

524
1968



საქართველოს სსრ
ეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა ე ბ ე

*

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР

*

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR

*

XLIX, № 1

თბილისი 1968 იანვარი

თბილისი * ТБИЛИСИ * TBILISI

საქართველოს სსრ
ეცნიერებათა აკადემიის

ბ ი ა ბ ე ე



СООБЩЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР



BULLETIN
OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR



XLIX

1968

10.692.

ს ა რ მ დ ა ქ ც ი ო კ ო ლ ე გ ი ა

ე. ანდრონიკაშვილი, ა. ბოქორიშვილი, ი. გიგინეიშვილი (მთავარი რედაქტორის
მოადგილე), ლ. დავითაშვილი, რ. დვალი (მთავარი რედაქტორი), ა. ჯანელიძე,
ნ. კეცხოველი, ვ. მახალდიანი, ნ. მუსხელიშვილი, გ. წერეთელი,
გ. ციციშვილი, რ. შადური (მთავარი რედაქტორის
მოადგილე)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Э. Л. Андроникашвили, А. Т. Бочоришвили, И. М. Гигинейшвили
(заместитель главного редактора), Л. Ш. Давиташвили, Р. Р. Двали
(главный редактор), А. И. Джanelidze, Н. Н. Кеcховели,
В. В. Махалдиани, Н. И. Мухелишвили, Г. В. Церетели,
Г. В. Цицишвили, Р. С. Шадური (заместитель
главного редактора)

А. П. ЛУРСМАНАШВИЛИ

О ЦЕЛЫХ БЕСКВАДРАТНЫХ ТОЧКАХ В МНОГОМЕРНЫХ
 ЭЛЛИПСОИДАХ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 30.1.1967)

В данной работе будем применять следующие обозначения: x, y, u —вещественные числа, $x > 1$; z —комплексное число; r —бескватратное целое число; $k, f, n, q, H, t, \alpha, \mu, \nu$ —целые положительные числа, $k \equiv 4$; a, h, c, l —неотрицательные целые числа; b, d, m, β —целые числа; p —простое число; $\Omega(q)$ —число простых делителей q ; ε —любое положительное число; $\mu(t)$ —функция Мебиуса.

В суммах, где не указаны нижние знаки суммирования, они предполагаются равными единице. Символ „ $d \bmod q$ “, под знаком суммы, обозначает, что d пробегает полную систему вычетов по модулю q .

Далее,

$$e(z) = e^{2\pi iz}; \exp(z) = e^z;$$

$$\dot{S}(h, q) = \sum_{d \bmod q} e\left(\frac{hd^2}{q}\right) \quad (\text{Сумма Гаусса});$$

$$Q(u_1, \dots, u_k) = \sum_{\mu, \nu=1}^k \beta_{\mu\nu} u_\mu u_\nu$$

—положительно определенная квадратичная форма с целочисленными коэффициентами $\beta_{\mu\nu}$ ($\beta_{\mu\nu} = \beta_{\nu\mu}$) с детерминантом D ;

$$B(a, q; t_1, \dots, t_k) = \sum_{l_1, \dots, l_k=0}^{q-1} \exp \left\{ 2\pi i \frac{a}{q} Q(t_1^2 l_1, \dots, t_k^2 l_k) \right\}; \quad (1)$$

$$C(a, q) = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{\mu(t)}{t^2} S(at^k, q);$$

$$G(a, q) = \sum_{t_1, \dots, t_k=1}^{\infty} \frac{\mu(t_1) \dots \mu(t_k)}{t_1 \dots t_k^k} B(a, q; t_1, \dots, t_k);$$

$$R_Q(n) = \sum_{Q(r_1, \dots, r_k)=n} 1 \quad (2)$$

—число представлений n квадратичной формой $Q(u_1, \dots, u_k)$ с бескватратными целыми переменными r_1, \dots, r_k ;

$$A_Q(x) = \sum_{Q(r_1, \dots, r_k) \leq x} 1 = \sum_{n \leq x} R_Q(n) \quad (3)$$

—число целых точек в эллипсоиде $Q(u_1, \dots, u_k) \leq x$ с бесквадратными координатами r_1, \dots, r_k .

В данной работе изучается функция $A_Q(x)$ при $k \geq 4$. Основные результаты приведены в теоремах 1 и 2. Приводим леммы, используемые ниже.

Лемма 1. Если $(a, q) = 1$, то
 $G(a, q) = Bq^{k/2+\varepsilon}$.

В частности,

$$C(a, q) = Bq^{1/2+\varepsilon}$$

(доказательство см. [1], теорема 3).

Лемма 2. Пусть в интервале $X \leq y \leq Y$ функция $f(y)$ имеет непрерывную производную. Тогда

$$\sum_{X < m \leq Y} f(m) = \int_X^Y f(y) dy + \psi(X)f(X) - \psi(Y)f(Y) + \int_X^Y \psi(y)f'(y) dy,$$

где $\psi(y) = y - [y] - \frac{1}{2}$ ([2], стр. 25).

Пусть для $\operatorname{Re}(z) > 0$

$$\mathfrak{F}(z) = \mathfrak{F}(z, Q) = \sum_{r_1, \dots, r_k = -\infty}^{\infty} \exp\{-\pi Q(r_1, \dots, r_k)z\}.$$

В силу (2) имеем

$$\mathfrak{F}(z) = \sum_{n=1}^{\infty} R_Q(n) \exp(-\pi n z). \quad (4)$$

Отсюда

$$R_Q(n) = e^{\pi n z} \int_0^1 \mathfrak{F}(z - 2ui) e(-nu) du.$$

Следовательно, в силу (3), приняв $z = \frac{1}{x}$, будем иметь

$$A_Q(x) = \int_0^1 \mathfrak{F}\left(\frac{1}{x} - 2ui\right) \sum_{n \leq x} \exp\left\{\frac{\pi n}{x} - 2\pi nui\right\} du. \quad (5)$$

Промежуток $0 \leq u \leq 1$ известным образом разложим на промежутки Фарея, где каждый промежуток распространяется от точки

$$\gamma = \frac{a}{q}, \quad 0 \leq a \leq q \leq x^{1/2}, \quad (a, q) = 1 \quad (6)$$

до ближайших двух медянт. Каждый промежуток (γ) сдвинем так, чтобы точка $\gamma = \frac{a}{q}$ попала в точку $u = 0$. Полученный таким образом промежуток обозначим через (γ_0) . Тогда, как известно,

$$|u_i| < \frac{1}{q x^{1/2}}, \quad \text{если } u \text{ находится в } (\gamma_0), \quad (7)$$

$$|u| \cong \frac{1}{2q x^{1/2}}, \quad \text{если } u \text{ не находится в } (\gamma_0).$$

Обозначим

$$\omega = \frac{1}{x} - 2u i. \quad (8)$$

Тогда из уравнений (5) и (8) находим

$$A_Q(x) = \sum_{\gamma} \int_{(\gamma_0)} \vartheta(\omega - 2\gamma i) \sum_{n \leq x} \exp \left\{ \frac{\pi n}{x} - 2\pi n(u + \gamma) i \right\} du. \quad (9)$$

Как известно ([1], формула (14)), в интервале (γ_0) имеет место равенство

$$\vartheta(\omega - 2\gamma i) = D^{-1/2} \omega^{-k/2} q^{-k} G(a, q) + S(u), \quad (10)$$

где $S(u) = B x^{k/4+\epsilon}. \quad (11)$

Далее, для $1 \cong y \cong x$

$$\left| \sum_{y \leq n \leq x} e(-nu) \right| \cong \min \left(x, \frac{1}{|\sin \pi u|} \right).$$

Отсюда, частичным суммированием Абеля получим

$$\left| \sum_{n \leq x} \exp \left(\frac{\pi n}{x} - 2\pi n u i \right) \right| = B \min \left(x, \frac{1}{|\sin \pi u|} \right). \quad (12)$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} & \int_0^1 \left| \sum_{n \leq x} \exp \left(\frac{\pi n}{x} - 2\pi n u i \right) \right| du = B \int_0^1 \min \left(x, \frac{1}{|\sin \pi u|} \right) du = \\ & = B \int_0^{1/2} \min \left(x, \frac{1}{|\sin \pi u|} \right) du = B \int_0^{1/x} x du + B \int_{1/x}^{1/2} \frac{du}{u} = B \ln x. \end{aligned} \quad (13)$$

Когда u пробегает промежуток (γ_0) , тогда $u + \gamma$ пробегает промежуток (γ) , и поэтому в силу (13) и (11)

$$\sum_{\gamma} \int_{(\gamma_0)} S(u) \sum_{n \leq x} \exp \left(\frac{\pi n}{x} - 2\pi n(u + \gamma) i \right) du = B x^{k/4+\epsilon}. \quad (14)$$

Таким образом, на основании уравнений (9), (10), (6) и (14)

$$A_Q(x) = D^{-1/2} \sum_{q \leq x^{1/2}} \sum_{\substack{a=0 \\ (a, q)=1}}^{q-1} \frac{G(a, q)}{q^k} \int_{(\gamma_0)} \omega^{-k/2} \times \\ \times \sum_{n \leq x} \exp \left\{ \frac{\pi n}{x} - 2\pi n \left(u + \frac{a}{q} \right) i \right\} du + B x^{k/4+\varepsilon}. \quad (15)$$

Если здесь промежуток интегрирования (γ_0) заменим интервалом от $-\infty$ до $+\infty$, то для погрешности интеграла в силу (7), (8) и (12) получим ([3], стр. 31)

$$\int_{(\gamma_0)} = \begin{cases} B x^{k/4} & \text{для } q = 1, \\ B (q^{k/2} \ln q + q^{k/2-1} x^{k/4-1/2} \delta) & \text{для } q > 1, \end{cases} \quad (16)$$

где для $q > 1$, $(a, q) = 1$

$$\delta = \max \left(\frac{q}{a}, \frac{q}{q-a} \right) \quad (17)$$

Следовательно, при такой замене границ интегрирования погрешность главного члена в (15) в силу (4), (16) и (17) для $k \geq 4$ будет $B x^{k/4+\varepsilon}$.

На основании этого из (15) получим

$$A_Q(x) = D^{-1/2} \sum_{q \leq x^{1/2}} \sum_{\substack{a=0 \\ (a, q)=1}}^{q-1} \frac{G(a, q)}{q^k} \sum_{n \leq x} \exp \left(\frac{\pi n}{x} - 2\pi i \frac{an}{q} \right) \times \\ \times \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e(-nu)}{\left(\frac{1}{x} - 2ui \right)^{k/2}} du + B x^{k/4+\varepsilon}.$$

Здесь, используя равенство

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e(-nu)}{\left(\frac{1}{x} - 2ui \right)^{k/2}} du = \frac{\pi^{k/2}}{\Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} n^{k/2-1} \exp\left(-\frac{\pi n}{x}\right),$$

для $k \geq 4$ получаем

$$A_Q(x) = \frac{\pi^{k/2}}{D^{1/2} \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} \sum_{q \leq x^{1/2}} \sum_{\substack{a=0 \\ (a, q)=1}}^{q-1} \frac{G(a, q)}{q^k} \sum_{n \leq x} n^{k/2-1} e\left(-\frac{na}{q}\right) + B x^{k/4+\varepsilon}. \quad (18)$$

Далее, в силу равенства (17)

$$\left| \sum_{n \leq x} n^{k/2-1} e\left(-\frac{na}{q}\right) \right| < \delta x^{k/2-1}. \quad (19)$$

Если в уравнении (18) область изменения q заменим от 1 до ∞ , в случае $k \geq 5$ на основании уравнений (4), (17) и (19) для погрешности будем иметь оценку $B x^{k/4+\varepsilon}$.

Следовательно, имеет место

Теорема 1. Если $k \geq 4$, то

$$A_Q(x) = \frac{\pi^{k/2}}{D^{1/2} \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} \sum_{q \leq x^{1/2}} \sum_{\substack{a=0 \\ (a, q)=1}}^{q-1} \frac{G(a, q)}{q^k} \sum_{n \leq x} n^{k/2-1} e\left(-\frac{na}{q}\right) + Bx^{k/4+\varepsilon}.$$

Если $k \geq 5$, то

$$A_Q(x) = \frac{\pi^{k/2}}{D^{1/2} \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} \sum_{q=1}^{\infty} \sum_{\substack{a=0 \\ (a, q)=1}}^{q-1} \frac{G(a, q)}{q^k} \sum_{n \leq x} n^{k/2-1} e\left(-\frac{na}{q}\right) + Bx^{k/4+\varepsilon}.$$

Взяв в лемме 2: $X = 0$, $Y = x$, $f(y) = y^{k/2-1}$, при $k \geq 4$ будем иметь

$$\sum_{n \leq x} n^{k/2-1} = \frac{2}{k} x^{k/2} + Bx^{k/2-1}. \quad (20)$$

Далее, в силу уравнения (1) и (2)

$$G(0, 1) = \sum_{t_1, \dots, t_k=1}^{\infty} \frac{\mu(t_1) \dots \mu(t_k)}{t_1^2 \dots t_k^2} = \frac{6^k}{\pi^{2k}}.$$

Наконец, на основании (4), (17) и (19) получим

$$\begin{aligned} \sum_{2 \leq q \leq x^{1/2}} \sum_{\substack{a=0 \\ (a, q)=1}}^{q-1} \frac{G(a, q)}{q^k} \sum_{n \leq x} n^{k/2-1} e\left(-\frac{na}{q}\right) &= \\ &= \begin{cases} Bx^{k/2-1}, & \text{если } k \geq 5, \\ Bx^{1+\varepsilon}, & \text{если } k=4. \end{cases} \end{aligned} \quad (21)$$

Теперь, из (18) на основании равенств (20) и (21) находим

$$\begin{aligned} A_Q(x) &= \frac{\pi^{k/2}}{D^{1/2} \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} G(0, 1) \sum_{n \leq x} n^{k/2-1} + B \sum_{2 \leq q \leq x^{1/2}} + Bx^{k/4+\varepsilon} = \\ &= \frac{6^k \pi^{-3/2k}}{D^{1/2} \Gamma\left(\frac{k}{2} + 1\right)} x^{k/2} + Bx^{k/2-1}, \quad \text{если } k \geq 5, \\ &= \frac{648}{D^{1/2} \pi^6} x^2 + Bx^{1+\varepsilon}, \quad \text{если } k = 4. \end{aligned}$$

Следовательно, справедлива

Теорема 2.

$$A_Q(x) = \frac{6^k \pi^{-3k/2}}{D^{1/2} \Gamma\left(\frac{k}{2} + 1\right)} x^{k/2} + Bx^{k/2-1}, \quad \text{если } k \geq 5;$$

$$A_Q(x) = \frac{648}{D^{1/2} \pi^6} x^2 + Bx^{1+\varepsilon}, \quad \text{если } k = 4.$$

Замечание. В теореме 2 оценка $A_Q(x)$ при $k \geq 5$ окончательна и не может быть улучшена, а в случае $k = 4$ улучшить данную оценку более чем на x^ε невозможно.

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 30.1.1967)

მათემატიკა

ა. ლურსმანაშვილი

მთელი უკვადრატო წერტილების შესახებ ელიფსოიდებში

რეზიუმე

შრომში შესწავლილია $A_Q(x)$ ფუნქცია, რაც აღნიშნავს მთელ უკვადრატო წერტილთა რაოდენობას k -განზომილებიან ელიფსოიდში $Q(x_1, \dots, x_k) \leq x$. ძირითადი შედეგი მოცემულია თეორემაში:

თუ $k \geq 4$, მაშინ

$$A_Q(x) = \frac{\pi^{k/2}}{D^{1/2} \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} \sum_{q \leq x^{1/2}} \sum_{\substack{a=0 \\ (a,q)=1}}^{q-1} \frac{G(a, q)}{q^k} \sum_{n \leq x} n^{k/2-1} e\left(-\frac{an}{q}\right) + Bx^{k/4+\varepsilon},$$

ხოლო თუ $k \geq 5$, მაშინ

$$A_Q(x) = \frac{\pi^{k/2}}{D^{1/2} \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} \sum_{q=1}^{\infty} \sum_{\substack{a=0 \\ (a,q)=1}}^{q-1} \frac{G(a, q)}{q^k} \sum_{n \leq x} n^{k/2-1} e\left(-\frac{na}{q}\right) + Bx^{k/4+\varepsilon}.$$

დამტკიცებულია, რომ თეორემაში მოცემული შედეგის გაუმჯობესება შეუძლებელია იმ შემთხვევაში, როცა $k \geq 5$.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Лурсманашвили. О представлении натуральных чисел квадратичными формами с целыми бесквадратными переменными. Сообщения АН ГССР, т. XLIII, № 1. 1967.
2. A. Walfisz. Gitterpunkte in mehrdimensionalen kugeln. Warszawa, 1957.
3. E. Landau. Über Gitterpunkte in mehrdimensionalen Ellipsoiden. Math. Zeitschrift, B. 21, 1924, 126—132.



Г. П. ГОГИШВИЛИ

О ПРЕДСТАВЛЕНИИ ЧИСЕЛ КВАТЕРНАРНЫМИ КВАДРАТИЧНЫМИ
 ФОРМАМИ С КОЭФФИЦИЕНТАМИ, РАВНЫМИ 1 И 11

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 15.3.1967)

§ 1. Пусть $r(n; a_1, a_2, a_3, a_4)$ обозначает число представлений натурального числа n формой

$$f = a_1x_1^2 + a_2x_2^2 + a_3x_3^2 + a_4x_4^2, \quad (1.1)$$

где a_1, \dots, a_4 — натуральные числа.

С помощью целых модулярных форм Г. А. Ломадзе [1, 2] получил целый ряд точных формул для функции $r(n; a_1, a_2, a_3, a_4)$, когда $a_1 = a_2, a_3 = a_4$ и $a_1 = a_2 = a_3 \neq a_4$. Ананда-Рау [3], применив к квадратичным формам модулярные уравнения, получил точную формулу для $r(n; 1, 1, 11, 11)$.

В настоящей статье методом работы [4] получены точные формулы для $r(n; a_1, a_2, a_3, a_4)$ при $a_1 = a_2 = a_3 = 1, a_4 = 11; a_1 = a_2 = 1, a_3 = a_4 = 11$ и $a_1 = 1, a_2 = a_3 = a_4 = 11$. Наша формула при $a_1 = a_2 = 1, a_3 = a_4 = 11$ значительно проще соответствующей формулы Ананда-Рау.

§ 2. Положив

$$\vartheta_{gh}(\tau; 0, N) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-1)^{hm} Q^{8N} \frac{1}{(2Nm+g)^2} \quad (2.1)$$

(g, h — целые числа, N — натуральное число, τ — комплексная переменная с $\text{Im } \tau > 0, Q = \exp(2\pi i\tau)$), получим

$$\prod_{k=1}^4 \vartheta_{00}(\tau; 0, 2a_k) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} r(n; a_1, a_2, a_3, a_4) Q^n. \quad (2.2)$$

Известно, что

$$\vartheta_{2N,1}(\tau; 0, 6N) = Q^{\frac{N}{12}} \prod_{k=1}^{\infty} (1 - Q^{2Nk}), \quad (2.3)$$

$$\vartheta_{00}(\tau; 0, 2N) = \prod_{k=1}^{\infty} (1 - Q^{2Nk}) \prod_{k=1}^{\infty} (1 + Q^{N(2k-1)})^2, \quad (2.4)$$

$$\prod_{k=1}^{\infty} (1 - Q^{Nk}) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} (-1)^k Q^{N \frac{3k^2+k}{2}}. \quad (2.5)$$

Далее, положим

$$\Theta(\tau; a_1, a_2, a_3, a_4) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \rho(n; a_1, a_2, a_3, a_4) Q^n, \quad (2.6)$$

где $\rho(n; a_1, a_2, a_3, a_4)$ — сингулярный ряд, соответствующий формам вида (1.1).

$$\begin{aligned} \S 3. \text{ Теорема 1. } \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}^3(\tau; 0, 22) &= \Theta(\tau; 1, 11, 11, 11) + \\ &+ \frac{12}{7} \vartheta_{21}(\tau; 0, 6) \vartheta_{00}^2(\tau; 0, 22) \vartheta_{22,1}(\tau; 0, 66). \end{aligned} \quad (3.1)$$

Доказательство. Так же как и в работе [4], можно показать, что функция

$$\begin{aligned} \psi(\tau) &= \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}^3(\tau; 0, 22) - \Theta(\tau; 1, 11, 11, 11) - \\ &- \frac{12}{7} \vartheta_{21}(\tau; 0, 6) \vartheta_{00}^2(\tau; 0, 22) \vartheta_{22,1}(\tau; 0, 66) \end{aligned}$$

будет тождественно равна нулю, если в ее разложении по степеням Q все коэффициенты при $Q^n (n \equiv 36)$ равняются нулю.

Согласно леммам 31, 32, 33 работы [1] получим

$$\begin{aligned} \rho(n; 1, 11, 11, 11) &= \frac{1}{7} \left\{ 2^{n+1} - (-1)^{n+\beta} \left(\frac{-1}{u} \right) \right\} \left\{ 11^{n/3} + \right. \\ &+ \left. (-1)^{n+\beta} \left(\frac{u}{11} \right) \right\} \sum_{d_1 d_3 = u} \left(\frac{11}{d_1} \right) d_2. \end{aligned}$$

Вычислив по этой формуле значения $\rho(n; 1, 11, 11, 11)$, получим

$$\begin{aligned} 7\Theta(\tau; 1, 11, 11, 11) &= 7 + 2Q + 12Q^3 + 7 \cdot 2Q^4 + 12Q^5 + 7 \cdot 2Q^9 + \\ &+ 30Q^{11} + 36Q^{12} + 48Q^{14} + 72Q^{15} + 62Q^{16} + 7 \cdot 12Q^{20} + 36Q^{22} + 132Q^{23} + \\ &+ 62Q^{25} + 120Q^{26} + 120Q^{27} + 180Q^{31} + 20Q^{33} + 160Q^{34} + 7 \cdot 14Q^{36} + \dots \end{aligned}$$

Согласно (2.1) имеем

$$\begin{aligned} \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}^3(\tau; 0, 22) &= 1 + 2Q + 2Q^4 + 2Q^9 + 6Q^{11} + 12Q^{12} + \\ &+ 12Q^{15} + 2Q^{16} + 12Q^{20} + 12Q^{22} + 24Q^{23} + 2Q^{25} + 24Q^{26} + \\ &+ 12Q^{27} + 24Q^{31} + 8Q^{33} + 16Q^{34} + 14Q^{36} + \dots, \\ \vartheta_{21}(\tau; 0, 6) \vartheta_{00}^2(\tau; 0, 22) \vartheta_{22,1}(\tau; 0, 66) &= Q - Q^3 - Q^5 + \\ &+ Q^{11} + 4Q^{12} - 4Q^{14} + Q^{15} - 4Q^{16} + 4Q^{22} + 3Q^{23} - 4Q^{25} + \\ &+ 4Q^{26} - 3Q^{27} - Q^{31} + 3Q^{33} - 4Q^{34} + 3Q^{37} + \dots \end{aligned}$$

Легко проверить, что все коэффициенты при $Q^n (n \equiv 36)$ в разложении функции $\psi(\tau)$ по степеням Q равны нулю. Следовательно, тождество (3.1) доказано. Из этого тождества следует

Теорема 1а. Пусть $n = 2 \cdot 11^3 u$, $(u, 22) = 1$. Тогда

$$\begin{aligned} r(n; 1, 11, 11, 11) &= \frac{1}{7} \left\{ 2^{n+1} - (-1)^{n+\beta} \left(\frac{-1}{u} \right) \right\} \left\{ 11^{n/3} + \right. \\ &+ \left. (-1)^{n+\beta} \left(\frac{u}{11} \right) \right\} \sum_{d_1 d_3 = u} \left(\frac{11}{d_1} \right) d_2 + \frac{12}{7} \nu_1(n), \end{aligned}$$

где $\nu_1(n)$ обозначает коэффициент при Q^n в разложении функции $\vartheta_{21}(\tau; 0, 6) \vartheta_{00}^2(\tau; 0, 22) \vartheta_{22,1}(\tau; 0, 66)$ по степеням Q .

Аналогично доказываются следующие теоремы:

Теорема 2. $\mathfrak{F}_{00}^3(\tau; 0, 2) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 22) = \Theta(\tau; 1, 1, 1, 11) +$
 $+ \frac{12}{7} \mathfrak{F}_{00}^3(\tau; 0, 2) \mathfrak{F}_{21}(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}_{22,1}(\tau; 0, 66).$

Теорема 2а. Пусть $n = 2^x 11^y u$, $(u, 22) = 1$. Тогда

$$r(n; 1, 1, 1, 11) = \frac{1}{7} \left\{ 2^{2x+1} + \right.$$

$$+ (-1)^{x+\beta} \left(\frac{-1}{u} \right) \left. \right\} \left\{ 11^{\beta+1} - (-1)^{x+\beta} \left(\frac{u}{11} \right) \right\} \times$$

$$\times \sum_{d_1 d_2 = u} \binom{11}{d_1} d_2 + \frac{12}{7} \nu_2(n),$$

где $\nu_2(n)$ обозначает коэффициент при Q^n в разложении функции $\mathfrak{F}_{00}^3(\tau; 0, 2) \mathfrak{F}_{21}(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}_{22,1}(\tau; 0, 6)$ по степеням Q .

§ 4. Теорема 3. $\mathfrak{F}_{00}^3(\tau; 0, 2) \mathfrak{F}_{00}^3(\tau; 0, 22) = \Theta(\tau; 1, 1, 11, 11) +$
 $+ \frac{16}{5} \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 2) \mathfrak{F}_{21}(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 22) \mathfrak{F}_{22,1}(\tau; 0, 66) -$
 $- \frac{16}{5} \mathfrak{F}_{21}^2(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}_{22,1}^2(\tau; 0, 66).$ (4.1)

Доказательство. Согласно лемме 14 работы [2] получим

$$\rho(n; 1, 1, 11, 11) = \frac{4}{5} |2^{2x+1} - 3| \sigma(u), \quad \sigma(u) = \sum_{d|u} d. \quad (4.2)$$

Далее, рассуждая почти так же, как и в теореме 1, получаем утверждаемое.

Обозначим через $\nu(n)$ и $\nu^*(n)$ коэффициенты при Q^n соответственно в разложениях функций $\mathfrak{F}_{00}^3(\tau; 0, 2) \mathfrak{F}_{21}(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 22) \mathfrak{F}_{22,1}(\tau; 0, 66)$ и $\mathfrak{F}_{21}^2(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}_{22,1}^2(\tau; 0, 66)$ по степеням Q .

Теорема 3а. Пусть $n = 2^x 11^y u$, $(u, 22) = 1$. Тогда

$$r(n; 1, 1, 11, 11) = \frac{4}{5} \sigma(u) + \frac{16}{5} \nu(n) \quad \text{при нечетном } n,$$

$$= \frac{4}{5} (2^{2x+1} - 3) \sigma(u) + \frac{16}{5} \nu(n) + \frac{16}{5} (-1)^{\frac{n}{2}} \nu\left(\frac{n}{2}\right) \quad \text{при четном } n.$$

Доказательство. Из тождества (4.1), согласно (4.2), получаем

$$r(n; 1, 1, 11, 11) = \frac{4}{5} |2^{2x+1} - 3| \sigma(u) + \frac{16}{5} \nu(n) - \frac{16}{5} \nu^*(n). \quad (4.3)$$

Согласно (2.3) — (2.5) имеем

$$\mathfrak{F}_{00}^3(\tau; 0, 2) \mathfrak{F}_{21}(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 22) \mathfrak{F}_{22,1}(\tau; 0, 66) =$$

$$= \sum_{k_1, k_2, k_3, k_4 = -\infty}^{\infty} (-1)^{\sum_{j=1}^4 k_j} \frac{k_j^2 + k_j}{2} \frac{1}{Q^{24}} \{ (6k_1 + 1)^2 + (6k_2 + 1)^2 + 11(6k_3 + 1)^2 + 11(6k_4 + 1)^2 \}.$$
 (4.4)

Далее, согласно (2.1),

$$\begin{aligned} & \vartheta_{21}^2(\tau; 0, 6) \vartheta_{2+1}^2(\tau; 0, 66) = \\ = & \sum_{k_1, k_2, k_3, k_4 = -\infty}^{\infty} (-1)^{\sum_{j=1}^4 k_j} Q \frac{1}{12} \{(6k_1+1)^2 + (6k_2+1)^2 + 11(6k_3+1)^2 + 11(6k_4+1)^2\}. \end{aligned} \quad (4.5)$$

Так как $(6k_1+1)^2 + (6k_2+1)^2 + 11(6k_3+1)^2 + 11(6k_4+1)^2 \equiv 0 \pmod{24}$, то

$$\nu^*(n) = 0 \text{ при нечетном } n. \quad (4.6)$$

Сравнивая (4.4) с (4.5), получаем

$$(-1)^{\sum_{j=1}^4 k_j} \nu^*(2n) = (-1)^{\sum_{j=1}^4 \frac{k_j^2 + k_j}{2}} \nu(n),$$

здесь $n = \frac{1}{24} \{(6k_1+1)^2 + (6k_2+1)^2 + 11(6k_3+1)^2 + 11(6k_4+1)^2\} \equiv$

$$\equiv \sum_{j=1}^4 \frac{k_j^2 + k_j}{2} + \sum_{j=1}^4 k_j + 1 \pmod{2}.$$

Таким образом,

$$\nu^*(n) = -(-1)^{\frac{n}{2}} \nu\left(\frac{n}{2}\right) \text{ при четном } n. \quad (4.7)$$

Из (4.3), (4.6) и (4.7) вытекает утверждаемое.

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 21.3.1967)

მათემატიკა

3. ზოგინების

რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ კვატერნარული კვადრატული ფორმებით, რომელთა კოეფიციენტებია 1 და 11

რეზიუმე

ამ შრომაში მიღებულია ფორმულები ნატურალური რიცხვის წარმოდგენათა რაოდენობისათვის $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + 11x_4^2$, $x_1^2 + x_2^2 + 11(x_3^2 + x_4^2)$ და $x_1^2 + 11(x_2^2 + x_3^2 + x_4^2)$ ფორმებით.

ღამოწმავალი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Ломадзе. О представлении чисел некоторыми квадратичными формами с четырьмя переменными. Труды Тбилисского гос. ун-та, 76, 1959, 107—159.
2. Г. А. Ломадзе. О представлении чисел некоторыми кватернарными квадратичными формами. Труды Тбилисского гос. ун-та, 110, 1965, 163—180.
3. K. Ananda-Rau. Application of modular equations to some quadratic forms. J. Indian Math. Soc., 24, 1960, 77—130.
4. Г. А. Ломадзе. О представлении чисел некоторыми квадратичными формами с шестью переменными. I. Труды Тбилисского гос. ун-та, 117, 1966, 7—43.



В. В. БАДАГАДЗЕ

О ПОСТРОЕНИИ РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ТИПА ВТОРОГО ПОРЯДКА

(Представлено академиком Ш. Е. Микеладзе 30.3.1967)

В настоящей работе рассматривается вопрос о построении разностных уравнений повышенной точности для дифференциального уравнения

$$Lu = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} + \alpha_i(x) \frac{\partial u}{\partial x_i} \right) + \gamma(x)u = f(x), \quad (1)$$

где $\alpha_i(x)$ ($i = 1, 2, \dots, n$), $\gamma(x)$ и $f(x)$ определены в n -мерной области G .

Разностные уравнения повышенной точности для уравнения Пуассона в двумерном и трехмерном случаях были построены в работе [1], а в n -мерном случае—в работе [2]. Для уравнения (1) в случае $n = 2, 3$ разностные уравнения повышенной точности были построены в работах [3, 4].

Для построения разностных уравнений применяется метод неопределенных коэффициентов [5].

В области G возьмем прямоугольную сетку с шагом $\eta_i h$ по x_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Внутренним назовем узел $P(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)})$, если узлы $P(x_1^{(0)} + i_1 \eta_1 h, x_2^{(0)} + i_2 \eta_2 h, \dots, x_n^{(0)} + i_n \eta_n h)$ ($i_1, i_2, \dots, i_n = 0, \pm 1$) принадлежат \bar{G} . Множество всех внутренних узлов обозначим через G_h .

Рассмотрим разностное уравнение

$$\begin{aligned} & \frac{1}{h^2} \sum_{i_1, i_2, \dots, i_n = -1}^1 a_{i_1 i_2 \dots i_n} v_{i_1 i_2 \dots i_n} = \\ & = \sum_{i_1, i_2, \dots, i_n = -1}^1 \sum_{m < k-2} h^m b_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(m_1 m_2 \dots m_n)} \frac{\partial^m f_{i_1 i_2 \dots i_n}}{\partial x_1^{m_1} \partial x_2^{m_2} \dots \partial x_n^{m_n}} \quad (2) \\ & (m = m_1 + m_2 + \dots + m_n, \quad P(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) \in G_h), \end{aligned}$$

которое назовем допустимым [6], если из коэффициентов $a_{i_1 i_2 \dots i_n}$ ($i_1, i_2, \dots, i_n = 0, \pm 1$) хотя бы один отличен от $O(h)$.

Так же, как и в работах [3, 4], можно показать, что погрешность аппроксимации дифференциального уравнения (1) разностным уравнением (2) в классе решений $u = u(x)$ уравнения (1) имеет порядок $O(h^{k-2})$ при

$u \in C^{(k)}$, если $f \in C^{(k-2)}$ и коэффициенты $a_{i_1 i_2 \dots i_n}$ и $b_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(m_1 m_2 \dots m_n)}$ являются соответственно решением следующих систем:

$$\sum_{i_1, i_2, \dots, i_n = -1}^1 \prod_{p=1}^n \delta_{i_p}^{(m_p)} a_{i_1 i_2 \dots i_n} = A_{m_1 m_2 \dots m_n}, \quad (3)$$

$$\sum_{q_1=0}^{p_1} \dots \sum_{q_n=0}^{p_n} \sum_{i_1, i_2, \dots, i_n = -1}^1 \prod_{p=1}^n \delta_{i_p}^{(q_p)} b_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(p_1 - q_1, \dots, p_n - q_n)} = B_{p_1 p_2 \dots p_n} \quad (4)$$

($m_1 + m_2 + \dots + m_n = 0, 1, \dots, k-1$; $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 0, 1, \dots, k-3$),
 где

$$\delta_{i_p}^{(m_p)} = \begin{cases} 1 & \text{при } m_p = 0, \\ \frac{(i_p \eta_p)^{m_p}}{m_p!} & \text{при } m_p \neq 0, \end{cases}$$

а $A_{m_1 m_2 \dots m_n}$ и $B_{p_1 p_2 \dots p_n}$ удовлетворяют системе

$$A_{m_1 m_2 \dots m_n} - \frac{1}{m_1! m_2! \dots m_n!} \sum_{p < k-2} h^{p+2-m} \times \\ \times \frac{\partial^p L [(x_1 - x_1^{(0)})^{m_1} \dots (x_n - x_n^{(0)})^{m_n}]}{\partial x_1^{p_1} \partial x_2^{p_2} \dots \partial x_n^{p_n}} \Big|_{x_i = x_i^{(0)}} B_{p_1 p_2 \dots p_n} = O(h^{k-m}) \quad (5)$$

($m = m_1 + m_2 + \dots + m_n = 0, 1, \dots, k-1$; $p = p_1 + p_2 + \dots + p_n$).

Из системы (3) следует, что

$$A_{m_1 m_2 \dots m_n} = \prod_{i=1}^n \frac{p_i!}{m_i!} \eta_i^{m_i - p_i} A_{p_1 p_2 \dots p_n},$$

где

$$p_i = \begin{cases} 0 & \text{при } m_i = 0, \\ 1 & \text{при нечетном } m_i, \\ 2 & \text{при четном } m_i. \end{cases}$$

Принимая во внимание последние равенства, из системы (3) находим

$$a_{i_1 i_2 \dots i_n} = \prod_{p=1}^n (1 - i_p^2) A_{00 \dots 0} + \\ + \sum_{m+\mu=1}^n (-1)^{m+\mu} \prod_{p=1}^n i_p^{m+\mu} \frac{m - \sum_{p=1}^n i_p^2}{2} S_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(m, \mu)} \quad (6)$$

где

$$S_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(m, \mu)} = \frac{1}{m! \mu!} \sum_{\substack{p_1, p_2, \dots, p_{m+\mu}=1 \\ p_i \neq p_j \text{ при } i \neq j}}^n \prod_{r=1}^n (1 - i_r^2) \prod_{r=m+1}^{m+\mu} i_{p_r} A_{k_1 k_2 \dots k_{m+\mu}}^{(p_1 p_2 \dots p_{m+\mu})}$$

$$k_1, k_2, \dots, k_m = 2, \quad k_{m+1}, k_{m+2}, \dots, k_{m+p} = 1,$$

$$A_{k_1 k_2 \dots k_r}^{(p_1 p_2 \dots p_r)} = \prod_{i=1}^r \eta_i^{-k_i} A_{s_1 s_2 \dots s_n},$$

а

$$s_i = \begin{cases} 0 & \text{при } i \neq p_j, \\ k_j & \text{при } i = p_j \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, r). \end{cases}$$

Аналогично теореме 1 из работы [3] доказываются следующие теоремы.

Теорема 1. Пусть $n \geq 2$, $f \in C^{(5)}$, $\alpha_i, \gamma \in G_4^{(1)}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) и $\eta_i \neq \eta_j$ при $i \neq j$ хотя бы для одной пары $i, j = 1, 2, \dots, n$. Тогда не существует допустимого разностного уравнения вида (2), аппроксимирующего дифференциальное уравнение (1) так, чтобы погрешность аппроксимации в классе решений $u = u(x)$ уравнения (1) имела порядок h^5 при $u \in C^{(7)}$.

Теорема 2. Пусть $n \geq 2$, $f \in C^{(7)}$, $\alpha_i, \gamma \in G_6$ ($i = 1, 2, \dots, n$). Тогда на квадратной сетке ($\eta_1 = \eta_2 = \dots = \eta_n = 1$) не существует допустимого разностного уравнения вида (2), аппроксимирующего дифференциальное уравнение (1) так, чтобы погрешность аппроксимации в классе решений $u = u(x)$ уравнения (1) имела порядок h^7 при $u \in C^{(9)}$.

Построим теперь разностные уравнения, погрешность аппроксимации которых в классе решений $u = u(x)$ уравнения (1) имеют порядок h^4 при $u \in C^{(5)}$.

Предполагая, что $f \in C^{(k)}$, $\alpha_i, \gamma \in G_3$ ($i = 1, 2, \dots, n$) и $k = 6$, из системы (5) будем иметь

$$A_{m_1 m_2 \dots m_n} = \frac{1}{m_1! m_2! \dots m_n!} \sum_{s < 4} h^{s-m+2} \frac{\partial^s L[(x_1 - x_1^{(0)})^{m_1} \dots (x_n - x_n^{(0)})^{m_n}]}{\partial x_1^s \partial x_2^s \dots \partial x_n^s} \Big|_{x_i = x_i^{(0)}} B_{s_1 s_2 \dots s_n} \Big|_{i=1, 2, \dots, n}$$

$$(m = m_1 + m_2 + \dots + m_n, \quad s = s_1 + s_2 + \dots + s_n),$$

$$B_{0(1)} = 1, \quad B_{1(1)} = \frac{\eta_{i_1}^2}{12} \alpha_{i_1} h, \quad B_{2(1)} = \frac{\eta_{i_1}^2}{12}, \quad B_{11}^{(i_1 i_2)} = 0,$$

$$B_{m_1 m_2 m_3}^{(i_1 i_2 i_3)} = 0 \quad \text{при } m_1 + m_2 + m_3 \geq 3,$$

$$i_1, i_2, i_3 = 1, 2, \dots, n, \quad i_p \neq i_q \quad \text{при } p \neq q,$$

где

$$B_{p_1 p_2 \dots p_m}^{(i_1 i_2 \dots i_m)} = B_{s_1 s_2 \dots s_n},$$

$$s_j = \begin{cases} 0 & \text{при } j \neq i_v, \\ p_v & \text{при } j = i_v, \end{cases}$$

(¹ Через G_m обозначен класс функций, все частные производные которых до m -го порядка включительно ограничены в области G .)

$$\nu = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Коэффициенты $a_{i_1 i_2 \dots i_n}$ определяются равенствами (6).

Очевидно, в системе (4) часть из коэффициентов $b_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(m_1 m_2 \dots m_n)}$ можно задать произвольно. Если, например, примем $b_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(m_1 m_2 \dots m_n)} = 0$ при $i_1, i_2, \dots, i_n \neq 0$, будем иметь $b_{00 \dots 0}^{(m_1 m_2 \dots m_n)} = B_{m_1 m_2 \dots m_n}$.

Таким образом, построено следующее разностное уравнение:

$$\frac{1}{h^2} \sum_{i_1, i_2, \dots, i_n = -1}^1 a_{i_1 i_2 \dots i_n} v_{i_1 i_2 \dots i_n} = f_{00 \dots 0} + \frac{h^2}{12} \sum_{i=1}^n \eta_i^2 \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_i^2} + \alpha_i \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)_{00 \dots 0}.$$

Предположим теперь, что $b_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(m_1 m_2 \dots m_n)} = 0$ при $m_1 + m_2 + \dots + m_n \neq 0$, $b_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(m_1 m_2 \dots m_n)} = 0$ при $i_1^2 + i_2^2 + \dots + i_n^2 \geq 2$ и из системы (4) определим коэффициенты $b_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(00 \dots 0)}$. Тогда получим разностное уравнение

$$\begin{aligned} & \frac{1}{h^2} \sum_{i_1, i_2, \dots, i_n = -1}^1 a_{i_1 i_2 \dots i_n} v_{i_1 i_2 \dots i_n} = \\ & = \frac{1}{2} f_{00 \dots 0} + \frac{1}{24} \sum_{i=1}^n [(2 + \eta_i \alpha_i h) f_1^{(i)} + (2 - \eta_i \alpha_i h) f_{-1}^{(i)}], \end{aligned}$$

где

$$f_p^{(i)} = f(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_{i-1}^{(0)}, x_i^{(0)} + p \eta_i h, x_{i+1}^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}).$$

Рассмотрим теперь случай квадратной сетки ($\eta_i = 1, i = 1, 2, \dots, n$). Аналогично теореме 3 из работы [4] доказывается

Теорема 3. Пусть $n \geq 2, f \in C^{(6)}, \alpha_i, \gamma \in G_5 (i = 1, 2, \dots, n)$. Тогда для существования допустимого разностного уравнения вида (2), которое в классе решений $u = u(x)$ уравнения (1) аппроксимирует уравнение (1) с точностью h^6 при $u \in C^{(8)}$, необходимо и достаточно, чтобы в узлах сетки имели место равенства

$$\frac{\partial \alpha_i}{\partial x_j} = \frac{\partial \alpha_j}{\partial x_i} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n). \quad (7)$$

Заметим, что если в области G равенства (7) выполнены тождественно, то заменой функции

$$\begin{aligned} u(x) &= \lambda(x) \tilde{w}(x), \\ & - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \int_{x_i^{(0)}}^{x_i} \alpha_i(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_{i-1}^{(0)}, t, x_{i+1}, \dots, x_n) dt \\ \lambda(x) &= e \end{aligned}$$

уравнение (1) преобразуется в уравнение

$$\sum_{i=1}^n \frac{\partial^2 \omega}{\partial x_i^2} + \psi(x) \omega = F(x),$$

где

$$\psi(x) = \gamma(x) - \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n \left(\alpha_i^2 + 2 \frac{\partial z_i}{\partial x_i} \right), \quad F(x) = f(x) \lambda^{-1}(x).$$

Предположим теперь, что условия (7) выполнены, и построим разностное уравнение, погрешность аппроксимации которого в классе решений $u = u(x)$ уравнения (1) имеет порядок h^6 при $u \in C^{(8)}$.

Если в системе (5) положим $k = 8$, будем иметь

$$B_{0^{(1)}}^{(1)} = 1,$$

$$B_{1^{(1)}}^{(1)} = \frac{1}{720} \left\{ 60 \alpha_i h + h^3 \left[2 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \left(\frac{\partial^2 \alpha_{i_1}}{\partial x_j^2} + \alpha_i \frac{\partial z_{i_1}}{\partial x_j} \right) - 2 \frac{\partial^2 \alpha_{i_1}}{\partial x_i^2} + \right. \right. \\ \left. \left. + 4 \alpha_i \frac{\partial z_{i_1}}{\partial x_{i_1}} + 12 \frac{\partial \gamma}{\partial x_{i_1}} - \alpha_{i_1}^2 + 3 \alpha_i \gamma \right] \right\},$$

$$B_{2^{(1)}}^{(1)} = \frac{1}{720} \left[60 + \left(\alpha_{i_1}^2 + 2 \frac{\partial \alpha_{i_1}}{\partial x_{i_1}} + 3 \gamma \right) h^2 \right],$$

$$B_3 = \frac{1}{180} \alpha_i h,$$

$$B_{4^{(1)}}^{(1)} = \frac{1}{360},$$

$$B_{11}^{(i_1 i_2)} = \frac{1}{90} \left(\alpha_{i_1} \alpha_{i_2} + 2 \frac{\partial \alpha_{i_1}}{\partial x_{i_2}} \right) h^2,$$

$$B_{21}^{(i_1 i_2)} = \frac{1}{90} \alpha_{i_2} h,$$

$$B_{22}^{(i_1 i_2)} = \frac{1}{90},$$

$$B_{111}^{(i_1 i_2 i_3)}, B_{31}^{(i_1 i_2)}, B_{112}^{(i_1 i_2 i_3)} = 0.$$

$$B_{m_1 m_2 m_3}^{(i_1 i_2 i_3)} = 0 \quad \text{при} \quad m_1 + m_2 + m_3 \geq 5$$

$$(i_1, i_2, i_3 = 1, 2, \dots, n; i_p \neq i_q \quad \text{при} \quad p \neq q).$$

Для определения величин $A_{m_1 m_2 \dots m_n}$ можно пользоваться формулой

$$A_{m_1 m_2 \dots m_n} = \frac{1}{m_1! m_2! \dots m_n!} \sum_{s < 6} h^{s-m+2} \frac{\partial^s L[(x_1 - x_1^{(0)})^{m_1} \dots (x_n - x_n^{(0)})^{m_n}]}{\partial x_1^{s_1} \partial x_2^{s_2} \dots \partial x_n^{s_n}} \Big|_{x_i = x_i^{(0)}} B_{s_1 s_2 \dots s_n}$$

$$(s = s_1 + s_2 + \dots + s_n),$$

а коэффициенты $a_{i_1 i_2 \dots i_n}$ определяются из (6).

10.692.

Для определения коэффициентов $b_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(m_1 m_2 \dots m_n)}$ в системе (4) примем $b_{i_1 i_2 \dots i_n}^{(m_1 m_2 \dots m_n)} = 0$ при $i_1^2 + i_2^2 + \dots + i_n^2 \neq 0$. Тогда будем иметь $b_{0 \dots 0}^{(m_1 m_2 \dots m_n)} = B_{m_1 m_2 \dots m_n}$.

Так что интересующее нас разностное уравнение будет

$$\frac{1}{h^2} \sum_{i_1, i_2, \dots, i_n = -1}^1 a_{i_1 i_2 \dots i_n} v_{i_1 i_2 \dots i_n} = \sum_{m < 5} h^m B_{m_1 m_2 \dots m_n} \frac{\partial^m f_{0 \dots 0}}{\partial x_1^{m_1} \partial x_2^{m_2} \dots \partial x_n^{m_n}}$$

$$(m = m_1 + m_2 + \dots + m_n).$$

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

(Поступило в редакцию 30.3.1967)

გამომცემლობა

3. გადამბეჭდვა

მაღალი სიზუსტის სხვაობიანი განტოლებების ამოცანის შესახებ
 მეორე რიგის ელიფსური ტიპის დიფერენციალური განტოლებებისათვის

რეზიუმე

წერილში განხილულია მაღალი სიზუსტის სხვაობიანი განტოლებების აგების საკითხი (1) განტოლებისათვის. მართკუთხა ბადის შემთხვევაში აგებულია სასრულსხვაობიანი განტოლებები, რაც ახდენს (1) განტოლების აპროქსიმაციას h^4 რიგის სიზუსტით. კვადრატული ბადის შემთხვევაში მოცემულია აუცილებელი და საკმარისი პირობები (2) სახის ისეთი სხვაობიანი განტოლებების არსებობისათვის, რაც ახდენს (1) განტოლების აპროქსიმაციას h^6 რიგის სიზუსტით და აგებულია ასეთი განტოლება.

დაბოვნებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ш. Е. Микеладзе. О численном интегрировании дифференциальных уравнений Лапласа и Пуассона. Изв. АН СССР, сер. матем., № 2, 1938, 271—292.
2. А. А. Самарский, В. Б. Андреев. Итерационные схемы переменных направлений для численного решения задачи Дирихле. Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 4, № 6, 1964, 1025—1036.
3. В. В. Бадагадзе. Об аппроксимации дифференциальных уравнений второго порядка эллиптического типа разностными уравнениями. Сообщения АН ГССР, 31, № 2, 1963, 263—269.
4. В. В. Бадагадзе. О построении разностных схем для дифференциального уравнения эллиптического типа второго порядка. Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 6, № 3, 1966, 512—520.
5. Ш. Е. Микеладзе. Численные методы интегрирования дифференциальных уравнений с частными производными. Изд. АН СССР, 1936.
6. D. Greenspan. On a „best“ 9-point difference equation analogue of Laplace's equation. J. Franklin Inst., 233, № 5, 1957, 425—430.

Л. Д. ШАПАКИДЗЕ

УСТОЙЧИВОСТЬ ВЯЗКОГО ТЕЧЕНИЯ МЕЖДУ ДВУМЯ
 ВРАЩАЮЩИМИСЯ ПРОНИЦАЕМЫМИ ЦИЛИНДРАМИ

(Представлено академиком Н. П. Векуа 23.3.1967)

1. Рассмотрим движение вязкой несжимаемой жидкости между двумя коаксиальными проницаемыми цилиндрами, с радиусами R_1 и R_2 ($R_2 > R_1$), вращающимися вокруг общей оси с угловыми скоростями Ω_1 и Ω_2 соответственно.

Если u_r, u_θ, u_z обозначают компоненты скорости по возрастающим направлениям r, θ, z , а p —давление, то в цилиндрической системе координат (r, θ, z) уравнения Навье—Стокса допускают следующие стационарные решения (предполагается равенство расходов жидкости, втекающей через один цилиндр и вытекающей через другой):

$$u_r = \frac{s}{r} = U(r), \quad u_\theta = Ar^{z+1} + B/r, \quad u_z = 0, \quad \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} = \frac{s^2}{r^2} + \frac{u_r^2}{r}. \quad (1)$$

Здесь s (> 0)—параметр проницаемости; коэффициенты A и B имеют значения

$$A = -\Omega_1(1 - \mu/\eta^2)/(R_1^2[\eta^{-(z+2)} - 1]), \quad B = (\Omega_1 R_1^2(1 - \mu/\eta^2))/(\eta^{z+2}[\eta^{-(z+2)} - 1]), \quad (2)$$

где $\eta = R_1/R_2$; $\mu = \Omega_2/\Omega_1$; ν —коэффициент кинематической вязкости и $z = s/\nu$.

2. При помощи метода малых колебаний [1] исследуем устойчивость течения вида (1). С учетом вращательной симметрии уравнения возмущения сводятся к двум обыкновенным дифференциальным уравнениям (σ, λ —постоянные):

$$\nu(L^* - \lambda^2 - \sigma/\nu)(L - \lambda^2)\psi = 2V/r\lambda\nu, \\ \nu(L^{**} - \lambda^2 - \sigma/\nu)v = \lambda\psi(dV/dr + V/r)\psi. \quad (3)$$

где

$$L = \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \frac{1}{r^2}; \quad L^* = \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1-z}{r} \frac{d}{dr} - \frac{1-z}{r^2}; \\ L^{**} = \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1+z}{r} \frac{d}{dr} - \frac{1+z}{r^2}.$$

Граничными условиями будут

$$v = \psi = \psi' = 0 \quad \text{при} \quad r = R_1, R_2, \quad (4)$$

где предполагается, что возмущения не проникают сквозь стенки [2].

Введем безразмерное переменное $\bar{r} = r/R_2$ и безразмерные параметры $\alpha = \lambda R_2$, $\bar{\sigma} = \sigma R_2^2/\nu$. В этих обозначениях уравнения (3) переписуются в виде (черточки над величинами опускаются)

$$(L^* - a^2 - \sigma)(L - a^2)\psi = -T^* a^2 (1/r^2 + kr^2)v, \quad (L^{**} - a^2 - \sigma)v = r^2\psi \quad (5)$$

с граничными условиями $v = \psi = \psi' = 0$ при $r = \eta, 1$,

где $T^* = -2AB(\kappa + 2)R_2^{\kappa+2}/\nu^2$ — безразмерное число, которое совпадает с обычным числом Тэйлора [3] при $\kappa = 0$, а $k = AR_2^{\kappa+2}/B$.

3. Установим достаточные условия устойчивости для рассматриваемого типа течения. Как известно, течение будет устойчивым, если все решения задачи о собственных значениях таковы, что действительная часть σ отрицательна.

Перепишем первое уравнение (5) в виде

$$(L^* - a^2 - \sigma)(L - a^2)\psi = -\tau a^2 \Phi(r)v, \quad (6)$$

где

$$\tau = T^*/(1 - \mu\eta^2), \quad \Phi(r) = (1 - \mu\eta^2)(1/r^2 + kr^2) > 0 \quad \text{при } \mu > 0.$$

Умножим уравнение (6) на $r\bar{\psi}dr$ ($\bar{\psi}$ — комплексно-сопряженная функция ψ), проинтегрируем в пределах $(\eta, 1)$ и сложим с его комплексно-сопряженным. В результате получим

$$I_2^2 + 3(I_1^2 - I_0^2) + \text{Re}(\sigma)(J_1^2 + J_0^2 + a^2K_0^2) + a^2(2 - \kappa)J_0^2 + 2a^2J_1^2 + a^4K_0^2 = \tau a^2 \left[M + [a^2 + \text{Re}(\sigma)] \int_{\eta}^1 \Phi(r)r^{1-\kappa}|v|^2 dr \right], \quad (7)$$

$$\text{где} \quad I_0^2 = \int_{\eta}^1 r|\psi''|^2 dr; \quad I_1^2 = \int_{\eta}^1 r^{-1}|\psi'|^2 dr; \quad J_1^2 = \int_{\eta}^1 r|\psi'|^2 dr; \quad (8)$$

$$I_2^2 = \int_{\eta}^1 r^{-2}|\psi|^2 dr; \quad J_0^2 = \int_{\eta}^1 r^{-1}|\psi|^2 dr; \quad K_0^2 = \int_{\eta}^1 r|\psi|^2 dr;$$

$$M = \int_{\eta}^1 \Phi(r)r^{1-\kappa}|v|^2 dr + (\kappa + 1) \int_{\eta}^1 \Phi(r)r^{-(1+\kappa)}|v|^2 dr - (1 - \mu\eta^2)(\kappa + 2) \int_{\eta}^1 |v|^2 r^{-(\kappa+3)} dr.$$

Синг в работе [4] доказал, что $I_1^2 \cong I_0^2$.

Докажем теперь, что $M \cong 0$. Так как $\Phi(r) > 0$ при $\mu > 0$, то

$$\int_{\eta}^1 r^{1-\kappa} \Phi(r)(v' + \chi v/r)(\bar{v}' + \chi \bar{v}/r) dr \cong 0,$$

если χ — какая-нибудь действительная постоянная. Это выражение можно переписать так:

$$\begin{aligned}
 & \int_{\eta}^1 r^{1-\alpha} \Phi(r) |v'|^2 dr + \chi^2 \int_{\eta}^1 \Phi(r) r^{-(\alpha+1)} |v|^2 dr + \chi \int_{\eta}^1 r^{-\alpha} \Phi(r) (v' \bar{v} + \bar{v}'_v) dr = \\
 & = \int_{\eta}^1 r^{1-\alpha} \Phi(r) |v'|^2 dr + \chi^2 \int_{\eta}^1 \Phi(r) r^{-(\alpha+1)} |v|^2 dr + \\
 & + \chi (1 - \mu \eta^{\alpha}) (\alpha + 2) \int_{\eta}^1 |v|^2 r^{-(\alpha+3)} dr \cong 0.
 \end{aligned}$$

Для $\chi = -1$ получается $M \cong 0$. На основании этого из уравнения (7) получим, что $\text{Re}(\sigma) < 0$, когда

$$\alpha \cong 2, \quad \mu > \eta^2. \quad (9)$$

Следовательно, для устойчивости течения вязкой несжимаемой жидкости между двумя пронизаемыми концентрическими цилиндрами, которые вращаются в одном направлении, достаточно выполнения условий (9).

4. Уравнения (5) с граничными условиями определяют задачу о собственных значениях σ как функциях параметров η , μ , a и T^* . При фиксированных значениях μ и η граничное для устойчивых режимов состояние, характеризующееся условием $\text{Re}(\sigma) = 0$, определяет T^* как функцию a и $\text{Jm}(\sigma)$. В этом случае уравнения (5) переписуются в виде ($p = = \text{Jm}(\sigma)$)

$(L^* - a^2 - ip)(L - a^2)\psi = -T^* a^2 (1/r^2 + kr^{\alpha})v$, $(L^{**} - a^2 - ip)v = r^{\alpha}\psi$ (10) с граничными условиями

$$\psi = \psi' = v = 0 \quad \text{при } r = \eta, 1. \quad (11)$$

Таким образом, получаем задачу о собственных значениях $T^*(a, p)$.

Для задачи Тэйлора ($\alpha = 0$) в предельном случае, когда величина зазора $d = R_2 - R_1$ мала по сравнению со средним радиусом и имеет место принцип изменения устойчивости ($\sigma = 0$), в работе [5] проверяются условия сходимости метода Галеркина в применении к задаче об отыскании собственных значений.

Покажем теперь, что метод Галеркина приводит к сходящемуся процессу и в рассматриваемой нами задаче (10)–(11).

Переписем систему (10) в виде одного уравнения:

$$\begin{aligned}
 & r(L - a^2)^2 \psi + T^* \left[\gamma_1 r(L - a^2) \psi + \gamma_2 \left(\frac{d}{dr} - \frac{1}{r} \right) (L - a^2) \psi + \right. \\
 & \left. + \left(\frac{1}{r} + kr^{\alpha+1} \right) \int_{\eta}^1 G(r, \xi) \xi^{\alpha} \psi(\xi) d\xi \right] = 0, \quad (12)
 \end{aligned}$$

где $\gamma_1 = -ip/T^*a^2$, $\gamma_2 = -\alpha/T^*a^2$ —безразмерные постоянные, $G(r, \xi)$ —функция Грина оператора $(L^{**} - a^2 - ip)$ с граничными условиями $v = 0$ ($r = \eta, 1$).

Рассмотрим множество N функций, непрерывно дифференцируемых на отрезке $\eta \cong r \cong 1$ до четвертого порядка включительно и удовлетворяющих крайевым условиям $\psi = \psi' = 0$ ($r = \eta, 1$). N плотно в гильбертовом пространстве $L_2(\eta, 1)$ функций, квадратично-суммируемых на отрезке $\eta \cong r \cong 1$.

Пусть

$$A_0\psi = r(L - a^2)^2\psi, \quad K\psi = K_1\psi + K_2\psi + K_3\psi, \quad (13)$$

$$\text{где} \quad K_1\psi = r(L - a^2)\psi; \quad K_2\psi = (d/dr - 1/r)(L - a^2)\psi;$$

$$K_3\psi = (1/r + kr^{1+\alpha}) \int_{\eta}^1 G(r, \xi) \xi^{\alpha} \psi(\xi) d\xi.$$

Докажем, что A_0 — положительно-определенный оператор на линейале N . С этой целью рассмотрим скалярное произведение

$$(A_0\psi, \psi) = \int_{\eta}^1 r(L - a^2)^2\psi \cdot \bar{\psi} dr = I_2^2 + 3(I_1^2 - I_0^2) + 2a^2(J_1^2 + J_0^2) + a^4K_0^2,$$

где $I_2^2, I_1^2, I_0^2, J_1^2, J_0^2$ и K_0^2 — положительные постоянные, значения которых даются формулами (8). Следовательно,

$$(A_0\psi, \psi) \cong a^4K_0^2 = a^4 \int_{\eta}^1 r|\psi|^2 dr \cong \eta a^4 \int_{\eta}^1 |\psi|^2 dr \cong c^2\|\psi\|^2, \quad (14)$$

Таким образом, A_0 — положительно-определенный оператор на N и может быть расширен до самосопряженного.

Введем в рассмотрение пространство H_0 [6]. По определению нормы в этом пространстве будем иметь

$$\|\psi\|^2 = (A_0\psi, \psi) = \int_{\eta}^1 r|(L - a^2)\psi|^2 dr. \quad (15)$$

Рассмотрим теперь оператор $A^{-1}K = G_1K$, где

$$G_1f = \int_{\eta}^1 G_1(r, \xi) f(\xi) d\xi;$$

$G_1(r, \xi)$ — функция Грина оператора A_0 с крайевыми условиями

$$\psi = \psi' = 0 \quad (r = \eta, 1).$$

Ясно, что если каждый из операторов G_1K_1, G_1K_2 и G_1K_3 будет вполне непрерывным, то и сумма будет вполне непрерывной.

Рассмотрим оператор G_1K_2 . Интегрируя по частям, получаем

$$\psi_1 = G_1K_2\psi = \int_{\eta}^1 G_2(r, \xi) \xi(L - a^2)\psi(\xi) d\xi, \quad (16)$$

где $G_2(r, \xi)$ имеет непрерывную производную.

$$\psi(\zeta) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \psi_n(\zeta), \quad v_n(\zeta) = \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n v_n(\zeta),$$

где

$$\psi_n(\zeta) = \left(\zeta^2 - \frac{1}{4} \right)^2 \zeta^{n-1}; \quad v_n(\zeta) = \left(\zeta^2 - \frac{1}{4} \right) \zeta^{n-1},$$

построили приближенное решение, взяв три координатные функции при следующих значениях параметра: $R_0 = 0; 0,5; 1; 2; 5$ ($R_0 = Ud/\nu$).

На рис. 1 и 2 дается зависимость между параметрами задачи.

Как видно из рис. 1, при увеличении R_0 критическое значение числа Тэйлора возрастает. Следовательно, проницаемость стенок цилиндров оказывает стабилизирующее действие на устойчивость течения.

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

(Поступило в редакцию 23.3.1967)

პედაგოგიკა

ლ. შაპაკიძე

ორ მბრუნავ ფორკვან ცილინდრს შორის მოძრავი ბლანტი უკუმვის სითხის მდგრადობის ამოცანა

რეზიუმე

შრომაში განიხილება ერთი და იგივე მიმართულებით მბრუნავ ორ ფორკვან კონცენტრულ ცილინდრს შორის მოთავსებული ბლანტი უკუმვი სითხის მდგრადობის ამოცანა. დადგენილია მდგრადობის საკმარისი პირობები. ტეილორის კრიტიკული რიცხვების მოსაძებნად გამოყენებულია ვალიორკინის მეთოდი და ნაჩვენებია ამ მეთოდის კრებადობა.

დასაწყვეტილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Цзя-цзяо Линь. Теория гидродинамической устойчивости. ИЛ, М., 1958.
2. Tien Sun Chang and W. K. Sartory. Hydromagnetic stability of dissipative flow between rotating permeable cylinders. J. Fluid Mech., vol. 27, 1967, 1.
3. S. Chandrasekhar. Hydrodynamic and Hydromagnetic stability. Oxford University Press, London, 1961.
4. J. Synge. On the stability of a viscous liquid between two rotating coaxial cylinders. Proc. Roy. Soc., A 167, 250—256.
5. J. Колломъ. Учёт Galerkin'ау metody v úlohách o stabilitě proudění vazké tekutiny. Aplik., Matematika, 5, 1963.
6. С. Г. Михлин. Прямые методы математической физики. Л., 1950.



КИБЕРНЕТИКА

К. П. ДЗИДЗИГУРИ, О. К. АБУРДЖАНИЯ, Э. Г. ШУКАКИДZE

СЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
 СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 14.6.1967)

Ранее нами [1] было изложено общее описание сетевой системы для оперативного управления сельскохозяйственным предприятием.

Ниже рассматриваются особенности сетевого моделирования в условиях сельскохозяйственного производства и приводится методика построения сетевой модели.

Сетевые методы нашли широкое распространение для планирования и управления в промышленности, строительстве и т. д.

Однако сельское хозяйство обладает рядом таких отличительных черт, которые оказывают существенное влияние не только на представление сельскохозяйственного производственного процесса сетевой моделью, но и на использование этой модели.

Прежде чем перейти к изложению этих специфических сторон, полезно все производящиеся на сельскохозяйственном предприятии работы условно подразделить на основные и вспомогательные. К основным мы отнесим такие работы, сроки проведения которых связаны с агроклиматическими условиями, а к вспомогательным—те, которые обязательны для осуществления основных работ и предшествуют им, но сроки проведения которых непосредственно не связаны с агроклиматическими условиями (работы по подготовке техники, по обеспечению семенами, удобрениями, ядохимикатами и т. д.).

Процесс возделывания каждой отдельной культуры представляет собой совокупность взаимосвязанных и упорядоченных во времени работ, преследующих достижение конкретной цели. Поскольку сроки начала возделывания отдельных сельскохозяйственных культур между собой почти не связаны, то окажется целесообразным комплекс работ по выращиванию или по уходу каждой отдельной культуры изображать

в виде отдельной сетевой диаграммы. Современное сельскохозяйственное предприятие является многоотраслевым. Вследствие этого в целом по предприятию мы будем иметь дело с многосетевой задачей моделирования.

Из сезонного характера производства вытекает, что предельные сроки совершения основных сельскохозяйственных работ (в терминах сетевого моделирования — самое раннее время наступления начального и самое позднее время наступления конечного события отдельных работ) ограничены и находятся в определенном, не зависящем от производителей, интервале времени. А это означает, во-первых, что производители не в состоянии ускорить время начала основных работ и, во-вторых, что без ущерба для экономики хозяйства нельзя увеличить сроки окончания основных работ. Но вместе с этим особо следует отметить, что несвоевременное выполнение предшествующих основным работам вспомогательных работ соответственно задерживает своевременное начало основных работ. В целом из сезонного характера производства вытекает, что для производственного процесса даже отдельной сельскохозяйственной культуры не имеет смысла искать критический путь, а можно лишь определить те календарные периоды (критические участки времени), ко времени наступления которых ожидается невыполнение в срок основных работ.

Основное средство производства — земля позволяет одну и ту же культуру одновременно возделывать на разных территориальных участках несколькими бригадами, а в бригадах — звеньями. Это дает возможность работы одного и того же содержания фактически выполнять одновременно, параллельно. Чтобы избежать неопределенностей, заранее следует договориться о том, к какому уровню руководства будут относиться представленные на сетевой диаграмме работы. Разработанная в Институте кибернетики система управления предназначена для руководства всем предприятием, поэтому представленные на сетевой диаграмме дуги соответствуют полному объему выполняемых на сельскохозяйственном предприятии работ. Вместе с тем, в специально разработанную картотеку вносятся все необходимые сведения для того, чтобы руководители предприятия при желании могли получить полную информацию о ходе работ по каждой культуре как в бригадах и звеньях, так и по территориальным участкам.

Задачи, решаемые на сельскохозяйственном предприятии при помощи сетевого моделирования (как при составлении исходного плана, так и при осуществлении оперативного руководства), были рассмотре-

ны в работе [1]. Здесь мы добавим, что в целом эти задачи в зависимости от того, решаются ли они с использованием сетевого графика производственного процесса отдельной сельскохозяйственной культуры или же совместным рассмотрением всех сетевых графиков, можно разбить на две группы.

В отдельно взятом сетевом графике совокупность вспомогательных работ, предшествующих какой-либо основной ($i-j$) работе, приобретает смысл самостоятельной подсети, причем целевое событие этой подсети одновременно является начальным событием основной работы. Анализируя каждую подсеть обычными методами сетевого моделирования, определяем самое раннее время наступления начального события основной работы и выявляем последовательность вспомогательных работ, образующих критический путь до начала основной работы.

Эта информация позволяет руководству предприятия сконцентрировать внимание на выделенных критических работах и соответствующими организационными мерами добиться того, чтобы к выполнению каждой основной работы приступали своевременно.

Если учесть, что сельскохозяйственное предприятие представляет собой единый, ограниченный источник материальных и трудовых резервов, то совместное рассмотрение всех сетевых графиков позволяет предсказать те календарные периоды, ко времени наступления которых предприятие будет испытывать те или иные затруднения. Методика преодоления выявленных затруднений при помощи сетевого моделирования с наименьшими для хозяйства убытками будет изложена отдельно.

Построение сетевых диаграмм на сельскохозяйственном предприятии осуществляется как бы в два этапа. На первом этапе агрономы совместно с бригадирами на основе технологических карт определяют для каждой культуры состав и содержание предполагаемых работ, их взаимосвязь и последовательность. К этому перечню добавляются, с учетом их точного места, все те работы, выполнение которых кажется агрономам и бригадирам необходимым, исходя из конкретных условий, но которые по каким-либо причинам не были включены в технологические карты. На данном же этапе для каждой основной работы определяются предельные сроки их выполнения. Эти сроки оцениваются однозначно.

На основе собранной на первом этапе информации для каждого технологического процесса строится отдельная сетевая диаграмма.

Те периоды времени, когда производственный процесс протекает без непосредственного воздействия труда, т. е. только с участием сил природы, на сетевых диаграммах представляются в виде фиктивных дуг. Фиктивные дуги вводятся и для обозначения связи двух таких (предшествующей и последующей) работ, предельные сроки выполнения которых на некотором интервале времени друг друга перекрывают.

Номера событиям присваиваются произвольным образом, без учета направленности сети, что позволяет избежать перенумерации событий в случае добавления к сети новых работ.

На втором этапе производится оценка характеристик отдельных работ. К ней приступают после того, как на предприятии составлен первый вариант производственного плана и этот план доведен до ответственных исполнителей (бригадиров и звеньевых).

Ответственные исполнители указывают на необходимое для выполнения каждой работы по всем культурам количество людей и техники, выделяемых из фонда, которым они располагают. Вместе с тем они дают оценку требуемого для этого времени.

В тех случаях, когда означенная оценка необходимого времени не представляется возможной, применяются три временные оценки (аналогично оценкам в методе ПЕРТ): m —время, к которому с наибольшей вероятностью можно ожидать завершение работы; a —наименьшее время, за которое можно завершить операцию при благоприятных стечениях обстоятельств; b — наибольшее время, на которое может растянуться выполнение операции, если обстоятельства приобретут нежелательный характер. Ожидаемое время завершения работы находится усреднением:
$$\bar{t} = \frac{1}{6} (a + 4m + b).$$

Обычно сетевые диаграммы вычерчивают на бумаге. Однако использование этого способа в сельскохозяйственных условиях не является удобным, в связи с тем что в процессе производства оперативный план приходится многократно корректировать. Чтобы избежать трудности, связанные с чертежными работами, нами сконструирована специальная наборная доска, на которой нужные сети набираются с помощью металлических штырей и резиновых нитей. Доска, изготовленная из слоистой фанеры толщиной 8 мм, имеет размер 150×80 мм. На ее отполированную лицевую сторону нанесена квадратная сетка (10×10 мм). В вершинах сетки сделаны отверстия диаметром 1,5 мм, всего ≈ 10000 отверстий. Горизонтальное направление доски служит

временной осью. По верхней и нижней кромкам доски отложены названия месяцев года, начиная с января. Для I, II, XI и XII месяцев расстояние между двумя отверстиями по горизонтали соответствует 4 дням, а для остальных — 2 дням.

Отдельные сельскохозяйственные работы на доске изображаются при помощи резиновых нитей диаметром 1 мм.

Каждая нить с обеих сторон имеет петли. Возможность корректировки сетевой диаграммы обеспечивается тем, что нити на доске натягиваются с натяжением. В свободном состоянии они имеют длину порядка $3/4$ длины изображаемых ими дуг. Чтобы указать направление свершения операции, свободный конец петли, соответствующий конечному событию изображаемой работы, окрашивается в красный цвет. Соответствующие свободные концы нитей, изображающих непроеводительные и другие фиктивные работы, имеют синюю окраску. Номера событий обозначаются на бумажных шайбах диаметром 8 мм. Резиновые нити с подложенными под петлями бумажными шайбами закрепляются на доске при помощи металлических штырей. Штыри выполнены из нержавеющей стали. Система сетевого управления укомплектована двумя досками. Размеры отдельной доски позволяют на каждой из них разместить сетевые графики производственного процесса 10—12 сельскохозяйственных культур.

Академия наук Грузинской ССР

Институт кибернетики

(Поступило в редакцию 14.6.1967)

კიბერნეტიკა

ბ. ძიმიშვილი, ი. აბაშჯანია, ე. შუპაკიძე

ქსელური მეთოდები სოფლის მეურნეობის საწარმოს ოპერატიულ მართვაში

რეზიუმე

წერილში გადმოცემულია სოფლის მეურნეობის საწარმოს პირობებში ქსელური მოდელირების გამოყენების თავისებურებანი და ქსელის შედგენისა და პრაქტიკული რეალიზაციის მეთოდთა ნაჩვენებია, რომ სოფლის მეურნეობაში ქსელური მოდელირების ამოცანა დადის მართვის მრავალქსელიან ამოცანად.

გამოყოფილია საკითხები, რის გადაწყვეტაც შეიძლება ცალკეული კულტურის საწარმოო პროცესის ქსელური დიაგრამის გამოყენებით და ყველა ქსელური დიაგრამის ერთიანი განხილვით.

დაწვეული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. კ. პ. დზიძიგური, ო. კ. აბურჯანია, ზ. გ. შუაკიძე. Сетевая система для оперативного управления сельскохозяйственным предприятием. Сообщения АН ГССР, XLVII, № 2, 1967.

Н. Г. ХУЦИШВИЛИ, Н. М. ШАРАШЕНИДЗЕ

РЕШЕНИЕ ТРЕХИНДЕКСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ
 МЕТОДОМ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 10.5.1967)

Рассматривается трехиндексная транспортная задача вида: найти целевые $x_j^{qp} \geq 0$, максимизирующие линейную форму

$$Z = \sum_{i, q, p} d_j^{qp} x_j^{qp}$$

и удовлетворяющие условиям:

$$\sum_{p=1, \dots, k} x_j^{qp} = a_p; \quad \sum_{q=1, \dots, m} x_j^{qp} = c_q; \quad \sum_{j=1, \dots, n} x_j^{qp} = b_j,$$

где $a_p \geq 0$, $b_j \geq 0$, $c_q \geq 0$ — целые числа.

Необходимым и достаточным условием существования решения данной задачи (как для обычной транспортной задачи) является выполнение равенств

$$\sum_p a_p = \sum_q c_q = \sum_j b_j.$$

Стнесем данной задаче транспортную сеть G (рис. 1).

Обозначения: x_0 — вход; вершины λ_p соответствуют складам с продуктами p -го вида; a_p — количество продуктов вида p , $p = 1, \dots, k$; вершины μ_q, ν_q соответствуют q -м средствам доставки; c_q — количество продуктов, перевозимых q -м средством доставки, $q = 1, \dots, m$; x_{qp} — вершина, соответствующая q -му средству доставки и p -му продукту; y_j — место доставки (потребитель); b_j — потребность в продуктах j -го пункта доставки, $j = 1, \dots, n$.

Дуги:

- 1) (x_0, λ_p) ; пропускная способность — a_p (входные дуги);
- 2) (λ_p, μ_q) ; " — $-\infty$;
- 3) (μ_q, ν_q) ; " — $-c_q$;
- 4) (ν_q, x_{qp}) ; " — $-\infty$;
- 5) (x_{qp}, y_j) ; " — $-\infty$;
- 6) (y_j, z) ; " — $-b_j$ (выходные дуги).

u — произвольная дуга, U — множество всех дуг; φ — поток, $\varphi(u)$ — поток

по дуге u ; $\gamma(u)$ —бюджет дуги u ; $c(u)$ —пропускная способность дуги u ; $c[\gamma]$ —способность бюджета γ ; $d[\varphi]$ —работа потока φ ; φ_j^{qp} —поток по дуге (x_{qp}, y_j) ; d_j^{qp} коэффициенты работы по дуге (x_{qp}, y_j) —целые числа.

Условия:

$$\sum_j b_j = \sum_p a_p = \sum_q c_q, \quad a_p \geq 0, \quad b_j \geq 0, \quad c_q \geq 0.$$

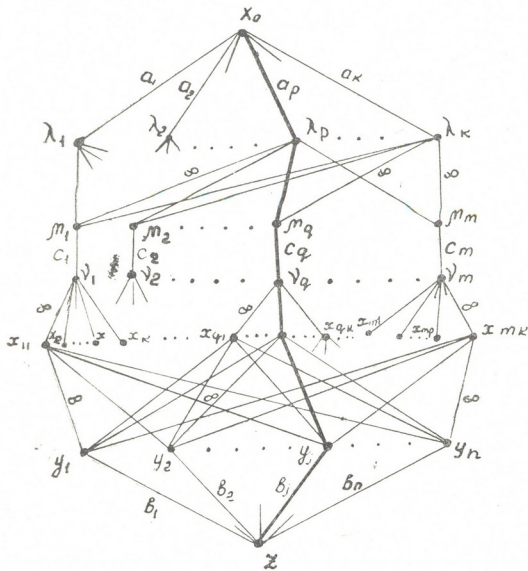


Рис. 3. Сеть G

Если это равенство не выполняется, то можно добиться его выполнения добавлением фиктивных путей с приравнением соответствующих d_j^{qp} нулю. Матрица коэффициентов d_j^{qp} записывается в следующем виде.

Сформулируем трехиндексную транспортную задачу в терминах транспортных сетей:

c_q	c_1			...	c_q			...	c_m								
a_p	a_1	...	a_p	...	a_k	...	a_1	...	a_p	...	a_k						
b_j																	
b_1	d_1^{11}	...	d_1^{1p}	...	d_1^{1k}	...	d_1^{q1}	...	d_1^{qp}	...	d_1^{qk}	...	d_1^{m1}	...	d_1^{mp}	...	d_1^{mk}
.
b_j	d_j^{11}	...	d_j^{1p}	...	d_j^{1k}	...	d_j^{q1}	...	d_j^{qp}	...	d_j^{qk}	...	d_j^{m1}	...	d_j^{mp}	...	d_j^{mk}
.
b_n	d_n^{11}	...	d_n^{1p}	...	d_n^{1k}	...	d_n^{q1}	...	d_n^{qp}	...	d_n^{qk}	...	d_n^{m1}	...	d_n^{mp}	...	d_n^{mk}

1. Основная задача

Найти поток φ , насыщающий выходные дуги, $0 \leq \varphi(y_j, z) = b_j$, и производящий наибольшую работу

$$d[\varphi] = \sum_{i, q, p} d_j^{qp} \varphi_j^{qp}.$$

2. Двойственная задача

Пусть $\gamma(u) \equiv 0$ -бюджет-функция, заданная на U и удовлетворяющая условию

$$\gamma(x_0, x_{qp}) + \gamma(x_{qp}, y_j) + \gamma(y_j, z) \geq d_j^{qp}.$$

Обозначим

$$\gamma(x_0, x_{qp}) = \alpha_{qp}, \quad \gamma(y_j, z) = \beta_j.$$

Так как пропускная способность дуги $(x_{qp}, y_j) - \infty$, то $\gamma(x_{qp}, y_j) = 0$.

Определим способность бюджета

$$c[\gamma] = \sum_{q, p} \alpha_{qp} a_{qp} + \sum_j \beta_j b_j,$$

где

$$a_{qp} = \varphi_0^{qp} \equiv c(x_0, x_{qp}) = \min(a_p, c_q).$$

Поставим задачу: найти бюджет γ с наименьшей способностью $c[\gamma]$.

3. Вспомогательная задача

Каждому бюджету γ отнесем вспомогательную транспортную сеть \bar{G}_γ , получаемую из G удалением тех дуг (x_{qp}, y_j) , для которых $\alpha_{qp} + \beta_j > d_j^{qp}$.

Требуется найти наибольший поток по транспортной сети \bar{G}_γ .

Алгоритм опирается на следующую лемму и теоремы:

Лемма. Для любого бюджета γ и любого потока φ

$$d[\varphi] \leq c[\gamma].$$

В самом деле,

$$d_j^{qp} \varphi_j^{qp} \leq \alpha_{qp} \varphi_j^{qp} + \beta_j \varphi_j^{qp},$$

откуда



$$\begin{aligned}
 d[\varphi] &= \sum_{j, q, p} d_j^{q,p} \varphi_j^{q,p} \cong \sum_{q, p} \alpha_{qp} \sum_j \varphi_j^{q,p} + \sum_j \beta_j \sum_{q, p} \varphi_j^{q,p} \cong \\
 &\cong \sum_{q, p} \alpha_{qp} a_{qp} + \sum_j \beta_j b_j = c[\gamma],
 \end{aligned}$$

что и требовалось.

Следствие: если $d[\varphi] = c[\gamma]$, то φ — искомый поток.

Теорема 1. Если при бюджете γ граф \bar{G}_γ допускает поток $\bar{\varphi}$, насыщающий выходные дуги, то γ — бюджет с наименьшей способностью, а $\bar{\varphi}$ — поток по сети G , производящий наибольшую работу.

Его работа

$$\begin{aligned}
 d[\bar{\varphi}] &= \sum_{j, q, p: \alpha_{qp} + \beta_j = d_j^{q,p}} d_j^{q,p} \bar{\varphi}_j^{q,p} = \sum_{j, q, p} (\alpha_{qp} + \beta_j) \bar{\varphi}_j^{q,p} = \sum_{q, p} \alpha_{qp} a_{qp} + \\
 &+ \sum_j \beta_j b_j = c[\gamma].
 \end{aligned}$$

Следовательно, в силу леммы поток $\bar{\varphi}$ является искомым потоком по G , производящим наибольшую работу, а γ — бюджетом с наименьшей способностью.

Теорема 2. Если при бюджете γ сеть \bar{G}_γ не допускает потока, насыщающего ее выходные дуги, то можно найти новый бюджет γ' со способностью $c[\gamma'] < c[\gamma]$.

Доказательство. Пусть $\bar{\varphi}$ — наибольший поток, не насыщающий выходные дуги сети \bar{G}_γ . Тогда в силу теоремы Форда — Фалкерсона значение этого потока равно наименьшей пропускной способности разреза U^- :

$$\max_{x_0 \in A, z \in A} \varphi_z = \min c(U^-)$$

Пусть

$$A \{x_1, x_2, \dots, x_r, y_1, y_2, \dots, y_s, z\},$$

т. е. в разрез входят те точки y_j , соответствующие дуги которых (y_1, z) , (y_2, z) , ..., (y_s, z) являются ненасыщенными (т. е. $\varphi(y_j, z) < b$), и те x_{qp} , которые соединены с введенными в разрез y_j (здесь для удобства двойной индекс qp заменяем одним s).

Так как U^- — разрез с наименьшей пропускной способностью, то он не содержит дуг с пропускной способностью ∞ ; значит, из неравенств $qp > r$, $j \cong s$ следует, что (x_{qp}, y_j) не является дугой графа \bar{G}_γ , т. е. что $qp > r, j \leq s$

$$\alpha_{qp} + \beta_j > d_j^{q,p}.$$

Соответственным изменением α_{qp} и β_j можно добиться выполнения равенства $\alpha_{qp} + \beta_j = d_j^{q,p}$, т. е. введения новых дуг (получение нового подграфа G_γ').

1) Пусть все неотмеченные $\alpha_{qp} > 0$, $(x_{qp} \in A)$.

Положим

$$\alpha'_{qp} = \begin{cases} \alpha_{qp} & \text{при } qp \equiv r, \text{ т. е. } x_{qp} \in A, \\ \alpha_{qp} - 1 & \text{при } qp > r, \text{ т. е. } x_{qp} \notin A, \end{cases}$$

$$\beta'_j = \begin{cases} \beta_j & \text{при } j \equiv s, \text{ т. е. } y_j \in A, \\ \beta_j + 1 & \text{при } j > s, \text{ т. е. } y_j \notin A. \end{cases}$$

2) Если хоть одно $\alpha_{qp} = 0$, соответствующие x_{qp} которого не принадлежат A , полагаем

$$\alpha_{qp} = \begin{cases} \alpha_{qp} + 1 & \text{при } qp \equiv r, \\ \alpha_{qp} & \text{при } qp > r, \end{cases}$$

$$\beta'_j = \begin{cases} \beta_j - 1 & \text{при } j \equiv s, \\ \beta_j & \text{при } j > s. \end{cases}$$

Покажем, что величины α'_{qp} и β'_j образуют бюджет γ' , $c[\gamma']$ которого меньше $c[\gamma]$.

Если $qp > r$, $j \equiv s$, то, следовательно, $\alpha_{qp} + \beta_j > d_j^{qp}$; значит,

$$\alpha_{qp} + \beta'_j > d_j^{qp},$$

$$x_{qp} \notin A, y_j \in A.$$

Способность нового бюджета

$$c[\gamma'] = \sum_{q,p} \alpha'_{qp} a_{qp} + \sum_j \beta'_j b_j = c[\gamma] - \sum_{q,p: x_{qp} \notin A} a_{qp} + \sum_{j: y_j \in A} b_j,$$

$$c[\gamma] - c[\gamma'] = \sum_{q,p} a_{qp} - \left(\sum_{q,p: x_{qp} \in A} a_{qp} + \sum_{j: y_j \notin A} b_j \right) = \sum_{q,p} a_{qp} - \bar{\varphi}_z > 0,$$

т. е. способность нового бюджета меньше первоначального, что и требовалось доказать.

Алгоритм для нахождения потока, производящего наибольшую работу, вкратце описывается так:

1) Спределяем бюджет γ следующим образом:

$$\alpha_{qp} = \max d_j^{qp}, \quad \beta_j = 0.$$

2) Выделяем вспомогательную транспортную сеть \bar{G}_γ , получаемую из сети G удалением тех дуг (x_{qp}, y_j) , для которых

$$\alpha_{qp} + \beta_j > d_j^{qp}.$$

3) Ищем наибольший поток по сети \bar{G}_γ методом Форда—Фалкерсона (обобщенным и приспособленным для рассматриваемой транспортной сети).

4) Проверяем насыщенность выходных дуг: а) если этот поток насыщает выходные дуги, то в силу теоремы 1 он и является решением задачи, б) если же этот поток не насыщает выходные дуги, то определяем вышеуказанным способом (см. доказательство теоремы 2) новый бюджет γ и повторяем все сначала со второго пункта, пока не получим потока, насыщающего выходные дуги.

На основе описанного алгоритма составлен рабочий алгоритм (который проверен решением нескольких задач), составлена и отлажена программа для ЭВМ М-20.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт кибернетики

(Поступило в редакцию 10.5.1967)

კიბერნეტიკა

ბ. ხუციშვილი, ნ. შარაშენიძე

სამინდევსიანი ტრანსპორტის ამოცანის ამოხსნა
 ქსელური მეთოდით

რეზიუმე

წერილში განხილულია შემდეგი სახის სამინდევსიანი ტრანსპორტის ამოცანა:

ვიზოვით $x_j^p \geq 0$ მთელი რიცხვები, რომლებიც აკმაყოფილებენ პირობებს

$$\sum_{j,q} x_j^p = a_p, \quad \sum_{j,p} x_j^p = c_q, \quad \sum_{q,p} x_j^p = b_j$$

$$p = 1, \dots, k \quad q = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n,$$

სადაც $a_p \geq 0$, $c_q \geq 0$, $b_j \geq 0$ მთელი რიცხვებია და ისინი მაქსიმუმს ანიჭებენ წრფივ ფორმას

$$Z = \sum_{j,q,p} d_j^p x_j^p.$$

ამ ამოცანის ამოხსნენლად განზოგადებული და დაფუძნებულია უნგრული მეთოდი, რაც უშუალოდ ეყრდნობა ტრანსპორტის ქსელთა თეორიას. დამტკიცებულია ლემა და ორი თეორემა, რომლის საშუალებითაც თეორიულადაა დასაბუთებული ეს მეთოდი. წერილში მოყვანილია სამინდევსიანი ტრანსპორტის ამოცანის ამოხსნის მოკლე ალგორითმი.

დაამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. К. Бер ж. Теория графов и ее применения. ИЛ, М., 1962.
2. Д. Гей л. Теория линейных экономических моделей. ИЛ, М., 1963.
3. Б. Верховский. О многоиндексной транспортной задаче с аксиальными суммами. ДАН СССР, 156, 2, 1964.



Н. П. КЕКЕЛИДЗЕ, Г. П. КЕКЕЛИДЗЕ
 ПОДВИЖНОСТЬ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ГЕРМАНИИ
 И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТЕОРИИ
 РАССЕЯНИЯ ДЫРОК НА ПРИМЕСЯХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианшвили 31.1.1967)

Изучение процессов рассеяния носителей является основным средством раскрытия законов переноса заряда в твердом теле вообще и в частности в полупроводниках. В связи с этим особый интерес представляют монокристаллы германия, так как, во-первых, существующие теоретические соотношения чаще всего наиболее корректны именно для них и, во-вторых, в деле выращивания монокристаллов германия достигнуты такие огромные успехи, что в настоящее время мы располагаем совершенными монокристаллами, в которых осуществляются условия, наиболее близкие к требуемым теорией.

Основная цель настоящей работы — точное определение экспериментальных значений подвижностей дырок в германии в определенном температурном интервале и сравнение полученных величин со значениями, вычисленными на базе существующих теоретических соотношений. Подобный вопрос рассматривался и Блэкмором [1]. Однако из работы [1] не совсем ясно, какими конкретными соотношениями и параметрами пользовался автор при определении подвижности носителей. Для согласования же теоретических и экспериментальных данных в вычислениях автором [1] введена значительная численная поправка, которая, помимо всего, не обоснована.

Экспериментальные значения подвижностей μ определялись нами с помощью коэффициента Холла R и удельного сопротивления ρ , которые были измерены в широком температурном интервале — от комнатной температуры вплоть до температуры жидкого гелия. Значения температурных зависимостей подвижностей электронов и дырок в виде R/ρ приведены на рис. 1—3 для образцов № 1, 2, 3 соответственно.

Все опыты были выполнены на экспериментальной установке, описанной в работе [2]. Для p -Ge при температуре жидкого азота и ниже поддерживалось условие, весьма близкое к условию сильного магнитного поля, так что с точностью около 10% холловскую подвижность можно считать равной дрейфовой подвижности.

Как известно, подвижность носителей в неполярных полупроводниках определяется следующими видами рассеяния: рассеянием на тепловых колебаниях решетки; рассеянием на ионизованных и нейтраль-

ных атомах примеси; рассеянием носителей на носителях, дислокациях и других типах неоднородностей.

В исследуемых нами кристаллах германия в рассматриваемом температурном интервале и при рассматриваемых условиях опыта можно было смело пренебречь рассеянием носителей на носителях и рассеянием на неоднородностях, включая рассеяние на дислокациях. Забегая вперед, заметим, что после облучения в реакторе медленными нейтронами кристаллы подвергались тщательному отжигу до полного устранения дефектов, возникших вследствие действия быстрых нейтронов и ядер отдачи. Кроме того, облучение не приводило к рождению ощутимого количества дислокаций.

Теоретические значения подвижностей, соответствующих рассеянию на ионизованных примесях μ_i , вычислялись с помощью соотношения, выведенного Бруксом [3], и независимо от него Херингом [4]. Учитывалось также уточнение, введенное Блатом [5].

Для подвижности, соответствующей рассеянию на нейтральных примесях μ_n , использовалось уравнение Эргинсо [6], подвижность дырок при рассеянии на тепловых колебаниях решетки μ_l рассчитывалась по эмпирической формуле Принса [7], вследствие существующей неопределенности в вопросе корректности соответствующего теоретического выражения [8].

При выводе указанных теоретических соотношений вводится ряд значительных упрощений, особенно для дырок. Например, изоэнергетические поверхности рассматриваются как сферы, не учитывается вырождение валентной зоны; в теории Эргинсо к тому же исследуются только медленные электроны и т. д. Отсюда явно следует необходимость детальной экспериментальной проверки теории рассеяния носителей на примесях. Подставляя в практической системе единиц [8] численные значения постоянных и переменных величин, входящих в указанные соотношения, получаем значения μ_n , μ_p и μ_l для 17 температурных точек на базе дырочного образца № 1, в котором общее содержание примесей составляло $7,5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$. Все фигурирующие в теории параметры были определены с хорошей точностью из опыта. Для этого германий облучался медленными нейтронами и концентрации доноров и акцепторов рассчитывались с помощью соотношения для ядерных превращений, а концентрации носителей при всех температурах определялись из измерений эффекта Холла.

Для анализа был выбран наиболее подходящий участок температур, заключающийся в интервале 77—12°K.

В области комнатных температур подвижность не исследовалась, так как, во-первых, при этих температурах рассеяние на тепловых колебаниях решетки значительно преобладает над рассеянием на приме-

сях и, во-вторых, при $T \approx 300^\circ\text{K}$ не выполняется условие сильного магнитного поля.

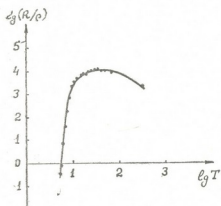


Рис. 1. Зависимость подвижности (R/p) дырок от температуры, p -Ge, образец № 1

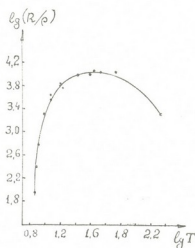


Рис. 2. Зависимость подвижности (R/p) дырок от температуры, p -Ge, образец № 2

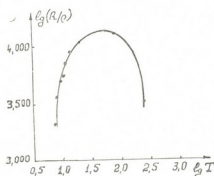


Рис. 3. Зависимость подвижности (R/p) электронов от температуры, n -Ge, образец №3

Из величин μ_i , μ_l общая подвижность μ_{il} вычислялась с помощью графика Конуэлл [9], а для тех температурных точек, для которых указанный график неприменим, складывались обратные значения μ_i и μ_l . Суммарная величина вычисленного теоретического значения подвижности $\mu_{\text{вычисл}}$ определялась из соотношения

$$\frac{1}{\mu_{\text{выч}}} = \frac{1}{\mu_{il}} + \frac{1}{\mu_n},$$

которое всегда корректно, вследствие того что μ_n не зависит явно от температуры.

Результаты всех выполненных вычислений, а также экспериментальные значения подвижностей сведены в таблицу. Величины подвижностей выражены в $\text{см}^2/\text{в.сек.}$ Заметим, что в таблице численные

величины $\mu_{\text{э,ксп}}$ округлены до первого знака после запятой, а на рис. 1 нанесены ее более точные значения.

Как видно из приведенных кривых, при очень низких температурах величина R/ρ резко падает. Максимальное значение подвижности дырок в образце № 1, достигаемое при $T=41,67^\circ\text{K}$, равно $1,26 \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$, а при $T=5,06^\circ\text{K}$ $R/\rho=3,3 \cdot 10^{-1} \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$, т. е. значение R/ρ уменьшается почти на пять порядков.

Наблюдаемое явление есть следствие наступления проводимости по примесям, когда носители тока осуществляют прыжковые переходы по пустым местам на основных примесях. Данный температурный интервал есть сложная область, где происходит переход от обычной, практически чистой, проводимости в валентной зоне к проводимости, когда почти весь заряд переносится по примесным атомам. В этой области подвижность носителей не следует характеризовать одной измеренной на опыте величиной R/ρ . В точке максимума температурной зависимости коэффициента Холла величина подвижности по примесям в образцах, подобных изученным в данной работе, была оценена одним из авторов в работе [10].

Так как $\mu_i \sim T$, $\mu_l \sim 1/T$, а μ_n в явном виде не зависит от температуры, то, анализируя экспериментальные кривые температурных зависимостей подвижностей, можно получить ценные сведения о преобладающем характере того или иного вида рассеяния в определенном интервале температур.

Кривые, приведенные на рис. 1—3, показывают, что во всех наших образцах, как в дырочном, так и в электронном, рассеяние на тепловых колебаниях решетки доминирует лишь до температуры жидкого азота, а ниже 40°K в образце № 1 полностью преобладает рассеяние на ионизованных примесях. Такие же, но более детальные сведения получаются из анализа таблицы: при температуре жидкого азота суммарная подвижность определяется рассеянием на тепловых колебаниях решетки и на ионизованных примесях. При этой температуре нет еще нейтральных центров и соответствующее рассеяние совсем не ограничивает величину подвижности. При температуре примерно 40°K начинается доминирование рассеяния на ионизованных примесях, что еще более усиливается с дальнейшим понижением температуры. При температуре около 20°K и ниже рассеяние на тепловых колебаниях решетки становится совершенно незначительным, по сравнению с рассеянием на ионизованных примесях. Этот результат на численном примере обосновывает предложенный нами в работе [8] метод раздельного определения концентраций доноров и акцепторов в германии, основанный на анализе подвижности при температуре кипения жидкого водорода.

Ниже температуры кипения жидкого азота в роль вступает рассеяние на нейтральных примесях. Примерно до 30°K его действие такое

ჟე, как и рассеяния на тепловых колебаниях решетки, а при более низких температурах преобладает рассеяние на нейтральных примесях. Однако, как и следовало ожидать, во всем исследуемом температурном интервале рассеяние на нейтральных центрах всегда играет менее значительную роль, чем рассеяние на ионизованных примесях.

№	T°K	μ_i	μ_n	μ	$\mu_{\text{выч}}$	$\mu_{\text{эксп}}$
1	77,3	$2,42 \cdot 10^4$	—	$4,13 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^3$
2	47,6	$1,53 \cdot 10^4$	$3,43 \cdot 10^3$	$1,26 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$
3	41,67	$1,39 \cdot 10^4$	$2,21 \cdot 10^3$	$1,71 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$
4	34,25	$1,20 \cdot 10^4$	$1,50 \cdot 10^3$	$2,68 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^3$
5	31,25	$1,13 \cdot 10^4$	$1,26 \cdot 10^3$	$3,23 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^3$
6	25,04	$9,62 \cdot 10^3$	$9,48 \cdot 10^2$	$5,55 \cdot 10^3$	$8,6 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^3$
7	22,73	$8,94 \cdot 10^3$	$8,42 \cdot 10^2$	$6,92 \cdot 10^3$	$8,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^3$
8	19,68	$7,89 \cdot 10^3$	$7,75 \cdot 10^2$	$9,59 \cdot 10^3$	$7,1 \cdot 10^2$	$8,1 \cdot 10^2$
9	18,35	$7,37 \cdot 10^3$	$7,46 \cdot 10^2$	$1,12 \cdot 10^4$	$6,7 \cdot 10^2$	$8,9 \cdot 10^2$
10	18,17	$7,30 \cdot 10^3$	$7,46 \cdot 10^2$	$1,15 \cdot 10^4$	$6,6 \cdot 10^2$	$8,9 \cdot 10^2$
11	17,60	$7,09 \cdot 10^3$	$7,38 \cdot 10^2$	$1,24 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^2$	$8,7 \cdot 10^2$
12	17,4	$7,01 \cdot 10^3$	$7,38 \cdot 10^2$	$1,28 \cdot 10^4$	$6,4 \cdot 10^2$	$8,7 \cdot 10^2$
13	16,36	$6,61 \cdot 10^3$	$7,29 \cdot 10^2$	$1,46 \cdot 10^4$	$6,0 \cdot 10^2$	$8,5 \cdot 10^2$
14	15,02	$6,09 \cdot 10^3$	$7,20 \cdot 10^2$	$1,79 \cdot 10^4$	$5,6 \cdot 10^2$	$7,3 \cdot 10^2$
15	12,60	$5,20 \cdot 10^3$	$7,15 \cdot 10^2$	$2,68 \cdot 10^4$	$4,8 \cdot 10^2$	$4,6 \cdot 10^2$
16	11,93	$4,97 \cdot 10^3$	$7,14 \cdot 10^2$	$3,06 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^2$	$5,3 \cdot 10^2$
17	11,90	$4,96 \cdot 10^3$	$7,14 \cdot 10^2$	$3,06 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^2$	$5,5 \cdot 10^2$

Сопоставляя приведенные в последних столбцах таблицы вычисленные и экспериментальные значения подвижностей, заключаем, что, как и следовало ожидать, нет полного совпадения теоретических и экспериментальных данных, однако практически согласно следует считать удовлетворительным.

В заключение заметим, что к эмпирической формуле Принса для μ_i следует относиться с некоторой осторожностью в связи с тем, что ее экстраполяция к низким температурам требует дальнейшего обоснования, однако ее использование в настоящее время представляется наиболее корректным. Кроме того, как непосредственно следует из наших экспериментальных кривых для температурной зависимости подвижности, при низких температурах рассеяние на тепловых колебаниях решетки играет весьма незначительную роль, по сравнению с рассеянием на примесях.

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 31.1.1967)

ფიზიკა

Б. ჰაპალიძე, ზ. ჰაპალიძე

მუხტის მატარებელთა ძვრადობა გერმანიუმში და ხვრელების მინარეგობა ზანგვის თეორიის ექსპერიმენტული შემოწმება

რეზიუმე

ფართო ტემპერატურულ ინტერვალში, 300—5°K, გერმანიუმის მონოკრისტალებზე გაზომილ და გაანალიზებულ იქნა ელექტრონებისა და ხვრელების ძვრადობათა ტემპერატურული დამოკიდებულებანი.

მუხტის მატარებელთა ძვრადობა — μ ისაზღვრებოდა ხოლის კოეფიციენ-
 ტისა — R და ხვედრითი წინააღმდეგობის საშუალებით ($\mu = R/\rho$). ხვერელურ
 გერმანიუმში თხევადი აზოტის ტემპერატურაზე და ქვემოთ გაზომვები წარმო-
 ებდა თითქმის ძლიერი მაგნიტური ველის პირობებში, ისე რომ 10%-ის სიზუს-
 ტით ხოლის ძვრადობა შესაძლებელია დრეიფული ძვრადობის ტოლად ჩაითვა-
 ლოს. დაახლოებით 10°K -ის ქვემოთ, ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად, სი-
 დიდე R/ρ ძლიერად ეცემა; ერთ-ერთი კრისტალის შემთხვევაში გაზომილია მი-
 სი შემცირება ხუთი რიგით. აღნიშნული მოვლენა გამოწვეულია მინარევებზე
 ნახტომისებური გამტარებლობის შედეგად.

$77-12^{\circ}\text{K}$ ტემპერატურულ ინტერვალში განხორციელებულ იქნა მინარე-
 ვებზე ხვერლების გაბნევის თეორიის შემოწმება. რაშიც ბრუკს-ხერინგისა და
 ერგინსონის ფორმულების საშუალებით გამოთვლილ იქნა იონიზირებულ და
 ნეიტრალურ მინარევებზე მუხტის მატარებელთა გაბნევის შესაბამისი ძვრა-
 დობები.

ძვრადობის ექსპერიმენტული და გამოთვლილი სიდიდეების ანალიზი გვიჩ-
 ვევებს, რომ დაბალ ტემპერატურებზე, განსაკუთრებით 40°K -ის ქვემოთ, მუხ-
 ტის მატარებელთა გაბნევა მესერის სითბურ რხევებზე ფრიად უმნიშვნელოა
 ნაწილაკთა მინარევებზე გაბნევასთან შედარებით.

ძვრადობის ექსპერიმენტული და გამოთვლილი სიდიდეების შედარება
 (იხ. ცხრილი) საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ, როგორც მოსალოდნე-
 ლი იყო, არაა სრული თანხმობა თეორიასა და ცდის შედეგებს შორის, მაგრამ
 პრაქტიკულად თანხვედრა დაკმაყოფილებელია.

დასოფნაპული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. J. I. Blakemore. Impurity conductivity in indium-doped germanium. *Phys. Mag.*, 4, 1959, 560.
2. Н. П. Кекелидзе. Экспериментальная установка для изучения электрических свойств полупроводников при низких температурах. *Сообщения АН ГССР*, XL2, 1965, 311.
3. H. Brooks. Scattering by ionized impurities in Semiconductors. *Phys. Rev.*, vol. 83, № 4, 1951, 879.
4. P. P. Debye. E. M. Conwell. Electrical properties of N-type germanium. *Phys. Rev.*, vol. 93, № 4, 1954, 693.
5. F. I. Blatt. *J. Phys. Chem. Solids*, vol. 1, № 4, 1957, 262; *Solid State Physics*, edited by F. Seitz and D. Turnbull (Academic Press, Inc. New York, 1957), vol. 4.
6. C. Erginsay. Neutral impurity scattering in semiconductors. *Phys. Rev.* vol., 79, № 6, 1950, 1013.
7. M. B. Prince. Drift mobilities in semiconductors. I. Germanium, *Phys. Rev.*, vol. 22, № 3, 1953, 681.
8. Н. П. Кекелидзе, Г. П. Кекелидзе. О методе определения концентраций доноров и акцепторов в германии. *Сообщения АН ГССР*, XLVIII, № 1, 1967.
9. E. M. Conwell. Properties of silicon and germanium. *Proc.*, I. R. E., vol. 40, № 11, 1952, 1327.
10. Н. П. Кекелидзе. О прыжковой проводимости в монокристаллах германия. *Сообщения АН ГССР*, XL1:1, 1963, 49.



ФИЗИКА

В. И. МАМАСАХЛИСОВ (академик АН ГССР), Р. И. ДЖИБУТИ,
 Н. Б. КРУПЕННИКОВА

ЗАВИСЯЩИЙ ОТ СКОРОСТИ НУКЛОН-НУКЛОННЫЙ
 ПОТЕНЦИАЛ И ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ
 ДИПОЛЬНОГО ФОТОПОГЛОЩЕНИЯ

1. Экспериментальные значения интегральных сечений фотоядерных реакций в ряде случаев значительно превышают теоретические, вычисленные на основе правила сумм с учетом только обменных сил Майорана. В частности, в экспериментальной работе [1] для интегрального сечения фотопоглощения на ядре O^{16} получено значение $\sigma_n = 410$ Мев мбн, теория же с учетом лишь обменных поправок дает 360 Мев мбн [2]. Это указывает на существенную роль вклада других зависящих от скорости сил в интегральные сечения фотопоглощения.

Влияние зависящего от скорости потенциала на интегральные сечения фотоядерных реакций впервые было исследовано Рандом [3] на основе модели независимых частиц. В качестве одночастичного среднего потенциала им брался облученный потенциал Джонсона-Теллера [4] с квадратичной зависимостью от скорости. Как известно, такое одночастичное приближение равносильно введению эффективной массы нуклона в ядре. Ранд учел пространственную зависимость эффективной массы M^* , допустив, что $M/M^* = 2$ внутри ядра и $M/M^* = 1$ вне ядра. Так как приближение эффективной массы неприемлемо для легких и особенно легчайших ядер, то, естественно, была поставлена задача исследовать вклад зависящих от скорости реальных нуклон-нуклонных потенциалов в интегральные сечения дипольного фотопоглощения на легчайших ядрах. Под реальным потенциалом подразумеваем такой потенциал, параметры которого подобраны на основе анализа экспериментальных данных по нуклон-нуклонному рассеянию в большом интервале энергий от 0 до 300 Мев. Такая задача для ядер H^3 и He^3 была выполнена Сривастава [5], а для He^4 — Сривастава и Джейном [6]. Доннерт и Роджо [7] рассмотрели вклад реальных зависящих от скорости нуклон-нуклонных потенциалов в модели ферми-газа. Как известно, в такой же модели были вычислены вклады от обменных сил Майорана в работе Левинджера и Бете [8]. В дальнейшем Левинджер [2] учел конечность размеров ядра, проведя аналогичные расчеты в модели независимых частиц с осцилляторным потен-

циалом. Было показано, что поверхностные эффекты мало влияют на обменные поправки интегральных сечений.

Естественно возникает вопрос о том, оказывают ли влияние на интегральные сечения поверхностные эффекты в случае зависящих от скорости реальных потенциалов. Решение этого вопроса позволит проверить справедливость сделанного в работе [7] заключения о приближенном равенстве вкладов в интегральные сечения обменных сил Майорана и зависящих от скорости реальных потенциалов. Отметим, что учет корреляций квазидейтронного типа в волновой функции основного состояния ядра приводит к увеличению вклада зависящих от скорости сил [7].

В настоящей работе исследуется роль зависящего от скорости реального нуклон-нуклонного потенциала в интегральном сечении на основе оболочечной модели с осцилляторным потенциалом. В качестве зависящего от скорости реального нуклон-нуклонного потенциала берется потенциал Грина [9] с гауссовской [9] и экспоненциальной [7] формой зависимости от расстояния.

2. Как известно, интегральное сечение фотопоглощения с помощью правила сумм выражается через среднее значение двойного коммутатора гамильтониана ядра с координатами протонов по волновой функции основного состояния:

$$\sigma_0 = -\frac{4\pi^2 e^2}{hc} \sum_{iV} \langle 0 | [[H, z_i], z_i] | 0 \rangle. \quad (1)$$

Гамильтониан ядра берем в виде [7]

$$H = \sum_i \frac{p_i^2}{2M} + \sum_{i < j} \left\{ V_0 (1 + x p_{ij}^M) + \frac{\lambda_{ij}}{M} [p_{ij}^2 W(r_{ij}) + W(r_{ij}) p_{ij}^2] \right\}, \quad (2)$$

где x —коэффициент, дающий вклад обменных сил Майорана в полный нуклон-нуклонный потенциал, \vec{p}_{ij} —импульс относительного движения пары i, j .

Из формул (1) и (2) получаем

$$\begin{aligned} \sigma_0 = & \frac{\pi e^2 h}{Mc} \left\{ \frac{NZ}{A} - \frac{4\pi^2 Mx}{3h^2} \langle 0 | \sum_{i,j} r_{ij}^2 V p_{ij}^M | 0 \rangle + \right. \\ & \left. + \langle 0 | \sum_{i,j} \lambda_{ij} W(r_{ij}) | 0 \rangle \right\}, \quad (3) \end{aligned}$$

где индекс i относится к протонам, j —к нейтронам.

Задача состоит в вычислении последнего члена формулы (3). Применяем технику приведения многочастичных матричных элементов к двухчастичным [10]—к дважды магическим ядрам He^4 и O^{16} , для которых расчеты сильно упрощаются.

Окончательно получаем для ядра He^4 в случае $W(r_{ij}) = \exp[-b_{ij}^2 r_{ij}^2]$

$$а) \langle 0 | \sum_{i,j} \lambda'_{ij} W(r_{ij}) | 0 \rangle = \sum_k (2S_k + 1) \lambda'_k \frac{\alpha^3}{(\alpha^2 + 2b_k^2)^{3/2}}; \quad (4)$$

в случае $W(r_{ij}) = \exp[-V\sqrt{2}v_{ij}r_{ij}]$

$$б) \langle 0 | \sum_{i,j} \lambda_{ij} W(r_{ij}) | 0 \rangle = \frac{4}{V\sqrt{\pi}} \sum_k (2S_k + 1) \lambda_k \left\{ -\frac{v_k}{2\alpha} + \frac{V\sqrt{\pi}}{2} e^{v_k^2/\alpha^2} \left(\frac{v_k^2}{\alpha^2} + \frac{1}{2} \right) \left[1 - \Phi\left(\frac{v_k}{\alpha}\right) \right] \right\}; \quad (5)$$

для ядра O^{16} в случае $W(r_{ij}) = \exp[-b_{ij}^2 r_{ij}^2]$

$$а) \langle 0 | \sum_{i,j} \lambda'_{ij} W(r_{ij}) | 0 \rangle = \sum_k (2S_k + 1) \left\{ \lambda'_k \left[\frac{19}{4} \frac{\alpha^2}{(\alpha^2 + 2b_k^2)^{3/2}} - 3/2 \frac{\alpha^5}{(\alpha^2 + 2b_k^2)^{5/2}} + \frac{15}{4} \frac{\alpha^7}{(\alpha^2 + 2b_k^2)^{7/2}} + 3\bar{\lambda}'_k \left[1/2 \frac{\alpha^3}{(\alpha^2 + 2b_k^2)^{3/2}} + \frac{3}{2} \frac{\alpha^5}{(\alpha^2 + 2b_k^2)^{5/2}} \right] \right\}; \quad (6)$$

в случае $W(r_{ij}) = \exp[-V\sqrt{2}v_{ij}r_{ij}]$

$$б) \langle 0 | \sum_{i,j} \lambda_{ij} W(r_{ij}) | 0 \rangle = \frac{4}{V\sqrt{\pi}} \sum_k (2S_k + 1) \left\{ \lambda_k \left[\frac{15}{4} \alpha^3 J_k + \alpha^5 J_{k'} + \alpha^7 J_k \right] + \bar{\lambda}_k \left[\frac{3}{2} \alpha^3 \bar{J}_k - 3\alpha^5 \bar{J}_{k'} \right] \right\}, \quad (7)$$

$$\text{где } \alpha^3 J_k = -\frac{v_k}{2\alpha} + \frac{V\sqrt{\pi}}{4} e^{v_k^2/\alpha^2} \left[1 - \Phi\left(\frac{v_k}{\alpha}\right) \right] \left(2\frac{v_k^2}{\alpha^2} + 1 \right), \quad (8)$$

$$\alpha^5 J_{k'} \equiv \alpha^5 \frac{d^2 J_k}{d(\alpha^2)} = \frac{5}{4} \frac{v_k}{\alpha} + \frac{1}{2} \frac{v_k^3}{\alpha^3} + \frac{V\sqrt{\pi}}{4} e^{v_k^2/\alpha^2} \left[1 - \Phi\left(\frac{v_k}{\alpha}\right) \right] \times \left[-\frac{3}{2} - 6\frac{v_k^2}{\alpha^2} - 2\frac{v_k^4}{\alpha^4} \right], \quad (9)$$

$$\alpha^7 J_k \equiv \frac{d^2 J_k}{d(\alpha^2)^2} = \frac{V\sqrt{\pi}}{4} e^{v_k^2/\alpha^2} \left[1 - \Phi\left(\frac{v_k}{\alpha}\right) \right] \left[\frac{15}{4} + \frac{45}{2} \frac{v_k^2}{\alpha^2} + 15\frac{v_k^4}{\alpha^4} + 2\frac{v_k^6}{\alpha^6} \right] - \frac{33}{8} \frac{v_k}{\alpha} - \frac{7}{2} \frac{v_k^3}{\alpha^3} - \frac{1}{2} \frac{v_k^5}{\alpha^5}, \quad (10)$$

$$\Phi(x) = \frac{2}{V\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt.$$



В этих формулах S_k — спин нейтрон-протонной пары, причем значение индекса $k = 1$ относится к триплетному состоянию пары, а $k = 2$ — к синглетному, λ, b, ν — параметры для четных, а $\bar{\lambda}, \bar{b}, \bar{\nu}$ для нечетных состояний. Значения параметров $\alpha^2, \lambda', b, \lambda$ и ν берем из работ [2, 7, 9] соответственно, а именно:

$$\alpha^2 = 1,01 A^{-1/3} fm^{-2}, \lambda'_1 = 0,70, \lambda'_2 = 1,14, b_1^2 = b_2^2 = 2,0701 fm^{-2},$$

$$\bar{\lambda}'_1 = 0, \bar{\lambda}'_2 = 1,3, b_2^2 = 0,9201, \lambda_1 = \lambda_2 = \bar{\lambda}_1 = \bar{\lambda}_2 = 5,$$

$$\nu_1 = \nu_2 = \bar{\nu}_1 = \bar{\nu}_2 = 2,5456.$$

В результате численных расчетов получаем для ядра He^4

$$a) \langle 0 | \sum_{i,j} \lambda_{ij} W(r_{ij}) | 0 \rangle = 0,16;$$

$$б) \langle 0 | \sum_{i,j} \lambda_{ij} W(r_{ij}) | 0 \rangle = 0,21;$$

для ядра O^{16}

$$a) \langle 0 | \sum_{i,j} \lambda_{ij} W(r_{ij}) | 0 \rangle = 0,64;$$

$$б) \langle 0 | \sum_{i,j} \lambda_{ij} W(r_{ij}) | 0 \rangle = 0,86.$$

$$\frac{NZ}{A} = 1 \text{ (для } He^4) \text{ и } \frac{NZ}{A} = 4 \text{ (для } O^{16}).$$

Как видно, интегральное сечение фотопоглощения на ядре He^4 увеличивается с учетом зависящих от скорости сил на 16% в случае а) и на 21% в случае б) в то время как соответствующий рост, вызванный обменными силами Майсэрна, составляет 56%. Для ядра O^{16} зависящий от скорости потенциал увеличивает интегральное сечение также на 16% в случае а) и на 21% в случае б), а соответствующий рост, вызванный обменными силами Майорана, составляет 50%. Мы видим, что приближенное равенство вкладов зависящих от скорости сил и обменных сил Майорана, полученное в работе [7] на основе модели ферми-газа, не выполняется в модели независимых частиц с осцилляторным потенциалом.

Используя теоретическое значение поправки к интегральному сечению, вызванной обменными силами Майорана, из работы [2] с учетом полученных выше поправок для интегрального сечения фотопоглощения на ядре O^{16} получаем

$$a) \sigma_0 = 398 \text{ Mev} \cdot \text{მბნ};$$

$$b) \sigma_0 = 410 \text{ Mev} \cdot \text{მბნ}.$$

Эти значения хорошо согласуются с экспериментальными данными [1].

Полученные результаты совместно с результатами работы [2] позволяют утверждать, что в оболочечной модели с осцилляторным потенциалом зависящие от скорости реальные силы (потенциал Майорана, потенциал Грина) дают правильные значения для вклада в интегральные сечения дипольного фотопоглощения.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт физики

(Поступило в редакцию 23.6.1967)

ფიზიკა

3. მამასახლისოვი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი),
 რ. ჯიბუტი, ნ. კრუპანიკოვა

სიჩქარეზე დამოკიდებული ნუკლონ-ნუკლონური პოტენციალი და
 დიპოლური ფოტოშთანქმის ინტეგრალური კვეთები

რეზიუმე

წერილში განხილულია სიჩქარეზე დამოკიდებული ნუკლონ-ნუკლონური პოტენციალის გველენა დიპოლური ფოტოშთანქმის ინტეგრალურ კვეთებზე. გამოთვლები ჩატარებულია გარსული მოდელის საფუძველზე რეალური ნუკლონ-ნუკლონური პოტენციალის გამოყენებით. მიღებული შედეგები კარგ თანხედენაშია ექსპერიმენტულ მონაცემებთან.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Горбунов, В. А. Осипова. Фоторасщепление кислорода. ЖЭТФ, 43, 1962, 40.
2. J. S. Levinger. Independent-Particle Model and the Nuclear Photoeffect. Phys. Rev., 97, 1955, 122.
3. S. Rand. Appreciation of a Velocity-Dependent Potential to the Nuclear Photoeffect. Phys. Rev., 107, 1957, 208.
4. N. Johnson, E. Teller. Classical Field Theory of Nuclear Forces. Phys. Rev., 98, 1955, 783.
5. B. K. Srivastava. Photodisintegration of the Triton with Velocity-Dependent Potentials. Phys. Rev., 137, 1965, B 71.
6. B. K. Srivastava and S. C. Jain. Integrated Photodisintegration Cross Section of Helium with a Velocity-Dependent Nuclear Potential. Phys. Rev., 143, 1966, 797.
7. L. Donnert and O. Røja. Effect of Velocity-Dependent Forces on the Integrated Cross Section of Photonuclear Reactions. Phys. Rev., 126, 1964, B 396.



8. J. S. Levinger and H. A. Bethe, Dipole Transitions in the Nuclear Photoeffect. *Phys. Rev.*, 78, 1950, 115.
9. A. M. Green. Velocity-Dependent Nuclear Forces and their Effect in Nuclear Matter. *Nucl. Phys.*, 33, 1962, 218.
10. J. P. Elliott. Theoretical studies in Nuclear Structure. V. The Matrix Elements of Non-central Forces with an Applications to the 2p-shell. *Proc. Roy. Soc., A* 218, 1953, 345.

Л. К. ВОДОПЬЯНОВ, Н. И. КУРДИАНИ

ОСЦИЛЛЯЦИИ ТОКА В *GaAs*, ОБЛУЧЕННОМ НЕЙТРОНАМИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирянашвили 8.6.1967)

Мы исследовали специально легированные образцы *GaAs* *n*-типа, имевшие до облучения при температуре 77°К концентрацию носителей $n = 2 \cdot 10^{17}$ см⁻³, удельное сопротивление $\rho = 9 \cdot 10^{-3}$ Ом см и подвижность $\mu = 3 \cdot 10^3$ см²·в⁻¹·сек⁻¹.

Для облучения образцы помещались в центральный канал ядерного реактора в непосредственной близости от урановых стержней. Это позволило увеличить содержание быстрых нейтронов в общем потоке. Чтобы исключить эффект трансмутационного введения примесей за счет взаимодействия ядер вещества с медленными нейтронами, образцы оборачивались в кадмиевую фольгу толщиной 1 мм. В результате облучения образцы получили следующие интегральные дозы быстрых нейтронов: образец № 1— $1 \cdot 10^{19}$ н·см⁻², № 2— $2,3 \cdot 10^{19}$ н·см⁻², № 3— $4,6 \cdot 10^{19}$ н·см⁻² и № 4— $1 \cdot 10^{20}$ н·см⁻².

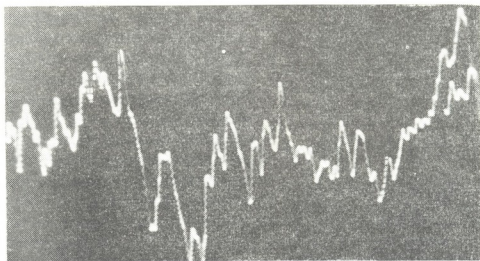


Рис. 1. Форма осциллирующей тока в образце *GaAs*, облученном нейтронами с освещением. Напряжение на образце 1500 в. Частота развертки 0,06 гц

После облучения удельное сопротивление образцов сильно возросло. Так, для образца № 1 $\rho = 2,2 \cdot 10^8$ ом·см; № 2 $\rho = 9,8 \cdot 10^9$ ом·см;

№ 3 $\rho = 5,6 \cdot 10^{11}$ ом·см и № 4 $\rho = 8,4 \cdot 10^{11}$ ом·см (все данные относятся к температуре 77°К).

При измерении электрических свойств образцов после облучения было обнаружено следующее явление: при приложении к облученному высокоомному образцу *GaAs*, находящемуся при температуре 77°К, стационарного электрического поля с напряженностью выше 200 в·см⁻¹ в цепи тока наблюдались низкочастотные осцилляции. Характер этих колебаний был явно не периодический. По форме этих осцилляций можно было предположить, что имеет место наложение нескольких колебаний близкой частоты. Наши дальнейшие исследования показали, что освещение образцов белым светом сильно увеличивает амплитуду наблюдаемых осцилляций (рис. 1). Существенное влияние на условия возникновения колебаний имеет температура образца. Наши опыты показали, что повышение температуры от азотной до комнатной приводит к резкому уменьшению амплитуды колебаний, а при приближении температуры к комнатной колебания вообще не наблюдаются. Исследования зависимости амплитуды колебаний от удельного сопротивления образцов или, что то же самое, от дозы нейтронного облучения показали, что колебания наблюдаются при всех значениях дозы нейтронов, имевших место в данном эксперименте. Но наибольшая интенсивность нестационарностей тока наблюдается при удельном сопротивлении образца 10^8 — 10^9 ом·см. Поэтому для детального исследования осциллирующий образцы, имевшие после облучения более высокое сопротивление, подвергались небольшому отжигу, что снижало их сопротивление до значений, удобных для наблюдения колебаний.

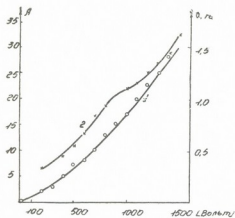


Рис. 2. Зависимость амплитуды осцилляций тока в облученном нейтронами образце *GaAs* (кривая 1, левая ось ординат) и частоты этих осцилляций (кривая 2, правая ось ординат) от напряжения на образце

в условиях существования осцилляций, то это значительно снижало точность измерений, которые велись при температуре 77°К. С увеличением напряжения эта неточность возрастает, а при напряженностях поля выше 1500 в·см⁻¹ наблюдается такой разброс точек, что понятие вольтамперной характеристики теряло смысл. Вольтамперная характеристика тем-

нового тока и фототока в стабильном режиме для образца № 2, облученного дозой нейтронов $2,3 \times 10^{19}$ н·см⁻² и слегка отожженного, показывает, что в широком интервале напряжений наблюдается прямая пропорциональность между током и напряжением. При напряжении 800 вольт начинается излом характеристики и далее она идет более круто, но тоже по прямой. Такое изменение крутизны можно объяснить либо увеличением при больших полях подвижности μ_e , контролируемой рассеянием на ионизированных примесях, либо, что более вероятно, уменьшением с полем сечения рекомбинации. Таким образом, основной результат исследования вольт-амперной характеристики — это линейная зависимость J от V , наблюдаемая в широком интервале значений тока и напряжения.

Мы исследовали зависимость этих нестационарностей от напряженности электрического поля и интенсивности подсветки. Подсветка осуществлялась помещением в жидкий азот мощной кинолампы (150 вт), а интенсивность подсветки менялась посредством контролируемого изменения тока через лампу.

На рис. 2 представлена зависимость амплитуды и частоты¹ колебаний тока от напряжения, приложенного к образцу.

Так как в наших опытах длина образцов была 1 см, то величина напряженности поля в образце совпадала со значением приложенного напряжения. Мы видим, что с увеличением напряженности электрического поля амплитуда (кривая 1) и частота (кривая 2) нестационарностей резко возрастают. Причем закон изменения амплитуды более сильный, чем линейный, но немного более слабый, чем квадратичный. Закон изменения частоты с напряженностью поля определить более трудно, так как соответствующая кривая имеет не совсем правильную форму, однако приблизительные оценки показывают, что этот закон также близок к квадратичному.

Зависимость амплитуды и частоты осцилляций от интенсивности подсветки представлена на рис. 3 (на этом рисунке по горизонтальной оси отложен ток через лампу, который пропорционален световому потоку).

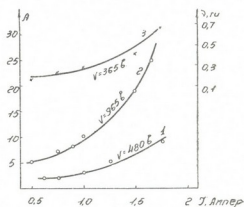


Рис. 3. Зависимость амплитуды (кривая 1 и 2) и частоты (кривая 3) осцилляций от интенсивности подсветки. Напряжения на образце: кривая 1—480 в, кривая 2—965 в, кривая 3—365 в

¹ Так как наблюдаемые колебания не являются периодическими, то понятие частоты, строго говоря, к ним неприменимо; под словом «частота» мы будем подразумевать количество всплесков тока за единицу времени.

Мы видим, что с увеличением интенсивности подсветки амплитуда и частота осцилляций возрастают. Однако скорость этого возрастания гораздо меньше, чем в случае зависимости от напряжения. Из рисунка также видно, что закон возрастания амплитуды зависит от напряжения, приложенного к образцу; с увеличением последнего скорость возрастания амплитуды с подсветкой повышается.

Нестационарности тока наблюдались и ранее в высокоомных компенсированных необлученных образцах Ge и $GaAs$ [1—4]. Наиболее общее объяснение всей совокупности экспериментальных фактов, касающихся осцилляций тока в полупроводниках, дается в теоретических работах В. Л. Бонч-Бруевича [5,6]. В этих работах в общем виде рассматривается задача о появлении неустойчивости в однородном образце полупроводника, о воз-

никновении в таком образце доменов (областей сильного и слабого поля) и скорости движения этих доменов по кристаллу.

В арсениде галлия, облученном нейтронами, существенную роль в образовании доменов, как нам представляется, могут играть разупорядоченные области, генерируемые быстрыми нейтронами.

Согласно работе [7], эти области должны обладать собственной проводимостью, вы-

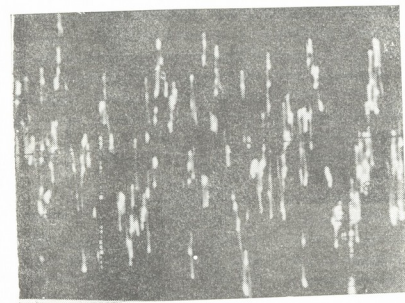


Рис. 4. Осцилляции тока в образце $GaAs$, облученном нейтронами, с подсветкой при напряжении 1500 в. Длина образца в два раза меньше, чем в случае рис. 1

соким сопротивлением и, следовательно, представляют собой области сильного поля. Разупорядоченная собственная область в облученном нейтронами арсениде галлия, аналогично кремнию, окружена двойным электрическим слоем, причем ближайший обладает отрицательным пространственным зарядом. Мы предполагаем, что этот отрицательный заряд при определенных напряженностях электрического поля может, подобно отрицательному акцептору, захватить электрон. Таким образом, разупорядоченная область, введенная быстрым нейтроном, в совокупности с заряженными слоями сможет, по нашему предположению, выступать в качестве домена или, скажем, „затравочной“ неоднородности. Из работы [5] следует, что период

возникающих колебаний зависит от длины образца L и от стационарной скорости движения доменов U_0 ($T = L/U_0$).

С этим выводом согласуется также и результат нашего эксперимента, согласно которому при уменьшении длины образца увеличивается количество всплесков тока в единицу времени при прочих равных условиях (рис. 4).

Таким образом, выводы теории о возникновении и движении доменов согласуются с основными экспериментальными данными, полученными в данной работе. Сложный вид колебаний можно объяснить наличием в каждой данный момент времени нескольких типов движущихся доменов. Их образованию способствует то обстоятельство, что во время облучения в кристалле создается много „затравочных“ центров. Низкую частоту, наблюдаемую в наших опытах, можно объяснить, исходя из вышеизложенной теории, малой подвижностью носителей тока в образцах *GaAs*, облученных нейтронами, так как $U_0 \sim \mu E$. Освещение образца влияет на амплитуду и частоту осцилляций через введенный в теории фактор генерации n_1 .

Высокотемпературный отжиг при 600°C почти полностью устраняет обнаруженные осцилляции, что указывает на то, что осцилляции тока в нашем случае связаны с наличием радиационных дефектов в кристалле.

Институт полупроводниковых приборов
Тбилиси

(Поступило в редакцию 8.6.1967)

ფიზიკა

ლ. ვოლოკინოვი, ნ. ჯურღანი

დენის ოსცილაცია ნეიტრონებით გაუმჯობესულ *GaAs*-ში

რეზიუმე

$1 \cdot 10^{19}$ ნ/სმ⁻² ÷ $1 \cdot 10^{16}$ ნ/სმ⁻² დოზის ჩქარი ნეიტრონებით გაუმჯობესული *GaAs*-ში დამზერილი იქნა დენის არასტაციონარობა, რაც გამოიხატებოდა დენის სიდიდის არაპერიოდულ მცირე სიხშირის (0,5—1,5 ჰერცის) ოსცილაციებში. ოსცილაციის ამპლიტუდა და სიხშირე დამოკიდებულია კრისტალზე მოდებული ძაბვასა და გამნათებელი თეთრი სინათლის ინტენსივობაზე. დენის ოსცილაციის სიხშირე მატულობს *GaAs* ნიმუშის სიგრძის შემცირებისას. დენის დამზერილი არასტაციონარობა მიეწერება კრისტალში დომენების წარმოქმნას ნეიტრონებით გაუმჯობესების შედეგად. ნიმუშების ვოლტ ამპერული მახასიათებელი არ ამჟღავნებს უარყოფითი გამტარებლობის უბანს, რითაც ეს რხევები განსხვავდებიან სხვა მკვლევართა მიერ დამზერილ ოსცილაციებისაგან კომპენსირებულ გაუმჯობესებულ *GaAs*.

სამეცნიერო ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. B. K. Ridley, R. G. Prott. Hot electrons and negative resistance at 20°K n-type germanium containing Au. Phys. Chem. Sol., 26, 1965, 21.
2. A. Barraud. Le comportement de l'arseniure de gallium de haute resistive soumis a des champs e'lectriques intense. C. R. Sci (Paris), 256, 1963, 3632.
3. Н. Г. Жданов, М. С. Қоган, С. Г. Қалашников. Рекомбинация горячих электронов на отталкивающих примесных центрах в германии. ФТТ, 8, 1966, 774.
4. В. С. Вавилов, И. А. Курова, М. Врана. Нестационарности тока в компенсированном Ge. ФТТ, 8, 1966, 1522.
5. В. Л. Бонч-Бруевич. О движении электрических доменов в полупроводниках с горячими электронами. ФТТ, 8, 1966, 1753.
6. В. Л. Бонч-Бруевич. Электрические домены в полупроводниках с горячими электронами. ФТТ, 8, 1966, 356.
7. B. R. Gossik. Disordered Regions in Semiconductors Bombarded by Fast Neutrons. J. Appl. Phys., 30, 1959, 1214.



Д. К. КВАВАДЗЕ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИИ
 ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ НА РЕШЕТКЕ
 ИЗ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЛЕНТ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианшвили 10.6.1967)

В работе рассматривается экспериментальное исследование дифракции плоской электромагнитной волны при нормальном падении (в случае E -поляризации) на плоскую периодическую решетку, составленную из проводящих лент. Достаточно всесторонне изучены свойства системы при различных соотношениях между шириной лент, шириной щелей и длиной падающей волны. Выявлены резонансные свойства плоских решеток. Полученные результаты сравниваются с теорией Л. А. Вайнштейна [1] и В. Г. Ямпольского [2].

Экспериментальных работ, посвященных этому вопросу, почти нет. Можно назвать только работу А. И. Адониной, В. П. Шестопалова [3] и Праймича [4], которые рассматривали лишь некоторые частные случаи. Полученные ими результаты не выявляют разнообразных свойств решеток, составленных из параллельно расположенных лент.

Коэффициенты прохождения при нормальном падении электромагнитных волн через решетку из параллельных лент в случае E -поляризации определяются из следующих соотношений [2]:

$$K_{\text{пр}} = \left| 1 + \frac{e_0}{E_0} \right|, \quad (1)$$

где $\frac{e_0}{E_0}$ при $\sigma = \frac{2d}{\lambda} \leq 2,5$ и $\theta = \frac{a}{d} < 0,4 - 0,5$ дается формулой ($2d$ — период решетки, λ — длина падающей волны, a — полутолщина ленты);

$$\frac{e_0}{E_0} = - \frac{1 + F_1 P_1 + F_2 P_2 + G_{12} P_1 P_2}{1 + F_1 P_1 + F_2 P_2 + G_{12} P_1 P_2 + 2i\sigma [1 + F_1^* P_1 + F_2^* P_2 + G_{12}^* P_1 P_2]}. \quad (2)$$

В случае, когда $\sigma < 2,5$ при любых θ ,

$$\begin{aligned} \frac{e_0}{E_0} = & - \\ = & - \frac{1 + F_1 P_1 + F_2 P_2 + G_{12} P_1 P_2}{1 + F_1 P_1 + F_2 P_2 + G_{12} P_1 P_2 + 2i\sigma \left[1 - \frac{Q_{01}^2}{Q_{00} Q_{11}} + F_1^* P_1 + F_2^* P_2 + G_{12}^* P_1 P_2 \right]}. \quad (3) \end{aligned}$$

В указанных выражениях значения $F_n, F'_n, F''_n, P_1, P_2, G_{12}, G'_{12}, G''_{12}, Q_{01}, Q_{00}, Q_{11}$ приводятся в работе [2].

Экспериментальная установка состояла из следующих основных элементов: а) генератора высокой частоты трехсантиметрового диапазона, б) приемной установки, в) диафрагмы с исследуемой решеткой. Передатчик содержит: 1) блок питания; 2) высокочастотный блок; 3) измеритель мощности; 4) измерительную линию; 5) трансформатор полных сопротивлений; 6) аттенуатор; 7) пирамидальную рупорную антенну; 8) волномер высокой точности. В приемное устройство входят: 1) отрезок трехсантиметрового стандартного волновода; 2) аттенуатор; 3) детекторная головка; 4) усилитель низкой частоты с индикатором.

Исследуемая решетка помещалась позади квадратной диафрагмы со стороной 1,5 м. В середине диафрагмы имелось квадратное отверстие. Размеры окна можно было менять от 70 до 100 мм как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Расстояние решетки от отверстия составляло примерно половину длины волны. В качестве приемной антенны был применен отрезок стандартного трехсантиметрового волновода с флянцем на конце. Расстояние между излучателем и диафрагмой было взято равным ~ 270 см. Приемная антенна располагалась сзади диафрагмы на расстоянии 170 см. Соображения о выборе основных размеров, определяющих расположение аппаратуры в экспериментальной установке, приводятся в работах [5, 6]. Размеры решеток выбирались $\sim 9\lambda$. В качестве источника электромагнитных волн применялся клистронный генератор частотой 8700—8500 мгц.

Измерение коэффициента прохождения электромагнитной волны через решетку осуществлялось использованием свойств детектора и аттенуатора.

В первом случае коэффициент прохождения определяется по формуле

$$D = \frac{U_1}{U_2},$$

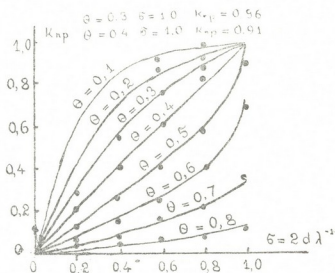


Рис. 1

где U_1 — показания индикатора напряженности поля при наличии решетки, U_2 — показания индикатора при отсутствии решетки. Это соотношение дает правильное значение D , если показания индикатора зависят линейно от мощности электромагнитной энергии, подводимой к детектору. При исследовании указанной формулы применялись детекторы с прямолинейной характеристикой.

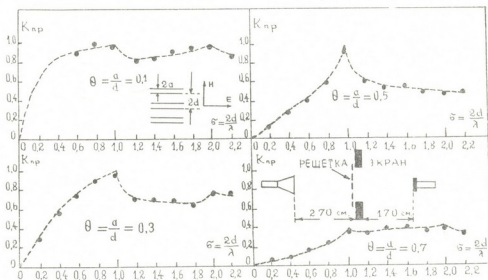


Рис. 2

Во втором случае при измерении коэффициента просачивания подбирался приемный attenuator так, чтобы получить удобные отсчеты на выходе индикатора при наличии решетки. Затем при отсутствии решетки поворотом ручки attenuator достигалось прежнее показание индикатора. Коэффициент прохождения D вычислялся по формуле

$$D = \frac{1}{\text{anti lg} \left(\frac{\Delta}{20} \right)},$$

где Δ , выраженная в децибелах, есть разность отсчетов attenuator в приемном устройстве при наличии и отсутствии решетки.

В эксперименте были применены медные ленты толщиной 0,1 мм. Исследование проводилось для различных значений $\sigma = \frac{2d}{\lambda}$ и $\theta = \frac{a}{d}$ при фиксированной длине волны ($\lambda = 3,2$ см).

На рис. 1—4 дано сравнение экспериментальных значений коэффициента прохождения с теоретическими, рассчитанными по формуле (1) с использованием выражений (2) и (3).

Из сравнения видно, что экспериментальные результаты вполне согласуются с расчетными.

На рис. 1 приводится зависимость коэффициента прохождения основной дифрагированной волны от σ ($0 \leq \sigma \leq 1$) при различных значениях θ ($0,1 \leq \theta \leq 0,8$).

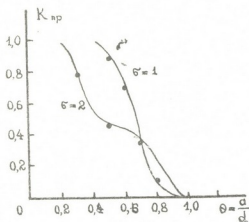


Рис. 3

На рис. 2 дается зависимость коэффициента прохождения $K_{пр}$ от σ при $\theta = 0,1; 0,3; 0,5$ и $0,7$ для различных значений σ в интервале $0 \leq \sigma \leq 2,5$.

На рис. 3 приведены коэффициенты прохождения для резонансных случаев ($\sigma=1$ и $\sigma=2$) в зависимости от θ . Из приведенных кривых видно, что полное пресачивание электромагнитной энергии через решетку наблюдается для первого резонанса ($\sigma=1$) в интервале $0 \leq \theta \leq 0,4$, а для второго резонанса ($\sigma=2$) в области $0 \leq \theta \leq 2$. В интервале $0,2 \leq \theta \leq 0,4$ коэффициент прохождения для второго резонанса постепенно уменьшается и при $\theta=0,4$ составляет 51,1%, в то время как $K_{пр}$ для первого резонанса равна единице.

Отметим, что в работе Л. А. Вайнштейна [1] было дано строгое решение задачи (методом Винера—Хиспа) дифракции плоской электромагнитной волны на плоской решетке, составленной из лент, в том случае, когда ширина щелей равна ширине лент. На рис. 4, а приведена в указанном случае зависимость

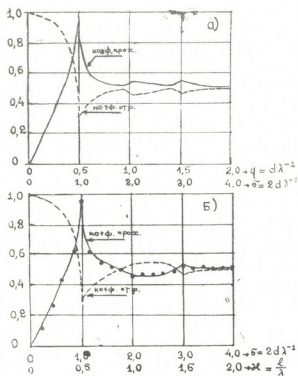


Рис. 4

коэффициента отражения и прохождения от $q = \frac{d}{\lambda}$.

На рис. 4, б приведена та же зависимость по В. Г. Ямполь-

скому [2] в области $0 \leq \sigma \leq 2,2$ и В. П. Шестопалову и др. [3] при $0 \leq \alpha \leq 4$ ($\alpha = \frac{l}{\lambda}$, l —период решетки).

Из сравнения рис. 4, а и 4, б видно, что у Л. А. Вайнштейна [1] при $q > 0,75$ ($\sigma, \alpha > 1,5$) допущены некоторые неточности. Указанная неточность подтверждается и экспериментально.

В ы в о д ы

1. Плоская периодическая решетка, составленная из проводящих лент, при $\Theta = 0,1; 0,2; 0,3$ становится полностью прозрачной ($K_{пр} = 1$) для падающей электромагнитной волны, когда $\sigma = 1$, т. е. когда период решетки ($2d$) равен длине падающей волны (λ). При больших значениях Θ ($\Theta = 0,4 \div 0,8$) $K_{пр}$ постепенно уменьшается, и, когда $\Theta = 0,8$, происходит почти полное просачивание электромагнитных волн через решетку (рис. 1).

2. Коэффициент прохождения в области $0 \leq \sigma \leq 2,2$ для $\Theta = 1,1; 0,3; 0,7$ проявляет свойства двойного резонанса, причем более ярко выраженные резонансные свойства имеет решетка с малым заполнением ($\Theta < 1$); резонанс при $\sigma = 1$ ($2d = \lambda$) выражен более ярко, чем при $\sigma = 2$ ($d = \lambda$).

Решетки с большим заполнением имеют более слабо выраженные резонансные свойства (рис. 2).

3. Значения коэффициентов отражения и прохождения, рассчитанные по точным формулам в зависимости от σ ($\sigma = \frac{2d}{\lambda}$), когда ширина лент равна ширине щелей ($\Theta = 0,5$), совпадают с результатами Л. А. Вайнштейна (рис. 4, а, б).

4. Сравнение полученных результатов для случая решеток, составленных из лент с малым заполнением, с результатами, полученными при дифракции плоской волны на решетке, состоящей из цилиндрических проводов, показало, что прохождение электромагнитной волны через систему из лент с заполнением Θ такое же, как через систему из круглых проводов с заполнением $\frac{\Theta}{2}$ [7].

Следовательно, решетка из цилиндрических проводов отражает падающую электромагнитную волну значительно интенсивнее, чем решетка с лентами при таком же заполнении.

დ. შვახაძე

ელექტრომაგნიტური ტალღის დიფრაქციის ექსპერიმენტული
 გამოკვლევა პარალელურ ზოლოვან მისარზე

რეზიუმე

წერილში განხილულია ბრტყელი ელექტრომაგნიტური ტალღების დიფრაქციის ექსპერიმენტული გამოკვლევა ტალღის ნორმალური დაცემისას ბრტყელ პერიოდულ ზოლოვან მისერზე. შესწავლილია ზოლოვანი სტრუქტურა სხვადასხვა ზოლისა და ხერელის სივანისა და დაცემული ტალღის სიგრძის დროს. გამოკვლეულია სისტემის რეზონანსული თვისებები. ექსპერიმენტი ჩატარებულია სამსანტიმეტრიანი ტალღების დიაპაზონში. მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები კარგ თანხვედენაშია ცნობილ თეორიულ მონაცემებთან.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Л. А. Вайнштейн. Дифракция электромагнитных волн на решетке из параллельных проводящих полос. ЖТФ, т. 25, № 5, 1955.
2. В. Г. Ямпольский. Дифракция плоской электромагнитной волны на системе металлических полос. Радиотехника и электроника, т. 8, № 4, 1963.
3. А. И. Адонина, В. П. Шестопапов. Дифракция электромагнитных волн при наклонном падении на плоской металлической решетке с диэлектрическим слоем. ЖТФ, т. 33, № 6, 1963.
4. R. I. Primich. Some Electromagnetic Transmission and Reflection Properties of a strip Grating IRE Trans. Antennas and Propagat. AP-5, № 2, 1957.
5. Д. К. Квавадзе. Экспериментальное исследование дифракции электромагнитной волны на системе, имеющей периодическую структуру. Труды Ин-та геофизики, т. XX, 1962.
6. Г. Ш. Кеванишвили, Д. К. Квавадзе. Дифракция плоской волны на двойной решетке, составленной из тонких полос. ЖТФ, т. XXXV, вып. 10, 1965.
7. W. E. Wessel. Ober den Durchgang elektrischer wellen durch Drachtgitter. Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, Bd. 54, H2, 1939, 62.



ა. ჯიბლაძე, მ. კაკალაშვილი

ენერგია (E) და მაგნიტუდას (M) შორის კავშირი კავკასიის მიწისძვრებისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. დავითაიამ 25.7.1967)

ამჟამად მიწისძვრის სიძლიერის დასახსიათებლად სეისმოლოგიაში ფართოდ გამოიყენება M მაგნიტუდა, რომელიც პირველად ფ. რიხტერმა შემოიღო [1]. M უგანზომილებო შეფარდებითი სიდიდეა და მისა მიხედვით შედგენილი სკალა არ იძლევა საშუალებას ცხადი სახით ექვიპონოტ წარმოდგენა მიწისძვრების სიძლიერის შესახებ. ცხადია, თუ მოხერხდება ამა თუ იმ რაიონისათვის მიწისძვრის ენერჯისა ან ინტენსივობის საფუძველზე აბსოლუტური სკალის შედგენა, მას გარკვეული უპირატესობა ექნებოდა, ვინაიდან ეს სიდიდეები გარკვეულ ფიზიკურ ერთეულებშია გაზომილი. მაგრამ ასეთი სკალის შედგენა მეტად გაძნელებულია და პრაქტიკული მოხერხებულობის თვალსაზრისით ჯერჯერობით უპირატესად შეფარდებითი სკალა გამოიყენება.

ამასთან ერთად, რადგან შეფარდებითი სკალა ლოგარითმულია, ყოველთვის შეიძლება ამ სკალიდან გადავიდეთ აბსოლუტურ სკალაზე რაიმე მუდმივი რიცხვის დამატებით.

მაგნიტუდის მიხედვით მიწისძვრის კლასიფიკაცია ძირითადად ემყარება სხვადასხვა მიწისძვრების ჩანაწერების მაქსიმალური ამპლიტუდების შედარებას (ან მაქსიმალური ამპლიტუდების ფარდობას პერიოდთან). იგულისხმება, რომ ერთსა და იმავე ჰიპოცენტრალურ მანძილზე ერთნაირი სეისმოგრაფების ჩანაწერები ერთი და იგივე ინტენსივობისაა.

შემდგომში ეს მეთოდი გაუმჯობესდა. შემუშავდა მაგნიტუდის სკალის სხვადასხვა მოდიფიკაცია, როგორც მოცულობითი, ისე ზედაპირული ტალღების მიხედვით (ბ. გუტენბერგი [2], ფ. რიხტერი [1], ს. სოლოვიოვი, ნ. შებალინი [3]).

აღსანიშნავია, რომ მიწისძვრების კლასიფიკაცია მათი სიძლიერის მიხედვით ხდება აგრეთვე კერაში გამოყოფილი ენერჯის მიხედვითაც (მიწისძვრების

ენერგიაში იგულისხმება მიწისძვრის მომენტში წარმოშობილი დრეკადი ტალღების ენერგია).

მრავალი საკითხის გადაჭრის დროს მიწისძვრის სიძლიერის გამოხატვა შეფარდებითი უგანზომილებო სიდიდით — M -მაგნიტუდით, არაა საკმარისი. ამიტომ სხვადასხვა რეგიონისათვის ცდილობენ მოინახოს კავშირი M -მაგნიტუდის სიდიდესა და სეისმური ტალღების E -ენერგიას შორის. ზოგადი სახით ამ სიდედეებს შორის კავშირი მოცემულია შემდეგი ფორმულით:

$$\lg E = a + b M.$$

საკიროა დანაკვირვები მასალების საფუძველზე განისაზღვროს a და b მუდმივების მნიშვნელობები.

ჩვენი მიზანია, კავკასიის მიწისძვრებისათვის გამოვთვალოთ a და b მუდმივების მნიშვნელობები, რისთვისაც სეისმური ტალღების ენერგია E განვსაზღვრეთ კომპლექსური ექსპედიციის ნომოგრამის მიხედვით [4], ხოლო M მაგნიტუდა — სოლოვიოვ — შებახის ნომოგრამის მიხედვით, რაც შედგენილია ზედაპირული ტალღის მაქსიმალური ფაზის პორიზონტალური მდგენელის, ამპლიტუდისა და პერიოდის მიხედვით.

ცხრილი

კოეფიციენტები a და b , მიღებული სხვადასხვა მკვლევართა მიერ

მკვლევარები	a	b
1. ბ. გუტენბერგი და ფ. რიხტერი კალიფორნიის მიწისძვრებისათვის	4,3	1,8
2. მ. ბოტი შვეციის მიწისძვრებისათვის	0,2	2,0
3. ს. სოლოვიოვი შორეული აღმოსავლეთის სუსტი მიწისძვრებისათვის	4,0	1,7
4. ს. სოლოვიოვი შორეული აღმოსავლეთის ძლიერ მიწისძვრებისათვის	3,0	1,7
5. ს. სოლოვიოვი შუა აზიის სუსტი მიწისძვრებისათვის	3,2	1,7
6. ს. სოლოვიოვი შუა აზიის ძლიერი მიწისძვრებისათვის	2,2	1,6
7. ი. რიზნიჩენკო სუსტი მიწისძვრებისათვის (სსრკ)	4,0	1,8
8. ი. რიზნიჩენკო ძლიერი მიწისძვრებისათვის (სსრკ)	8,0	1,1
9. ვ. ბუნე სუსტი მიწისძვრებისათვის (სსრკ)	3,5	1,7
10. ვ. ბუნე ძლიერი მიწისძვრებისათვის (სსრკ)	4,0	1,7
11. ტ. რაუტიანი შუა აზიის მიწისძვრებისათვის	3,9	1,8
12. ვ. კონეტკოვი იაკუტიის მიწისძვრებისათვის	3,4	1,7

ვისარგებლეთ 1962—1966 წწ. მასალით. შევარჩიეთ 95 მიწისძვრა და უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით მივიღეთ, რომ სუსტი მიწისძვრებისათვის $3 \leq M \leq 5$ — $a = 5$, ხოლო $b = 1,5$, ე. ი. კავშირი ენერჯიასა და მაგნიტუდას შორის ძყარდება შემდეგი ტოლობით:

$$\text{Lg } E = 5 + 1,5 M,$$

ძლიერი მიწისძვრებისათვის $M \geq 5$ კი ვღებულობთ

$$\text{Lg } E = 7,7 + 1,1 M.$$

დამოკიდებულება M და E სიდიდეებს შორის, ან, რაც იგივეა, a და b კოეფიციენტების მნიშვნელობა განსაზღვრულ იქნა მრავალი მკვლევარის მიერ დედამიწის სხვადასხვა უბნისათვის. შესაბამისი სიდიდეები მოცემულია ცხრილში.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, b კოეფიციენტი შედარებით უფრო მცირე ფარგლებში იცვლება და შესაძლებელია ეს ცვალებადობა თვით გამოთვლების ცდომილებებით იყოს გამოწვეული, ხოლო a-ს სიდიდე საკმაოდ დიდ ფარგლებში იცვლება, რაც გვაფიქრებინებს, რომ სიდიდის ცვალებადობა ნაწილობრივად დაკავშირებულია დედამიწის ქერქის აგებულების სხვადასხვაობით ამა თუ იმ რეგიონში.

აღსანიშნავია, რომ კავკასიის მიწისძვრების მასობრივი დამუშავების დროს იშვიათად განისაზღვრება ერთი და იგივე მიწისძვრებისათვის ერთდროულად E და M სიდიდეები; ჩვენ მიერ მიღებული კოეფიციენტების საშუალებით კი შეგვიძლია ერთი სიდიდიდან გადავიდეთ მეორეზე, რაც საშუალებას მოგვცემს მიწისძვრების კლასიფიკაცია მოვახდინოთ ერთ-ერთი სიდიდით, მაგნიტუდით, ან კერაში გამოყოფილი ენერჯიის მიხედვით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

გეოფიზიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 25.7.1967)

ГЕОФИЗИКА

Э. А. ДЖИБЛАДЗЕ, В. Г. ПАПАЛАШВИЛИ

СВЯЗЬ МЕЖДУ ЭНЕРГИЕЙ (E) И МАГНИТУДОЙ (M) ДЛЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАВКАЗА

Резюме

Поскольку для многих задач выражение силы землетрясения с помощью безразмерной шкалы M недостаточно, то делаются попытки найти связь между величиной M и энергией E сейсмических волн.

Связь между E и M обычно определяют формулой типа

$$\lg E = a + b M.$$

Нами были определены коэффициенты a и b для землетрясений Кавказа:

$$\lg E = 5 + 1,5 M$$

для слабых землетрясений $3 \leq M \leq 5$

и $\lg E = 7,7 + 1,1 M$

для сильных землетрясений $M \geq 5$ (энергия измерялась в джоулях).

Приводятся формулы, полученные разными авторами для разных областей мира. Как известно, эти расхождения вызваны, во-первых, различными методами, применяемыми при вычислении энергии, во-вторых, ошибками, которые содержатся при определении значений M и E в самих формулах.

დავითიანი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ch. F. Richter. An instrumental Earthquake magnitude skale. Bull. Seismol. Soc. Amerika, 25, 1, 1935.
2. B. Gutenberg, Ch. F. Richter. Earthquake, magnitude, intensity, energy and acceleration. Bull. Seismol. Soc. Amerika, 62, 2, 1956.
3. С. А. Соловьев, Н. В. Шебалин. Определение интенсивности землетрясений по смещениям почвы в поверхностных волнах. ИАН СССР, сер. геофиз., № 7, М., 1957.
4. Ю. В. Ризниченко. Методы детального изучения сейсмичности. Труды Ин-та физики Земли АН СССР, № 9 (176), М., 1960.

Б. И. СТЫРО, Ш. М. ЧХЕНКЕЛИ, К. А. ТАВАРКИЛАДЗЕ, Т. Г. ХУНДЖУА

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ ПРИ НАЛИЧИИ ОБЛАЧНОСТИ СРЕДНЕГО ЯРУСА

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 25.9.1967)

Радон проникает из почвы в атмосферу и затем, распадаясь, участвует в турбулентном перемешивании атмосферы [1]. В результате радиоактивность этого ряда обнаруживается до высоты 20 км [2]. Характер распределения естественной радиоактивности по высоте обуславливается в основном интенсивностью вертикального обмена.

Цель настоящей работы заключается в том, чтобы на основе экспериментальных данных определить закономерность распределения естественной радиоактивной примеси в свободной атмосфере при наличии облаков среднего яруса и малой скорости ветра у земной поверхности и затем по вертикальным профилям естественной радиоактивности дать оценку турбулентной диффузии.

Изложенные ниже результаты основаны на материале 10 полетов, выполненных во вторую половину 1966 г. Определялась концентрация естественной радиоактивности атмосферы, обусловленная рядом радона, от земной поверхности до высот 5,5—6 км в среднем с интервалом в 500 м. Наряду с этим, при поднятии самолета определялись скорость и направление ветра, температура, относительная влажность, велись визуальные наблюдения за облаками.

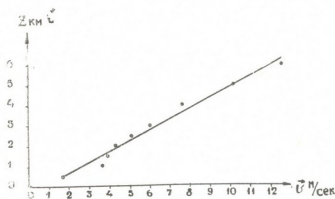


Рис. 1. Изменение скорости ветра по высоте

Средняя скорость ветра у поверхности земли в дни измерений составляла 1,7 м/сек со средним квадратичным отклонением $\pm 0,5$ м/сек.

На рис. 1 представлена зависимость средней скорости ветра (v_z) от высоты над земной поверхностью, которая аппроксимируется линейной зависимостью

$$v_z = v_0 + az,$$

где v_0 —средняя скорость ветра у земной поверхности; z —высота в км; a —вертикальный градиент скорости ветра в м/сек км. Коэффициент a был найден методом наименьших квадратов и оказался равным 1,7 м/сек·км. Температура во всех случаях падала с высотой линейно с градиентом 6 °/км, градиент несколько уменьшался на высотах порядка 2—3 км.

Средние значения естественной радиоактивности по всем

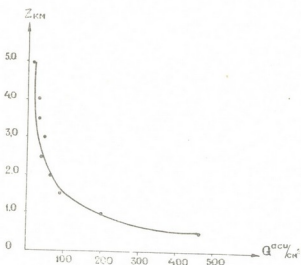


Рис. 2. Изменение концентраций естественной радиоактивности по высоте

дням наблюдений представлены на рис. 2. Изменение радиоактивности по высоте можно аппроксимировать экспоненциальным законом

$$Q_z = Q_0 e^{-\alpha z}, \quad (1)$$

где Q_0 и Q_z —соответственно средние значения концентраций естественной радиоактивной примеси у земной поверхности и на высоте z ; α —коэффициент экспоненты. Значения коэффициента α , определенные по формуле (1) для различных высот, нанесены на рис. 3. Коэффициент α линейно убывает до нижней границы облаков (2—3 км):

$$\alpha_z = b - cz$$

при

$$z \leq 3 \text{ км.} \quad (2)$$

Для слоя $z > 3$ км, как видно из рис. 3, α не меняется с высотой, поэтому можно записать

$$\alpha = l = 0,77 \text{ км}^{-1} \text{ при } z > 3 \text{ км.}$$

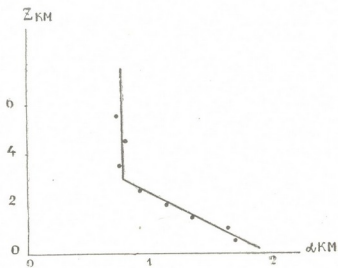


Рис. 3. Зависимость коэффициента α от высоты

Определяя коэффициенты b и c по методу наименьших квадратов, получаем

$$b = 1,90 \text{ км}^{-1}, \quad c = 0,38 \text{ км}^{-1}.$$

Таким образом, зависимость α от высоты может быть представлена следующим образом:

$$\alpha = \begin{cases} b - cz & \text{при } z \leq 3 \text{ км,} \\ l & \text{при } z > 3 \text{ км.} \end{cases} \quad (3)$$

Учитывая это, формулу (1) представим в виде

$$Q_z = \begin{cases} Q_0 e^{-(b-cz)z} & \text{при } z \leq 3 \text{ км,} \\ Q_0 e^{-lz} & \text{при } z > 3 \text{ км.} \end{cases}$$

Для определения общего содержания естественной радиоактивности в вертикальном воздушном цилиндре с единичным поперечным сечением и высотой от земной поверхности до слоя облаков P необходимо составить выражение

$$P_{0-3} = Q_0 \int_0^3 e^{-(b-cz)z} dz.$$

Расчеты, произведенные на ЭВМ при условии, что Q_0 выражено в кюри/см², а P —в кюри/см², дали значение

$$P_{0-3} = 0,72 \cdot 10^5 Q_0. \quad (4)$$

Далее, если предположить, что выше 5 км изменение с высотой концентрации радиоактивной субстанции можно представить той же закономерностью, что и для слоя от 3 до 5 км, то общее содержание естественной радиоактивности в вертикальном воздушном цилиндре с единичным поперечным сечением выше 3 км можно определить следующим образом:

$$\begin{aligned} P_{3-\infty} &= Q_0 \int_3^{\infty} e^{-lz} dz = \\ &= 0,13 \cdot 10^5 Q_0. \end{aligned} \quad (5)$$

Как видно из полученных чисел (4) и (5), основная доля естественной радиоактивности располагается в нижнем 3-километровом слое атмосферы. Напрашивается вывод о том, что облака среднего яруса служат задержи-

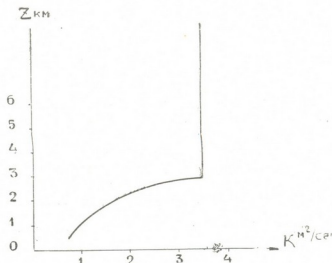


Рис. 4. Зависимость коэффициента вертикальной турбулентной диффузии от высоты

ვაოცმ სლოე დია პერემიშვანია ესუნუნუნ რადიოაქტიური პრემიი, აბუნუნუნ რადონა.

ესი დონუსი სუნონარიუნ პროცესი, პრენებრე გორიზონტალურ პერენოს რადიოაქტიური პრემიი დ სუნუნ, ყუ იმუნ ესუნ რადიოაქტიური რავნუნესი მუნდუ რადონი დ პროდუნტაი ესი რასუნა, თონ იუნსუნნი რესუნია ურავნუნია დიფუნზიი რადიოაქტიური პრემიი ვ ატმოსფერო მუნდო ნაიტი [3] სუნვი მუნდუ კოეფიუნციუნტო k_z , პოსუნუნნი რასუნა რადონა $\lambda = 2,1 \cdot 10^{-6}$ სუნ⁻¹ დ პოკაზატელ მუნსუნუნნი α :

$$k_z = \frac{\lambda}{\alpha^2}$$

პრემუნია ფორმულა (3), მუნდო პოლუნჩი ვერავნუნი, კუნოე იუნსუნ ვარსუნვი მუნდუ კოეფიუნციუნტო ვერტიკალური ტურბუნლუნტი დიფუნზიი დ ვუსუნი:

$$k_z = \begin{cases} \frac{2,1}{(1,9 - 0,38 z)^2} \frac{\text{მ}^2}{\text{სუნ}} & \text{პრი } z \leq 3 \text{ კმ,} \\ 3,6 \frac{\text{მ}^2}{\text{სუნ}} & \text{პრი } z > 3 \text{ კმ.} \end{cases}$$

გრაფიკესი ესა ვარსუნვი პრესუნუნია იუნ რის. 4. იუნსუნვი k_z დ ვუსუნი გოვორი ი სლოისტი სტრუნქტურა ატმოსფერო, ა ეს ვოზრასუნია პო მუნე პუნდიათი ვერხ დუნდო ბუნე სუნვიანი ი ვუსუნუნუნ სკორისი ვერა.

აკადემია ნუნკ გრუნჯინსკი სსრ

ინსტიტუტი გეოფიზიკი

ტბილისი

(პოსუნია იუნ რედაკციუნ 25.9.1967)

გეოფიზიკა

ბ. სტირო, შ. ჩხენკელი, კ. თავართკილაძე, თ. ხუჯუა

ბუნებრივი რადიოაქტივობის ვერტიკალური განაწილება
 თავისუფალ ატმოსფეროში საშუალო იარუსის ღრუბლების
 არსებობისას

რეზიუმე

რადონის დაშლის პროდუქტებით გაპირობებული ბუნებრივი რადიოაქტივობის ვერტიკალური ჭრილების მიხედვით, ატმოსფეროში საშუალო იარუსის ღრუბლების არსებობის დროს, მიღებულია ემპირიული ფორმულა ბუნებრივი რადიოაქტივობის კონცენტრაციის განაწილებისათვის თავისუფალ ატმოსფეროში. ემპირიული ფორმულის შედარებისას, რადიოაქტიური მინარევებისათვის ტურბულენტური დიფუზიის განტოლების ამოხსნასთან, ნაპოვნია ზოგიერთი კანონზომიერება ტურბულენტური დიფუზიის ვერტიკალური მდგენელის სიმაღლის მიხედვით განაწილებისათვის.

დავოყვამული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. И. Стыро. Вопросы ядерной метеорологии. Вильнюс, 1959.
2. L. Machta, H. Lucas. Radon in the upper atmosphere. Science, 135, № 3500, 1962, 296—299.
3. V. Hess, W. Schmidt. Über die Verteilung radioaktiver Gase in der freien Atmosphäre. Phys. Zeitschr., 19, № 6, 1918.



УДК 665.55(47.922)+616—006—02

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Л. Д. МЕЛИКАДЗЕ, У. А. ГАБУНИЯ, Т. А. ЭЛИАВА, Э. А. УШАРАУЛИ,
 А. А. ДЗАМУКАШВИЛИ, М. А. МАЧАБЕЛИ, Н. Н. ШИУКАШВИЛИ

О КАНЦЕРОГЕННОСТИ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ
 АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НОРИЙСКОЙ НЕФТИ

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили: 7.1.1967)

Относительно содержания канцерогенных веществ в нефти и нефтяных продуктах, подвергавшихся жесткому тепловому или каталитическому воздействию в процессе их производства, в литературе имеются различные, зачастую противоречивые мнения. Некоторые исследователи считают, что нефти не содержат канцерогенных веществ и наличие их обнаруживается лишь в продуктах, подвергавшихся сильному тепловому воздействию [1]. Другие придерживаются противоположного мнения, считая, что нефти содержат канцерогенные соединения [2]. Такое разногласие среди исследователей объясняется тем, что этот вопрос еще мало изучен и имеющиеся в литературе сведения не дают возможности для однозначных выводов.

В то же время канцерогенные свойства нефтей и продуктов, полученных из нефти, за последнее время привлекают серьезное внимание исследователей. Расширение областей применения продуктов нефтяного происхождения, особенно продуктов, подвергавшихся действию высокой температуры, создает серьезные предпосылки для уделения особого внимания данному вопросу, тем более что в некоторых случаях в литературе находим утверждения о том, что смолистые вещества высокотемпературных масляных фракций и продукты крекинга являются канцерогенными [3]. Если вопрос наличия в сырой нефти канцерогенных веществ имеет лишь научный интерес (с точки зрения химии нефти), то содержанию их в нефтяных продуктах придается важное практическое значение.

Рядом исследователей показано, что высокомолекулярные масляные фракции нефтей содержат конденсированные ароматические углеводороды — 3,4-бензантрацен, 1,2-бензантрацен, 4-метил-1,2-бензантрацен, 1, 2, 5, 6-дibenзантрацен [4—7]. Канцерогенная активность некоторых из них известна из литературы.

Однако наличие указанных соединений в высокомолекулярных фракциях нефти большинством исследователей приписывается влия-

нию высокой температуры во время перегонки масляных фракций. Возможность содержания их в нефти, а также в продуктах, получаемых в умеренных температурных условиях, весьма сомнительна.

Нами показано, что высокомолекулярные конденсированные углеводороды ароматического ряда с кольчатой системой хризена, бензфенантрена и бензхризена в небольших количествах находятся и в сырых нефтях [8] и поэтому наличие их в масляных фракциях не всегда можно приписывать влиянию термического фактора. Наличие в нефти указанных структурных форм, среди которых отдельные представители, согласно литературным данным, являются явно канцерогенными, вызывает справедливые опасения относительно того, что нефти могут содержать канцерогенные вещества.

Вместе с тем, наличие в нефти углеводородных ароматических структур, некоторые представители которых обладают канцерогенными свойствами, еще не указывает на то, что все представители данного ряда являются канцерогенными. Ведь известно, что не все алкил- и арилпроизводные фенантрена, антрацена, пирена и других полициклических ароматических структур являются канцерогенными. Так, например, 1, 2-бензантрацен, не обладающий канцерогенными свойствами, приобретает их после замещения атомов водорода у пяти и шести углеродных атомов бензогруппой. 1, 2, 5, 6-добензантрацен обладает заметной канцерогенностью [9]. Фенантрен и антрацен, не обладающие канцерогенными свойствами, приобретают их после замещения четырех атомов водорода метильными группами. Тетраметилфенантрен и 1, 2, 9, 10-тетраметилантрацен являются сильно канцерогенными [10]. Антрацен и 1, 2, 3, 4-добензантрацен неканцерогенны, зато 2,6-диметилантрацен, 1, 2, 5, 6-добензантрацен и 9, 10-диметил-1, 2, 5, 6-добензантрацен канцерогенны [11].

Основываясь на теории локализации электронов, А. Пюльман и Б. Пюльман [12] утверждают, что канцерогенными свойствами обладают лишь те ароматические структуры, которые содержат К-ароматическую двойную связь с энергией локализации электронов, равной или меньшей $3,31 \beta$, где β —интеграл резонанса, равный примерно 20 ккал/мол.

На основании квантомеханических расчетов, подтвержденных биологическими экспериментальными исследованиями, наиболее ярко выраженными канцерогенными свойствами должны обладать ароматические конденсированные полициклические углеводородные структуры, содержащие фенантреновую кольчатую систему и боковые заместители в местах, которые способны уменьшить энергию локализации у К-связи. Исходя из этого господствующие в литературе представления о том, что высокомолекулярные ароматические углеводороды неф-

ти в основном состоят из ароматических конденсированных структур с угловым сочленением колец (бензологов фенантрена), лишний раз подтверждают возможность наличия в нефти канцерогенных соединений.

Поэтому целью наших исследований являлось выяснение вопроса содержания в нефти и нефтепродуктах канцерогенных веществ. Из нефтепродуктов нас в первую очередь интересовали те высокомолекулярные ароматические углеводороды, которые содержатся в высокомолекулярных фракциях нефти и смолистых остатках (гудроне), подвергавшихся нагреванию до 400°C.

Эти продукты под названием «Нориол» и «Нориол Б» вырабатываются в полужаводских условиях и применяются на машиностроительных заводах СССР в качестве люминофоров в люминесцентной дефектоскопии. Выяснение их канцерогенных свойств представляет важную практическую задачу, связанную с вопросом защиты работников, занятых производством, или же с применением указанных люминофоров.

Исследование канцерогенных свойств проводилось в отделе патоморфологии Института экспериментальной морфологии АН ГССР на белых мышах.

В качестве объекта исследования служила норийская нефть, масляные фракции которой характеризуются высокой степенью ароматизации. Поэтому с точки зрения решения поставленной задачи указанная нефть является наиболее интересной.

Исследованию подвергались как чистые ароматические углеводороды, так и их фракции.

Для выделения из нефти высокомолекулярных ароматических углеводородов использовали подобранный нами ранее комплекс методов, состоящий из вакуумной перегонки, селективного растворения, адсорбционной хроматографии и дробной кристаллизации [8].

В результате было получено 10 ароматических фракций, хроматографически разделенных на 256 узких фракций — элюатов. Дробной кристаллизацией из некоторых элюатов в весьма небольших количествах были выделены кристаллические ароматические интенсивно флуоресцирующие углеводороды белого и желтого цвета. Максимальное содержание их в элюатах не превышало 0,1—0,12%.

Из этих углеводородов удалось выделить антрацен, его гомологи [13] и углеводороды, содержащие 3,4-бензфенантеновую, хризеновую и бензхризеновую кольчатую систему. Последний углеводород желтого цвета.

Не имея возможности выделить для биологических исследований требуемые количества индивидуальных компонентов, мы использовали их смеси в виде белого кристаллического вещества (состоящего из

антрацена, его гомологов, 3,4-бензфенантрена и хризена) и желтого (состоящего из бензхризена и 3,4-бензфенантрена).

В результате исследования химической природы указанных элюатов установлено, что в основном они состоят из углеводородов нафталинового и фенантренового ряда. Однако спектры поглощения и флуоресценций и наличие в них указанных выше кристаллических углеводородов доказывают, что они содержат также более конденсированные ароматические соединения, хотя и в весьма малых количествах.

Для биологических исследований нами использовалась смесь двух элюатов (23+24 элюаты X фракции), которые содержат максимальное, по сравнению с другими, количество указанных углеводородов.

В качестве высокотемпературных продуктов, как отмечалось выше, исследованы Нориол и Нориол Б, а также содержащаяся в последнем ароматика и остаточный гудрон.

Нориол представляет собой фракцию, отбираемую из полугудрона норийской нефти от 310 до 385°C, в которой содержится основная масса высокомолекулярной ароматики норийской нефти, в том числе и высококонденсированной [14].

Гудрон представляет собой смолистый остаток полугудрона норийской нефти после отбора фракции Нориола.

Нориол Б представляет собой углеводородную фракцию, выделяемую экстракцией из гудрона норийской нефти (остатка выше 400°C) после интенсивного перетиравания его с гумбрином. Он содержит самую высокомолекулярную ароматическую часть нефти.

Ароматические углеводороды Нориола Б выделялись адсорбционной хроматографией из его петролейно-эфирного раствора. Эта ароматика содержит также небольшое количество нафтеновых углеводородов и интенсивно флуоресцирует желто-зеленым цветом. Указанная ароматика будет основной составной частью люминофора Нориола А, производство которого предполагается наладить в недалеком будущем.

Результаты некоторых опытов (смазывание кожи и введение в подкожную клетчатку испытуемых веществ) показали, что среди испытуемых веществ лишь желтое кристаллическое вещество, представляющее собой смесь бензхризена и бензфенантрена, обладает слабой канцерогенной активностью. Остальные вещества — элюаты ароматических углеводородов нефти, белые кристаллические углеводороды, выделенные из Нориола, гудрона, Нориола Б, и ароматика, выделенная из Нориола Б, — не обладают канцерогенными свойствами.

Это, безусловно, является причиной весьма малого содержания канцерогенного углеводорода не только в продуктах, имеющих широ-

кий фракционный состав, но и в элюатах, в которых указанные соединения представлены в относительно больших количествах.

Биологическое исследование канцерогенных свойств 0,65% бензолного раствора сильноканцерогенного углеводорода 3,4-бензпирена и того же раствора с добавкой 1,5% 23+24 элюатов X фракции показало, что ароматические углеводороды нефти сами не являются канцерогенными и совершенно не ослабляют канцерогенные свойства 3,4-бензпирена.

Выводы

1. Изучением канцерогенных свойств ароматических углеводородных фракций норийской нефти показано, что они содержат в весьма небольших количествах углеводороды, обладающие слабыми канцерогенными свойствами.

2. Из-за малого содержания указанных канцерогенных углеводородов канцерогенная активность не проявляется не только у широких ароматических углеводородных фракций, но и у концентратов.

3. Исследованием Нориола, Нориола Б и ароматических углеводородов, выделенных из Нориола Б, доказано, что они не обладают канцерогенными свойствами.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физической и органической
химии им. П. Г. Меликишвили

Институт экспериментальной морфологии
им. А. Н. Нативили

(Поступило в редакцию 7.1.1967)

ორგანული ქიმია

ლ. მელიქაძე, უ. ბაბუნია, თ. ელიაშვილი, ე. შვარცული, ა. ქაშაყაშვილი, მ. მაჩაბელი
Б. შИШАШВИЛИ

ნორიოს ნავთობის მაღალმოლეკულური არომატული
ნახშირწყალბადების კანცეროგენობის შესახებ

რეზიუმე

წერილში შესწავლილია ნორიოს ნავთობის მაღალმოლეკულური არომატული ნახშირწყალბადები კანცეროგენული ნაერთების შემცველობის თვალთახედვით. დადგენილია, რომ ისინი ძლიერ მცირე რაოდენობით შეიცავენ ისეთ ნახშირწყალბადებს, რომლებიც ხასიათდებიან სუსტი კანცეროგენული თვისებებით. აღნიშნული ნახშირწყალბადების მცირე შეცულობის გამო კანცეროგენულ აქტივობას არ ავლენებს არა მარტო არომატული ნახშირწყალბადების ფართო ფრაქცია, არამედ მისი კონცენტრატებიც კი.

ნორიოს ნავთობის ბაზაზე საცდელ საწარმოო პირობებში მიღებულ ლუმინოფორებს — ნორიოლს, ნორიოლ—ბ-სა და მისგან გამოყოფილ არომატულ ნახშირწყალბადებს კანცეროგენული თვისებები არ ახასიათებთ.

შეფარებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. Р. Сергеевко. Высокомолекулярные соединения нефти. Изд. «Химия», М., 1964.
2. L. Eby, W. Pristly, J. Rehner. Properties of High Boiling Petroleum Products. Anal. Chem., vol. 25, № 10, 1953, 1500.
3. W. Dietz, W. King, W. Pristly. Properties of High Boiling Petroleum Products. Carcinogenicity Studies. Ind. Eng. Chem., 44, 1952, 1818.
4. R. Swerman, W. Francis, M. Karbow. Spectrometric Identification of Polynuclear Aromatic Components in High Boiling Petroleum Fractions. Anal. Chem., 25, 1953, 1010.
5. W. Caruthers, A. Douglas. Some Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in a Kuwait Oil. J. Chem. Soc., 1957, 278.
6. W. Caruthers, A. Douglas. 1,2-Benzanthracene Derivatives in a Kuwait Mineral Oil. Nature, 199, 4799, 1961, 256.
7. W. Caruthers, A. Douglas. The Constituents of High Boiling Petroleum Distillates. J. Chem. Soc., 1955, 1847.
8. ლ. დ. მელიკაძე, თ. ა. ელიავა, თ. ა. უშარაული. К познанию природы флуоресцирующих соединений нефти. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1960.
9. L. P. Fiser. The Synthesis of 1,2-Benzanthracene Derivatives Related to Cholanthrene. J. Amer. Chem. Soc., 58, 1936, 2376.
10. F. Braukmann. Carcinogene Stoffe in Bitumen und Ruß. Erdöl u Kohle, 12, 1953, 804.
11. E. Star. Polycyclic Hydrocarbons. № 1. Academe press, London and New-York.
12. А. Пюльман и Б. Пюльман. Электронная структура и канцерогенная активность молекул ароматических веществ. Успехи в изучении рака, т. III, ИЛ, М., 1957, 305.
13. ლ. დ. მელიკაძე, გ. შ. ჩელიძე, მ. კ. ჩარკვიანი, კ. გ. Годерძიშვილი, ი. ი. აბხაზავა, რ. პ. ცისკარიშვილი. О содержании антрацена в норийской нефти. Сообщения АН ГССР, XLIII, № 2, 1966, 355
14. ლ. დ. მელიკაძე. Получение люминесцирующего компонента испытательной жидкости из нефти для люминесцентной дефектоскопии металлов. Труды Ин-та химии им. П. Г. Меликишвили АН ГССР, т. XV, 1961, 160.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Д. П. МАИСУРАДЗЕ, А. И. НОГАИДЕЛИ, К. Г. ДЖАПАРИДЗЕ

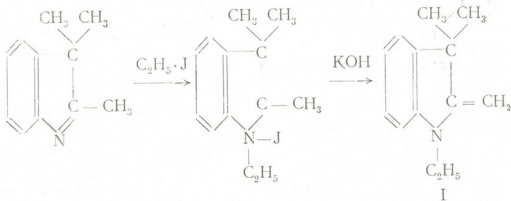
СИНТЕЗ N-ЭТИЛПРОИЗВОДНЫХ СПИРОПИРАНОВ
 ИНДОЛИНОВОГО РЯДА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 27.4.1967)

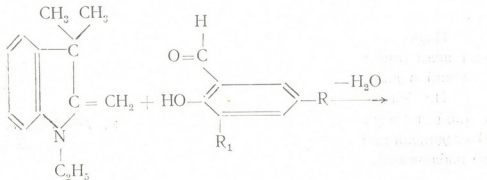
В предыдущей работе [1] нами были изучены фото- и термохромные свойства 7-нитро-1', 3', 3'-триметил-спиронафтопиран-2,2'-индолина.

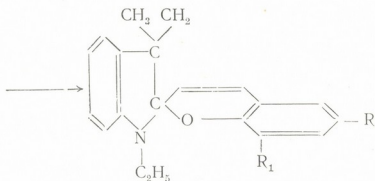
В настоящей работе описан синтез N-этилпроизводных спиропиранов индолинового ряда.

2, 3, 3-триметилиндоленин, полученный по способу Бруннера [2], при нагревании реагирует с йодистым этилом, образуя четвертичную соль — йодэтилат-2, 3, 3-триметилиндоленин с температурой плавления 218—220° (из спирта). Дальнейшая обработка этого соединения водным раствором щелочи дает неустойчивое на воздухе бесцветное метиленовое основание



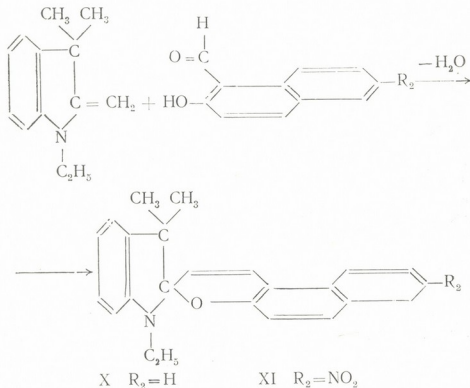
Полученное (неочищенное) соединение (I) при конденсации с салициловым альдегидом и его замещенными в нейтральной спиртовой среде образует соответствующие спиропираны по общей схеме:





- | | | | |
|-----|---------------------------------------|------|--|
| II | R=R ₁ =H | VI | R=NO ₂ ; R ₁ =H |
| III | R=H; R ₁ =OCH ₃ | VII | R=NO ₂ ; R ₁ =OCH ₃ |
| IV | R=Br; R ₁ =H | VIII | R=NO ₂ ; R ₁ =Br |
| V | R=H; R ₁ =NO ₂ | IX | R=R ₁ =NO ₂ |

Аналогично протекает конденсация метиленового основания (I) с 5-нитро, 2-окси- и 2-окси-1-нафталальдегидами:



- | | | | |
|---|-------------------|----|---------------------------------|
| X | R ₂ =H | XI | R ₂ =NO ₂ |
|---|-------------------|----|---------------------------------|

Изучение свойств полученных нами спиропиранов показало, что все они являются термохромными. При нагревании растворов данных соединений в лигронине, а также при плавлении окраска их резко меняется.

Наиболее ярко выраженными фотохромными свойствами при комнатной температуре обладают соединения (V, VI, VII, VIII, IX, XI). В соединениях (II, III, IV, X) фотохромизм при комнатной температуре не наблюдается.



Таблица 3
344,4359 22,0
3,02 22,0110333

№	Название	Выход, %	Т. пл.	Найдено, %				Формула	Вычислено, %			
				C	H	N	Br		C	H	N	Br
1	1-этил-3,3-диметилндолинбензопи- пиран-2,2'-спиран (II)	64,7	97—98°	82,35	7,29	4,80	—	$C_{20}H_{21}NO$	82,47	7,22	4,81	—
2	1-этил-3,3-диметилндолин-8'-меток- сибензопиран-2,2'-спиран (III)	78,4	90—91°	78,84	7,03	4,39	—	$C_{21}H_{23}NO_2$	78,50	7,16	4,36	—
3	1-этил-3,3-диметилндолин-6'-бром- бензопиран-2,2'-спиран (IV)	87,0	86—87°	64,77	5,67	3,63	21,47	$C_{20}H_{20}BrNO$	64,86	5,40	3,78	21,62
4	1-этил-3,3-диметилндолин-8'-нит- робензопиран-2,2'-спиран (V)	78,1	140°	71,50	5,90	8,40	—	$C_{20}H_{20}N_2O_2$	71,43	5,95	8,33	—
5	1-этил-3,3-диметилндолин-6'-нит- робензопиран-2,2'-спиран (VI)	88,0	157°	71,42	6,01	8,46	—	$C_{20}H_{20}N_2O_2$	71,43	5,95	8,33	—
6	1-этил-3,3-диметилндолин-8'-меток- си-6'-нитробензопиран-2,2'-спиран (VII)	78,0	136—138°	68,87	5,99	7,71	—	$C_{21}H_{22}N_2O_3$	68,85	6,01	7,65	—
7	1-этил-3,3-диметилндолин-8'-бром- 6'-нитробензопиран-2,2'-спиран (VIII)	88,0	129—130°	57,85	4,68	6,91	19,21	$C_{20}H_{19}N_2O_2Br$	57,83	4,58	6,75	19,28
8	1-этил-3,3-диметилндолин-6', 8'-ди- нитробензопиран-2,2'-спиран (IX)	82,8	220—222°	63,00	4,96	11,10	—	$C_{20}H_{19}N_3O_2$	62,99	4,99	11,02	—
9	1-этил-3,3-диметилндолин-нафто- пиран-2,2'-спиран (X)	67,9	145—146°	84,73	6,84	4,07	—	$C_{21}H_{22}NO$	84,46	6,74	4,10	—
10	1-этил-3,3-диметилндолин-7'-нит- ро-нафтопиран-2,2'-спиран (XI)	81,5	197—198°	74,88	5,61	7,35	—	$C_{21}H_{22}N_2O_2$	74,61	5,69	7,25	—

Фотохромизм соединений (V, VI, VII, VIII, XI) наблюдается при облучении ультрафиолетовыми лучами (лампа ПРК-4) их растворов в лигроине. Спиртовой раствор соединения (IX) окрашен в красный цвет, который исчезает полностью при облучении УФ-лучами. Растворы соединений (V, VI) в лигроине при облучении УФ-лучами приобретают синюю окраску, а растворы соединений (VII, VIII) в лигроине—зеленовато-синюю окраску. В полярных растворителях все соединения окрашиваются в фиолетово-красный цвет.

Все полученные нами соединения дают характерную для спиропиранов окраску с кислотами и щелочами.

Температура плавления, результаты элементарного анализа и выход синтезированных соединений представлены в таблице.

Синтез йодэтил-2, 3, 3-триметилиндоленина. 4,5 г 2, 3, 3-триметилиндоленина и 6,6 г (избыточное количество) йодистого этила помещали в круглодонную колбу с обратным холодильником. Смесь нагревали в течение 5 часов на водяной бане. Светло-коричневая хрупкая кристаллическая масса кристаллизовалась из спирта. При охлаждении из раствора выпадали призмы с красным оттенком, а после неоднократного промывания спиртом были получены белые кристаллы с т. пл. 218—220°. Выход 7,2 г (80,9%). Найдено, %: J 39,72. Вычислено, %: J 40,32.

1-этил-3, 3-диметилиндолин-бензопиран-2, 2'-спиран (II). 1,5 г йодметил-2, 3, 3-триметилиндоленина разлагали 5% водным раствором гидроокиси калия. Выделенную маслообразную жидкость экстрагировали эфиром. После отгонки эфира остаток растворяли в 30 мл спирта и к спиртовому раствору добавляли 0,53 г салицилового альдегида. Смесь нагревали на водяной бане с обратным холодильником в течение 2 часов. После оставления на ночь при комнатной температуре из розового раствора выпадали бесцветные кристаллы, которые перекристаллизовали из спирта. Т. пл. 97—99°, Выход 0,9 г.

1-этил-3, 3-диметилиндолин-8'-метоксибензопиран-2, 2'-спиран (III). Полученное из 1,5 г йодэтيلاتа основание растворяли в 20 мл этанола и добавляли 0,72 г о-ванилина. После 2-часового нагревания на водяной бане раствор становился темно-синим.

Продукт оставляли при комнатной температуре на несколько дней, затем фильтровали и перекристаллизовывали из спирта. Бесцветные призмы плавилась при 90—91°, а при 93° окрашивались в фиолетовый цвет. Выход 1,2 г.

1-этил-2, 2-диметилиндолин-6'-бромбензопиран-2, 2'-спиран (III). Основание, полученное из 1 г йодэтيلاتа, растворяли в 15 мл этанола, добавляли 0,9 г 5-бромсалицилового альдегида и нагревали на

водяной бане с обратным холодильником в течение 3 часов. Выпавший после 12-часового выдержания при комнатной температуре осадок фильтровали, перекристаллизовали дважды из спирта. Игольчатые кристаллы плавилась при 86—87°, окрашиваясь при этом в синий цвет. Выход 1 г.

1-этил-3,3-диметилиндолин-нафтопиран-2,2'-спиран (X) был получен аналогичным путем из 1,5 г йодэтилата и эквимолекулярного количества 2-окси-1-нафталальдегида в 30 мл этанола. При охлаждении из красного раствора выпадали белые кристаллы, которые после перекристаллизации из спирта плавилась при 145—146°, приобретая при этом красный цвет. Выход 1,1 г.

1-этил-3,3-диметилиндолин-7'-нитро-нафтопиран-2,2'-спиран (XI) был получен аналогичным путем из 1,5 г четвертичной соли и 7-нитро-2-окси-1-нафталальдегида. Однако здесь уже при нагревании наблюдалось выделение кристаллов. После 30-минутного нагревания смесь охлаждали, выделенный осадок фильтровали и перекристаллизовали из спирта. Были получены зеленовато-желтые кристаллы с т. пл. 197—198°. Выход 1,5 г.

1-этил-3,3-диметилиндолин-8'-нитробензопиран-2,2'-спиран (V) был получен аналогичным путем из 1,8 г йодэтилат-2,3,3-триметилиндоленина и эквимолекулярного количества 3-нитросалицилового альдегида. Зеленовато-желтые кристаллы при 133° становились зелеными, а при 140° плавилась. Выход 1,5 г.

1-этил-3,3-диметил-6'-нитробензопиран-2,2'-спиран (VI). Вышеуказанным путем из 5-нитросалицилового альдегида были получены светло-желтые кристаллы с т. пл. 157°. Выход 1,85 г.

1-этил-3,3-диметилиндолин-8'-метокси-6'-нитробензопиран-2,2'-спиран (VII). Из 2 г йодэтилат-2,3,3-триметилиндоленина и 0,93 г 5-нитро-3-метокси-салицилового альдегида были получены светло-зеленые кристаллы с т. пл. 136—138°. Выход 1,8 г.

1-этил-3,3-диметилиндолин-8'-бром-6'-нитробензопиран-2,2'-спиран (VIII). 2,5 г йодэтилат-2,3,3-триметилиндоленина разлагали щелочью. Выделенное свободное основание растворяли в 30 мл этанола, добавляли эквимолекулярное количество 5-нитро-3-бромсалицилового альдегида и нагревали на водяной бане в течение 1,5 часа. Смесь сразу становилась темно-красной. После охлаждения осажденные кристаллы отфильтровывались. Полученные темно-зеленые (до черного) кристаллы с металлическим блеском плавилась при 129—130°, приобретая темно-фиолетовый цвет. Выход 2,9 г.

1-этил-2,2-диметилиндолин-6'-8'-динитробензопиран-2,2'-спиран (IX) был получен аналогично предыдущему соединению (VIII). Темно-зеленые кристаллы с металлическим блеском плавилась при 222°. Выход 1,5 г.

Выводы

1. Нами синтезированы и изучены N-этилпроизводные спиропираны индолинового ряда.

2. Показано, что на термо- и фотохромный эффект сильно влияют заместители, находящиеся у альдегидного остатка.

Академия наук Грузинской ССР
Институт кибернетики
Тбилиси

(Поступило в редакцию 27.4.1967)

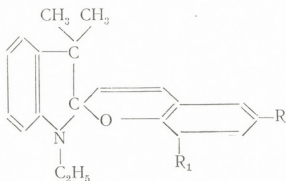
ორგანული ქიმია

დ. მაისურაძე, ა. ნოღაიდელი, კ. ჯაპარიძე

N-ეთილინდოლინის რიგის სპიროპირანების სინთეზი

რეზიუმე

სინთეზირებულია N-ეთილინდოლინის რიგის სპიროპირანების 10 წარმომადგენელი საერთო ფორმულით



ამათგან, როცა $R_1 = H$, $R_2 = NO_2$; $R_1 = NO_2$, $R = H$; $R_1 = OCH_3$, $R = NO_2$; $R = NO_2$, $R_1 = Br$; $R_1 = R = NO_2$ აქვთ ფოტოქრომული თვისება ოთახის ტემპერატურაზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Ногайдели, К. Г. Джапаридзе и др. Синтез и некоторые фотохимические свойства 7'-нитро-1, 3, 3-триметил-спиро-нафтопиран — 2,2'-индолина. Сообщения АН ГССР, LX № 3, 1965, 607.
2. K. Brunner. Ueber die E. Fischer'sche, aus Methylketol und Jodmethyl darstellbare Base (II Mitteilung). Ber., 31, 1893, 1948.



УДК 661.25.095.25

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. И. КАХНИАШВИЛИ, Г. Ш. ГЛОНТИ, Д. В. КАЦАДЗЕ

ОБ АЛКИЛИРОВАНИИ НИТРОФЕНОЛОВ 1-ЭТИЛЦИКЛО-
 ГЕКСАНОЛОМ-1 В ПРИСУТСТВИИ 80% СЕРНОЙ
 КИСЛОТЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 19.7.1967)

Алкилированием о-крезола 1-этилциклогексано́лом-1 был получен алкилкрезол; продукт конденсации последнего с монохлоруксусной кислотой проявляет физиологическую активность [1].

Известно, что введение нитрогруппы в соединения усиливает их биологическую активность [2].

Интересно было изучить, какое влияние окажет на течение реакции алкилирования и на природу синтезированных нами соединений замена в крезолах метильного радикала на нитрогруппу. С этой целью мы изучили алкилирование нитрофенолов 1-этилциклогексано́лом-1.

Алкилированием нитрофенолов вторичными спиртами в присутствии 80% серной кислоты получены моно- и дизамещенные продукты алкилирования [3].

Изучено алкилирование п-нитрофенола циклогексано́лом в присутствии 80% серной кислоты [4] и получен ортозамещенный п-нитрофенол.

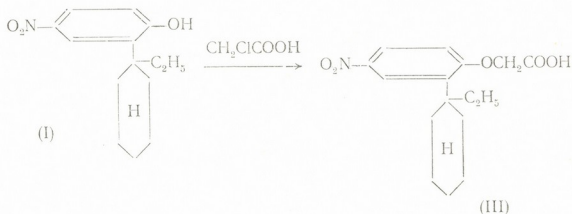
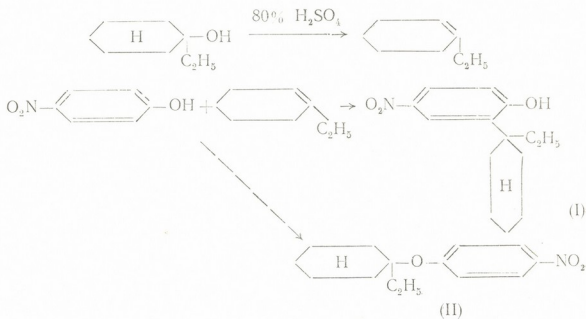
Мы провели алкилирование нитрофенолов 1-этилциклогексано́лом-1. Оказалось, что под влиянием нитрогруппы алкилирование нитрофенолов по сравнению с крезолами принимает иной характер.

п-Нитрофенол алкилируется 1-этилциклогексано́лом-1 с получением ортозамещенного п-нитрофенола, а о- и м-нитрофенолы в этих же условиях не алкилируются. Малая способность алкилирования о-нитрофенолов отмечена также С. И. Бурмистровым и В. Н. Зайцевым [4].

В о-нитрофеноле нитрогруппа, находящаяся в орто-положении, вызывает дезактивацию бензольного ядра и в отличие от о-крезола препятствует алкилированию.

В м-нитрофеноле замещению в мета-положении по отношению к нитрогруппе препятствует гидроксильная группа.

п-Нитрофенол, как и п-крезол, алкилируется 1-этилциклогексано́лом-1 через предварительную стадию дегидратации исходного спирта.



Основными продуктами алкилирования являются ортозамещенный п-нитрофенол (I), выделенный из кислых продуктов реакции, и нитроэфир (II), выделенный из нейтральных продуктов реакции. Образование нитроэфира подтверждается отсутствием гидроксильной группы.

Продукт алкилирования (I) содержит гидроксильную группу и конденсацией с монохлоруксусной кислотой образует производную феноксиуксусной кислоты (III) в виде белых кристаллов, которые постепенно меняют цвет. В отличие от ортозамещенного п-крезола конденсация ортозамещенного п-нитрофенола (I) с монохлоруксусной кислотой протекает с малым выходом и продукт реакции (III) неустойчив.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Алкилирование п-нитрофенола 1-этилциклогексанолом-1 в присутствии 80% серной кислоты. Смесь 100 мл 80% серной кислоты и 14 г п-нитрофенола была нагрета до 60° и в течение

30 минут по каплям добавлялось 20 г 1-этилциклогексанола-1 (т. кип. 69—71° (14 мм), $n_D^{20} = 1,4635$), в дальнейшем при нагревании перемешивание продолжалось еще 5 часов.

Для отделения конденсата от нитрофенола реакционная масса была обработана два раза по 100 мл бензола; затем бензольная вытяжка промылась водой, раствором, содержащим 3 г NH_4 10 г NH_4Cl , после чего бензольная вытяжка обрабатывалась 10% раствором едкого натра. Из щелочного раствора, подкисленного соляной кислотой, выделилось 6,5 г желтых кристаллов о-(1-этилциклогексил)-п-нитрофенола; т. пл. 95—96° (из спирта).

Найдено, %: С 67,43; 67,36; Н 7,56; 7,58; N 5, 60; OH 6,94.

$C_{14}H_{19}NO_3$. Вычислено, %: С 67,47; Н 7,63; N 5,62; OH 6,82.

Из нейтральных фракций выделено 4 г 1-этилциклогексена-1 [5].

При разгонке в вакууме из нейтральных продуктов выделено 5 г 1-этилциклогексил-п-нитрофенолоэфира.

Т. кип. 165—166° (1 мм); n_D^{20} 1,522; d_4^{20} 1,0899.

MR_D найдено 68,74; вычислено 68,61.

Найдено, %: С 67,38; 67,53; Н 7,49; 7,52; N 5,97.

$C_{14}H_{19}NO_3$. Вычислено, %: С 67,47; Н 7,63; N 5,62.

Гидроксильная группа не обнаружена.

Конденсация о-(1-этилциклогексил)-п-нитрофенола с монохлоруксусной кислотой. К 3 г ортозамещенного п-нитрофенола, растворенного в 30 мл 10% NaOH, добавлено 4,5 г монохлоруксусной кислоты. Смесь нагревалась на кипящей водяной бане 1,5 часа. Жидкость подкислена и экстрагирована эфиром. Эфирный раствор обработан 2% содой, полученная щелочная вытяжка подкислена соляной кислотой и из нее выделено 0,3 г о-(1-этилциклогексил)-п-нитрофеноксиксусной кислоты.

Она представляет собой игольчатые кристаллы белого цвета; т. пл. 103—105° (из спирта).

Найдено, %: С 62,26; 62,28; Н 6,72; 6,76; N 4,92.

$C_{16}H_{21}NO_5$. Вычислено, %: С 62,21; Н 6,84; N 4,56.

Выводы

1. Изучено алкилирование нитрофенолов 1-этилциклогексанола-1 в присутствии 80% серной кислоты при температуре 70°.

2. Установлено, что в указанных условиях реакция алкилирования нитрофенолов происходит через дегидратацию 1-этилциклогексанола-1 и промежуточным образованием эфира.

3. п-Нитрофенол в присутствии 80% серной кислоты при температуре 70° алкилируется 1-этилциклогексанола-1 с образованием ортозаме-

ценного п-нитрофенола (I) и соответствующего нитроэфира (II), а о- и м-нитрофенолы в этих же условиях не алкилируются.

4. Конденсацией ортозамещенного п-нитрофенола с монохлоруксусной кислотой получен неустойчивый продукт (III) с малым выходом.

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 19.7.1967)

ორბანული ჟიჟია

ა. კახნიშვილი, გ. ლლონტი, დ. კაცაძე

ნიტროფენოლების 1-ეთილციკლოპქსანოლ-1-ით ალკილირების
შედეგად 80% გოგირდმჟავას თანდასწრებით

რეზიუმე

შესწავლილია იზომერული კრებულების ალკილირება 1-ეთილციკლოპქსანოლ-1-ით და დადგენილია მიღებული ალკილკრებულების ბიოლოგიური აქტივობა.

საერთოდ ცნობილია, რომ ნიტროკრებულების შეყვანა ნაერთებში მათ ბიოლოგიურ აქტივობას აძლიერებს. საინტერესო იყო, ალკილირებული პროდუქტების ბუნებას როგორ შეცვლიდა კრებოლში მეთილის რადიკალის ნიტროკრებუთ შეცვლა და როგორ წარიმართებოდა ნიტროფენოლების ალკილირება 1-ეთილციკლოპქსანოლ-1-ით.

ნიტროფენოლების ალკილირება სპირტებით ნაკლებადაა შესწავლილი. კრებულებთან შედარებით ნიტროფენოლების ალკილირება ფენოლში ჩანაცვლებული ნიტროკრებულების გავლენით უფრო სხვაგვარად მიმდინარეობს.

დადგინდა, რომ ალკილირება, ისე, როგორც კრებულების შემთხვევაში, მიმდინარეობს 1-ეთილციკლოპქსანოლ-1-ის დეჰიდრატაციისა და შუალედი ეთერის წარმოქმნის გზით.

პ-ნიტროფენოლი 80% გოგირდმჟავას თანდასწრებით 70° ტემპერატურის პირობებში ალკილირდება ორთოჩანაცვლებული პ-ნიტროფენოლისა და შესაბამისი ნიტროეთერის წარმოქმნით. ხოლო ო- და მ-ნიტროფენოლები ამავე პირობებში არ ალკილირდებიან.

მონოჩანაცვლებული პ-ნიტროფენოლის მონოქლორმმარმჟავასთან კონდენსაციით მიღებულია არამდგრადი ნიტროფენოქსი მმარმჟავას ნაწარმი.

დადგენილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Кахнишвили, Г. Ш. Глonti, Ш. И. Джиджеишвили. Конденсация орто- и мета-крезолов с 1-винилциклогексанолом-1 и 1-этилциклогексанолом-1. Труды ТГУ, т. 104, 1964, 301.
2. Н. К. Мельников, Ю. А. Баскаков. Химия гербицидов и регуляторов роста растений, ГХИ, М., 1964, 92.
3. С. И. Бурмистров, В. Н. Зайцев. Автор. свид. № 160174. Булл. изобр. № 3, 18, 1964.
4. С. И. Бурмистров, В. Н. Зайцев. Алкилирование п-нитрофенола. ЖОХ, т. 34, вып. 9, 1964, 3090.
5. Beilsteins. Handbuch der Organischen Chemie. Bd. V, 1922, 71.



УДК 541.121

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В. П. НАТИДЗЕ, Н. В. МЗАРЕУЛИШВИЛИ, Е. Г. ДАВИТАШВИЛИ

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ
 $\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3-\text{NaOH}-\text{H}_2\text{O}$

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 5.7.1967)

До настоящего времени сведения, относящиеся к химии основных солей и гидроокиси празеодима, крайне ограничены. Нет никаких данных об условиях образования этих соединений, не говоря уже о систематическом их изучении.

При исследовании реакции взаимодействия $\text{Pr}(\text{NO}_3)_3$ с едким натром нами было установлено, что процесс образования гидроокиси празеодима протекает с получением промежуточных соединений—нерастворимых основных солей, состав и свойства которых в зависимости от температуры реакционной смеси, концентрации осаждаемого металла и аниона, дополнительно введенного в систему в виде NaNO_3 , меняются [1].

В настоящей статье приводятся результаты исследования взаимодействия в водном растворе $\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ с NaOH при постоянном содержании ионов Pr^{3+} (0,025 г·ион/л) и переменном содержании NaOH . Для изучения данной системы применялись методы растворимости, электропроводности и измерения рН. Проведены также химический, термогравиметрический и рентгенографический анализы выделенных соединений. Была использована методика, применяемая для изучения растворимости в системах, включающих малорастворимые соединения [2, 3].

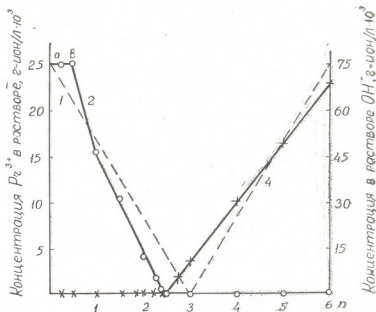


Рис. 1. Изменение концентрации Pr^{3+} (2) и OH^- (4) в системе $\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3-\text{NaOH}-\text{H}_2\text{O}$



Как видно из рис. 1, взаимодействие $\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ с NaOH протекает в четыре стадии. При добавлении к раствору $\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ первых порций едкого натра в пределах $n = [\text{NaOH} : \text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3] = 0,25-0,5$ получается растворимый основной ацетат празеодима, в связи с чем в системе осадок отсутствует. На диаграмме растворимости этот процесс отражается горизонтальной площадкой «ab».

Во второй стадии реакции (от $n > 0,5$ до $n = 2,5$) растворимая соль реагирует с едким натром и образуется нерастворимый основной ацетат празеодима $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}(\text{CH}_3\text{COO})_{0,5} \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ или $5 \text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot \text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 21 \text{H}_2\text{O}$. На рис. 1 указанный процесс осаждения празеодима

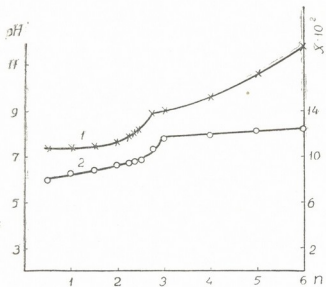


Рис. 2. Изменение pH (1) и удельной электропроводности (2) в системе $\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3-\text{NaOH}-\text{H}_2\text{O}$

H_2O или $5 \text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot \text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 21 \text{H}_2\text{O}$. На рис. 1 отражен отклонением практической (2) линии от теоретической (1), построенной для $\text{Pr}(\text{OH})_3$.

осаждения празеодима

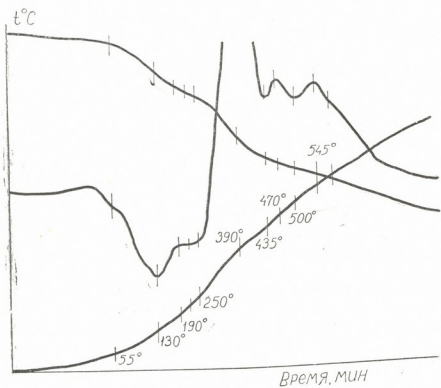


Рис. 3. Термогравиметрия $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}(\text{CH}_3\text{COO})_{0,5} \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$: 1—простая запись; 2—дифференциальная запись; 3—потеря в весе

В третьей стадии реакции (от $n > 2,5$ до $n < 5$) происходит постепенное внедрение гидроксильных ионов в осадок основной соли и вытеснение ионов ацетата. На этом участке осадок представляет собой смесь двух соединений основного ацетата и нормальной гидроокиси празеодима с постепенно увеличивающейся долей последнего. Указанный процесс на диаграмме находит отражение в расхождении линий, выражающих теоретически вычисленное (3) и практически полученное (4) содержание едкого натра в растворе.

В четвертой стадии реакции ($n = 5$) происходит полное замещение ионов ацетата гидроксильными ионами и образование нормальной гидроокиси празеодима $\text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, в связи с чем в правой части диаграммы при $n = 5$ теоретически вычисленная и практически полученная величины содержания гидроксильных ионов в растворе совпадают. При дальнейшем повышении концентрации едкого натра в системе ($n > 5$) замечается некоторая адсорбция гидроксильных ионов осадком гидроокиси празеодима, и поэтому на этом участке количество непрореагировавшего едкого натра несколько меньше теоретического.

Результаты измерения рН и электропроводности в системе (рис. 2) отражают образование основного ацетата празеодима; изгибы кривых наблюдаются в точках, отвечающих составу осадка. Сравнительно небольшой скачок величин рН после полного осаждения ионов празеодима ($n \geq 2,5$) объясняется образованием буферной смеси $(\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH})$, смягчающей действие сильного основания в растворе.

Анализ твердых фаз, выделенных в системе, подтвердил образование основного ацетата $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}(\text{CH}_3\text{COO})_{0,5} \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ и нормальной гидроокиси $\text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$.

При $n = 2,5$ найдено, %: $\text{Pr} - 51,00$; $\text{OH}^- - 15,20$; $\text{CH}_3\text{COO}^- - 10,74$; $\text{H}_2\text{O} - 23,06$.

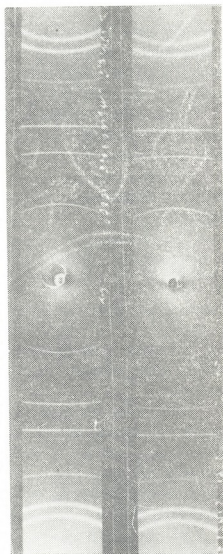


Рис. 4. Рентгенограммы прокаленных до 1000°C $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}(\text{CH}_3\text{COO})_{0,5} \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ и $\text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$.

Для $\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ вычислено, %: Pr —51,06; OH^- —15,40; CH_3COO^- —10,69; H_2O —22,83.

При $n = 5$ найдено, %: Pr —57,50; OH^- —20,64; H_2O —21,86.

Для $\text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ вычислено, %: Pr —57,30; OH^- —20,73; H_2O —21,95.

На рис. 3 представлена термогравиграмма $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}(\text{CH}_3\text{COO})_{0,5} \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$. Эндотермический эффект на кривой нагревания в интервале температур 55—250° с минимумом при 130° соответствует удалению двух молекул кристаллизационной воды.

На термогравиграмме три наблюдаемых экзотермических эффекта с максимумами при температурах 390, 470 и 545° обусловлены окислительной реакцией продуктов разложения органической части соли. При этом в интервале температур 250—435° происходит также потеря оставшихся полутора молекул воды.

Дальнейшее нагревание соли приводит к удалению химически связанной воды. Полная потеря ее и образование окиси празеодима происходит при прокаливании соли до 1000°.

Рентгенограммы основной соли $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}(\text{CH}_3\text{COO})_{0,5} \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ и нормальной гидроокиси $\text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, прокаленных до 1000°, идентичны (рис. 4).

Рентгенограммы получены в камере типа РКД на установке УРС-55^а с применением неотфильтрованного медного излучения.

Выводы

Изучено взаимодействие в системе $\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ — NaOH — H_2O методами растворимости, измерения рН, электропроводности и анализа твердых фаз.

Показано, что при реакции $\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ с едким натром в зависимости от соотношения реагирующих компонентов образуются соединения переменного состава. В интервале $\text{CO}_3^{2-} : \text{Nd}^{3+} = 0,25$ —0,5 получается растворимая основная соль празеодима, от $n > 0,5$ до $n = 2,5$ —нерастворимая основная соль $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}(\text{CH}_3\text{COO})_{0,5} \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ или $5 \text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot \text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, а при $n = 5$ —нормальная гидроокись $\text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$.

Проведено термографическое и рентгенографическое исследование полученных соединений.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт физической и органической
 химии
 им. П. Г. Меликишвили

(Поступило в редакцию 5.7.1967)

3. ნათიძე, ნ. მზარეულიშვილი, მ. დავითაშვილი

$\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3-\text{NaOH}-\text{H}_2\text{O}$ სისტემაში ურთიერთქმედების
შედეგად

რეზიუმე

კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების გამოყენებით შესწავლილია $\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ და NaOH შორის ურთიერთქმედების რეაქცია. ნაჩვენებია, რომ $\text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3-\text{NaOH}-\text{H}_2\text{O}$ სისტემაში მორეაგირე კომპონენტების ფარდობის $-\text{NaOH} : \text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3 = n$ 0,25—0,5—ინტერვალში მიიღება პრაზეოდიუმის ხსნადი ფუძე მარილი, $n > 0,5$ -დან 2,5-მდე—უხსნადი ფუძე აცეტატი $\text{Pr}(\text{OH})_2(\text{CH}_3\text{COO})_{0,5} \cdot 3,5 \text{H}_2\text{O}$ ან $5 \text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot \text{Pr}(\text{CH}_3\text{COO})_3 \cdot 21 \text{H}_2\text{O}$ და $n = 5$ დროს კი პრაზეოდიუმის ნორმალური ჰიდროქსიდი $\text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ წარმოიქმნება. შესწავლილია მიღებული ნაერთების თერმული და რენტგენოგრაფიული თვისებები.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Мзареулишвили, Е. Г. Давиташвили, В. П. Натидзе. О реакции образования гидроксида и основных солей празеодима. Комплексные соединения некоторых переходных и редких элементов, 1966, 59.
2. И. В. Тананаев. Физико-химический анализ в аналитической химии. Изв. сектора физ-хим. анализа, 20, 1950, 277.
3. И. В. Тананаев. Использование физико-химического анализа в аналитической химии. Химическая наука и промышленность, 4, 1959, 178.

Р. Г. БАРСЕГОВ, А. Д. БИЧИАШВИЛИ, М. В. ПАНЧВИДЗЕ,
Е. М. НАНОБАШВИЛИ
ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО РАДИОЛИЗА
ТИОЛОВ МЕТОДОМ ЭПР

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 5.9.1967)

В предыдущих работах исследован γ -радиолиз ряда тиолов [1] и установлены его определенные закономерности. Выявлено, что конечными продуктами радиолиза являются соответствующие дисульфиды, сульфокислоты, сульфоперекиси и др.

В настоящей работе изучен низкотемпературный γ -радиолиз этан-, бутан-, пентан-, гексан-, додекан-, октадекантиолов и бензилмеркаптана с применением метода ЭПР, позволяющего судить о первичных продуктах радиолиза. Применяемые образцы синтезированы в нашей лаборатории [2].

Облучение образцов проводилось на кобальтовой установке К-60000 при 77°К. Мощность дозы изменялась в пределах 1—2 мрад/час. Спектры ЭПР регистрировались радиоспектрометром ЭПР-2 М при 77°К.

Регулирование температуры образцов проводилось по известной методике [3]. В качестве эталонов для определения g -фактора применялись ДФПГ и ультрамарин.

Источником УФ-лучей служила кварцевая лампа ДРШ-1000.

Вид спектра ЭПР всех исследуемых тиолов зависит от длины углеводородной цепи и от количества поглощенной энергии.



Рис. 1. Спектры ЭПР γ -облученных тиолов при 77°К: а—этантиол, 15 мрад; б—октадекантиол, 15 мрад

При малых дозах спектры всех тиолов представляют собой одиночную линию шириной $\Delta H=30$ Э с g -фактором, равным $2,015 \pm 0,005$.

С ростом интегральной дозы до 15 мрад спектр ЭПР этантиола не меняется (рис. 1, а), тогда как в случае октадекантиола при такой же дозе полностью преобладает спектр алкильного радикала (рис. 1, б) — шесть равноотстоящих линий с общей шириной ~ 145 Э.

Наглядную картину наложения спектра от алкильного радикала на одиночную линию дают рис. 1, в и 1, г, на которых представлены спектры ЭПР гексантиола, облученного 1 мрад и 15 мрад соответственно. Эти рисунки хорошо иллюстрируют также увеличение доли алкильных радикалов с ростом дозы. Алкильный радикал в этом случае дает восьмилинейчатый спектр с общей шириной ~ 145 Э, который можно объяснить неэквивалентностью β -протонов:

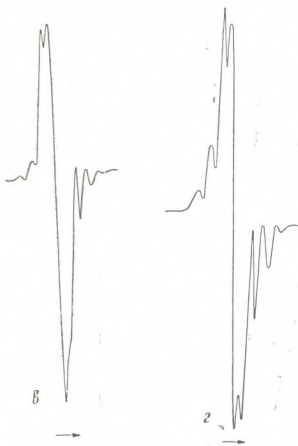


Рис. 1. Спектры ЭПР γ -облученных тиолов при 77°K : в—гексантиол, 1 мрад; г—гексантиол, 15 мрад

$$a_{\alpha} = a_{\beta_1} = a_{\beta_2} = 21 \text{ э} \quad \text{и} \quad a_{\beta_3} = a_{\beta_4} = 42 \text{ э}.$$

Подобная неэквивалентность протонов была наблюдаена и в случае ди- n -додецил-селенида [4].

Освещение УФ-светом γ -облученных тиолов изменяет вид спектра ЭПР и одновременно окраску образцов.

УФ-освещение превращает одиночную линию этантиола в асимметричный спектр с общей шириной 90 Э (рис. 2, а). Такой же спектр получен при облучении пропантиола быстрыми электронами и идентифицирован как серный радикал RS^{\cdot} [5].

В результате УФ-освещения γ -облученных бутан- и пентантиолов одиночные линии переходят в такой же асимметричный спектр, однако в больших полях появляются дополнительные компоненты (рис. 2, б). По-видимому, аналогичный эффект имеет место и для гексан-, додекан- и

октадекантиолов, но ввиду большой концентрации алкильных радикалов трудно выделить характерный спектр радикалов $RS\dot{S}$ (рис. 2, в).

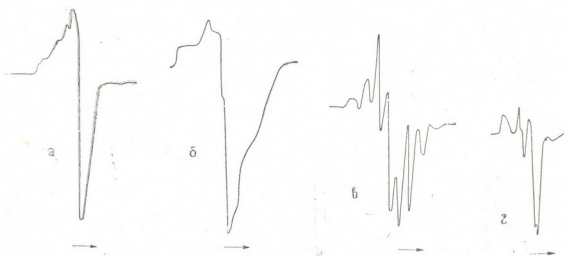


Рис. 2. Спектры ЭПР γ -облученных тиолов с последующим УФ-освещением при 77°К

Разогрев γ -облученного октадекантиола уменьшает общую концентрацию радикалов, и при 240°К можно заметить наложение спектра алкильного радикала на спектр радикала $RS\dot{S}$ (рис. 3, а). Вычитая из этого спектра теоретический спектр алкильного радикала, действительно, получаем типичный спектр серного радикала (рис. 3, б).

Введение фенильного кольца не меняет характера спектра ЭПР. Спектр γ -облученного дозой 8 мрад бензилмеркаптана при 77°К также представляет одиночную линию с шириной ~ 30 Э и g-фактором $\sim 2,01$, который как после УФ-освещения, так и после нагревания образца до 230°К превращается в спектр, приведенный на рис. 2.

Полученные экспериментальные данные позволяют судить о низкотемпературном радиолизе тиолов. Первичным актом действия γ -излучения при малых дозах является ионизация молекулы. Выбитый электрон может присоединяться к другой молекуле или захватываться какой-либо „ловушкой“:

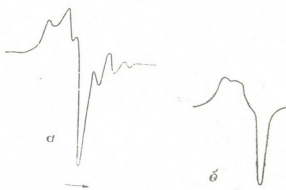


Рис. 3. а—Спектр ЭПР октадекантиола, γ -облученного при 77°К и отогретого до 240°К; б—спектр, полученный после вычитания из (а) теоретического спектра алкильного радикала

В образованных ионах, по-видимому, неспаренные электроны в основном локализованы на атомах серы, и поэтому в спектре ЭПР наблюдается одиночная линия с эффективным g -фактором (2,015), большим, чем у свободного электрона. Ввиду большой ширины линии спектра ион-радикалов спектр захваченного электрона не выделяется.

При γ -облучении тиолов может идти также реакция отрыва атома водорода от молекулы, находящейся в возбужденном состоянии. В тиолах с длинными углеводородными цепями наблюдается разрыв С—Н-связей, не соседних с SH-группой:



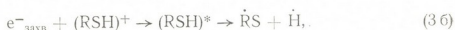
Известно, что в спиртах поглощенная энергия мигрирует по молекуле и локализуется около гидроксильной группы. В результате происходит отрыв атома преимущественно от углерода, находящегося в α -положении к этой группе. Замена кислорода на серу существенным образом изменяет картину радиолиза. В тиолах не наблюдается отрыв водорода от α -углерода относительно SH-группы.

На отсутствие миграции возбуждения к серасодержащей группе указывает и тот факт, что доля алкильных радикалов растет с увеличением длины углеводородной цепи тиолов.

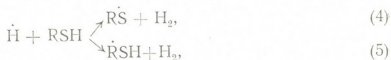
Влияние серы, по-видимому, не ограничивается на соседнюю метиленовую группу, а распространяется и на другие близлежащие метиленовые группы. Так, например, в случае этантиола не наблюдается разрыв С—Н-связи вплоть до интегральной дозы 15 мрад. Разрыв С—Н-связи не наблюдается и в пропантиоле, облученном быстрыми электронами дозой 20 мрад [5].

Увеличение доли алкильных радикалов с дозой можно объяснить предпологая, что начальный выход ион-радикалов намного больше, чем выход алкильных радикалов, а с увеличением дозы концентрация ион-радикалов распределяется быстрее.

УФ-лучи легко могут отрывать электроны у отрицательных ионов, а также выбивать $e^-_{\text{захв}}$ из „ловушек“:



Образованный серный радикал стабилизируется, а атом водорода может вступить в реакции



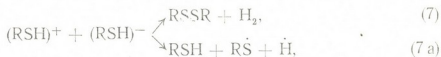
На протекание реакций (4), (5) и (6) указывает также обнаружение H_2 масс-спектрометрическим методом после размораживания облученного гексантиола.

Реакция (5) должна привести к увеличению концентрации алкильных радикалов после УФ-освещения, что и наблюдается на опыте.

В случае бутан- и пентантиолов протекание реакций (3) и (5) проявляется в большей степени: спектры ЭПР γ -облученных образцов не содержат линии алкильного радикала, однако после УФ-освещения, наряду со спектром $\dot{R}S$, появляются дополнительные компоненты в больших полях, которые, по-видимому, можно приписать к алкильным радикалам.

Обнаружение радикалов $\dot{R}S$ при разогреве $C_{18}H_{37}SH$ можно объяснить термическим инициированием реакции (3 б). Подобный результат наблюдается и при разогреве этантиола.

Проведенные химические анализы γ -облученных при 77°K этан- и додекантиолов [6] показали полное превращение разложившихся молекул тиола в соответствующие дисульфиды. Это указывает на ведущую роль образования серных радикалов и позволяет предложить, наряду с (3 б) и (3 в), следующие основные реакции при разогреве γ -облученных образцов:



Таким образом, предложенная выше схема низкотемпературного радиолитического разложения тиолов позволяет судить как о первичных процессах, так и о конечных продуктах радиолитического разложения и хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Выводы

1. Исследован низкотемпературный γ -радиолитический разложение ряда меркаптанов от этила до октадецила.
2. Первичными продуктами радиолитического разложения являются ион-радикалы и захваченные электроны, а для длинных углеводородных цепей и алкильные радикалы.
3. Установлено, что доля алкильных радикалов растет с увеличением длины углеводородной цепи, а также с ростом поглощенной энергии.

4. Обнаружено, что после УФ-освещения γ -облученных тиолов ион-радикалы превращаются в серные радикалы $RS\cdot$. К такому же результату приводит разогрев γ -облученных образцов.

5. Предложена схема низкотемпературного радиолитического разложения тиолов.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт неорганической химии
 и электрохимии

(Поступило в редакцию 5.9.1967)

ფიზიკური ქიმია

რ. ბარსაგოვი, ა. ბიჩნაშვილი, ა. ფანჩიძე, ე. ნანობაშვილი

ზოგბიერთი თიოლის დაბალტემპერატურული რადიოლიზის
 შესწავლა ელემენტარული პარამაგნიტური რეზონანსის მეთოდით
 რეზიუმე

შესწავლილია ზოგიერთი მერკაპტანის—ეთილიდან ოქტადეცილამდე—და-ბალტემპერატურული γ -რადიოლიზის ელემენტარული პარამაგნიტური რეზონანსის მეთოდით.

დადგენილია, რომ თიოლების γ -რადიოლიზის პირველად პროდუქტებს წარმოადგენენ იონ-რადიკალები და ჩაქვრილი ელემენტარები, ხოლო გრძელ-ჯაჭვიანი თიოლების შემთხვევაში აგრეთვე ალკილრადიკალები.

ალკილრადიკალების ფარდობითი რაოდენობა იზრდება ნახშირწყალბადური ჯაჭვის სიგრძისა და შთანთქმული ენერგიის რაოდენობის ზრდით.

დადგენილია, რომ γ -გასხივებული თიოლების შემდგომი ულტრაიისფერი გაშუქება, ისევე, როგორც ტემპერატურის აწევა, იწვევს იონ-რადიკალების გარდაქმნას $RS\cdot$ -გოგირდოვან რადიკალებად.

შრომში მოცემულია თიოლთა დაბალტემპერატურული რადიოლიზის სქემა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. E. M. Nanobaschvili, G. G. Tschirakadze, M. Sh. Simonidze et al. Radiation Chemical Transformation of Thiols and Thiocyanates. Proceedings of the Second Tihany symposium on Radiation Chemistry, Budapest, Akademia Kiado, 1967, 285.
2. Г. Г. Чиракадзе, Е. М. Нанобашвили. Радиационно-химические превращения алифатических меркаптанов в органических растворителях. В сб.: «Исследования в области электрохимии и радиационной химии», изд. «Мецნიერება», Тбилиси, 1965, 28.
3. Ю. Н. Молин, А. Т. Корицкий, А. Г. Семенов, Н. Н. Бубен, В. Н. Шамшев. Установка для наблюдения спектров ЭПР твердых веществ в процессе облучения быстрыми электронами. Приборы и техника эксперимента, № 6, 1960, 73.
4. J. J. Windle, A. K. Wiersema. ESR of Some Sulphur and Selenium Compounds. J. Ch. Phys., 41, 1966 (1964).
5. K. Akasaka, S. Ohnishi, H. Hatano. Formation of Free Radicals in Sulphur Compounds... Kogyo Kagaku Zasshi, 8, 1965.
6. Е. М. Нанобашвили, М. В. Панчвидзе, Р. Г. Барсегов. Низкотемпературный радиолитический разложение тиолов. Десятая научная сессия по химии сераорганических соединений нефтей и нефтепродуктов (тезисы докладов), Уфа, 1966.

3. ჩაბუნავა, ლ. ზვასალია, ვ. გონიძე, ე. ძნელაძე

ნახშირბადის კატალიზური, სელექტიური დაჟანგვის გამოკვლევები
 მანგანუმის ქმედებაში წყალბადის თანამყოფობისას
 ლაზორატორიულ და მოდელურ დანადგარებში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ლანდიამ 20.4.1967)

ქიმიური წარმოების სხვადასხვა პროცესებში აზოტწყალბადის ან სუფთა წყალბადის გამოყენებისას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება აირების გაწმენდას გარეშე შინარეგებისაგან. მათგან ყველაზე ძნელად მოსაშორებელი და ყველაზე მავნეა ნახშირყანგი. აზოტწყალბადის ნარევი, რაც გამოიყენება ამონიაკის სინთეზისათვის, 300 ატმ. წნევაზე და 500°C ტემპერატურაზე, არ უნდა შეიცავდეს 0,0035 მოცულობით %-ზე (ანუ სმ³/მ³) მეტ ნახშირყანგს [1]; ზოგიერთი უცხოური წყაროს მიხედვით [2] ეს ნორმა შემცირებულია 1—3 სმ³/მ³-მდე.

აზოტწყალბადის ნარევის პირველადი გაწმენდა ნახშირყანგისაგან მიმდინარეობს წყლის ორთქლის კონკრეტის გზით ნიკელ-ქრომიან კატალიზატორზე



ამ პროცესის შედეგად მიაღება წყალბადი და ნახშირყანგის შემცველობა აირთა ნარევეში მცირდება 3,5—1,5%-მდე (ზოგიერთ შემთხვევებში 0,7—0,5 % მდეც). დარჩენილი ნახშირყანგის მოსაშორებლად მრეწველობაში ძირითადად ორ მეთოდს იყენებენ: ნახშირყანგის აბსორბციას სპილენძ-ამონიაკის ხსნარით და აირთა ნარევის გარეცხვას თხევადი აზოტით.

ეს მეთოდები საკმაოდ ძვირია—რთულია გაჭმენდის ტექნოლოგიური სქემა, აპარატურის კონსტრუქციული გაფორმება, პროცესები ძნელად სამართავია; ამდენად აზოტწყალბადის ნარევის ან სუფთა წყალბადის ნახშირყანგისაგან ფაქიზი გაწმენდის პროცესის გამარტივება და გაიაფება ქიმიური მრეწველობის აქტუალური პრობლემაა.

გაწმენდის ტექნოლოგიური სქემის გამარტივებისა და გაიაფების ერთ-ერთი გზაა ნახშირყანგის კატალიზური, სელექტიური დაჟანგვა-მოლეკულური ქანგბადით წყალბადის თანამყოფობისას



პარალელურად შეიძლება წარიმართოს შემდეგი რეაქცია:



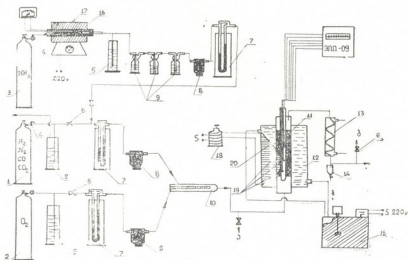
ამიტომ კატალიზატორის აქტივობა (2) რეაქციის მიმართ უნდა აღემატებოდეს აქტივობას (3) რეაქციის მიმართ. რთული არ არის აირთა ნარევისაგან რეაქციის პროდუქტის — ნახშირორყანგის სრულად მოცილება.

ნახშირყანგის სელექტიური დაჟანგვის გზით აზოტწყალბადის გაწმენდის საკითხის შესასწავლად მრავალი სამუშაოა ჩატარებული ჩვენშიც და უცხოეთ-

შიც. ამ გამოკვლევათა საფუძველზე პროცესისათვის ძირითადად რეკომენდებულია პლატინის ჯგუფის მეტალებისაგან მომზადებული კატალიზატორები [3] და მანგანუმის ორქანგი (MnO_2) ან ჰოპკალიტი, რის მთავარი შემადგენელი ნაწილია მანგანუმის ორქანგი [4, 5].

მაგრამ მრეწველობაში ამ კატალიზატორების ფართო გამოყენება ნახშირქანგის სელექტიური დაქანგვისათვის შეზღუდულია, რადგან პლატინის ჯგუფის მეტალებისაგან დამზადებული კატალიზატორები ძვირია, საჭიროებს დეფიციტურ მასალებს, ხოლო მანგანუმის ორქანგი და ჰოპკალიტი მუშაობის პროცესში იცვლის აქტივობას დაახლოებით 10-ჯერ [6] საწყის აქტივობასთან შედარებით, რაც მათი საწარმოო გამოყენების დროს ტექნოლოგიურ უზერტულობას იწვევს. ნახშირქანგის სელექტიური დაქანგვისათვის კატალიზატორად გამოცდილი იქნა [7] მანგანუმის ქვექანგი (MnO), მიღებული მანგანუმის ორქანგის (კიათურის პეროქსიდული მადანი) აღდგენით. გამოარკვა, რომ მანგანუმის ქვექანგს $180-220^{\circ}C$ ტემპერატურის ფარგლებში აქვს საკმაო კატალიზური აქტივობა და სელექტიურობა ნახშირქანგის დასაქანგავად წყალბადის თანამყოფობისას.

ლაბორატორიულ დანადგარზე და საქარხნო პირობებში მოდელურ დანადგარზე ჩატარებული ცდების საფუძველზე დადგენილია ზუსტი ტექნოლოგიური პარამეტრები მანგანუმის ქვექანგზე სელექტიური დაქანგვის გზით ნახშირქანგისაგან აზოტწყალბადის ნარევის გაწმენდისათვის.



სურ. 1. ლაბორატორიული დანადგარის სქემა

ნახშირქანგის ნახშირორქანგად გარდაქმნის ხარისხი, როგორც ტემპერატურის, მოცულობითი სიჩქარისა და აირთა ნარევი $O_2:CO$ ფარდობის (მოცულობით %-ში) ფუნქცია, შესწავლილია ლაბორატორიულ დანადგარზე (სურ. 1).

აზოტწყალბადის ნარევის, რაც შეიცავს ნახშირქანგს, აირის ბალონიდან (1) ვაწვდილით შემრევიში (10). აქვე ბალონიდან (2) შედიოდა ქანგბადის განსაზღვრული რაოდენობა. აირთა ნარევი შემრევიდან მიემართებოდა რეაქტორში (11), რეაქტორიდან კი მაიკვისა (13) და წვეთდაჰპერის (14) გავლით გაიტ-

ყორცნებოდა ატმოსფეროში. პროცესისათვის საჭირო ტემპერატურის მისაღწევად გახურებულ ზეთს ვაწვდიდით თერმოსტატიდან (15) რეაქტორის პერანგში (12). ზეთის ცირკულაციით ხდებოდა რეაქციის შედეგად გამოყოფილი სითბოს გატანაც.

კატალიზატორის ფენაში სხვადასხვა სიმადლეზე მოთავსებული სამი თერმოწყვილი მიერთებული იყო პოტენციომეტრთან ЭПН-09, რის საშუალებითაც ცდების ჩატარების მთელი დროის განმავლობაში ხდებოდა კატალიზატორის სხვადასხვა ფენის ტემპერატურის უწყვეტი გაზომვა და ჩაწერა.

კატალიზატორად გამოვიყენეთ ჰიათურის მანგანუმის პეროქსიდული მადანი (მარცვლების დიამეტრი $2 \div 3$ მმ) 60 სმ³-ის რაოდენობით. იგი წინასწარ ნაწილობრივ აღდგენილი იყო (ყავისფრად გახდომამდე) აზოტწყალბადის ნარევიტ 180—220°C ტემპერატურაზე. რეაქტორში მოთავსების შემდეგ კი, უშუალოდ ცდის დაწყების წინ, ხდებოდა კატალიზატორის საბოლოო აღდგენა აზოტწყალბადის ნარევიტ 350—400° ტემპერატურაზე 3—4 საათის განმავლობაში. აღდგენისათვის საჭირო აზოტწყალბადის ნარევი მიიღებოდა ამონიაკის დაშლით, იგი ბალონიდან (3) შედიოდა რკინის კატალიზატორიან რეაქტორში (16). ამონიაკის დაშლისათვის საჭირო ტემპერატურამდე (800°C) რეაქტორი ხურდებოდა ელექტროდუმელის (17) საშუალებით. ამონიაკის დაშლის შედეგად მიღებული აზოტწყალბადის ნარევი დაუშლელი ამონიაკის მოსაშორებლად გადიოდა დრეჟსელის სამ ჭურჭელში (9), რაშიც ჩასხმული იყო შესაბამისად გოგირდმჟავა, ტუტის ხსნარი და წყალი. სინესტის მოსაშორებლად აირები გადიოდა ჭურჭლებში (8), რაშიც ქლოროვანი კირი იყო ჩატვირთული.

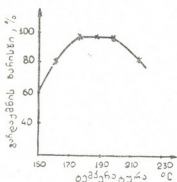
საანალიზო ა და ბ წერტილებიდან ვიღებდით აირების სინჯებს რეაქტორამდე და რეაქტორის შემდეგ. აირებში შემავალი კომპონენტების (H₂, CO, CO₂, O₂ და CH₄) რაოდენობა ისაზღვრებოდა ВТИ-3 ტიპის აირანალიზატორით. ძალიან მცირე რაოდენობა ნახშირჟანგისა აირში რეაქტორის შემდეგ იზომებოდა ელექტროკონდუქტომეტრული (ЭКВ) დანადგარით, ჟანგბადის კვალი კი—ინდიკოკარმინის ინდიკატორით.

გაწმენდის ცდებს ვატარებდით აზოტწყალბადის ნარევებზე, რაც შესაბამისად შეიცავდა ნახშირჟანგს 1,1 2,3 და 4,5%-ის რაოდენობით.

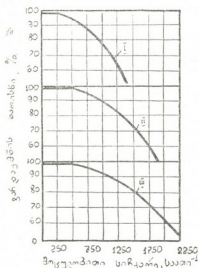
ლაბორატორიულ დანადგარზე ჩატარებული ზოგიერთი ცდის შედეგი წარმოდგენილია ცხრილში.

ტემპერატურა რეაქციის ზონაში, °C	აირის მოცულობითი სიჩქარე, საათ ⁻¹	აირი შეიცავდა რეაქტორამდე		აირი შეიცავდა რეაქტორის შემდეგ	
		CO, %	O ₂ , %	CO, სმ ³ /სმ ³	O ₂ , %
173	500	1,1	1,4	100	0,0
180	500	1,1	1,3	150	0,0
198	750	1,1	1,4	100	0,0
172	750	2,3	2,5	500	0,0
175	750	2,3	2,9	150	0,0
190	500	2,3	2,9	100	0,0
180	500	4,5	5,0	500	0,0
195	250	4,5	5,2	100	0,0
200	500	4,5	5,2	200	0,0

მრავალრიცხოვანი ცდების საფუძველზე დადგინდა ნახშირქანვის ნახშირ-ორქანვად გარდაქმნის ხარისხის დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან. ეს დამოკიდებულება გრაფიკის სახითაა მოცემული (სურ. 2).



სურ. 2. ნახშირქანვის გარდაქმნის ხარისხის დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან



სურ. 3. გარდაქმნის ხარისხის დამოკიდებულება მოცულობითი სიჩქარისაგან ნახშირქანვის სხვადასხვა შემცველობისას აზოტწყალბადის ნარევი: I—CO=4,5%, II—CO=2,3%, III—CO=1,1%

წარმოდგენილი გრაფიკიდან ჩანს, რომ პროცესის ოპტიმალური ტემპერატურა, რომლის დროსაც გარდაქმნის ხარისხი 96% და მეტია, 170—200°C-ის ფარგლებშია. 200°C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე იზრდება ქანვადით შებოჭილი წყალბადის წილი და ნახშირქანვის მნიშვნელოვანი ნაწილი დაუქანავი რჩება. 170°C-ზე დაბლა კი კატალიზატორის აქტივობა საერთოდ ნიცირდება და უკვე 155—160°C-ზე შეიმჩნევა როგორც ნახშირორქანვის, ასევე ქანვადის გახტომა.

პეტეროგენული კატალიზური პროცესის მნიშვნელოვანი პარამეტრია მოცულობითი სიჩქარე, რის მიხედვითაც უნდა მოხდეს აპარატურის გამოანგარიშება. ცხადია, რაც უფრო მაღალ მოცულობით სიჩქარეზე მიმდინარეობს კატალიზური პროცესი, მით უფრო ეკონომიურია მისი დანერგვა.

ცდები, რაც ჩაატარეთ 250-დან 2500 საათ⁻¹ მოცულობით სიჩქარეებზე, მიუთითებს, რომ აზოტწყალბადის ნარევის გაწმენდის დროს, მანგანუმის ქვექანვის კატალიზატორად გამოყენებისას, ნახშირქანვის სელექტიურად დაქანვის ხარისხი აირის მოცულობითი სიჩქარის გაზრდისას მცირდება და მით უფრო მეტად, რაც უფრო მაღალია გასაწმენდ აირში ნახშირქანვის შემცველობა. დაკვირვებათა შედეგები მოცემულია გრაფიკის სახით (სურ. 3).

როგორც ცდებმა აჩვენა, პროცესისათვის ოპტიმალური მოცულობითი სიჩქარე 500÷700 საათ⁻¹-ია. აზოტწყალბადის ნარევის ნახშირქანვისაგან სელექტიური დაქანვის გზით

გაწმენდის დროს განსაზღვრული რაოდენობით ემატება მოლეკულური ქანვადი. ცნობილია, რომ თვით ქანვადი ისევე მავნე მინარევია აზოტწყალბადის ნარევისათვის, როგორც ნახშირქანვი, ამიტომ საჭიროა შეირჩეს გაწმენდის ისეთი რეჟიმი, რის დროსაც შესაძლებელი იქნება დამატებული ქანვადის სრული შოცილება.

ცდებმა აჩვენა, რომ თუ პროცესი მიმდინარეობს 170°C და უფრო მაღალ ტემპერატურაზე, ქანგბადი ბოლიანად შედის რეაქციაში ნახშირქანგთან და წყალბადთან. საწარმოო პირობებში აზოტწყალბადის ნარევის გაწმენდის განხორციელებისას დიდი რაოდენობით ქანგბადის მიწოდება არაა მიზანშეწონილი, რადგან იგი გამოიწვევს წყალბადის დიდ ხარჯს და გაძნელება (2) და (3) რეაქციების შედეგად გამოყოფილი სითბოს გატანა, რაც გააუარესებს გაწმენდის ხარისხს.

ცდებმა აჩვენა, რომ აირთა ნარევი მიზანშეწონილია შეფარდება $\text{O}_2:\text{CO}$ იყოს $1,1 \div 1,3:1$. გასაწმენდ აირში ნახშირქანგის მაღალი შემცველობისას (1%-ზე მეტი), გაწმენდის ჩატარება უმჯობესია ორსაფეხურიან რეაქტორში. პირველ საფეხურზე შეფარდება $\text{O}_2:\text{CO}$ საკმარისია იყოს $0,9 \div 1:1$. აქ მოხდება 70—85% ნახშირქანგის დაქანგვა. მეორე საფეხურზე დარჩენილი ნახშირქანგის სრულად დაქანგვისათვის საჭიროა ჰარბი ქანგბადის დამატება ისე, რომ შეფარდება $\text{O}_2:\text{CO}$ იყოს $1,2 \div 1,3:1$.

ლაბორატორიული ცდებით დადგენილი ოპტიმალური პარამეტრებისა და პროცესის წარმოებაში დანერგვის შესაძლებლობის შემოწმების მიზნით კონვერტირებული აირის ნახშირქანგისაგან გაწმენდის პროცესის შესასწავლად რუსთავეის ქიმიური კომბინატის კონვერსიის სამქროში დამონტაჟდა ერთ და ორსაფეხურიანი მოდელური დანადგ რები. ერთსაფეხურიანი დანადგარის რეაქტორში ჩატვირთული იყო 1200 სმ³ კატალიზატორი, ორსაფეხურიანის რეაქტორებში—700 სმ³ თითოეულში.

ოპტიმალური პირობები, რაც დადგენილი იყო ლაბორატორიული ცდების საფუძველზე, სავსებით მისაღები აღმოჩნდა მოდელურ დანადგარზე საწარმოო აირის გასაწმენდად.

ერთსაფეხურიან დანადგარზე, სადაც ქანგბადს ვაწვდიდით ისეთი რაოდენობით, რომ აირის ნარევი შეფარდება $\text{O}_2:\text{CO}$ იყო $1,35:1$, შესაძლებელი შეიქნა ნახშირქანგის რაოდენობის შემცირება 2,5—3,5%-დან მხოლოდ 0,1%-მდე. ამის მიზეზი იყო რეაქციის შედეგად გამოყოფილი სითბოს ცუდად გატანა და, აქედან გამომდინარე, პროცესის ტემპერატურის გაძნელებული რეგულირება.

ორსაფეხურიან დანადგარში ქანგბადს ვაწვდიდით ისეთი რაოდენობით, რომ მისი შემცველობა აირის ნარევიში პირველი საფეხურის წინ მუდმივად 1,8—2,0% იყო (ფარდობა $\text{O}_2:\text{CO} = 0,8 \div 1,1:1$), მეორე საფეხურის წინ კი—0,4—0,7% (ფარდობა $\text{O}_2:\text{CO} = 1,2 \div 3:1$). გაუმჯობესებული იყო რეაქციის შედეგად გამოყოფილი სითბოს გატანა და შესაბამისად პროცესის ტემპერატურის რეგულირება. ასეთ პირობებში მიღწეულია გაწმენდის მაღალი ხარისხი.

ორსაფეხურიან დანადგარში 500-საათიანი უწყვეტი მუშაობის პერიოდში კატალიზატორის აქტივობა არ შემცირებულა.

დასკვნები

1. ჩატარდა ნახშირქანგის კატალიზური, სელექტიური დაქანგვის გამოკვლევები მანგანუმის ქვექანგზე (MnO) წყალბადის თანამყოფობისას ლაბორატორიულ და მოდელურ დანადგარებზე.
2. დადგენილ იქნა აზოტწყალბადის ნარევის ნახშირქანგისაგან სელექტიური დაქანგვის გზით გაწმენდის ოპტიმალური პარამეტრები (ტემპერატურა, მოცულობითი სიჩქარე, ქანგბადის კონცენტრაცია) მანგანუმის ქვექანგზე.

3. საქარხნო პირობებში, ორსაფეხურიან მოდელურ დანადგარზე ჩატარებული ცდების საფუძველზე, დადგინდა მანგანუმის ქვეყანგზე ნახშირჟანგის სელექტიური დაქანგვის პროცესის გამოყენების შესაძლებლობა სამრეწველო კოვერტირებული აირის გასაწმენდად.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

აბორგანული ქიმიისა და ელემენტოქიმიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 20. 4. 1967)

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

В. Т. ЧАГУНАВА, Л. И. ГВАСАЛИЯ, В. П. МОСИДЗЕ, Э. Р. ДЗНЕЛАДЗЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНОЙ И МОДЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО, СЕЛЕКТИВНОГО ОКИСЛЕНИЯ ОКИСИ УГЛЕРОДА НА ЗАКИСИ МАРГАНЦА В ПРИСУТСТВИИ ВОДОРОДА

Резюме

В работе изложены результаты исследований по селективному окислению окиси углерода в присутствии водорода. В качестве катализатора применялась закись марганца (MnO), полученная путем восстановления марганцевой пероксидной руды Чиатурского месторождения.

На основе лабораторных опытов при концентрациях окиси углерода в азотно-водородной смеси 1,1, 2,3 и 4,5% установлены оптимальные параметры (температура 170—200°C, объемная скорость газового потока 500—700 час⁻¹ и соотношение $O_2:CO$ в газовой смеси 1,1 ÷ 1,3:1 в об. %), при которых степень превращения CO в CO_2 превышает 96%.

Очистка промышленного конвертированного газа от CO путем селективного окисления на двухступенчатой модельной установке показала, что при применении закиси марганца в качестве катализатора содержание CO в газовой смеси уменьшается от 1,6—3% до 100 см³ и менее. В течение 500-часовой непрерывной работы снижение активности катализатора не замечалось.

დაბოვიშვებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Блосяк, К. Лайдлер, С. Павликовский, Я. Соболевский, Л. Соболевский. Технология связанного азота. Госхимиздат, М., 1961.
2. Ian. R. Lounsbury. Infrared analyzers in ammonia plants. Can. Chem. Process., 5, 1955.
3. M. L. Brown, A. W. Green, G. Cohn, H. G. Andersen. Selective oxidation of carbon monoxide. Ind. Eng. Chem., 10, 1960.
4. М. И. Силич. Очистка водорода и азото-водородной смеси от окиси углерода методом избирательного окисления. Труды ГИАП, вып. 1, 1953.
5. Казарновский, Борщевский, Костин. Очистка азото-водородной смеси от окиси углерода путем селективного окисления. ЖПХ, № 4, 1938.
6. Б. П. Брунс, Н. А. Шурмовская. О порядке реакции каталитического окисления окиси углерода на двуокиси марганца. ЖФХ, т. XXXII, вып. 9, 1958.
7. В. Т. Чагунава, Н. М. Кордзахия. Очистка азотно-водородной смеси от окиси углерода. Сообщения АН ГССР, т. XXXVI, 3, 1964.



В. Ш. БАХТАДЗЕ

ОЧИСТКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ОТ ОКИСИ УГЛЕРОДА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 25.4.1967)

В связи с бурным развитием автотранспорта за последнее время наблюдается растущее загрязнение воздушного бассейна больших городов и промышленных центров токсичными составляющими отработавших газов двигателей внутреннего сгорания [1]

Как известно, коэффициент избытка воздуха (α) при сгорании топлива в цилиндрах бензиновых двигателей для большинства режимов работы меньше единицы. Этим объясняется выделение с отработавшими газами автотранспорта окиси углерода и других токсичных компонентов — продуктов неполного сгорания топлива.

В выхлопных газах карбюраторных двигателей присутствует значительное количество окиси углерода, концентрация которой колеблется от 0,1 до 10% по объему. Для уменьшения токсичности отработавших газов разрабатываются и внедряются разные способы очистки выхлопных газов, одним из которых является метод каталитического дожигания продуктов неполного сгорания топлива в нейтрализаторах.

В настоящее время наибольшее распространение получили нейтрализаторы с платиновыми катализаторами французской фирмы «Окси-франс», серийное производство которых началось с 1953 г. Анализ литературных данных [2], показывает, что делается много попыток заменить платину более доступными окисными катализаторами в процессе очистки выхлопных газов от окиси углерода, углеводородов и окислов азота. В этом направлении проводятся большие исследовательские работы как за рубежом, так и в Советском Союзе. Трудность задачи заключается в том, что катализатор, предназначенный для работы в нейтрализаторе должен быть стойким к перегревам до 800 — 900° и активным при больших объемных скоростях от 10000 до 100000 час⁻¹.

Определенный интерес представляет испытание марганцевой пероксидной руды Чнатурского месторождения в качестве катализатора очистки выхлопных газов от окиси углерода. Из работы [3] известно, что при помощи этого катализатора достигается полная очистка экзопланетарного газа от окиси углерода и водорода в производстве мочевины при температуре 520° и объемной скорости 900 час⁻¹. При отсут-

ствии следов сернистых соединений в газе рабочей фазой катализатора является двухфазная система $\beta\text{-MnO}_2$ и $\beta\text{-Mn}_2\text{O}_3$, дисперсность которых составляет 220—250 Å. Ниже приводятся результаты испытания марганцевых катализаторов для очистки выхлопных газов бензиновых двигателей от окиси углерода.

В качестве катализаторов окисления окиси углерода испытывались два образца, приготовленные методом пропитки стандартной окиси алюминия раствором нитрата марганца, магния и кальция и марганцевая пероксидная руда Чиатурского месторождения. Физико-химическая характеристика руды: MnO_2 —91,06%; SiO_2 —2,04%; CaO —1,20%; MgO —0,52%; Fe_2O_3 —0,80%; Al_2O_3 —1,14%; BaO —0,08%; P —0,58%; S —0,06%; влажность—4,3%; удельный вес—4,7—5,0; насыпной вес 2,15; твер-

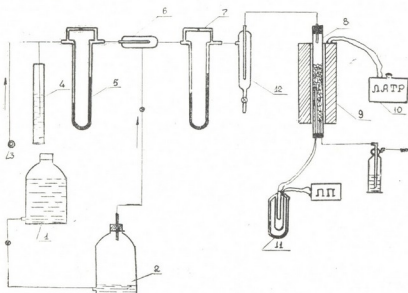


Рис. 1. Схема лабораторной установки

дизатора 2 см³. Лабораторные испытания всех образцов проводились на проточной установке (рис. 1).

Для испытания катализаторов использовался выхлопной газ от одноцилиндрового 4-тактного двигателя Л-3, работающего на бензине марки А-72. Выхлопной газ набирали в газометре (2), откуда газ под давлением, создаваемым насыщенным раствором хлористого натрия, находящегося в сосуде (1), подавался в смеситель (6). В смеситель поступал воздух от газодувки (3), через маностат (4) и реометр (5). Разбавленная газовая смесь из смесителя с содержанием 3—4% CO , 2—3% CO_2 и 14—15% O_2 через реометр (7) и влагоотделитель (12) поступала в реактор (8). Реактором служила кварцевая трубка (\varnothing 20 мм), вставленная в цилиндрическую электропечь (9). Наружный обогрев реактора регулировался с помощью ЛАТРа.

дость на раздавливание 3 кг/мм²; пористость 22,4; удельная поверхность по БЭТ 17,5 м²/г. Катализаторы, приготовленные путем пропитки окиси алюминия, различаются друг от друга по содержанию марганца в носителе. Катализатор № 2 содержит 8,15% Mn , № 3—28,0%. Размеры зерен испытываемых образцов 2—3 мм. Объем ка-

В нижней и верхней частях реактора помещались насадки-шарики из окиси алюминия с высотой слоя 40 мм. Температура замерялась в зоне реакции с помощью платиновой термпары и потенциометра постоянного тока (ПП).

Все образцы испытывались при объемной скорости 15000 час⁻¹ и при температурном интервале 250—580°. Предварительный подогрев катализатора осуществлялся в токе воздуха в течение одного часа при $W=15000$ час⁻¹ и 500°.

Содержание окиси углерода в газе определялось до и после реактора с помощью газоанализатора ВТИ-2. Об активности катализатора судили по степени превращения окиси углерода.

Для установления зависимости активности катализатора от объемной скорости катализатор № 1 испытывался также при объемных скоростях 10000 и 20000 час⁻¹ (рис. 2).

На рис. 2 приведены также результаты «холостых опытов», т. е. опытов без катализатора при объемных скоростях, эквивалентных 15000 и 7500 час⁻¹.

Данные, приведенные на рис. 2 и 3, показывают высокую активность марганцевых катализаторов в реакции окисления окиси углерода. На насадках при 500° окисление СО незначительное, в то время как в присутствии катализатора степень превращения окиси углерода достигает 80—100%.

Из рис. 3 видно, что по своей активности катализатор № 2 мало уступает катализатору № 1. После предварительного прогрева в токе воздуха при 800° катализатор № 2 не только сохраняет свою прежнюю активность, но даже несколько повышает ее.

Стендовые испытания катализатора № 1 проводились в нейтрализаторе КНГ-М.

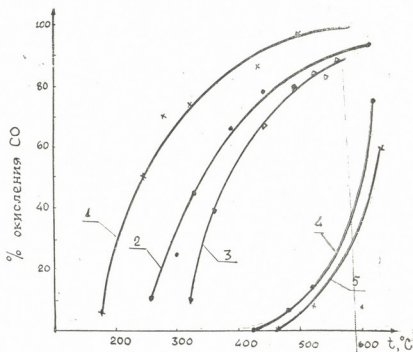


Рис. 2. Глубина превращения 3—4% СО в выхлопном газе на катализаторе № 1 (кривые 1, 2, 3) и на насадке из окиси алюминия при разных объемных скоростях: 1— $W=10000$ час⁻¹; 2— $W=15000$ час⁻¹; 3— $W=20000$ час⁻¹; 4— $W=7500$ час⁻¹; 5— $W=15000$ час⁻¹

Во время испытания нейтрализатор КНГ-М был установлен на выхлопной трубке двигателя автомашины ЗИЛ-120 с карбюратором К-22. Топливом для сжигания служил автобензин марки А-72.

Результаты стендовых испытаний нейтрализатора КНГ-М с катализатором № 1 приведены в табл. 1. Степень очистки отработавших газов от окиси углерода составляет 65—100%. Время разогрева нейтрализатора в зависимости от нагрузки двигателя не превышает 5—15 мин.

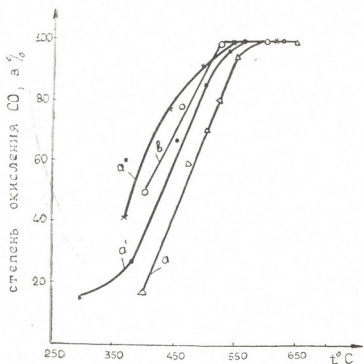


Рис. 3. Активность марганцевых катализаторов (а—образец № 2; б—образец № 3) в зависимости от температуры реакции окисления 3% СО в выхлопном газе при $W=15000$ час⁻¹. Кривая а'—активность образца № 2 после предварительного прогрева в токе воздуха в течение 1 часа при 800°; а''—то же в течение 2 часов

После начала окисления при работе двигателя в режиме холостого хода (температура входящего в реактор газа 230°) автотермичность процесса поддерживается за счет выделившегося тепла.

Наблюдаемое уменьшение степени превращения окиси углерода в конце первой серии опытов вызвано перегревом катализатора во время работы двигателя при режиме 1700 об/мин (опыты № 7—9).

Из приведенных в табл. 1 данных можно заключить, что стабильная работа нейтрализатора с катализатором № 1 обеспечивается, если температура газа после реактора не превышает 650°.

Для уточнения показателей активности катализатора № 1 были проведены также опыты на модельной установке в лаборатории нейтрализации и проблем энергетики автомобилей и тракторов (ЛАНЕ ЦНИТА) в г. Москве. Схема установки и методика проведения эксперимента разработаны в данной лаборатории и описаны в работе [2].

Объем катализатора в реакторе составлял 360 мл. В ходе эксперимента измерялись: расход выхлопного газа в реакторе, температура

газа до и после нейтрализатора. Пробы газа отбирались в эвакуированных пипетках и анализировались на содержание H_2 , CO , O_2 , CO_2 на хроматографе ХТ-2М и на установке с детектором Г-10.

Таблица 1

№ п/п		Режим работы двигателя ЗИЛ-120		Температура, °С		Содержание CO , %		Степень очистки, %	
Первая серия	Вторая серия	Мощность, л. с.	Число оборотов, об/мин	перед нейтрализатором	после нейтрализатора	перед нейтрализатором	после нейтрализатора		
1		Холодный ход	700	300	400	0,8	—	100	
2			700	250	540	1,3	—	100	
3			800	260	580	4,25	0,5	88,0	
4			800	260	480	7,2	0,9	88,0	
5			800	380	480	6,6	0,5	91,0	
6			800	250	420	6,3	2,2	65,0	
7			42	1700	600	740	6,7	0,9	86,0
8			37	1700	800	800	6,35	2,0	70,0
9			40	1700	740	700	6,5	2,1	67,0
10			35	800	540	450	6,7	4,0	40,0
11			35	800	480	500	6,7	3,9	42,0
	1	Холодный ход	800	260	540	6,9	0,3	96,0	
	2		800	230	440	4,5	0,7	85,0	
	3		800	240	410	4,1	1,2	70,0	
	4		800	260	480	3,9	0,15	97,0	
	5		35	800	530	650	5,9	1,3	78,0
	6		35	800	500	580	6,7	1,9	72,0
	7		35	800	400	520	6,1	2,4	60,0
	8		35	800	480	620	6,4	2,1	60,0

Результаты анализов сведены в табл. 2. Полученные данные показывают, что нижним температурным пределом начала интенсивного процесса окисления компонентов отработавших газов для пиролюзита является $300-310^\circ$, причем с увеличением объемных скоростей этот предел повышается.

Таблица 2

Результаты испытания марганцевого катализатора (пиролюзит) на модельной установке

№ п/п	Температура °С		Объемная скорость, час ⁻¹	Состав газа, %								Степень очистки от CO , %
	до реактора	после реактора		до реактора				после реактора				
				H_2	CO	O_2	CO_2	H_2	CO	O_2	CO_2	
1	352	607	89000	3,23	6,13	6,0	6,0	0,9	2,95	6,5	6,7	51,8
2	375	645	94000	3,28	5,88	6,0	6,1	0,98	2,88	3,6	8,25	51,1
3	301	566	68000	3,75	7,5	9,9	3,5	0,03	0,07	3,7	9,6	99,1
4	344	670	70000	4,18	7,88	9,9	3,5	—	—	2,6	10,0	100

Согласно этим данным, при объемных скоростях $68-70 \cdot 10^3$ час⁻¹ и при температуре газа после реактора $560-670^\circ$ достигается практически полное окисление окиси углерода, что наглядно показано на хроматограмме, полученной анализами проб газа до и после прохождения катализатора (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что хроматограф не регистрирует CO и H_2 в газах после реакции окисления при $W=68-70 \cdot 10^3 \text{ час}^{-1}$. С увеличением объемных скоростей до $90-94 \cdot 10^3 \text{ час}^{-1}$ активность катализатора в отношении окисления окиси углерода уменьшается и составляет 51%.

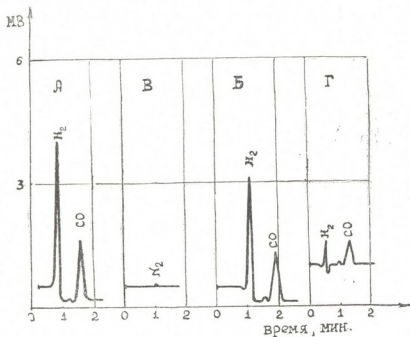


Рис. 4. Хроматограмма, обработавших газов, разделенных на активированном угле марки СКТ. А, Б—исходные газы; В—после прохождения их через слой катализатора при $W=70000 \text{ час}^{-1}$; Г—то же при $W=94000 \text{ час}^{-1}$. Температуры выходящего из реактора газа 566 и 607° .

Эти данные хорошо согласуются с результатами стендовых испытаний катализатора № 1 в полноразмерном нейтрализаторе (табл. 1), когда при увеличении нагрузки и числа оборотов двигателя также наблюдается уменьшение степени превращения окиси углерода.

Академия наук Грузинской ССР

Институт неорганической химии и электрохимии

(Поступило в редакцию 25.4.1967)

3. ბახტაძე

ქიმიური ტექნოლოგია

წიგნის ძრავებიდან გამოვლევნილი აირების გაწმენდა
 ნახშირბადისაგან

რეზიუმე

მანგანუმის უანგეულების შემცველი კატალიზატორების სამი ნიმუშის აქტივობის შემოწმებამ ნახშირბადის დაჟანგვის რეაქციის მიმართ ლაბორატორიულ პირობებში გვიჩვენა მათი მაღალი აქტივობა 15000 საათი^{-1} მოცულობით სიჩქარესა და 500°-ზე სარეაქციო ნარევის შემცველობა (მოც. %-ში: $\text{OC}-3 \div 4$; $\text{CO}_2-2 \div 3$; $\text{O}_2-14 \div 15$) უახლოვედა შიდაწვის ძრავებიდან გამოვლევნილი აირების შემადგენლობას.

დავოყვამული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Вольфсон. Борьба с отработавшими газами автотранспорта. М., 1950.
2. Токсичность двигателей внутреннего сгорания и пути ее снижения. Доклады участников симпозиума. М., 1966.
3. В. Т. Чагунава. Исследования по применению марганцевых катализаторов в химической промышленности. Тбилиси, 1965.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Р. И. АГЛАДЗЕ (академик АН ГССР), В. Л. ГЕГЕЧКОРИ

ГИДРАТАЦИЯ АЦЕТИЛЕНА В СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРАХ ТРЕХВАЛЕНТНОГО МАРГАНЦА

Реакция гидратации ацетилена с целью получения ацетальдегида осуществляется в промышленности с применением контактного раствора, в состав которого входит сульфат окиси ртути. Наряду с высокими производственными показателями, процессу свойственны принципиальные недостатки, ограничивающие возможность его дальнейшего развития [1].

В этой связи подбор нетоксичного катализатора, обеспечивающего активность, избирательность и простоту регенерации, представляет собой значительный практический интерес. Неоднократно делались попытки замены ртутного катализатора нертутным [2, 3].

Целью данной работы является установление возможности осуществления процесса гидратации в присутствии ионов Mn^{3+} в сернокислых растворах.

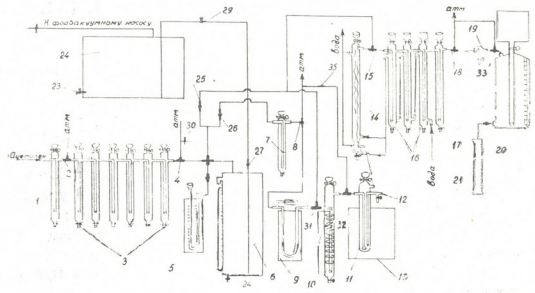


Рис. 1. Схема установки для гидратации ацетилена

Растворы сернокислого Mn^{2+} получали анодным растворением электролитического марганца в 16 н. растворе H_2SO_4 [4].

Опыты проводились на установке, изображенной на рис. 1.

Ацетилен, полученный в генераторе типа «карбид в воду», подвергался очистке в системе скрубберов (3), последовательно заполненных хромовым ангидридом в концентрированной серной кислоте, раствором азотной кислоты — 54%, раствором едкого натрия — 20% и хлопьевидными пластинками активированного угля. Очищенный ацетилен собирался в сборнике (6) емкостью 100 л, который соединялся с напорным баком (22), установленным на высоте 4,6 м. Давление в системе измеряли манометром (5), скорость газового потока — реометром (9). Через увлажнитель (10) ацетилен вводился в гидрататор (11) с пробоотборником (12). Объем контактного раствора 150 мл. Температура регулировалась при помощи термостата (13). Непрореагировавший ацетилен и продукты реакции через холодильник с ловушкой (14) направлялись в систему скрубберов (16), заполненных для поглощения ацетальдегида водой или, в случае больших скоростей, этиловым спиртом. Затем газовый поток пропускали через контрольный скруббер (17) и собирали в газометре (20). Сборник (6) и газометр (20) были заполнены насыщенным раствором хлористого натрия. Перед каждым опытом вся система, за исключением реактора (11), в течение 10 минут промывалась ацетиленом. Количество поглощенного ацетилена определяли по разности объемов пропущенного газа и вытекшего из газометра раствора за единицу времени, учитывая давление, температуру окружающей среды и упругость водяных паров над раствором в сборнике и газометре. При помощи кранов (30) и (33) производили отбор проб для анализа ацетилена. Краны (2), (4), (8), (15), (18), (31) и (32) — регулирующие. Они служат для соединения системы с атмосферой или для отключения того или иного узла по мере надобности.

Все скруббера на 1/3 объема были заполнены стеклянной насадкой.

Анализ сернокислых растворов Mn^{3+} осуществляли потенциометрическим титрованием 0,01 н. раствором соли Мора и 0,02 н. раствором перманганата калия в пирофосфатной среде.

Продукты реакции из ловушки и погложительных скрубберов анализировались качественно на отдельные функциональные группы. При температурах выше 90°C был обнаружен в значительном количестве паральдегид. Ацетальдегид определяли количественно сульфитным методом и колориметрически. Ни в одном эксперименте не имели места осмоление контактного раствора и шламообразование. Выше 100° в некоторых случаях наблюдались незначительное пожелтение раствора и осаждение на стенках реактора прозрачно-коричневого осадка.

Была исследована зависимость процесса гидратации от скорости пропускания ацетилена через контактный раствор, температуры, времени эксперимента и концентрации Mn^{3+} .

Зависимость процесса гидратации от скорости пропускания ацетилена. Опробованы были скорости в диапазоне 70—300 мл/мин. Результаты некоторых экспериментов приведены в табл. 1.

таблица 1
 Зависимость выхода ацетальдегида от скорости ацетилена
 $Mn^{2+} = 4,56$ г/л, $t = 55^{\circ}C$, время = 180 мин

Скорость C_2H_2 , мл/мин	Количество поглощенного C_2H_2 , л/л раствора	Максимальная скорость поглощения C_2H_2 , мл/мин	Выход ацетальдегида	
			г	% на поглощенный C_2H_2
200	3,12	19,8	2,64	43,0
180	3,40	20,8	5,25	50,0
150	4,84	28,5	5,92	62,4
130	4,65	28,3	6,82	74,8
120	5,45	31,2	8,40	78,3
110	5,36	30,8	9,08	86,0
100	5,20	30,5	8,55	82,4
90	5,30	31,4	8,86	75,4
80	5,65	32,8	8,90	79,9
70	5,50	31,2	8,42	77,8

Как видно из табл. 1, количество поглощенного ацетилена с увеличением скорости уменьшается и максимальная скорость поглощения падает на область низких скоростей. Максимальный выход ацетальдегида имеет место при скорости 110 мл/мин. Те же зависимости сохраняются при всех проверенных нами температурах в интервале $25 - 120^{\circ}C$ и при разных концентрациях контактного раствора. При низких скоростях (меньше 90 мл/мин), очевидно, неполностью выносятся ацетальдегид, и при максимальном поглощении выход продукта сравнительно мал. Низкий выход ацетальдегида при скоростях выше 150 мл/мин связан с недостаточным временем контакта, так как максимальная скорость поглощения ацетилена в этих условиях значительно понижается.

Зависимость процесса гидратации от температуры. Была проведена серия экспериментов в интервале $25 - 110^{\circ}C$. Концентрация Mn^{2+} 3,50 г/л, скорость 120 мл/мин, время 120 минут. На основании проведенных опытов установлено, что зависимость показателей процесса от температуры имеет сложный характер. В табл. 2 приведены результаты исследования.

Как видно из табл. 2, количество поглощенного ацетилена и скорость поглощения возрастают с повышением температуры, в то время как выход продукта проходит через максимум в области $60 - 70^{\circ}$. Это связано, вероятно, с одной стороны, с повышением активности воды и поляризующего действия катионов соли [5], а с другой стороны, с понижением устойчивости ионов Mn^{2+} в растворе, что хорошо согласует-

ся с полученными авторами данными по изучению устойчивости серно-кислых растворов Mn^{3+} .

Таблица 2

Зависимость выхода ацетальдегида от температуры

t°C	Количество поглощенного C_2H_2 , л/л раствора	Максимальная скорость поглощения C_2H_2 , мл/мин	Выход ацетальдегида	
			г	% на поглощенный C_2H_2
25	1,82	14,6	1,39	38,6
40	2,60	25,3	3,20	62,5
55	3,34	33,2	5,16	78,8
60	3,85	33,6	6,68	87,1
70	4,63	41,8	7,30	80,2
80	4,60	43,0	6,37	76,2
90	4,84	44,5	5,60	64,4
110	2,80	43,6	2,40	4,5

Зависимость процесса гидратации от продолжительности опыта. В табл. 3 приведены результаты некоторых экспериментов. Из данных таблицы следует, что хотя поглощение ацетилен происходит интенсивно с начала опыта, выход продукта в первый период невысокий. Через 60 минут имеет место аномально высокий выход альдегида, достигающий 110% и более. Очевидно, в начальный период ацетилен идет на образование промежуточного соединения, до установления равновесия между его распадом, сопровождающимся выделением ацетальдегида, и образованием новых порций. В тех случаях, когда скорость распада превышает скорость образования, выход ацетальдегида превышает 100%. Аналогичную картину наблюдал Д. В. Сокольский и др. при изучении гидратации по Кучерову [1].

Таблица 3

Изменение выхода ацетальдегида во времени
 $Mn^{2+} = 4,80$ г/л, скорость = 90 мл/мин, $t = 60^\circ C$

Время, мин	Количество поглощенного ацетилена, мл/л раствора	Количество вступившего в реакцию C_2H_2 , мл/л раствора	Выход ацетальдегида, % на поглощенный C_2H_2
15	460	156	32,5
30	1100	536	48,4
60	1730	1180	68,2
90	2290	2310	102,3
120	2700	2960	108,6
180	3140	2360	78,3

Зависимость процесса гидратации от концентрации Mn^{3+} . При исследовании зависимости процесса от концентрации Mn^{3+} в растворе мы столкнулись с рядом затруднений, связанных со склонностью иона к диспропорционированию по уравнению

$2 \text{Mn}^{3+} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + \text{Mn}^{4+}$ (1), которое сильно зависит от кислотности среды [4]. Для сдвига равновесия влево мы использовали контактные растворы с достаточно высоким содержанием Mn^{2+} . Несмотря на сложный состав раствора, зависимость процесса от концентрации Mn^{3+} проявляется достаточно четко: с увеличением Mn^{3+} в сернокислых растворах значительно увеличивается выход ацетальдегида. В табл. 4 приведены результаты некоторых экспериментов.

Количество поглощенного ацетилена возрастало во времени, и полного насыщения не удалось добиться. Были проведены опыты для установления величины поглощения ацетилена в 16 н. H_2SO_4 , подбирались условия, аналогичные гидратации. Величина поглощения с увеличением температуры увеличивается, проходя через минимум в области 60° . Полного насыщения и в этом случае не удалось добиться. Величины поглощения ацетилена в сернокислых растворах Mn^{3+} больше, чем в 16н. H_2SO_4 . Например, если в первом случае поглощение при температурах $40, 60$ и 110° соответственно равно 2,60; 3,86 и 2,80 мл/мин, то в аналогичных условиях во втором случае соответственно имеем 1,54; 1,36 и 2,22 мл/мин (время — 120 минут).

Таблица 4

Зависимость выхода ацетальдегида от концентрации Mn^{2+}
 скорость = 110 мл/мин, $t = 55^\circ\text{C}$

Концентрация Mn^{2+} , г/л	Время, мин	Количество пог- лощенного ацети- лена, л/л раствора	Выход ацетальдегида	
			г	% на поглощен- ный C_2H_2
1,28	150	2,65	3,15	60,3
2,72	150	2,80	3,61	65,4
3,72	150	3,50	5,12	73,4
4,88	150	4,10	6,45	80,1
1,38	120	2,42	2,86	60,0
2,70	120	2,40	3,32	70,5
4,88	120	2,68	4,31	81,8
1,23	100	2,65	2,85	56,8
2,48	100	2,80	3,85	70,0
4,56	100	3,13	5,13	83,3

Время жизни контактного раствора в значительной мере зависит от температуры. Влияние температуры тем больше, чем больше концентрация Mn^{3+} .

Регенерация контактного раствора и замыкание технологического цикла являются предметом дальнейшего исследования.

Выводы

1. Установлена возможность получения уксусного альдегида гидратацией ацетилена в сернокислых растворах Mn^{3+} .

2. Исследована зависимость процесса от скорости пропускания ацетиленов через контактный раствор, температуры, времени опыта и концентрации Mn^{3+} . Оптимальными условиями являются: Mn^{3+} — 4,50 г/л, $t=60-70^{\circ}C$, скорость 100 мл/мин; время жизни контактного раствора 4—5 часов. Выход ацетальдегида достигает 85% на поглощенный ацетилен.

Академия наук Грузинской ССР

Институт неорганической химии
и электрохимии

(Поступило в редакцию 10.6.1967)

რ. აბლაძე (საქართველოს სრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ვ. გეგეჩორი

აცეტილენის ჰიდრატაცია სემპალენტოვანი მანგანუმის
გოგირდშავა ხსნარებში

რეზიუმე

მიღებულია ძმარმეავე აღდებიდი აცეტილენის ჰიდრატაციით სემპალენტოვანი მანგანუმის გოგირდშავა ხსნარებში. შესწავლილია სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა პროცესზე: აცეტილენის გატარების სიჩქარე კონტაქტური ხსნარში, ტემპერატურა, ექსპერიმენტის დრო და Mn^{3+} -ის კონცენტრაცია. პროცესის ოპტიმალური პირობებია: Mn^{3+} — 5 გ/ლ, ტემპერატურა $60-70^{\circ}$, სიჩქარე—100 მლ/წუთი, კონტაქტური ხსნარის მდგრადობის ხანგრძლივობა — 4-5 საათი, აცეტალდეჰიდის გამოსავალი შთანთქმულ აცეტილენზე 85%-ს აღწევს.

დადოწმებულ ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Д. В. Сокольский, В. П. Шмонина и др. Исследование жидкофазной гидратации ацетиленов по Кучерову. Труды Ин-та химических наук АН КазССР, 2, 1958, 158.
2. Р. М. Флид. О некоторых принципах подбора катализатора для жидкофазной гидратации ацетиленов в ацетальдегид. Труды Ин-та химических наук АН КазССР, 6, 1959, 87.
3. Томо, Ямамото. Опыты по проведению реакции гидратации ацетиленов с помощью солей цинка и кадмия. «Когё Кагаку дзасსი», 61, 6, 1958, 708.
4. Р. И. Агладзе, Н. И. Харабадзе. Трехвалентный марганец. Электрохимия марганца, т. I, Тбилиси, изд. АН ГССР, 1957, 233—268.
5. Р. М. Флид, Ю. Ф. Гольнец. Изучение растворимости ацетиленов в водных растворах электролитов в зависимости от температуры и концентрации соли. Химия и химическая технология, 2, 1959, 173.

УДК 661.14

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Х. И. ГАПРИНДАШВИЛИ, А. Л. НАВАСАРДОВА, Ю. Л. ЧИБАЛАШВИЛИ

ФОТОХРОМНОЕ СТЕКЛО И МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПРОЦЕССА
ОБРАТИМОСТИ

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 19.7.1967)

В последнее время в связи с развитием новых отраслей науки и техники проявляется интерес к особому виду светочувствительных стекол— фотохромным стеклам.

Отличительной особенностью этих стекол является способность быстро темнеть под воздействием облучения в видимой или в близкой к видимой области спектра с последующим восстановлением первоначальной прозрачности после удаления источника излучения.

Фотохромный процесс в этих стеклах основан на обратимом распаде галоидного серебра под действием активирующего излучения. Образующиеся при этом распаде частицы серебра являются центрами окраски, обуславливающими потемнение стекла [1, 2].

Коэнном и Смитом [3] получены фотохромные силикатные стекла, активированные церием и европием. Эти стекла характеризуются быстрым потемнением и затуханием, однако проявляют усталость с повторением цикла свет-темнота.

Сотрудниками фирмы «Corning Glass» [4—6] впервые были получены силикатные стекла, содержащие микроскопические кристаллы галогенидов серебра.

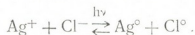
Чувствительность образцов стекла к той или иной части спектра зависит от их химического состава. Стекла с хлористым серебром чувствительны к лучам с длиной волны $\lambda = 3000\text{—}4000\text{\AA}$, стекла с хлористым и бромистым серебром или только с бромистым серебром—к лучам с $\lambda = 3000\text{—}5000\text{\AA}$, а стекла с хлористым и йодистым серебром—к лучам с $\lambda = 3000\text{—}6500\text{\AA}$ [4,7].

Время потемнения и затухания зависит от химического состава стекла, тепловой обработки, интенсивности облучения и температуры стекла. При температуре жидкого азота обесцвечивания не наблюдается [4].

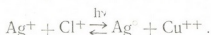
Основа стекло—боросиликаты щелочных металлов. Добавление других активаторов, помимо галогенидов серебра, способствует увеличению

чувствительности к облучению. К ним относится окись сурьмы, мышьяка, олова, меди (окись меди особенно эффективна).

Основная фотохромная реакция выражается следующим образом:



В случае добавочного активирования медью



Здесь ион меди, так же как и серебро, способствует поглощению видимого света [4].

Эти стекла с галогенидами серебра считаются уникальными среди фотохромных материалов, имеющих надежную обратимость и невосприимчивость к усталости: тысячи циклов потемнения и затухания не ухудшают их свойства [4, 8].

Фотохромные стекла могут найти применение в визуальных индикаторах со стиранием изображения, в индикаторах систем управления воздушным движением и в других электронных приборах и системах, действие которых связано с пропусканием света [2, 4, 9].

Нами исследовалась возможность получения фотохромных стекол двух видов: 1) с медленным процессом обратимости и 2) с быстрым процессом обратимости.

В представленной работе приведены данные по получению фотохромных стекол с медленным процессом обратимости.

После целого ряда проведенных варок мы остановились на стекле, полученном в системе $\text{SiO}_2 - \text{V}_2\text{O}_5 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O}$.

Варка стекол производится в платиновом тигле с платиновой мешалкой при температуре 1400—1450°C. В процессе варки создается окислительная среда для предотвращения восстановления серебра.

Термическая обработка стекол производится при $t = 550^\circ\text{C}$ с выдержкой в 24 часа. Фотохромный эффект наблюдается и при менее длительных выдержках.

Процесс потемнения начинается уже через 1—2 секунды после облучения. Время просветления находится в прямой зависимости от времени облучения. При облучении образца стекла в течение 5 минут первоначальная прозрачность восстанавливается через 8—10 часов, а у некоторых образцов за 1—1,5 часа после прекращения облучения. Для ускорения просветления стекло достаточно поместить в термостат при $t = 80-100^\circ\text{C}$. Время просветления при этом снижается до 2—3 минут.

Оценка потемнения фотохромных стекол в единицу времени и обратного процесса—просветления производилась нами по изменениям светопропускания образцов в зависимости от длительности действия на них ультрафиолетового облучения. Собранный нами прибор для измерения све-

топропускания содержит три основные части: источник облучения, монохроматор и приемник. Схема прибора приведена на рис. 1.

Фотохромное стекло в течение заданных промежутков времени облучается ртутно-разрядной лампой (1), снабженной светофильтром (2) УФС-1, выделяющим длины волн, наиболее способствующие потемнению образца.

Перекидывающее устройство (3), состоящее из подвижной рамки с устройством для крепления образца и ведущих рельс, позволяет быстро перемещать образец в участок, где проводится измерение светопропускания, т. е. в параллельный пучок света.

В качестве источника этого света применяется лампа накаливания (4), питаемая от батарей, обеспечивающих стабильность горения. Свет от источника фокусируется при помощи линзы (5) на входной щели (6) монохроматора УМ-2 и параллельным пучком проходит диспергирующую призму (8). Поворачивая призмный столик на различные углы относительно падающего пучка света, получаем в выходной щели (10) свет различной длины волны. Благодаря действию объектива-коллиматора (7), расположенного перед призмой, и объектива зрительной трубы (9), этот свет проходит через оптическую систему в минимуме отклонения.

Насадка (11) с отверстием $d = 2$ мм, надевая на выходную щель, делает пучок падающего света более узким и сосредоточенным. Приемником служит селеновый фотоэлемент (12), помещенный внутри фотометрического шара (13).

Пройдя сквозь щель в насадке и измеряемый образец (14), пучок света собирается интегрирующим фотометрическим шаром на рабочей поверхности фотоэлемента, и зеркальный гальванометр (15) дает отброс.

По величине фототока можно судить об интенсивности прошедшего через образец света.

Предварительные измерения спектров светопропускания фотохромных стекол, снятых на спектрофотометре MPS-50 фирмы Шимазу (Япония) в видимой области спектра (400—750 нм) до их облучения, позволили нам отобразить длину волны, соответствующую предельному пропусканию.

Как показали измерения, у всех отобранных образцов максимальное светопропускание приходится на область 600—750 нм. При оценке потемнения нами использовались длины волн в интервале 650—700 нм.

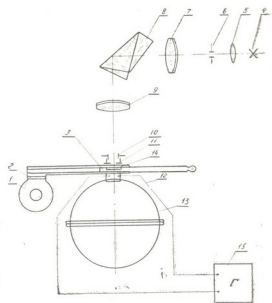


Рис. 1

Измерения проводились следующим образом: образцы из фотохромного стекла размером $3 \times 2,5$ см и толщиной от 1,5 до 3 мм последовательно сблучались в течение определенных промежутков времени и после перемещения в параллельный пучок монохроматического света брались отсчеты по шкале гальванометра.

Как известно, светопропускание образца стекла характеризуется коэффициентом светопропускания T , выраженным в процентах:

$$T = \frac{J_1 \cdot 100}{J_2}, \quad (1)$$

где J_1 —отсчет по шкале гальванометра при прохождении света через измеряемый образец стекла, а J_2 —отсчет по шкале гальванометра, взятый до помещения образца в падающий пучок света. Этот отсчет характеризует светопропускание слоя воздуха между щелью в насадке и фотоэлементом и соответствует максимуму.

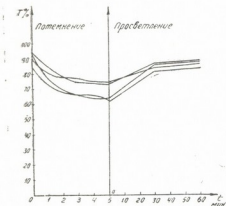


Рис. 2

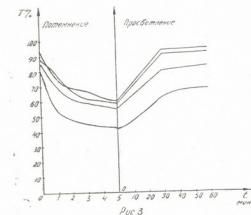


Рис. 3

Таким образом, фиксируя показания гальванометра в зависимости от длительности облучения в различные промежутки времени, можно построить кривые, характеризующие потемнение испытуемого образца. При этом по оси абсцисс откладываются отрезки времени, в течение которых проводилось облучение, а по оси ординат—коэффициенты пропускания.

Обратный процесс—просветление наших фотохромных стекол характеризуется кривыми, которые могут быть построены на том же графике в несколько ином масштабе времени. За начало координат принимается точка, соответствующая моменту времени прекращения облучения.

Приводим кривые, построенные для образцов фотохромных стекол различной толщины марки Ф-С1-9 с 0,01% CuO (рис. 2) и 0,02% CuO (рис. 3), синтезированных в нашей лаборатории. Как видно из рисунков, процесс потемнения происходит более интенсивно в первые 1—2 минуты облучения ультрафиолетом. При дальнейшем облучении потемнение протекает более медленно и после 5 минут облучения достигает макси-

мального значения. Таким образом, имеет место насыщение, при котором все ионы Ag^+ и Cl^- под действием облучения переходят в нейтральные — Ag^0 и Cl^0 .

Выводы

1. Получено фотохромное стекло в системе



обладающее медленным процессом обратимости. Для полного восстановления первоначальной прозрачности различным образцам необходимо время от 1 до 10 часов.

2. Установлено, что для ускорения процесса обратимости стекло необходимо прогреть при $t = 80-100^\circ C$. При этом процесс просветления сокращается до 2-3 минут.

3. Разработана методика и собран прибор для измерения потемнения-просветления фотохромных стекол в единицу времени.

4. Выявлено, что потемнение образцов протекает интенсивно в первые 1-2 минуты, достигая насыщения при 5-минутном облучении.

Академия наук Грузинской ССР
Институт кибернетики

(Поступило в редакцию 19.7.1967)

ქიმიური ტექნოლოგია

ბ. გავრინდაშვილი, ა. ნავასაბდოვა, ი. ჩიბაღაშვილი

ფოტოქრომატული მინა და მისი შემკვებლობის პროცესის შისწავლის მეთოდი

რეზიუმე

მიღებულია ფოტოქრომატული მინა სისტემაში $SiO_2 - B_2O_3 - Al_2O_3 - Na_2O$, რომელსაც ახასიათებს შექცევადობის ნელი პროცესი.

შემუშავებულია მეთოდიკა და აწყობილია დროის ერთეულში გამუქება-გაუფერულების პროცესის გამზომი ხელსაწყო. დადგენილია, რომ საწყისი გამუქებულობის სრული აღდგენისათვის სხვადასხვა ნიმუშს ჭირდება 1-დან 10 საათამდე დრო.

შექცევადობის პროცესის დასაჩქარებლად საჭიროა მინის გახურება $80 - 100^\circ C$. ამასთან დრო, რაც საჭიროა გაუფერულების პროცესისათვის, 2-3 წუთამდე მცირდება.

გამოკვლევების შედეგად მიღებულია დროისაგან სინათლის გამტარებლობის დამოკიდებულების მრუდები. დადგენილია, რომ ნიმუშების გამუქება განსაკუთრებით ინტენსიურად მიმდინარეობს გასხივების პირველ 1-2 წუთზე და მაქსიმალურია 5 წუთის გასხივების შემდეგ.

დასოვნების ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Бережной. Ситаллы и фотоситаллы. М., 1966.
2. Chem. Week, 94, № 7, 1964, 51—52.
3. A. J. Cohen, H. L. Smith. Photochromic Glass Science, 1962, 137, 3534.
4. W. H. Armistead, S. D. Stookey. Photochromic silicate glasses sensitized by silver halides. Science, 144, 3615, 1964, 150—154.
5. Electronics, 31/1, № 5, 1964, 42—43.
6. S. D. Stookey. How microcrystals operate in photochromic glasses. Ceram. Ind., 82, № 4, 1964, 97—101.
7. Techn. Eng. News, 41, № 1, 1964, 46—48.
8. Sun at Work, № 2, 1964.
9. G. K. Megla. Optical Properties and Applications of Photochromic Glass. Applied Optics, 5, № 6, 1966.



ც. თურმანიძე, ი. ჯაფარიძე, ჯ. ლოლიძე

ერგოსტერინის უმცველობა ზომიერთ საკვებ საფუარში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ს. ლურშიშიძემ 1. 2. 1967)

საკვები საფუარის ღირებულება ძირითადად განისაზღვრება ცილისა და ვიტამინების შემცველობით. ვიტამინებიდან დეფიციტობის თვალსაზრისით აღსანიშნავია D ვიტამინი, რადგან საკვებ საფუარებში მისი კარგი შემცველობის შემთხვევაშიც კი, მისი რაოდენობა მეტად მცირეა [1,2].

როგორც ცნობილია, საფუარის უჯრედი ასინთეზირებს D₂ ვიტამინის პროვიტამინს—ერგოსტერინს, რაც ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებათ გარდაიქმნება D₂ ვიტამინად.

ლიტერატურული მონაცემების თანახმად, პურისა და ლუდის საფუარებთან შედარებით, რაშიც ერგოსტერინის რაოდენობა 1%-ზე მეტია, საკვები საფუარები მცირე რაოდენობით (0,3—0,5%) შეიცავს ერგოსტერინს [3, 4].

საფუარის საკვებად გამოყენებისა და ცალკეული ვიტამინებისათვის იაფი და საუკეთესო წყაროების ძიებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს იმ ფაქტორების დაწვრილებით შესწავლას, რაც გავლენას ახდენს სხვადასხვა პირობებში საფუარების მიერ ვიტამინების ბიოსინთეზზე.

ჩვენი ექსპერიმენტის მიზანი იყო ახმეტისა და ინგირის საკვები საფუარის ქარხნების ტერიტორიიდან ჩვენ მიერ გამოყოფილი *Candida tropicalis* და *Candida utilis*-ის შტამებიდან შეგვეჩინა ისეთი საფუარები, რაც საკმარის რაოდენობით შეიცავს ერგოსტერინს და აქვს ერგოსტერინის ბიოსინთეზის კარგი უნარი.

მეთოდოკა

საფუარებში ერგოსტერინის რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის გამოვიყენეთ კოლორიმეტრული მეთოდი, რასაც საფუარულ უღვეს ფერადი რეაქცია ერგოსტერინსა და ძმარმეავას ანჰიდრიდს შორის კონცენტრირებული გოგირდმეავას თანაობისას [3,5].

საფუძვრებს ვზრდიდით რიდერის ხელოვნურ საკვებ არეზე 1% გლუკოზით — როცა საფუარს ნახშირბადის წყაროდ ეძლეოდა გლუკოზა და 1% ქსილოზით — როცა ნახშირბადის წყაროდ გამოყენებული იყო ქსილოზა.

საფუარს ვამრავლებდით სანჯღრეველაზე 180—200 ბრუნით წუთში, 24 საათის განმავლობაში, 32° ტემპერატურაზე. დაცენტრიფუგებისა და გარეცხვის შემდეგ 2 გრამ საფუარის სველ მასას ვუმატებდით 30 მლ 25% კალიუმის ტუტის ხსნარს 70% ეთანოლში და ვადუღებდით წყლის აბაზანაში ერთი საათის განმავლობაში შებრუნებული მაცივრით. შემდეგ ვაცივებდით, ვფილტრავდით და ფილტრატს ვუკეთებდით ექსტრაქციას პეტროლეინის ეთერით ხუთჯერ. ეთერიან ექსტრაქტს ერეცხავდით შემყავებული გამოხდილი წყლით (1—2 წვეთი კონცენტრირებული HCl 1 ლ წყალზე) ტუტეზე უარყოფით რეაქციაზე. გარეცხვის შემდეგ ეთერიან ექსტრაქტს გამრობის მიზნით ვუმატებდით უწყველ ნატრიუმის სულფატს და ეტოვებდით ერთი დამის განმავლობაში. მეორე დღეს ექსტრაქტს ვფილტრავდით და პეტროლეინის ეთერს ვდენდით შემცირებული წნევით. კოლბში დარჩენილ მშრალ ნაშთს ვხსნიდით 50 მლ მშრალ ბენზოლში. მიღებული ხსნარის 5 მლ-ს ვუმატებდით 2 მლ ძმარმეკვას ანჰიდრიდს და 6 წვეთ კონცენტრირებულ გოგირდმეკვას. ნარევეს ვაცივებდით +18°-მდე 2 წუთის განმავლობაში, შემდეგ კი ვახდენდით კოლორიმეტრირებას ფოტოელექტროკოლორიმეტრ-ნეფელომეტრზე ფეკ-5ნ, წითელი შუქფილტრით (№ 9) და 10 მმ სიგანის კიუვეტის გამოყენებით.

მიღებული ოპტიკური სიმკვრივის მიხედვით წინასწარ შედგენილი საკონტროლო მრუდიდან ვითვლიდით საკვლევ ხსნარში ერგოსტერინის რაოდენობას.

საკონტროლო მრუდის ასაგებად გამოვიყენეთ ერგოსტერინის 0,02% ხსნარი მშრალ ბენზოლში. ასეთი ხსნარის მომზადებამდე სუფთა ერგოსტერინი გავაშრეთ ვაკუუმიან საშრობ კარადაში ფოსფორის ანჰიდრიდთან 45—50°-ზე, მუდმივ წონამდე და განვსაზღვრეთ დნობის ტემპერატურა მიჩიჩილულ კაპილარში.

შედარების მიზნით, ჩვენ მიერ გამოყოფილ საფუძვრებთან ერთად, ერგოსტერინის რაოდენობრივი განსაზღვრები ჩატარებული იყო შემდეგ საფუძვრებში: ახმეტის საფუარის ქარხნის საკონტროლო შტამებში *C. tropicalis* A-1 და *C. tropicalis* A-2, ინგირის საფუარის ქარხნის საკონტროლო შტამში *C. utilis* II-1, ლენინგრადის ჰიდროლიზური და სპირტული მრეწველობის კვლევითი ინსტიტუტის შტამში *C. tropicalis* 3 და სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის მოსკოვის მიკრობიოლოგიის ინსტიტუტის ტიპური კულტურების განყოფილების შტამში *C. utilis* BKM y-74.

ექსპერიმენტის შედეგები და მათი განხილვა

ახმეტის საფუარის ქარხნის საკონტროლო შტამებში (რიგით 1—2) და ამავე ქარხნის ტერიტორიიდან ჩვენ მიერ გამოყოფილ (რიგით 3—14) საფუერებში ერგოსტერინის განსაზღვრის შედეგები მოცემულია პირველ ცხრილში.

ერგოსტერინის შემცველობა *Candida tropicalis* შტამებში

ცხრილი 1

საფუარის შტამის დასახელება	ერგოსტერინის რაოდენობა %-ით 100 გ მშრალ საფუარზე	
	საკვები არე 1% გლუკოზით	საკვები არე 1% ქსილოზით
<i>Candida tropicalis</i> A-1	0,67	0,48
" " A-2	0,52	0,48
" " A-4	0,45	0,42
" " A-5	0,50	0,41
" " A-6	0,57	0,43
" " A-7	0,46	0,44
" " A-9	0,57	0,48
" " A-15	0,50	0,4)
" " A-13	0,50	0,50
" " A-17	0,61	0,47
" " A-53	0,56	0,46
" " A-79	0,50	0,45
" " A-99	0,41	0,20
" " A-84	0,54	0,47
" " ლენინგრადის	0,59	0,41

როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს, ჩვენ მიერ გამოყოფილ საფუერებში *C. tropicalis* A-6, A-9, A-53 და A-17 გლუკოზიან საკვებ არეზე ერგოსტერინის დაგროვება თითქმის ისეთივეა, როგორც ქარხნის საკონტროლო შტამში *C. tropicalis* A-1. საფუერების ერთ ნაწილში კი ერგოსტერინის შემცველობა მინიმალურია.

ნახშირბადის წყაროდ ქსილოზის გამოყენების შემთხვევაში ერგოსტერინის მაქსიმალური რაოდენობა საკონტროლო საფუარის უჯრედში არის 0,48%. თითქმის იგივე რაოდენობით ასინთეზირებენ ერგოსტერინს *C. tropicalis* A-9, A-17, A-53 საფუერები. A-99 და A-13 შტამებში კი ერგოსტერინის რაოდენობა მხოლოდ 0,20—0,30% აღწევს.

ინგირის საფუარის ქარხნის საკონტროლო შტამში *C. utilis* II-1 და იმავე ქარხნის ტერიტორიიდან ჩვენ მიერ გამოყოფილ საფუერებში (რიგით 2—12) ერგოსტერინის განსაზღვრის შედეგებიდან (ცხრილი 2) ჩანს, რომ გლუკოზის შემცველ საკვებ არეზე გამოზრდილ საფუერებში ერგოსტერინის მაქსიმალური რაოდენობა 0,66—0,67%-ია. შედარებით მცირე პროცენტული შემცველობაა *C. utilis* II-1-ში, ხოლო ზოგიერთ შტამში ერგოსტერინის რაოდენობა საკმაოდ დაბალია—0,30—0,33%.

ქსილოზის შემცველ საკვებ არეზე გამოზრდილ საფუერებში ერგოსტერინის მაქსიმალური რაოდენობა (0,60%) არის *C. utilis* II-1; ჩვენ მიერ გამოყოფილი საფუერებიდან 4 შტამი—II-127, II-129, II-130 და II-147 იძლევა ერგოსტერინის მაღალ შემცველობას.

ცხრილი 2

ერგოსტერინის შემცველობა *Candida utilis* შტამებში

საფუარის შტამის დასახელება	ერგოსტერინის რაოდენობა %-ით 100 გ მშრალ საფუარზე	
	საკვები არე 1% გლუკოზით	საკვები არე 1% ქსილოზით
<i>Candida utilis</i> II-1	0,49	0,60
„ „ II-123	0,47	0,41
„ „ II-134	0,33	0,40
„ „ II-139	0,41	0,35
„ „ II-144	0,50	0,35
„ „ II-116	0,30	0,24
„ „ II-160	0,37	0,40
„ „ II-126	0,33	0,36
„ „ II-127	0,67	0,50
„ „ II-129	0,66	0,57
„ „ II-130	0,62	0,55
„ „ II-147	0,52	0,54
„ „ BKM y-74	0,59	0,52

როგორც პირველ და მეორე ცხრილებში წარმოდგენილი მონაცემებიდან ჩანს, გლუკოზის შემცველ საკვებ არეზე გამოზრდილ *C. tropicalis*-ის ყველა შტამში და *C. utilis*-ის ზოგიერთ შტამში ერგოსტერინის რაოდენობა მეტია, ვიდრე ქსილოზიან საკვებ არეზე გამოზრდილ იგივე შტამებში, ე. ი. ერგოსტერინის ბიოსინთეზისას ნახშირბადის ერთადერთ წყაროდ საფუერების უმრავლესობისათვის უნდა მივიჩნიოთ გლუკოზა.

დასკვნები

გლუკოზის შემცველ ხელოვნურ საკვებ არეზე გაზრდილ *Candida tropicalis*-ის შტამებში და *Candida utilis*-ის ზოგიერთ შტამში ერგოსტერინის შემცველობა მეტია, ვიდრე ქსილოზის შემცველ საკვებ არეზე გაზრდილ იგივე საფუერებში.

ინგირისა და ახმეტის საფუარის ქარხნების ტერიტორიიდან ჩვენ მიერ გამოყოფილ საფუერებს შორის არის შტამები, რაც გამოიჩინა ერგოსტერინის მაღალი შემცველობით—0,60—0,67%. ასეთი საფუერები შეიძლება ჩაითვალოს პერსპექტიულად ერგოსტერინის ბიოსინთეზის შემდგომი შესწავლისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
მცენარეთა ბიოქიმიის ლაბორატორია
თბილისი

(რედაქციის მოუვიდა 1.2.1967)

Ц. С. ТУРМАНИДЗЕ, И. Л. ДЖАПАРИДЗЕ, Дж. А. ДОЛИДЗЕ

СОДЕРЖАНИЕ ЭРГОСТЕРИНА В НЕКОТОРЫХ КОРМОВЫХ ДРОЖЖАХ

Резюме

С целью отбора дрожжей с высоким содержанием эргостерина— провитамина D₂ было проведено количественное определение эргостерина в следующих кормовых дрожжах: в штаммах *Candida tropicalis*, выделенных нами из собранных с территории Ахметского дрожжевого завода, в штаммах *Candida utilis*, выделенных из собранных с территории Ингирского дрожжевого завода и в контрольных штаммах: *C. tropicalis* А-1 и А-2 ахметского завода, *C. utilis* И-1 ингирского завода, *C. tropicalis*, полученных из ленинградского НИИГС, и *C. utilis*, полученных из отдела типовых культур Института микробиологии АН СССР.

По полученным данным, содержание эргостерина в некоторых выделенных нами дрожжах значительно превышает количество эргостерина в контрольных штаммах: дрожжи *C. utilis* И-127, И-129 и И-130 содержат соответственно 0,67, 0,66 и 0,62% эргостерина, тогда как в контрольном штамме *C. utilis* И-1 содержится 0,49% эргостерина, а в *C. utilis* ВКМ у-74—0,59%.

Содержание эргостерина во всех штаммах *C. tropicalis* и в большинстве штаммов *C. utilis*, выраженных на среде Ридер с 1% глюкозы, больше, чем в тех же дрожжах, выращенных на такой же среде с 1% ксилозы.

Среди выделенных нами дрожжей имеются такие штаммы, которые отличаются высоким содержанием эргостерина (*C. tropicalis* А-17, *C. utilis* И-127, И-129, И-130 и И-147). Эти дрожжи являются перспективными для дальнейшего изучения биосинтеза и накопления эргостерина в кормовых дрожжах.

დაბოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Буккин. Получение и применение витаминов в животноводстве. В сб.: «Производство и использование витаминов, антибиотиков и биологически активных веществ», Краснодар, 1965.
2. М. Ф. По м м э. Кормовые дрожжи в животноводстве. Гидролизная и лесохимическая промышленность, № 1, 1959, 6—8.

3. Н. И. Проскуряков, Е. М. Попова, Ф. М. Осипов. К определению и содержанию эргостерина в различных дрожжах. Биохимия, т. 3, вып. 3, 1938, 397—405.
4. В. В. Белявская, Ф. П. Зиринь. О получении концентратов витамина D₂ облучением дрожжей. Прикладная биохимия и микробиология, т. 2, вып. 4, 1965, 484—486.
5. К. П. Петров. Практикум по биохимии пищевого и растительного сырья. М., 1965, 146.



УДК 591.481.1

ბიოქიმია

ნ. ალექსიძე, მ. ბალაზაძე

იონთა (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) შეფარდებათა გავლენა თავის ტვინის ანათლეზში თავისუფალი და დაკავშირებული აცეტილქოლინის განაწილებაზე

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა პ. ქომეთიანმა 13.7.1967)

მკვლევართა უმრავლესობა იმ აზრისაა, რომ ნერვულ დამოლოებებში აცეტილქოლინის (აქქ) განთავისუფლება იონური მექანიზმებით ისაზღვრება. ლიტერატურაში [1, 2] აღნიშნულია რომ პრესინაპსურ უბანში აქქ-ის განთავისუფლება და მისი სინთეზი დამოკიდებულია ნატრიუმის იონების არსებობასთან. ლიტერატურული მონაცემებით [3—6], კალციუმის იონები ააქტივებენ აქქ-ის განთავისუფლებას; მანგიუმის იონები კი პირიქით, აქქ-ის განთავისუფლებას აკავებენ.

აქქ-ის განთავისუფლებაზე იონების გავლენის შესწავლისას მხედველობაში არაამიღებული იონური შეფარდების მნიშვნელობა. უჯრედში და მის შემოღობვაში იონური შეფარდება ცვალებადობას განიცდის და, თუ ეს გარემოება არ იქნა გათვალისწინებული, აქქ-ის განთავისუფლებაზე და მის აქტივობაზე იონთა მოქმედების ხასიათის გარკვევა შეუძლებელი იქნება.

ამ ხარვეზის შევსების მიზნით ჩვენ შევისწავლეთ $[\text{Na}^+]/[\text{K}^+]$ და $[\text{Ca}^{2+}]/[\text{Mg}^{2+}]$ გავლენა თავისუფალი და დაკავშირებული აქქ-ის განაწილებაზე ვირთავას თავის ტვინის ანათლების ინკუბირებისას.

მეშაობის მეთოდიკა

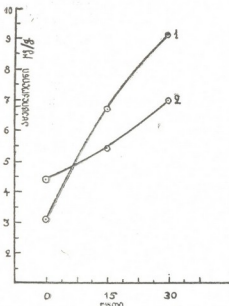
ვირთავას თავის ტვინს ვყინავდით —8, —10°C-ზე, ვამზადებდით 0,2 მმ სისქის ანათლებს. ტვინის ანათლების 250 მგ გადავჭკონდა სპეციალურ ჭურჭლებში და ინკუბაციას ვახდენდით ვლუკოზო-პროზერინ-ტრისის ხსნარში (pH 7,4) 37°-ზე 40 წუთის განმავლობაში. ხსნარი შეიცავდა: გლუკოზას — 10 mM, პროზერინს—10⁻⁴, $[\text{Na}^+ + \text{K}^+]$ — 125 mM, $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}]$ — 2 mM, ტრისის ბუფერს — 30 mM. ცდებში, სადაც ირკვეოდა $[\text{Ca}^{2+}]/[\text{Mg}^{2+}]$ გავლენა აქქ-ის განთავისუფლებაზე, ნატრიუმის და კალიუმის იონების შეფარდება უდრიდა 5/1. ინკუბაცია წარმოებდა აერობულ პირობებში. ნარევის ვაცენტრიფუგებლით რეფრიჯერატულ ცენტრიფუგაში (0°C) 16000 გ/15 წ. ზედა ხსნარში ისაზღვრებოდა თავისუფალი აქქ-ის რაოდენობა, ნალექს კი ვუმატებდით სინკუბაციო ხსნარს და მარილის მქავათი დაგვყავდა იგი pH 3-მდე. სანიკუბაციო

სინჯარებს ვუყენებდით უკუმაცივრებს და ვათავსებდით მადულარა წყლის აბა-
ზანაზე 10 წუთი [7]. შემდეგ გადაგვექონდა სანჯღრევლაზე და ვტოვებდით
ოთახის ტემპერატურაზე 25—30 წუთს. განეიტრალების შემდეგ ნარევეს ვაცენტ-
რიფუგებდით 16000 გ/15 წ. ზედა ხსნარში ისაზღვრებოდა დაკავშირებული
აქტ.

აქტ-ის ვსაზღვრავდით ბიოლოგიური მეთოდით ჩანგისა და გადუ-
მის მიხედვით [8]. ბაყაყის მუცლის სწორი კუნთის სენსიბილიზაციას ვახდენ-
დით ფელდბერგის მიხედვით [9].

მიღებული შედეგები და მათი განხილვა

აქტ-ის განთავისუფლებაზე იონების გავლენა ძირითადად ორი გზით შე-
ისწავლება. ერთი მხრივ აწარმოებენ სპეციალური შემადგენლობის ხსნარის
პერფუზიას და პერფუზატში საზღვრავენ აქტ-ს [1, 2, 6]. მეორე მხრივ, აქტ-ის
განთავისუფლებაზე მსჯელობენ საბოლოო ფირფიტის მინიატურული პოტენ-
ციალების აღმოცენების მიხედვით [3—5]. რადგან ორივე შემთხვევაში შეუქ-



სურ. 1. ნატრიუმისა და კალიუმის იონების გავლენა ვირთავის თავის ტვინის ანათლებში თავისუფალი და დაკავშირებული აქტ-ის განაწილებაზე. 1—თავისუფალი, 2—დაკავშირებული აქტ რაოდენობა. [Na⁺] შეფარდება [K⁺] უდრის 5/1, Ca²⁺ = 2 mM

ლებელი ხდება იონთა უცვლელი კონცენტრაციის დაჭერა, ჩვენ გამოვიყენეთ ისეთი მეთო-
დი, რაც გარკვეული შეფარდების შენარჩუნების საშუალებას იძლევა.

გარდა ამისა, ჩვენი ცდის პირობებში შესაძლებელი ხდება ერთდროულად განისაზღვროს თავისუფალი და დაკავშირებული აქტ-ის რაოდენობა.

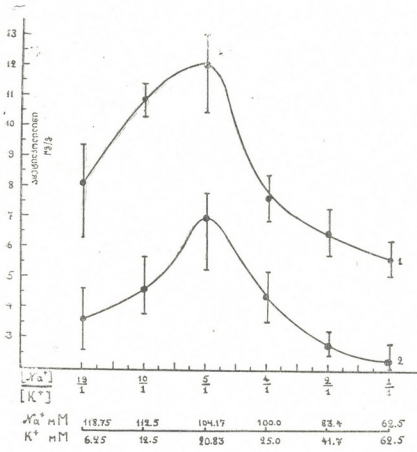
ცდების პირველ სერიაში შესწავლილი იყო ნატრიუმისა და კალიუმის იონების შეფარდების გავლენა თავის ტვინის ანათლებში აქტ-ის განაწილებაზე (სურ. 1).

ირკვევა, რომ ცდის დასაწყისში თავის ტვინის ანათლებში დაკავშირებული აქტ-ის რაოდენობა ჭარბობს თავისუფალი აქტ-ის რაოდენობას 42%-ით. ინკუბაციის პროცესში მატულობს როგორც დაკავშირებული, ისე თავისუფალი აქტ, მაგრამ უკანასკნელის მატება ჭარბობს დაკავშირებული აქტ-ის მატებას.

ცდების შემდეგ სერიაში შესწავლილი იყო ნატრიუმისა და კალიუმის იონების გავლენა აქტ-ის განაწილებაზე, როცა მათი შეფარდება იცვლებოდა 19/1; 10/1; 5/1; 4/1; 2/1; 1/1.

მიღებული შედეგები წარმოდგენილია სურ. 2-ზე, საიდანაც ჩანს, რომ თავისუფალი და დაკავშირებული აქტ-ის რაოდენობა მაქსიმუმს აღწევს ნატრიუმისა და კალიუმის იონების 5/1-თან შეფარდების დროს. კალიუმის იონების კონცენ-

ტრაციის შემდგომი გაზრდა ნატრიუმის იონების კონცენტრაციის შემცირების ხარჯზე უარყოფით გავლენას ახდენს თავისუფალი აცქ-ის პროდუქციაზე.



სურ. 2. ნატრიუმისა და კალიუმის იონების შეფარდების ცვლილების გავლენა ვირთავას თავის ტვინის ანათლებში თავისუფალი და დაკავშირებული აცქ განაწილებაზე: 1—თავისუფალი, 2—დაკავშირებული აცქ რაოდენობა

ირკვევა, რომ $[Na^+]/[K^+]$ 5/1-თან შეფარდების პირობებში მაქსიმალურად ხდება ერთი მხრით, აცქ-ის განთავისუფლება და მეორე მხრით, დაკავშირებული აცქ-ის რაოდენობრივი მატება, ე. ი. ქოლინაცეტილაზური აქტივობა ამ პირობებში მაქსიმალურია.

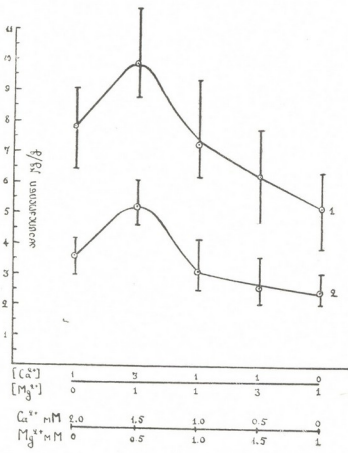
აცქ-ის სინთეზზე და მის განთავისუფლებაზე კალციუმისა და მაგნიუმის იონების გავლენა შესწავლილი იყო ნატრიუმისა და კალიუმის იონების შეფარდების ოპტიმალურ პირობებში (სურ. 3).

როგორც სურ. 3-დან ჩანს, კალციუმისა და მაგნიუმის იონების კონცენტრაციათა სხვადასხვა შეფარდებისას მკვეთრად იცვლება თავის ტვინის ანათლებში თავისუფალი და დაკავშირებული აცქ-ის განაწილება.

ჩვენი ცდებით ერთხელ კიდევ მტკიცდება კალციუმისა და მაგნიუმის იონების ანტაგონისტური მოქმედება. როცა საინკუბაციო არეში წარმოდგენილი იყო „შოპბე“, ტ. XLIX, № 1. 1968

ნილია მხოლოდ კალციუმის იონები, თავისუფალი აცქ-ის რაოდენობა ინკუბაციის შემდეგ აღწევს 7,8 მკვ/გ-მდე. კალციუმის იონების მაგნიუმის იონებით შენაცვლებისას ის მცირდება 5,2 მკვ/გ-მდე.

სინასურ აქტივობაში კალციუმისა და მაგნიუმის იონების როლი უნდა იხილებოდეს არა ცალკე, არამედ მათ ურთიერთდამოკიდებულებაში ნატრიუმისა და კალიუმის იონების ფონზე. სურ. 3-დან ჩანს, რომ თავისუფალი და დაკავშირებული აცქ-ის რაოდენობა მაქსიმუმს აღწევს, როცა საინკუბაციო არეში ერთდროულად არის წარმოდგენილი კალციუმისა და მაგნიუმის იონები შეფარდებით 3/1. როგორც იჩვენება, კალციუმისა და მაგნიუმის იონების შეფარდება (3/1) ოპტიმალურია ფერმენტ ქოლინაციტილას აქტივობისათვისაც.



სურ. 3. კალციუმისა და მაგნიუმის იონების გავლენა ვირთავას თავის ტვინის ანათლებში თავისუფალი და დაკავშირებული აცქ-ის განაწილებაზე: 1—თავისუფალი და 2—დაკავშირებული

ცნობილია, რომ გალიზიანების დროს ნატრიუმისა და კალციუმის იონები მიემართებიან უჯრედის შიგნით, კალიუმის იონები კი გამოდიან გარეთ, ე. ი. ადგილი აქვს იონთა გადანაწილებას, რასაც თან სდევს პრესინაპლური უბნიდან აცქ-ის გაძლიერებული განთავისუფლება. პრესინაპლის გააქტივება ოპტიმუმს აღწევს, როცა $[Na^+]/[K^+] = 5/1$ და $[Ca^{2+}]/[Mg^{2+}] = 3/1$. იონური წონასწორობის შემდგომი დარღვევა უარყოფითად მოქმედებს აცქ-ის განთავისუფლებაზე და მის დაგროვებაზე ვეზიკულუმში. უნდა ვითქვითო, რომ ნერვულ ქსოვილში ინფორმაციის კოდირების რეაქციებში აცქ ჩაერთვის არა პირდაპირ, არამედ იონური მექანიზმების გზით.

დასკვნა

შესწავლილია $[Na^+]/[K^+]$ და $[Ca^{2+}]/[Mg^{2+}]$ შეფარდებათა ცვლილების გავლენა ვირთაგვას თავის ტვინის ანათლებში თავისუფალი და დაკავშირებული აცქ-ის განაწილებაზე.

დადგენილია, რომ ნატრიუმისა და კალიუმის იონების კონცენტრაციითა შეფარდება ოპტიუმში არის შეფარდება 5/1, როდესაც თავისუფალი და დაკავშირებული აცქ-ის რაოდენობა მაქსიმუმს აღწევს. ნატრიუმისა და კალიუმის იონთა ასეთი შეფარდება ოპტიმალურია ფერმენტ ქოლინაციტილზას მოქმედებისათვისაც.

ნაჩვენებია კალციუმისა და მაგნიუმის იონებს შორის ანტაგონისტური დამოკიდებულება აღსორბირებულ აცქ-ის განთავისუფლებაში.

აცქ-ის განთავისუფლებაზე და მის სინთეზზე კალციუმისა და მაგნიუმის იონების მოქმედება ოპტიმალურია, როდესაც მათი შეფარდება უდრის 3/1.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 13.7.1967)

БИОХИМИЯ

Н. Г. АЛЕКСИДЗЕ, М. В. БАЛАВАДЗЕ

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЙ ИОНОВ (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})
НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗАННОГО И СВОБОДНОГО
АЦЕТИЛХОЛИНА В СРЕЗАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Резюме

Было изучено влияние изменения соотношений ионов натрия и калия, с одной стороны, и кальция и магния, с другой, на распределение свободного и связанного ацетилхолина и на его синтез при аэробной инкубации срезов головного мозга крыс.

Установлено, что оптимальное действие на синтез ацетилхолина и его переход в свободное состояние ионы натрия и калия оказывают при их соотношении 5:1, при общей концентрации 125 мМ.

Подтверждается антагонистическое действие ионов кальция и магния на освобождение связанного АЦХ. Оптимальный эффект ионы кальция и магния на освобождение и синтез ацетилхолина оказывают при соотношении 3:1 в суммарной концентрации 2 мМ в присутствии ионов натрия и калия при их оптимальном соотношении 5:1.

დანართში მოცემული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. R. I. Birks. The Role of Sodium Ions in the Metabolism of Acetylcholine. *Canad. J. Bioch. Physiol.*, 41, 1963, 2573.
2. F. C. Macintosh. Synthesis and storage of Acetylcholine in Nervous Tissue. *Canad. J. Bioch. Physiol.*, 41, 1963, 2555.
3. Дж. Экклс. Физиология синапсов. Изд. „Мир“, М., 1966.
4. B. Katz, R. Miledi. The Effect of Calcium on Acetylcholine Release from Motor Nerve Terminals. *Proc. Roy. Soc. Biol. Scien.*, B, 161, 1965, 496.
5. B. Katz, R. Miledi. The Timing of Calcium Action During Neuromuscular Transmission. *J. Physiol.*, 189, 1967, 535.
6. A. M. Harvey, F. C. Macintosh. Calcium and Synaptic Transmission in a Sympathetic Ganglion. *J. Physiol.*, 97, 1940, 408.
7. V. P. Whittaker. The Isolation and Characterization of Acetylcholine-Containing Particles from Brain. *Bioch. J.*, 72, 1959, 694.
8. H. C. Chang, J. H. Gaddum. Choline Esters in Tissue Extracts. *J. Physiol.*, 79, 1933, 255.
9. W. Feldberg. Synthesis of Acetylcholine in Sympathetic Ganglia and Cholinergic Nerves. *J. Physiol.*, 101, 1943, 432.

Дж. Н. МЕСХИА

ТЕРРАСЫ ДОЛИНЫ Р. ЦХЕНИСЦКАЛИ НА ОТРЕЗКЕ ЛЕНТЕХИ-РИОНИ И ИХ ВОЗРАСТ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Л. Цагарели 1.7.1967)

Террасами долины р. Цхенисцкали интересовались многие исследователи. Наиболее полно они освещены Л. И. Маруашвили и С. Н. Неманишвили. Л. И. Маруашвили [1], касаясь отрезка Мури-Сарецкела, выделяет на Средне-Лечхумской гряде (левый склон долины) три ступени на высоте 5,70 и 140 м, а на северном крыле Лечхумской синклинали, в районе Чхутели, — 185, 250 и 430-метровые ступени. Автор не имел целью дать детальную характеристику этих террас и, видимо, поэтому не касался связи Чхутельских террас с террасами Средне-Лечхумской гряды.

Специальное изучение террас Цхенисцкали от устья до истока проводилось С. Н. Неманишвили [2]. Автором описаны террасы отдельных участков долины. Общее число террас, по данным С. Н. Неманишвили, в пределах отрезка Мури-Сарецкела — восемь (на Средне-Лечхумской гряде 3—5, 14, 70, 140, 190, 290, 370, 390 м) и в районе с. Матходжи — семь (3—5, 8—10, 25, 40, 65, 100 и 145 м).

Р. Цхенисцкали от Лентехи до устья имеет меридиональное направление и поперек пересекает тектонические структуры Грузинской глыбы и Гагра-Джавской зоны складчатой системы Южного склона Кавказиони. Морфологической особенностью района является ступенчатый характер рельефа, выраженный поверхностями выравнивания, закономерно повышающимися от края Колхидской аккумулятивной низменности в сторону Лентехи (Южный склон Кавказиони). Ниже с. Матходжи эрозионная способность реки сводится почти к нулю и река образует широкую аккумулятивную равнину, соответствующую I надпойменной террасе (3—5 м), переходящую в широкую пойму. Здесь поверхность выравнивания погружается под аллювиальные отложения. Следующую ступень занимает отрезок долины между с. Матходжи и Хиди, имеющий семь террас. Этот отрезок морфологически выражен предгорным холмисто-грядовым рельефом, венчающимся 350—600-метровой поверхностью выравнивания. Здесь, приблизительно на

VII террасе (145 м) находится также Матходжская карстовая пещера (150 м). Из семи указанных террас (3—5, 8—10, 25, 40, 65, 100, 145 м) I и II ступени аккумулятивные, а остальные цокольные. Террасы, древнее III надпойменной, все представлены фрагментарно.

На отрезке Гведи-Сарецкела террасы выражены в районе Гведи шестью ступенями в порфиритовой свите байоса, слагающей нижний структурный ярус района. Выше по склону над VI террасой, на высоте 650—700 м, находится карстовая пещера Кадари, выработанная в барремских известняках, слагающих поверхность выравнивания Кинчха (1000—1600 м). Все террасы в районе Гведи цокольные.

Выше VI террасы в районе гор Асхи и Хвамли в барремских известняках, слагающих верхний структурный ярус этих гор, на правом склоне также развиты пещеры, а поверхность известняков представляет собой поверхность выравнивания высотой 2000—2400 м.

На отрезке Сарецкела-Мури на Средне-Лечхумской гряде террасы Цхенисцкали представлены полностью и лучше, чем где-либо на исследуемых нами отрезках долины, образуя восемь ступеней (3—5, 15, 70, 140, 190, 290, 370 и 380 м). Из них I является аккумулятивной, остальные, включительно до V террасы (190 м), цокольные. Что касается VI (290 м), VII (370 м) и VIII (380 м) ступеней, то они представлены лишь только на одном участке—на правом берегу р. Ласуриашисцкали. Цоколи этих террас сложены миоценовыми породами и сильно нарушены оползневыми явлениями. Это дает возможность предполагать существование только 380-метровой ступени, а остальные считать результатом деформации последней. 380-метровая ступень выше по склону переходит в 1000-метровую поверхность выравнивания, представленную гребнями Средне-Лечхумской гряды и холмов Гвесо-Ларчвали.

На отрезке Мури-Лентехи террасы развиты очень слабо, имеется лишь I надпойменная терраса фрагментарного характера. Склон I террасы до 600 м (относительной высоты) крутой, он переходит в пологий склон хребтов Меренали и Догураши и заканчивается 2800—3000-метровой поверхностью выравнивания.

Относительно террас, выделенных Л. И. Маруашвили [1], можно сказать следующее: три ступени (5, 70, 140 м) совпадают с I, III и IV надпойменными террасами, а 185, 250 и 430-метровые не соответствуют своим высотным положением ни одной из вышеотмеченных террас. Сопоставить три последние террасы, развитые у с. Чхутели, возможно лишь учитывая существование Чхутельского взброса на северном крыле Рача-Лечхумской синклинали с южным крылом, поднятым на 50—60 м [3]. Эти террасы тоже на 50—60 м выше IV, V и VI террас. Получается следующая картина сопоставления: IV терраса (380) —

430 м, V терраса (190 м) — 250 м, VI терраса (140 м)—185 м, что дает возможность считать эти террасы синхронными, а взброс четвертичным.

Из соотношения высот террас и пещер хорошо видно, что террасы, включая VI надпойменную, имеют нормальный характер. Что касается VII террасы в районе Матходжи, на уровне Матходжской пещеры, по нашему мнению, они относятся к одному циклу террасообразования. Все пещеры выработаны в известняках почти на одном уровне (100—150 м), ниже поверхностей выравнивания, но на разной высоте от дна долины. Итак, можно сказать, что положение пещер зависит от положения поверхностей выравнивания, а не от глубины долины Цхенисцкали. Тут существует один уровень пещер, деформированный вместе с пенеплом. Возраст поверхностей выравнивания — верхний плиоцен. Ниже этих поверхностей находятся карстовые пещеры Хвамли, Асхи, Кадари и Матходжи. Таким образом, связь пещер с верхнеплиоценовой поверхностью выравнивания дает возможность полагать, что пещеры древнее VI террасы, но несколько моложе некоторых реликтовых карстовых форм горы Хвамли и др.

В связи с тем что датировка пещер, которые относятся к киммерию [5], связана с вопросом террас, следует остановиться на их возрасте. Параллелизация Черноморских и Цхенисцкальских террас [4] дает возможность предполагать следующий возраст Цхенисцкальских террас: I надпойменной террасы — невочерноморский, II — новокарангатский, III — древнекарангатский, IV — узуларский, V — древнеевксинский и VI — верхнечаудинский. Нимфейской террасе Черного моря должна соответствовать современная пойма р. Цхенисцкали.

Что касается возраста VII террасы и пещер, то можно сказать, что нигде, ни на одном конкретном участке долины нельзя заметить такую большую высотную разницу, какая наблюдается между VI и VII террасами (т. е. уровнем пещер). Как видно, поверхности известняков были обнажены до образования пещер, а последние были выработаны в верхнеплиоценовых поверхностях до образования VI террасы (т. е. до верхней чауды). За этот промежуток времени происходила сильная и длительная эрозия, которая, должно быть, началась после образования пещер. Теперь, когда мы можем сказать, что VI терраса является верхнечаудинской, возраст пещер помещается в довольно узком интервале между верхним плиоценом и верхней чаудой и логически связывается с нижней чаудой. Таким образом, период между пещерой и VI террасой должны занимать нововалахские движения. Тогда выработка пещер, должно быть, происходила между древневалахскими и нововалахскими движениями. Итак, пещеры долины Цхенисцкали должны соответствовать VII террасе района Матходжи. Это дает возможность полагать, что известняковые карнизы над пещерами яв-

ляются останцами дочетвертичной долины, врезанной в верхнеплиоценовую поверхность во время древневалахских движений, а деформация единого пенеплена происходила до образования VI террасы, после выработки пещер гор Асхи и Хвамли, которые максимально были подняты в нижней чауде.

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 1.7.1967)

ფიზიკური გეოგრაფია

ჯ. მესხია

ცხენისწყლის ხეობის ტერასები ლენტიხი-რიონის მონაკვეთში და მათი ასაკი

რეზიუმე

მდ. ცხენისწყლის ხეობაში ლენტეხსა და რიონს შუა გამოყოფილია შვიდი ტერასა. VII ტერასის შესატყვისად ჩვენ მიგვაჩნია მათხოვის, კადარის, ასხისა და ხვამლის კარსტული მღვიმეები. მათხოვის რაიონში ტერასული საფეხურები არის 3—5, 8—10, 25—40, 65, 100 და 145 მ, ხოლო მური—სარეწკელას მონაკვეთში— 3—5, 14—15, 70, 140, 190 და 380 მ შეფარდებით სიმაღლეებზე. ტერასები კორელირებულია შვიი ზღვის სანაპირო ტერასებთან შემდეგნაირად: I—ახალი შვიი ზღვის, II—ახალი კარანგატული, III—ძველი კარანგატული, IV—უზუნლარული, V—ძველი ექსინური, ხოლო VI—ზედა ჩაუდური. რაც შეეხება VII ტერასას და მის შესატყვის მღვიმეებს, ჩვენ ისინი ქვედა ჩაუდურად მიგვაჩნია. მღვიმეებს დღეს სხვადასხვა ჰიფსომეტრიული სიმაღლეები უკავია. მაგრამ ზედა პლიოცენური მოსწორებული ზედაპირიდან ყოველთვის ერთნაირ დონეზე — 100—110 მ-ით დაბლა იმყოფებიან. აქედან დავასკვნით, რომ მათი დღევანდელი მდებარეობა შედეგია ახალი ვალახური მოძრაობებისა. რამაც გამოიწვია ზედა პლიოცენური მოსწორებული რელიეფის დეფორმაცია.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ლ. ი. მარუაშვილი. Геоморфологическая характеристика Лечхуми. Ин-т географии им. Вахушти АН СССР, т. XII, 1959.
2. С. Н. Неманишвили. Террасы долины Цхенискали. Труды Ин-та географии им. Вахушти, т. XVIII, физ.-геогр. сер., Тбилиси, 1963.
3. Э. П. Гамкрелидзе. Строение северного крыла Рача-Лечхумской синклинали. Автореферат, Тбилиси, 1963.
4. П. В. Федоров. Стратиграфия четвертичных отложений Крымско-Кавказского побережья и вопросы геологической истории Черного моря. Изд. АН СССР, М., 1963.
5. Ш. И. Кипиани. К геоморфологии карстового ландшафта Лечхуми. Труды ТГУ, т. 90, 1963.



УДК 312(23.0) (47.922)

ბავშვთა ფსიქოლოგია

მ. შენგელაძე

საქართველოს ჩრდილოეთი მთიანი რაიონების მოსახლეობის
 დინამიკის თავისებურებანი

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. დავითაიამ 31.7.1967)

მოსახლეობის ზრდის ნელი ტემპები და ხშირ შემთხვევაში მისი რაოდენობის შემცირება, მთიანი მხარეების ძირითად დემოგრაფიულ თავისებურებას წარმოადგენს, რასაც ადგილი აქვს როგორც საქართველოში, ისე მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში. ეს პროცესი გამოწვეულია ძირითადად მთიანი მხარეების ბუნებრივი პირობებისა და მეურნეობრივი განვითარების თავისებურებებით და უშუალო შედეგია მოსახლეობის სივრცითისა, რაც თავის მხრივ განაპირობებს მცხოვრებთა ბუნებრივი მატების დაბალ დონეს.

მთიანი მხარეების არახელსაყრელი ბუნებრივი პირობები, პირველ რიგში მცირემიწიანობა, რელიეფის სირთულე და მკაცრი კლიმატური პირობები განსაზღვრავს სოფლის მეურნეობის განვითარების დაბალ დონეს. ადგილობრივი რესურსების შეზღუდულობა და არახელსაყრელი სატრანსპორტო-გეოგრაფიული მდებარეობა, უმეტეს შემთხვევაში ვერ ქმნიან მრეწველობის სწრაფი განვითარების შესაძლებლობებს. მეორე მხრივ, მთიან რაიონებში მოსახლეობის კვლავწარმოების პროცესი ხშირად გაცილებით უფრო სწრაფია, ვიდრე სასოფლო-სამეურნეო და სამრეწველო წარმოების ზრდის ტემპები, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ჭარბი მუშახელი, რომელიც მიიზიდება ბარის ინდუსტრიული და კარგად განვითარებული სასოფლო-სამეურნეო რაიონებისა და უმთავრესად ქალაქების მიერ. გარდა ამისა, ბარის უკეთესი საცხოვრებელი პირობები ყოველთვის იზიდავენ და იზიდავენ მთის მცხოვრებლებს [1—3].

მთიდან ბარისაკენ მოსახლეობის დინებას მსოფლიოს თითქმის ყველა მთიან ქვეყანაში აქვს ადგილი. ბევრ მათგანში დიდი ყურადღება ექცევა მთების გაუქაცრიელების პრობლემას და ტარდება ღონისძიებები მთის მოსახლეობის ადგილზე შესანარჩუნებლად.

მოსახლეობის დინება მთიდან ბარისაკენ გარკვეულ გავლენას ახდენს მთიანი რაიონების მცხოვრებთა დემოგრაფიულ სტრუქტურაზე, რადგან მოსახლეობის მიგრაციის დროს, როგორც წესი, მიდის მისი ყველაზე მწარმოებლური ნაწილი — ახალგაზრდობა, რის შედეგადაც ხდება ნორმალური ასაკობრივი სტრუქტურის დარღვევა, კერძოდ, იზრდება ხანდაზმულთა ხვედრითი წონა. ეს გარემოება კი უარყოფითად მოქმედებს მოსახლეობის ბუნებრივ მატებაზე, რადგან, რაც უფრო ნაკლებია მცხოვრებთა შორის ახალგაზრდების ხვედრითი წონა, მით უფრო დაბალ დონეზეა მოსახლეობის კვლავწარმოება.

დაბალი ბუნებრივი მატება და მიგრაცია კი საბოლოოდ განაპირობებს მოსახლეობის ზრდის ნელ ტემპებს და რიგ შემთხვევაში მცხოვრებთა რაოდენობის შემცირებას [1].

საქართველოს ჩრდილოეთი მთიანი რაიონები — სვანეთი, რაჭა-ლეჩხუმი, სამხრეთ ოსეთი (ჯავისა და ლენინგორის რაიონები), მთა-თუშეთი და აღმოსავლეთ კავკასიონი (დუშეთის, თიანეთისა და ყაზბეგის რაიონები) მოსახლეობის დინამიკის თავისებურებებით მთიანი მხარეების ტიპურ მაგალითს წარმოადგენენ. აღნიშნულ რაიონებს უკავიათ ჰიფსომეტრულად ყველაზე მაღალი და ზოგჯერ ძნელად მისადგომი ნაწილი საქართველოს კავკასიონისა, სადაც დასახლებული ტერიტორიის აბსოლუტური სიმაღლე 2400 მეტრსაც კი აღწევს ზღვის დონიდან. მთელი ამ ტერიტორიის ფართობი უდრის 15880 კვ. კმ-ს და შეადგენს რესპუბლიკის საერთო ფართობის 22,8%-ს.

საქართველოს ჩრდილოეთ მთიან რაიონს არახელსაყრელი ეკონომიურ-გეოგრაფიული მდებარეობა აქვს. უკავია რა საქართველოს დასახლებული ტერიტორიის ყველაზე მაღალი ნაწილი, ის შედარებით დაშორებულია რესპუბლიკის ინდუსტრიულ რაიონებს, რკინიგზის მაგისტრალსა და სანავსადგურო ქალაქებს. რთული რელიეფური პირობები კი აძნელებენ ეკონომიურ კავშირს, ერთის მხრივ ბარის რაიონებთან, მეორე მხრივ თვით მთიან რაიონებს შორის. ამის გამო, რომ თითოეული დასახლებული ისტორიულ-გეოგრაფიული პროვინცია სხვადასხვა ეკონომიურ რაიონშია გაერთიანებული.

აღნიშნული რაიონების უდიდესი ნაწილი საშუალომთიანი და მაღალმთიანი ტერიტორიებით არის წარმოდგენილი. მაგალითად, სვანეთში 1000 მ-ს ზემოთ მდებარეობს ტერიტორიის 96,2%, ყველაზე დაბლა მდებარე ადგილები აქ 500 მ-ს ქვემოთ არ ჩამოდის; სამხრეთ ოსეთის მთიან რაიონებში 1000 მ-ზე მაღლა მდებარეობს მთელი ტერიტორიის 84,2%, აღმოსავლეთ კავკასიონში—84,7%, რაჭა-ლეჩხუმში 800 მ-ს ზემოთ მდებარეობს მთელი ტერიტორიის 85,6%. მაღალ ჰიფსომეტრიულ მდებარეობასთან ერთად ამ მხარის რელიეფი ძლიერ დანაწევრებულია, რაც ფერდობების მკვეთრ დახრილობასთან ერთად განაპირობებს მცირემიწიანობას. ასე, მაგალითად, სვანეთში ერთ სულ მოსახლეზე მოდის 0,14 ჰა დამუშავებული მიწებისა, რაჭა-ლეჩხუმში—0,3 ჰა, სამხრეთ ოსეთის მთიან რაიონებში — 0,39 ჰა, აღმოსავლეთ კავკასიონში — 0,44 ჰა. მეტად მაღალია მოსახლეობის სიმჭიდროვე დამუშავებული ფართობის 1 კვ. კმ-ზე: სვანეთში—726 კაცი; რაჭა-ლეჩხუმში—395; სამხრეთ ოსეთის მთიან რაიონებში—323, აღმოსავლეთ კავკასიონში—284 კაცი. ანალოგიური საშუალო რესპუბლიკური მაჩვენებელი უდრის 197 კაცს. სასოფლო-სამეურნეო მიწების ხვედრითი წონა ერთ სულ მოსახლეზე, მართალია. შედარებით დიდია (სვანეთში—5,1 ჰა, რაჭა-ლეჩხუმში—1,1 ჰა, აღმოსავლეთ კავკასიონში—2,9 ჰა, სამხრეთ ოსეთის მთიან რაიონებში—2,8 ჰა), მაგრამ საქმე ის არის, რომ სასოფლო-სამეურნეო მიწებში ჰარბობს მთის საძოვრები, რაც მხოლოდ ზაფხულის თვეებში გამოიყენება და ნაკლებად ვარგისია სოფლის ნეურნეობის ინტენსიური ღარგების განვითარებისათვის. ბარის რაიონებთან შედარებით, აქ ძლიერ დაბალია სასოფლო-სამეურნეო წარმოების დონე და კოლმეურნეობებში შრო-

მის მწარმოებლურობის მაჩვენებლები. მთიან ზონაში დაბალია აგრეთვე მრეწველური განვითარების დონე. მრეწველობის კერების რიცხვი და თითოეული პათგანის სიმძლავრე საკმაოდ შეზღუდულია.

ჩრდილოეთი მთიანი რაიონების მოსახლეობის რაოდენობა 1967 წლის 1 იანვრისათვის უდრიდა 209,8 ათას მცხოვრებს, ანუ საქართველოს მთელი მოსახლეობის 4,5%. მეტად დამახასიათებელია ის გარემოება, რომ უკანასკნელი 80 წლის მანძილზე მცხოვრებთა რიცხვი ამ რაიონებში თითქმის არ გაზარდია (იმატა მხოლოდ 0,6%-ით), მაშინ როდესაც მთლიანად საქართველოს მოსახლეობამ აღნიშნულ პერიოდში მოიმატა 180,9%-ით. მოსახლეობის საშუალო წლიური ნამატი მეტად მცირეა და არ აღემატება 0,01%. ანალოგიური რესპუბლიკური მაჩვენებელი კი აღნიშნული პერიოდისათვის უდრის 1,4%.

მოსახლეობის დინამიკის ხასიათი 1886—1967 წწ. არ იყო ერთგვაროვანი და იცვლებოდა სოციალურ-ეკონომიური ვითარების ცვალებადობის პარალელურად. აქ შეიძლება გამოვყოთ სამი პერიოდი: 1886—1939 წწ., როდესაც აღვილი ჰქონდა მოსახლეობის მნიშვნელოვან ზრდას; 1939—1959 წწ.—მოსახლეობის მკვეთრი შემცირების პერიოდი და 1959—1967 წწ.—მოსახლეობის სტაბილურობის პერიოდი.

პირველ პერიოდში (1886—1939 წწ.) მოსახლეობის რაოდენობა გაიზარდა 208,6 ათასიდან 245,3 ათასამდე, ანუ 17,6%-ით, საქართველოს მთელი მოსახლეობა კი 115,8%-ით. მოსახლეობის საშუალო წლიური მატებითაც (0,3%) საკვლევი რაიონი დიდად ჩამორჩება ანალოგიურ რესპუბლიკურ მაჩვენებელს. მოსახლეობის ზრდის ასეთი ნელი ტემპები აღნიშნულ პერიოდში ძირითადად განაპირობებს მიგრაციამ და ბუნებრივი მატების დაბალმა მაჩვენებლებმა.

მოსახლეობის მიგრაციას საქართველოს მთიანი რაიონებიდან დიდი ხნის ისტორია აქვს. მოსახლეობის წასვლას თავდაპირველად სეზონური ხასიათი ჰქონდა. შრომისუნარიანი მამაკაცების ნაწილი დროებით ტოვებდა თავის სოფელს და მიდიოდა სამუშაოდ სხვა ადგილებში. ასეთ მიგრაციას საშოვარზე წასვლას უწოდებდნენ. იგი მეტნაკლებად იყო გავრცელებული სხვადასხვა რაიონებში. დროებითი მიგრაცია შეიცვალა მუდმივი მიგრაციით. ყველაზე მეტად ეს პროცესი ახასიათებდა რაჭა-ლეჩხუმსა და მთა-თუშეთს, აგრეთვე ფშავსა და ხევსურეთს. მიგრაციის მთავარი მიზეზი იყო მცირემიწიანობა.

ბუნებრივი მატებაც ამ პერიოდში დაბალი მაჩვენებლებით ხასიათდება. 1894—1898 წწ. მანძილზე ყოველ 1000 მცხოვრებზე ბუნებრივი ნამატის ყოველწლიური საშუალო მაჩვენებელი უდრიდა 6,3%-ს. მართალია, შობადობის კოეფიციენტი არ იყო მაღალი, ძლიერი მიგრაციის შედეგად, მაგრამ დაბალი ბუნებრივი ნამატის მთავარი მიზეზი მაინც სიკვდილიანობის შედარებით მაღალი მაჩვენებლები იყო, რაც გამოწვეული იყო ეპიდემიური ავადმყოფობებითა და ჯანმრთელობის დაცვის სრულიად არაღამაკმაყოფილებელი დონით. მიგრაციამ და დაბალმა ბუნებრივმა მატებამ კი განაპირობებს საქართველოს ჩრდილოეთ მთიან რაიონებში ამ პერიოდში მოსახლეობის ზრდის ნელი ტემპები.

მეორე პერიოდში—1939—1959 წწ.—ჩრდილოეთ მთიან რაიონებში მოსახლეობის რაოდენობა მკვეთრად შემცირდა—245,3 ათასიდან 205,1 ათასამდე ანუ 16,4%-ით; მაშინ როდესაც საქართველოს მთელი მოსახლეობა გაიზარდა 14,2%-ით. მოსახლეობის მკვეთრი შემცირება ამ პერიოდში უნდა აიხსნას მიგრაციითა და მეორე მსოფლიო ომის დანაკარგებით, რამაც განაპირობა აგრეთვე მოსახლეობის დაბალი ბუნებრივი მატება.

აღნიშნული ტერიტორიიდან მიგრაციამ ფართო ხასიათი მიიღო საბჭოთა ხელისუფლების წლებში. საქართველოში მრეწველობის სწრაფმა აღმავლობამ ხელი შეუწყო სოფლის ახალგაზრდობის ჩაბმას კვალიფიციურ შრომაში, რის შედეგადაც მოხდა ქალაქების სწრაფი ზრდა სოფლის მოსახლეობის ხარჯზე. ამავე დროს მთიანი რაიონების ადგილობრივი რესურსები და ბუნებრივი პირობები არ იძლევიან საშუალებას აქ მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის სწრაფი აღმავლობისათვის, რაც ნაწილობრივ მაინც გაზრდიდა მოსახლეობის დასაქმებას. ამასთან დაკავშირებით ომიანობის წლებში და მის შემდეგაც რესპუბლიკაში ხდება მოსახლეობის რაციონალური გადანაწილება — მაღალმთიანი სოფლებიდან მცხოვრებთა გეგმაზომიერი გადასახლება ბარის რაიონებში. მაგალითად, 1948—1949 წწ. სვანეთიდან და რაჭა-ლეჩხუმიდან მოსახლეობის ნაწილი ჩასახლდა დაბლობ რაიონებში. სვანეთის მთელი რიგი სოფლებიდან ჩასახლება მოხდა სამეგრელოსა და გურიის რაიონებში. ლეჩხუმიდან და რაჭიდან—წყალტუბოსა და წულუკიძის რაიონებში. დუშეთისა და თიანეთის რაიონებიდან—ყვარლის, წითელწყაროსა და სამგორის რაიონებში. ყაზბეგის რაიონიდან და სამხრეთ ოსეთის ტერიტორიიდან — ჩრდილო კავკასიაში. მთა-თუშეთის მოსახლეობის თითქმის 50% გადასახლდა მუდმივ საცხოვრებლად ახიეტის რაიონის სოფელ ალვანში (ქვემო და ზემო ალვანი). მოსახლეობის დიდი ნაწილი გადავიდა და გადადის ამჟამად საკვლევი რაიონის ქალაქებში, რის შედეგადაც იზრდება ქალაქის მოსახლეობის რიცხვი. 1950 წლიდან დღემდე საკვლევი ტერიტორია დატოვა დაახლოებით 30—35 ათასმა მცხოვრებმა. მოსახლეობის წასვლა ძირითადად მოხდა სოფლის მოსახლეობის ხარჯზე.

მოსახლეობის ბუნებრივი მატება დაბალი ცყო დიდი სამამულო ომის პერიოდში და მის მომდევნო წლებში, მაგრამ შემდგომში ეს მაჩვენებელი საკმაოდ სწრაფად იზრდებოდა. ასე, მაგალითად, 1950 წელს ჩრდილოეთი მთიანი რაიონების ბუნებრივი მატების მაჩვენებელი ყაყვლ 1000 მცხოვრებზე უღრიდა 13,1-ს, 1959 წ. კი 15,6-მდე გაიზარდა. ბუნებრივი მატების ზრდა მოხდა ძირითადად სიკვდილიანობის კოეფიციენტის შემცირების გზით.

მესამე პერიოდი მოიცავს 1959—1967 წწ. და გამოირჩევა დიდი ცვლილებებით მოსახლეობის დინამიკაში შემცირდა მოსახლეობის მიგრაცია რაჭა-ლეჩხუმიდან, სამხრეთ ოსეთიდან და აღმ. კავკასიონიდან. 1960—1965 წლებში რაჭა-ლეჩხუმი დატოვა 1,3 ათასმა მცხოვრებმა, ე. ი. მთელი მოსახლეობის 2,9%-მა; აღმოსავლეთ კავკასიონიდან წავიდა 4500 კაცი, ანუ მთელი მოსახლეობის 6,9%. მოსახლეობის წასვლა ასეთი რაოდენობით არ არის დიდი წინა-

წლების მიგრაციასთან შედარებით. მიგრაციის შემცირების შედეგად თითქმის არც ერთ რაიონში არა გვაქვს მოსახლეობის აბსოლუტური რაოდენობის კლება და ამ მაჩვენებლის ერთგვარ სტაბილურობასთან გვაქვს საქმე. ყოველივე ეს აიხსნება ჩვენი რესპუბლიკის მთიანი რაიონების სამეურნეო-კულტურულ განვითარებაში დასახული ძვრებით: გამოცოცხლდა სამრეწველო მშენებლობა, გადიდა სასოფლო-სამეურნეო წარმოების საქონლიანობა, გაძლიერდა სამეურნეო კავშირი და მიმოსვლა მთისა და ბარის რაიონებს შორის, ბევრად გაუმჯობესდა მოსახლეობის კულტურული, სავაჭრო და სხვა სახის მომსახურება. ამან ხელი შეუწყო მუშახელის დასაქმებას, მოსახლეობის მატერიალური უზრუნველყოფის ამაღლებასა და სხვა რაიონებში გადასვლის შენელებას.

მოსახლეობის დინამიკის ზემოთ განხილული კანონზომიერება ერთნაირად როდი ახასიათებს საკვლევ რაიონებს. ამ მხრივ დანარჩენი მთიანი რაიონების ფონზე მეტად თავისებურია სვანეთი. თავისებურება ძირითადად იმაში გამოიხატება, რომ მე-19 ს. 80-იანი წლებიდან დღემდე სვანეთის მოსახლეობა განუწყვეტლივ იზრდება. 1886—1926 წწ. მანძილზე სვანეთის მოსახლეობა გაიზარდა 23,9%-ით; 1926—1939 წწ.—41,1%-ით; 1939—1959 წწ.—14,3%-ით; საერთოდ კი 1886—1967 წწ.—117,7%-ით.

რითაა გამოწვეული სვანეთის ასეთი დემოგრაფიული თავისებურება? თუ მხედველობაში არ მივიღებთ მცხოვრებთა გეგმაზომიერ გადასახლებას, მოსახლეობის სტიქიური დინება სვანეთის ტერიტორიიდან საქართველოს სხვა მთიან რაიონებთან შედარებით უმნიშვნელო იყო. ეს გარემოება შემდეგმა მიზეზებმა განაპირობეს:

1. სვანეთის ეკონომიურ-გეოგრაფიული მდებარეობა ძველთაგანვე მეტად არახელსაყრელი იყო ამ კუთხის სამეურნეო ათვისებისათვის, ამავე დროს ერთგვარად მიუვალი, რაც აძლიერებდა ამ მხარის იზოლაციასა და კარჩაკეტილობას. პატრიარქალური ყოფისა და თემური წყობილების გადმონაშთები საგრძნობლად ზღუდავდა მოსახლეობის გადასვლას სხვა რაიონებში. ამ მხრივ კაპიტალისტური ეპოქის სვანეთი მკვეთრად განსხვავდებოდა მეზობელი რაჭისაგან.

2. თავის მშობლიურ ადგილებს, განსაკუთრებით მაღალმთიან კლიმატურ პირობებს შეგუებული სვანები ძნელად იტანდნენ ბარის ჰავას. ეს იმითაც იყო გამოწვეული, რომ საქართველოს ბარის იმ ნაწილში, რომელიც უშუალოდ ეკვროდა სვანეთს, ფართოდ იყო გავრცელებული მალარია.

3. სვანი მოსახლეობის ადგილზე დაკავებას ხელს უწყობდა ის მდგომარეობაც, რომ აქ ერთ სულ მოსახლეზე სასოფლო-სამეურნეო მიწების, კერძოდ, სათიბ-საძოვრების ზვედრითი წონა გაცილებით მაღალი იყო, ვიდრე მეზობელ მთიან რაიონებში (1966 წლის მონაცემებით სვანეთში ერთ სულ მოსახლეზე მოდის 4,9 ჰა სათიბ-საძოვარი, რაჭა-ლეჩხუმში—0,9 ჰა, აღმოსავლეთ კავკასიონში — 2,5 ჰა); ეს კი განაპირობებდა აქ ძველთაგანვე მესაქონლეობის განვითარებასა და მოსახლეობის შედარებით უკეთესი მატერიალური პირობების შექმნას. სვანეთის მოსახლეობის განუწყვეტელი ზრდა 1886—1967 წწ. მანძილზე ნელი მიგრაციის პირობებში მოსახლეობის ბუნებრივი მატების ხარჯზე მიმდინარეობდა.

სვანეთი საკმაოდ მაღალი ბუნებრივი ნამატით ხასიათდება და ამ მხრივ წინ უსწრებს საქართველოს კავკასიონის ყველა მთიან რაიონს. ეს გამოწვეულია შემდეგი გარემოებით: 1) მიგრაციის ნელმა ტემპებმა ხელი შეუწყო სვანეთის მოსახლეობის ნორმალური ასაკობრივი და სქესობრივი სტრუქტურის შენარჩუნებას; 2) დღემდე მნიშვნელოვნად დაცულია მრავალშვილიანობის ტრადიციები; 3) მთელი მოსახლეობა წარმოდგენილია სოფლის მოსახლეობით, რომელსაც ზოგადად ახსიათებს უფრო მაღალი ბუნებრივი მატება, ვიდრე ქალაქის მოსახლეობას; 4) უკანასკნელი ათეული წლების მანძილზე მკვეთრად შემცირდა სიკვდილიანობა.

დასკვნები

მოსახლეობის საერთო რაოდენობა მეტად ნელა იზრდება მთიან რაიონებში. გამონაკლისს წარმოადგენს სვანეთი, სადაც მთელი საკვლევი პერიოდის მანძილზე მოსახლეობა საკმაოდ სწრაფად იზრდება; უკანასკნელი 5—7 წლის განმავლობაში ადგილი აქვს მთიანი რაიონებიდან მოსახლეობის წასვლის შენელებას. ამასთან შეიმჩნევა შობადობის მაჩვენებლის შემცირება. თუმცა სიკვდილიანობის შემცირების გამო მცხოვრებთა ბუნებრივი მატება არც თუ იანე მცირეა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტი
 (რედაქციას მოუვიდა 31.7.1967)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

М. Ш. ШЕНГЕЛАЯ

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ НАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРНЫХ ГОРНЫХ РАЙОНОВ ГРУЗИИ

Резюме

Пониженные темпы роста и в ряде случаев уменьшение общей численности населения — характерная черта географии населения северных горных районов Грузинской ССР, как и вообще горных стран.

С 1886 по 1967 г. численность населения рассматриваемых нами горных районов (Сванетия, Рача-Лечхуми, Восточный Кавказиони, Мта-Тушети, Джавский и Ленингорский адм. районы Юго-Осетинской АО) возросла лишь на 0,6%. В динамике населения отчетливо выделяются три периода: 1) 1886—1939 гг.—период незначительного роста населения (на 17,6%); 2) 1939—1959 гг.—период уменьшения численности населения (на 16,4%); 3) 1959—1967 гг. — период стабильности населения.

В статье даны также внутрирайонные различия в изменении численности населения.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ш. Джаошвили. Динамика численности населения Грузии. «Мацне», № 1, 1966.
2. Г. Г. Гведесиани. Развитие и размещение социалистического производства в Грузинской ССР. Тбилиси, 1965.
3. География населения в СССР. Основные проблемы. М.—Л., 1964.



Д. Г. АХВЛЕДИАНИ

К СТРАТИГРАФИИ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
 ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ МАЛОГО КAVKAZA (В ПРЕДЕЛАХ
 ТРИАЛЕТСКОГО ХРЕБТА) ПО ФАУНЕ ФОРАМИНИФЕР

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Л. Цагарели 5.11.1967)

Триалетский хребт расположен в восточной части Аджаро-Триалетской складчатой системы и прослеживается почти в широтном направлении от ущелья р. Куры на западе до меридиана г. Тбилиси на востоке.

Триалетский хребт сложен отложениями мела и палеогена. Меловые отложения обнажены в сводовых частях крупных антиклиналей несколькими параллельными узкими полосами вдоль северного склона Триалетского хребта.

Отложения мела, образовавшиеся в геосинклинальном бассейне, расположенном между Грузинской глыбой на севере и Арвино-Сомхитской на юге [1, 2] представлены двумя фациями — вулканогенной сеноманско-нижнетуронского возраста и карбонатной верхнетуронского возраста.

Отложения сеномана и нижнего турона, а также нижележащие породы альба составляют единый комплекс вулканогенных отложений, который образовался в результате подводных излияний сперва альбитовых порфиритов (спилиты), а затем авгит-лабрадоровых и авгито-андезиновых лав и их пирокластолитов [2].

Начиная с раннетуронского времени в верхах вулканогенной толщи наблюдаются пропластки карбонатных отложений, количество которых вверх по разрезу быстро увеличивается, и с началом верхнего турона происходит накопление мощных толщ карбонатных отложений.

Сеноманский ярус представлен толщей вулканогенных пород с прослоями нормальных осадочных пород. Общая мощность сеномана достигает 220 м. Приблизительно в средней части свиты найден сеноманский *Inoceramus crippi* Mant. В нижней части толщи (мощностью до 100 м) из микрофауны попадают лишь отдельные камеры глобигерин, но в вышележащих мергелях и туфопесчаниках удалось определить следующую микрофауну: *Rotalipora appenninica* (Renz), *Globi-*

gerina globigerinelloides Subb., *Rotundina stephani* Gand., *Gümbelina cenomanica* Agal.

Среди перечисленной микрофауны названы *Rotalipora appenninica* (Renz) и *Rotundina stephani* Gand. Первая из них характерна для сеноманских отложений Кавказа, Крыма, Западной Европы Африки, Индии, Центральных Апеннин и Аквитании. Вторая форма известна в сеномане Северного Кавказа, в сеномане и низах турона Италии и Центральной Швейцарии.

Над сеноманскими отложениями согласно следуют известняки и мергели с прослоями туфопесчаников и глин мощностью около 100 м. В этих отложениях имеется микрофауна, указывающая на нижнетуронский возраст: *Anomalina berthelini* Keller, *Globotruncana linneiana* d'Orb., *Globotruncana inflata* Bolli, *Pithonella ovalis* Kaufm.

Известняки, по данным А. А. Цагарели [3], содержат типичные для нижнего турона *Inoceramus labiatus* Schloth., *Inoceramus hercynicus* Petr., *In. opalensis* Böse и *Puzosia chivensis* Arkh.

Выше по разрезу располагаются розоватые и красные плотные известняки с *Stensioina praexsculpta* (Keller), *Anomalina ammonoides* Reuss, *An. kelleri* Mjatl., *An. berthelini* Keller, *Globotruncana lapparenti* Brotz., *Gl. arca* Cushman., *Gl. coronata* Bolli, *Gl. fornicata* Plumm.

В верхней части свиты найден верхнетуронский *Inoceramus schlönbachi* Böhm. [3]. Перечисленная микрофауна имеет довольно широкое вертикальное распространение и не дает возможности разграничения верхнего турона и коньяка.

Следовательно, на Тriaлетском хребте по микрофауне выделяются нижний турон и верхний турон-коньяк.

В течение сантонского, кампанского и маастрихтского времени продолжается накопление карбонатных отложений, однако среди них в ряде разрезов встречаются прослои и пачки песчаных известняков, маломощных пропластков кварцевых песчаников и гравелитов, а также пласты конгломератов, мощность которых в отдельных случаях достигает 15—20 м. Эти конгломераты в основном состоят из окатанных галек белых известняков нижнего сенона, но встречаются также гальки розового известняка и красного кремня (верхний турон-коньяк), а также туфогенные мергели нижнего турона и вулканогенные породы альбсеномана. Так, например, в некоторых пунктах Тriaлетского хребта (ущелье р. Хведрула) литографские известняки сантонского возраста отделены от красных известняков мощным слоем конгломерата, состоящего из галек верхне- и нижнетуронских известняков. Несколько восточнее наблюдается еще более резкое несогласие литографских известняков, которые посредством глыбового конгломерата налегают на нижний турон. Здесь сантон, так же как и верхний турон-коньяк, отсутствует, а литографские известняки относятся к кампану.

Из микрофауны, характеризующей сантонские отложения, следует отметить *Flabellina suturalis* Cushm., *Gyroidina turgida* Hagenov, *G. nitida* Reuss, *Stensioina exsculpta* Reuss, *Globotruncana ventricosa* White, *Gl. coronata* Bolli.

Кампанский ярус в основном представлен известняками литографского типа и характеризуется довольно богатой микрофауной: *Stensioina exsculpta* Reuss, *Anomalina menneri* Keller, *A. monterelensis* Marie, *Rugoglobigerina rugosa* (Plumm.), *Bolivinooides decoratus* Jones, *Bolivina incrassata* Reuss, *Gümbelina globulosa* Ehrenb., *G. striata* Ehrenb., *Globotruncana arca* Cushm., *Gl. ventricosa* White, *Gl. fornicata* Plumm., а также *Inoceramus alaeformis* Zek.

Перечисленный комплекс содержит специфические кампанские формы, такие как *Bolivinooides decoratus* Jones, *Gümbelina globulosa* Ehrenberg и др., а также макрофауну, характеризующую кампанский ярус. Вместе с ними в комплексе имеются формы, встречающиеся в кампане и в одном из его смежных ярусов. Совокупность этих форм указывает на кампанский возраст пород.

Маастрихтские известняки и мергели характеризуются довольно богатой фауной фораминифер. Микрофауна этих отложений обладает наиболее широким видовым разнообразием. Здесь, кроме видов, встречающихся в сантоне и кампане, появляются формы, характерные только для маастрихта, такие как *Pseudotextularia varians* Rz., *Ps. elegans* Rz., *Bolivinooides draco* Marsson, *Globotruncana conica* White, *Gl. contusa* Cushm., *Gl. gansseri* Bolli и др.

Разрез верхнемеловых отложений венчается пестроцветной свитой датского возраста, которая ввиду трансгрессии среднего эоцена сохранилась не везде. Мощность датских отложений по этой же причине довольно изменчива.

Анализ микрофауны, определенной в датских отложениях, показал, что на границе маастрихтского и датского ярусов происходит резкое изменение комплекса фораминифер. В конце маастрихта вымирает большая часть верхнемеловых видов, как например представители рода *Globotruncana*, широко распространенного в маастрихте и более низких горизонтах сенона.

По микрофауне в датском ярусе исследований территории стало возможным выделение двух зон — *Globigerina* (нижний дат) и *Globorotalia conicotruncata* (верхний дат).

Таким образом, в верхнемеловых отложениях Малого Кавказа выделяются комплексы фораминифер, дающие возможность выделить се-

поманский, нижнетуронский, верхнетуронско-коньякский, сантонский, кампанский, маастрихтский и датский ярусы.

Академия наук Грузинской ССР
Геологический институт

(Поступило в редакцию 5.11.1967)

გეოლოგია

დ. ახვლედიანი

მცირე კავკასიონის დას. ნაწილის (თრიალეთის ქედის ფარგლებში)
ზედაცარცული ნალექების სტრატиграფია ფორამინიფერების
ფაუნის მიხედვით

რეზიუმე

თრიალეთის ქედის გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობა ცარცული და პალეოგენური ასაკის ნალექები.

ცარცული ნალექები წარმოდგენილია ორი ფაციესით: ვულკანოგენურით და კარბონატულით. ამ ნალექების სტრატиграფიული სქემა მოითხოვდა ერთგვარ დაზუსტებას. მიკროფაუნის შესწავლის შედეგად შესაძლებელი გახდა საკვლევ რაიონში ზედაცარცულის ყველა სართულის გამოყოფა.

დასოფნაბული ლიტერატურა -- ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. Д. Гамкрелидзе. Геологическое строение Аджаро-Триалетской складчатой системы. Ин-т геологии и минералогии АН ГССР, Монографии, № 2, 1949.
2. Г. С. Дзоценидзе. Домоценовый эффузивный вулканизм Грузии. Ин-т геологии и минералогии АН ГССР, Монографии, № 1, 1948.
3. А. Л. Цагарели. Верхний мел Грузии. Ин-т геологии и минералогии АН ГССР, Монографии, № 5, 1954.

Г. Д. ДУМБАДЗЕ, Т. Г. ЧХОТУА

О ПРОЦЕССАХ РЕГРЕССИВНОГО МЕТАМОРФИЗМА В
 КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛАНЦАХ БАСЕЙНА р. БАВИУ
 (АБХАЗИЯ)

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Л. Цагарели 14.6.1967)

Исследованные породы слагают подступы и перевальную часть Главного Кавказского хребта в истоках левых притоков р. Бавиу, частично переходя на северный склон — в ущелья рр. Санчарки и Лаштрак. Они образуют выход мощностью 1000—1200 м, обладающий выдержанным субширотным простиранием с падением на северо-восток под углом 40—70°. На юге и востоке кристаллические сланцы срезаются Санчарской интрузией, а на севере и северо-западе граничат с амфиболитами, роговообманковыми кварцевыми диоритами и плаггиогнейсами (рис. 1).

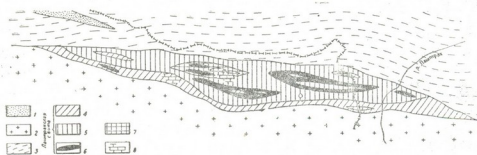


Рис. 1. Геолого-фациальная схема верховьев рр. Бавиу и Лашинце: 1—осадки лейаса; 2—Санчарская интрузия (бат); 3—плаггиогнейсы, кварцевые диориты и амфиболиты (средний палеозой); 4—хлоритовые и слюдисто-хлоритовые сланцы; 5—гранатовые сланцы; 6—ставролитовые сланцы; 7—кварцитовые сланцы; 8—мраморы

Детальное петрологическое изучение этих пород до настоящего времени не производилось. Существующие стратиграфические схемы [1, 2] расчленения кристаллического основания базировались в основном на разделении пород, различающихся по степени метаморфизма, причем не учитывались наложенные диафорические процессы, что привело к выделению в Абхазии множества самостоятельных свит, представляющих собой, по существу, различные фации регионального и контактового метаморфизма. В частности, исследованные кристаллические сланцы известны в литературе под названием «лаштракской свиты» [1] (возраст ее трактуется в пределах докембрий—средний палеозой) и обычно описывались как слабометаморфизованные филлитоподобные слюди-

сто-графитовые и хлоритовые сланцы. Нами установлено, что в сложении лаштракской свиты, принимают участие также и породы высоких ступеней метаморфизма—кианитовые и ставролит-гранатовые сланцы.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

Ставролит-гранатовые и кинанитовые сланцы. Эти породы характеризуются полосчатой текстурой; иногда наблюдается пльйчатость. Структура пород порфиروبластическая с лепидобластической основной тканью. Наиболее типичные ассоциации: кварц-плагио-оклаз-мусковит (биотит)-гранат-ставролит; кварц-плагио-оклаз-мусковит (биотит)-гранат-кианит. Иногда наблюдаются бесполовошпатовые разности.



Рис. 2. Реликты ставролита в окружении серицитовых и землистых масс

его в серицит-мусковит-гидромусковитовом окружении. Порфиробласты обнаруживают полисинтетическое

Ставролит образует таблитчатые порфиробласты, обладающие гелицитовой структурой с включениями кварца, магнетита, чешуек слюды, турмалина и рудной пыли. Часто наблюдаются реликтовые зерна ставролита в хлорит-слюдисто-землистом окружении (рис. 2).

Гранат образует идиобластические кристаллы и изометричные зерна в диаметре от 0,3 до 3,4 мм; трещиноватый, трещины залечены серицитом, биотитом и хлоритом. Наблюдается частичное замещение граната серицитом, биотитом и хлоритом. $N=1,805-1,810$.

Кинанит встречается в виде крупных таблитчатых порфиробласт от 1,5 до 5 мм; реже встречаются мелкие реликтовые зерна

Мусковит образует чешуйчатые полосы и скопления линейной ориентации, обтекающие порфиробласты граната, ставролита и кинанита. Иногда переходит в биотит и хлорит, часто замещает гранат по трещинам.

Биотит имеет радиально-лучистое и чешуйчатое сложение. Переходит в мусковит и хлорит, переполненный сагенином; по спайности наблюдалось замещение его рудным минералом.

Хлорит представлен прохлоритом: $Ng'=1,608$; $Np'=1,601$; $Ng'-Np'=0,007$; $2V_{Np}=3^\circ$. Обычно развивается при замещении слюд, граната и ставролита, причем по гранату образует почти полные псевдоморфозы.

Кианофиллит находится в тесной пространственной связи с кианитом, являясь продуктом разложения и замещения последнего. Образует крупные чешуи и мелкозернистые агрегаты, обладающие слабым плеохроизмом в зеленовато-желтых тонах. $cNg = 0$; $Ng' = 1,583$; $Np' = 1,578$; $Ng'-Np' = 0,006$.

Плагиоклаз почти нацело разложен на серицит и сосюритовое вещество. Обычно представлен андезином и андезин-лабрадором (An 41—57). Наряду с основными плагиоклазами, изредка встречается и олигоклаз (An 16—21), причем с последним ассоциирует и эпидот.

Кварц в виде линейно вытянутых зерен образует скопления и прожилки. Из аксессуаров обильнее всего представлен турмалин, бессистемно расcеянный по породе; дает мелкие призмы, ориентированные вдоль сланцеватости с плеохроизмом: по Ng бесцветный, светло-коричневый, по Np густокоричневый с синими пятнами.

Хлорит-мусковитовые и гранатовые сланцы. Среди этих пород различаются следующие ассоциации минералов: кварц-альбит-мусковит-хлорит; кварц-альбит-эпидот-хлорит; кварц-альбит-мусковит (биотит)-гранат. Аксессуары: рудный минерал, турмалин, апатит, сфен, циркон. Часто макроскопически заметна сульфидная вкрапленность. Структура обычно гранобластическая, характерны также лепидобластические и нематобластические структуры, гранатовые сланцы обладают порфиробластовой структурой.

Плагиоклаз представлен альбитом и олигоклаз-альбитом (An 8—17); образует изометричные (от 0,2 до 1 мм) зерна и таблички, реже гломеробластические скопления. По плагиоклазу развиваются эпидот, серицит, реже хлорит. В гранатовых сланцах, наряду с альбитом, присутствуют реликты и несколько более основных плагиоклазов андезинового ряда (An 29—37).

Кварц торцовый, выполняющий линейно ориентированные полосы. Встречаются также кварцевые скопления и жилки совместно с пренимом.

Хлорит образует пластинки, линзовидные скопления, вытянутые в полосы. Иногда вместе с серицитом заполняет плагиоклазовые таблички. Развивается в основном по гранату и биотиту; в последнем случае переполнен сагенимом.



Рис. 3. Частичная псевдоморфоза хлорит-серицита по гранату

Мусковит присутствует в виде небольших (от 0,2 до 0,7 мм) чешуек, образующих систему параллельных полос, часто перемят и обладает волнистым погасанием. Образовав по плагиоклазу, биотиту и заполняет трещины в гранате.

Биотит—крупные (до 1,3 мм) пластчатые чешуи, радиально-лучистые агрегаты, часто в виде реликтов в мусковит-хлоритовых полосах; иногда самостоятельные линейно ориентированные крупно- и мелкочешуйчатые полосы. Наблюдаются переходы биотита в мусковит и хлорит; нередко замещение им граната. Плеохроизм в коричневых тонах.

Гранат образует крупные (до 3 мм в диаметре) порфиробласты; трещиноватый, радиальные трещины выполнены мусковитом, серицитом, биотитом, хлоритом и кварцем; фиксируется частичное замещение порфиробласт граната хлоритом, серицит-хлоритом или же мелкочешуйчатым биотитом; нередко можно видеть полные псевдоморфозы слюды и хлорита по гранату (рис. 3).

О ПРОЦЕССАХ МЕТАМОРФИЗМА

Основные минеральные ассоциации сланцев лаштракской свиты следующие: кварц-плагиоклаз-мусковит (биотит)-гранат-ставролит (1); кварц-плагиоклаз-мусковит (биотит)-кианит (2); кварц-альбит-мусковит-хлорит (3); кварц-альбит-мусковит-биотит-хлорит-гранат (4).

Рассмотрение этих ассоциаций показывает, что породы метаморфизованы в амфиболитовой и зеленосланцевой фациях. Так, ассоциации 1 и 2 соответствуют ставролит-гранатовой и кианит-гранатовой субфациям амфиболитовой фации, а ассоциации 3 и 4 — кварц-альбит-мусковит-хлоритовой и кварц-альбит-эпидот-гранатовой субфациям фации зеленых сланцев.

Характерной особенностью лаштракской свиты является отсутствие зональности в пространственном расположении пород разных фаций метаморфизма, позволяющие предположить нарастание прогрессивного регионального или же контактового метаморфизма. Так, высокометаморфизованные сланцы со ставролитом и кианитом наблюдаются в виде реликтовых прослоев и линз в толще гранатовых и хлоритовых сланцев. В свою очередь, последние образуют прослои и пачки среди пород амфиболитовой фации, обнаруживая с ними переходы как вкрест, так и по простиранию. Такая картина участкового распределения разных фаций метаморфизма на небольших площадях характерна для пород, претерпевших повторный низкотемпературный метаморфизм [3, 5].

Процессы регрессивного преобразования выражены во взаимоотношении различных минералов. Наиболее распространенным является переход граната в биотит-серицит-хлорит вплоть до образования полных хлорит-слюдистых псевдоморфоз. Особенно характерным являет-

ся процесс хлоритизации граната. Такими же неустойчивыми при низких температурах, как гранат, являются кианит и ставролит. Кианит замещается слюдястыми продуктами, а ставролит переходит в хлорит, серицит, биотит и землистые массы. Широко развит также процесс хлоритизации биотита. Хлорит, образованный по биотиту, сохраняет крупночешуйчатые формы и характерные для последнего кварцевые и апатитовые включения и, как правило, переполнен сагенитом.

Характерно поведение плагиоклаза. В высокометаморфизованных сланцах в парагенезисе со ставролитом и кианитом развит основной плагиоклаз андезин-лабрадорового ряда (Ап 41—57). В гранатовых сланцах присутствует обычно плагиоклаз андезинового ряда (Ап 25—37), но, наряду с ним, наблюдаются более кислые плагиоклазы олигоклаз-андезинового ряда (Ап 15—22), изредка отмечается и альбит (Ап 5—12). Что касается хлоритовых сланцев, то здесь повсеместно развит альбит.

Возникновение низкотемпературных ассоциаций на месте высокотемпературных отражено в химическом составе пород. Сравнение химических составов показывает, что при переходе от пород амфиболитовой фации к диафторитам изменяется отношение K_2O к Na_2O в сторону уменьшения окиси калия; увеличивается процентное содержание CaO и MgO ; возрастает суммарное содержание окисного и закисного железа; растет процентное содержание H_2O — кианитовые и ставролитовые сланцы содержат 0,20—0,52% воды, а хлоритовые и хлорит-слюдястые — от 1,1 до 1,8%.

Окислы	Сланцы					
	кианит-мусковитовый	ставролит-гранатовый	кианит-биотитовый	мусковит-гранатовый	хлорит-мусковитовый	биотит-гранатовый
SiO_2	71,67	53,21	61,66	64,76	57,44	54,04
TiO_2	0,23	0,95	0,64	0,68	0,65	0,78
Al_2O_3	17,23	23,63	16,01	15,47	15,86	16,49
Fe_2O_3	1,03	3,68	0,70	0,67	5,66	4,63
FeO	0,58	5,90	5,70	6,48	5,13	6,19
MnO	сл.	0,23	0,10	0,15	0,14	0,21
MgO	2,36	2,84	2,92	2,84	1,55	2,47
CaO	0,57	0,42	1,04	0,78	4,72	5,91
Na_2O	0,89	2,76	4,26	2,86	5,50	5,80
K_2O	1,74	3,40	2,60	2,10	0,70	1,30
P_2O_5	0,10	0,11	0,04	0,14	0,25	0,14
SO_2	0,47	сл.	0,80	—	0,21	0,61
$H_2O > 105^\circ$	0,20	0,52	0,51	1,35	1,80	1,10
$H_2O < 105^\circ$	0,65	0,28	0,22	0,23	0,32	0,16
п. п. п.	1,68	1,76	2,63	1,44	0,17	1,11
Сумма	99,72	100,09	99,78	99,93	100,10	100,05

Суммируя вышесказанное, можно прийти к следующему заключению. В строении исследованной метаморфической толщи принимали

участие в основном пелитовые, высокоглиноземистые осадки и известняки. Исходные породы претерпели прогрессивный региональный метаморфизм, достигающий максимума, по-видимому, в амфиболитовой фации. Процессы прогрессивного регионального метаморфизма преобразуют исходные пелитовые породы в ставролитовые и кианитовые сланцы, известняки перекристаллизовываются в мраморы, а представители основных магматических пород дают амфиболиты. На этом действие процессов прогрессивного регионального метаморфизма, очевидно, заканчивается.

Метаморфизованные в амфиболитовой фации породы претерпевают повторный низкотемпературный метаморфизм, в результате которого они преобразуются в хлорит-слюдисто-эпидотовые и хлорит-слюдисто-гранатовые сланцы.

Преобразование исходных минералов можно представить следующей схемой: кианит — серицит (мусковит) + кианофиллит, ставролит — хлорит + серицит + пелитовое вещество; ставролит — биотит + пелитовое вещество; гранат — биотит + серицит; гранат — серицит + хлорит; гранат — хлорит; биотит — хлорит; средний и основной плагиоклаз — альбит + эпидот.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

(Поступило в редакцию 14.6.1967)

პეტროგრაფია

ბ. ღუმბაძე, თ. ჩხთუა

მდ. ბავიშის აუზის კრისტალურ ფიქლებში იმპრესული
 მეტამორფიზმის პროცესების შესახებ
 რეზიუმე

წერილში მოცემულია მაღალმთიანი აფხაზეთის ტერიტორიაზე გავრცელებული მეტამორფული ქანების დახასიათება.

პეტროლოგიური შესწავლის საფუძველზე დავასკვნით, რომ კრისტალური ფიქლების ფორმირება პოლიმეტამორფიზმის შედეგია. მეტამორფიზმის პროგრესულ ეტაპზე ჩამოყალიბდა ამფიბოლიტური ფაციესის ქანები, რაც რეგრესული (დაბალტემპერატურული) პროცესების გავლენით მწვანე ფიქლების ფაციესის ქანებად გარდაიქმნა. ამასთან, ზედნადები პროცესები ვლინდება ბუნებრივად და მწვანე ფიქლების ფაციესის ქანებში გვხვდება ამფიბოლიტური ფაციესის ქანების რელიქტები.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Бессонов. Геологическое строение области верховьев р. Б. Лабы. Труды по геологии и полезным ископаемым Сев. Кавказа, вып. II, 1938.
2. М. Л. Сомин. Некоторые особенности связи магматизма и тектоники и кристаллического ядра Большого Кавказа. Геотектоника, № 3, 1965.
3. Г. М. Другова, А. Н. Неелов. Полиметаморфизм докембрийских образований южной части Алданского щита и Станового хребта. Труды ЛАГЕД, в. II, 1960.



УДК 661.871:661.632.1(47.922)

ПЕТРОГРАФИЯ

А. И. МАХАРАДЗЕ

**ФОСФОРИТЫ В ЧИАТУРСКОМ МАРГАНЦЕВОМ
 МЕСТОРОЖДЕНИИ**

(Представлено академиком Г. С. Дзодендзе 14.10.1967)

Проявления фосфоритов в Чиатурском марганцевом месторождении впервые обнаружены в 1965 г. в процессе проведения литолого-геохимических исследований в разрезе тематического плана Кавказского института минерального сырья.

Проявления фосфоритов встречаются в юго-западной и западной частях Чиатурского марганцевого месторождения. Фосфориты приурочены к подрудным песчаникам и представлены желваками. Исключение составляет местность Дарбаидзееби (между участками Перевиса и Мереви), где желваки очень редки и фосфат принимает участие в цементе самого нижнего слоя подрудных песчаников. В этом же слое имеются отдельные гнезда, которые состоят из более тонкозернистого песчаника и содержат больше фосфатного вещества.

На участке Кведа Ргани, вдоль Главного сброса, желваки, достигающие 4×7 см в поперечнике, вместе с грубообломочным терригенным материалом цементированы барит-карбонатным веществом и образуют самостоятельный слой желвакового конгломерата. Последний залегает на неровной поверхности известняков, выполняя в них углубления и карманы, и его мощность поэтому меняется от 10 до 20 см. Такая же картина изменения мощности наблюдается и на участке Перевиса, также вблизи Главного сброса. В отличие от Кведа Ргани, здесь размер отдельных желваков меньше (до 2×3 см) и они не образуют самостоятельный слой, а обогащают слой песчаника мощностью до 5—10 см. Вблизи сброса эти слои перекрываются окисной рудой марганца. По мере удаления от Главного сброса по простиранию, в северо-восточном направлении, между песчаником, обогащенным желваками фосфорита, и рудой марганца появляются нефосфатизированные слои песчаников, которые постепенно увеличиваются по мощности. По мере увеличения мощности подрудных песчаников количество желваков уменьшается до полного исчезновения. На участках Ргани, Зеда Ргани, Шукрути, по сравнению с Кведа Ргани и Перевиса, желваки встречаются в меньшем количестве. На участках Мереви, Тагагеби,

Мгвимеви, Дарквети и восточной периферии Шукрути количество желваков резко сокращается. Еще восточнее, на участках Итхвиси, Пасиети, Сареки и дальше они вообще отсутствуют. Следует отметить, что в тех участках, где мощность подрудных песчаников до 1 м, желваки приурочены к подошве этих песчаников. Там, где мощность подрудных песчаников больше, желваки встречаются ниже первого рудного слоя примерно на 1—1,5 м.

Желваки имеют неправильную форму. Поверхность неровная, бугристая, разъединенная, в углублениях шероховатая, верхняя часть полированная. Они черного и коричнево-черного цвета, на свежих изломах светло-коричневые. Для них характерна пористость. При трении двух кусков выявляется неприятный запах гниющего вещества.

Желваки фосфоритов, как уже было сказано, в основном песчанистые. Глинистые разновидности очень редки и всегда содержат определенное количество терригенных псаммитовых и алевроитовых частиц. Терригенный материал в желваках распределен неравномерно. В одном и том же желваке встречаются участки, в которых терригенный материал настолько обилен, что фосфатное вещество выступает в виде цемента соприкосновения, и участки, где оно является цементом заполнения пор или базального типа. В фосфатном веществе диагностированы два минерала — изотропный курскит и анизотропный, кристаллический, радиально-лучистый, не превышающий 0,05 мм франколит.

Курскит обычно встречается в виде базального цемента или заполнения пор. Он не содержит включений органического вещества, бесцветный, прозрачный, с светопреломлением $1,585 \pm 0,001$, в большинстве случаев с включениями органического вещества, цвет становится бурым до коричневого. Иногда в аморфной фосфатной массе встречаются концентрически расположенные полоски бесцветного анизотропного франколита и коричневого изотропного курскита. В массе курскита почти всегда рассеяно большое количество мельчайших чешуек минералов глин, слюд, обломков кварца, полевых шпатов и других минералов, размер которых не превышает 0,01 мм.

Франколит располагается в виде одной или нескольких тонких каемочек вокруг отдельных обломков (рис. 1), а также нарастает на стенках пор различной формы среди аморфной фосфатной массы. Франколит прозрачный, бесцветный, с светопреломлением $N_m' - 1,613 \pm 0,001$, $N_p' - 1,604 \pm 0,001$, интерферирует в белых и светло-серых тонах. Франколит вокруг зерен развивается в тех случаях, когда песчанистый материал в желваках в большом количестве. В тех образцах, где фосфат служит цементом типа соприкосновения, он представлен исключительно франколитом. Если фосфат в виде цемента заполнения пор, вокруг зерен развит франколит, а поры заполнены курскитом. В глини-

стых желваках с малым содержанием посчанистых частиц франколит не обнаруживается.

Кроме желваков, встречаются также фосфатизированные зубы акулы, кости, клыки и обрывки древесины. Фосфатизированные остатки живых организмов содержат в большом количестве органическое вещество, а обрывки древесины — гидроокислы железа. В этих остатках фосфатное вещество представлено как курскитом, так и франколитом.

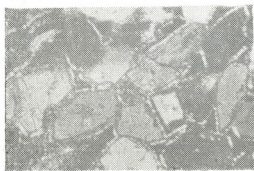


Рис. 1. Радиально-лучистый франколит окаймляет обломки минералов, ув. 120 х, николи скрещены

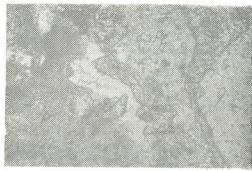


Рис. 2. Терригенный материал и желваки фосфоритов, сцементированные баритом. Q—кварц, Pl—плагноклаз, P—фосфорит, Ba—барит, ув. 120 х без анализатора

На дебаеграммах образцов, в которых основная масса фосфата представлена франколитом, имеются все характерные интенсивные линии последнего: $d/n=3,076\text{Å}(3)$; $2,784\text{Å}(10)$; $2,694\text{Å}(5)$; $2,635\text{Å}(3)$; $2,251\text{Å}(3)$; $1,934\text{Å}(4)$; $1,829\text{Å}(4)$. Эти линии четкие. На дебаеграммах образцов, состоящих в основном из курскита, отмечается слабая перекристаллизация последнего в франколит, общий фон повышен, линии, характерные для франколита, имеют размытые края, понижены в интенсивности и некоторые из них отсутствуют.

Содержание P_2O_5 в желваках изменяется от 11 до 26%. Фосфатизированные остатки живых организмов и обрывки древесины состоят из исключительно чистого фосфата с содержанием P_2O_5 33 — 34% (см. таблицу). Следует отметить, что содержание фосфора как в рудовмещающих породах, так и в рудах вообще незначительно.

Из фосфатных минералов встречается также терригенный апатит. В изученных нами шлифах олигоценых отложений Чиатурского марганцевого месторождения он является характерным аксессуарным минералом. Апатит представлен мелкими кристалликами размером до 0,03 мм. Более крупные кристаллы очень редки.

Из нефосфатных аутигенных минералов встречаются глауконит, кальцит, барит и опал. Глауконита, этого типичного спутника платформенных фосфоритов, как в желваках, так и во вмещающих их песчани-

Химический состав желваков фосфорита и фосфатизированных остатков
 живых организмов и древесины, %

Наименование образца	Влага	п. п.	Нераствори- мый остаток	P_2O_5	F	CaO	MgO	MnO	FeO	Fe_2O_3	Al_2O_3
Желвак фосфорита	1,4	7,8	15,8	26,9	2,0	39,1	1,1	нет	0,5	0,5	1,4
Желвак фосфорита	1,1	5,9	38,0	18,7	1,5	25,8	1,7	нет	0,4	1,6	2,2
Фосфатизированный зуб акулы	2,1	6,9	0,3	33,5	2,0	50,2	0,8	нет	0,3	0,3	0,3
Фосфатизированный клык	2,3	8,0	0,2	34,2	2,0	50,6	0,7	нет	0,1	0,2	0,1
Фосфатизированная древесина	0,5	8,1	0,1	33,2	2,0	47,7	0,8	нет	0,6	3,2	0,3

ках очень мало, содержится он в виде единичных зерен. Кальцит встречается как в желваках, так и в цементе песчаников. В желваках иногда отмечается замещение фосфорита кальцитом. Замещается в основном курскит. Встречаются такие участки, где в карбонатный базис погружены песчаные частицы, вокруг которых развит франколит. Барит не участвует в строении самих желваков, он входит в цемент песчаников, содержащих эти желваки (рис. 2). На участке Кведа Ргани в некоторых образцах подрудных песчаников цемент представлен исключительно баритом. По сравнению с Кведа Ргани, на участке Перевиса барита меньше, а в других участках он содержится в незначительном количестве. Характерным для этих баритов является повышенное содержание стронция. Опал представлен в виде спикул губок, которые встречаются как во вмещающих желваки песчаниках, так и в самих желваках.

Терригенный материал представлен кварцем, полевыми шпатами, как свежими, так и измененными, мусковитом и биотитом со следами гидратации и обломками кислых эффузивов. Кварц намного преобладает над другими компонентами. Встречаются как эффузивные, так и интрузивные его разновидности. Полевые шпаты представлены кислыми плагиоклазами, калишпатом, микроклином и пертитом.

Следует отметить, что желваки фосфорита из Чиатурского марганцевого месторождения отличаются от желваков фосфорита, встречающихся в Рача-Лечхумской синклинали в том же стратиграфическом горизонте, что и чиатурские. Оба они аутигенного происхождения, но в Рача-Лечхумской синклинали желваки приурочены к маломощным глауконитовым песчаникам, подстилающим м'якопскую свиту [1]. Они состоят из глауконитовых зерен псаммитового размера, сцементированных фосфатным веществом. В Чиатурском месторождении глауконитовые песчаники отсутствуют, желваки песчаные, очень редко глинистые и содержат единичные зерна глауконита.

Изученные фосфориты из-за незначительного скопления желваков не могут иметь какого-нибудь практического значения, но они являются интересными с генетической точки зрения. Если парагенезисы $Mn-P$ и $Mn-Ba$ в отдельности встречаются довольно часто, то ассоциация $Mn-P-Ba$ с учетом и Sr , содержание которого в баритах повышено, является очень редким. Не исключено, что детальное изучение этого парагенезиса в совокупности с другими литолого-геохимическими особенностями поможет объяснить условия образования Чиатурского марганцевого месторождения, которые на данном этапе изучения являются спорными [1—4].

Кавказский институт минерального сырья

(Поступило в редакцию 14.10.1967)

პეტროგრაფია

ა. მახარაძე

ჭიათურის მარგანეციის საბადოს ფოსფორიტები

რეზიუმე

1965 წელს პირველად იქნა აღმოჩენილი ფოსფორიტების გამოსავლები ჭიათურის მარგანეციის საბადოს სამხრეთ-დასავლეთ და დასავლეთ ნაწილში. ფოსფორიტი წარმოდგენილია ყელვაკებით. ისინი დაკავშირებულია მადნის-ქვეშა ქვიშაქვების ფუძესთან და კირქვების უსწორმასწორო ზედაპირზეა განლაგებული. ქვედა რგანის უბანზე, მთავარი რღვევის გასწვრივ, ყელვაკები უხეშმარცვლოვან ტერიგენულ მასალასთან ბარიტ-კარბონატით არის შეცემენტებული და ყელვაკების კონგლომერატის 10—12 სმ სიმძლავრის დამოუკიდებელ შრეს ქმნის. მთავარი რღვევიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით ყელვაკების რაოდენობა კლებულობს და ითხვისის, პასიეთისა და სარეკის უბნებზე უკვე აღარ გვხვდება.

ძირითადად ქვიშიანი ტიპის ყელვაკები გვხვდება, თიხიანი კი იშვიათია. ყელვაკებში ფოსფორის ნაერთები წარმოდგენილია კურსკიტით და ფრანკოლიტით. უკანასკნელი რადიალურ-სხივოსნურად ერთ ან რამდენიმე რიგად ცალკეულ მარცვლებს გარს ერტყმის. ფოსფორის ნაერთების გარდა სხვა აუტიგენურ წარმონაქმთა შორის გლაუკონიტი, ბარიტი და თაალი აღინიშნება. გლაუკონიტი, რაც საერთოდ ბაქანზე წარმოშობილ ფოსფორიტებთან დიდი რაოდენობითაა დაკავშირებული, ჩვენს შემთხვევაში გვხვდება თითო-ორჯერ მარცვლის სახით. ტერიგენული მასალა წარმოდგენილია კვარცით, მცირედ ჰიდრატირებული მუსკოვიტითა და ბიოტიტით, როგორც შეცვლილი, ასევე სალი მყავე პლაგიოკლაზებით, კალიშპატით, მიკროკლინითა და პერტიტით.

აღწერილი ფოსფორიტის გამოსავლებს რაიმე პრაქტიკული მნიშვნელობა არ აქვს, მაგრამ ფრიად საინტერესოა წარმოშობის თვალსაზრისით და $Mn-P-Ba$

იშვიათი პარაგენეზისით. გამორიცხული არაა, რომ ამ პარაგენეზისის დეტალური შესწავლა, სხვა ლითოლოგიურ-გეოქიმიურ ნიშნებთან ერთად, დაგვეხმარება ჭიათურის მარგანცის საბადოს წარმოშობის პირობების ახსნაში.

დადოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. С. Дзоценидзе. Влияние вулканизма на образование осадков. Изд. «Недра», М., 1965.
2. А. Г. Бетехтин. Условия образования Чиатурского месторождения. В кн.: «Чиатурское месторождение марганца», изд. «Недра», М., 1964.
3. Р. Д. Лекვიнадзе, В. И. Эдилашвили. К вопросу палеогеографии марганцевого бассейна Грузии в нижнеолигоценое время. Труды КИМСа, вып. III (5), 1965.
4. Н. М. Страхов, Л. Е. Штеренберг. К вопросу о генетическом типе Чиатурского месторождения. Литология и полезные ископаемые, № 1, 1965.



УДК 551.21(47.922)

ПЕТРОГРАФИЯ

Р. Л. ШУБЛАДЗЕ

К ПЕТРОХИМИИ ВЕРХНЕОЦЕНОВЫХ ВУЛКАНОГЕННЫХ ПОРОД (АДИГЕНСКАЯ СВИТА) АХАЛЦИХСКОЙ ДЕПРЕССИИ

(Представлено академиком Г. С. Дзопенидзе 23.10.1967)

В западной части Ахалцихской депрессии впервые П. Д. Гамкредзе [1] была выделена вулканогенно-осадочная толща, названная адигенской свитой. Она трансгрессивно залегает на среднеэоценовых вулканогенах и согласно перекрывается лагунно-континентальными образованиями олигоцена.

Адигенская свита сложена эффузивами андезито-базальтов и базальтов, их пирокластолитами и вулкано-терригенными отложениями. К свите приурочены гипабиссальные тела тешенитов и камптонит-мончикитов. Общая мощность свиты варьирует в пределах 600—750 м.

Проведенное автором изучение ряда разрезов (у сс. Смада, Адигени, Млаше, Гордза, Плате, Мохе, Кеховани и др.) и их сопоставление выявило разделение вулканогенных образований пачками осадочных пород, содержащих позднеэоценовую фауну. В связи с этим было установлено, что вулканогенные образования адигенской свиты формировались при неоднократных выбросах вулканического материала, в перерывах между которыми происходили отложение осадочных пород, а также частичный размыв их. Лавы адигенской свиты петрографически впервые были изучены Н. И. Схиртладзе [1], который выделил среди них андезиты, андезито-базальты и базальты.

На основании изучения собранного нами материала среди лав адигенской свиты выделяются две разновидности: породы первой группы по содержанию SiO_2 (54—56%, см. таблицу) выходят за пределы колебаний, характерных для типичных базальтов (45—52% SiO_2 , по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу [2]) и приближаются к андезито-базальтам. Породы второй группы отличаются большей основностью. По содержанию SiO_2 (47—52%) они относятся к базальтам, отличаясь от них несколько повышенным содержанием щелочей (см. таблицу). Лавы обеих разновидностей представляют собой порфиновые породы темно-серого цвета, иногда смоляно-черного цвета с хорошо выраженной столбчатой отдельностью.

Андезито-базальты представляют собой слабо насыщенные кремнекислотой породы ($Q = +2.2, +3.2$); состоят из вкрапленников плагиоклаза, моноклинного пироксена и бурой роговой обманки.

Вкрапленники плагиоклаза представлены удлиненно-таблитчатыми, полисинтетически сдвойникованными кристаллами (1—2 мм в длину). Микrolиты имеют преимущественно лейстовую и иногда игольчатую форму. Состав плагиоклаза в обоих случаях соответствует лабрадору (55—58% An). Характерно обильное содержание включений бурого стекла. Последние местами полностью замещены мелкочешуйчатой гидрослюдой ($N_{g'} = 1,565 \pm 0,001$; $N_{p'} = 1,546 \pm 0,001$) светло-зеленовато-желтоватого цвета.

Вкрапленники пироксена образуют короткостолбчатые кристаллы, образующие в поперечных сечениях восьмиугольники с плохо развитыми плоскостями призм и сравнительно хорошо развитыми плоскостями пинакоида. Средний размер 0,3—0,5 мм в поперечнике. Часто вместе с вкрапленниками плагиоклаза образуют гломеропорфировые сростки размером 4,5 мм в поперечнике. По оптическим константам ($cN_g = 38-41^\circ$; $+2v = 51-52^\circ$; $N_{g'} = 1,710 \pm 0,002$; $N_{p'} = 1,682 \pm 0,002$) относятся к диопсидавгиту, в котором содержание геденбергитовой молекулы (по диаграмме Гесса) соответствует 21—22%.

Роговая обманка представлена в виде коротких шестиугольников (0,15—0,2 мм в поперечнике). Окрашена в бурый или красновато-бурый цвет и обнаруживает резко выраженный плеохроизм от красновато-бурого цвета по Ng до соломенно-желтого по Np. Вкрапленники роговой обманки обычно интенсивно опацицированы. Угол погасания $cN_g = 15-20^\circ$, $-2v = 78^\circ$, в связи с чем она относится к обыкновенной роговой обманке.

Основная масса, имеющая гиалопилитовую структуру, состоит из светло-буроватого вулканического стекла ($n = 1,538 \pm 0,001$) с примесью микrolитов плагиоклаза, пироксена, магнетита, мелких изометричных зерен пирита, ильменита и халькопирита; имеются также пятна гидрослюды.

Базальты, в отличие от андезито-базальтов, содержат 5—5,5% оливина. Структура базальтов интересеральная, приближающаяся в центральных частях покрова к микроделеритовой. Основная масса состоит из лейстовых микrolитов плагиоклаза, моноклинного пироксена, обильных кристалликов титано-магнетита, ильменита, пирита и реже халькопирита. Между указанными минералами зажаты остатки темно-бурого стекла ($N = 1,559 \pm 0,001$) с обильной магнетитовой пылью. В стекле и во вкрапленниках часто встречаются игольчатые и призматические кристаллики апатита. Порфировые и микропорфировые вкрапленники представлены плагиоклазом, моноклинным пироксеном и оливином. Плагиоклаз образует две генерации вкрапленников. Первая, доэффузивная, представлена крупными (до 3 мм в длину) резорбирован-

ными и оплавленными кристаллами, обильно содержащими включения бурого стекла. Состав этих вкрапленников отвечает кислому лабрадору с 50% An. Иногда резорбированные вкрапленники плагиоклаза окаймлены тонкой отсрочкой более основного лабрадора (60—65% An). Поздние вкрапленники плагиоклаза образуют удлиненно-таблитчатые воднопрозрачные кристаллы. Обычно они сдвойникованы полисинтетически преимущественно по альбитовому закону. Состав вкрапленников этой генерации соответствует лабрадору (от 58 до 66% An). Микrolиты плагиоклаза не отличаются по составу от поздних вкрапленников, характеризуются аналогичными пределами вариаций (58—66% An).

Вкрапленники пироксена образуют короткопризматические кристаллы. Цвет бледно-зеленый, угол погасания $cNg = 34-35^\circ$; $+2v = 41-57^\circ$ (2 вых. 0.0); $Ng' = 1,710 \pm 0,002$; $Np' = 1,690 \pm 0,002$. По этим оптическим константам минерал относится к диопсидавгиту с несколько более низким, чем у пироксенов андезито-базальтов, содержанием геденбергитовой молекулы.

Оливин присутствует в виде сильно резорбированных, оплавленных зерен размером до 0,5 мм в поперечнике. $+2v = 63-65^\circ$; $Ng' = 1,750 \pm 0,002$; $Np' = 1,730 \pm 0,002$. Обычно он замещен зеленовато-буроватым и травяно-зеленым хлорит-серпентинитовым веществом.

Устанавливается, что в типичных разрезах адигенской свиты базальты занимают низкое стратиграфическое положение, андезито-базальты залегают выше, что фиксирует некоторое возрастание кислотности и щелочности снизу вверх.

Интрузивная деятельность позднего эоцена вызвала образование небольших гипабиссальных силлов — цеолитсодержащих тешенитов и камптонит-мончикитов.

Предыдущие исследователи [1, 3, 4] выходы этих пород отмечают в восточной и юго-восточной частях Ахалцихской депрессии среди нуммулитовой свиты верхнего эоцена. Нами зафиксированы новые выходы этих пород в западной части депрессии среди вулканогенных образований адигенской свиты [5]. Мнение о верхнеэоценовом возрасте тешенитов и камптонит-мончикитов впервые высказал П. Д. Гамкрелидзе [1]. Мы также считаем цеолитсодержащие гипабиссальные породы комагматами адигенской свиты. Критериями, свидетельствующими об их комагматичности, являются: 1) тесная пространственная и возрастная сопряженность (в толщах моложе верхнего эоцена они не встречаются); 2) сходный химический состав; 3) наличие элементов примесей, характерных как для первых, так и для вторых. Данные спектральных анализов показали полную сопоставимость содержаний таких элементов, как никель, кобальт, титан, ванадий, галлий, бор, цирконий, иттрий, медь и др.

Химические анализы пород пересчитаны на числовые характеристики по методу А. Н. Заварицкого и нанесены на диаграмму (рис. 1). Для сравнения на диаграмму также нанесены числовые характеристики эффузивов среднего эоцена (Боржомский, Ахалцихский районы), среднего базальта, среднего трахибазальта и среднего тефрита по Р. Дэли.

Векторная диаграмма выявляет ряд заслуживающих внимания особенностей. Самой характерной из них является повышенная щелоч-

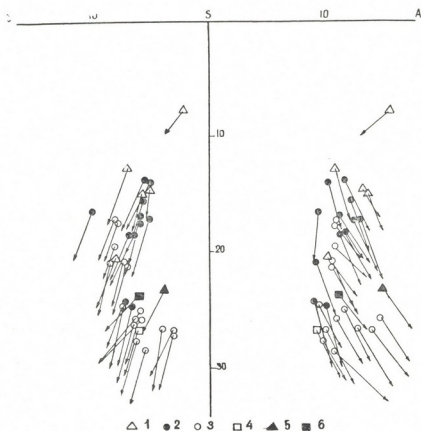


Рис. 1. Диаграмма химического состава лав среднего и верхнего эоцена Ахалцихского района и гипабиссальных пород верхнего эоцена Ахалцихской депрессии: 1—лавы среднего эоцена; 2—лавы верхнего эоцена; 3—гипабиссальные породы; 4—средний базальт по Р. Дэли; 5—средний трахибазальт по Р. Дэли; 6—средний тефрит по Р. Дэли

ность лав, сближающая их по составу с трахибазальтами, трахиандезито-базальтами и тефритами. Лавы адигенской свиты по своему химизму отличаются как от среднего базальта, так и от среднего трахибазальта и ближе стоят к среднему тефриту, но отсутствие в модаль-

Средние составы позднеэоценовых вулканогенных пород (адигенская свита)
 Ахалцихской депрессии

Основные типы пород	Компоненты								Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	a	c	b	s	f'	m'	c'	n
1—Базальты ⁽¹⁾	49,86	18,15	5,64	2,53	4,55	8,73	3,25	2,90	10,7	7,7	20,1	61,5	42,0	40,2	17,8	72,6
2—Андезито- -базальты ⁽²⁾	54,97	17,46	3,65	2,66	5,07	9,10	4,85	2,00	13,3	4,1	20,7	61,9	26,9	40,7	32,3	79,0
3—Тешениты ⁽³⁾	47,04	17,07	5,89	2,85	5,70	9,15	3,50	1,70	10,8	6,9	23,6	58,7	5,4	43,4	21,2	75,6
4—Камптонит- мончикиты ⁽⁴⁾	44,37	14,67	4,54	5,05	6,70	10,15	3,65	1,75	10,8	4,7	31,8	52,9	29,7	45,6	27,0	72,1

(¹—среднее из 10 анализов; (²—среднее из 9 анализов, (³—среднее из 12 анализов;
 (⁴—среднее из 8 анализов.

ном составе этих пород фельдшпатоидов не позволяет называть их тефритами. На проекции CSB крутое наклонение векторов показывает преобладание Na над K. Характерным является и соответствие повышения щелочности последовательности кристаллизации пород, что следует связывать с общей геотектонической обстановкой их формирования.

По данным П. Д. Гамкрелидзе [1], Аджаро-Триалетская геосинклиналь, зародившаяся в верхнем мелу в конце среднего эоцена, когда проявилась триалетская фаза складчатости, расчленяется на отдельные небольшие изолированные бассейны. Формируется центральная подзона поднятия. Одновременно зарождаются краевые прогибы Гурийской и Ахалцихской депрессий.

После инверсии Ахалцихский прогиб вновь испытал погружение, сопровождавшееся возобновлением подводной вулканической деятельности и накоплением вулканогенно-осадочных и терригенных осадков. Центральная же подзона с конца среднего эоцена по настоящее время представляет собой постепенно расширяющуюся и поднимающуюся сушу [1]. В соответствии с данными И. В. Качарава [6], субстрат Ахалцихской депрессии представляет собой северный выступ Сомхитской глыбы, постепенно погружающийся в северном направлении. По всей вероятности, наличием неглубоко залегающего фундамента обусловлены слабый метаморфизм осадков Ахалцихской депрессии и слабая их деформация. Такое структурное положение области объясняет и повышенную щелочность верхнеэоценовых вулканогенных пород, поскольку «вероятность появления щелочных пород тем больше, чем менее тектонически подвижной является область, где поднимаются магмы» [7]. Так, если, по данным Г. С. Дзоенидзе [8], среднеэоценовая магма Аджаро-Триалетской геосинклинали характеризуется несколько повышенной щелочностью, то естественно дальнейшее ее возрастание в постин-

версионный период. Небольшой позднеэоценовый магматический очаг Ахалцихской депрессии, остаточный от среднеэоценового магматического бассейна, дифференцировался в условиях слабой подвижности, в результате чего послужил источником для серии эффузивных пород, приближающихся к тефритовым андезито-базальтам и тефритовым базальтам, а также щелочной силловой субфации.

Установленная закономерность прогрессивного возрастания щелочности вулканических образований в стабилизированных областях свидетельствуется многими исследователями в различных районах. Она убедительно показана Г. С. Дзоценидзе [8, 9] на примере вулканизма Закавказья.

Кавказский институт минерального сырья

(Поступило в редакцию 23.10.1967)

პეტროგრაფია

6. შუბლადე

ახალციხის რეპრეზენტის ზედა ეოცენის (აღმეგნის წყება)

ვულკანოგენური ქანების პეტროქიმიისათვის

რეზიუმე

აღმეგნის წყების ეფუზივებს შორის პეტროქიმიურ თავისებურებათა საფუძველზე გამოიყოფა ორი ძირითადი ჯგუფის ქანები: ანდეზიტო-ბაზალტები და ბაზალტები. აღსანიშნავია ლავებში ტუტეების შედარებით მაღალი შემცველობა (Na—3,25—4,85%; K—2,9%-მდე), რის გამოც ეს ქანები უახლოვდება ტუტე ბაზალტოიდური სერიის ქანებს — ტერფიტებს. სტრუქტურულ-გეოლოგიური, პეტროქიმიური და გეოქიმიური კრიტერიუმების საფუძველზე დადგენილია ამ წყების ვულკანოგენური და მასთან დაკავშირებული ჰიპობისალური ქანების — ტუტეებისა და კამპტონიტ-მონჩიკიტების — კომპლექტურობა.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. Д. Гамкрелидзе. Геологическое строение Аджаро-Триалетской складчатой системы. Геол. ин-т АН ГССР, Монографии, № 2, 1949.
2. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. О разграничении базальтов и андезитов. Изв. Геол. Ком., т. 64, № 4, 1925.
3. С. И. Лукашевич и В. А. Страхов. Гидрогеологический очерк долины верхней Куры. Изд. Загипровода, вып. 5, 1933.
4. Д. С. Белянкин и В. П. Петров. Тешенит-камptonит-мончикитовые интрузии окрестностей г. Ахалцихе. Труды Ин-та геол. наук, вып. 21, 1940.
5. Р. Л. Шубладзе. Тешениты Ахалцихского района и связанные с ними контакто-метасоматические изменения. Труды КИМСа, VI(8), 1965.
6. И. В. Качаравა. Очерк геологии Ахалцихской депрессии. Труды Геол. ин-та АН ГССР, т. XII (XVII), 1961.
7. Ю. М. Шеймани. О связи щелочных магматических формаций... Труды 2-го Всес. петр. сов., М., 1960.
8. Г. С. Дзоценидзе. Домеоценовый эффузивный вулканизм Грузии. Изд. АН ГССР, 1948.
9. Г. С. Дзоценидзе. Палеогеновый вулканизм Закавказья. В сб. «Закономерности размещения полезных ископаемых», т. VII, изд. «Наука», М., 1964.



УДК 691.32.027.1

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

О. И. КВИЦАРИДZE, Ш. А. ЛОМИДZE

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БЕТОННЫХ ТРУБ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫХ САМОХОДНЫМИ СТАНКАМИ ПО ПРИНЦИПУ ВИБРОПРЕССОВАНИЯ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 30.6.1967)

На руставском комбинате железобетонных изделий № 2 впервые в стране налажено массовое производство бетонных неармированных труб средних и больших диаметров. Новая технология предусматривает формование изделий самоходными станками КЖБИ-2 путем вибропрессования бетонной массы.

Прессующее усилие от пригруза в процессе вибрирования и распалубки свежотформированного изделия достигает внушительной величины, порядка 3—4 кг/см². Поэтому специфика принятого технологического процесса производства бетонных труб методом вибропрессования в первую очередь ставит вопрос о качестве изготавливаемого изделия и возможности оценки их несущей способности по общепринятой зависимости строительной механики

$$P = 0,9 \frac{bh^2 R_p}{r} \quad (1)$$

Кроме того, в руководящих материалах по проектированию, расчету и контролю качества бетонных безнапорных труб отсутствуют данные для труб диаметром свыше 600 мм, тогда как станки КЖБИ-2 в настоящее время изготавливают изделия диаметром до 1000 мм. В связи с этим установление фактической несущей способности таких труб позволит более правильно назначить величины контрольных и расчетных нагрузок для них, а также установить оптимальные размеры толщины стенок и т. д.

Результаты проведенных нами в Институте строительной механики и сейсмостойкости АН Грузинской ССР экспериментальных исследований над бетонными трубами диаметрами 500, 700 и 1000 мм показывают, что действительная прочность трубы (см. таблицу), изготавливаемой методом вибропрессования, значительно превосходит расчетную величину несущей способности, определенную по формуле (1).

Это объясняется в основном тем, что, во-первых, расчетная зависимость (1) картину работы труб представляет в несколько упрощен-

ном виде и, во-вторых, не учитывает специфику технологии производства. Здесь имеется в виду то обстоятельство, что в условиях формирования бетонной смеси вибропрессованием фактическая прочность бетона на растяжение значительно больше, чем принимаемая в расчетах.

Диаметр трубы, мм	Разрушающая нагрузка, кг		$\frac{P^э}{P^р}$
	Расчетная $P^р$	Экспериментальная $P^э$	
500	3770	6585	1,75
700	5070	9207	1,82
1000	4130	6008	1,47

Согласно экспериментам, в бетонных трубах, загруженных последовательно возрастающей нагрузкой вплоть до разрушения, можно выделить три напряженно-деформированных состояния.

Первая стадия. При малых нагрузках напряжения сжатия в бетоне невелики, а растягивающие напряжения еще не достигли предельной величины. В этой стадии деформации носят упругий характер и зависимость между нагрузкой и прогибом по сбоим направлениям линейная.

Вторая стадия. Она наступает после дальнейшего увеличения нагрузки. При этом в сечениях, расположенных по оси $y-y$, деформации растянутого бетона носят неупругий характер и линейная зависимость нагрузки — деформации по вертикальной оси несколько нарушается. В сечениях по оси $x-x$ бетон продолжает работать в упругой стадии.

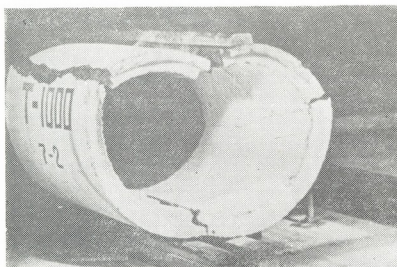


Рис. 1

Третья стадия. Этот период наступает после проявления неупругих деформаций в сечениях, расположенных на уровне центра тяжести трубы. Эти явления также характеризуются переломами в кривой напряжения — деформации.

В конце третьей стадии растягивающие напряжения в бетоне сечений по $x-x$ достигают предельных значений, что вызывает раскрытие трещины в щельге трубы и хрупкое разрушение системы за счет образования четырех поворотных шарниров (рис. 1).

В конце этой стадии наблюдается тенденция к некоторому выравниванию эпюры моментов.

После достижения нагрузки порядка 0,8 от разрушающей силы характер эпюры моментов для замкнутого кольца несколько меняется. Происходит перемещение нулевого сечения в сторону щельги трубы и, следовательно, укорачивается зона действия положительных моментов.

В настоящее время при недостаточном количестве экспериментальных исследований по различным видам труб более целесообразно несоответствие между результатами опытов и расчетом устранить путем введения в расчетную формулу единого поправочного коэффициента K . По нашим данным, для бетонных труб, изготовленных станками КЖБИ-2, среднее значение этого коэффициента равно 1,62, а наименьшее его значение 1,40. Это примерно соответствует уменьшению среднего значения на два «стандарта» (определение по статической кривой вероятности распределения). Это значение $K=1,4$ в работе рекомендуется принимать при определении величины браковочного минимума для прочности трубы. В таком случае

$$P_{\text{бр}} = 1,26 \frac{bh^2 R_p}{\gamma} \quad (2)$$

Для ориентировочной оценки несущей способности бетонных труб целесообразно значение K принимать равным 1,65 или

$$P_{\text{разр}} = 1,49 \frac{bh^2 R_p}{\gamma} \quad (3)$$

При этом совпадение результатов экспериментов с расчетными данными оценивается в пределах $\pm 15\%$.

Исходя из предпосылок метода предельных состояний можно получить также значения для расчетных нагрузок:

$$\frac{P_{\text{расч}}}{0,9} \leq 0,666 P_{\text{разр}} + 0,917 P_{\text{с.в.}} \quad (4)$$

Выводы

Исследование напряженно-деформированного состояния бетонных неармированных труб, изготавливаемых станками КЖБИ-2, при различных стадиях работы дают возможность утверждать, что продукция самоходных машин вполне удовлетворяет требованиям ГОСТа как по прочности, так и по водонепроницаемости изделия.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что несущая способность бетонных труб, изготовленных станками КЖБИ-2, при механических испытаниях несколько больше величины разрушающей нагрузки, определяемой по аналитической зависимости. Предлагаемые расчетные формулы (2) и (3) для разрушающей нагрузки, а также установление зависимостей (4) между расчетными, нормативными и разрушающими нагрузками способствуют более рациональному проектированию и повышению надежности работы трубопроводов, составленных из безнапорных бетонных труб.

Академия наук Грузинской ССР
Институт строительной механики и
сейсмостойкости

(Поступило в редакцию 30.6.1967)

საგზინაგზო მეცნიერება

ო. კვიციანიძე, შ. ლომიძე

მიგრაციის კონსტანტის პრინციპით დამზადებული ბეტონის მილების
მზიდუნარიანობის შემსახების საკითხისათვის

რეზიუმე

ექსპერიმენტული სამუშაოების და ზღვრულ მდგომარეობათა მეთოდის გამოყენების საფუძველზე წერილში მოყვანილია მოსაზრებანი ბეტონის მილების მზიდუნარიანობის დასადგენად. რეკომენდებული საანგარიშო ფორმულა კარგად ეთანხმება ექსპერიმენტულ მონაცემებს, რომლებიც ჩატარებულია 500, 700 და 1000 მმ დიამეტრის ბეტონის უწყვეტ მილებზე.



СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Л. Г. МУХАДЗЕ

РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СИСТЕМ С ОДНОСТОРОННИМИ СВЯЗЯМИ

(Представлено академиком О. Д. Онишвили 5.7.1967)

Пространственные предварительно напряженные вантовые покрытия представляют собой системы с односторонними связями. Они состоят из несущих и стягивающих тросов, подвешенных по некоторому окаймляющему контуру. При довольно частом их расположении полученную таким образом систему можно заменить сплошной поверхностью отрицательной гауссовой кривизны, являющейся поверхностью натяжения для данного силового воздействия. Нанесем на нее систему криволинейных координат α, β , совмещая их с направлениями вантов, что в самом общем случае приводит к неортогональности α и β . Если из такой поверхности вырезать элементарную косоугольную площадку $dx \times d\beta$, то она будет находиться в равновесии под действием внешней нагрузки с компонентами X, Y, Z и лежащих в ее плоскости нормальных усилий T_1, T_2 , действующих соответственно в несущих и стягивающих вантах.

Как известно, уравнения равновесия при наличии лишь нормальных усилий принимают вид

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial \alpha} (BT_1) + \left(2 \frac{\partial A}{\partial \beta} \cos \chi - \frac{\partial B}{\partial \alpha} \right) T_2 + \\ & + A \frac{\partial}{\partial \beta} (\cos \chi T_2) + AB (X + Y \cos \chi) \sin \chi = 0, \\ & \frac{\partial}{\partial \beta} (AT_2) + \left(2 \frac{\partial B}{\partial \alpha} \cos \chi - \frac{\partial A}{\partial \beta} \right) T_1 + \\ & + B \frac{\partial}{\partial \alpha} (\cos \chi T_1) + AB (Y + X \cos \chi) \sin \chi = 0, \\ & T_1 LB^2 + T_2 NA^2 - ZA^2 B^2 \sin \chi = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где A, B, L, N — коэффициенты I и II квадратичных форм поверхности χ — угол между α и β .

Решение системы (1) можно получить только при введении дополнительных условий. Укажем, например, на некоторые из них:

1. При заданной поверхности и известной координатной системе найти значения усилий T_1 , T_2 и величину нормальной нагрузки Z , которую они уравновешивают.

2. При известной нагрузке в качестве третьей неизвестной принять форму поверхности натяжения в виде функциональной зависимости $z = f(x, y)$. В этом случае x и y являются заданной системой координат на плоскости, α и β —параметрами, в качестве которых приняты длины соответствующих дуг на поверхности.

3. При заданной поверхности и нагрузке найти усилия T_1 , T_2 и угол между координатными линиями x , y на плоскости. После решения этой задачи находятся кривые пересечения поверхности с координатными плоскостями, которые дают направления вант, уравновешивающих заданную нагрузку на заданной поверхности.

В статье рассматривается второй случай, представляющий больший интерес с практической точки зрения.

Подставим в систему (1) значения A , B , L , N , $\sin \chi$ и $\cos \chi$, выраженные через z по известным формулам дифференциальной геометрии [1]. При этом, пренебрегая величинами квадратов $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$ по сравнению с единицей, а также их высшими степенями, получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned}
 T_1 \frac{\partial z}{\partial y} \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} + T_2 \frac{\partial z}{\partial x} \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} + \frac{\partial T_1}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} \frac{\partial z}{\partial y} \left(\frac{\partial T_2}{\partial y} + Y \right) + X &= 0, \\
 T_2 \frac{\partial z}{\partial x} \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} + T_1 \frac{\partial z}{\partial y} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial T_2}{\partial y} + \frac{\partial z}{\partial x} \frac{\partial z}{\partial y} \left(\frac{\partial T_1}{\partial x} + X \right) + Y &= 0, \\
 T_1 \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + T_2 \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} - Z &= 0.
 \end{aligned} \tag{2}$$

В полученной системе z являются значениями аппликат формы поверхности натяжения для взятой нагрузки, а T_1 и T_2 —усилиями в тросах.

Очевидно, что форму поверхности натяжения следует определять при действии расчетной нагрузки максимальной интенсивности. Кроме того, для возведения какого-либо покрытия необходимо определить преднапряженную форму поверхности с начальными усилиями в ней. Для этого составляется система уравнений для начальной преднапряженной поверхности при отсутствии внешней нагрузки. При этом допускается, что при деформировании одной формы в другую проекции тросов на плоскость $хоу$ не меняются, так что система координат x , y для обеих форм принята одна и та же.

Уравнения равновесия принимают вид

$$\begin{aligned}
 T_{10} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x \partial y} + T_{20} \frac{\partial \zeta}{\partial x} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} + \frac{\partial T_{10}}{\partial x} + \frac{\partial T_{20}}{\partial y} \frac{\partial \zeta}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial y} &= 0, \\
 T_{20} \frac{\partial \zeta}{\partial x} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x \partial y} + T_{10} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + \frac{\partial T_{20}}{\partial y} + \frac{\partial T_{10}}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial y} &= 0, \quad (3) \\
 T_{10} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + T_{20} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} &= 0.
 \end{aligned}$$

Здесь через ζ обозначены аппликаты преднапряженной поверхности, свободной от внешней нагрузки, а T_{10} и T_{20} — начальные усилия в вантах.

Неизвестные величины систем уравнений (2) и (3) зависят от соответствующих контурных значений. Граничные условия для аппликат при заданном контуре вполне определены. Контурные значения усилий неизвестны. Для определения этих усилий установим взаимосвязь между двумя формами поверхностей, ограничив их деформативность лишь за счет упругих удлинений тросов. Принимая, что при действии на преднапряженную поверхность внешней нагрузки в несущих тросах будут развиваться наибольшие усилия растяжения, задаемся их значениями у контура, равными T_1^* -расчетным усилиям тросов. В стягивающих тросах контурные значения усилий T_2^* для системы (2) остаются пока неизвестными. После снятия внешней нагрузки принимаем, что в преднапряженной поверхности в стягивающих тросах развиваются максимальные начальные усилия, контурные значения которых равны T_{20}^* -расчетным усилиям в них. В несущих тросах контурные значения усилия в этом случае равняются T_{10}^* .

Между T_1^* и T_{10}^* , а также T_2^* и T_{20}^* устанавливаем какую-либо физическую зависимость, используя, например, закон Гука. С другой стороны, используя также геометрическую зависимость для определения изменений длин тросов, можно получить окончательные соотношения между контурными значениями усилий для двух форм равновесия:

$$\begin{aligned}
 T_{10}^* &= T_1^* - \frac{E_1 F_1}{2 h_y} \frac{\int_{l_1} \left[\left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 - \left(\frac{\partial \zeta}{\partial x} \right)^2 \right] dx}{l_1 + \frac{1}{2} \int_{l_1} \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 dx}, \\
 T_{20}^* &= T_2^* - \frac{E_2 F_2}{2 h_x} \frac{\int_{l_2} \left[\left(\frac{\partial \zeta}{\partial y} \right)^2 - \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 \right] dy}{l_2 + \frac{1}{2} \int_{l_2} \left(\frac{\partial \zeta}{\partial y} \right)^2 dy}, \quad (4)
 \end{aligned}$$

где $E_1 F_1$ и $E_2 F_2$ —жесткости вантов на растяжение; l_1 и l_2 —их пролеты; h_x и h_y —шаг вантов.

Таким образом, с помощью систем уравнений (2), (3) и соотношений (4) решается следующая задача: по заданному опорному контуру найти две взаимосвязанные преднапряженные формы поверхностей—начальную форму при отсутствии внешней нагрузки и форму поверхности под действием нагрузки. При этом соблюдаются условия, что максимальные усилия в стягивающих вантах незагруженной системы, а также в несущих вантах под нагрузкой равны соответствующим значениям расчетных усилий.

Дальнейшее упрощение задачи возможно путем принятия следующих допущений: криволинейную сетку координат на поверхности можно принять ортогональной, а усилия в вантах по длине считать постоянными. Тогда задача сводится к решению двух неизвестных соотношений для определения двух форм:

$$T_1^* \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + T_2^* \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = Z, \quad (5)$$

$$T_{10}^* \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + T_{20}^* \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} = 0.$$

Причем для определения T_{10}^* и T_{20}^* используются соотношения (4), которые в данном случае распространяются на всю поверхность. Подстановкой соотношения (4) в (5) получаем систему интегро-дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} & \left(T_1^* \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + T_{10}^* \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) \left[l_2 + \frac{1}{2} \int_{l_2} \left(\frac{\partial \zeta}{\partial y} \right)^2 dy \right] 2 h_x - \\ & - E_2 F_2 \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \int_{l_2} \left[\left(\frac{\partial \zeta}{\partial y} \right)^2 - \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 \right] dy = Z \left[l_2 + \frac{1}{2} \int_{l_2} \left(\frac{\partial \zeta}{\partial y} \right)^2 dy \right] 2 h_x, \\ & \left(T_1^* \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + T_{10}^* \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} \right) \left[l_1 + \frac{1}{2} \int_{l_1} \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 dx \right] 2 h_y - \\ & - E_1 F_1 \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} \int_{l_1} \left[\left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 - \left(\frac{\partial \zeta}{\partial x} \right)^2 \right] dx = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Ниже приводится численный пример определения форм поверхностей с использованием соотношений (6) для контура, представленного на рис. 1, а. Геометрические и физические характеристики покрытия следующие: $a=100$ см, $f=50$ см, $E_1 F_1 = E_2 F_2 = EF = 412500$ кг, $T_1^* = T_{20}^* = 2,75$ кг/см.

$h_x = h_y = 50$ см, нагрузка равномерно распределенная с интенсивностью $Z = 1$ кг/см².

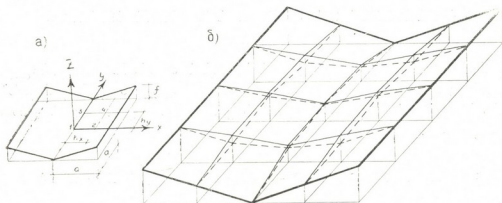


Рис. 1

Значения аппликат определялись в четырех точках, т. е. рассматривалось покрытие из шести вантов. Записав уравнения (6) в конечных разностях для взятого шага сетки, получим нелинейную систему алгебраических уравнений. Решение системы получено научным сотрудником Вычислительного центра АН ГССР Л. И. Кахишвили по составленной ею программе для решения систем нелинейных алгебраических уравнений с использованием метода итераций. Полученные результаты приводятся в таблице.

Аппликаты	Точки			
	1	2	3	4
ζ см	25,29	33,712	19,019	31,16
z см	25,22	29,999	18,915	23,693

Разница в значениях ζ и z определяет прогиб для взятой точки при загрузении начальной предварительно напряженной поверхности данной нагрузкой. Обе полученные формы поверхностей представлены на рис. 1, б, причем сплошной линией показана начальная форма, а пунктиром—деформированная. Усилия в найденных формах поверхностей находятся из соотношений (4).

Академия наук Грузинской ССР
 Институт строительной механики и
 сейсмостойкости
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 5.7.1967)

ლ. მუხადზე

ცალმხრივგამიანი სივრცული სისტემების ანგარიში

რეზიუმე

წერილში მოცემულია ვანტური სისტემების ანგარიში მრუდწრიულ არა-ორთოგონალურ კოორდინატთა სისტემაში. განხილულია წინასწარდაძებული ვანტური სისტემების ზედაპირის ფორმის განსაზღვრის გზა. მოყვანილია რიცხვითი მაგალითი.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. П. Фиников. Курс дифференциальной геометрии. М., 1952.

Д. Ш. ЦАГАРЕИШВИЛИ, Т. С. ЯШВИЛИ, Г. Г. ГВЕЛЕСИАНИ

ЭНТАЛЬПИЯ И ТЕПЛОЕМКОСТЬ ПОЛУТОРНОЙ ОКИСИ СКАНДИЯ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 2.6.1967)

Высокотемпературная энтальпия и теплоемкость полуторной окиси скандия малоизучены. В справочнике [1] для интервала температур 298—2500°К рекомендовано уравнение температурной зависимости истинной теплоемкости Sc_2O_3 , точность которого оценивается авторами в пределах $\pm 10\%$. В сводке Келли [2] приводится лишь значение средней теплоемкости Sc_2O_3 в диапазоне температур 273—373°К с ссылкой на работу Нилсона и Петерсона [3].

Целью настоящего исследования явилось уточнение значений энтальпии и теплоемкости полуторной окиси скандия в интервале температур 298—1600°К.

Измерения высокотемпературной энтальпии выполнены методом смешения в массивной калориметрической установке с изотермической оболочкой. Подробное описание калориметра и методики измерений дано в предыдущих работах [4,5]. Подъем температуры блока измерялся термистором марки ММТ-4, а температура образца в печи— $Pt-PtRh$ термопарой. Градуировка калориметра произведена по энтальпии корунда с точностью $\pm 0,3\%$.

Измерения высокотемпературной энтальпии некоторых редкоземельных окислов, выполненные нами ранее [4,5] на данной калориметрической установке, характеризовались средним разбросом экспериментальных точек от сглаженной кривой в пределах $\pm 0,3-0,6\%$. Для улучшения воспроизводимости результатов опытов предпринята попытка внести некоторые изменения в работе действующей калориметрической установки.

Ручная регулировка температуры нагревательной печи заменена ее стабилизированным питанием с помощью стабилизатора напряжения С-ЗС, в результате чего после достижения полного теплового равновесия в печи колебание температуры в ней не превышало $\pm 0,5^\circ$.

Для повышения стабильности рабочего тока в схемах измерения сопротивления термистора и э.д.с. термопары ранее [5] используемые сухие элементы марки 1,3-НВМЦ-150 заменены элементами марки 1,3-НВМЦ-525, имеющими емкость до 525 а-ч.

Более существенно на уменьшении разброса экспериментальных точек сказалось осуществление автоматического сбрасывания ампулы из нагревательной печи в калориметрический блок, вследствие чего во всех опытах была достигнута одинаковая продолжительность закрывания крышки калориметра после падения ампулы. В работе [6] имеется сообщение о положительном эффекте применения механического устройства, обеспечивающего быстрое автоматическое закрывание створок калориметра от удара упавшего образца.

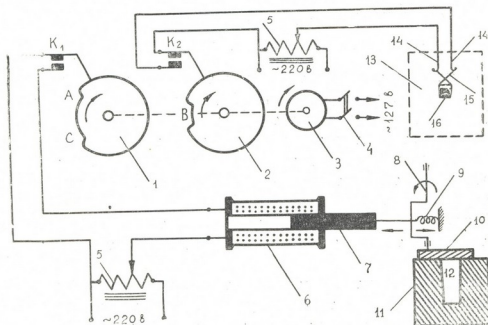


Рис. 1. Схема автоматического сбрасывания ампулы из нагревательной печи в калориметр: 5—регуляторы напряжения типа РНО-250; 13—нагревательная печь; 14—электроды (платиновая проволока диаметром 1 мм). Остальные обозначения см. в тексте

Используемая нами схема автоматического сбрасывания ампулы в калориметр изображена на рис. 1. На оси синхронного двигателя 3 с редуктором типа СД-54, скорость вращения которой равна 1 об/5,5 сек, закреплены профилированные диски 1 и 2. Последовательность сбрасывания ампулы следующая. Включением выключателя 4 приводятся в действие диски 1 и 2. В точке А на диске 1 кулачок контакта K_1 падает в углубление, замыкается контакт K_1 (т. е. цепь соленоида 6), сердечник 7 притягивается соленоидом, вследствие чего поворачивается ось 8 и открывается крышка 10 блока 11 калориметра. Далее кулачок контакта K_2 входит в углубление В на диске 2, замыкается контакт K_2 , пережигается, подвес 15 и ампула с веществом 16 падает в углубление 12 блока 11. К этому времени кулачок контакта K_1 достигает точки С на

диске 1 и, выйдя из углубления, размыкает контакт K_1 (т. е. цепь соленоида), пружина 9, которая прикреплена к оси 8, закрывает крышку 10 калориметра. Операция сбрасывания ампулы (от точки А до точки С) длится в течение 2 сек.

В опытах использована полуторная окись скандия марки ОС-99 следующего химического содержания: $Sc_2O_3 - > 99,0\%$; $Fe - 0,05\%$; $Ca - 0,05\%$; $Si - 0,05\%$; $Y - 0,05\%$; $Yb - 0,05\%$; $Th - 0,1\%$; $Zr - 0,05\%$; $Ti - 0,05\%$; $Al - 0,01\%$; $Mg - 0,01\%$.

Из препарата Sc_2O_3 был изготовлен брикет, который прокаливался при $1000^\circ C$ в течение $1,8 \cdot 10^4$ сек и помещался в негерметизированную платиновую ампулу, имеющую форму брикета. Вес брикета при опытах равнялся 5,3146 г. Принято: молекулярный вес $Sc_2O_3 = 137,92$; 1 кал = = 4,1840 дж; $25^\circ C = 298,15^\circ K$.

Опыты проводились с интервалами сбрасывания ампулы с веществом $80-120^\circ$. Параллельные эксперименты для каждой точки не выполнялись.

В табл. 1 приведены результаты измерений при различных температурах энтальпии $H_T - H_{298,15}$ полуторной окиси скан-

Таблица 1

Экспериментальные значения энтальпии и средней теплоемкости полуторной окиси скандия при различных температурах

$T^\circ K$	$H_T - H_{298,15}$ дж/моль	\bar{C}_p дж/моль·град	$\Delta\%$ эксп.-расч.
385.2	8632	99.12	0.00
473.3	18242	104.14	+0.02
575.8	30054	108.24	+0.04
675.8	41781	110.62	-0.50
780.1	54756	113.60	-0.08
887.9	68534	116.19	+0.29
974.7	79437	117.40	-0.04
1070.9	91998	119.03	+0.16
1171.4	104977	120.21	-0.05
1286.5	120294	121.71	-0.04
1391.7	134411	122.93	-0.09
1488.1	147616	124.06	-0.05
1607.4	164737	125.81	+0.35

Таблица 2

Сглаженные значения энтальпии полуторной окиси скандия при высоких температурах

$T^\circ K$	$H_T - H_{298,15}$ дж/моль	$T^\circ K$	$H_T - H_{298,15}$ дж/моль
400	10210	1100	95660
500	21260	1200	108790
600	32900	1300	122070
700	44970	1400	135640
800	57330	1500	149350
900	69940	1600	163310
1000	82700		

дия, а также ее средней теплоемкости \bar{C}_p , рассчитанные по соотношению

$$\bar{C}_p = \frac{H_T - H_{298,15}}{T - 298,15}$$

Сглаженные значения энтальпии для Sc_2O_3 представлены в табл. 2. Они определялись по графику $\bar{C}_p = f(T)$ из равенства (с округлением конечного результата в пределах ± 5 дж/моль)

$$(H_T - H_{298,15})_{сгл} = (\bar{C}_p)_{сгл} (T - 298,15)$$

На основании экспериментальных значений $H_T - H_{298,15}$ для интервала 298,15—1607,4 К составлено эмпирическое уравнение зависимости энтальпии (дж/моль) Sc_2O_3 от абсолютной температуры T :

$$H_T - H_{298,15} = 117,74 \cdot T + 6,95 \cdot 10^{-2} \cdot T^2 + 26,78 \cdot 10^5 \cdot T^{-1} - 44702. \quad (1)$$

По известному соотношению

$$C_p = \frac{d(H_T - H_{298,15})}{dT}$$

получено уравнение для температурной зависимости истинной теплоемкости Sc_2O_3 (дж/моль·град):

$$C_p = 117,74 + 13,90 \cdot 10^{-2} \cdot T - 26,78 \cdot 10^5 T^{-2}. \quad (2)$$

Разность Δ между экспериментальными и расчетными значениями энтальпии, выраженная в процентах, для опытных температур приведена в табл. 1. Как видим, $\Delta_{\max} = 0,50\%$, а среднее ее значение Δ' для исследуемого температурного интервала, вычисленное по соотношению $\Delta' = \Sigma \Delta / n$, где n — число опытов, получается равным 0,13%. В предыдущей работе [5], посвященной определению высокотемпературных энтальпий Eu_2O_3 , Ti_2O_3 и Yb_2O_3 , при выполнении которой закрывание крышки калориметра производилось вручную, значение Δ_{\max} достигало 1%, а Δ' колебалось в пределах 0,3—0,6%. Таким образом, при автоматическом сбрасывании ампулы значительно уменьшаются величины случайных ошибок.

Средняя квадратическая ошибка эксперимента, рассчитанная по формуле [7]

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma (\Delta)^2}{n(n-1)}}$$

оказалась равной 0,06%. Однако этот результат следует удвоить, так как в термохимических работах [7] принято использовать доверительный интервал с вероятностью 95%, который при числе опытов $n > 8$ равен $2S$. В связи с тем что для нашего случая $n = 12$, будем иметь $S = 2 \cdot 0,06 = 0,12\%$. Среднее расхождение Δ'' между сглаженными данными (табл. 2) и расчетными значениями энтальпии по уравнению (1) не превышает 0,05%.

Результаты настоящей работы расходятся с данными справочника [1] в среднем на $\pm 5,7\%$. Это может быть объяснено приближенным характером уравнения $C_p = f(T)$ для Sc_2O_3 , которое, по-видимому, получено Кубашевским и Эвансом расчетным путем. Значение средней теплоемкости C_p в интервале температур 273—373°K, равное 21,1 кал/град·моль [3], на 8,8% ниже измеренной нами величины, что еще раз подтверждает низкую точность [8] измерений Нильсона и Петерсона.

Академия наук Грузинской ССР
Институт металлургии

(Поступило в редакцию 2.6.1967)

შემაჯავრობია

დ. ცაგარეიშვილი, თ. იაშვილი, ზ. გველესიანი

სკანდიუმის ჰაზვის ენტალპია და სითბოტევადობა მაღალ
ტემპერატურებზე

რეზიუმე

მასიურ კალორიმეტრში შერევის მეთოდით გაზომილია Sc_2O_3 -ის ენტალპია 298,15—1600°K ტემპერატურულ ინტერვალში.

Sc_2O_3 -ის ენტალპიისა და ჰემპარტი სითბოტევადობის აბსოლუტური ტემპერატურისაგან დამოკიდებულება გამოისახება (1) და (2) განტოლებებით.

შედგენილია 100°-იანი ინტერვალში Sc_2O_3 -ის ენტალპიების გასაშუალებულ მნიშვნელობათა ცხრილი.

აღწერილია გამხურებელი ღუმელიდან ამპულის კალორიმეტრში ავტომატური ჩაგდების სქემა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. O. Kubaschewski, E. Evans. Metallurgical thermochemistry. London, 1958.
2. K. K. Kelley. High temperature heat content, heat capacity and entropy data for the elements and inorganic compounds. Washington, U. S. Bur. Mines, Bull., 1960, 584.
3. L. Nilson, O. Pettersson. Über Molekularwärme und Molekularvolumina der seltenen Erden und deren sulfate. Ber. Chem. Gesell., vol. 37, 1880, 33.
4. დ. შ. Цაგარეიშვილი, Г. Г. Гвелесиანი. Энтальпии и теплоемкости окислов некоторых редкоземельных металлов. ЖНХ, т. 10, 1965, 319.



5. Д. Ш. Цагарейшвили, Г. Г. Гвелесиани. Теплосодержания и теплоты окислов европия, тулия и иттербия при высоких температурах. Труды Грузинского ин-та металлургии, т. XIV, 1965, 187.
6. В. А. Кириллин, А. Е. Шейндлин, В. Я. Чеховской, В. А. Петров. Термодинамические свойства вольфрама в интервале температур 0—3500°K. ЖФХ, т. 37, № 10, 1963, 2249.
7. С. М. Скуратов, В. П. Колесов, А. Ф. Воробьев. Термохимия, т. II. Изд. МГУ, М., 1966.
8. J. O. Blomeke, W. T. Ziegler. The heat content, specific heat and entropy of La_2O_3 , Pr_6O_{11} and Nd_2O_3 between 30 and 900°. J. Am. Chem. Soc., vol. 73, № 11, 1951, 5099.

О. Г. ПУРЦЕЛАДЗЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ПРИ КОНДЕНСАЦИИ ВОДЯНЫХ ПАРОВ ИЗ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

(Представлено академиком К. С. Завриевым 26.10.1967)

Конденсация водяного пара из парогазовой смеси является одним из важнейших разделов теории тепло- и массообмена и имеет большое практическое значение для решения ряда технических проблем, включая некоторые задачи кондиционирования воздуха.

Тепло- и массообмен при конденсации водяного пара из влажного воздуха представляет собой сложный физический процесс, при котором происходит одновременный перенос тепла, массы и количества движения. Теоретическое исследование проблемы путем составления и решения при ряде допущений, дифференциальных уравнений, описывающих процессы тепло- и массообмена, не дает надежных результатов, необходимых для практических расчетов.

Большинство из опубликованных работ по экспериментальному исследованию тепло- и массообмена при конденсации водяного пара из воздуха связано с определением средних значений коэффициентов тепло- и массообмена.

Количественные соотношения, полученные путем обработки результатов подобных исследований с помощью теории подобия, позволяют с допустимым приближением рассчитывать процессы тепло- и массообмена, но по таким осредненным закономерностям трудно судить о характерных особенностях исследуемого процесса. Поэтому в данной работе произведены экспериментальные исследования локальных значений коэффициентов тепло- и массообмена, что позволяет глубже проникнуть в физическую сущность явления и выяснить механизм переноса тепла и массы в пограничном слое у твердой поверхности.

Для изучения механизма процесса были исследованы поля температур и парциальных давлений в пограничном слое воздуха. Этот метод успешно применялся в ряде работ [1, 2] по исследованию процессов тепло- и массообмена при испарении жидкости со свободной поверхности и сушке материалов.

Эксперименты проводились в аэродинамической трубе с замкнутым контуром, рабочая часть которого имеет прямоугольную форму сечением 200×250 мм. В рабочей части установки вертикально размещен опытный теплообменник-конденсатор, который представляет собой охлаждаемую панель, одна сторона которой размерами 350×250 мм, изготовленная из листа меди, является поверхностью тепло- и массообмена. Другая ее сторона и торцы изолированы пенопластом. Торцы панели имеют обтекаемую форму для предотвращения возмущений воздушного потока.

Необходимые условия экспериментов поддерживались соответствующим оборудованием. Расход воздуха измерялся с помощью трубы Вентури. Скорость потока воздуха регулировалась дроссельной диафрагмой, установленной перед всасывающим патрубком вентилятора.

Температура воздуха, поверхности тепло- и массообмена и охлаждающей воды измерялась с помощью лабораторных термометров с ценой деления $0,1^\circ\text{C}$ и медно-константановых термопар. Регистрация э. д. с. термопар производилась компенсационным методом.

Поля температур и парциальных давлений в пограничном слое у поверхности тепло- и массообмена замерялись с помощью психометрической термопары. Она состоит из „сухой“ и „мокрой“ лучковых медно-константановых термопар диаметром $0,09$ мм. Смачивание „мокрой“ термопары производилось дистиллированной водой. „Мокрая“ термопара была обернута нитью батиста, что обеспечивало ее равномерное смачивание.

Поля скоростей в гидродинамическом пограничном слое замерялись с помощью термоэлектрического анемометра. Вся система была смонтирована на координатнике, и перемещение ее по нормали к поверхности тепло- и массообмена производилось с помощью микрометрического винта. Координатник перемещался также горизонтально вдоль поверхности тепло- и массообмена. Парциальное давление водяных паров в воздухе вычислялось по показаниям „сухой“ и „мокрой“ термопар по формуле

$$P = P_m - A(t_c - t_m) P_0 \text{ мм рт. ст.}$$

Здесь P_m —парциальное давление насыщенных водяных паров при температуре воздуха по морскому термометру, мм рт. ст.; t_c и t_m —показания „сухой“ и „мокрой“ термопар; P_0 —барометрическое давление, мм рт. ст.; A —психометрический коэффициент, который определялся по формуле Рекингеля

$$A = 0,00001 \left(65 + \frac{6,75}{V} \right),$$

где V —скорость воздуха, м/сек.

Парциальное давление водяных паров, температура и скорость воздуха замерялись через каждые $0,1$ мм по нормали от поверхности стенки.

Поля температур и парциальных давлений в пограничном слое снимались в пяти сечениях воздушного потока вдоль поверхности тепло- и массообмена. При этом расстояния от передней кромки пластины состав-

ляли соответственно $X_1=10$ мм, $X_2=87,5$ мм, $X_3=175$ мм, $X_4=262$ мм, $X_5=330$ мм. Скорость воздушного потока в опытах изменялась от 1,0 до 6,0 м/сек, температура—от 40 до 60°C, а влагосодержание—от 6,5 до 45,0 г/кг, с. в.

Для определения степени влияния массообмена на теплообмен эксперименты проводились как при конденсации, так и при чистом теплообмене.

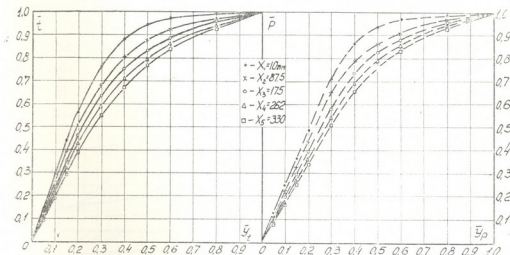


Рис. 1. Поля температур и парциальных давлений в разных сечениях по длине обтекаемой поверхности. Сплошная линия—поля температур, пунктир—поля парциальных давлений

На рис. 1 в безразмерных координатах

$$\bar{t} = \frac{t - t_{\Pi}}{t_0 - t_{\Pi}}, \quad \bar{p} = \frac{p - p_{\Pi}}{p_0 - p_{\Pi}}, \quad \bar{y}_t = \frac{y}{\delta_t} \quad \text{и} \quad \bar{y}_p = \frac{y}{\delta_p}$$

представлены поля температур и парциальных давлений в разных сечениях по длине обтекаемой поверхности. Здесь t_{Π} , t_0 —температуры на поверхности и в ядре потока; p_{Π} , p_0 —парциальные давления водяных паров на поверхности и в ядре потока; δ_t , δ_p —толщины теплового и диффузионного пограничных слоев.

За толщину теплового и диффузионного пограничных слоев принималось такое расстояние от поверхности тепло- и массообмена, на котором температура и парциальное давление отличались от таковых внешнего потока на 1%.

Анализ полей температур и парциальных давлений показал, что в наших экспериментах на переднем крае пластины наблюдается ламинарный пограничный слой, который постепенно переходит в турбулентный. Поля температур и парциальных давлений неподобны, и это отсутствие подобия усугубляется с понижением скорости воздуха и приближением к переднему краю пластины.

Локальные значения коэффициентов тепло- и массообмена вычислялись путем дифференцирования кривых полей температур и парциальных давлений.

Кривые распределения локальных значений коэффициентов тепло- и массообмена вдоль пластины при $t = \text{const}$ (рис. 2) показывают, что коэффициенты тепло- и массообмена постепенно снижаются с увеличением расстояния от передней кромки пластины. Это можно объяснить нарастанием толщины теплового и диффузионного пограничных слоев, особенно интенсивным вначале. Значение местных коэффициентов теплообмена обратно пропорционально величине X в степени 0,2, а местных коэффициентов массообмена—в степени 0,1.

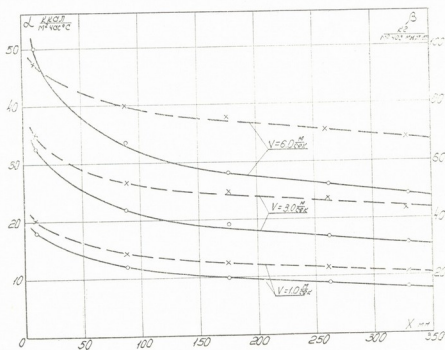


Рис. 2. Изменение коэффициентов тепло- и массообмена вдоль пластины. Сплошная линия—распределение коэффициентов теплообмена, пунктир—распределение коэффициентов массообмена

Значения локальных коэффициентов, полученные опытным путем, были осреднены по длине путем графического интегрирования по кривым распределения коэффициентов переноса вдоль пластины. В результате получено, что отношение средних значений коэффициентов переноса к их местным значениям на конце плиты не зависит от скорости потока и составляет для теплообмена 1,25, а для массообмена 1,11.

Как уже было отмечено, локальные коэффициенты теплообмена определялись как при конденсации, так и при теплообмене, не осложненном массообменом. Результаты сопоставлены с данными Б. С. Петухова [3] и представлены на рис. 3. Как видно из графика, результаты наших исследований хорошо вписываются и дополняют картину зависимости $Nu_x = f(Re_x)$ при „чистом“ теплообмене.

Результаты обработки в критериальной форме локальных коэффициентов тепло- и массообмена при конденсации представлены на рис. 4. Из графика видно, что между кривыми, соответствующими турбулентному и

ламинарному пограничным слоям, расположено семейство кривых, характеризующих тепло- и массообмен в переходной области. В этой области интенсивность тепло- и массообмена, кроме критерия Рейнольдса, зависит еще от степени турбулентности набегающего потока.

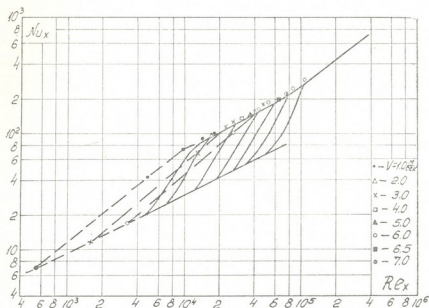


Рис. 3. Локальный теплообмен, не осложненный массообменом. Сплошная линия—результаты Б. С. Петухова $V=8.0 \div 240$ м/сек; пунктир—результаты автора $V=1.0 \div 7.0$ м/сек

При большей степени турбулентности ламинарный пограничный слой разрушается при меньших числах Re и повышается интенсивность тепло- и массообмена. Степень турбулентности обратно пропорциональна скорости воздушного потока.

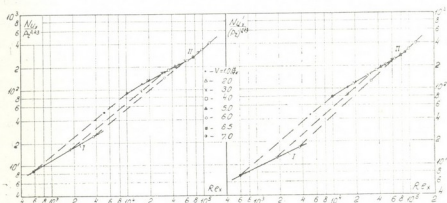


Рис. 4. Локальный тепло- и массообмен при конденсации: I—тепло- и массообмен при ламинарном пограничном слое; II—тепло- и массообмен при турбулентном пограничном слое

Для диапазона скоростей, наблюдавшихся в наших экспериментах, соответствующих скоростям в реальных теплообменных аппаратах конди-

ციონირования воздуха, можно принять, что теплообмен в переходной области при $Re_x = 6 \cdot 10^2 - 6 \cdot 10^3$ описывается критериальной зависимостью

$$Nu_x = 0,0415 Re_x^{0,8} Pr^{0,43},$$

а массообмен—

$$Nu_x' = 0,014 Re_x^{0,9} (Pr')^{0,43}$$

где Nu и Nu' —тепловой и диффузионный критерии Нуссельта; Pr и Pr' —тепловой и диффузионный критерии Прандтля; Re —критерий Рейнольдса.

В результате обработки осредненных по длине коэффициентов тепло- и массообмена получены следующие критериальные зависимости:

$$\text{при } Re_e = 6 \cdot 10^2 - 6 \cdot 10^3$$

$$\text{для теплообмена } Nu_e = 0,052 Re_e^{0,8} Pr^{0,43},$$

$$\text{для массообмена } Nu_e' = 0,0155 Re_e^{0,9} (Pr')^{0,43}.$$

Полученные результаты позволяют рассчитывать локальные и средние значения коэффициентов тепло- и массообмена в теплообменных аппаратах с продольным омыванием воздухом плоских поверхностей или труб.

Грузинский политехнический институт
им. В. И. Ленина

Московский инж.-строительный институт
им. В. В. Куйбышева

(Поступило в редакцию 26.10.1967)

ინფორმაცია

მ. ფურცელაძე

სიმტოვსა და მასის გაცვლის ლოკალური კოეფიციენტების
გამოკვლევა ტენიანი ჰაერიდან წყლის ორთქლის კონდენსაციისას

რეზიუმე

სითბოსა და მასის გაცვლის მექანიზმის შესასწავლად გამოკვლეულ იქნა ტემპერატურათა და პარციალურ წნევათა ველები მყარ ზედაპირთან არსებულ ლი ჰაერის სასაზღვრო შრეში. ტემპერატურათა და პარციალურ წნევათა ველების მრუდების დიფერენცირების შედეგად მიღებულ იქნა სითბოსა და მასის გაცვლის კოეფიციენტების ლოკალური მნიშვნელობები. ამ შედეგების მსგავსობის თეორიის საშუალებით დამუშავების შედეგად მიღებულ იქნა კრიტერიული განტოლებები, რომელთა საშუალებით შესაძლებელია სითბოსა და მასის გაცვლის კოეფიციენტების როგორც საშუალო, ისე ლოკალური მნიშვნელობების გამოთვლა იმ თბომცვლელ აპარატებში, სადაც ადგილი აქვს ბრტყელი ზედაპირების ან მილების გასწვრივ ჰაერშემოდინებას.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Нестеренко. Экспериментальное исследование тепло-массообмена при испарении жидкости со свободной поверхности. Техническая физика, т. 24, № 4, 1954.
2. Б. М. Смольский. Внешний тепло- и массообмен в процессе конвективной сушки. Минск, 1957.
3. Б. С. Петухов, А. А. Детлаф, В. В. Кириллов. Экспериментальное исследование местной теплоотдачи пластины... ЖТФ, т. XXIV, вып. 10, 1954.

УДК 621.317.444

АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

Д. Л. БЕРИДЗЕ, Л. С. ХАРАТИШВИЛИ, Н. Г. ХАРАТИШВИЛИ

К РАСЧЕТУ МАГНИТОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Г. Абелишвили 2.10.1967)

В последнее время в аппаратуре для испытания ферромагнитных материалов как с пологой, так и с прямоугольной петлей гистерезиса (ППГ) широкое распространение получили различные усилительные и преобразовательные устройства.

С точки зрения правильного выбора параметров этих элементов и уменьшения вносимых ими погрешностей существенный интерес представляет анализ спектрального состава э.д.с. на выходе измерительной обмотки ферромагнитного сердечника при его периодическом перемагничивании.

Необходимо отметить, что при периодическом перемагничивании сердечников как с пологой петлей, так и с ППГ выходные сигналы будут иметь вид периодической последовательности импульсов. Однако, поскольку нас интересует в основном огибающая спектра и так как форма последней не зависит от периода повторения сигнала [1], весь дальнейший анализ нами будет проведен для случаев одиночных импульсов.

При периодическом перемагничивании сердечников с ППГ маг-

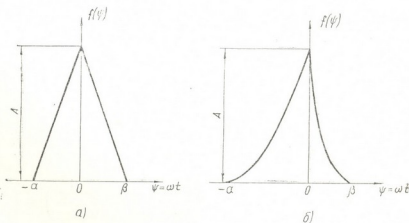


Рис. 1

нитный поток практически полностью переключается в течение очень малой части периода, вследствие чего выходной сигнал имеет форму коротких остроконечных импульсов, которые с достаточной степенью точности могут быть аппроксимированы функцией треугольного вида (рис. 1, а):

$$f(\psi) = \begin{cases} A \left(1 + \frac{\psi}{\alpha}\right), & -\alpha \leq \psi \leq 0, \\ A \left(1 - \frac{\psi}{\beta}\right), & 0 \leq \psi \leq \beta. \end{cases} \quad (1)$$

Длительность импульса по основанию $\alpha + \beta$ связана с отношением коэрцитивной силы H_c к амплитуде напряженности приложенного периодического поля H_m и с наружным D и внутренним d диаметрами ферромагнитного сердечника следующим равенством [2]:

$$\alpha + \beta = \frac{H_c}{H_m} \frac{2(D-d)}{(D+d) \cos \left(\arcsin \frac{H_c}{H_m} \right)}. \quad (2)$$

В случае симметричного треугольного импульса $\alpha = \beta$ модуль спектральной плотности имеет вид

$$S_n = \frac{2 A \alpha (1 - \cos n \alpha)}{(n \alpha)^2}. \quad (3)$$

В соответствии с выражением (3) на рис. 2 построены спектры э. д. с. измерительной обмотки ферромагнитного сердечника с ППГ при различных значениях отношения $\gamma = H_c / H_m$.

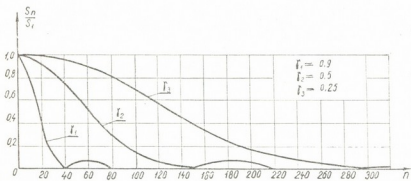


Рис. 2

Восбще говоря, э. д. с. на выходе измерительной обмотки имеет несколько несимметричную форму. Для выяснения степени изменения ширины спектра от изменения соотношений между α и β было

найдено выражение модуля спектральной плотности для случая $\alpha = 2\beta$, которое имеет вид

$$S_n = \frac{A}{n^2} \sqrt{\left(\frac{1,5}{\beta} - \frac{\cos n \beta}{\beta} - \frac{\cos 2n \beta}{2\beta} \right)^2 + \left(\frac{\sin n \beta}{\beta} - \frac{\sin 2n \beta}{2\beta} \right)^2}. \quad (4)$$

При этом оказалось, что ширина спектра э. д. с. изменяется незначительно (порядка нескольких процентов) при различных соотношениях α и β . Это дает возможность пользоваться для расчетов спектров э. д. с. измерительных обмоток сердечников с ППГ выражением (3), которое может быть приведено к следующему табличному виду:

$$S_n = A \alpha \left(\frac{\sin \frac{n \alpha}{2}}{\frac{n \alpha}{2}} \right)^2. \quad (5)$$

В случае периодического перемагничивания ферромагнитного сердечника с пологой петлей гистерезиса э. д. с. измерительной обмотки имеет вид несимметричных импульсов (рис. 1, б), которые могут быть аппроксимированы следующим образом:

$$f(\psi) = \begin{cases} A \left(1 + \frac{\psi}{\alpha}\right)^2, & -\alpha \leq \psi \leq 0, \\ A \left(1 - \frac{\psi}{\beta}\right)^2, & 0 \leq \psi \leq \beta. \end{cases} \quad (6)$$

Длительность импульсов э. д. с. по основанию $\alpha + \beta$ может быть связана с отношением H_c/H_m и параметрами сердечника таким же образом, как это проделано для сердечников с ППГ. В случае ферромагнитных материалов с пологой петлей гистерезиса эта связь будет иметь вид

$$\alpha + \beta = \frac{H_c}{H_m} \frac{\frac{D}{d_{cp}}}{\cos\left(\arcsin \frac{H_c}{H_m}\right)}. \quad (7)$$

Тогда модуль спектральной плотности для случая $\alpha = 2\beta$ будет выражаться следующим образом:

$$S_n = \frac{A}{n^2} \sqrt{\left(\frac{3}{\beta} - \frac{\sin 2n\beta}{2\beta^2} - \frac{2\sin n\beta}{\beta^2}\right)^2 + \left(\frac{\cos 2n\beta}{2\beta^2} - \frac{2\cos n\beta}{\beta^2} + \frac{1,5}{\beta^2}\right)^2}, \quad (8)$$

а, например, при $\alpha = 4\beta$

$$S_n = \frac{A}{n^2} \sqrt{\left(\frac{2,5}{\beta} - \frac{\sin 4n\beta}{8\beta^2} - \frac{2\sin n\beta}{\beta^2}\right)^2 + \left(\frac{\cos 4n\beta}{8\beta^2} - \frac{2\cos n\beta}{\beta^2} + \frac{1,87}{\beta^2}\right)^2}. \quad (9)$$

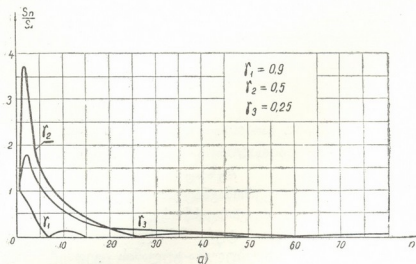


Рис. 3 а

На рис. 3 в соответствии с выражениями (8) и (9) построены спектры выходных э. д. с. ферромагнитных сердечников с пологой петлей гистерезиса при $\alpha = 2\beta$ (рис. 3 а) и $\alpha = 4\beta$ (рис. 3 б).

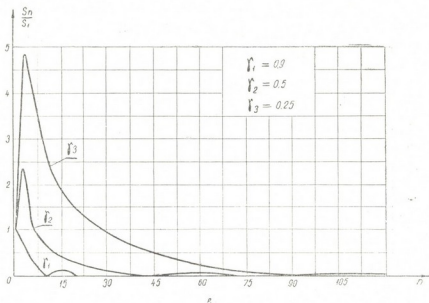


Рис. 3 б.

Выводы

В случае ферромагнитных сердечников с ППГ при расчете спектра э. д. с. измерительной обмотки можно пользоваться табличным выражением для спектральной плотности симметричного треугольного импульса. В случае ферромагнитных материалов с пологой петлей гистерезиса асимметрия импульсов э. д. с. существенно влияет на активную ширину спектра. При равных значениях величины γ активная ширина спектра в случае ферромагнитного сердечника с ППГ получается значительно больше, чем в случае сердечника с пологой петлей гистерезиса.

Полученные результаты дают возможность сформулировать требования к амплитудно-частотным и фазо-частотным характеристикам усилительных и преобразовательных элементов магнитоизмерительной аппаратуры.

Грузинский политехнический институт
им. В. И. Ленина

(Поступило в редакцию 2.10.1967)

ავტომატიკა და ტელემეანიკა

ჯ. ბერიძე, ლ. ხარატიშვილი, ნ. ხარატიშვილი

მაგნიტომეზურული აპარატურის გათვლის საკითხისათვის

რეზიუმე

წერილში გამოთვლილია ფერომაგნიტური გულანის გამზომი გრავნის ემპ-ის სიხვირული სპექტრები როგორც სწორკუთხა გისტერეზისის მარყუეის, ისე დახრილი მარყუეის ფერომაგნიტური მასალეებისათვის. ნაჩვენებია სპექტრების აქტიური სიგანის დამოკიდებულება გულანის გეომეტრიულ ზომებზე და გარე მოდებული პერიოდული მაგნიტური ველის ამპლიტუდაზე.

დათარგმნული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Харкевич. Спектры и анализ. Физматгиз, 1962.
2. Н. П. Горячев. К вопросу о динамических характеристиках: Труды НИИТС, вып. 15, 1965.



АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

А. М. МОРОЗОВ

ПОЛУЧЕНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН С ПОМОЩЬЮ
 НОРМАЛЬНОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 14.10.1967)

В генераторах („датчиках“) случайных чисел (ДСЧ) в качестве природного случайного процесса чаще всего используется пуассоновский поток. Соответствующая теория достаточно хорошо разработана.

В некоторых ДСЧ используется нормальный случайный процесс, но для погрешности преобразования известны лишь приближенные оценки сверху. Поэтому представляет интерес исследование вопросов, связанных с использованием нормально распределенных величин (получающихся, например, при регистрации мгновенных значений нормального случайного процесса) в качестве исходного источника случайности.

Рассмотрим прямоугольный сигнал периода T и длительности T/r (рис. 1, б). Пусть в случайный момент времени, распределенный по нормальному закону

$$W(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

регистрируется уровень (высокий или низкий) сигнала на рис. 1, б. График $W(t)$ дан на рис. 1, а. Вероятность регистрации высокого уровня равна, очевидно, сумме $\Phi(t_0, T, r, \sigma)$ заштрихованных на рис. 1, а площадей.

Для вычисления $\Phi(t_0, T, r, \sigma)$ найдем сперва сумму $S(t, T, \sigma)$ ординат функции $W(t)$, отстоящих друг от друга на T , т. е. сумму

$$S(t, T, \sigma) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} W(t + mT). \quad (2)$$

Для нахождения $S(t, T, \sigma)$ разлагаем $W(t)$ (в достаточно большом интервале $[-q, +q]$, где $q = nT$) в ряд Фурье:

$$W(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos \frac{k\pi t}{q}. \quad (3)$$

Находим, что

$$a_k = \frac{1}{q} e^{-\frac{k^2\pi^2\sigma^2}{2q^2}}. \quad (4)$$



Ищем сумму H_k равноотстоящих (на величину T) ординат по каждой гармонике и находим, что при $k \neq 2n\nu$ ($\nu = 0, 1, 2, \dots$) $H_k = 0$, а при $k = 2n\nu$

$$H_k = H_{2n\nu} = \frac{2}{T} e^{-\frac{2\pi^2\nu^2\sigma^2}{T^2}} \cos \frac{2\pi\nu t}{T}. \quad (5)$$

$$\text{Тогда } S(t, T, \sigma) = \frac{1}{T} + \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{2}{T} e^{-\frac{2\pi^2\nu^2\sigma^2}{T^2}} \cos \frac{2\pi\nu t}{T}, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{откуда } \Phi(t_0, T, r, \sigma) &= \int_{t_0 - \frac{T}{r}}^{t_0} S(t, T, \sigma) dt = \\ &= \frac{1}{r} + \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{2}{\pi\nu} \sin \frac{\pi\nu}{r} e^{-\frac{2\pi^2\nu^2\sigma^2}{T^2}} \cos \left(\frac{2\pi\nu t_0}{T} - \frac{\pi\nu}{r} \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Величина

$$\Delta\Phi = \Phi(t_0, T, r, \sigma) - \frac{1}{r} = \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{2}{\pi\nu} \sin \frac{\pi\nu}{2} e^{-\frac{2\pi^2\nu^2\sigma^2}{T^2}} \cos \left(\frac{2\pi\nu t_0}{T} - \frac{\pi\nu}{r} \right) \quad (8)$$

и есть точное значение искомой теоретической погрешности преобразования нормально распределенной случайной величины.

Ограничиваясь $\nu = 1$ (так как члены ряда убывают очень быстро), из выражения (8) находим максимальную погрешность

$$\Delta p(r, T, \sigma) = \frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi}{r} e^{-\frac{2\pi^2\sigma^2}{T^2}}. \quad (9)$$

Если импульсы постоянной частоты f поступают на вход счетчика по модулю r и в случайный момент времени t , распределенный по нормальному закону (1), регистрируется код на счетчике (либо перекрывается схема, пропускающая импульсы на счетчик), то вероятность регистрации каждого из r возможных состояний равна $p = \frac{1}{r}$ с максимальной погрешностью, определяемой по формуле (9), где $T = \frac{r}{f}$.

В случае одноразрядного двоичного счетчика (т. е. при $r = 2$) имеем

$$\Delta p(T, \sigma) = \frac{2}{\pi} e^{-\frac{2\pi^2\sigma^2}{T^2}}. \quad (10)$$

Значения $\Delta p(T, \sigma)$ даны в таблице.

$\eta = \frac{T}{\sigma}$	$\Delta p(T, \sigma)$	$\Delta p(T, \sigma)$ по таблицам
2,0	0, 0 0 4 5 7 8 4 9 5	0, 0 0 4 5 7 8 4 9 5
1,8	0, 0 0 1 4 3 8 8 2 1	
1,6	0, 0 0 0 2 8 5 2 3 1 1	0, 0 0 0 2 8 5 2
1,4	0, 0 0 0 0 2 6 9 2 0 9 3	0, 0 0 0 0 2 6 9 2
1,2	0, 0 0 0 0 0 0 7 0 9 0 3 1 4	0, 0 0 0 0 0 0 7 1
1,0	0, 0 0 0 0 0 0 0 0 1 7 0 3 1 4	

В последнем столбце таблицы приведены значения $\Delta p(T, \sigma)$, вычисленные для контроля путем прямого подсчета площадей (рис. 1, а) с помощью 15-значных таблиц [1].

Рассмотрим генерирование случайных величин в аналоговой форме.

На рис. 1, в изображен сигнал периода T такой, что участки K_1O , KL_1 и т. д. представляют собой интегральную функцию распределения $F(z)$.

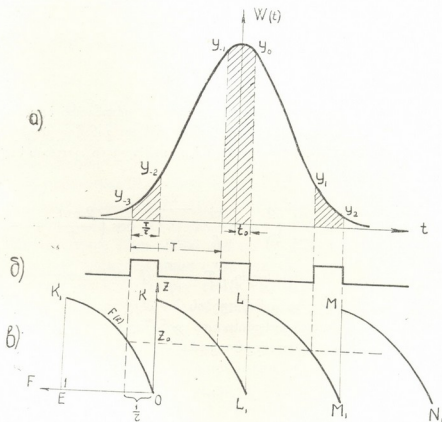


Рис. 1

Пусть в случайный момент времени t , распределенный (рис. 1, а) по нормальному закону (1), регистрируется уровень сигнала на рис. 1, в. Вероятность регистрации уровня в интервале Oz_0 таком, что $F(z_0) = \frac{1}{r}$, равна, очевидно, сумме $\Phi(t_0, T, r, \sigma)$ заштрихованных на рис. 1, а площадей и вычисляется по формуле (7). Теоретическая погрешность преобразования

дается в этом случае формулой (8), а максимальная погрешность—формулой (9). (Рассмотренный способ получения случайных величин в аналоговой форме изложен в работе [2]).

Таким образом, регистрируя мгновенные значения нормального случайного процесса, формируя с их помощью интервалы времени случайной длительности, конец которых представляет собой случайный момент времени t , распределенный по нормальному закону (1), можно получить: 1) случайные разряды в любой системе счисления (равновероятные с высокой степенью точности), 2) случайную неравновероятную альтернативу, 3) случайные величины в аналоговой форме с любым законом распределения.

Академия наук Грузинской ССР
 Вычислительный центр

(Поступило в редакцию 14.10.1967)

ავტობიბიბია და ბალემბანისა

ა. მოროვი

შემთხვევითი სიდიდეების მიღება ნორმალური შემთხვევითი
 პროცესის საშუალებით

რეზიუმე

წერილში განხილულია ცდომილების საკითხი ერთნაირი ალბათობის შემთხვევითი ციფრების გენერაციის დროს ნორმალურად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდის საშუალებით. მტკიცდება, რომ თითოეული ციფრის მიღების ალბათობა გამოისახება ფორმულით

$$\Phi(t_0, T, r, \sigma) = \frac{1}{r} + \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{2}{\pi\nu} \sin \frac{\pi\nu}{r} e^{-\frac{2\pi^2\nu^2}{T^2}} \cos\left(\frac{2\pi\nu t_0}{T} - \frac{\pi\nu}{r}\right),$$

სადაც r არის თვის სისტემის ფუძე, $T = \frac{r}{f}$ (f არის სათვლელი იმპულსების სიხშირე), σ —ნორმალური განაწილების პარამეტრი, t_0 —პარამეტრი, დამოკიდებული სათვლელი იმპულსებისა და განაწილების ცენტრის ურთიერთ განლაგებაზე. გარდაქმნის მაქსიმალური ცდომილება უდრის

$$\Delta p(r, T, \sigma) = \frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi}{r} e^{-\frac{2\pi^2}{T^2}}.$$

ზემოთ მოყვანილი გამოსახულებები სამართლიანია განუწყვეტელი შემთხვევითი სიდიდეების გენერაციის დროსაც.

დათვლილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Таблицы вероятностных функций, т. II. ВЦ АН СССР, М., 1959.
2. И. М. Крихели, А. М. Морозов. Разработка электронных устройств для моделирования статистических задач автоматического управления. Труды НИИ Автоматпром, т. 2, Горь, 1963.



БОТАНИКА

Н. А. МАРГАЛИТАДЗЕ, А. А. БУРЧУЛАДЗЕ, Г. И. ТОГОНИДЗЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА ГОЛОЦЕНОВОГО
 ТОРФА РАДИОУГЛЕРОДНЫМ МЕТОДОМ (C¹⁴) ИЗ БОРЖОМИ-
 БАКУРИАНСКОГО РАЙОНА (ГРУЗИНСКАЯ ССР)

(Представлено академиком Н. Н. Кецохели 11.9.1967)

С целью изучения истории лесной растительности голоценовой эпохи Боржом-Бакурианского района (северо-западная часть Тriaлетского хребта, Малый Кавказ) методом спорово-пыльцевого анализа нами были исследованы торфяные и озерные отложения из небольших (2—3 га) замкнутых котловин Гомнис-тба и Церос-тбис-чаоби, расположенных на вулканическом плато Дабадзвели (1900 м н. у. м.).

Спорово-пыльцевые спектры упомянутых разрезов в определенных слоях — на глубине 5—2 м в разрезе Гомнис-тба и 11, 25—5 м в разрезе Церос-тбис-чаоби — характеризуются господством широколиственных пород и орешника. Эти слои нами [1, 2] предварительно были датированы средним голоценом (H₃) по принципу четырехчленного подразделения голоцена М. И. Нейштадта [3], и, таким образом, возраст их оценивался в 7700—2500 лет по абсолютной хронологии. Соответственно этому нижележащие слои относились к раннему (H₂), а вышележащие слои к позднему (H₄) голоцену.

Как неоднократно отмечалось исследователями, датировка голоценовых отложений Кавказа и ее увязка с данными для других территорий весьма затруднительна из-за разнообразия спорово-пыльцевых спектров. Здесь ясность вносит определение абсолютного возраста погребенных органических остатков радиоуглеродным методом. Как указывается в литературе [4], этот метод для исследований голоценовых отложений в СССР систематически стал применяться только с 1962 г.

Нами для датировки радиоуглеродным методом путем бурения были взяты образцы торфа из котловин Гомнис-тба и Церос-тбис-чаоби. На основании стратиграфических колонок и спорово-пыльцевых диаграмм этих разрезов нами предварительно были намечены уровни для взятия образцов. Таковыми являются самые нижние торфяные слои, которые представлены в Гомнис-тба на глубине 4 м, а в Церос-



тбис-чаоби на глубине 11 м, и слои на границе между средним и поздним голоценом, расположенные на глубине 2 м в первом и на глубине 5 м во втором разрезе.

Определение абсолютного возраста образцов торфа было произведено в Радиоуглеродной лаборатории Тбилисского государственного университета. Счет активности углерода производился пропорциональным счетчиком внутреннего наполнения, работающим при 2 атмосферах рабочего газа (рабочим газом служил углекислый газ, синтезируемый из исследуемых образцов торфа). Образцы тщательно очищались от механической примеси и затем обрабатывались в растворе соляной кислоты для удаления посторонних карбонатов. Очищенные образцы сжигались в потоке кислорода. Полученным углекислым газом (после многодневной и многократной очистки) наполнялся пропорциональный счетчик специальной конструкции [5].

При измерении активности торфяных образцов в качестве эталона «мертвого» углерода использовались антрацит и мрамор, а в качестве эталона активности современного углерода — карагач из лесов Саирме (Западная Грузия, срез 1910 г.).

Ввиду слишком низкой активности углерода измеряемых образцов и для получения желаемой статистической точности определение активности для каждого образца производилось непрерывно в течение 18—20 часов.

Результаты измерений абсолютного возраста образцов торфа радиоуглеродным методом из шурфов Гомнис-тба и Церос-тбис-чаоби представлены в таблице.

Лабораторный номер образца	Описание образца и автор	Абсолютный возраст по C^{14} в годах
ТБ-19	Осоково-глинистый торф из торфяника Гомнис-тба (плато Дабадзвели, 1900 м н. у. м., Боржомский р-н, Грузинская ССР). Глубина залегания 2 м. Образец взят буром Гиллера (Н. А. Маргалитадзе)	2230±150
ТБ-20	Из того же пункта. Глубина залегания 4 м. Образец взят буром Гиллера (Н. А. Маргалитадзе)	5120±200
ТБ-22	Осоково-сфагновый торф из торфяника Церос-тбис-чаоби (плато Дабадзвели, 1800 м н. у. м., Боржомский р-н, Грузинская ССР). Глубина залегания 11 м. Образец взят открытым буром (Н. А. Маргалитадзе)	6160±220
ТБ-23	Из того же пункта. Глубина залегания 5 м. Образец взят буром Гиллера (Н. А. Маргалитадзе)	2370±150

Слои торфа, расположенные на глубине 2 м (Гомнис-тბა) и 5 м (Церос-ტბის-ჩაობი), согласно предварительной датировке, данной нами [1, 2], отлагались на границе между средним и поздним голоценом, т. е. примерно 2500 лет тому назад. Абсолютный возраст этих слоев торфа, полученный радиоуглеродным методом — 2230 ± 150 и 2370 ± 150 — подтверждает правильность наших данных.

М. И. Нейштадтом [4] в датировку границы между средним и поздним голоценом вносится корректив на основе данных абсолютного возраста и время этого периода вместе 2500 относится к 3200 годам. Как указывается им же, зарубежными исследователями эта граница по-прежнему датируется в 2500 лет; такое расхождение, возможно, вызвано проведением суббореально-субатлантической границы на зарубежных схемах несколько выше.

Сапропели на глубине 11,25 м в разрезе Церос-ტბის-ჩაობი, судя по спорово-пыльцевым спектрам, отлагались на границе между ранним и средним голоценом, т. е. около 8000 лет тому назад. По схеме М. И. Нейштадта [6], применившего данные абсолютного возраста (по C^{14}) для центральных районов Русской равнины эта цифра остается неизменной. Определение возраста торфа с глубины 11 м из шурфа Церос-ტბის-ჩაობი в 6160 ± 200 лет, возможно, несколько занижено из-за загрязнения «молодым» углеродом; следует учитывать условия взятия образцов открытым буром. Возраст торфа с глубины 4 м из шурфа Гомнис-ტბა в 5120 ± 220 лет, возможно, также оказался незначительно заниженным, хотя образец и был взят закрытым буром.

Таким образом, абсолютный возраст (по C^{14}) исследуемых образцов торфа подтверждает правильность предварительных датировок, произведенных нами на основе спорово-пыльцевых диаграмм.

Академия наук Грузинской ССР
Институт ботаники

(Поступило в редакцию 11.9.1967)

ბოტანიკა

ბ. მარგალიტაძე, ა. ბურჟულაძე, ზ. ტოზონიძე

ბორჯომ-ბაკურიანის რაიონის ჰოლოცენური ტორფის აბსოლუტური ასაკის დადგენა რადიონახშირბადის მეთოდით (C^{14})

რეზიუმე

ბორჯომ-ბაკურიანის რაიონის ჰოლოცენის ეპოქის ტყის ისტორიის შესწავლის მიზნით ჩვენ სპოროვან-მტვროვანი ანალიზის მეთოდით გამოვიკვლიეთ

ამ მხარეში გავრცელებული ტორფისა და ტბური დანალექები. ამ მონაცემების საფუძველზე ჭრილების ის ფენები, რაშიც ჭარბობდა ფართოფოთლოვან მერქმნიან სახეობათა მტვერი, ჩვენ წინასწარ დავათარიღეთ შუა პოლოცენად მ. ნეიშტადტის დათარიღების სქემის მიხედვით.

რადიონახშირბადის მეთოდის განვითარება უკანასკნელ წლებში განამარბებული ორგანული მასალის აბსოლუტური ასაკის დადგენის საშუალებას იძლევა. ამ მიზნისათვის ჩვენ დაბურღვის წესით ავიღეთ ტორფის ნიმუშები გომნის ტბისა და წეროს ტბის ჭაობიდან (დაბაძველის პლატო) 2, 4, 5 და 11 მ-ის სიღრმეებიდან.

ნიმუშები დათარიღდა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რადიონახშირბადის ლაბორატორიაში. ნახშირბადის აქტივობის ათვლა წარმოებდა სპეციალური კონსტრუქციის პროპორციონალური ამოვლელის საშუალებით.

ამ გამოკვლევის შედეგად მიღებული აბსოლუტური ასაკი ტორფის ნიმუშებისა: დაემთხვა ჩვენ მიერ სპოროვან-მტკროვანი დიაგრამების საფუძველზე შესრულებულ წინასწარ დათარიღებებს.

დასოფნობული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Маргалитадзе. История лесов Дабадзвельского плато в голоцене по данным спорово-пыльцевого анализа. Сообщения АН ГССР, XLV, № 2, 1967.
2. Н. А. Маргалитадзе. История лесов Тадзриской котловины в голоцене по данным спорово-пыльцевого анализа. Сообщения АН ГССР, XLVII, № 1, 1967.
3. М. И. Нейштадт. История лесов и палеогеографии СССР в голоцене. М., 1957.
4. М. И. Нейштадт. Некоторые итоги изучения отложений голоцена. В кн.: «Палеогеогр. и хрон. верхнего плейстоцена и голоцена по данным радиоуглеродного метода». М., 1965.
5. В. В. Кокочашвили, Г. М. Мирианашвили, А. А. Бурчуладзе, К. Г. Джапаридзе. Пропорциональный счетчик и система защиты от фона для датирования радиоуглеродным методом. ПТЭ, № 6, 52, 1962.
6. М. И. Нейштадт. Особенности развития лесов на территории СССР в голоцене. В кн.: «Современные проблемы географии», М., 1964.

თ. თუშვანიძე, ლ. არველაძე

ყურძნის შაქრიანობაზე აგრომეტეოროლოგიური პირობების გავლენის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიოსმა ნ. კეცხოველმა 21.9.1967)

ყურძნის ხარისხიანობის ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელია შაქრიანობა. მასზე მრავალი გარკვეული ფაქტორი ახდენს გავლენას. ერთი და იგივე ჯიშის ვაზი, ამა თუ იმ პირობებში, წლების მიხედვით საგრძნობლად განსხვავებული ხარისხის პროდუქციას იძლევა. მაგ.: რქაწითელის ყურძნის შაქრიანობა თელავში წლების მიხედვით მერყეობს 18,2%-დან (1955 წ.) 24%-მდე (1958 წ.), ხიზვისა — 19,0%-დან (1948 წ.) 25,5%-მდე (1941 წ.). ასეთივე მდგომარეობა დასავლეთ საქართველოში. საქარაში ცოლიკოურის შაქრიანობა წლების მიხედვით მერყეობს 20%-დან (1949 წ.) 23,6%-მდე (1943 წ.), ციკქასი — 17,0%-დან (1947 წ.) 23,8%-მდე (1951 წ.). შაქრიანობის ასეთი რყევადობა გარკვეულ დან აკვამს ღვინის ხარისხის მაჩვენებლებს. აღნიშნული მოვლენის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა მისი ბუნების მეცნიერული გამოკვლევა.

ყურძნის შაქრიანობის რყევადობის ძირითადი მიზეზი სავსებით სწორად აღიარებულია აგრომეტეოროლოგიურ პირობებზე დამოკიდებული. ეს ცნობილი ფაქტია [1, 2]. მაგრამ ამ მხრივ სპეციალური გამოკვლევა და რაოდენობრივად გამოსახული რაიმე კანონზომიერება საქართველოში ჯერჯერობით არ არსებობს. ცოტა ამ მხრივ გაკეთებული ჩვენი ქვეყნის სხვა რესპუბლიკებშიც.

ლიტერატურული წყაროებიდან ყურადღებას იმსახურებს თ. კატარიანის [2] გამოკვლევები (ყირიმი). მკვლევარს მიაჩნია, რომ ყურძნის ხარისხიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორია სიმწიფის პერიოდში ჰაერის ტემპერატურის დღეღამური ამპლიტუდა.

ყურძნის შაქრიანობაზე აგრომეტეოროლოგიური პირობების გავლენის შესწავლას ჩვენ საფუძვლად დაუდეთ „საქართველოს ამპელოგრაფიაში“ გამოქვეყნებული მდიდარი მონაცემები ქართული ვაზის ჯიშების ყურძნის შაქრიანობაზე. მასალები ავიღეთ საქარისა და თელავის მევენახეობა-მეღვინეობის საცდელი სადგურებიდან, სადაც წარმოებს მეტეოროლოგიური დაკვირვებები. ამასთან, შრომაში გამოყენებულია უშუალოდ საქარის აგრომეტეოროლოგიური სადგურის მიერ 1941—1952 წლებში კრახუნას, ციკქასა და ცოლიკოურის ყურძნის შაქრიანობასა და მკვლელობაზე თემატური დაკვირვებების შედეგები.

კვლევის ობიექტებად ავიღეთ ვაზის ჯიშები: თელავში—ხიხვი, ქისი, მწვანე, რქაწითელი, გრძელმტევანა და კაბერნე, ხოლო საქარაში — ცოლიკოური, ციცქა, კრახუნა, კუნდა და ძელშავი. აღნიშნული ჯიშების ყურძნის შაქრიანობის მონაცემებს უყვავშირებდით იმავე წლების აგრომეტეოროლოგიურ პირობებს (ვაზის ზრდა-განვითარების ცალკეულ ეტაპზე). აგრომეტეოროლოგიური პირობების მაჩვენებლებად მიღებული გვაქვს: ა) ჰაერის დღელამური საშუალო ტემპერატურა; ბ) ჰაერის დღელამური საშუალო ტემპერატურის ჯამი; გ) ატმოსფერული ნალექების ჯამი; დ) წვიმიან დღეთა რიცხვი და ე) ჯამური რადიაცია კკალ/სმ².

აღნიშნულ სიდიდეებსა და შაქრიანობის მაჩვენებლებს შორის ურთიერთდამოკიდებულებას ვსწავლობდით გრაფიკული გამოსახვისა და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით. კორელაციურ დამოკიდებულებებს ვადგენდით ორ, სამ და ოთხ ცვლად სიდიდეს შორის.

იმისათვის, რომ უფრო სრულად გამოგვევლინა გარეშე პირობების მნიშვნელობა ვაზის ზრდა-განვითარების ცალკეული ფაზებისათვის, ამასთან შეგვესწავლა მათი გავლენა ყურძნის შაქრიანობაზე, ვაზის სავეგეტაციო პერიოდი დავყავით სამ ძირითად ეტაპად: 1) კვირტის გაშლა-ყვავილობის დასასრული, ანუ ვაზის სასაინილაციო აპარატის ჩამოყალიბების პერიოდი; 2) ყვავილობის დასასრული — სიმწიფის დასაწყისი, ანუ მარცვლების დამსხვილების პერიოდი და 3) სიმწიფის დასაწყისი — სრული სიმწიფე, ანუ მარცვლებში შაქრის დაგროვების პერიოდი.

ცხრილი 1

ჰაერის ტემპერატურას (Y), ნალექიან დღეთა რიცხვსა (X) და ყურძნის შაქრიანობას (Z) შორის კორელაციის კოეფიციენტები და რეგრესიის განტოლებები

ჯიშები	კორელაციის კერძო კოეფიციენტები	კორელაციის საერთო კოეფიციენტი	რეგრესიის განტოლება	რეგრესიის განტოლების საშუალო ცდომილება
ციცქა კუნდა ძელშავი (საქარა)	$r_{xy} = -0.572$ $r_{xz} = -0.645$ $r_{yz} = -0.474$	$R = 0.66 \pm 0.08$	$Z = -0.205 X + 0.125 Y + 20,11$	$\sigma_z = 1,35$
ხიხვი ქისი რქაწითელი (თელავი)	$r_{xy} = -0.606$ $r_{xz} = -0.710$ $r_{yz} = -0.670$	$R = 0.77 \pm 0.036$	$Z = -0.243 X + 0.312 Y + 16,9$	$\sigma_z = 1,12$
გრძელმტევანა კაბერნე მწვანე (თელავი)	$r_{xy} = -0.509$ $r_{xz} = -0.593$ $r_{yz} = -0.772$	$R = 0.806 \pm 0,05$	$Z = -0.224 X + 0.45 Y + 11,76$	$\sigma_z = 1,14$

ჩატარებულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ ყურძნის შაქრიანობის სიდიდეს ძირითადად განსაზღვრავს მომწიფების პერიოდში შექმნილი ტემპერატურისა და ტენიანობის რეჟიმი, კერძოდ, ჰაერის დღელამური საშუალო ტემპერატურა და წვიმიან დღეთა რიცხვი. ამასთან ყურძნის შაქრიანობა პირდაპირ კორელა-

ციურ დამოკიდებულებაშია ჰაერის ტემპერატურასთან და შებრუნებულ დამოკიდებულებაში — წვიმიან დღეთა რიცხვთან. ეს კანონზომიერება საერთოა ვაზის ყველა ჯიშისათვის როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოს პირობებში.

1 ცხრილში მოყვანილია აღნიშნულ სიდიდეებს შორის კორელაციური დამოკიდებულების კოეფიციენტები, შესაბამისი რეგრესიის განტოლებები და მათი ცდომილებები. სტატისტიკური მახასიათებლებია მიხედვით შეიძლება დაეასკვნათ, რომ ყურძნის შაქრიანობას, ჰაერის დღელამურ საშუალო ტემპერატურასა და ნალექიან დღეთა რიცხვს შორის არსებობს საკმარის ძლიერი კორელაციური კავშირი, რაც საფუძველს გვაძლევს მიღებული რეგრესიის განტოლებებით, წარმოების პირობებში, გავიანგარიშოთ ყურძნის შაქრიანობა მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემების მიხედვით.

მე-2 ცხრილში მოცემულია რეგრესიის განტოლებებით გაანგარიშებული შაქრიანობის მაჩვენებლები და მათი ცდომილება ფაქტიურად განსაზღვრულთან შედარებით. გამოირკვა, რომ სხვაობა ფაქტიურ და გაანგარიშებულ შაქრიანობას შორის არც თუ ისე დიდია და ჯიშების მიხედვით იგი შეადგენს $\pm 0,7, \pm 1\%$ -ს.

ცხრილი 2

რეგრესიის განტოლებებით გაანგარიშებული შაქრიანობა და მისი გადახრა ფაქტიურადან კახეთისა და იმერეთის ვაზის ჯიშებისათვის

წლები	გრძელმტევანა, კაბერნე			ქისი			ცოლიკოური			კუნძა		
	ფაქტიური	განგარიშებული	სხვაობა	ფაქტიური	განგარიშებული	სხვაობა	ფაქტიური	განგარიშებული	სხვაობა	ფაქტიური	განგარიშებული	სხვაობა
1938	21,4	22,2	-0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1939	20,1	19,5	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1940	22,5	22,1	0,4	23,1	22,1	1,0	—	—	—	23,1	20,7	2,4
1941	21,5	21,0	0,5	24,0	23,3	0,7	22,6	22,1	0,5	21,5	18,8	2,7
1942	19,0	18,9	0,1	20,8	21,4	-0,6	20,7	22,0	-1,3	19,9	19,9	0,0
1943	17,6	18,4	-0,8	20,0	21,5	-1,5	23,6	22,2	1,4	22,3	21,2	1,1
1944	—	—	—	22,8	21,3	1,5	23,4	24,1	-0,7	23,0	21,1	1,9
1945	—	—	—	20,5	21,7	-1,2	22,8	23,7	-0,9	21,0	21,0	0,0
1946	21,6	21,7	-0,1	21,4	23,2	-1,8	23,2	22,9	0,3	20,2	21,0	-0,8
1947	—	—	—	21,0	21,3	-0,3	22,3	21,6	0,7	20,5	19,9	0,6
1948	17,0	18,8	-1,8	20,5	19,2	1,3	22,3	22,7	-0,4	—	—	—
1949	—	—	—	20,5	19,8	0,7	20,0	20,1	-0,1	—	—	—
1950	22,0	20,9	1,1	22,6	22,9	-0,3	21,0	21,8	-0,8	22,0	22,8	-0,8
1951	19,0	18,2	0,8	22,5	24,0	-1,5	23,3	22,5	0,8	—	—	—
1952	—	—	—	23,0	24,0	-1,0	—	—	—	22,2	22,0	0,2
1953	18,7	20,3	-1,6	22,0	22,0	0,0	—	—	—	—	—	—
1954	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1955	17,3	17,2	0,1	22,6	20,9	1,7	—	—	—	—	—	—
1956	16,5	16,8	-0,3	19,0	19,5	-0,5	—	—	—	17,9	19,3	-1,4
1957	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22,0	22,2	-0,2

აღნიშნულ სამ ცვლად სიდიდეს შორის ასეთი კორელაციური დამოკიდებულება ($R=0,66-0,81$) არ ნიშნავს იმას, რომ არ არსებობს კიდევ სხვა

ფაქტორი ან ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ყურძენში შაქრის დაგროვების ინტენსივობაზე. ჩვენს ხელთ არსებული მასალებისა და ლიტერატურული წყაროების ანალიზით გამოირკვა, რომ ერთ-ერთ ასეთ ფაქტორს წარმოადგენს ყურძნის მოსავლის რაოდენობა: რაც უფრო უხვია ყურძნის მოსავალი (ერთსა და იმავე ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებში), მით უფრო დაბალია შაქრის პროცენტული რაოდენობა ყურძენში.

საქარაში 1941—1951 წლებში ცოლიკოტრის მოსავლიანობას, შაქრიანობას, სიმწიფის პერიოდში ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ჯამებს შორის კორელაციის საერთო კოეფიციენტი $R = 0,776 \pm 0,08$; რეგრესიის განტოლებას აქვს ასეთი სახე:

$$Z = 0,001 X + 0,004 Y - 0,086 u + 23,698$$

რეგრესიის განტოლების საშუალო ცდომილება $S_z = \pm 0,74$.

ასეთი სიზუსტით ყურძნის შაქრიანობის განსაზღვრას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. მიღებული განტოლებით შეგვიძლია კონტროლი გავუწიოთ ყურძნის შაქრიანობის მასალებს მევენახეობის მიკრორაიონების მიხედვით.

ყურძნის მოსავალსა და მის შაქრიანობას შორის დამოკიდებულების მნიშვნელობა მარტო ამით როდი ამოიწურება. მას სხვა სამეურნეო მნიშვნელობაც აქვს; ცნობილია, რომ ყურძნის შაქრიანობა რწყვისა და მინერალური სასუქების გამოყენების მაღალ ფონზე საგრძნობლად ეცემა. ჩვენ შევეცადეთ გავერკვიოთ ამ მოვლენის ბუნება და მოგვეჩვენა მისი თავიდან აცილების გზები.

ჩვენ მიერ დადგენილია [3], რომ ვაზის მოსავლის სიდიდე ძირითადად დამოკიდებულია მარცვლების დამსხვილების პერიოდში ვენახიდან ჯამური აორთქლების გზით დახარჯული წყლის რაოდენობაზე; ზემოთ მოყვანილი მონაცემებიდან კი ირკვევა, რომ ყურძენში შაქრის შემცველობა პირდაპირ დამოკიდებულებაშია ჰაერის ტემპერატურასთან (ე. ი. ენერჯის მოსვლასთან) და შებრუნებულ დამოკიდებულებაშია მოსულ ნალექებთან. აქედან ცხადი ხდება მოსავალსა და შაქრიანობას შორის წინააღმდეგობის ბუნება: წყლის დიდი რაოდენობა ზრდის მტევნების წონას, მაგრამ იმავე დროს დაბლა სცემს შაქრის კონცენტრაციას მარცვალში.

ჩვენ მუხრანის ველის პირობებში შევისწავლეთ ყურძნის მოსავლის (ჩინური) შაქრიანობა და ჯამური რადიაცია. გამოვიკვლიეთ ყურძნის შაქრიანობა როგორც პროცენტულად, ისე კგ-ით ერთ ჰექტარზე (მოსავლისა და შაქრიანობის ნამრავლი). მასალების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მჭიდრო დამოკიდებულება არსებობს შაქრის საერთო რაოდენობისა და მომწიფების პერიოდში მოსულ ჯამურ რადიაციას შორის; ეს კი სავსებით ლოგიკურია: მცენარის მიერ ორგანულ ნვითიერებათა სინთეზი ძირითადად დამოკიდებულია ფოთლების მიერ შემოჭილი ფოტოსინთეტურად აქტიური რადიაციის რაოდენობაზე. მოსული ენერჯის ერთი და იგივე აბსოლუტური რაოდენობა განსაზღვრავს შაქრების ერთსა და იგივე აბსოლუტურ რაოდენობას. რაც შეეხება შაქრიანობის პროცენტულ გამოსახულებას, იგი იცვლება იმისდა მიხედვით, თუ როგორია ყურძნის მოსავალი.

ვაზის მწვანე მასის ნამატის, ყურძნის მოსავლისა და შაქრიანობის შესახებ მონაცემების ანალიზის დროს აღმოჩნდა, რომ ყურძნის მოსავლისა და შაქრიანობის ერთდროული ზრდა გარკვეულ კორელაციურ დამოკიდებულებაშია ვაზის მწვანე მასის ნამატთან. ეს დამოკიდებულება ერთხელ კიდევ აღსატურებს ჩვენს დასკვნას იმის შესახებ, რომ მოსავლიანობასა და ყურძნის შაქრიანობას შორის უარყოფითი დამოკიდებულების თავიდან აცილება შესაძლებელია ვაზის სასიმილაციო ზედაპირის რეგულირებით.

თუ როგორი უნდა იყოს ვაზის ოპტიმალური სასიმილაციო ზედაპირი, ამ მხრივ რაოდენობრივად გამოხატული მაჩვენებლების დადგენა სპეციალური გამოკვლევების საგანია. ერთი რამ მაინც ცხადია: რაც უფრო დიდია ვაზის მიერ გაზაფხულზე გამოტანილი ყვავილელების რაოდენობა, მით უფრო უხვი იქნება მისი მოსავალი მიმდინარე წელს. იმისათვის, რომ უხვმა მოსავალმა უარყოფითად არ იმოქმედოს ყურძნის ხარისხზე, საჭიროა გაზაფხულიდანვე ვიზრუნოთ ვაზის მძლავრი სასიმილაციო ზედაპირის ფორმირებაზე. ასეთი ზედაპირი ძირითადად უნდა ჩამოყალიბდეს ვეგეტაციის პირველ პერიოდში—კვირტის გამლიდან ყვავილობის დამთავრებამდე. დიდი მნიშვნელობა აქვს ვაზის მწვანე ოპერაციების დროულად და მაღალხარისხოვნად ჩატარებას, რის ძირითადი დანიშნულებაცაა ფოთლების თანაბარი განათებულობის მიღწევა.

ამიერკავკასიის აგრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 21. 9. 1967)

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИИ

Т. И. ТУРМАНИДЗЕ, Г. А. АРВЕЛАДЗЕ

О ВЛИЯНИИ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА САХАРИСТОСТЬ ЯГОД ВИНОГРАДА

Резюме

Сахаристость ягод винограда является функцией нескольких переменных и в значительных пределах колеблется по отдельным годам.

Установлено, что основными факторами, влияющими на сахаристость ягод винограда, являются температура воздуха и число дней с осадками (≥ 5 мм) за период созревания ягод и величина урожая. Коэффициент множественной корреляции между четырьмя переменными $R=0,78 \pm 0,08$, а погрешность уравнения регрессии $S_2 = \pm 0,74$.

Существующее противоречие между урожайностью и сахаристостью ягод винограда является результатом несоответствия между ассимилирующей поверхностью кустов и их нагрузкой урожаем. При правильном проведении фитотехнических операций этого противоречия можно избежать.

დამოუწმებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. Ф. Давитая. Исследование климатов винограда в СССР и обоснование их практического использования. Гидрометеониздат, М.—Л., 1952.
2. Т. Г. Қатарян. К вопросу о микроклимате виноградника и его влиянии на созревание винограда. Вопросы виноградарства и виноделия. М., 1962.
3. Т. И. Турманидзе. Об агроклиматическом обосновании орошения виноградников в Грузии и методика агрономического обслуживания орошаемого земледелия. Тезисы докладов тринадцатой научной сессии ЗагНИГМИ, 1966.

К. Р. ТАВДУМАДЗЕ, В. А. ТОДУА

РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ТАБАКА К ГАММА-ЛУЧАМ Co⁶⁰ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

(Представлено академиком В. Л. Менабде 9.6.1967)

При решении проблемы специфичности мутационного процесса встают вопросы зависимости частоты и спектра индуцированных мутаций от фазы онтогенеза [1]. Существенным моментом в этом отношении является нахождение определенных степеней летальности используемых объектов. Некоторые подходы к решению этих вопросов на виде *Nicotiana tabacum* L. излагаются в данной работе, которая выполнена под руководством профессора М. Ф. Терновского.

Облучение проводилось гамма-лучами Co⁶⁰ на стационарном облучателе Института экспериментальной патологии и терапии АМН СССР в г. Сухуми. Мощность гамма-облучения 63 р/мин. Опыты проводились в течение 1963—1966 гг. на Абхазской табачной опытной станции ВИТИМа в типичных экологических условиях для ароматических табаков типа Сухумский 959 Ф-1. Техника опытов по облучению семян, рассады, пыльцы и цветущих растений следующая:

а) Воздушно-сухие семена табака облучали на установках и высевали в чашки Петри и в парники. Чувствительность семян к облучению определяли по всхожести на 12-й день по стандартным методикам ГОСТа.

б) Облучение рассады производили в двух вариантах. В первом готовую к высадке рассаду выбирали в день облучения из парника, заворачивали во влажную марлю, облучали и в этот же день высаживали в горшочки. Во втором варианте опыта одновременно с растениями первого варианта облучались растения, высаженные предварительно за 15 дней и, следовательно, укоренившиеся в горшочках. Контрольные растения к каждому варианту находились в одинаковых условиях с опытами. Каждый вариант включал 20 растений. Об эффектах действия облучения судили по высоте главного побега, которая измерялась, когда контрольные растения находились в стадии цветения. В это же время растения второго варианта также были в стадии цветения, а растения первого варианта — в стадии бутонизации, т. е. отставали от контроля на 3—4 дня.

в) Пыльцу для облучения брали с хорошо развитых растений. Для этого нормально сформировавшиеся, но не лопнувшие пыльники соби-

рали вечером в бьюксы и на следующий день облучали. Сразу же после облучения нормально развитые растения опыляли облученной пыльцой и изолировали. На каждый опыленный цветок навешивали этикетку с описанием условий опыта. В каждом варианте было по 40 цветков. Летальность доз определяли по проценту завязавшихся коробочек с выполненными семенами.

г) Цветущие в горшочках растения облучали в то время, когда на соцветиях были бутоны, цветки и коробочки с молочко-белыми и бурыми семенами. К цветкам и коробочкам прикрепляли этикетки с обозначением фаз развития. Для каждого варианта (дозы) брали по пять растений. Эффект облучения определяли по числу завязавшихся семян и их выполненности.

Данные по всхожести и физиологическим эффектам при облучении семян приведены в табл. 1.

Таблица 1

Доза, кр	Процент всхожести	Уровень достоверности	Эффекты
0	81,5 ± 3,7	—	—
2,5	92,5 ± 2,57	2,2	Стимуляция
4,5	91,75 ± 2,70	2,2	"
7	90,75 ± 2,84	1,8	Менее значительная стимуляция
10	90,25 ± 2,90	-	"
15	80,50 ± 3,88	-	" Незначительное угнетение
20	77,50 ± 4,09	-17,0	Угнетение
25	66,75 ± 4,6	-	Более сильное угнетение
50—60	0	0	Летальный

Как видно из таблицы, летальными являются дозы выше 50 кр. Методом пробит-анализа была найдена полуметальная доза гамма-лучей, которая составила 39 кр. Между дозами 40—50 кр находятся критические по выживаемости семян дозы.

Существенным моментом при облучении семян является нахождение стимулирующих доз, которые составляли в нашем опыте 2—5 кр. Стимуляция выражена в более высокой энергии прорастания семян и более быстром росте рассады. Эти эффекты описывались ранее.

Эффекты от действия гамма-лучей на рассаду представлены на рис. 1, из которого видно, что в первом варианте опыта при дозах 0,2 и 0,5 кр наблюдалась некоторая стимуляция роста. Растения, облученные более высокими дозами (0,8—1,4 кр), по высоте были близки к контролю, а при дозе 1,7—2,0 кр наблюдалось угнетение. Во втором варианте опыта, когда облучению подвергались укоренившиеся в горшочках растения, также при дозах 0,2 и 0,5 кр отмечался стимулирующий эффект, относительно более резко выраженный, чем в первом варианте. Эффект угнетения во втором варианте тоже был более резко выражен при дальнейшем увеличении

доз. Уже при дозе 1,1 кр растения были значительно ниже контроля. Угнетающий эффект облучения в обоих вариантах проявился в торможении роста верхушечной почки. Различия между вариантами состояли в том, что при облучении неукоренившейся рассады (первый вариант) торможение точки роста было более глубоким и при дозах 1,7 и 2,0 кр ни одно растение не зацвело, в то время как некоторые растения из числа облученных укоренившихся в горшочках (второй вариант) при дозе 1,7 кр были еще способны цвести и завязывать семена.

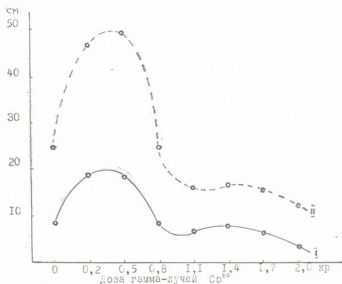


Рис. 1. Влияние разных доз облучения на рост и развитие табачной рассады, первый вариант—неукоренившаяся и второй вариант—укоренившаяся в горшочках рассада

Данные по степени летальности доз гамма-лучей на пыльцу приведены в табл.

2, из которой видно, что минимальным порогом летальности является доза 2,5 кр, летальной из исследованных доз—доза 10 кр, полuletальная доза равна 7 кр.

Таблица 2

Доза, кр	Число завязавшихся коробочек	Процент завязавшихся коробочек
1,5	40	100
2,5	38	95 ± 6,74
3,8	36	90 ± 8,9
4,5	32	80 ± 12,4
5,5	28	70 ± 13,8
7	19	47 ± 15,4
10	0	0

При облучении цветущих растений оказалось, что для бутонов и цветков дозы выше 3 кр являются летальными (табл. 3).

Интересно отметить, что в нашем опыте после облучения соцветий дозами выше 0,5 кр новые бутоны не появлялись, в то время как на контрольных растениях бутонизация и цветение продолжались еще в течение 10—20 дней. Облучение коробочек с молочно-белыми и бурными семенами теми же дозами не привело к летальному эффекту.

Для коробочек с молочно-белыми семенами установлены сублетальные, полuletальные и критические дозы. Летальная доза для этих коробочек, вероятно, находится немного выше 4 кр. Для коробочек с бу-

рыми семенами дозы 3,0 и 4,0 кр оказались стимулирующими, что выразилось в некотором увеличении размера коробочек за счет лучшей выполненности семян.

Таблица 3

Объекты облучения и соцветий	Дозы, кр					
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
Бутоны	Нет	Нет	Нет	Нет	Летальная	Летальная
Цветы	"	"	"	"	"	"
Коробочки с молочно-белыми семенами	"	"	"	Сублетальная +	Полулетальная ++	Критическая +++
Коробочки с бурыми семенами	"	"	"	Нет	Стимуляция ++++	Стимуляция ++++

+ Количество завязавшихся семян несколько ниже контроля.

++ Выживает примерно половина проростков.

+++ Выживают единичные проростки.

++++ Лучшая выполненность семян по сравнению с контролем.

Из приведенных выше данных видно, что разные стадии онтогенеза табака имеют различную чувствительность к гамма-лучам. Наиболее чувствительны стадии с максимальной физиологической активностью и функциями воспроизведения клеток (рассада), а наименее чувствительны стадии с покоящимися клетками (семена). Эта закономерность, обнаруженная Бергонье и Трибандо, известна еще с 1906 г. [2]. Знание степеней летальности гамма-лучей на разных стадиях онтогенеза позволит в дальнейшем применять облучение инициальных меристем с целью нахождения определенных спектров мутации в зависимости от этих стадий онтогенеза.

При облучении табака в разных стадиях онтогенеза, кроме описанных выше эффектов, наблюдаются также различные типы морфогенетических аномалий. Под этим подразумеваются отклонения от типичного морфогенеза (исключая типично доминантные мутации) в облученном поколении. Это относится преимущественно к мутациям отдельных клеток в меристемах семян, которые являются инициальными для определенных зон или секторов будущего растения, а также к нарушению вторичных стадий мутационного процесса, когда изменяются определенные ферментативные системы и системы РНК. Изменения такого типа в главных инициальных клетках приводят к появлению фенкопий.

Количество морфогенетических аномалий зависит как от дозы облучения, так и от стадии онтогенеза облученных растений.

У растений, выращенных из семян, в образовании которых приняла участие облученная пыльца, в наших опытах не наблюдалось никаких морфогенетических аномалий. В данном случае, видимо, все си-

стеми, имитирующие мутации, маскировались плазмой и ядерным аппаратом яйцеклетки.



Рис. 2. Морфогенетические аномалии у табака после облучения семян разными дозами гамма-лучей ^{60}Co : А, Б — без облучения, Г, Д, Е — морфогенетические аномалии

При облучении растущих растений (рассада) появляются специфические фенкопии. В нашем опыте при облучении рассады дозами 0,8—2,0 кр в обоих вариантах верхушечный рост растений прекращался на 4—5-й день, затем он возобновлялся и образовывался небольшой побег с удлинненными междоузлиями, уродливыми листьями и нарушенным чередованием листьев. Данные изменения были характерны для всех растений в M_1 , что можно объяснить идентичным нарушением морфогенетических систем этих растений.

При облучении семян морфозы появляются при дозах выше 5 кр. Нами выявлены следующие типы морфозов: 1. Секторные химеры (при дозе 10 кр). Большею частью это секторы редуцированных или уродливых листьев (рис. 2, Е). 2. Уродливые первичные листья с изменен-

ным отношением длины к ширине, характером жилкования (доза 10 кр) и другими аномалиями (рис. 2, Д). 3. Множественные органы, раздвоенные стебли (доза 7 кр), листья фасциации (рис. 2, Г). 4. Аномалии роста, обычно типичные фенокопии карликовости, реже гигантизма. 5. Аномалии цветения. Данный тип морфозов выражается в том, что иногда вместо соцветия появляется один цветок. В одном случае цветок появился вместо листа. Встречаются также другие типы аномалий.

Выводы

1. Найдены дозы гамма-лучей Co^{60} , вызывающие определенные физиологические эффекты: стимуляцию (для семян — дозы 2,5; 4,5 кр; для рассады — 0,2; 0,5 кр; для пыльцы — 1,5; 2,5 кр), угнетение (для семян — 20, 25 кр; для рассады — 1,7 и 2,0 кр; для пыльцы — 7 кр и выше), летальный (для семян — 50—60 кр; для точки роста рассады — 2 кр; для пыльцы — 10 кр).

2. Разные стадии онтогенеза табака имеют различную чувствительность к облучению гамма-лучами Co^{60} . Наиболее чувствительны стадии с максимальной физиологической активностью и функциями воспроизведения клеток (рассада), а наименее чувствительны стадии с покоящимися клетками (семена).

3. У растений, выращенных из семян, в образовании которых принимала участие облученная пыльца, не наблюдается морфогенетических аномалий.

Абхазская табачная опытная станция

(Поступило в редакцию 9.6.1967)

განებიცა და სელექცია

ა. თავდუმაძე, ვ. თოდუა

თამბაქოს რადიომუტაგენობის გამოწვევის Co^{60} მიმართ
 ონთოგენეზის სხვადასხვა საფეხურზე

რეზიუმე

დადგენილია გამა-დასხივების დოზები (Co^{60}), რაც იწვევს განსაზღვრულ ფიზიოლოგიურ ეფექტს: სტიმულაციას (თესლისათვის დოზა — 2,5; 4,5 კილორენტგენი (კრ), ჩითილისათვის—0,2; 0,5 კრ, ყვავილის მტვერისათვის—1,5; 2,5 კრ); დაკნინებას (თესლისათვის—2,0; 2,5; ჩითილისათვის—1,7; 2,0 კრ, ყვავილის მტვერისათვის—7 კრ და მეტი); ლეტალურს (თესლისათვის—50—60 კრ, ჩითილის ზრდის წერტილისათვის—2 კრ, ყვავილის მტვერისათვის—10 კრ). გამა-სხივების მიმართ ონთოგენეზის სხვადასხვა სტადია გამოირჩევა სხვადასხვა მგრძობიარობით.

დასოფიავალი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ш. Ауэрбах. Роль мутагенной специфичности... Генетика, I, 1966, 3—11.
2. Х. Фриц-Ниггли. Радиобиология, ее основы и достижения. М., 1961.



УДК 633.814.574:632.4+632.4:633.814.547(47.922)

ფიტოპათოლოგია

ა. მშავანაძე

კეთილშობილი დაფნის ავადმყოფობა—ფიტოფტოროზი
 საქართველოში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ყანჩაველმა 16. 10.1967)

საქართველოში კეთილშობილი დაფნის ნარგობათა გამოკვლევების შედეგად 1960—1964 წწ. ჩვენ მიერ კეთილშობილ დაფნაზე პირველად აღინიშნა ფესვის ყელის სიღამპლე (*Phytophthora cinnamomi* Rands.) და ფოთლებისა და ყლორტების ჭკობა (*Phytophthora* sp.).

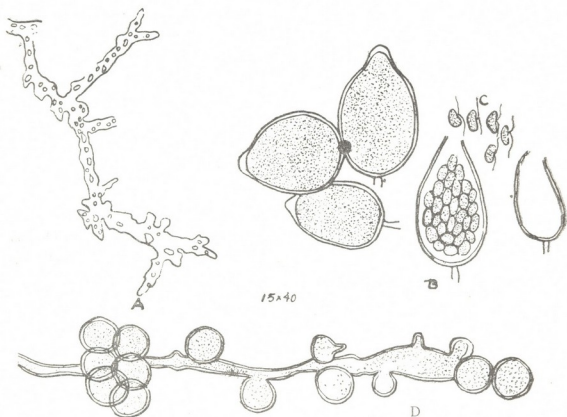
ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნა აღნიშნულ ავადმყოფობათა სიმპტომები, ავადმყოფობის გამომწვევი სოკოების ბიოლოგიური თავისებურებანი. მათი პათოგენობა და იდენტიფიკაცია. შრომაში მოცემულია მიღებული კვლევის შედეგები.

ფესვის ყელის სიღამპლე — *Phytophthora cinnamomi* Rands. აწვევს ბუჩქების ხმობას. ვლინდება ჭკობის სახით. დაავადებული მცენარის ფესვებზე და ფესვის ყელთან ქერქი მუქ მოშავო შეფერვას იღებს; დაავადებული ქსოვილები მთლიანად დაქსელილია ერთუჯრედიანი, ფიტოფტორისათვის დამახასიათებელი, მსხვილმარცვლოვანი შინაარსის მქონე, უფერული, დატოტილი მიცელიუმით, რაც ადვილად იყოფა ხელოვნურ სუბსტრატზე (ლუდ-აგარი) და წვიმის სტერილურ წყალში. ლუდ-აგარზე ვითარდება სუბსტრატის ზედაპირზე გართხმული თეთრი, სქელი აპკისებრი კოლონია, რასაც ზედაპირი დანაოქებული აქვს და დაფარულია თხელი ფიფქისებრი მიცელიუმით. ხნიერი კულტურა მოყვითალო შეფერვას იღებს.

ჰიფები არათანაბარი სისქისაა, უფერული, ერთუჯრედიანი, დატოტილი, მსხვილმარცვლოვანი შიგთავსით (სურ. 1, A). ხნოვანი ჰიფები ძლიერ ვაკუოლიზებულია, ალაგ-ალაგ თითქმის დაცარიელებული. ჰიფების ბოლოზე ვითარდება ბუშტულისებრი წარმონაქმნები („vesicles“), რაც ზოგჯერ ყურძნის მტევნებს მოგვაგონებს; თითოეული ბუშტულს ზომა 15,8—30 მიკრონს აღწევს (სურ 1, D). ამგვარი ბუშტულები დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება წვიმის სტერილურ წყალში მოთავსებულ მიცელიუმზე. როგორც ლიტერატურული მონაცემები გვიჩვენებს [1—4], „vesicles“ წარმოქმნა მხოლოდ ამ სახეობისათვისაა დამახასიათებელი.

დაავადებული ქსოვილების ან სოკოს სუფთა კულტურის სტერილურ წყალში გადატანის შემდეგ მიცელიუმზე ვითარდება ლიპონის ან ოვალური ფორ-

მის, სადა, თხელგარსიანი ზოოსპორანგიუმები მსხვილმარცვლოვანი შიგთავსით, კარგად გამოსახული ძუძუქით. ზოოსპორანგიუმების ზომა 40—58×20—32 მიკრონია (სურ. 1, B).



სურ. 1. სოკო *Ph. cinnamomi*: A—მიცელიუმი, B—ზოოსპორანგიუმები, C—ზოოსპორები, D—პიფეზზე განვითარებული „vesicles“

ზოოსპორანგიუმების შიგთავსი დასაწყისში ერთგვაროვანია, მარცვლოვანი. შემდეგში თანდათან ვითარდება ცალკეული ზოოსპორა. განვითარებული ზოოსპორები სწრაფად გამოდის ზოოსპორანგიუმის გახსნილი ყელიდან. ზოოსპორები მომრგვალოა, თირკმლისებრი, ზომით 7,5—11,5 მიკრ. (სურ. 1, C), ორი გვერდითი შოლტით, რითაც სწრაფად მოძრაობს. შემდეგ ჩერდება, წამწამები ძვრება და გადადის შესვენების პერიოდში, რის შემდეგ იწვეთარებს წინაზრდილს. ანთერედიუმების, ოვონიუმების და ოოსპორების განვითარება არ შეგვიძინდება.

რანდსი *Ph. cinnamomi*-ს დიავნოზში სქესობრივი ორგანოების აღწერას არ იძლევა; როგორც ჩანს, ხელოვნურ არეზეც მათი წარმოშობა იშვიათია. ტუკერის [1] მიხედვით *Ph. cinnamomi*-ს ოვონიუმები იშვიათად უვითარდება. კეთილშობილი დაფნიდან გამოყოფილი ფიტოფტორისათვის დამახასიათებელია შემდეგი ნიშნები: ლიმონის ან ოვალური ფორმის ზოოსპორანგიუმები კარგად გამოსახული ძუძუქით, მომრგვალო ან თირკმლისებრი ზოოსპორები. მიცელიუმზე აღინიშნება ბუშტულების („vesicles“) უხვად განვითარება. ოვონიუმები და ანთერედიუმები არ უვითარდება. პათოგენურია კარტოფილის ტუ-



ბერების, ვაშლის, პამიდორის და ბადრიჯანის ნაყოფებისადმი. ჩამოთვლილი მაჩვენებლებით აღნიშნული სოკო მივაკუთვნეთ *Phytophthora cinnamomi* Rands.

ეს სოკო ჩვენ მიერ აღნიშნა [5] სამტრედიის რაიონის სოფ. ეწრის კოლმეურნეობის დაფის პლანტაციებში, განსაკუთრებით იმ ნაკვეთებზე, სადაც გრუნტის წყლები მაღლა დგას. ავადმყოფობის განვითარებას ხელი შეუწყობთ ბილა ამინდებმა. დაფნაზე იგი აღნიშნა აგრეთვე პ. ქვარცხავამ [6].

ეს სოკო საქართველოს პირობებში ა. შიშკინას [3, 4] მიერ აღნიშნულია, როგორც კორპის მუხის მელნისებრი ავადმყოფობის და კაკლის აღმონაცუნების ფესვის ყელის სიღამპლის გამომწვევი. ლ. ყანჩაველი და ქ. გიკაშვილი აღნიშნავენ, როგორც ქინაქინის ნერგებისა და ნათესარების ფესვის ყელის სიღამპლის გამომწვევს.

დაფნის ფოთლებისა და ყლორტების ჭკნობა —

Phytophthora sp.

ავადდება ძლიერ მოზარდი, მოზვერა ყლორტები და ნორჩი ფოთლები. განსაკუთრებით ძლიერ ავადდება ხშირი ამონაყარი.

ახალგაზრდა ნაზ ფოთლებზე ვითარდება ერთეული, უსწორო ფორმის, წყალწყალა, მომწვანო ფერის ლაქები, რაც სწრაფად დიდდება განსაკუთრებით ტენიან და თბილ ამინდებში და ფოთლის დიდ ნაწილს იკავებს. საბოლოოდ ფოთლები მურა ფერს იღებს, მთლიანად შავდება და ჭკნება. ავადმყოფობა ხშირად ყუნწით ყლორტებზეც გადადის, სადაც ყუნწის მიმაგრების ადგილას გასწვრივი, ოდნავ ჩაზნექილი ლაქა ჩნდება და სწრაფად რკალავს მას. ლაქა იზრდება სიგრძეშიც, აღწევს ყლორტის წვერომდე. ყლორტის დაავადებული ნაწილი წვრილდება, იღუნება და ჭკნება (სურ. 2).

ავადმყოფობის გამოვლინება შეიძლება შეგვხვდეს წლის ყველა დროში ამინდის შესაფერის პირობებში, განსაკუთრებით დაჩრდილულ და დასარევიანებულ ნაკვეთებზე. ასეთ პირობებში მცენარეზე ხანგრძლივად ჩერდება წყლის წვეთები, ადვილად ხდება ინფექცია, რის შემდეგ იწყება ავადმყოფობის შემდგომი განვითარება.

ფიტოფტოროზი მკვეთრად ახშობს მცენარის განვითარებას, რადგან იწვევს ყლორტების ხშობას, თუმცა მთლიანად მცენარის დაღუპვა შედარებით იშვიათად ხდება.

დაავადებული ტოტის მიკროსკოპული ანალიზებით ირკვევა, რომ ქსოვილები მთლიანად დაქსელილია ფიტოფტორისათვის დამახასიათებელი მიცელიუმით. დაავადებული ქსოვილების გადატანისას ლულ-აგარის სუბსტრატზე სოკოს სუფთა კულტურა იყოფა ერთუჯრედიანი, უფერული, კარგად დატოტვილი, ჰეროვანი მიცელიუმის სახით (სურ. 3, A).

მიცელიუმში კარგად იყოფა დაავადებული ქსოვილების წვიმის სტერილურ წყალში მოთავსებითაც. ლულ-აგარზე სოკო სწრაფად იზრდება, პირველად ვითარდება სუბსტრატის ზედაპირზე მჭიდრო აპკის სახით, რაც შემდეგში თეთრი, ჰეროვანი მიცელიუმით იფარება. ჰიფები უფერულია, ერთუჯრედიანი. ცხიმის წვეთებს შეიცავს დიდი რაოდენობით. ხნოვანი ჰიფები თითქმის

მთლიანად ვაკუოლიზებულია. ზოოსპორანგიუმები უმთავრესად მსხლისებრია, აშვითად ოვალური, ზომით $50-60 \times 28-35$ მიკრონი (სურ. 3, B), კარგად გამოსახული ძუძუკით. ზოოსპორანგიუმები დიდი რაოდენობით ვითარდება აგრეთვე წყლის კულტურაშიც.

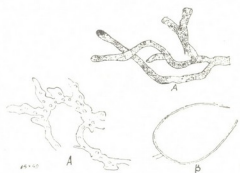


სურ. 2. *Phytophthora* sp.-ით
 გამზარი დაფნის ყლორტები
 და ფოთლები

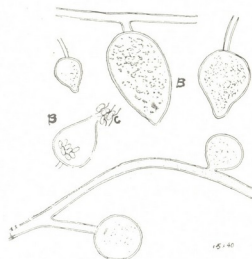
ზოოსპორები (სურ. 3, C) ზომით $6,5 \times 10,5$ მიკრონი; მრგვალია, ოდნავ მოხრილი, ორი წამწამით, თავისუფლად გამოდის ზოოსპორანგიუმის გახსნილი ყელიდან. ოგონიუმებისა და ანთერედიუმების შექმნა არ შეგვიძინევი, თუმცა პ. ქვარცხავა მათ შექმნას აღნიშნავს. „vesicles“ არ განვითარებულა. პ. ქვარცხავას სოკო გარკვეული აქვს როგორც *Phytophthora citrophthora* (St. et St.) Leonian. [7].

ჩვენი მონაცემები არ ეთანხმება პ. ქვარცხავას მონაცემებს *Ph. citrophthora*-სათვის. ვფიქრობთ, რომ დაფნის ფოთლებისა და ყლორტების ჭკნობის გამომწვევი მოითხოვს შემდგომ დაზუსტებას.

დაფნის ყლორტების ხელოვნური დასენიანების შედეგად ავადმყოფობის ტიპური სურათი 15 დღის შემდეგ მივიღეთ.



სურ. 3. *Phytophthora* sp. A—მიცელიუმი, B—
ზოოსპორანგიუმები, C—ზოოსპორები



დაფნის ფოთლებისა და ყლორტების ქცობა (*Phytophthora* sp.) პირველად აღნიშნეთ 1963 წლის ივნისში [6]. იგი ძლიერი გავრცელებით ხასიათდებოდა დასავლეთ საქართველოს რაიონებში (წალენჯიხა, გაგრა, ცხაკაია, ზუგდიდი), რასაც ხელი შეუწყო თბილმა და ტენიანმა ამინდებმა. ეს დაავადება პ. ქვარცხავას აღნიშნული აქვს ქობულეთის რაიონის ს. მუხაესტატში. საქართველოს მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტი

(რედაქციის მოუვილა 16. 10. 1967)

ФИТОПАТОЛОГИЯ

А. В. МЖАВАНАДЗЕ

ФИТОФТОРОЗЫ БЛАГОРОДНОГО ЛАВРА В ГРУЗИИ

Резюме

В результате обследований плантаций благородного лавра в 1960—1964 гг. в Западной Грузии на лавре нами впервые были обнаружены фитофторозы: гниль корневой шейки — *Phytophthora cinnamomi* Rands. и усыхание листьев и побегов лавра—*Phytophthora* sp.

Гниль корневой шейки— *Phytophthora cinnamomi* Rands. вызывает усыхание кустов. Кора на главном корне и у корневой шейки приобретает темную окраску. Потемнение постепенно охватывает древесину, корневая шейка полностью чернеет, ткани умирают и растение увядает.

Из пораженных тканей выделена культура фитотфтора. В чистых культурах развиваются овальные или лимоновидные зооспорангии, сопочком, размером $40-58 \times 20-32$ мк. Зооспоры округлые или почковидные, с двумя жгутиками, размером $7,5-11,5$ мк. На гифах развиваются пузырьвидные выросты („vesicles“). Оогонии антеридии не наблюдались.

Усыхание листьев и побегов — *Phytophthora* sp. Болезнь обычно проявляется на молодых, быстрорастущих жировых побегах и на молодых листьях. На листьях образуются сначала единичные, округлые, зеленоватые пятна, которые быстро увеличиваются и захватывают большую часть листовой пластинки. Пораженные листья буреют и засыхают. Пятна переходят на побег и вызывают отмирание верхушки.

Из пораженных тканей выделена чистая культура фитотфтора. В чистых культурах образуются грушевидные или изредка овальные зооспорангии, с ясно выраженным сопочком, размером $50-60 \times 28-35$ мк. Зооспоры округлые, слегка изогнутые, с двумя жгутиками, размером $6,5-10,5$ мк. Оогонии и антеридии не наблюдались; не наблюдались также пузырьвидные выросты. При искусственном заражении побегов лавра заболела проявляясь на 15-й день после инокуляции.

დადამყვანად აღნიშნული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. C. M. Tucker. Taxonomy of the Phytophthora de Bary. Missouri Agric. Exp. Res. Bull., 1931.
2. L. B. Leonian. Indetification of Phytophthora species. Agr. Exp. st. Coll. Agr. West. Virginia University, Morgantown, 1934.
3. ა. შიშკინა. კორპის მუხის (*Quercus suber* L.) მელნისებრი ავადმყოფობის ეთიოლოგია. საქართველოს სსრ მეცნარეთა დაცვის ინსტიტუტის შრომები, IV, თბილისი, 1948.
4. ა. შიშკინა. კაკლის აღმონაცენის ავადმყოფობა—ფიტოფტოროზი საქართველოში. საქართველოს სსრ მეცნარეთა დაცვის ინსტიტუტის შრომები, V, თბილისი, 1949.
5. ა. მეჯვანაძე. კეთილშობილი დაფნის ავადმყოფობანი საქართველოში. საქართველოს სსრ მეცნარეთა დაცვის ინსტიტუტის შრომები, XV, თბილისი, 1963.
6. ჰ. ქვარცხავა. დაფნის ფესვებისა და ფესვის ყელის ავადმყოფობანი. სუბტროპიკული კულტურები, № 1, 1964.
7. ჰ. ქვარცხავა. დაფნის ფიტოფტოროზი. სუბტროპიკული კულტურები, № 2, 1965.

И. Д. ЦЕРЕТЕЛИ

РОД *OECOTRAUSTES* В СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮГО-ОСЕТИИ И ЕГО ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

(Представлено академиком Л. Ш. Давиташвили 2.10.1967)

Представители семейства *Oppeliidae* имеют важное значение для геохронологии юрских отложений, особенно те роды, которые характеризуются сравнительно узким вертикальным распространением. Одним из таких родов является *Oecotraustes*, который установлен около ста лет назад В. Ваагеном [1], но монографически изучен только за последние годы болгарским палеонтологом Ю. Стефановым [2].

На территории Советского Союза представители указанного рода встречаются очень редко. До настоящего времени описаны лишь следующие формы: *Oecotraustes (Paroecotraustes) cf. subfuscus* Waagen из верхнебатских отложений Большого Балхана [3]; *Oecotraustes (Oecotraustes) genicularis* Waagen из нижнего бата Дагестана [4]; *Oecotraustes (Paroecotraustes) densicostatus* Lissajous из бата Азербайджана [2] и *Oecotraustes (Paroecotraustes) maubeugei* Stephanov из Грузии [2].

Следует отметить также работу Д. П. Стремоухова [5], который указывает на присутствие *Oecotraustes (Paroecotraustes) serrigerus* Waagen в верхнебатских отложениях Крыма.

В Юго-Осетии в разрезе юрских отложений у с. Цона нами были собраны аммониты, из которых 15 принадлежали роду *Oecotraustes*. Были определены следующие виды: *Oecotraustes (Oecotraustes) bradleyi* Arkell, *Oecotraustes (Oecotraustes) aff. bradleyi* Arkell, *Oecotraustes (Paroecotraustes) ziegleri* Stephanov, *Oecotraustes (Paroecotraustes) densicostatus* Lissajous, *Oecotraustes (Paroecotraustes) maubeugei* Stephanov, *Oecotraustes (Paroecotraustes) serrigerus* Waagen, *Oecotraustes (Paroecotraustes) sp. nov.*

Из перечисленных форм *Oecotraustes (Oecotraustes) bradleyi* Arkell был найден в Англии в нижнем бате [6], а в Сицилии в верхнем и нижнем бате. *Oecotraustes (Paroecotraustes) ziegleri* Stephanov часто встречается в среднебатских отложениях Болгарии [2]. В Азербайджане этот вид встречается в верхнебатских слоях Нагорного Карабаха [2]. *Oecotraustes (Paroecotraustes) densicostatus* Lissajous был описан М. Лиссажу [7] из верхнебатских отложений Франции. *Oecotraustes (Paroecotraustes) maubeugei* Stephanov - характерная форма батских отложений Англии, Франции и Болгарии, встречается от зоны *Subcontractus* до зоны *Aspidoides*. *Oecotraustes*

(*Paroecotraustes*) *serrigerus* Waagen описан из верхнебатских отложений Англии, Польши, Болгарии и Крыма.

Таким образом, все определенные нами формы являются характерными ископаемыми для верхнебатских отложений Европы и не выходят за их пределы.

Весь этот комплекс аммонитов был найден в разрезе глинисто-песчанистых отложений с. Цона. К западу от этого местонахождения фашиально аналогичные слои прослеживаются вдоль хребта Вал-Хох, но фауны в них значительно меньше. То же можно сказать об отложениях, развитых восточнее.

Содержащие фауну слои представлены чередованием глинистых песчаников и глинистых сланцев с конкрециями. Окислы железа придают всей этой толще желтовато-коричневый цвет. Кроме фауны, эти отложения содержат растительные остатки. Кливаж и оползневые явления несколько затрудняют точное определение мощности осадков. По нашим наблюдениям, а также по данным других геологов, в цонском разрезе мощность глинисто-песчанистых отложений достигает 40 м, а на других участках Вал-Хохского хребта варьирует от 30 до 50 м. Фауна содержалась как в глинистых песчаниках и сланцах, так и в конкрециях. Извлеченные из них аммониты большей частью хорошей сохранности. Часто при раскалывании конкреции ранние обороты раковины аммонитов разрушались и неповрежденной оставалась лишь жилая камера. В таких случаях пустоты конкреции вместе с уцелевшими частями аммонита мы заполняли гипсовым раствором и получали формы, соответствующие внутренним ядрам раковины. Эти слепки дают полное представление о форме аммонита и легко поддаются определениям.

Аммониты несравненно худшей сохранности собраны из глинисто-песчанистой толщи. Здесь раковины замещены в основном материнской породой, сильно выветрены и при препаровке легко разрушаются. Лучше извлекаются те аммониты, которые отличаются от *Oecotraustes* более толстой раковинной, грубой скульптурой и вздутой формой. Таковы, например, представители родов *Cadomites*, *Perisphinctes* и даже *Partshiceras*.

Скопление большого количества остатков раковин аммонитов и конкреций в глинисто-песчанистой толще указывает на своеобразные бионимические условия существовавшего здесь участка юрского бассейна. Тот факт, что конкреции и глинисто-песчанистые слои содержат одну и ту же фауну, говорит о сингенетичном происхождении этих образований. По данным Д. В. Наливкина [8], «в образовании сингенетичных конкреций основную роль играют процессы стяжения частиц вещества конкреции около определенного центра. Передвижение частиц происходит в полужидком или жидком илу». Сказанное позво-

ляет думать, что представители изученных нами родов аммонитов обитали в неглубоком, спокойном бассейне с илистым дном.

Большинство исследователей придерживается мнения, что аммониты были хорошо плававшими моллюсками и свободно передвигались из одного участка моря в другой, поэтому место их захоронения не всегда соответствует месту из обитания. Что касается Цонского бассейна, то здесь, по-видимому, аммониты не подвергались длительному переносу и захоронялись недалеко от места своего обитания. На это указывает сохранность моллюсков и характер их захоронения—расположение в породе без всякой ориентации, наличие у большинства экземпляров тонкой скульптуры и жилой камеры с приустьевыми образованиями (ушками) продолговатой формы.

Интересные сведения о характере бассейна можно получить также на основе анализа условий обитания двустворок, представители которых были встречены в глинисто-песчанистой толще вместе с аммонитами. Из двустворок нами были определены следующие виды: *Oxytoma aff. münsteri* (Bronn), *Pinna cf. cuneata* Phillips, *Posidonia buchi* Roemer, *Syncyclonema demissum* (Phillips), *Syncyclonema cingulatum* (Goldfuss), *Chlamys* sp. ind., *Lima cf. cardioformis* Sowerby, *Ctenostreon pectiniforme* Schlotheim, *Modiola aff. lonsdalei* (Morris et Lycett), *Pholadomya murchisoni* Sowerby, *Goniomya* sp. ind., *Pleuromya* sp. ind.

В данном случае перечисленные формы не могут быть использованы для уточнения возраста содержащих их слоев ввиду широкого вертикального распространения от байоса до келловей включительно. Большинство родов, к которым относятся определенные нами виды двустворок, живут и в современных морях и океанах, поэтому экология этих родов даст нам возможность с некоторой приближенностью восстановить условия обитания батских моллюсков.

По данным К. Г. Татишвили [9], в настоящее время пинны обитают во всех морях нормальной солености жарких и умеренных широт, на мягких грунтах, тонко песчанистых и несколько глинистых. Пинны живут обычно на небольших глубинах и предпочитают участки, где слабо влияние прибоя и течений. Почти в таких же условиях обитают и представители родов *Chlamys*, *Lima*, *Pholadomya* и *Pecten*.

Из этого можно заключить, что цонский участок эпиконтинентального батского моря был неглубоким, несколько удаленным от берега, хорошо аэрируемым бассейном с илистым дном. Этот бассейн имел связь с открытым морем.

Таким образом, присутствие в юрских отложениях с. Цона большого количества раковин *Oecotraustes*—типичного среднеюрского рода—подтверждает высказанное нами [10] ранее предположение о наличии батских слоев в этом районе. Богатый видовой состав найденного в них

комплекса фауны указывает на то, что накопление их происходило в спокойной и несколько удаленной от берега полосе батского моря со своеобразными экологическими и биомическими условиями, благоприятствовавшими процветанию рода *Oecotraustes*.

Академия наук Грузинской ССР

Институт палеобиологии

(Поступило в редакцию 2.10.1967)

პალეობიოლოგია

ი. წამათელი

გვარი *OECOTRAUSTES* სამხრეთ ოსეთის უზაიურულ ნალექებიდან
 და მისი გეოქრონოლოგიური მნიშვნელობა

რეზიუმე

სამხრეთ ოსეთში, სოფ. წონის იურული ნალექების კრილში, თიხიან-ქვიშიან წყებაში მოპოვებული ამონიტებიდან 15 ფორმა მიეკუთვნა გვარ *Oecotraustes*-ს. ყველა განსაზღვრული ფორმა დამახასიათებელია ევროპის ზედაბათური ნალექებისათვის და მის ფარგლებს არ სცილდება. თიხიან-ქვიშიან წყებაში გვარ *Oecotraustes* წარმომადგენლების დიდი რაოდენობით არსებობა ადასტურებს ჩვენ მიერ აღრე გამოთქმულ მოსაზრებას სოფ. წონის მიდამოებში ბათური შრეების არსებობის შესახებ.

მოლუსკური კომპლექსის სახეთა სიუხვისა და ნალექთა ხასიათის მიხედვით დადგინდა, რომ წონის აუზში სედიმენტაცია მიმდინარეობდა წყნარ, რამდენაღმე ნაპირიდან მოშორებულ ბათური ზღვის ზოლში, სადაც თავისებური ეკოლოგიური და ბიონომიური პირობები ხელს უწყობდნენ გვარ *Oecotraustes* აყვავებას.

დასოფიბაზული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. W. Waagen. Die Formenreihe des *Ammonites sudradiatus*, in Benecke: Geogn.—Palaeont. Beitr., vol. II, Heft 2, pls. XVI—XX, 1869, 181—256.
2. J. Stephanov. The middle Jurassic Ammonite genus *Oecotraustes* Waagen. Трудове върху геологията на България. Серия палеонтология, книга VIII, 1966.
3. Л. В. Сибириакова. Среднеюрская фауна моллюсков Большого Балхана и ее стратиграфическое значение. Труды ВСЕГЕИ, новая серия, вып. 5, 1961.
4. Г. Я. Крымгольц и Е. С. Станкевич. О некоторых батских аммонитах Дагестана. Труды Геологического музея им. Карпинского, вып. XIV—2, 1963.
5. Д. П. Стремоухов. О юрских сланцах Коктебеля. Матер. позн. геолог. строен: Российской Имп., вып. IV, 1913.
6. W. Arkell. A monograph of the English Bathonian ammonites, part II, 1951.
7. M. Lissajous. Etude sur la faune du Bathonien des environs de Mâcon. Trav. Lab. Géol. Univ. Lyon, fasc. III, mém. 3, 1923.
8. Д. В. Наливкин. Учение о фациях, т. I, 1956.
9. К. Г. Татишвили. Род *Pinna* в книге Л. Д. Давиташвили и Р. Л. Мерклиня (ред.). «Справочник по экологии морских моллюсков», 1966.
10. И. Д. Церетели. К вопросу о батских отложениях разреза с. Цона. Сообщения АН ГССР, XL:3, 1965.



УДК 631.816:635:[631.411.9

МИКРОБИОЛОГИЯ

М. П. ЖГЕНТИ

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ
 В ОВОЩНОМ СЕВООБОРОТЕ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ
 АКТИВНОСТЬ СЕРО-КОРИЧНЕВОЙ ПОЧВЫ

(Представлено академиком М. Н. Сабашвили 5.11.1967)

По данным ряда авторов [1—4], окультуривание почвы, в частности внесение органических и минеральных удобрений, сильно сказывается на составе и активности почвенной микрофлоры. Согласно Е. Н. Мишустину [2], под влиянием удобрений усиливаются микробиологические процессы, в особенности процессы распада вносимых в почву белковых веществ, а также процессы азотфиксации и нитрификации.

Нами изучалось влияние систематического применения удобрений в овощном севообороте на микробиологическую активность серо-коричневой поливной почвы.

Работа выполнялась в Институте почвоведения, агрохимии и мелиорации ГССР. Для микробиологических исследований были использованы полевые опыты отдела агрохимии института, заложенные в пригородной зоне Тбилиси — Крцаниси в 1960 г. на экспериментальной базе института.

Методика

Микробиологические исследования проводились в 1961 — 1964 гг. Образцы почвы брались с одного варианта (без удобрения) и с трех различноудобренных вариантов полевого опыта, схема которого приводится ниже. Микробиологические анализы проводились 3 раза в году — весной, летом и осенью.

Учитывалось общее количество микроорганизмов, количество азотобактера, нитрификаторов, целлюлозоразрушающих микроорганизмов, актиномицетов и грибов. Определялась также биологическая активность почвы по степени распада льняной ткани, заложенной в почву [5]. Для этого стеклянные пластинки размером 10×50 см обтягивались отстиранной льняной тканью и вставлялись в почву вертикально, так, чтобы ткань плотно прилегала к ровной вертикальной стенке почвенного разреза, на глубину 50 см. После этого разрез заполнялся почвой.

Стеклоянные пластинки были вынуты через 2 недели после закладки. Степень распада ткани определялась по заметному на глаз разрушению полосок ткани. Проверялась также степень адсорбции тканью из почвы веществ, дающих положительную реакцию с нингидрином и бромфенолсиним (индикаторы на аминокислоты и белки).

Схема полевого опыта (культуры и удобрения по годам)

Варианты опыта	1961 г.	1962 г.	1963 г.
	Без удобрения	Без удобрения	Без удобрения
2	$P_{60}K_{60}$ взброс под весеннюю культивацию, N_{20} при посадке взброс, N_{20} в подкормку под помидоры	$P_{60}K_{60}$ перед запашкой корневых остатков скошенной вики, N_{60} взброс, N_{20} при посеве огурцов, N_{60} при посеве лука взброс	$P_{90}K_{60}$ перед вспашкой, N_{60} перед предпосевной культивацией
3	$P_{60}K_{60}$ взброс под весеннюю культивацию, N_{60} при посадке взброс, N_{20} в подкормку под помидоры	$P_{90}K_{60}$ перед запашкой корневых остатков скошенной вики, N_{20} взброс, N_{60} при посеве огурцов, N_{20} при посеве лука взброс	$P_{120}K_{60}$ перед вспашкой, N_{60} перед предпосевной культивацией
4	Навоз 40 т/га под вспашку, $P_{20}K_{20}N_{20}$ при посадке в борозды, N_{20} в подкормку под помидоры	Запашка вики целиком (16 т/га), $P_{20}N_{20}K_{20}$ после посева огурцов, N_{20} местно в лунки, N_{60} при посеве лука взброс	$P_{120}K_{60}$ перед вспашкой, N_{60} перед предпосевной культивацией

Примечание: 1. Приводятся только те варианты опыта, которые использовались для микробиологических анализов.

2. Формы удобрений: N—аммиачная селитра, P_2O_5 —простой порошковидный суперфосфат, K_2O —хлористый калий.

Результаты исследований

Как видно из табл. 1, внесение суперфосфата и калийных удобрений увеличивало общее количество бактерий, при этом оно увеличивалось с повышением доз суперфосфата. Навоз, внесенный за 17 дней до анализа, оказал слабое влияние на общее количество бактерий.

Разные группы микроорганизмов по-разному реагировали на удобрения. Например, $P_{90} K_{60}$ сильно стимулировал развитие целлюлозоразрушающих микроорганизмов, на азотобактер же удобрения не влияли, нитрификаторы на минеральные удобрения не реагировали, но навоз в дозе 40 т/га сильно стимулировал их развитие, количество актиномицетов и грибов было больше всего на варианте с навозом (табл. 2). Внесение азота способствовало повышению общего числа бактерий в фазу цветения помидоров (табл. 1). Общее количество микроорганизмов:

увеличилось больше всего в четвертом варианте опыта, в котором минеральные удобрения вносились на фоне навоза. Бактерии, разлагающие фосфорорганические соединения, обнаружены только в этом варианте опыта.

Таблица 1

Общее количество и групповой состав микроорганизмов (на 1 г сухой почвы)

Сроки анализа	Варианты опыта	Общее количество микроорганизмов $1 \cdot 10^6$			Количество азотобактера $1 \cdot 10^5$			Количество нитрификаторов $1 \cdot 10^5$			Количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов $1 \cdot 10^5$		
		1961 г.	1962 г.	1963 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.
		Весна	1	30	52	16	92	1210	812	1	1	1	370
	2	44	68	58	99	1490	851	1	100	10	240	160	164
	3	83	67	75	90	1580	1060	1	100	100	1780	160	137
	4	35	73	24	85	1600	1283	10	10	1	574	450	123
Лето	1	23	35	112	100	1250	1620	10	0,1	1	470	260	56
	2	80	31	136	100	1270	1580	10	1	1	640	800	479
	3	94	95	249	100	1510	1420	10	1	1	280	240	166
	4	195	137	105	100	1190	1990	10	1	10	1210	320	242
Осень	1	17	42	12	900	2170	930	1	0,1	1	120	140	262
	2	37	63	19	955	1310	1180	10	1	10	610	50	116
	3	28	126	16	1580	1510	1040	10	10	1	126	120	162
	4	50	269	19	2230	2890	1370	100	10	10	375	100	66

Таблица 2

Количество актиномицетов и грибов (на 1 г сухой почвы) на среде Чапека

Сроки анализа	Варианты опыта	Количество актиномицетов $1 \cdot 10^5$			Количество грибов $1 \cdot 10^5$		
		1961 г.	1962 г.	1963 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.
Весна	1	1604	2200	3120	987	580	120
	2	1829	1400	3700	487	110	490
	3	1309	5200	11750	1780	110	1000
	4	2528	5500	3200	1830	0	490
Лето	1	4750	2300	1000	240	120	570
	2	3740	2200	1400	240	480	350
	3	2350	2800	110	110	120	110
	4	3170	1300	1040	360	0	230
Осень	1	1200	2300	1120	1400	140	0
	2	3800	4800	4460	490	120	230
	3	2700	2600	1740	2900	0	340
	4	3300	3400	2890	2700	120	120

13 сентября 1961 г. на всех вариантах, кроме контрольного, посеяли вику. Микробиологический анализ, произведенный 20 ноября 1961 г., показал, что действие удобрений, внесенных под помидоры, все еще про-

должалось. Однако общее количество микроорганизмов и количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов осенью уменьшилось. По количеству азотобактера и нитрификаторов варианты опыта в осенний срок анализа отличались друг от друга больше, чем в весенний и летний сроки. Максимальное их количество было обнаружено на четвертом варианте. Это можно объяснить тем, что удобрения на эти группы микроорганизмов действуют не сразу, а после определенного времени.

Влияние внесенных удобрений сказывалось также зимой, но весной следующего года действие внесенных ранее удобрений на микробиологические процессы, за исключением нитрификации, ослабло.

Повторное внесение минеральных удобрений ($P_{90} K_{60} N_{60}$) увеличивало общее количество микроорганизмов (табл. 1), но еще сильнее действовала заправка зеленого удобрения в сочетании с минеральными удобрениями (четвертый вариант). Азотобактер и в этих условиях не реагировал на внесение удобрений. Количество нитрификаторов увеличивалось одинаково на всех удобренных вариантах. Из данных по нитрификации за 1962 г. можно заключить, что нитрификаторы отзываются на удобрения и тем сильнее, чем больше времени прошло после их внесения (в пределах, конечно, 1 года). Количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов и грибов также сильно увеличивалось после повторного внесения $P_{60} K_{60} N_{30}$.



Рис. 1. а—Контроль (без удобрения); б—навоз+минеральные удобрения

Осенью 1962 г. внесение удобрений повлияло на общее количество микроорганизмов и количество нитрификаторов.

Микробиологические анализы 1963 г., произведенные после вспашки участка и внесения удобрений, показали, что применение минеральных удобрений стимулирует микробиологические процессы, в результате чего возрастает общее количество микроорганизмов, количество азотобактера, нитрификаторов и целлюлозоразрушающих микроорганизмов, но уже спустя 2 месяца после внесения минеральных удобрений их влияние на микроорганизмы ослабевает.

Данные о биологической активности почвы, судя по степени распада заложенной в почву льняной ткани, показали различия между отдельными вариантами опыта. Наибольшая активность обнаружена в почве, удобренной навозом и минеральными удобрениями (рис. 1, б). Реакция же с бромфенолсиним и нингидрином не обнаружила разницы между вариантами.

Выводы

1. При внесении минеральных и органических удобрений наблюдается повышение биологической активности почвы. Характер влияния удобрений зависит как от вида удобрений, так и от группы микроорганизмов: общее количество микроорганизмов и количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов повышается сразу после внесения минеральных удобрений, а нитрификаторы, актиномицеты и грибы реагируют на минеральные удобрения не сразу, но сильно реагируют на внесение навоза. На азотобактер, за редким исключением, удобрения не влияют.

2. Влияние удобрений на микробиологические процессы продолжается в течение целого года, даже зимой. Действие минеральных удобрений на нитрификацию проявляется позднее и сильнее выражено весной следующего года.

Академия наук Грузинской ССР

Институт ботаники

(Поступило в редакцию 5.11.1967)

მიკრობიოლოგია

ა. შაბუნი

გობტნეულის თესლბრუნვაში სასუქების სისტემატური შეტანის გავლენა რუხ-ყავისფერ ნიადაგის მიკრობიოლოგიურ აქტივობაზე

რეზიუმე

თბილისის საგარეუბნო ზონის კრწანისის რუხ-ყავისფერ სარწყავ ნიადაგზე შესწავლილ იქნა მინერალური სასუქების: აზოტიანი, ფოსფორიანი, კალი-
 15. „მოამბე“, ტ. XLIX, № 1, 1968

უმიანი და ორგანული—ნაკელისა და მწვანე სასუქის სისტემატური შეტანის გავლენა მიკროორგანიზმების საერთო ოაოდენობასა და აზოტობაქტერის, ნიტრიფიკატორების, ცელულოზის დამშლელი მიკროორგანიზმების, სოკოებისა და აქტინომიცეტების რაოდენობაზე ნიადაგში. ისაზღვრებოდა ხიადაგის ბიოლოგიური აქტივობა ნიადაგში სელის ქსოვილის ჩამარხვის მეთოდით.

3 წლის მონაცემებით დადასტურდა, რომ მინერალური და ორგანული სასუქების შეტანისას შეიმჩნევა ნიადაგის ბიოლოგიური აქტივობის გადიდება. სასუქების გავლენა დამოკიდებულია როგორც სასუქის სახეზე, ისე მიკროორგანიზმების თავისებურებებზე. მიკროორგანიზმთა საერთო რაოდენობა, მათ შორის ცელულოზის დამშლელი მიკროორგანიზმები, მინერალური სასუქით განოყიერებულ ნიადაგში სწრაფად იზრდება. ნიტრიფიკატორების, აქტინომიცეტებისა და სოკოების რაოდენობა თითქმის არ იცვლება, მაგრამ მათზე ძლიერ მოქმედებს ნაკელის შეტანა. აზოტობაქტერზე, მცირე ვაჰონაკლისის გარდა, სასუქი არ მოქმედებს. სასუქების გავლენა მიკრობიოლოგიურ პროცესებზე გრძელდება მთელი წლის განმავლობაში (ზამთარშიც კი). ნიტრიფიკაციის პროცესზე მინერალური სასუქების გავლენა მყვანდება მოგვიანებით და უფრო ძლიერადაა გამოხატული მომდევნო წლის გაზაფხულზე.

დასოფიავული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. S. Waksman. Principles of soil microbiology, 1927.
2. Е. Н. Мишустин, В. Н. Прокошев. Изменение состава почвенной микрофлоры в результате длительного применения удобрений. Микробиология, т. XVIII, вып. I, 1949.
3. Г. С. Саникидзе. О влиянии удобрений на микробиологические процессы в почве плантации благородного лавра. Микробиология, т. XXXIII, вып. I, 1964.
4. Г. Н. Беляев. Влияние длительного применения удобрений на микрофлору дерново-подзолистой связно-песчаной почвы. Микробиология, т. XXVII, вып. 4, 1958.
5. И. С. Востров, А. Н. Петров. Определение биологической активности почвы различными методами. Микробиология, т. XXX, вып. 4, 1961.



УДК 632.768(47.922)

ЭНТОМОЛОГИЯ

Д. Н. КОБАХИДЗЕ Б. В. МУРУСИДЗЕ, Т. Г. НИЖАРАДЗЕ, Т. Ш. ИМНАДЗЕ,
 Т. Д. КОБАХИДЗЕ

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПОСЕЛЕНИЯ *DENDROCTONUS MICANS* KUGEL.
 В РАЗЛИЧНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЗОНАХ АРЕАЛА
PICEA ORIENTALIS (L.) LINK. В ГРУЗИИ

(Представлено академиком Л. А. Канчавели 14.9.1967)

Уже 10 лет, как обнаружен самый агрессивный в настоящее время вредитель *Picea orientalis* (L.) Link. в Грузии—*Dendroctonus micans* Kugel. В результате беспрепятственного нарастания численности вредителя, ввиду его большой репродукционной способности, сравнительно сжатых сроков онтогенеза и отсутствия эффективных естественных врагов, насекомое уже давно находится в состоянии незатухающей градации [1]. В настоящее время постепенно и довольно рельефно вырисовывается специфичность конфигурации общего ареала и зоны основной вредоносности *D. micans*, занявшего почти весь ареал основного пищевого растения—*P. orientalis* в пределах его вертикальной зональности, что показано нашими исследованиями как в Восточной (Бакурианский, Боржомский, Хашурский лесхозы), так и в Западной Грузии (Онский, Амбролаурский, Цагерский лесхозы).

Некоторые экологические параметры

а) *P. orientalis*—кавказский эндемик, типичная горная порода. Оптимальные условия произрастания находятся на высоте от 1300 (в Восточной Грузии от 1500) до 1750—1800 м н. у. м., хотя обитает как ниже (по тенистым, влажным ущельям до 400—200 м н. у. м.), так и выше (до 2300 м н. у. м.). В Восточной Грузии растет в виде чистых древостоев или с сосной, буком и др., а в Западной Грузии—совместно с пихтой, буком и др. Влаголюбив, тенелюбив. Высота ствола достигает 45—50 м и более, при диаметре до 1,5 м. Живет до 400—500 лет и более [2].

б) *D. micans* евразийский представитель рода *Dendroctonus* в адвентивной энтомофауне Грузии, гигрофил; олигофаг; типичен семейный онтогенез; имеет годичную генерацию; характерна высокая плодовитость (до 250 яиц

на одну самку). В годы градации проявляет черты как первичного, так и вторичного стволового вредителя *P. orientalis*. Поселяется главным образом в нижней части ствола (оголенные корни, корневая шейка и ствол до высоты 1 м), хотя максимальная высота поселения на стволе определяется в 30 м. Встречается в любых орографических условиях, частоты и билигета ельников [1].

Фактические материалы наших полевых исследований даны в таблице.

Высота н. у. м., м	Количество паспортизированных деревьев	И з н и х				Примечание
		не заселено большим еловым лубоедом		заселено большим еловым лубоедом		
		Кол-во	%	Кол-во	%	
а) Восточная Грузия						Учеты проведены в Бакурианском, Боржомском и Хашурском лесхозах в 1966г.
700—1000	1040	525	50,4	515	49,6	
1000—1500	556	294	52,9	262	47,1	
1500—2000	424	248	58,5	177	41,5	
Всего по Восточной Грузии	2020	1066	52,8	954	47,2	
б) Западная Грузия						Учеты проведены в Онском, Амбролаурском и Цагерском лесхозах в 1967 г.
600—1000	800	424	53,0	376	47,0	
1000—1500	500	440	88,0	60	12,0	
1500—2000	100	92	92,0	8	8,0	
Всего по Западной Грузии	1400	956	68,3	444	31,7	
Всего по Грузии	3420	2022	59,2	1398	40,8	

Таким образом, в обеих частях Грузии по суммарным индексам получается закономерно повторяющееся возрастание интенсивности поселения *P. orientalis* его вредителем—*D. micans*, т. е. с увеличением высоты н. у. м. интенсивность поселения уменьшается, что скоррелировано с вертикальной зональностью *P. orientalis*, так как *P. orientalis* в Грузии произрастает в неравноценных экологических условиях—в зоне несимального существования (ниже 1300—1000 м н. у. м.) заселяется интенсивнее, чем в зоне оптимального существования (выше 1300—1500 м н. у. м.) в пределах всего своего вертикального ареала.

Вместе с этим следует указать, что по отдельным лесничествам имеются исключения; например, в Бакурианском ботаническом саду (Восточная Грузия, 1700 м н. у. м.) интенсивность поселения ельников (70,0%) больше, чем в Боржомском заповеднике (квартал № 45, 900 м н. у. м.); в Хариствальском лесничестве (Западная Грузия, 1700 м н. у. м.) интенсивность поселения ельников больше (8%), чем в Чиорском лесничестве (1150 м н. у. м.), где вовсе не находили поселенных *D. micans* деревьев. В данном случае, по всей вероятности, имеет значение история проникновения вредителя. Доказательством этому может послужить хотя бы общий показатель заселенности деревьев: если в Боржомском ущелье (Восточная Грузия), где *D. micans* был обнаружен раньше, интенсивность поселения ельников дошла до 47,2% (1966 г.), то в Рача-Лечхуми (Западная Грузия), где *D. micans* был обнаружен позже, она составила 31,7% (1967 г.).

Немаловажное значение имеют санитарное состояние, правильная эксплуатация (своевременная рубка безнадежных и засохших деревьев) и структура ельников. Так, в условиях Гвердзинетского лесничества (Восточная Грузия), где участие сравнительно маломерных елей значительно (ели разбросаны на фоне дубов, грабов и других лиственных пород), интенсивность поселения достигла в 1966 г. 68,3%; в Онском лесничестве (Западная Грузия), где участие сравнительно маломерных елей также значительно (ели разбросаны на фоне дубов, буков и других лиственных пород), интенсивность поселения достигла 63,0% (1967 г.).

Выводы

1. Общий ареал *D. micans* в Грузии определяется общим ареалом основного пищевого растения—*P. orientalis* и в настоящее время включает обширную зону в пределах 600—2000 м н. у. м.

2. Вертикальная зональность интенсивности поселения в ельниках Грузии в общем уже скоррелирована с вертикальной зональностью основного пищевого растения—*P. orientalis*.

3. Интенсивность поселения ельников из *P. orientalis* в Грузии, кроме вертикальной зональности основного пищевого растения—*P. orientalis*, определяется также возрастной структурой, степенью участия *P. orientalis* в ельниках, а также правильной эксплуатацией ельников.

4. В одних случаях (в нижней крайней зоне вертикального ареала *P. orientalis*) ввиду более мягкой экологической обстановки онтогенез *D. micans* проходит в сравнительно более сжатые сроки и быстрее расширяет очаги, создавая сплошной микроареал; в других случаях (в верхней крайней зоне вертикального ареала *P. orientalis*) ввиду более суровой эко-

логической обстановки онтогенез *D. micans* проходит в сравнительно более длительные сроки и медленнее расширяет очаги, создавая лишь разбросанные микроареалы.

Институт защиты растений Грузии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 14.9.1967)

ენტომოლოგია

დ. კობახიძე, ბ. მურუსიძე, თ. ნიჟარაძე, თ. იმნაძე, თ. კობახიძე

DENDROCTONUS MICANS KUGEL. დასახლების ინტენსივობა
PICEA ORIENTALIS (L.) LINK. არეალის სხვადასხვა
ვერტიკალურ ზონაში

რ ე ზ ი უ მ ე

აღმოსავლეთ საქართველოსა (ბაკურიანის, ბორჯომის, ხაშურის სატყეო მეურნეობები) და დასავლეთ საქართველოს (ონის, ამბროლაურის, ცაგერის სატყეო მეურნეობები) 3420 აღმოსავლური ნაძვის გამოკვლევის შედეგად დადგენილია, რომ აღმოსავლეთ საქართველოში ნაძვის დიდი ლაფნიჭამიით დასახლებულია გამოკვლეულ ხეთა 47,2%, ხოლო დასავლეთ საქართველოში—31,7%. ამასთან, ნაძვის დიდი ლაფნიჭამიას საერთო არეალი ამჟამად უკვე მოქცეულია 600—2000 მ სიმაღლემდე ზ. დ., თუმცა მეტი მავნეობა შენიშნულია აღმოსავლური ნაძვის არსებობის შედარებით უფრო პესიმურ ზონაში (1300—1000 მ ზ. დ. ქვევით), ვიდრე მისი არსებობის შედარებით უფრო ოპტიმურ ზონაში (1300—1500 მ ზევით ზ. დ.).

დასავლური ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. D. N. Kobachidze. Der Riesenbastkäfer (*Dendroctonus micans*) in Georgien (UdSSR). Anzeiger für Schädlingskunde. XL. Jahrgang, H. 5, 1967.
2. Дендрофлора Кавказа, т. I, Тбилиси, 1959.

УДК 612.82

ნოვარული ფიზიოლოგია

ბ. თიხაძე

კუდიანი ბირთვის (N. CAUDATUS) უშუალო გალიზიანებით
გამოწვეული რეაქციები და მისი გავლენა დიდი ტვინის
ჰემისფეროთა მოქმედებაზე

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 5. 1. 1967)

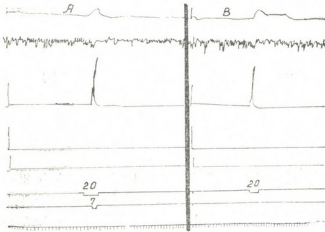
კუდიანი ბირთვი დიდი ტვინის ჰემისფეროთა ქერქვეშა სტრუქტურის მნიშვნელოვანი წარმონაქმნია. მის ფუნქციებს ბევრი მკვლევარი სწავლობდა [1—10], მაგრამ ექსპერიმენტული მონაცემები ამ საკითხის ირგვლივ მეტად ვარიაციულოზა და ზოგჯერ ერთიმეორის საწინააღმდეგო.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ ქრონიკულ ექსპერიმენტში შევესწავლა: 1) კუდიანი ბირთვის პირდაპირი ელექტროგალიზიანები; გამოწვეული რეაქციები; 2) შეიძლება თუ არა პირობით-რეფლექსური დროებითი კავშირების განვითარება ნეოკორტექსისა და კუდიანი ბირთვის სტრუქტურებს შორის მათი უშუალო გალიზიანებათა შეუღლებით; 3) რა გავლენა ახდენს ამ ბირთვის უშუალო გალიზიანება ნეოკორტექსის პირდაპირი გალიზიანებით გამოწვეულ პირობით და უპირობო მოძრაობით რეფლექსებზე. ცდები ჩატარდა 7 ძალზე თავის ტვინში ქრონიკულად ჩანერგილი ელექტროდების გამოყენებით (მეთოდის შესახებ დაწერილებით იხილეთ [1]).

კუდიანი ბირთვის უშუალო გალიზიანება (დენის ძაბვა 4—8 ვოლტი, გალიზიანების სიხშირე 10-დან 120-მდე წამში, იმპულსთა ხანგრძლივობა 1—5 მილიწამი), როგორც წესი, ყოველთვის იწვევდა თავის თანდათანობით მიბრუნებას კონტრალატერალურ მხარეზე და სუნთქვითი მოძრაობის შეცვლას. ზოგ საცდელ ცხოველზე („ჭრელა“, „გიშერა“, „ბელკა“) კუდიანი ბირთვის გალიზიანება თავის კონტრალატერალურად მიბრუნებასთან ერთად კიდურის მოძრაობასაც იწვევდა. ასე, მარჯვენა კუდიანი ბირთვის როსტრალური ნაწილის უშუალო გალიზიანება („ჭრელა“) თავის მარცხნივ მიბრუნებისა და სუნთქვის შეკავებასთან ერთად მარცხენა წინა კიდურის მოხრასაც იწვევდა. „გიშერას“ და „ბელკას“ შემთხვევაში მარცხენა კუდიანი ბირთვის როსტრო-მედიალური მიდამო გალიზიანება თავის მიბრუნებასთან ერთად იწვევდა კონტრალატერალური (მარჯვენა) წინა კიდურის მოხრას.

თავისუფალი ქვევის პირობებში კუდიანი ბირთვის უშუალო გალიზიანება თავის კონტრალატერალურ მხარეზე თანდათანობით მიბრუნებასთან ერთად იწვევდა ცხოველის შემოტრიალებას ადგილზე. იგი ბრუნავდა იმ მხარეზე, საითაც თავი იყო მიბრუნებული.

ამრიგად, მოძრაობითი რეაქციები — თავის კონტრალატერალურად მიმართულება, ადგილზე შემოტრიალება, კონტრალატერალური კიდურის მოხრა და ვეგეტატიური რეაქცია — სუნთქვის შეცვლის სახით წარმოადგენენ იმ საპასუხო რეაქციებს, რაც კუდიანი ბირთვის სხვადასხვა მიდამოს უშუალო გალიზიანებით



სურ. 1. პირობითი რეფლექსი, გამომუშავებული მხედველობის ქერქული ფარგლის უშუალო გალიზიანებაზე კუდიანი ბირთვის პირდაპირ გალიზიანებასთან შეუღლებით. A—მხედველობის ქერქული ფარგლისა და კაულატუსის გალიზიანებათა შეუღლების ეფექტი, B—პირობითი-რეფლექსური საპასუხო რეაქცია მხედველობის ქერქის უშუალო გალიზიანებაზე. მრუდებით სურათებზე თანმიმდევრობით შემოდან ქვემოთ აღნიშნულია: 1—თავის მოძრაობა, 2—სუნთქვა, 3—წინა მარჯვენა კიდური, 4—წინა მარცხენა კიდური, 5—უკანა მარცხენა კიდური, 6—პირობითი გალიზიანება, 7—უპირობო გალიზიანება, 8—დრო წამებში (დანაყოფი უღრის 2 წამს)

„ჭრელას“ სუნთქვის შეკავებასთან ერთად თავის კონტრალატერალურ მხარეზე მიბრუნებასა და კონტრალატერალური წინა კიდურის მოხრას იწვევდა.

პირობითი სიგნალის (ტონი—600) 6-ჯერ შეუღლება მარცხენა კუდიანი ბირთვის პირდაპირ გალიზიანებასთან საკმარისი აღმოჩნდა რეფლექსის გამოსამუშავებლად. ამის შემდეგ ტონი—600-ის იზოლირებული მოქმედება იწვევდა იგივე რეაქციას, რაც მიიღებოდა მარცხენა კუდიანი ბირთვის პირდაპირი გალიზიანებით. სახელობრ, თავი ბრუნდებოდა მარჯვნივ, კავდებოდა სუნთქვა და იხრებოდა წინა მარჯვენა კიდური.

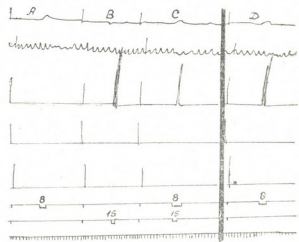
მორიგ ცდებში, მხედველობის ქერქული ფარგლის უშუალო გალიზიანება (პირობითი გალიზიანება, ძაბვა 20 ვოლტი, სიხშირე 40 წამში), რაც გარეგნულად არავითარ რეაქციას არ იწვევდა, შევაუღლეთ კუდიანი ბირთვის უშუალო გალიზიანებასთან. გალიზიანებათა 15-ჯერ შეუღლება საკმარისი აღმოჩნდა იმისათვის, რომ პირობით სტიმულს გამოეწვია ის მოძრაობითი რეაქცია, რასაც იწ-

ვეიწლება იწვევს გამოწვეული.

შემდეგი სერიის ცდებში შევისწავლეთ პირობითი რეფლექსების გამომუშავების შესაძლებლობა კუდიანი ბირთვის უშუალო გალიზიანებით გამოწვეული უპირობო მოძრაობითი რეაქციის ბაზაზე. პირობით სიგნალად გამოყენებული იყო როგორც დისტანტურ რეცეპტორულ ორგანოთა ადექვატური გალიზიანება (ტონი—600, სინათლე—75 სანთლიანი ნათურის ანთება), ისე მხედველობის ანალიზატორის ქერქული ფარგლის უშუალო გალიზიანება. უპირობო გალიზიანებას წარმოადგენდა კუდიანი ბირთვის თავის პირდაპირი ელექტროგალიზიანება (დენის ძაბვა 8—12 ვოლტი, გალიზიანების სიხშირე 40 წამში, ხანგრძლივობა 5 მილიწამი), რაც „გეშერას“ და

ვევდა მარცხენა კუდიანი ბირთვის გალიზიანება. სახელდობრ, მხედველობის ქერქული ფარგლის უშუალო გალიზიანება ელექტროდენით (20 ვოლტი) იწვევდა თავის მიბრუნებას მარჯვენა მხარეზე და წინა მარჯვენა კიდურის მოხრას, რასაც თან ახლდა ცვლილებანი სუნთქვაში (სურ. 1).

აღსანიშნავია, რომ ახალი ქერქის პირდაპირი გალიზიანება თუ „გიშერას“ შემთხვევაში აღვილად, 15 შეუღლების შემდეგ, იქცა პირობით სტიმულად, „რექსზე“ ასეთი რეფლექსი გამომუშავდა გალიზიანებათა 23-ჯერ შეუღლების შედეგად. რეფლექსის გამომუშავების ასეთი სხვადასხვაობა ვაპირობებული უნდა იყოს იმით, რომ „გიშერას“ შემთხვევაში მხედველობის ქერქის პირდაპირი გალიზიანებაზე რეფლექსის გამომუშავებას წინ უსწრებდა რეფლექსის გამომუშავება მხედველობის ანალიზატორის ადექვატურ გალიზიანებაზე, რის გამოც, როგორც ჩანს, გაადვილდა და დაჩქარდა რეფლექსის გამომუშავება მხედველობის ქერქის პირდაპირ გალიზიანებაზე.

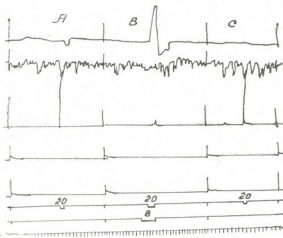


სურ. 2. მოძრაობითი რეაქციის გამომუშავება, მაშინ, როცა პირობით გალიზიანებად გამოყენებული კუდიანი ბირთვის უშუალო გალიზიანება, ხოლო უპირობოდ—მამოძრავებელი ქერქის პირდაპირი გალიზიანება. A—კალდატუსის გალიზიანების საპასუხო რეაქცია, B—ქერქული მამოძრავებელი ფარგლის გალიზიანება, C—საპასუხო რეაქცია პირობით და უპირობო გალიზიანებათა შეუღლებაზე, D—პირობით-რეფლექსური რეაქცია კალდატუსის უშუალო გალიზიანებაზე

მორიგ ცდებში პირობით სიგნალად შერჩეული იყო კუდიანი ბირთვის უშუალო გალიზიანება, ხოლო უპირობოდ—მამოძრავებელი ქერქის პირდაპირი გალიზიანება. ამ ცდებისათვის აყვანილი იყო ისეთი ცხოველები („ცქვიტო“ და „შარიქა“), რომელთა კუდიანი ბირთვის გალიზიანება კიდურის მოძრაობას არ იწვევდა. ამ ცხოველთა კუდიან ბირთვში ჩანერგილი ელექტროდენი უფრო კაუდალურ ნაწილში იყო მოთავსებული და იწვევდა მხოლოდ თავის მოძრაობას კონტრალატერალურ მხარეზე. უპირობო სტიმული, მამოძრავებელი ანალიზატორის ქერქული ნაწილის პირდაპირი გალიზიანება კი (20 ვოლტი, სიხშირე 50, იმპულსის ხანგრძლივობა 5 მილიწამი) ყოველთვის იწვევდა წინა ან უკანა კონტრალატერალური კიდურის მოხრას. პირობითი და უპირობო გალიზიანებით გამოწვეული რეფლექსური რეაქციების 40—55-ჯერ ურთიერთდამთხვევის შემდეგ მარტო პირობითი სტიმული იწვევდა იმ კომპლექსურ რეფლექსურ მოქმედებას, რაც ადრე ორივე გალიზიანების ერთდროული მოქმედების შედეგი იყო. სახელდობრ, კუდიანი ბირთვის უშუალო გალიზიანება იწვევდა როგორც თავის კონტრალატერალურ მხარეზე მიბრუნებას, ისე კიდურის მოძრაობასა და სუნთქვის შეკავებას (სურ. 2).

როგორც სურ. 2 D გვიჩვენებს, კუდიანი ბირთვის უშუალო გაღიზიანება იწვევს კიდურის პირობით-რეფლექსურ მოძრაობას. ამ შემთხვევაში მარჯვენა კუდიანი ბირთვის ზღურბლოვანი გაღიზიანება (პირობითი გაღიზიანება) თავის მოძრაობასთან ერთად იწვევს წინა მარჯვენა კიდურის მოხრას. აქვე შევნიშნავთ, რომ კუდიანი ბირთვის უპირობო გაღიზიანება იფსილატერალური კიდურის მოხრას არასდროს იწვევდა. მამასადადამე, თუ კუდიანი ბირთვის უშუალო ელექტრული სტიმულაცია იწვევს იფსილატერალური წინა კიდურის მოძრაობას, ეს იმ პირობით-რეფლექსური დროებითი კავშირების განვითარების შედეგი უნდა იყოს, რაც წარმოიქმნა მარჯვენა კუდიანი ბირთვისა და მარცხენა ჰემისფეროს მამოძრავებელ ქერქულ ფარგალს შორის. აღნიშნული წესით გამომუშავებული პირობითი რეფლექსები ძნელად მტკიცდება. მიუხედავად გაღიზიანებათა 120 შეუღლებისა, ცხოველი ყოველთვის არ პასუხობს პირობით სიგნალზე გამომუშავებული რეაქციით. მართალია, კუდიანი ბირთვის გაღიზიანება ყოველთვის იწვევდა თავის მოძრაობას კონტრალატერალურ მხარეზე, მაგრამ კიდურის პირობით-რეფლექსურ მოძრაობას ცდათა 70—80%-ში ჰქონდა ადგილი.

ამრიგად, ჩვენი ცდები გვიჩვენებენ, რომ ის პირობით-რეფლექსური დროებითი კავშირები, რაც კუდიანი ბირთვისა და ჰემისფეროთა მამოძრავებელ ქერქს



სურ. 3. კუდიანი ბირთვის უშუალო გაღიზიანების გავლენა ქერქის პირდაპირ გაღიზიანებით გამომუშავებულ რეფლექსურ რეაქციებზე. A და C—მხედველობის ქერქის უშუალო გაღიზიანებით გამოწვეული პირობით-რეფლექსური მოქმედება. B—კუდიანი ბირთვის უშუალო გაღიზიანების ფონზე პირობითი სიგნალის მოქმედება (კიდურის პირობით-რეფლექსური მოქმედება შეკავებულია)

კიდურის მოხრის პირობითი რეფლექსი. გამომუშავების შემდეგ მარცხენა ჰემისფეროს მხედველობის ქერქული ველის ელექტრული გაღიზიანება (20 ვოლტი, სიხშირე 50, იმპულსის ხანგრძლივობა 1 მილიწამი) ყოველთვის იწვევდა წინა მარჯვენა კიდურის მოხრას. როცა პირობითი რეფლექსი კარგად განმტკიცდა

შორის ვითარდება (ფუნქციონირებს მის პირობითად „აღმაჯალი დროებითი ნერვული კავშირები“) ნაკლებად სტაბილური და მყარია, ვიდრე ის პირობით-რეფლექსური დროებითი კავშირები („ჩამავალი დროებითი ნერვული კავშირები“), რაც იკეტება ახალ ქერქსა და ქერქქვეშას (კუდიანი ბირთვი) შორის.

მომდევნო სერიის ცდებში ჩვენ შევისწავლეთ კუდიანი ბირთვის უშუალო გაღიზიანების გავლენა სხვადასხვა ხასიათის მოძრაობით რეფლექსებზე. ამ მიზნით საცდელ ცხოველებს („რქისი“, „ცქვიტო“ და „ჭრელა-2“) ჰემისფეროთა ახალი ქერქის ორი წერტილის (მხედველობისა და მამოძრავებელი) უშუალო გაღიზიანებათა 20—30-ჯერ შეუღლებით გამოუმუშავეთ

(40 — 50 შეუღლება), მაშინ ვცადეთ ამ რეფლექსის გამოწვევა კუდიანი ბირთვის უშუალო გაღიზიანების ფონზე. მარცხენა კუდიანი ბირთვის გაღიზიანებამ (8 ვოლტი, სიხშირე 40 წამში), რამაც გამოიწვია თავის მარჯვნივ მიბრუნება, შეაკავა მარჯვენა წინა კიდურის პირობით-რეფლექსური მოქმედება (სურ. 3).

კუდიანი ბირთვის უშუალო გაღიზიანება აკავებს კიდურის იმ უპირობო რეფლექსურ მოძრაობას, რაც მამოძრავებელი ანალიზატორის ქერქული მიდამოს უშუალო გაღიზიანებითაა გამოწვეული. შეკავება უფრო ძლიერია მაშინ, როცა კუდიანი ბირთვის გაღიზიანების სიხშირე 10—100 ფარგლებშია.

კიდურთა მტკივნეული გაღიზიანებით გამოწვეული თავდაცვითი რეფლექსები კუდიანი ბირთვის გაღიზიანებით არ კავდება.

ამრიგად, კუდიანი ბირთვის გაღიზიანებით კავდება ის რეფლექსური რეაქციები, რის გამოწვევა დიდი ტვინის ჰემისფეროების მოქმედებასთანაა დაკავშირებული. როგორც ჩანს, სპინალური რეფლექსები კუდიანი ბირთვის გაღიზიანებით არ კავდება. მაშასადამე, კუდიანი ბირთვის გაღიზიანებით გამოწვეული შეკავება უპირატესად ქერქული შეკავებაა და იგი არ ვრცელდება ზურგის ტვინის მოქმედებაზე.

ნ. ბარათაშვილის სახელობის გორის პედაგოგიური ინსტიტუტი

(რედაქციის მოუვიდა 5. 1. 1967)

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

В. Г. ТЕВЗАДЗЕ

РЕАКЦИИ, ВЫЗВАННЫЕ ПРЯМЫМ РАЗДРАЖЕНИЕМ ХВОСТАТОГО ЯДРА, И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ

Резюме

Опыты, проведенные на собаках в условиях хронического эксперимента, показали, что при раздражении передней части хвостатого ядра, вместе с поворачиванием головы в контралатеральную сторону и торможением дыхания вызывается постепенное (тоническое) сгибание передней контралатеральной конечности.

Адекватные раздражения слухового и зрительного анализаторов легко (после 6—16 сочетаний) приобретают условнорефлекторные сигнальные значения и вызывают реакции, характерные для непосредственного раздражения хвостатого ядра, т. е. движение головы и конечности.

Прямое раздражение коркового отдела зрительного анализатора, которое не вызывало двигательных реакций, после 15—23-кратного сочетания с раздражением хвостатого ядра становится условным сигнала-

ლომ, вызывающим движение головы и конечности. При этом изменяется дыхание.

Условный рефлекс вырабатывается и тогда, когда условным сигналом служит слабое электрическое раздражение хвостатого ядра, а безусловным сигналом — непосредственное раздражение двигательной коры, вызывающее сгибание передней контралатеральной конечности. Таким образом, после развития условнорефлекторных временных связей путем непосредственного раздражения подкорковых структур можно вызвать корковые реакции. И наоборот, раздражением неокортекса можно вызвать реакции, характерные для подкорковых образований.

При прямом раздражении хвостатого ядра тормозятся условнорефлекторные движения, выработанные непосредственным раздражением двух точек неокортекса.

При непосредственном раздражении хвостатого ядра тормозится сгибание конечности, вызванное прямым раздражением двигательной коры, и не тормозятся те безусловнорефлекторные реакции, которые вызываются электрическим раздражением конечности.

დაბოწმებულნი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Бехтерев. Проводящие пути спинного и головного мозга, ч. II. СПб, 1898.
2. И. С. Беритов. Нервные механизмы поведения высших позвоночных животных. Изд. АН СССР, 1961.
3. Б. И. Баяндурова. Трофическая функция головного мозга. Медгиз, 1949.
4. С. М. Бутхузи. О соотношении изменений электроэнцефалограммы. Труды Ин-та физиологии АН ГССР, 13, 1963, 61.
5. В. М. Мосидзе. О влиянии одностороннего раздражения хвостатого ядра на условный рефлекс. Сообщения АН ГССР, 27, № 4, 1961, 479.
6. Н. А. Рожанский. Очерки по физиологии нервной системы, Медгиз, 1957.
7. Н. И. Лагутина, Н. А. Рожанский. О расположении подкорковых пищевых центров. Физиологический журнал СССР, 35, 5, 1949, 587.
8. Б. Н. Клоsovский и Н. С. Волжина. О функциональном значении хвостатого тела. Вопросы нейрохирургии, 1, № 8, 1956.
9. В. А. Черкес. Очерки по физиологии базальных ганглиев головного мозга. Киев, 1963.
10. A. M. Laursen. Electrical signs of the relation between Caudate nucleus and cerebral cortex in cats. Acta physiol. Scand., 53, 3—4, 1961, 218.
11. ბ. თევზაძე. სარტყელისებური ხვეულის უშუალო გაღიზიანებით გამოწვეული რეპტები და მათი გავლენა ზოგიერთ რეფლექსზე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 43, 2, 1966, 487.



დ. ცინცაძე

ლემენისკური სისტემის როლი ცხოველის ძვმვაში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 25.7.1967)

მედიალური მარყუქი, რომელიც შედგება ტაქტილური და პროპრიოცეპტული იმპულსების გამტარებელი ბოჭკოებისაგან, იმ პირდაპირი კლასიკური გზის ნაწილია, რაც საწყისს იღებს ზურგის ტვინის კონტრალატერალურ დორზალურ სვეტში და თალამუსის ვენტრალური პოსტეროლატერალური (*n. ventralis posterolateralis*) ბირთვის გავლით, ქერქის სომატოსენზორულ არეში თავდება.

ტაქტილური და პროპრიოცეპტული იმპულსების გამტარებელი ბოჭკოები სანამ მხედველობის ბორცვს მიღწევდნენ, იძლევიან მრავალრიცხოვან კოლატერალურ ზურგის ტვინში, ტვინის ღეროში, ბაზალურ კვანძებში და ნათხემში.

ცნობილია [1], რომ საჯდომი ნერვის გაღიზიანებით მიღებული აფერენტული იმპულსები მედიალური მარყუქის გავლით მიდიან პოსტეროლატერალურ ჰიპოთალამუსში და იქიდან ჰიპოკამპშიც.

კუნთების ზოგიერთი ნერვული დაბოლოებიდან წამოსულმა კინესთეტიკურმა იმპულსებმა შეიძლება ნათხემს უფრო ადრე მიადწიოს, ვიდრე მხედველობის ბორცვს [2, 3].

არსებობდა აზრი, რომ ტვინის ღეროს მეზენცეფალური უბნები, რომლებიც შეიცავენ სპეციფიკურ, ლოკალიზებულ, პირდაპირ მგრძობიარე გზებს, ატარებენ მხოლოდ სპეციფიკურ იმპულსებს ბადებრივ ფორმაციასა და წინა ტვინის სტრუქტურებისაკენ, მაგრამ დღეისათვის დადგენილია, რომ მეზენცეფალურ უბნებს აკისრიათ ზოგადი ფუნქციებიც. ისინი მონაწილეობენ სხვადასხვა ემოციებში, შესწავლაში და აღქმაში და აქედან გამომდინარე, ადამიანის უმაღლესი ფუნქციების ინტეგრაციაში [4,5].

ლიტერატურული წყაროებიდან ცნობილია [6], რომ ვრცელი პერიფერიული დეაფერენტაცია უარყოფითად მოქმედებს ლოკომოციაზე; ცხოველის ნორმალური კოორდინირებული მოძრაობისათვის აუცილებელია ტაქტილური და კინესთეტიკური აფერენტული იმპულსაცია. ასევე საჭიროა, რომ ზურგის ტვინის ერთი სეგმენტი მაინც მარაგდებოდეს ინტეგრირებული სენზორული და მოტორული იმპულსებით [4, 5]. ცნობილია, რომ სენზორული გზები დიდ როლს თამაშობს აგრეთვე ემოციებში და რთულ ქცევით რეაქციებში; კლასიკური ლემენისკური გზების გადაკვეთის შემდეგ ცხოველები ძლიერ გაღიზიანე-

ბაზეც კი იძლევიან გენერალიზებულ არაადაპტურ და არალოკალიზებულ რეაქციას. ლემნისკური კატები ხასიათდებიან საკვებისადმი ძლიერი მოტივაციით, დაქვეითებული ემოციურობით: და ყურადღებისა და ორიენტაციის დარღვევით.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა სპეციფიკური მგრძნობელობის გზების, კერძოდ, მედიალური მარყუჟის ორმხრივი დაზიანების გავლენა კატების ქცევაზე, ემოციებსა და დაყოვნებულ რეაქციებზე.

ცდებს ვატარებდით 9 კატაზე ქრონიკულ პირობებში. ოპერაციამდე 5 თვის განმავლობაში ვსწავლობდით ხანმოკლე მეხსიერებას სხვადასხვა გამოიზიანებლებზე. ვაკვირდებოდით აგრეთვე მათ ქცევასა და ემოციურ რეაქციებს.

ხანმოკლე მეხსიერებას ვსწავლობდით დაყოვნებული რეაქციების საშუალებით.

შევისწავლეთ დაყოვნებული რეაქციები სმენით, მხედველობით, კომპლექსურ და ლაბირინთულ გალიზიანებებზე. ამისათვის ცდის ოთახში სხვადასხვა მანძილზე (2—4 მ) ვდგამდით თეჯირებს. ცხოველი მიგვეყვავდა ერთ-ერთ მათგანთან, იქ ვაჭმევდით ხორცს და ვაბრუნებდით უკან გალიაში. მხედველობით და სმენით გალიზიანებაზე დაყოვნებულ რეაქციებს ვსწავლობდით შემდეგნაირად: კატას ვუჩვენებდით ხორცს ან ვაკაკუნებდით ჯამს რომელიმე თეჯირთან. თუ რამდენიმე წუთის შემდეგ (ყველა კატისათვის განსაზღვრული დაყოვნების ფარგლებში) გამოუშვებდით გალიიდან ნორმალურ კატას, იგი თითქმის ყოველთვის მიდიოდა იმ თეჯირთან, სადაც დაყოვნებამდე დაინახა ან ჰამა ხორცი. ასევე სწორია კატის რეაქცია ჯამის დაკაკუნების შემთხვევაში. იმის დასადგენად, თუ რა როლს თამაშობს ამგვარ რეაქციებში კინესთეტიკური და ლაბირინთული გალიზიანებები, ერთ-ერთ კატაზე დავაყენეთ ცდები სინათლის გაუმტარ ნიღაბში. ამ შემთხვევაში ცხოველი ვერ ხედავდა ვერც განვლილ გზას, ვერც საკვების ადგილს და გალიიდან გამოშვების შემდეგ საკვების ადგილისაკენ მიდიოდა მხოლოდ ლაბირინთული გალიზიანებებიდან დარჩენილი კვალის საფუძველზე.

მედიალური მარყუჟის ბილატერალური დაზიანების შედეგად დაახლოებით ერთნაირი შედეგები მივიღეთ № 1—8 კატებზე.

ოპერაციამდე ეს კატები აქტიურობდნენ, კარგად ჰამდნენ, ხშირად ეჩხუბებოდნენ სხვა კატებს. ძალის დანახვისას ამქლავებდნენ მკვეთრად გამოხატულ აგრესიულ რეაქციას, არ გარბოდნენ, პირიქით, ბეწვი ებურძგნებოდათ, ხერხემალს ღუნავდნენ რკალივით, უქნევდნენ ძალს თათს, ფხუკუნებდნენ, შემდეგ ფხუკუნი გადადიოდა ღმუილში.

კუღზე, კიდურებზე, ყურებზე, ტანზე საჭერის გაკეთებისას კატები იწყებდნენ კუღის ქნევას, წვებოდნენ იატაკზე, კნაოდნენ გაბმით და პაშინვე იცილებდნენ საჭერს.

თათების ცივ და ცხელ (50—60°C) წყალში ჩაყოფისას მაშინვე იღებდნენ მათ წყლიდან და იფერთხავდნენ.

ოპერაციის შემდეგ № 1 და 3 კატებზე დაკვირვება წარმოებს 3 თვის განმავლობაში; № 2 კატაზე—4 თვის განმავლობაში, № 4 კატაზე—1 თვისა და 10 დღის განმავლობაში, № 7 და 8 კატებზე — 2 თვის განმავლობაში.

მედიალური მარყუჟის ბილატერალური დაზიანების შემდეგ კატები ძლიერ შეიცვალნენ, სრულიად გაქრა მათი აგრესიულობა, აღარ იყაწრებოდნენ, აღარ კნაოდნენ, არ ეჩხუბებოდნენ სხვა კატებს, პირიქით, არავითარ ყურადღებას არ აქცევდნენ მათდამი აგრესიულად განწყობილ სხვა კატებს, გამუდმებით დადიოდნენ, ჰამდნენ უფრო ხარბად, ვიდრე ოპერაციამდე. ოპერაციის შემდეგ ამ კატებს ახასიათებთ ჰიპერექსპლორატული აქტივობა; ეს განსაკუთრებით ძლიერადაა გამოხატული № 1—4 კატებში. კატები განუწყვეტლივ დადიოდნენ ოთახში, ათვლიერებდნენ ყველაფერს, ყნოსავდნენ, იკვლევდნენ მათ და კვლავ განაგრძობდნენ სიარულს. ძაღლის დანახვისას მიდიოდნენ მასთან ახლო, პირს ადებდნენ ძაღლის პირს, ძაღლი უტევდა, კატები კი მაინც არ ცილდებოდნენ, ყნოსავდნენ, ათვლიერებდნენ.

ოპერაციის შემდეგ № 1—4, 7, 8 კატებში საგრძნობლად შესუსტდა ტაქტილურ გაღიზიანებათა აღქმისა და ლოკალიზაციის უნარი. ასევე დაერღვათ დაყოვნებული რეაქციები კომპლექსურ, მხედველობით და სმენით გაღიზიანებებზე. № 4 კატას დაერღვა დაყოვნებული რეაქციები ლაბირინთულ გაღიზიანებებზეც; თუ ოპერაციამდე დაყოვნების მაქსიმუმი ნიღაბში კაკუნზე და მიყვანაზე იყო 1 წთ, ოპერაციის შემდეგ № 4 კატას დარღვეული ჰქონდა სწორი რეაქცია 15 წმ დაყოვნების შემთხვევაშიც კი.

განსხვავებული შედეგები მივიღეთ № 6 კატაზე. მას ოპერაციის შემდეგ დაყოვნებული რეაქციები დაერღვა მხოლოდ სმენით გაღიზიანებებზე, ხოლო № 5 და № 9 კატებს ოპერაციის შემდეგ დაყოვნებული რეაქციები კომპლექსურ, მხედველობით და სმენით გაღიზიანებებზე შენარჩუნებული ჰქონდათ.

დაყოვნებული რეაქციების მაქსიმუმი ოპერაციამდე და ოპერაციის შემდეგ

კატა №	ოპერაციამდე			ოპერაციის შემდეგ		
	კომპლექსურ, წუთობით	მხედველობა, წუთობით	სმენა, წუთობით	კომპლექსურ	მხედველობა	სმენა
1	10	10	5	30 სეც	15 სეც	5 სკვ
2	15		7	1 წთ		1 წთ
3	2	1	1	15 სეც	15 სეც	5 სეც
4	2	1	1	15 სეც	15 სეც	15 სეც
5	20	10	5	20 წთ	10 წთ	5 წთ
6	12	5	4	12 წთ	5 წთ	1 წთ
7	5	1	1	5 სეც	5 სეც	5 სეც
8	30	15	10	30 სეც	15 სეც	1 წთ
9	15	10	7	15 წთ	10 წთ	7 წთ

ოპერაციიდან ორი თვის შემდეგ № 1 კატას აღუდგა სმენით გაღიზიანებაზე დაყოვნება 5 წუთი. № 4 კატას 4 თვის შემდეგ აღუდგა კომპლექსურ გაღიზიანებაზე დაყოვნება 15 წუთი და სმენით გაღიზიანებაზე — 7 წუთი.

ტვინის მაკროსკოპული შესწავლის შედეგად აღმოჩნდა, რომ № 1 კატას დაზიანება ჰქონდა ბილატერალური. დაზიანების ადგილას აღინიშნება ნაწიბუროვანი ქსოვილი, რომელიც ირიბად ჰკვეთს მედიალურ მარყუჟს.

№ 3 და 4 კატებს მედიალური მარყუჟი დაზიანებული ჰქონდათ კაუღალურად. დაზიანება ორმხრივია, მაგრამ უფრო დიდი ფართობი უჭირავს მარ-

ჯვენა მხარეზე. აქ დაზიანებაში მთლიანად არის ჩათრეული მედიალური მარყუქი, მაშინ, როდესაც მარჯვენა მხარეზე იგი მხოლოდ ნაწილობრივად დაზიანებული.

№ 1 კატას დაზიანება ჰქონდა ბილატერალური. მარჯვნივ დაზიანებულია ტენის ფეხები და შავი ნივთიერება; მარცხნივ კი ოდნავ დაზიანებულია პირამიდა, ოდნავ—*brachium pontis*, ძლიერ მცირედ—*lemniscus medialis* და *lemniscus lateralis*.

№ 5 კატას მედიალური მარყუქი დაზიანებული ჰქონდა ძლიერ მცირედ მხოლოდ მარჯვენა მხარეზე.

№ 9 კატას დაზიანება ჰქონდა ბილატერალური, მაგრამ დაზიანებულია არა მედიალური მარყუქი, არამედ მცირედ RF, ასევე მცირედ და დაზიანებულია *practus tegmentalis centralis* და *n. Ruber*.

ამგვარად, ნათლად ჩანს, რომ № 1—4, 7, 8 კატებში მიღებული ცვლილებები გამოწვეულია მხოლოდ მედიალური მარყუქის დაზიანებით. გარდა ტაქტილური მგრძობელობის დარღვევისა, რაც გამოწვეულია ტაქტილური და პროპრიოცეპტული საპროექციო რეპრეზენტაციის გადაკვეთით, ირღვევა აგრეთვე დაყოვნებული რეაქციები ყველა მოდალობის გამლიზიანებლებზე (სმენითი, მხედველობითი, კომპლექსური, ლაბირინთული) და იცვლება კატების ემოციური სფერო. ამ უკანასკნელით არის განპირობებული ის, რომ მედიალური მარყუქის დაზიანების შემდეგ კატები კარგავენ თავის ინდივიდუალურ თვისებებს და როგორც ერთნაირნი ხდებიან.

მედიალური მარყუქის ვრცელი დაზიანების შემთხვევაში, როგორც ეს № 1—4, 7, 8 კატებში მივიღეთ, სრულიად გამქრალია ემოციური რეაქციები, დაკარგულია კანის მგრძობელობა მთელ სხეულზე და კატები არავითარ რეაქციას არ იძლევიან კიდურების ჩაყოფისას არამც თუ ცივ, არამედ ცხელ წყალშიც.

ყველა კატისათვის, განსაკუთრებით ოპერაციის შემდეგ ერთი თვის განმავლობაში, დამახასიათებელია ჰიპერექსპლორატული აქტივობა: ისინი განუწყვეტლივ დადიან ოთახის ერთი კუთხიდან მეორეში, ჩერდებიან გზაზე შემხვედრ ყველა სავანთან, ყნოსავენ და ათვალეიერებენ მას, ხტებიან ზედ და კვლავ განაგრძობენ სიარულს. ასეთივე სურათი მიიღეს სპრეიგმა და მისმა თანამშრომლებმა [4,5], რომლებიც ამგვარ ცვლილებებს ხსნიან სენზორული იმპულსების დიდი ნაწილის გამოთიშვით. აღნიშნული მკვლევარები ატარებენ ჰარალელს ბექსტონისა და თანამშრომლების დაკვირვებებთან აღამიანებზე, რომელთაც სენზორული იზოლაციის პირობებში უვითარდებათ ჰალუცინაციები და სენზორული „შიშშილი“. ჩვენი კატების მოძრაობაც პირველ ხანებში ოპერაციების შემდეგ ჰალუცინაციურ ხასიათს ატარებს, ვინაიდან იგი არავითარი ტარეშე გაღიზიანებით არა გამოწვეული. კატების განუწყვეტელი ძებნითი მოძრაობები არა მარტო აძლიერებენ პროპრიოცეპტულ იმპულსაციას, არამედ ზრდიან მხედველობითი და ყნოსვითი გაღიზიანებების მიღების შესაძლებლობას. ამგვარად, ცხოველი თითქოს ავსებს „გაღარიბებულ“ სენზორულ იმპულსაციას.

ემოციური რეაქციების შესუსტება მოგვაგონებს სურათს, რაც ვითარდება ნეოკორტექსის მოცილების შემდეგ, იმ განსხვავებით, რომ ეს შესუსტება ჩვენ შემთხვევაში უფრო ძლიერადაა გამოხატული, რადგან მედიალურ მარჯულის დაზიანებით ჩვენ მოუსპეთ ნეოკორტექსს სხეულის მთელი ზედაპირიდან იმპულსების მიღების შესაძლებლობა და ამით გამოვიწვიეთ მისი საგრძნობი დეაფერენტაცია. ამ მხრივ ჩვენი კატები შეიძლება შევადაროთ ნეოკორტექსმოცილებულ კატებს. გარდა ამისა, შესაძლებელია დავუშვათ, რომ ეპოციების (განსაკუთრებით აგრესიული რეაქციის) გაქრობა გამოწვეულია შუა ტვინის სტრუქტურის დაზიანებით, ვინაიდან ცნობილია, რომ შუა ტვინი თვითონ ღებულობს მონაწილეობას გააფთრების რეაქციაში. დ ე ლ გ ა დ ო [7], როგორც დაუნარკოზებულ, ისე დეცერებრირებულ კატებზე იღებდა გააფთრების რეაქციას შუა ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურის გაღიზიანებით.

დაყოვნებული რეაქციების დარღვევა მოგვაგონებს პროცესს, რაც ვითარდება პრეფრონტალური ქერქის [8] ან ქერქის სენზორული უბნების ამოკვეთის შემდეგ მსგავსად კატისა, რომელსაც შუბლის წილი ამოკვეთილი ჰქონდა მთლიანად (ე. ი. როგორც sulcus crusiatus-ის წინ, ისე მის უკან).

კატები გალიიდან გამოსვლისას არ მიდიან საჭმელთან და უმიზნოდ იწყებენ თთახში ხეტიალს. ეს უფლებას გვაძლევს ვიფიქროთ, რომ ლემნისკური გზების დაზიანებით მიღებული ეფექტები გამოწვეულია წინა ტვინის დეაფერენტაციით. მედიალური მარჯულის გადაკვეთა საგრძნობლად ამცირებს ქერქისაკენ და განსაკუთრებით მის წინა ნაწილებსაკენ მიმავალ იმპულსაციას, რაც იწვევს ნეოკორტექსის ფუნქციის მკვეთრ დაქვეითებას, რადგან ლემნისკური გზები თავდება თალამუსის მრავალ სპეციფიკურ და არასპეციფიკურ ბირთვებში, ამარაგებს რა სენზორულ, მოტორულ და ასოციაციურ ქერქს და მრავალ ქერქქვეშა სტრუქტურებს. ლემნისკური გზები თავდება აგრეთვე სუბთალამუსში, ტექტუმში და შუა ტვინის წინა ნაწილის ტემგენტუმში.

როგორც ჩანს, დაყოვნებული რეაქციების შესუსტებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მთელი სხეულის ზედაპირიდან მიღებულ იმპულსაციას. კლასიკური ლემნისკური გზების გადაკვეთა იწვევს ქერქის აგზნებადობის დაცემას, რის გამოც ქერქის უჯრედებს აღარ აქვთ უნარი ხანგრძლივად შეინარჩუნონ ერთხელ აღქმულის კვალი.

ჩვენ ცხოველებს რომ ნაწილობრივ შენარჩუნებული აქვს ტაქტილური და ნოციცეპტური მგრძნობელობა, უნდა მიეწეროს შემდეგ გარემოებებს: 1) დაზიანების ადგილის ქვემოთ ინტაქტური რეფლექტორული მექანიზმების არსებობას; 2) იმ გზების არსებობას, რომელიც არა მედიალური მარჯულის, არამედ ბადებრივი ფორმაციის ან ნათხემის საშუალებით აღწევს თალამუსს და ქერქს; 3) არასრულ ლემნისკურ დაზიანებას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 25.7.1967)

Д. Г. ЦИЦАДЗЕ

РОЛЬ ЛЕМНИСКОВОЙ СИСТЕМЫ В ПОВЕДЕНИИ ЖИВОТНОГО

Резюме

Изучалось влияние повреждения *lemniscus medialis* на отсроченные реакции.

Опыты были поставлены на 9 кошках в хронических условиях. Были изучены отсроченные реакции на комплексное, зрительное, слуховое и лабиринтное раздражения, эмоциональные реакции, восприятие и способность локализации тактильного раздражения.

После билатерального повреждения *lemniscus medialis* у кошек нарушались отсроченные реакции на раздражение разной модальности (комплексное, зрительное, слуховое, лабиринтное), изменялось эмоциональное поведение. У одних совсем исчезало, а у других очень понижалось восприятие и способность локализации тактильного раздражения.

Обсуждены возможные механизмы этих нарушений.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Sh. Feldman. Neurophysiological mechanisms modifying afferent hypothalamo-hippocampal conductions. *Expl. Neurol.*, 5, 1962, 269—291.
2. V. B. Mountcastle, M. R. Covan, C. R. Harisson. The central representation of some forms of deep sensibility. *Res. Publ. Ass. Res. nerv. ment. Dis.*, 30, 1952, 359—370.
3. R. S. Snider and A. Stowell. Receiving areas of the tactile, auditory and visual systems in the cerebellum. *J. Neurophysiol.*, 7, 1944, 331—356.
4. J. M. Sprague, W. W. Chambers, E. Stellar. Attentive, affective and adaptive behavior in the cat. *Science*, 133, 1961, 33—41.
5. J. M. Sprague, M. Levitt, K. Robson, C. N. Liu, E. Stellar and W. W. Chambers. A neuroanatomical and behavioral analysis of the syndromes resulting from midbrain lemniscal and reticular lesion in the cat. *Archs ital. Biol.*, 101, 1963, 225—245.
6. J. Gray. The role of peripheral sense organs during locomotion in the vertebrates. Physiological mechanisms in animal behaviour. *Symp. Soc. Exptl. Biol.*, 4, 1950, 112—126.
7. J. Delgado. Cerebral structures involved in transmission and elaboration of noxious stimulation. *J. Neurophysiol.*, 18, 1955, 261—275.
8. А. Н Брегадзе. Поведение кошки, лишенной лобных долей больших полушарий. Труды Ин-та физиологии АН ГССР, 8, 1950, 244—272.



Б. К. ГИГИНЕИШВИЛИ

ОБЩЕДАГЕСТАНСКИЕ *l И *r

(Представлено академиком Г. С. Ахвледиани 30.3.1967)

Сонорные фонемы в дагестанских языках относительно мало изучены с сравнительно-исторической точки зрения. Н. С. Трубецкой их специально не рассматривает. Первую и единственную попытку представить сонорные согласные в виде таблиц звукосоответствий мы находим в известной обобщающей работе Е. А. Бокарева ([1], стр. 59—60). Однако и в его книге вышеуказанным фонемам отводится слишком мало места (в частности *l и *r—всего одна страница). Не привлекая материала ряда языков (в особенности цахурского), автор не имел возможности полнее представить картину звукосоответствий, с учетом дистрибуции рефлексов исконных *l и *r, и сформулировать закономерности. Данная статья ставит себе целью в какой-то мере восполнить пробел, существующий в этой части сравнительной фонетики дагестанских языков. Здесь мы рассматриваем только две общедагестанские сонорные фонемы: *l и *r.

* * *

Общедагестанское *l в аварском сохранилось в виде двух позиционных вариантов r и l. Первый наличествует в позиции после гласного e, второй же—во всех остальных позициях⁽¹⁾. В андийских и дидойских языках представлены те же варианты, с тем, однако, отличием, что здесь они позиционно не обусловлены.

Лакский язык в ауслaute утерял исконное *l, а в середине слова сохранил его без изменения. В хиналугском языке исконное *l или исчезает, или сохраняется в виде r.

В даргинском, арчинском, лезгинском, агульском, табасаранском, рутульском и удинском языках общедагестанское *l сохранилось без изменения независимо от позиции.

Особый интерес представляет цахурский рефлекс общедагестанского *l. В отличие от остальных дагестанских языков, в которых *l отразилось

(¹ В современном аварском довольно часто встречается последовательность e+l, в основном в виде именного суффикса -el, но во всех этих случаях аварское l трудно возвести к общедагестанскому *l.

в основном в виде г или л, в цахурском мы находим билабиальный сонорный спирант w. На это в свое время обратил внимание А. Дирр, который писал: „w в конце слов после гласных соответствует букве л других дагестанских языков“ ([2], стр. 3; ср. [3], стр. 357; [6], стр. 18). К сожалению, данное звукосоответствие А. Дирр иллюстрирует всего двумя примерами (словами: „дом“ и „соль“) и к тому же ограничивает его конечной позицией после гласного.

Ниже мы даем рефлексы общедагестанского *l в виде формулы звукосоответствий, с учетом дистрибуции вариантов в отдельных дагестанских языках. К формуле звукосоответствий прилагается соответствующий иллюстративный материал.

Даг. *l=ав. г/л: анд. г, л: дид. г, л: дарг. л: лак. l/ᶑ: арч. л: лезг. l: аг. л: таб. л: рут. л: цах. w: уд. л: хин. l/ᶑ, ч.

1. ав. t̃æwæg „ягненок“: дид. l'eli: лак. çi (←*çil): арч. t̃əal: лезг. käl: аг. k'el: таб. ç'il: рут. gäl: цах. gew: уд. qal: хин. ku (ср. эрг. п. qul-i);

2. ав. l'alk „след“: анд. l'ol: дарг. γ'il || γ'el: лак. ša (←*x'al): лезг. γ'äl: аг. xul: таб. šil: рут. hräl: цах. gow;

3. дарг. qali „дом“: арч. xal „нора“: аг. xal: таб. xal: рут. xal: цах. xaw;

4. лак. kulu „мышь“: аг., таб., рут. qül: цах. kəw: хин. nuqur;

5. лезг. qal „соль“: аг. qäl: таб. qil: рут. qäl: цах. qew: уд. el (←*qel [4], стр. 359): хин. qā (ср. эрг. п. qil-i);

6. ав. ceg „лиса“: анд. sor: бож. sora: лак. cul-ça: арч. sol: лезг. si-k (←*sil-k): аг. sul: таб. sol: рут. si-k (←*sil-k)⁽¹⁾: цах. səwa: уд. šul: хин. pšlā;

7. ав. t̃er-en-ab „тонкий“: анд. be'era: дарг. buqula: лак. k̃ula-səa: арч. kala-l'ut: лезг. qele-ç: аг. k̃ile-f: таб. çil-li: рут. qəl-də: цах. kiwa: хин. k̃əg;

8. ав. çəuwa „рыба“ (←*çəua ←*çəula; этимологически — „мокрый“, „сырой“; ср. çəujze „обмакнуть“): ахв. səuwa: лак. šəül-li-səa „зеленый“ (этим. „мокрого цвета“): аг. çul-le-f: рут. šil-də: цах. çuwa || çiwa- „мокрый“, „сырой“ (ср. çuwa gangsa „зеленый“, дословно: „мокрого, сырого цвета“): уд. çali „рыба“ (этим. „мокрый“, „сырой“);

9. ав. çolo „ремень“: лак. çuluv: лезг. çul: аг. çil: таб. çul: рут. çil: цах. çuwa;

10. дарг. urquli „доска“: лак. ula: лезг., аг., таб., рут. qul: цах. quwa;

11. лак. x'ula „вилы“: арч. l'ol: рут. x'əlan: цах. x'ewa.

Как видно из приведенных примеров, общедагестанское *l встречается только в срединной и конечной позиции. Наиболее характерно его

(1) Комплекс l-k в рутульском может факультативно упрощаться. lç и çk могут чередоваться в одной и той же форме; напр. silçaga || siçaga «пилит».

появление в интервокальной позиции и в конце слова после гласной фонемы. Схематически это можно изобразить так: $v\bar{v}$ и $v\bar{l}\#$. В начале слова в общедагестанском *l не имелось.

Отражение общедагестанского *l в цахурском в виде w носит регулярный характер. Однако в ряде случаев имеются отклонения: в некоторых цахурских словах исконное *l сохранено без изменения.

Примеры:

1. wuḳul „голова“ (ав. beḡer: даг. biḳ || beḳ; лак. baḳ; лезг. qil: аг. ḳil: таб. ḳul: рут. qul: уд. bul←*buqul [4], стр. 358; хин. miḳir);
2. siwul „осень“ (ботл. sɔibuḡu: дид. sebi: гунз. sibar: лак. sɔuv-t: аг. cul: таб. s⁰ul);
3. miḡul „бок“ (лезг. q⁰al: аг. miḡul: таб. ḡ⁰al: рут. beg);
4. ḳə-lḳ-am „печень“ (даг. du-leḳ; лак. t'ilik; лезг. ləḡ; аг. leḳ: таб. liḳ);
5. xəl „рука“ (ав. kwer: лак. k⁰a: арч. kul: лезг. ḡil аг. xil таб. xil рут. xəl: уд. kul: хин. kul);
6. ul „глаз“ (ав. ber: лезг. wil: аг., таб., рут. ul←wul: уд. pul: хин. pil);
7. sili „зуб“ (ав. sa: анд. sol: хварш. sel: даг. cul: аг. silew: таб. selew: рут. səs [мн. ч. sɔlabr]: уд. ulux←*culux: хин. coloz).

Если внимательно присмотреться к приведенным примерам, обнаружится, что во всех тех словах, где цахурский сохранил исконное *l, в качестве другого корневого согласного имеем или можем постулировать лабиальную или лабиализованную фонему. Налицо лабиальная фонема в словах: wuḳul „голова“, siwul „осень“, miḡul „бок“, ḳə-lḳ-am „печень“. Ее наличие исторически допускается в словах xəl „рука“ (←*x⁰əl) ul „глаз“ (←*wul), sili „зуб“ (←*siliw). Лабиальные (или лабиализованные) согласные фонемы в словах xəl, ul, sili постулируются на основе сравнения этих слов со словами других дагестанских языков, сохранивших исконные фонемы вышеуказанного типа (ср. ав. kwer: лак. k⁰a „рука“; ав. ber: лезг. wil „глаз“; аг. silew: таб. selew „зуб“). Из сказанного можно заключить, что сохранение исконного *l в этих словах связано с наличием в них в качестве другого корневого согласного лабиальной (или лабиализованной) фонемы¹. Общедагестанское *l здесь не могло дать ожидаемого w из-за диссимилятивного влияния уже наличествовавшего в слове лабиального (или лабиализованного) согласного: двух лабиальных фонем в одном слове цахурский язык избегал (ср. [7], стр. 18).

¹ l в цахурском слове ḡəl «лето» не является исконным: ср. лезг. ḡ⁰ad: таб. x⁰ad || hrar: лак. ḡin-t: ав. ḡi.

* * *

Общедагестанское *г встречается в основном в конце слова. В середине слова он появляется крайне редко, а в начальной позиции очень трудно установить, имеем дело с рефlekсами исконного *г в отдельных дагестанских языках или же с заменой одного классного показателя другим. Кроме того, в ряде случаев анляутное г может оказаться рефlekсом исконного *d, а не *г. На подобные сомнения наводят случаи, когда в каком-нибудь языке (как правило, в арчинском, даргинском или лакском) вместо г других языков появляется d. Например: ав. гагәи „пепел“: арч. diqә; ав. гитәи „мясо“: дарг. di' || dig; ав. гақ „сердце“: лак. дақ и др. Так как почти во всех примерах мы сталкиваемся с таким положением, от постулирования общедагестанского *г в начале слова мы воздержимся (ср. [1], стр. 60; [5], стр. 159).

В середине слова *г сохранено без изменения: ав. ʋагас „серебро“: анд. oḡsi; дарг. ас: лак. асу: арч. аḡsi.

В конце слова общедагестанское *г утрачено в дидойском, лакском и цахурском (а иногда и в хиналугском) языках. В цахурском конечное *г или утрачивается или переставляется перед гласным последнего слога. В хиналугском исконное *г не утрачивается только в том случае, если оно ассимилируется с другим корневым согласным. В одном случае (слово „имя“) исконное *г утрачено также в даргинском и удинском языках. В аварском, андийском, арчинском, лезгинском, агульском, табасаранском и рутульском *г сохранилось без изменения.

Формула звукосоответствий, на основе которых постулируется общедагестанское *г в конечной позиции, выглядит так:

ав. г: анд. г: дид. ∅: дарг. ∅, г: лак. ∅: арч. г: лезг. г: аг. г: таб. г: рут. г: цах. ∅: уд. ∅, г: хин. ∅.

1. ав. ʋаг „имя“: анд. ʋаг: дид. si: дарг. 'u || zu: лак. ʋа: арч. ʋаг: лезг. 'ʋаг: аг. t'ur: таб. ʋ'ur: рут. dir: цах. do: уд. ʋi: хин. ʋu;

2. дарг. miqig „грудь“: арч. тохог: лезг. хиг: аг. тухиг: таб. тухиг: рут. тәхәг: цах. тәхи: хин. тахаг „сосок“;

3. дарг. тиҫиг „борода“: лак. ʋiri: арч. моҫог: лезг. ʋ'uru: аг. тиҫиг: таб. miʃig: рут. miʃri: цах. тиҫи: хин. miʃeš (←*miʃeʒ←*miʃer);

4. дарг. qāg „груша“: лак. qūr-t: арч. хег-t: лезг. [ʋu]xʋer: аг. [ʃi]xer: таб. [ʃe]xer: рут. хәг: цах. [ʃi]xәә: уд. аг (←*хаг ([3], стр. 351).

В цахурском слове ʋег „волос“ сохранение конечного г должно объясняться заимствованием этого слова из лезгинского. Слово „волос“ заимствовано из лезгинского не только цахурским, но и другими языками лезгинской группы. В лезгинском, агульском, табасаранском, рутульском и удинском языках это слово звучит совершенно одинаково, в виде ʋаг. Немного отличаются арчинское ʋаг и цахурское ʋег. В других дагестанских языках этот корень не прослеживается.

Суммируя сказанное об общедагестанских *l и *r, можно заключить:

1. *l и *r в общедагестанском в начале слова не имелись.
2. В позиции после гласного е оппозиция исконных *l и *r в аварском языке нейтрализовывалась. В указанной позиции наблюдался только г.
3. В лакском и хиналугском языках конечные *l и *r утрачивались.
4. Цахурский язык сохранил исконное *l только в тех словах, в которых имелись лабиальные (или лабиализованные) согласные фонемы. В остальных случаях общедагестанское *l в цахурском отражается в виде w.
5. В срединной позиции *l и *r в большинстве языков обычно сохраняются без каких-либо изменений.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт рукописей
 им. К. С. Кекелидзе

(Поступило в редакцию 30.3.1967)

ენათმეცნიერება

ბ. გიგინეიშვილი

საერთოდ აღესტნური *ლ და *რ

რ ე ზ ი უ მ ე

საერთოდ აღესტნური *ლ-სა და *რ-ს რეფლექსთა შესწავლის შედეგად გაირკვა შემდეგი:

1. *ლ და *რ საერთოდ აღესტნურ ფუძე-ენაში სიტყვის თავში არ გვქონდა.
2. დანარჩენ პოზიციებში *ლ ენათა უმრავლესობაში უცვლელადაა შენახული. ხუნძურში ე ხმოვნის შემდეგ მას ენაცვლება რ, ანდიურ და დიდოურ ენებში გვაქვს როგორც ლ, ისე რ. დისტრიბუცია ნათელი არაა. საერთოდ აღესტნური *ლ დაკარგულია სიტყვის აბსოლუტურ ბოლოში ლაქურსა და ნაწილობრივ ხინალულურ ენაში.
3. წახურულში, როგორც ეს თავის დროზე ა. დირმა შენიშნა, დაღესტნის სხვა ენათა *ლ-ს შეფარდება უ. ა. დირს ეს შეფარდება შეზღუდული აქვს აუსლაუტით და ნაჩვენებია აქვს მეტად მცირე მასალაზე. წახურული უ საერთოდ აღესტნური *ლ-ს რეფლექსად ინლაუტშიც გვაქვს.
4. წახურული სიტყვების ერთ წყებაში ამოსავალი *ლ უცვლელადაა შენახული. ეს მიეწერება დისიმილაციურ შემაკავებელ გავლენას ლაბიალური (ან ლაბიალიზებული) თანხმოვნისას, რაც დასტურდება (ან ისტორიულად ივარაუდება) ზემოხსენებულ სიტყვებში.

5. საერთოდაღესტნური *რ ძირითადად სიტყვის ბოლოს გვევლინება და ენათა უმრავლესობაში უცვლელადაა შენახული. იგი ჩვეულებრივ იკარგვის ლაკურში, წახტრულსა და ხინალულურში.

დადოვრებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Е. А. Бокарев. Введение в сравнительное изучение дагестанских языков. Махачкала, 1961.
2. А. Дирр. Цахурский язык. СМОМПК, т. XLIII, Тифлис, 1913.
3. ვ. ჯეი რ ა ნ ი შ ვ ი ლ ი. ლაბილიზებული თანხმონები და მათი ცვლის ზოგი სახეობა წახტრ-მუხადურსა (-რუთულურსა) და თვისტომ ენებში: ივე, ტ. XV, თბილისი, 1966.
4. ილ. ც ე რ ც ვ ა ძ ე. მეზუფე ლატერალური თანხმონის შესატყვისობისათვის უღურ ენაში: ივე, ტ. XIV, თბილისი, 1964.
5. Э. Г а д ж и е в а. Общедагестанский лексический фонд в рутульском языке. Проблемы лингвистического анализа. Москва, 1966.
6. Е. Ф. Д ж е й р а н и ш в и ლ ი. Основные вопросы фонетики и морфологии цахского и мухадского (рутульского) языков. Автореферат докторской диссертации. Тбилиси, 1966.
7. Г. Х. И б р а г и м о в. Фонетика цахурского языка. Автореферат кандидатской диссертации. Баку, 1965.

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.1.1968; შევკ. № 1985; ანაწყოების ზომა 7×11; ქაღალდის ზომა 70×108; ფიზიკური ფურცელი 16; სააღრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 18,0; ნაბეჭდი ფურცელი 22,5; უე 01215; ტირაჟი 1500

Подписано к печати 29.1.1968; зак. № 1985; размер набора 7×11; размер бумаги 70×108; физический лист 16; уч.-издательский лист 18,0; печатный лист 22,5; УЭ 01215; тираж 1500

გამომცემლობა „მეცნიერება“, თბილისი, 60, კუტუზოვის ქ., 15

Издательство «Мецниереба», Тбилиси, 60, ул. Кутузова, 15

გამომცემლობა „მეცნიერების“ სტამბა, თბილისი, 60, კუტუზოვის ქ., 15

Типография Издательства «Мецниереба», Тбилиси, 60, ул. Кутузова, 15

УТВЕРЖДЕНО
Президиумом Академии наук
Грузинской ССР
28.3.1963

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—краткое изложение основного текста.

5. Объем статьи, включая иллюстрации, не должен превышать 15 000 типографских знаков (шесть 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 должны быть представлены автором в двух экземплярах, в совершенно готовом для печатания виде. Формулы должны быть четко вписаны в текст от руки. Текстовые части на иллюстрациях должны быть выполнены на обоих языках. Никакие исправления и добавления 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, серию, том, выпуск, 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 предоставляется 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 визы автора.

12. Автор получает бесплатно 10 оттисков своей статьи.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: ТБИЛИСИ, 60, ул. КУТУЗОВА, 15

Телефоны 7-22-16, 7-93-42

Условия подписки: на 1 год—12 руб., на 6 месяцев—6 руб.

დ ა შ ტ კ ი ც ე ბ უ ლ ი ა
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
პრეზიდიუმის მიერ 28.3.1963

„საპარტვილოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“
დ ე ბ უ ლ ე ბ ა

1. „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ იბეჭდება აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლეად გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.

2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.

3. „მოამბე“ გამოდის თვეში ერთხელ, ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 16 ბეჭდური თაბახი. ყოველი კვარტალის ნაკვეთები (სამი ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.

4. „მოამბეში“ დასაბეჭდად წერილები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ორენახვ: ქართულად და რუსულად. ერთ-ერთ მათგანზე, ავტორის სურვილისამებრ, —სრული ძირითადი ტექსტი, ხოლო მეორეზე —ძირითადი ტექსტის შემოკლებული გადმოცემა.

5. წერილის მოცულობა (ორივე ტექსტისა). ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 15.000 სასტამბო ნიშანს (ჟურნალის 6 გვერდს; არ შეიძლება წერილის დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.

6. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორების წერილები იბეჭდება აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარდგინებით. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია გადასცემს აკადემიის ორბინზე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად, რათა მან, დადებითად შეფასების შეთხვევაში, წარმოადგინოს იგი დასაბეჭდად.

7. წერილები ავტორმა უნდა წარმოადგინოს ორ ცალად, დასაბეჭდად საესებით მომზადებული. ფორმულები ხელით უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტში მკაფიოდ. ილუსტრაციებზე ტექსტობრივი წარწერები ორივე ენაზე უნდა იყოს მესრულეპული. წერილის დასაბეჭდად მიღების შედეგად ტექსტში შესწორებებისა და დამატებების მეტ ხ ალარ შეიძლება.

8. დამოწმებული ლიტერატურის შეახებ მონაცემები მესრულია და გვაოად სრული უნდა იყოს: საჭიროა აღინიშნოს წერილის სრული სათაური, სახელწოდება ჟურნალისა, რომელშიც დაბეჭდილია წერილი, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი; თუ დამოწმებულია წიგნი, საველეებულა წიგნის სრული სახელწოდება. გამოცემის ადგილისა და წელის მითითება.

9. დამოწმებული ლიტერატურის სია წერილის ერთვის ბოლოში. ლიტერატურის მითითებლად ტექსტში თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იქნეს შესაბამისი ნომერი სიის მიხედვით.

10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა შესაბამის ენაზე უნდა აღნიშნოს იმ დაწესებულების სახელწოდება და ადგილმდებარეობა. სადაც შესრულ ებულია ნაშრომი.

წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსავლის დღით.

* 11. ავტორს ეძლევა გვეოდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად არა უმეტეს ორი დღისა) თუ კორექტურა დადგენილი ვადისათვის არ იქნა წარმოდგენილი. რედაქციას უფლება აქვს შეაჩუროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 10 ამონაბეჭდი.

რ ე დ ა შ ტ კ ი ც ი ს მ ი ს ა შ ა რ თ ი: თბილისი, 60, კუბუხუკვის ძ. 15

ტელეფონები: 7-22-16, 7-93-42

ხ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ე: 1 წლით—12 მან., 6 თვით—6 მან.

შიხსნარსი — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENTS

ამთემობტიბა—МАТЕМАТИКА—MATHEMATICS

А. П. Лурсманашвили. О целых бесквадратных точках в многомерных эллипсоидах	3
*ა. ლურსმანაშვილი. მთელი უკვადრატო წერტილების შესახებ ელიფსოიდებში	8
Г. П. Гогишвили. О представлении чисел кватернарными квадратичными формами с коэффициентами, равными 1 и 11	9
*გ. გოგიშვილი. რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ კვადრატული კვადრატული ფორმებით, რომელთა კოეფიციენტებია 1 და 11	12
В. В. Бадагадзе. О построении разностных уравнений повышенной точности для дифференциального уравнения эллиптического типа второго порядка	13
*ვ. ბადაგაძე. მაღალი სიზუსტის სხვაობიანი განტოლებების აგების შესახებ მეორე რიგის ელიფსური ტიპის დიფერენციალური განტოლებისათვის	18

ჰიდრომეხანიკა—ГИДРОМЕХАНИКА—HIDROMECHANICS

Л. Д. Шапакидзе. Устойчивость вязкого течения между двумя вращающимися проницаемыми цилиндрами	19
*ლ. შაფაკიძე. ორ მბრუნვე ფორვან ცილინდრს შორის მოძრავი ბლანტი უკუმში სითხის მდგრადობის ამოცანა	24

კიბერნეტიკა—КИБЕРНЕТИКА—CYBERNETICS

К. П. Дзидзигური, О. К. Абурджания, Э. Г. Шуканидзе. Сетевые методы для оперативного управления сельскохозяйственным предприятием	25
*კ. ძიდიგური, ო. აბურჯანია, ე. შუკანიძე. ქსელური მეთოდები სოფლის მეურნეობის საწარმოს ოპერატიულ მართვაში	29
Н. Г. Хуцишвили, Н. М. Шарашенидзе. Решение трехиндексной транспортной задачи методом транспортных сетей	31
*ნ. ხუციშვილი, ნ. შარაშენიძე. სამინდველში ტრანსპორტის ამოცანის ამოხსნა ქსელური მეთოდით	36

ფიზიკა—ФИЗИКА—PHYSICS

Н. П. Кекелидзе, Г. П. Кекелидзе. Подвижность носителей заряда в германии и экспериментальная проверка теории рассеяния дырок на примесях	37
*ნ. კეკელიძე, გ. კეკელიძე. მუხტის მატარებელთა ძვრადობა გერმანიუმში და ხვრელების მინარევებზე გაბნევის თეორიის ექსპერიმენტული შემოწმება	41

* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური გეუთენის 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.

- В. И. Мамасакхлисов (академик АН ГССР), Р. И. Джибути, Н. Б. Кру-
пенникова. Зависящий от скорости нуклон-нуклонный потенциал и ин-
тегральные сечения дипольного фотопоглощения 43
- *ე. შამასახლისოვი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), რ. ჯი-
ბუტი, ნ. კარუპენიკოვა. სინჰარესე დამოკიდებული ნუკლონ-ნუკლონური
პოტენციალი და დიპოლური ფოტოშთაბჭვის ინტეგრალური კვეთები 47
- Л. К. Водопьянов, Н. И. Курдиани. Осциляции тока в GaAs, облучен-
ном нейтронами 49
- *ლ. ვოლოპანოვი, ნ. ქურდიანი. დენის ოსცილაცია ნეიტრონებით გაშუქებულ
GaAs-ში 53
- Д. К. Квавадзе. Экспериментальное исследование дифракции электромагнит-
ной волны на решетке из параллельных лент 55
- *დ. ყვავაძე. ელექტრომაგნიტური ტალღის დიფრაქციის ექსპერიმენტული გამოკვლევა
პარალელურ ზოლოვან მესერზე 60

გეოფიზიკა—ГЕОФИЗИКА—GEOPHYSICS

- ე. ჯიბლაძე, ვ. პაპალაშვილი. ენერჯიას (E) და მაგნიტუდას (M) შორის კავშირი
კავკასიის მიწისძვრებისათვის 61
- *Ә. А. Джибладзе, В. Г. Папалашвили. Связь между энергией (E) и
магнитудой (M) для землетрясений Кавказа 63
- Б. И. Стыро, Ш. М. Чхенкели, К. А. Таварткиладзе, Т. Г. Хун-
джуа. Вертикальное распределение естественной радиоактивности в свобод-
ной атмосфере при наличии облачности среднего яруса 65
- *ბ. სტირო, შ. ჩხენკელი, კ. თავართქილაძე, თ. ხუნჯუა. ბუნებრივი რა-
დიოაქტივობის ვერტიკალური განაწილება თავისუფალ ატმოსფეროში საშუალო იარ-
ღის ღრუბლების არსებობისას 68

 ორგანული ქიმია—ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ—
ORGANIC CHEMISTRY

- Л. Д. Меликадзе, У. А. Габуния, Т. А. Элиава, Ә. А. Ушараули,
А. А. Дзамукашвили, М. А. Мачабели, Н. Н. Шиукашвили.
О канцерогенности высокомолекулярных ароматических углеводоводов но-
рийской нефти 69
- *ლ. მელიკაძე, უ. გაბუნია, თ. ელიავა, ე. უშარაული, ა. ძამუკაშვი-
ლი, მ. მაჩაბელი, ნ. შიუკაშვილი. ნორიის ნეთონის მალალოლეკულუ-
რი არომატული ნახშირწყალბადების კანცეროგენობის შესახებ 73
- Д. П. Майсурадзе, А. И. Ногайдели, К. Г. Джапаридзе. Синтез
N-этилпроизводных спиропиранов индолинового ряда 75
- *დ. მაისურაძე, ა. ნოღაიდელი, კ. ჯაფარიძე. N-ეთილინდოლინის რიგის
სპიროპირანების სინთეზი 80
- А. И. Кахнашвили, Г. Ш. Глonti, Д. В. Кацадзе. Об алкилировании
нитрофенолов 1-этилциклогексаноном-I в присутствии 80% серной кис-
лоты 81
- *ა. კახნიაშვილი, გ. გლონტი, დ. კაცაძე. ნიტროფენოლების 1-ეთილიცლო-
ჰექსანოლ-1-ით ალკილირების შესახებ 80% გოგირდმჟავას თანდასწრებით 84

 არაორგანული ქიმია—НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ—
INORGANIC CHEMISTRY

- В. П. Натидзе, Н. В. Мзареулишвили, Е. Г. Давиташвили. Изуче-
ние взаимодействия в системе Pr (CH₃COO)₃—NaOH—H₂O 85



*ვ. ნათიძე, ნ. მზარეულიშვილი, ე. დავითაშვილი. ... სისტემაში ურთი-
ერთქმედების შესწავლა 89

ფიზიკური ქიმია—ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ—PHYSICAL CHEMISTRY

Р. Г. Барсегов, А. Д. Бичиашвили, М. В. Панчвидзе, Е. М. Нано-
башвили. Исследование низкотемпературного радиолитиза тиолов мето-
дом ЭПР 91

*რ. ბარსეგოვი, ა. ბიჭიაშვილი, მ. ფანჩიძე, ე. ნანობაშვილი. ზოგი-
ერთი თიოლის დაბალტემპერატურულ რადიოლიზის შესწავლა ელემენტარული პარა-
მაგნიტური რეზონანსის მეთოდით 96

ქიმიური ტექნოლოგია—ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ—
CHEMICAL TECHNOLOGY

ე. ჩაგუნაეა, ლ. გვასალია, ვ. მოსიძე, ე. ძნელაძე. ნახშირქანის კატალი-
ზური, სელექტიური დაქანვის გამოკვლევები მანგანუმის ქვეჯანგზე წყალბადის თანა-
ყოფობისას ლანთანოიდურ და მოდელურ დანადგარებზე 97

*В. Т. Чагунава, Л. И. Гвасалия, В. П. Мосидзе, Э. Р. Дзиеладзе.
Исследование на лабораторной и модельной установке каталитического, се-
лективного окисления окиси углерода на закиси марганца в присутствии
водорода 102

В. Ш. Бахтадзе. Очистка отработавших газов двигателей внутреннего сгора-
ния от окиси углерода 103

*ე. ბახტაძე. შიდაწვის ძრავებიდან გამოზოლქველი აირების გაწმენდა ნახშირქანის-
საგან 108

Р. И. Агладзе (академик АН ГССР), В. Л. Гегечкори. Гидратация ацети-
лена в серноокислых растворах трехвалентного марганца 109

*რ. აგლაძე (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ვ. გეგეჭკორი. აცე-
ტილენის პიდრატაცია სამვალენტოვანი მანგანუმის გოგირდმეგავ ხსნარებში 114

Х. И. Гаприндашвили, А. Л. Навасардова, Ю. Л. Чибалашвили.
Фотохромное стекло и метод измерения процесса обратимости 115

*ხ. გატრინდაშვილი, ა. ნავასარდოვა, ი. ჩინალაშვილი. ფოტოქრომა-
ტული მინა და მისი შექვევადობის პროცესის შესწავლის მეთოდი 119

ბიოქიმია—БИОХИМИЯ—BIOCHEMISTRY

ც. თურმანიძე, ი. ჯაფარიძე, ჯ. დოლიძე. ერგოსტერინის შემცველობა ზოგი-
ერთ საკვებ საფუარში 121

*ც. ტურმანიძე, ი. ჯ. ჯაფარიძე, ჯ. ა. დოლიძე. Содержа-
ние эргостерина в некоторых кормовых дрожжах 125

ბ. ალექსიძე, მ. ბალაძე. იონთა (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) შეფარდებათა გავლენა
თვის ტენის ანათლებში თავისუფალი და დაკავშირებული აცეტილქოლინის განაწი-
ლებაზე 127

*Н. Г. Алексидзе, М. В. Балавадзе. Влияние соотношений ионов (Na^+ ,
 K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) на распределение связанного и свободного ацетилхолина в
срезах головного мозга 131

ფიზიკური გეოგრაფია—ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ—
PHYSICAL GEOGRAPHY

Дж. И. Месхиа. Террасы долины р. Цхенискали на отрезке Лентехи-Риони
и их возраст 133

*ჯ. მესხია. ცხენისწყლის ხეობის ტერასები ლენტეხი-რიონის მონაკვეთში და მათი
ასაკი 136

მკონომიური გომგრავია—ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ—
ECONOMIC GEOGRAPHY

მ. შენგელაია. საქართველოს ჩრდილოეთით მთიანი რაიონების მოსახლეობის დინამიკის თავისებურებანი	137
*მ. შ. Шенгелая. Особенности динамики населения северных горных районов Грузии	142

გეოლოგია—ГЕОЛОГИЯ—GEOLOGY

დ. გ. Ахвледиани. К стратиграфии верхнемеловых отложений западной части малого Кавказа (в пределах Триалетского хребта) по фауне фораминифер	143
*დ. ახვლედიანი. მცირე კავკასიონის დას. ნაწილის (თრიალეთის ქედის ფარგლებში) ზედაკარტული ნაღებების სტრატეგრაფია ფორამინიფერების ფაუნის მიხედვით	146

პეტროგრაფია—ПЕТРОГРАФИЯ—PETROGRAPHY

გ. დ. Думбадзе, Т. Г. Чхотуа. О процессах регрессивного метаморфизма в кристаллических сланцах бассейна р. Бавю (Абхазия)	147
*გ. დუმბაძე, თ. ჩხოტუა. მდ. ბავიუს აუზის კრისტალურ ფიქლებში რეგრესული მეტამორფიზმის პროცესების შესახებ	152
ა. ი. Махарадзе. Фосфориты в Чинатурском марганцевом месторождении	153
*ა. მახარაძე. ჭიათურის მარგანეცის საბადოს ფოსფორიტები	157
რ. ლ. Шубладзе. К петрохимии верхнеэоценовых вулканогенных пород (адигенская свита) Ахалцихской депрессии	159
*რ. შუბლაძე. ახალციხის დებრესიის ზედა ეოცენის (ადიგენის წყება) ვულკანოგენური ქანების პეტროქიმიისათვის	164

სამშენებლო მექანიკა—СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА—
STRUCTURAL MECHANICS

ო. ი. Квициридзе, Ш. А. Ломидзе. К вопросу оценки несущей способности бетонных труб, изготовляемых самоходными станками по принципу вибропрессования	165
*ო. კვიციანიძე, შ. ლომიძე. ვიბროდაპრესვის პრინციპით დამზადებული ბეტონის მილების მზიდუნარიანობის შეფასების საკითხისათვის	168
ლ. გ. Мухадзе. Расчет пространственных систем с односторонними связями	169
*ლ. მუხაძე. ცალმხრივებიანი სივრცული სისტემების ანგარიში	174

მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY

დ. შ. Цагарейшвили, Т. С. Яшвили, Г. Г. Гвелеснани. Энтальпия и теплоемкость полуторной окиси скандия при высоких температурах	175
*დ. ცაგარეიშვილი, თ. იაშვილი, გ. გველესიანი. სკანდიუმის ქანგის ენტალპია და სითბოტევადობა მაღალ ტემპერატურებზე	179

მნიერბეტიკა—ЭНЕРГЕТИКА—POWER ENGINEERING

ო. გ. Пурцеладзе. Исследование локальных коэффициентов тепло- и массообмена при конденсации водяных паров из влажного воздуха	181
*ო. ფურცელაძე. სითბოსა და მასის გაცვლის ლოკალური კოეფიციენტების გამოკვლევა ტენიანი ჰაერიდან წყლის ორთქლს ანდენსაციისას	186



ავტომატიკა და ტელემეხანიკა—АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА—
AUTOMATICS AND TELEMCHANICS

Д. Л. Беридзе, Л. С. Харатишвили, Н. Г. Харатишвили. К рас-
чету магнитоизмерительной аппаратуры 187

*ჯ. ბერიძე, ლ. ხარატიშვილი, ნ. ხარატიშვილი. მაგნიტოგამზომი აპარატუ-
რის გათვლის საჭიროების საკითხისათვის 190

А. М. Морозов. Получение случайных величин с помощью нормального слу-
чайного процесса 191

*ა. შოროჯი. შემთხვევითი სიდიდეების მიღება ნორმალური შემთხვევითი პროცესის
საშუალებით 194

ბოტანიკა—БОТАНИКА—BOTANY

Н. А. Маргалитадзе, А. А. Бурчуладзе, Г. И. Тогоидзе. Опре-
деление абсолютного возраста голоценового торфа радиоуглеродным методом
(C¹⁴) из Боржом-Бакурианского района (Грузинская ССР) 195

*ბ. მარგალიტაძე, ა. ბურჭულაძე, გ. ტოგონიძე. ბორჯომ-ბაკურიანის რაიონის
პოლიცენური ტორფის აბსოლუტური ასაკის დადგენა რადონახშირბადის მეთო-
დით (C¹⁴) 197

გენერატის ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ—
PHYSIOLOGY OF PLANTS

თ. თურმანიძე, ლ. არველაძე. ყურძნის შაქრიანობაზე აგრომეტეოროლოგიური პი-
რობების გავლენის შესახებ 199

*Т. И. Турманидзе, Г. А. Арвеладзе. О влиянии агрометеорологических
условий на сахаристость ягод винограда 203

გენეტიკა და სელექცია—ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ—
GENETICS AND SELECTION

К. Р. Тавдумадзе, В. А. Тодуа. Радиочувствительность табака к гамма-
лучам Co⁶⁰ на разных этапах онтогенеза 205

*კ. თავდუმაძე, ვ. თოდუა. თამბაქოს რადიომგრძნობელობა გამა-სხივების Co⁶⁰ მიმართ
ონთოგენეზის სხვადასხვა საფეხურზე 210

ფიტოპათოლოგია—ФИТОПАТОЛОГИЯ—PHYTOPATHOLOGY

ა. მჭავანიაძე. კეთილშობილი დაფნის ავადმყოფობა—ფიტოფტოროზი საქართველოში 211

*А. В. Мжаванадзе. Фитофторозы благородного лавра в Грузии 215

პალეობიოლოგია—ПАЛЕОБИОЛОГИЯ—PALAEOBIOLOGY

И. Д. Церетели. Род *Oecotraustes* в среднеюрских отложениях Юго-Осетии и
его геохронологическое значение 217

*ი. წერეთელი. გვარი *Oecotraustes* სამხრეთ ოსეთის შუაიურულ ნაღველებიდან და მისი
გეოქრონოლოგიური მნიშვნელობა 220

მიკრობიოლოგია—МИКРОБИОЛОГИЯ—MICROBIOLOGY

М. П. Жгенти. Влияние систематического внесения удобрений в овощном сево-
обороте на микробиологическую активность серо-коричневой почвы 221

*მ. ჟღენტი. ბოსტნეულის თესვარუნვაში სასუქების სისტემატური შეტანის გავლენა
რუხ-ყავისფერ ნიადაგს მიკრობიოლოგიურ აქტივობაზე 225

ენტომოლოგია—ЭНТОМОЛОГИЯ—ENTOMOLOGY

- Д. Н. Кобахидзе, Б. В. Мурусидзе, Т. Г. Нижарадзе, Т. Ш. Иманадзе, Т. Д. Кобахидзе. Интенсивность поселения *Dendroctonus micans* Kugel. в различных вертикальных зонах ареала *Picea orientalis* (L.) Link. в Грузии 227
 *დ. კობახიძე, ბ. მურუსიძე, თ. ნიჟარაძე, თ. იმნაძე, თ. კობახიძე. *Dendroctonus micans* Kugel დასახლების ინტენსიუზა *Picea orientalis* (L.) Link. არეალის სხვადასხვა ვერტიკალურ ზონაში 230

 ნორმალური ფიზიოლოგია—НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ—
 NORMAL PHYSIOLOGY

- ბ. თევზაძე. კუდიანი ბირთვის (n. Caudatus) უშუალო ვალიზიანებით გამოწვეული რეაქციები და მისი გავლენა დიდი ტვინის ჰემისფეროთა ქერქის მოქმედებაზე 231
 *В. Г. Тевзадзе. Реакции, вызванные прямым раздражением хвостатого ядра, и их влияние на деятельность коры больших полушарий 235
 დ. ცინცაძე. ლემნისკური სისტემის როლი ცხოველის ქცევაში 237
 *Д. Г. Цинцадзе. Роль лемнисковой системы в поведении животного 242

ენათმეცნიერება—ЯЗЫКОЗНАНИЕ—LINGUISTICS

- Б. К. Гигинейшвили. Общедагестанские *l и *r 243
 *ბ. გიგინეიშვილი. საერთოდაღესტნური *ლ და *რ 247

0 /



ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ

ՅՃԵՈՒԹՅԵ.
ЦЕНА 1 РУБ.

ИНДЕКС 76181