; ბრჯაჲ* — ეს უნდა მოხდეს როქთა გაცემით (ასე თარგმნის პროფ. ს. ყაუხჩიშვილი ([8], გვ. 165)). თარხნიშვილთან მჲ; ბრჯაჲ; ბრჯაჲ — „გაროქვითა“ ([12], გვ. 31). აქ ლამაზაკია იმაზე, თუ როგორ უნდა შეიძინონ ბერებმა შესამოს-

ლები — გაროქვით, როქის მიღებით, ხელფასის, ჯამაგირის მიღებით.

მაშასადამე, „მონასტრისათვის სოლიმნის შექმნა“ და „როქად ოქროს გამოთხოვა“ ერთი და იგივეა და ნიშნავს ფულადი შესანახის, გამოსაღების დანიშვნას მონასტრისათვის.

ცალკე უნდა შევჩერდეთ ერთ ალაპზე, რომელიც 133 ნომრითაა გამოქვეყნებული: „თუესა ნოენბერსა: კა: ალაპი არს დედოფლისა ჩუენისა მარიამ მართა ყოფილისაა და ძისა მათისა კოსტანტინე პორფიროგენისაა. დიდთა და მრავალთა ქველის მოქედებათა მათათჳს, რომელ აწუნნეს ჩუენზედა: პირველად განგუათავისუფლნეს სიკრიტონისაგან, რომელნი მესოლიმნისათჳს<sup>1)</sup> გუთხოვედეს ხუთსა ლიტრასა, მათ მისცეს განძი ესე და აღმოკოცეს მისოლიმნი სიკრიტონისაგან“ ([1], გვ. 250).

რას უნდა ნიშნავდეს „მესოლიმნი“ „მესოლიმნი“ და „მისოლიმნი“, რომლის „სიკრიტონისაგან“ აღმოკოცეა? დიდად დაუფასებიათ ათონელ მამებს?

ერთი შეხედვით იგი თითქოს საპირისპირო მნიშვნელობისაა (არა გამოსაღები, საბოძარი, არამედ გადასახადი, მისაცემი). სოლიმნის ამგვარ გაგებას ვხვდებით ლათინურში ამიანე მარკელინესთან, სადაც იგი ყოველწლიურ ხარკს იღნიშნავს ([16], გვ. 102 — 103). მესოლიმნი მისოლიმნის ფრღი სიტყვა კი არც ბერძნულში და არც ლათინურში არ არის. იგი ქართული ნაწარმოები სახელი უნდა იყოს და მინაარსობრვადაც არ უნდა განსხვავდებოდეს „სოლიმნისაგან“, რადგანაც ცნელი წარმოსადგენია, რომ დროის ისეთი შიკრე მონაკვეთის განმავლობაში, როგორც შეიძლება ზემოთ დასახელებულ ალაპებს ამორებდეს ამ ალაპთან (ამასთან მარიამ — მართა ყოფილის ალაპაც და მარიამ დედოფლისაც ერთი და იგივე პირის — თავლას ძის მიერაა ჩაწერილი) ასე საპირისპიროდ შეცვლილიყო ტერმინის მნიშვნელობა.

ჩვენ მოვიყვანეთ ადგილი გიორგი მთაწმინდელის ცხოვრებიდან, სადაც „დიმოსზე“ და „მედიმოსენზეა“ ლაპარაკი. „მედიმოსენი“, როგორც ჩანს, ისე ავიწროებდნენ მონასტრებს, რომ მეუის სპეციალური ქრიზოველი ვახდა საქირო, რათა მონასტერი მედიმოსეთაგან გაეთავისუფლებინათ და საქმე სეკრეტონშივე წარმოებულყო. შესაძლოა სეკრეტონში სოლიმნის სპეციალური მწარმოებლებიც იყვნენ — „მესოლიმნენი“, რომლებიც სოლიმნიდან იღებდნენ გარკვეულ ნაწილს გასამრჯელოს სახით, ან, თუ სოლიმნიდან არა, მონასტრიდან მაინც უნდა მიეღოთ რაიმე ანაზღაურება. მარიამ — მართა ყოფილს (მაგრატ მე-4-ის ასულია, მიქელ დუქას მეუღლე) და მის შვილს კონს-

<sup>1)</sup> გამოქვეყნებულ ტექსტში სწერია: „მე აოლიმნისათჳს“. ხელნაწერში ი-ე (მ[მ]) გარკვევით არ იკითხება, ამოწმილია და საფიქრებელია, რომ იქ ვერა 4 — 3, რომელი ასოთი უნდა შეცვალა ამომწულს ი-ე არ ჩანს. სავარაუდოა მ-თი („მისოლიმნი“ ანალოგიით, რომელიც ამავე ალაპისა ნახსენებია), ან ე-თი. რომელსაც თუნდა წაავსო ამოწმის შემდეგ დარჩენილი ასოს მოხაზულობა. ამომწმილი ასო აერთებს „მ“-სა და „სოლიმნისათჳს“-ს. ამიტომ სიტყვა ერთად ვერა: მ[მ]სალაპისათჳს. „მთაწმინე“ კი გარკვევით ერთად სწერია.



ческих источников, привлечены дополнительные сведения, встречающиеся в грузинских оригинальных памятниках того же периода: „Житие Георгия Мтацминдела“, „Житие Григория Бакураши“.

Из этих источников выясняется, что *სოლომნი* и *სოქი* (солони и роки — *საღვთი* и *ჩვეა*) являются идентичными терминами и представляют собой ежегодный дар, ежегодную выдачу монастыря и церкви, общественным учреждениям, а также их освобождение от налогов.

Упомянутое в „Синодике“ слово *მესოლომნი* (месоломне) является грузинским производным словом, созданным из греческого корня по аналогии с *მედომნი* (медомне — сборщик дикосия) и означает чиновника, который фиксировала дела солемни в приказе (секретоне), а *მისოლომნი* (мисоломни) есть определенная сумма, удерживаемая от солемни для оплаты труда этого чиновника.

#### შემაჯავებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. პათეხი ივერის მონასტრის 1574 წ. ხელნაწერი აღაპებთ. ვასტვა აღ. ხახანაშვილი. თბილისი, 1921.
2. ითახე ქვეტოიჭი. შრომები, ტ. მე-2. თბილისი, 1937.
3. Г. А. Острогорский. Византийский податный устан. Сборник статей, посвященных памяти Н. П. Кондакова. Прага, 1926.
4. Fr. Dölger. Beiträge zur Geschichte der byzantinischen Finanzverwaltung, besonders des 10 und 11 Jahrhunderts. Leipzig—Berlin, 1927.
5. Е. Э. Липшиц. Очерки истории византийского общества и культуры, М.—Л., 1961.
6. Сборник документов по социально-экономической истории Византии. М., 1951.
7. Ф. Успенский. История византийской империи, т. I. СПб, 1914.
8. ს. ყაუხჩიიშვილი. ვეობეკა, ტ. მე-5. თბილისი, 1963.
9. Вазелонские акты. Л., 1927.
10. ვლ. ყუევერიიშვი. ქართულ-მანასელი ისტორიული სიმეგები. თბილისი, 1965.
11. Fr. Dölger. Regesten der Kaiserurkunden des oströmischen Reiches, t. 2. München u. Berlin, 1925.
12. Typicon Gregorii Pauriani, edidit M. Tarchaisvili. Louvain, 1934.
13. В. Васильевский. Труды, IV. Л., 1930.
14. Ф. Успенский. Военное устройство византийской империи. Известия русско-го археологического института в Константинополе. София, 1900.
15. Georgii Pachymerae opera omnia: PG t. 144. Parisiis, 1865.
16. ს. ყაუხჩიიშვილი. ვეობეკა, ტ. I. თბილისი, 1961.



მ. თ. რედაქტორი — საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
აკადემიკოსი რ. დვალი

Гл. редактор — академик Академии наук Грузинской ССР  
Р. Р. Двали

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.6.1964; შუკ. № 821; ანაწილის ზომა 7×11;  
ქაღალდის ზომა 70×108; სააღრიცხვოსაგამოშვ. ფურცლების რაოდენობა 19;  
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 16; უფ. 02732; ტირაჟი 1400.

Подписано к печати 25.6.1964; зак. № 821; размер набора 7×11; размер  
бумаги 70×108; количество уч.-изд. листов 19; количество печатных  
листов 16; УЭ 02732; тираж 1400



მათემატიკა — МАТЕМАТИКА — MATHEMATICS

V. M. Kokiashvili. On the estimation of the best approximations and modules of smoothness in various Lebesgue spaces of periodic functions by transformed Fourier series . . . . . 3

\*ვ. კოკილაშვილი. პერიოდულ ფუნქციათა სავსეთხო მიახლოებებისა და სიგლუვის მოდულთა შეფასების შესახებ ლებეგის სხვადასხვა სივრცეში . . . . . 8

G. N. Tsvadze. On the tensor theory of congruence of direct projective spaces . . . . . 9

\*გ. თევზაძე. პროექციული სივრცის წრფეთა კონგრუენციების ტენზორული თეორიისათვის . . . . . 14

I. T. Kiguradze. On non-linear solutions of the equation . . . . . 15

\*ი. კიგურაძე. ერთი განტოლების ანარბევადი ამონებების შესახებ . . . . . 22

D. A. Georgobiani. Application of statistical methods to the problem of optimal control . . . . . 23

\*დ. გეორგიანი. სტატისტიკურ გადამწვევტ ფუნქციათა მეთოდების გამოყენება ოპტიმალურ პარამეტრთა საკონტროლის პრობლემის შესახებ . . . . . 28

T. S. Vashakmadze. On multi-point linear boundary value problems . . . . . 29

\*თ. ვაშაკმაძე. მრავალწერტილოვანი წრფივი სასაზღვრო ამოცანების შესახებ . . . . . 36

მექანიკა — МЕХАНИКА — MECHANICS

S. N. Kukudjanov. Stability of cylindrical shell under simultaneous action of torsion and variable pressure . . . . . 37

\*ს. კუკუჯანოვი. ცილინდრული გარსების მდგრადობა გრუნისა და ცვალებადი წნევის ერთდროული მოქმედების შემთხვევაში . . . . . 44

ფიზიკის თეორია — ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ — THEORY OF ELASTICITY

G. R. Gogua. On the boundary value problem of the theory of elasticity . . . . . 45

\*გ. რ. გოგუა. დრედადობის ბრტყელი თეორიის ინტეგრალურ განტოლებათა ამონებების პრობლემის შესახებ . . . . . 45

\*Ж. П. Роква. Об аппроксимации решений интегральных уравнений плоской теории упругости . . . . . 50

კიბერნეტიკა — КИБЕРНЕТИКА — CYBERNETICS

A. M. Mtsveladze. On the problem of the minimal description of the control system . . . . . 51

\*ა. მ. მთხვალაძე. წაშვითხველი მანქანისათვის მინიმალური აღწერის საკითხის განხილვა ქართული ასოების მაგალითზე . . . . . 51

\*А. Г. Мамиствалов. Рассмотрение вопроса о минимальном описании для читающих машин на примере грузинских букв . . . . . 56

ფიზიკა — ФИЗИКА — PHYSICS

T. T. Barnaveli, M. F. Bibilashvili, A. K. Davrisvili, G. A. Grubelashvili, P. E. Kazarov, P. V. Kuridze, I. V. Khaldseva. Investigation of the spatial distribution of  $\mu$ -mesons in wide atmospheric showers at a depth of 200 m . . . . . 59

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური გუთვნის წინა წერილის რეზიუმეს ან თარგმანს.  
 \* Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме или к переводу предшествующей статьи.  
 \* A title marked with an asterisk applies to a summary or translation of the preceding article.



\*თ. ბარნაველი, მ. ბიბილაშვილი, ა. ჯაფარიშვილი, გ. ღერგინიშვილი, რ. კახარაძე, რ. ქუჩიძე, ი. შალდვევა. ფართობის ფერული ლარების კამეზონების სივრცული განაწილების გამოკვლევა ველის ვიქტივალენტის 200 მ-ის სიღრმეზე . . . . . 66

М. Ш. Кавиладзе, И. В. Абашидзе. К вопросу о вариациях изотопного отношения  $K^{20}/K^{41}$  в земном калии . . . . . 67

\*მ. კავილაძე, ი. აბაშიძე. იზოტოპური ფარდობის  $K^{20}/K^{41}$  ვარიაციების საკითხისათვის დედამიწის კალიუმში . . . . . 74

**ბიოფიზიკა—ГЕОФИЗИКА—GEOPHYSICS**

Г. Г. Табагуа. К вопросу эффективности метода естественного электрического поля на железорудных месторождениях Грузии . . . . . 75

\*ზ. ტაბაღუა. საქართველოს რკინამადნეულ საბადოებზე ბუნებრივი ელექტრული ველის მეთოდის ეფექტურობის საკითხისათვის . . . . . 80

**ბიოია—ХИМИЯ—CHEMISTRY**

В. И. Кобнашвили. Биогеохимическое значение рассеянного в природе вольфрама . . . . . 83

\*ბ. კობიაშვილი. ბუნებაში გაფანტული ვოლფრამის ბიოგეოქიმიური მნიშვნელობა . . . . . 85

Г. В. Цицишвили (академик АН ГССР), Т. Г. Андрионикашвили, Ш. Д. Сабелашвили, З. И. Коридзе. Селективные свойства наполнителя хроматографической колонки, содержащего ионы серебра . . . . . 87

\*ზ. ციციშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), თ. ანდრონიკაშვილი, შ. საბელაშვილი, ზ. კორიძე. ვრცელის იონის შემცველი ქრომატოგრაფიული სვეტის შემავსებლის სელექტური თვისებები . . . . . 91

**ბიოქიმიკა—БИОХИМИЯ—BIOCHEMISTRY**

А. Ф. Золотарева. Глюкокортикоидная функция коры надпочечников при острых гепатитах и циррозах печени . . . . . 93

\*ა. ზოლთარევა. თირკმელზედა ჯირკვლის ქერტის გლუკოკორტიკოიდული ფუნქცია მწვავე ჰეპატიტების და ციროზების დროს . . . . . 99

Р. Г. Гачечиладзе, Н. И. Чачанидзе, Т. В. Каландаришвили. К вопросу количественного определения нуклеиновых кислот по интенсивности вторичной люминесценции . . . . . 101

\*რ. გაჩეჩილაძე, ნ. ჩაჩანიძე, თ. კალანდარიშვილი. მეორადი ლუმინესცენციის ინტენსივობის მიხედვით ნუკლეინის მკვების რაოდენობის განსაზღვრის საკითხისათვის . . . . . 106

**ბიოგეოგრაფია—ГЕОГРАФИЯ—GEOGRAPHY**

თ. ლვინიანიძე. ბაქუმის ადრეული და თანამედროვე ადგილმდებარეობის შესახებ . . . . . 109

\*ტ. ი. გვინიანიძე. О местонахождении города Багуми в прошлом и в настоящее время . . . . . 114

**პეტროგრაფია—ПЕТРОГРАФИЯ—PETROGRAPHY**

გ. ვარსიანიშვილი. რიონის სათავეების ქვედაკარბონული წალკების ლითოლოგიისათვის . . . . . 117

\*მ. ვ. ვარსიანიშვილი. К литологии нижнемеловых отложений верхоньев р. Риони . . . . . 123



პალეობიოლოგია—ПАЛЕОБИОЛОГИЯ—PALAEOBIOLOGY

- Л. К. Габуния (член-корреспондент АН ГССР), Е. И. Беляева. О происхождении архитерии (*Anchitheriinae*) из озокоена Казахстана . . . . . 131
- \*ლ. გაბუნია (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრი-კორესპონდენტი), ე. ი. ბელაევა. აზიოთეროიდების (*Anchitheriinae*) წარმოშობის ევრაზიის ოლიგოცენიდან . . . . . 131

საშენობლო მექანიკა—СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА—STRUCTURAL MECHANICS

- И. И. Гудушаури. Расчет пластинок методом наложения фиктивных „орто-тропных“ систем . . . . . 133
- \*ი. ი. გუდუშაური. ფილების გაანგარიშება ფიქტიურ „ორთოტროპულ“ სისტემათა შერწყმის მეთოდით . . . . . 140
- В. А. Багдавадзе. Определение вероятностным методом величины и закономерности распределения сейсмически-инерционной нагрузки по высоте сооружения . . . . . 141
- \*ვ. ბაღდავაძე. ნავებობის სიმაღლის მიხედვით სეისმო-ინერციული დატვირთვის სიდიდისა და განაწილების კანონზომიერების განსაზღვრა ალბათობის მეთოდით . . . . . 145

ენერგეტიკა—ЭНЕРГЕТИКА—POWER ENGINEERING

- З. А. Пиранашвили. Об одном способе статистико-вероятностного моделирования речного стока . . . . . 147
- \*ზ. ფირანაშვილი. მდინარული ჩანადრის სტატისტიკურ-ალბათური მოდელირების ერთი ხერხის შესახებ . . . . . 154

მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY

- С. А. Балезин, Т. В. Кемхадзе, И. М. Журавлев. Применение некоторых электрохимических методов в изучении механизма действия ингибиторов коррозии углеродистой стали в морской воде . . . . . 155
- \*ს. ბალეზინი, თ. ქემხაძე, ი. მ. ჯურავლევ. ინჰიბიტორების მექანიზმის შესწავლა ნახშირბადიანი ფოლადის კოროზიისას ზღვის წყალში ზოციერთი ელექტროქიმიური მეთოდის გამოყენებით . . . . . 162

მანქანათმშობლობა—МАШИНОВЕДЕНИЕ—MECHANICAL ENGINEERING

- Г. Я. Рамишвили, Л. А. Гогова. Экспериментальные исследования контактной жесткости в покое и при движении . . . . . 163
- \*გ. რამიშვილი, ლ. გოგოვა. კონტაქტური სიბისტიის ექსპერიმენტული გამოკვლევა მოძრაობისა და უძრაობის დროს . . . . . 169

ბოტანიკა—БОТАНИКА—BOTANY

- კ. ქიმერიძე. სუანეთის მთიანეთში *Scheuchzeria palustris* ფორმაციის შესწავლისათვის . . . . . 171
- \*კ. ქიმერიძე. *Scheuchzeria palustris* ფორმაციის შესწავლა სუანეთში . . . . . 177

მცენარეთა ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ—PHYSIOLOGY OF PLANTS

- Э. Н. Кецохели, Д. Ч. Квиციანი. Сезонное изменение содержания желтых фитохромов коры и древесины . . . . . 179
- \*ე. კეცოხელი, დ. ქვიციანი. ჭერქისა და მერქნის ყვითელი ფიტოქრომების სეზონური ცვლადობა . . . . . 186



## ПОЛОЖЕНИЕ О «СООБЩЕНИЯХ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР»

1. В «Сообщениях Академии наук Грузинской ССР» публикуются статьи научных работников Академии наук Грузинской ССР и других ученых, содержащие сжатое изложение основных результатов их исследований.

2. «Сообщениями» руководит редакционная коллегия, избираемая общим собранием Академии наук Грузинской ССР.

3. «Сообщения» выходят ежемесячно отдельными выпусками приблизительно в объеме 16 печатных листов каждый. Выпуски каждого квартала (три выпуска) составляют один том.

4. Статьи должны быть представлены на двух языках: на грузинском и русском. На одном из них, по желанию автора,—полный текст, а на другом языке—краткое изложение основного текста.

5. Объем статьи, включая иллюстрации, не должен превышать 20 000 типографских знаков (8 страниц журнала). Разделение статьи на отдельные части для опубликования в разных выпусках «Сообщений» не допускается.

6. Статьи действительных членов и членов-корреспондентов Академии наук Грузинской ССР сдаются непосредственно в редакцию «Сообщений» для опубликования, а статьи других авторов публикуются только по представлению действительных членов или членов-корреспондентов Академии. Статьи, поступившие без представления, направляются редакцией одному из действительных членов или членов-корреспондентов Академии на рассмотрение, с тем чтобы в случае положительной оценки статья была представлена для опубликования.

7. Статьи (а также соответствующие иллюстрации и чертежи) должны быть представлены автором в одном экземпляре, в совершенно готовом для печатания виде. Формулы должны быть четко вписаны в текст от руки. Текстовые части из иллюстраций должны быть выполнены на обоих языках. Никакие исправления и дополнения после принятия к печати не допускаются.

8. Данные о цитированной литературе должны быть по возможности полными; необходимо указать полное заглавие статьи, название журнала, в котором опубликована статья, номер серии, тома, выпуска, год издания; если имеется ссылка на книгу, то необходимо указать полное наименование книги, место и год издания.

9. Цитируемая литература должна приводиться в конце статьи в виде списка. При ссылке на литературу в тексте статьи или в подстрочных примечаниях следует указывать номер по списку, заключая его в квадратные скобки.

10. В конце текста статьи автор на соответствующем языке должен указать название и местонахождение того научного учреждения, где выполнена работа.

Статья датируется днем поступления ее в редакцию.

11. Автору представляется одна корректура в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или напечатать ее без виза автора.

12. Автор получает бесплатно 10 оттисков своей статьи.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ: ТБИЛИСИ, УЛ. ДЗЕРЖИНСКОГО, 8**  
Телефон 3-03-52

Условия подписки: на 1 год—12 руб., на 6 месяцев—6 руб.

65/110



„საქართველოს სასაზღვრო საზღვარი აქავედგინის მოამბის“

დ ე ბ ა მ ე ბ ა

1. „საქართველოს სასაზღვრო საზღვარი აქავედგინის მოამბის“ იბეჭდება აქავედგინის მდინერი მუშაობისა და სხვა მდინერი წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.

2. „მოამბის“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სასაზღვრო საზღვარი აქავედგინის სერვისი კრება.

3. „მოამბის“ გამოდის თვეში ერთხელ, ცალკე ნაყვეთად, დაბეჭდვით 16 ბეჭდური თაბაში. ყოველი კვარტალის ნაყვეთი (სამი ნაყვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.

4. „მოამბის“ დასაბეჭდად წერილები წარმოადგენს უნდა იქნეს ორ ენაზე: ქართულად და რუსულად. ერთ-ერთ მთგანზე, ავტორის სტრუქტურისა და სრული ძირითადი ტექსტი, ბოლო მერჯეზ—ძირითადი ტექსტის შემოკლებული გამოცემა.

5. წერილის მოცულობა (ორივე ტექსტის), ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 20.000 სასტამბო ნიშანს (ფურცლის 8 გვერდს); არ შეიძლება წერილის დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაყვეთში გამოაკვეთებულად.

6. საქართველოს სასაზღვრო საზღვარი აქავედგინის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, ბოლო სხვა ავტორების წერილები იბეჭდება აქავედგინის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარდგინებით. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია გადასცემს აქავედგინის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსაზღვრულად, რათა მან, დადებითად შეფასების შემთხვევაში, წარმოადგინოს იგი დასაბეჭდად.

7. წერილები (ავტორად სათანადო ილუსტრაციები და ნახაზები) ავტორმა უნდა წარმოადგინოს თითო ცალკედ, დასაბეჭდად საესტამბო მოზავედგინული. ფორმულები ხელით უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტში მკაფიოდ. ილუსტრაციებზე ტექსტობრივი წარწერები ორივე ენაზე უნდა იყოს შესრულებული. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში შესწორებებისა და დამატებების შეტანა აღარ შეიძლება.

8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები შეიძლება გვარად სრული უნდა იყოს: საჭიროა აღინიშნოს წერილის სრული სათაური, სახელწოდება ფურცლისა, რომელშიც დაბეჭდილია წერილი, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაყვეთისა, გამოცემის წელი; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის ადგილისა და წილის მითითება.

9. დამოწმებული ლიტერატურის სია წერილს ერთის ბოლოში. ლიტერატურის მისათითებლად ტექსტში თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იქნეს შესაბამისი ნომერი სიის მიხედვით.

10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა შესაბამის ენაზე უნდა აღნიშნოს იმ დაწვრილებების სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი.

წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.

11. ავტორს ვაძლევა გვერდებზე შეკრული ერთი კორექტურა მკარად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად არა უმეტეს ორი დღისა). თუ კორექტურა დადგენილი ვადისათვის არ იქნა წარმოადგენილი, რედაქცია უფლება აქვს შეატეროს წერილის დაბეჭდად ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიხის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ვაძლევა მისი წერილის 10 ამონაბეჭდი.

აქავედგინის მისაზამათი: თბილისი, ძმადინისა ძ. 8

ტელეფონი 3-03-52

ბეღმომწერის პირობები: 1 წელი—12 მან., 6 თვით—6 მან.