საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე

*

СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР

*

BULLETIN OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE GEORGIAN SSR

*

XLIII, № 2

აგვისტო 1966 АВГУСТ

თბილისი * ТБИЛИСИ * TBILISI

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

МАТЕМАТИКА

В. М. КОКИЛАШВИЛИ

О ПРИБЛИЖЕНИИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ НЕКОТОРЫМИ ЛИНЕЙНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ

(Представлено академиком В. Д. Купрадзе 15.10.1965)

Пусть $f(x) \in L_p(0, 2\pi)$, $1 \leqq p \leqq +\infty$. $\omega_k(f, \delta)_p$ и $E_n(f)_p$ обозначают соответственно модуль гладкости k-го порядка и наилучшие приближения тригонометрическими полиномами порядка не выше n.

Пусть, далее, $\{\lambda_k^{(n)}\}$ ($k = 0, 1, 2, \ldots, n$; $n = 1, 2, \ldots$; $\lambda_0^{(n)} = 1$; $\lambda_k^{(n)} = 0$ при $k > n$)—треугольная матрица чисел и

$$u_n(f; x, \lambda) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{n} \lambda_k^{(n)} (a_k \cos kx + b_k \sin kx),$$

где a_k, b_k—коэффициенты Фурье функции $f(x)$.

Для каждого линейного оператора $u_n(f; x, \lambda)$ рассмотрим величину

$$R_n(f; \lambda) = \| f(x) - u_n(f; x, \lambda) \|_p,$$

характеризующую уклонение оператора $u_n(f; x, \lambda)$ от функции $f(x)$.

В начале настоящей статьи приводится оценка (теорема 1) уклонений измеримой, периодической функции $f(x) \in L_p(0, 2\pi)$, $1 < p < +\infty$, от линейных операторов, построенных на базе ее ряда Фурье при помощи матриц общего вида. Из упомянутой теоремы вытекают ранее известные результаты относительно конкретных методов суммирования.

Далее, уточнены ранее известные оценки уклонений функций $f(x) \in L_p(0, 2\pi)$, $1 < p < +\infty$, от линейных операторов, построенных на базе соответствующего ряда Фурье, при дополнительной информации о характере стремления к нулю коэффициентов Фурье. Применяя оценки, установленные нами в работе [1], мы приходим к выводу, что для функций класса $M_p^{(\tau)}$ (определение см. ниже) порядок уклонения от некоторых линейных операторов точно совпадает с порядком k-го модуля гладкости при соответствующем k.

Теорема 1. *Пусть монотонная относительно ν последовательность чисел $\{\lambda_\nu^{(n)}\}$ удовлетворяет условию*[1]

[1] Условия теоремы 1 можно ослабить. Например, первые два из них (монотонность и равномерная ограниченность) можно заменить условием

$$\sum_{\nu=2^m}^{2^{m+1}} |\lambda_\nu^{(n)} - \lambda_{\nu+1}^{(n)}| \leqq D_1 \quad \text{для всех} \quad m = 0, 1, 2, \ldots, \; n = 1, 2, \ldots$$

$$\lambda_\nu^{(n)} \leqq D_1, \quad \nu = 1, 2, \ldots, n, \; n = 1, 2, \ldots,$$

кроме того, при некотором натуральном k

$$\sum_{\nu=2^m}^{2^{m+1}} \left| \frac{\mu_{\nu+1}^{(n)}}{(\nu+1)^k} - \frac{\mu_\nu^{(n)}}{\nu^k} \right| \leqq D_1 n^{-k}$$

для всех m *и* n, $m = 0, 1, 2, \ldots$, $n = 1, 2, \ldots$ $\mu_\nu^{(n)} = 1 - \lambda_\nu^{(n)}$, *при* $\nu \leqq n$, $\mu_\nu^{(n)} = 0$ *при* $\nu > n$. *Тогда для* $f(x) \in L_p(0, 2\pi)$, $1 < p < +\infty$, *справедлива оценка*

$$R_n(f, \lambda)_p \leqq D_p \omega_k \left(f, \frac{1}{n}\right)_p.$$

Теорема 1 справедлива также в рефлексивных пространствах Орлича.

Из теоремы 1 в виде следствий получаются ранее известные оценки уклонений, соответствующих конкретным методам суммирования.

Приближение средними Бернштейна—Рогозинского

Следствие 1. Если

$$\lambda_\nu^{(n)} = \cos\frac{\nu\pi}{2n+1} \quad \text{при} \quad \nu \leqq n, \; \lambda_\nu^{(n)} = 0 \quad \text{при} \quad \nu > n,$$

тогда при $1 < p < +\infty$ справедлива оценка

$$R_n\left[f, \cos\frac{\nu\pi}{2n+1}\right] \leqq D_2 \omega_2 \left(f, \frac{1}{n}\right)_p \quad \text{при} \quad 1 < p < +\infty.$$

Приближение нормальными средними Зигмунда

Следствие 2. Если

$$\lambda_\nu^{(n)} = 1 - \left(\frac{\nu}{n+1}\right)^k \quad \text{при} \quad \nu \leqq n, \; \lambda_\nu^{(n)} = 0 \quad \text{при} \quad \nu > n,$$

тогда при $1 < p < +\infty$ имеет место оценка

$$R_n\left[f, 1 - \left(\frac{\nu}{n+1}\right)^k\right] \leqq D_3 \omega_k \left(f, \frac{1}{n}\right)_p.$$

Приближение средними Чезаро порядка α, $\alpha > 0$

Следствие 3. Пусть $\alpha > 0$,

$$\lambda_\nu^{(n)} = \frac{A_{n-\nu}^\alpha}{A_n^\alpha} \quad \text{при} \quad \nu \leqq n, \; \lambda_\nu^{(n)} = 0 \quad \text{при} \quad \nu > n; \; A_n^\alpha = \frac{(\alpha+1)(\alpha+2)\ldots(\alpha+n)}{n!},$$

тогда при $1 < p < +\infty$ справедлива оценка

$$\|\sigma_n^\alpha(f, x) - f(x)\|_p \leqq D_4 \omega \left(f, \frac{1}{n}\right)_p.$$

Оценка уклонений средними Чезаро при $\alpha \geqq 1$ была установлена в работе [2].

Из теоремы 1 следуют оценки уклонений средними Абеля—Пуассона ($k=1$), а также уклонений бигармонических в круге функций от их граничных значений ($k=2$) и др.[1].

Определение. Пусть $M_p^{(\tau)}$ обозначает класс тех функций из $L_p(0,2\pi)$, $1<p<+\infty$, коэффициенты Фурье которых положительны, и, кроме того, существует такое число $\tau>0$, что $n^{-\tau}a_n \downarrow 0$, $n^{-\tau}b_n \downarrow 0$.

Теорема 2. *Пусть найдутся такие положительные числа C и β, что*

$$\left(\frac{\nu}{n}\right)^{\beta} \leqq C|1-\lambda_\nu^{(n)}|$$

для всех n и ν, $\nu=1, 2, \ldots, n$. Тогда для $f(x)\in M_p^{(\tau)}$ при $1<p\leqq 2$ справедлива оценка

$$R_n(f, \lambda)_p \geqq \frac{C_{p,\tau}}{n^{\beta}}\left\{\sum_{\nu=1}^{n} \nu^{\beta p-1} E_{\nu-1}^p(f)_p\right\}^{1/p}.$$

Теорема 3. *Для нормальных средних Зигмунда функций класса $M_p^{(\tau)}$ $(1<p<+\infty)$ справедливы соотношения*

$$R_n\left[f,\ 1-\left(\frac{\nu}{n+1}\right)^k\right]\sim\omega_k\left(f,\ \frac{1}{n}\right)_p\sim\frac{1}{n^k}\left\{\sum_{\nu=1}^{n}\nu^{pk-1}E_{\nu-1}^p(f)_p\right\}^{1/p}.$$

Теорема 4. *Для средних Бернштейна—Рогозинского функций класса $M_p^{(\tau)}$ $(1<p<+\infty)$ справедливы соотношения*

$$R_n\left[f,\ \cos\frac{\nu\pi}{2n+1}\right]\sim\omega_2\left(f,\ \frac{1}{n}\right)_p\sim\frac{1}{n^2}\left\{\sum_{\nu=1}^{n}\nu^{2p-1}E_{\nu-1}^p(f)_p\right\}^{1/p}.$$

Теорема 5. *Для средних Чезаро порядка $\alpha>0$ функций класса $M_p^{(\tau)}$, $1<p<+\infty$, справедливы соотношения*

$$||\sigma_n^{\alpha}(f, x)-f(x)||_p\sim\omega\left(f,\ \frac{1}{n}\right)_p\sim\frac{1}{n}\left\{\sum_{\nu=1}^{n}\nu^{p-1}E_{\nu-1}^p(f)_p\right\}^{1/p}.$$

Теорема 6. *Для средних Абеля—Пуассона функций класса $M_p^{(\tau)}$, $1<p<+\infty$, справедливы соотношения*

$$||u(r,\ x)-f(x)||_p\sim\omega\left(f,\ \frac{1}{n}\right)_p\sim\frac{1}{n}\left\{\sum_{\nu=1}^{n}\nu^{p-1}E_{\nu-1}^p(f)_p\right\}^{1/p},$$

где

$$n=\left[\frac{1}{1-r}\right].$$

[1] В последнее время в печати появились оценки в частных случаях уклонений средними Абеля—Пуассона и Чезаро порядка α, $0<\alpha<1$ [5]. Эти оценки следуют из теоремы 1 настоящей статьи (примечание при корр.).

Теоремы 3—6 на классе $M_p^{(\tau)}$ уточняют оценки, установленные в работах [2, 3].

Пусть $w(r, x)$—бигармоническая в круге функция, удовлетворяющая на границе условиям

$$w(r, x)|_{r=1} = f(x), \qquad f(x) \in M_p^{(\tau)}, \qquad \left.\frac{\partial w}{\partial r}\right|_{r=1} = 0.$$

Теорема 7. *Справедлива оценка*

$$\|w(r, x) - f(x)\|_p \sim \omega_2(f, 1-r) \sim \frac{1}{n^2}\left\{\sum_{\nu=1}^{n} \nu^{2p-1} E^p_{\nu-1}(f)_p\right\}^{1/p}.$$

Теорема 7 на классе $M_p^{(\tau)}$ уточняет оценку, выведенную в работе [4].

Теоремы 3—7 подтверждают неулучшаемость оценок, содержащихся в выше сформулированных следствиях.

Подробные доказательства будут опубликованы отдельно.

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

(Поступило в редакцию 15.10.1965)

მათემატიკა

ვ. კოკილაშვილი

ზოგიერთი წრფივი ოპერატორით პერიოდულ ფუნქციათა მიახლოვების შესახებ

რეზიუმე

შრომაში დაზუსტებულია პერიოდული ფუნქციიდან ზოგიერთი წრფივი ოპერატორით გადახრისათვის ადრე ცნობილი შეფასებები. $L_p(0,2\pi)$, $1<p<+\infty$, კლასის ერთ-ერთ ქვეკლასზე გადახრებისათვის მიღებულია რიგობრივი ტოლობები.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Кокилашвили. О структурных и конструктивных характеристиках одного класса периодических функций. Сообщения АН ГССР, XLIII, № 1, 1966, 1—6.
2. П. Л. Ульянов. О приближении функций. Сибирский математический журнал, т. X, № 2, 1964.
3. М. Ф. Тиман. Суммирование рядов Фурье и наилучшее приближение. Изв. АН СССР, сер. матем., 29, 1965, 587—604.
4. С. Каниев. Об уклонении в среднем бигармонических функций от их граничных значений. В сб.: „Функциональный анализ и теория функций", II, Казань, 1964.
5. А. И. Буадзе. Об одной задаче П. Л. Ульянова. Сообщ. АН ГССР, т. XLI, № 3, 1965.

(в частности, возможны случаи $Z(z) \equiv 0$). Обратно, каждое решение уравнения (2)—интеграл I рода.

Теорема 1. *Число l интегралов* I *рода не меньше чем* $2\rho + 2$, $l \geqq 2\rho + 2$.

В самом деле, пусть однородное уравнение $MU = 0$ имеет g решений. Тогда для разрешимости неоднородного уравнения необходимо и достаточно выполнение g условий разрешимости. Это означает, что уравнение (2) разрешимо не менее чем при $2\rho - g + 2$ отличных от нуля правых частях. Общее число интегралов I рода, таким образом, не меньше чем $g + (2\rho - g + 2) = 2\rho + 2$.

Априори возможно, что число интегралов I рода больше $2\rho + 2$. Оно равно тогда $2\rho + 2 + r$, где $r = g - \operatorname{rang} \|(Z_i, V_j)\|$, $i = 1, \ldots, 2\rho$, $j = 1, \ldots, g$. Здесь V_j есть решения уравнения, союзного к уравнению (2):

$$M'V \equiv V(z) - \frac{1}{\pi} \iint\limits_{\widetilde{R}} [A(t) V(t) + \overline{B(t) V(t)}] M(z, t)\, dT = 0 \tag{3}$$

и

$$(Z, V) = \operatorname{Re} \iint\limits_{\widetilde{R}} [A(t) V(t) + \overline{B(t) V(t)}] Z(t)\, dT. \tag{4}$$

Покажем, что случай $r > 0$ действительно реализуется. Для этого достаточно построить коварианту $V(z)$, удовлетворяющую уравнению (4) и ортогональную ко всем абелевым интегралам I рода $(Z, V) = 0$. Пусть $d\psi$—абелева ковarianта III рода с полюсами в точках P_0 и P_1. В некоторой области G, содержащей P_1 и один нуль $d\psi$, деформируем ψ' таким образом, чтобы она превратилась в дифференцируемую ковarianту без нулей и полюсов, сохраняла прежние граничные условия и удовлетворяла условиям

$$\operatorname{Re} \iint\limits_{G} \widetilde{\psi}'_{\bar{t}}(t) Z_k(t)\, dT = 0, \qquad k = 1, \ldots, 2\rho, \tag{5}$$

где $\widetilde{\psi}'(t)$—новое значение ковarianты.

Положим теперь

$$V(z) = \begin{cases} \widetilde{\psi}'(z) & \text{в } G, \\ \psi'(z) & \text{в } R - G, \end{cases} \qquad \overline{B(z)} = \begin{cases} \widetilde{\psi}'_{\bar{z}} / \widetilde{\psi}' & \text{в } G, \\ 0 & \text{в } R - G. \end{cases} \tag{6}$$

Тогда

$$\Psi(z) = V(z) - \frac{1}{\pi} \iint\limits_{\widetilde{R}} \overline{B(t) V(t)} M(z, t)\, dT \tag{7}$$

есть аналитическая на R ковarianта.

Пусть

$$c = \frac{1}{\pi} \iint\limits_{\tilde{R}} \overline{B(t) V(t)}\, dT. \tag{8}$$

Тогда V удовлетворяет однородному уравнению

$$V(z) - \frac{1}{\pi} \iint\limits_{\tilde{R}} \overline{B(t) V(t)}\, M_1(z, t)\, dT = 0, \tag{9}$$

где

$$M_1(z, t) = M(z, t) - \frac{1}{c} \Psi(z). \tag{10}$$

Переходим к изучению интегралов с особенностями. Пусть Z_P — абелев интеграл II рода с полюсом в точке P, $Z(P_0) = 0$.

Уравнение

$$MU = Z_P + \sum \alpha_\mu Z_\mu \tag{11}$$

имеет решение при некотором наборе α_μ в случае $l = 2\rho + 2$.

Если $l > 2\rho + 2$, то можно показать, что существует ровно r абелевых интегралов Z_{P_i} ($\nu = 1, \ldots, r$) таких, что уравнение (11) не имеет решений ни при одной комбинации α_μ.

Таким образом, „избыточные" интегралы I рода возникают за счет исчезновения того же числа интегралов II рода. При построении остальных интегралов II и III рода нужно рассматривать уравнения

$$MU = Z_0 + \sum \alpha_\mu Z_\mu + \sum \beta_\nu Z_{P_\nu}.$$

Всегда существует комбинация коэффициентов α_μ и β_ν, при которой это уравнение имеет решение.

Известно [3], что число ковариант I рода, удовлетворяющих уравнению

$$V_{\bar{z}} - AV - \overline{BV} = 0, \tag{12}$$

может быть меньше чем 2ρ.

Справедлива, однако,

Теорема 2. *Размерность пространства $H(P_0)$ ковариант, имеющих полюс первого порядка, удовлетворяющих уравнению* (12), *равна* 2ρ.

В самом деле, коварианты из пространства $H(P_0)$ удовлетворяют уравнению $M'V = Z'$, где Z'—абелевы коварианты I рода.

Пусть число решений однородного уравнения (3) равно g. Неоднородное уравнение разрешимо при $2\rho - s$ правых частях. Здесь

$$s = \operatorname{rang} \|(U_i, Z_j')\|, \quad i = 1, \ldots, g, \; j = 1, \ldots, 2\rho,$$

где U_i—решения однородного уравнения (2). Ранг матрицы $\|(U_i, Z_j)\|$ равен g, так как в противном случае нашлось бы решение U, ортогональное к Z_j, $(U, Z_j) = 0$, $j = 1, \ldots, 2\rho$.

Очевидно, периоды такого решения равны нулю. В силу нормировки ядра $U(P_0) = 0$. В силу теоремы Лиувилля отсюда следует, что $U \equiv 0$.

Более подробно может быть изучено уравнение

$$U_{\bar{z}} - BU + B\overline{U} = 0, \tag{13}$$

к которому приводится уравнение (1) в случае $l_0 \geqq 1$ (l_0—число обобщенных констант [3]). Уравнение, сопряженное к (13), имеет вид

$$V_{\bar{z}} + BV - \overline{BV} = 0. \tag{14}$$

Теорема 3. *Замкнутые дифференциалы*

$$\eta_j = Jm\,(V_j\,dz), \quad j = 1, \ldots, 2\rho, \tag{15}$$

где V_j ($j = 1, \ldots, 2\rho$)—базис пространства $H(P_0)$ для уравнения (14), ***составляют базис одномерной группы когомологий с действительными коэффициентами поверхности** R*[1].

Замкнутость дифференциалов η_j проверяется непосредственно. Остается показать их когомологическую независимость. Пусть $\eta_j - \eta_{j'} = d\varphi$—точный дифференциал и $B(z) \in C^1$. Тогда φ удовлетворяет уравнению

$$\Delta\varphi + \alpha\varphi_x + \beta\varphi_y = 0, \tag{16}$$

где $\alpha + i\beta = 2B$, имеет на R единственную логарифмическую особенность. Такая функция ограничена на R, и в силу принципа максимума для уравнения (16) $\varphi \equiv \text{const}$. Для случая $B \in L_p$, $p > 2$, строится соответствующий предельный переход.

Из этой теоремы вытекает следующее утверждение относительно нормировки обобщенных аналитических интегралов:

Теорема 4. *Решение уравнения* (13), *регулярное на* R, *удовлетворяющее на* $\widehat{R}$ *условию* $U(P_0) = 0$ *и имеющее чисто действительные периоды, тождественно равно нулю.*

В самом деле, если U есть такая функция и $V \in H(P_0)$, то $Jm\,(UV dz)$ есть регулярный на R замкнутый дифференциал.

Тогда

$$\int_{\partial\widehat{R}} Jm\,(UV dz) = 0. \tag{17}$$

[1] В работе [4] утверждалось, что все V_j—ковариантны I рода. Это вообще говоря, неверно и опровергается примерами. Отсюда следует, что для уравнения (13) возможно существование единственной обобщенной константы, $l_0 = 1$.

Пусть $K_1, \ldots, K_{2p}$—базис, вдоль циклов которого проведены разрезы. Тогда уравнение (17) эквивалентно следующему аналогу римановых билинейных соотношений:

$$Jm \sum_{\mu=1}^{p} \left[\Delta_{K_{2\mu}} U \cdot \int\limits_{K_{2\mu-1}} V dz - \Delta_{K_{2\mu-1}} U \int\limits_{K_{2\mu}} V dz \right] = 0 \qquad (18)$$

где $\Delta_K U$—период U вдоль цикла K.

Полагая $(-1)^\nu \Delta_{K_\nu} U = c_\nu$, получаем

$$\sum_{\nu=1}^{2p} c_\nu Jm \int\limits_{K_\nu} V_j dz = 0, \qquad j = 1, \ldots, 2p, \qquad (19)$$

где V_j—базис пространства $H(P_0)$.

Полагая

$$K = \sum_{\nu=1}^{2p} c_\nu K_\nu$$

(здесь K—элемент гомологий с действительными коэффициентами), из уравнения получаем

$$\int\limits_K \eta_j = 0, \qquad j = 1, \ldots, 2p, \qquad (20)$$

откуда в силу теоремы 3 $K \sim 0$, т. е. $U(z)$ однозначна на R и в силу теоремы Лиувилля $U \equiv 0$.

Теорема 5. *Уравнение*

$$M_* U \equiv U(z) - \frac{1}{\pi} \iint\limits_{\widehat{R}} B(t)\,[U(t) - \overline{U(t)}]\, M_*(t, z)\, dT = 0 \qquad (21)$$

не имеет ненулевых решений.

В самом деле, решение союзного к нему уравнения

$$M_*' V \equiv V(z) - \frac{1}{\pi} \iint\limits_{\widehat{R}} [B(t)\, V(t) - \overline{B(t)\, V(t)}]\, M_*(z, t)\, dT = 0 \qquad (22)$$

имеет чисто действительные периоды. Поэтому $Jm V dz$—точный на R дифференциал, $V \in H(P_0)$, откуда в силу теоремы 3 следует $V \equiv 0$.

Заметим, что теорема сохраняется, если вмосто $\dfrac{1}{\pi}$ в уравнении (21) стоит произвольный комплексный параметр λ.

На базе теорем 4 и 5 доказывается

Теорема 6. *Размерность пространства интегралов* I *рода для уравнения* (13) *равна* $2\rho+2$, *причем существует базис* U_μ $(\mu = 1, \ldots, 2\rho+2)$ *такой, что*

$$\operatorname{Re} \Delta_{K_\nu} U_\mu = \delta_{\mu\nu}, \quad \mu, \nu = 1, \ldots, 2\rho, \tag{23}$$

$$U_\mu(P_0) = 0,$$

$U_{2\rho+1}$, $U_{2\rho+2}$ *имеют однозначные действительные части и*

$$U_{2\rho+1}(P_0) = 1, \qquad U_{2\rho+2}(P_0) = 2.$$

Существуют нормированные интегралы II *и* III *рода.*

Мультипликативно многозначные аналитические функции сводятся к абелевым интегралам логарифмированием. Для обобщенных аналитических функций это, вообще говоря, неверно.

Пусть $D = \Sigma \alpha_i P_i$—дивизор на R, $\operatorname{ord} D = 0$. Обозначим $d\omega_D(z)$ абелев дифференциал III рода с вычетами α_i в точках P_i. Пусть c_μ—периоды абелева дифференциала вдоль контуров K_μ $(\mu = 1, \ldots, 2\rho)$. Доказывается следующая

Лемма. Существует единственный абелев дифференциал $d\omega_D$, периоды которого удовлетворяют условию

$$ic_\mu = \sum_{\nu=1}^{\rho} (c_{2\nu-1} \operatorname{Re} \Gamma_{\mu,\, 2\nu} - c_{2\nu} \operatorname{Re} \Gamma_{\mu,\, 2\nu-1}), \tag{24}$$

где $\Gamma_{\mu\nu}$—матрица периодов (3.2.8) [2].

Абелев дифференциал I рода, периоды которого удовлетворяют условию (24), тождественно равен нулю.

Дифференциалы и интегралы, периоды которых удовлетворяют условию (24), мы называем канонически нормированными.

Теорема 7. *Существует единственная обобщенная аналитическая функция* $U(z)$, *удовлетворяющая уравнению* (1), *с канонически нормированными мультипликативными периодами, нули и полюса которой определяются дивизором* D, $\operatorname{ord} D = 0$ *и* $U(P_0) = 1$.

Пусть $d\omega_D$ — канонически нормированный абелев дифференциал. Можно показать, что функция $U(z)$ удовлетворяет нелинейному уравнению

$$U(z) = \exp\left\{\omega_D(z) + \frac{1}{\pi} \iint\limits_{\widetilde{R}} \left[A(t) + B(t)\frac{\overline{U(t)}}{U(t)}\right] M_*(t, z)\, dT\right\}. \tag{25}$$

Существование решения этого уравнения следует из принципа Шаудера. Единственность доказывается так же, как в работе [4].

В заключение рассмотрим следующую проблему обращения мультипликативных интегралов: найти решение уравнения (1), комплексно нормированное на R, мультипликативные периоды которого вдоль $K_{2\mu}$ равны c_μ и полюса расположены в точках дивизора D, $\operatorname{ord} D = n$.

Нетрудно видеть, что в случае $A = B = 0$ и $D = nP_0$ мы приходим к известной проблеме обращения Якоби. В самом деле, логарифм решения приведенной задачи в этом случае есть интеграл III рода $\omega_{-nP_0+\Delta}(\zeta)$, где $\Delta = \Sigma P_k$—дивизор нулей решения, причем периоды этого интеграла вдоль $K_{2\mu}$ равны c_μ. В силу римановых соотношений периодов [2] получим

$$\sum_{k=1}^{n} w_\mu(P_k) = \frac{c_\mu}{2\pi i} \,. \tag{26}$$

Приведенная нами проблема легко сводится к теореме Римана—Роха.

В самом деле, пусть $U_0(\zeta)$—комплексно нормированная мультипликативная константа для уравнения

$$U_{0\bar\zeta} + A_0 U_0 = 0, \tag{27}$$

где A_0 подобрано так, что периоды U_0 вдоль $K_{2\mu}$ равны c_μ $(\mu = 1, \ldots, \rho)$. Пусть $U(\zeta)$—отыскиваемая нами функция. Тогда функция $W(\zeta) = U(\zeta)/U_0(\zeta)$ удовлетворяет уравнению

$$w_{\bar\zeta} + (A - A_0)\, w + \frac{BU_0}{U_0}\, \bar w = 0, \tag{28}$$

однозначна на R и кратна—D. Класс $L(D)$ решений уравнения (28) кратных—D непуст при $\operatorname{ord} D \geqq \rho$.

Отсюда вытекает

Теорема 8. *Проблема обращения мультипликативных интегралов разрешима при* $\operatorname{ord} D \geqq \rho$.

Одесский институт инженеров
морского флота

(Поступило в редакцию 13.10.1965)

მათემატიკა

ი. როდინი

მრავალსახა განზოგადებულ ანალიზურ ფუნქციათა თეორიის ზოგიერთი საკითხისათვის

რეზიუმე

ნაშრომში აგებულია მრავალსახა განზოგადებული ანალიზური ფუნქციების ალგებრული თეორია რიმანის ჩაკეტილ ზედაპირებზე.

ᲓᲐᲛᲝᲬᲛᲔᲑᲣᲚᲘ ᲚᲘᲢᲔᲠᲐᲢᲣᲠᲐ — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Н. Векуа. Обобщенные аналитические функции. ФМ, М., 1959.
2. М. Шиффер, Д. К. Спенсер. Функционалы на конечных римановых поверхностях, ИЛ, М., 1951.
3. Ю. Л. Родин. Алгебраическая теория обобщенных аналитических функций на замкнутых римановых поверхностях. ДАН СССР, т. 142, № 5, 1962.
4. Ю. Л. Родин. К алгебраической теории эллиптических систем дифференциальных уравнений. ДАН СССР, т. 150, № 6, 1963.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

МАТЕМАТИКА

И. Н. КАРЦИВАДЗЕ

ОБ ОДНОМ ПОРОЖДЕННОМ ПОТЕНЦИАЛОМ ФУНКЦИОНАЛЕ

(Представлено академиком И. Н. Векуа 25.12.1965)

Пусть Ω—некоторая область n-мерного эвклидового пространства R^n $(n \geqq 3)$, граница Γ_Ω которой—ограниченное множество. Обозначим через μ некоторую действительную конечную борелевую обобщенную меру с носителем S_μ из Γ_Ω и рассмотрим потенциал

$$U^\mu(x) = \int h_x(y)\,\mu(dy),$$

где $h_x(y) = h(||x-y||)$, а $h(||x||) = ||x||^{2-n}$—фундаментальная супергармоническая функция в R^n [1]. Рассмотрим одновременно линейное множество Φ произвольных, действительных, конечных, борелевых обобщенных мер ν, носители S_ν которых расположены в Ω.

Задание $\mu\,(S_\mu \subset \Gamma_\Omega)$ однозначно определяет некоторый линейный (однородный и аддитивный) функционал φ_μ на Φ, задаваемый формулой

$$\varphi_\mu(\nu) = \int U^\mu(y)\,\nu(dy), \tag{1}$$

где интегрирование распространено на S_ν (или, что все равно, на все R^n).

Для целей, которые преследуются в этой статье, удобно ввести в Φ следующее упорядочение: $\nu_1 > \nu_2$ $(\nu_i \in \Phi,\ i = 1, 2)$, если $U^{\nu_1}(y) \geqq U^{\nu_2}(y)$ для всех $y \in \Gamma_\Omega$. Сообразно этому определению, соотношение $\nu > 0$ $(\nu \in \Phi)$ будет означать, что $U^\nu(y) \geqq 0$ в каждой точке $y \in \Gamma_\Omega$. Пусть φ произволный линейный (однородный и аддитивный) функционал на Φ. Будем называть его Φ- позитивным функционалом, когда $\varphi(\nu) \geqq 0$ всякий раз, когда $\nu > 0$ $(\nu \in \Phi)$. Функционал φ_1 естественно назвать Φ-мажорантой функционала φ, если разность $\varphi_1 - \varphi$ является Φ—позитивным функционалом в только что определенном смысле.

Легко видеть, что, какова бы ни была действительная обобщенная мера μ с носителем $S_\mu \subset \Gamma_\Omega$, функционал φ_μ, определенный на Φ по формуле (1), имеет на Φ линейную Φ-позитивную Φ-мажоранту.

В самом деле, рассмотрим функционал φ_{μ_1}, где $\mu = \mu_1 - \mu_2$ представляет собой разложение Хана обобщенной меры μ. Очевидно, что μ_1—положительная мера и ее носитель $S_\mu \subset \Gamma_\Omega$.

Пусть теперь $\nu > 0$ — некоторая обобщенная мера из Φ. Тогда имеем

$$\psi_{\mu_1}(\nu) = \int U^{\mu_1}(x)\,\nu(dx) = \int U^{\nu}(x)\,\mu_1(dx) \geqq 0,$$

так как $U^{\nu}(x) \geq 0$ везде на Γ_2 а $S_{\mu_1} \subset \Gamma_2$. С другой стороны, при $\nu > 0$ из тех же соображений получим

$$(\psi_{\mu_1} - \psi_{\mu})(\nu) = \psi_{\mu_2}(\nu) = \int U^{\mu_2}(x)\,\nu(dx) = \int U^{\nu}(x)\,\mu_2(dx) \geq 0.$$

Это показывает, что ψ_{μ_1} есть Φ-позитивная Φ-мажоранта функционала ψ_{μ}, что и требовалось доказать.

Это предложение допускает обращение, которое можно сформулировать в виде следующей теоремы: если ψ представляет собой линейный (т. е. однородный и аддитивный) функционал на Φ, для которого существует Φ-позитивная линейная Φ-мажнранта, найдется такая обобщенная конечная мера μ ($S_{\mu} \subset \Gamma_2$), что

$$\psi(\nu) = \psi_{\mu}(\nu)$$

для всех $\nu \in \Phi$.

Доказательство опирается на следующее предолжение, которое сформулируем и докажем в первую очередь: каждый Φ-позитивный линейный функционал ψ на Φ допускает представление

$$\psi(\nu) = \psi_{\mu}(\nu) = \int U^{\mu}(x)\,\nu(dx),$$

где μ — некоторая конечная положительная мера с носителем $S_{\mu} \subset \Gamma_2$.

Рассмотрим с целью доказательства этого предложения некоторую точку $x \in \Omega$ и меру δ_x, которая определена для всех борелевих множеств E по формуле

$$\delta_x(E) = \begin{cases} 1 & \text{при } E \ni x, \\ 0 & \text{„} \quad E \bar{\ni} x. \end{cases}$$

Очевидно, $U^{\delta_x}(y) = h_x(y) > 0$ во всем пространстве R^n и, следовательно, $\delta_x \in \Phi$, $\delta_x > 0$. Поэтому из предпосылок нашего предложения заключаем

$$\psi(\delta_x) \geqq 0, \qquad (x \in \Omega).$$

Отсюда, обозначая через $W(x) = \psi(\delta_x)$ $(x \in \Omega)$, получаем, что W представляет собой некоторую неотрицательную функцию на Ω.

Докажем, что W непрерывна на Ω. Пусть x — любая фиксированная точка в Ω. Так как выражение $||x' - y||^{2-n}$, как функция от $y \in \Gamma_2$ равномерно на Γ_2 стремится к функции $||x - y||^{2-n}$ при $x' \to x$ и так как функция $||x - y||^{2-n}$ ограничена снизу некоторым положительным числом при $y \in \Gamma_2$, очевидно, можно найти такую окрестность V_x точки x, что для всех $x' \in V_x$ будем иметь

$$\left| \|x' - y\|^{2-n} - \|x - y\|^{2-n} \right| < \varepsilon \|x - y\|^{2-n},$$

где $\varepsilon > 0$ — произвольно выбранное положительное число, а $y \in \Gamma_2$ — произвольная точка. Поэтому, если ввести обобщенные меры $\nu_1 = (1+\varepsilon)\delta_x - \delta_{x'}$ и $\nu_2 = \delta_{x'} - (1-\varepsilon)\delta_x$ и учесть, что в силу последнего неравенства их потенциалы, т. е. выражения

$$U^{\nu_1}(y) = (1+\varepsilon)\|x - y\|^{2-n} - \|x' - y\|^{2-n}$$

и

$$U^{\nu_2}(y) = \|x' - y\|^{2-n} - (1-\varepsilon)\|x - y\|^{2-n},$$

принимают положительные значения в каждой точке $y \in \Gamma_2$, будет иметь $\nu_1 > 0$, $\nu_2 > 0$. Из Φ-позитивности ψ заключаем, что $\psi(\nu_1) \geqq 0$, $\psi(\nu_2) \geqq 0$, т. е. что $(1+\varepsilon) W(x) - W(x') \geqq 0$, а также $W(x') - (1-\varepsilon) W(x) \geqq 0$, или иначе

$$|W(x) - W(x')| \leqq \varepsilon W(x),$$

для всех $x' \in V_x$. Это в силу произвольности $\varepsilon > 0$ и $x \in \Omega$ доказывает непрерывность функции W в области Ω.

Пусть теперь ν — произвольный элемент из $\Phi(S_\nu \subset \Omega)$. Рассмотрим последовательность конечных разбиений множества S_ν на непересекающиеся борелевские подмножества $(e_1^{(m)}, e_2^{(m)}, \ldots, e_{k(m)}^{(m)})$ $(m = 1, 2, \ldots)$, где диаметры каждого $e_i^{(m)}$ $(i = 1, 2, \ldots k(m);\ m = 1, 2, \ldots)$ меньше чем $\frac{1}{m}$. Выбирая на каждом из этих множеств по точке $x_i^{(m)} \in e_i^{(m)}$ $(1 = 1, 2, \ldots, k(m),\ m = 1, 2, \ldots)$, составляем последовательность обобщенных мер

$$\nu_m = \sum_{i=1}^{k(m)} \nu(e_i^{(m)})\, \delta_{x_i^{(m)}} \quad (m = 1, 2, \ldots).$$

Очевидно, что $\nu_m \in \Phi$ для каждого $m = 1, 2, \ldots$

Рассматривая выражение $\|x - y\|^{2-n}$ как семейство по y функций от $x \in S_\nu$ при $y \in \Gamma_2$, легко доказать, учитывая замкнутость $S_\nu \subset \Omega$ $(S_\nu \cap \Gamma_2 = \varnothing)$, что это семейство по y равностепенно непрерывно на S_ν $(y \in \Gamma_2)$. Это значит, что колебание функций $f_y(x) = \|x - y\|^{2-n}$ на каждом из множеств $e_i^{(m)}$ $(i = 1, 2, \ldots k(m))$ меньше чем некоторое положительное число ε_m' (причем $\varepsilon_m \downarrow 0$, $m \to \infty$) независимо от положения точки $y \in \Gamma_2$. Следовательно,

$$|U^\nu(y) - U^{\nu_m}(y)| = \left| \sum_{i=1}^{k(m)} \left\{ \int_{e_i^{(m)}} \|x - y\|^{2-n} \nu(dx) - \|x_i^{(m)} - y\|^{2-n} \nu(e_i^{(m)}) \right\} \right| \leqq$$

$$\leqq \sum_{i=1}^{k(m)} \int_{e_i^{(m)}} \left| \|x - y\|^{2-n} - \|x^{(m)} - y\|^{2-n} \right| |\nu|(dx)^{1)} < \varepsilon_m \sum_{i=1}^{k(m)} \int_{e_i^{(m)}} |\nu|(dx) = \varepsilon_m |\nu|(S_\nu) \downarrow 0 \quad (2)$$

при $m \to \infty$. Это означает, что $U^{\nu_m}(y) \to U^\nu(y)$ равномерно по $y \in \Gamma_2$.

[1] $|\nu|$ обозначает здесь полную вариацию обобщенной меры ν.

Выбирая поэтому некоторую фиксированную точку $x_0 \in \Omega$ и произвольное $\varepsilon > 0$, учитывая ограниченность снизу некоторым положительным числом выражения $||x_0 - y||^{2-n}$ при $y \in \Gamma_2$, можем найти такое натуральное число m_0, что при $m > m_0$ будем иметь

$$|U^{\nu}(y) - U^{\nu_m}(y)| < \varepsilon \, ||x_0 - y||^{2-n}$$

для всех $y \in \Gamma_2$. Это означает, что

$$\varepsilon U^{\delta_{x_0}}(y) + U^{\nu_m}(y) - U^{\nu}(y) > 0$$

и

$$U^{\nu}(y) - U^{\nu_m}(y) + \varepsilon U^{\delta_{x_0}}(y) > 0$$

для всех $y \in \Gamma_2$, т. е. $\nu_m - \nu + \varepsilon \delta_{x_0} > 0$, а также $\nu - \nu_m + \varepsilon \delta_{x_0} > 0$. Основываясь на свойстве Ф-позитивности функционала ψ, отсюда заключаем, что $\psi(\nu_m) - \psi(\nu) + \varepsilon W(x_0) \geqq 0$, а также $\psi(\nu) - \psi(\nu_m) + \varepsilon W(\nu_0) \geqq$ $\geqq 0$, что равносильно условию

$$|\psi(\nu) - \sum_{i=1}^{k(m)} \nu(e_i^{(m)}) \, W(x_i^{(m)})| \leqq \varepsilon \, W(x_0).$$

Переходя к пределу в этом соотношении при $m \to \infty$ и учитывая уже доказанное свойство непрерывности функции W на Ω (и, следовательно, на S_ν), получаем

$$|\psi(\nu) - \int W(x) \, \nu(dx)| \leqq \varepsilon W(x_0),$$

что в силу произвольности $\varepsilon > 0$ доказывает, что $\psi(\nu) = \int W(x) \, \nu(dx)$ для любого $\nu \in \Phi$.

Отсюда нетрудно получить, что функция W удовлетворяет условию положительной определенности, введенному в работах [2, 3]. В самом деле, если $\nu \in \Phi$ и $U^{\nu}(y) \geqq 0$ в каждой точке $y \in \Gamma_2$, то это влечет $\psi(\nu) \geqq 0$, т. е. по уже доказанному получаем $\int W(x) \nu(dx) \geqq 0$. Это означает, как это доказано в работах [2, 3][1], что $W(x)$ есть потенциал $U^{\mu}(x)$ некоторой положительной меры μ с носителем $S_\mu \subset \Gamma_2$, и наше предложение доказано.

Переходя к доказательству основной теоремы, рассматриваем произвольный линейный функционал ψ, допускающий на множестве Ф Ф-позитивную Ф-мажоранту ψ_1. Тогда функционал $\psi_2 = \psi_1 - \psi$ вместе с функционалом ψ_1 является Ф-позитивным линейным функционалом, и,

([1] Возможность представления положительно определенной функции в виде потенциала положительной меры в работах [2, 3] доказывается для случая областей, расположенных в R^3. Легко видеть, что то же доказательство, после очевидных изменений, пригодно и для любого R^n $(n \geqq 3)$.

следуя доказанному предложению, можно найти две такие положительные меры μ_1 и μ_2 с носителями на Γ_Ω, что $\psi_i(\nu) = \int U^{\mu_i}(x)\,\nu(dx)$ $(i=1, 2)$. Отсюда, обозначая $\mu = \mu_1 - \mu_2$, находим

$$\psi(\nu) = \int U^{\mu}(x)\,\nu(dx),$$

где μ—некоторая обобщенная мера с носителем, расположенным на Γ_Ω. Этим доказательство теоремы завершено.

Предполагая с самого начала, что рассматриваемый на Φ функционал ψ представляется в виде

$$\psi(\nu) = \int W(x)\,\nu(dx), \quad (\nu \in \Phi)$$

где W—некоторая борелевая функция на Ω, получаем некоторое ослабление основной теоремы, позволяющее охарактеризовать в Ω потенциалы обобщенных мер, сосредоточенных на Γ_Ω.

Сопоставляя с каждой такой функцией W соответствующий функционал $\psi(\nu) = \int W(x)\,\nu(dx)$ $(\nu \in \Phi)$, находим условие представимости функции W в виде потенциала обобщенной меры μ, распределенной на Γ_Ω.

Имея целью дать компактную формулировку этого условия, вводем следующее определение: функцию W_1 будем называть Φ-мажорантой функции W, если $W_1 - W$ является положительно определенной функцией в Ω [2, 3], или, что то же самое,

$$\int (W_1(x) - W(x))\,\nu(dx) \geqq 0,$$

для любого $\nu \in \Phi$, если только $\nu > 0$.

Борелевая функция W, определенная в области Ω, представима в виде потенциала некоторой обобщенной меры μ с носителем, расположенным на Γ_Ω, тогда и только тогда, когда W имеет положительно определенную Φ-мажоранту в области Ω.

Академия наук Грузинской ССР
Вычислительный центр

(Поступило в редакцию 25.12.1965)

მათემატიკა

ი. ქარცივაძე

პოტენციალით წარმოქმნილი ერთი ფუნქციონალის შესახებ

რეზიუმე

შრომაში განიხილება n-განზომილებიანი ევკლიდეს სივრცის რაიმე Ω არეში კომპაქტური მატარებლის მქონე განზოგადებული ν ზომების წრფივ მრავალსახეობაზე განსაზღვრული წრფივი ψ ფუნქციონალები. ნაჩვენებია, რომ გარკვეული აზრით დადებითი ასეთი ფუნქციონალი წარმოიდგინება

$$\psi(\nu) = \int U^{\mu}(x)\, \nu(dx)$$

სახით, სადაც $U^{\mu}(x)$ წარმოადგენს (ψ ფუნქციონალზე დამოკიდებულ) Ω არის საზღვარზე თავმოყრილი განზოგადებული ზომის პოტენციალს.

აქედან, კერძოდ, მიიღება Ω არეში ჰარმონიული ფუნქციის ისეთი, ნებისმიერი ნიშნის მქონე, მასის პოტენციალის სახით წარმოდგენადობის აუცილებელი და საკმარისი ნიშანი, რომელიც თავმოყრილია Ω არის საზღვარზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Брело. Основы классической теории потенциала. М., 1964.
2. И. Н. Карцивадзе. О потенциале положительных зарядов. Сообщения АН ГССР, XXXII: 1, 1963.
3. И. Н. Карцивадзе. Некоторые вопросы теории потенциала. Труды Вычислительного центра АН ГССР, т. VI, вып. 3, 1965.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

МАТЕМАТИКА

Р. А. КОРДЗАДЗЕ

ОБ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ, ВСТРЕЧАЮЩЕЙСЯ В ТЕОРИИ ОБОЛОЧЕК

(Представлено академиком И. Н. Векуа 10.12.1965)

В работах [1—4] И. Н. Векуа построил новый вариант теории тонких пологих оболочек, который по сравнению с классической теорией обладает рядом преимуществ. Им же доказаны в общем случае существование и единственность решения основных граничных задач, причем для ряда классов оболочек эти задачи редуцируются к краевым задачам теории аналитических функций. Мы рассмотрим одну из этих задач, сформулированную в работах [1—3], и составим для нее систему интегральных уравнений Фредгольма довольно простого вида, разрешимость которой будет следовать из теоремы единственности [1—3].

Пусть D—конечная односвязная область, содержащая начало координат и ограниченная простым замкнутым контуром Γ, уравнение которого запишем в виде $t(s) = x(s) + iy(s)$, где s—длина дуги; будем считать, что функция $t(s)$ имеет производные по s до третьего порядка включительно, принадлежащие классу H [6].

Будем исследовать следующую граничную задачу: требуется найти в области D две голоморфные функции $f_1(z)$, $f_2(z)$ и вещественное регулярное решение метагормонического уравнения

$$\chi_{xx} + \chi_{yy} - \lambda^2 \chi = 0 \quad \left(\lambda^2 = \frac{6}{(1-\sigma)h^2}\right), \tag{1}$$

которые удовлетворяют следующим условиям: 1) вместе со своими производными первого порядка они непрерывно продолжимы вплоть до границы Γ, 2) их значения на Γ принадлежат классу H и 3) выполняются граничные условия

$$\chi(z) - \frac{2\sigma}{3(1+\sigma)}\left(f_1'(z) + \overline{f_1'(z)}\right) = v(z), \qquad (z \in \Gamma)$$

$$-\sigma h^2 \frac{\partial \chi}{\partial \bar{z}} + \frac{3-\sigma}{1+\sigma} f_1(z) - z\overline{f_1'(z)} - \overline{f_2'(z)} = u_+(z), \tag{2}$$

$$\left(2\frac{\partial}{\partial \bar{z}} = \frac{\partial}{\partial x} + i\frac{\partial}{\partial y}\right)$$

где σ—коэффициент Пуассона, $h = \text{const} > 0$, $v(z)$, $u_+(z) = u_1 + iu_2$—заданные функции точек контура Г. Будем считать, что $v(z)$ имеет первую производную из класса H, а $u_+(z)$ имеет вторую производную, удовлетворяющую условия H.

Для того чтобы пользоваться теоремой единственности [2], к этой задаче нужно присоединить условия нормировки

$$f_1(0) = f_2(0) = 0$$

либо

$$f_2(0) = f_2'(0) = 0; \tag{3}$$

ниже мы будем пользоваться условиями (3).

Любое вещественное регулярное решение уравнения (1) единственным образом представимо внутри области D по формуле И. Н. Векуа [5]

$$\chi(z) = \operatorname{Re}\left\{\Phi(z) + \int_0^z G(z, t_1)\,\Phi(t_1)\,dt_1\right\} \qquad (z, t_1 \in D), \tag{4}$$

где $\Phi(z)$—произвольная голоморфная функция в области D, причем

$$\Phi(0) = \overline{\Phi(0)}, \tag{5}$$

$G(z, t)$—комплексная функция Римана уравнения (1), которая имеет вид

$$G(z, t) = -\frac{\partial}{\partial t}\,\mathrm{I}_0\left(\lambda\sqrt{\bar{z}(z - t)}\right),$$

где I_0—функция Беселя первого рода нулевого порядка.

В силу того что, согласно условию $\chi(z)$, $\chi_{\bar{z}} \in H(\Gamma)$, функция $\Phi(z)$ обладает аналогичными свойствами [5]. Учитывая это, при помощи формулы (5) граничные условия (2) перепишем так:

$$\operatorname{Re}\left\{\Phi(z) - 2k_1 f_1'(z) + \int_0^z G(z, t_1)\,\Phi(t_1)\,dt_1\right\} = v(z), \qquad (z \in \Gamma)$$

$$\frac{\sigma h^2}{2}\,\Phi'(z) + k_2\bar{z}\,\Phi(z) + \frac{\sigma - 3}{\sigma + 1}\,\overline{f_1(z)} + \bar{z}f_1'(z) + \psi(z) + \tag{6}$$

$$+ \frac{\sigma h^2}{2}\int_0^z \frac{\partial G(z, t_1)}{\partial z}\,\Phi(t_1)\,dt_1 + \frac{\sigma h^2}{2}\int_0^{\bar{z}} \overline{\frac{\partial G(z, t_1)}{\partial z}}\,\overline{\Phi(t_1)}\,\overline{dt_1} = -\overline{u_+(z)},$$

где

$$k_1 = \frac{2\sigma}{3(1 + \sigma)}, \qquad k_2 = \frac{3\sigma}{4(1 - \sigma)}, \qquad f_2'(z) = \psi(z) \qquad (z \in D).$$

Искомые функции будем представлять в виде

$$f_1(z) = \frac{1}{2\pi i}\int\limits_{\Gamma}\frac{\omega_1(t)\,dt}{t-z} + i\int\limits_{\Gamma}\omega_2(t)\,ds, \qquad (7)$$

$$\Phi(z) = \frac{1}{\pi i}\int\limits_{\Gamma}\frac{\omega_3(t)\,dt}{t-z} + \frac{k_1}{\pi i}\int\limits_{\Gamma}\frac{\omega_1(t)\,dt}{(t-z)^2} - \frac{k_1}{\pi i}\int\limits_{\Gamma}\frac{\omega_1(t)\,dt}{t^2} +$$

$$+\frac{1}{\pi i}\int\limits_{\Gamma}\omega_3(t)\,Jm\left(\frac{t'}{it}\right)ds, \qquad (8)$$

$$\psi(z) = \frac{1}{\pi i}\int\limits_{\Gamma}\frac{(a + b\bar{t}'^2 + c\bar{t}^2)\,\omega_1(t) + \omega_2(t) - k_2\bar{t}\omega_3(t)}{t-z}\,dt -$$

$$-\frac{1}{2\pi i}\int\limits_{\Gamma}\frac{2\,b\bar{t}\omega_1(t) + \sigma h^2\omega_3(t)}{(t-z)^2}\,dt - \frac{k_1\sigma h^2}{2\pi i}\int\limits_{\Gamma}\frac{\omega_1(t)\,dt}{(t-z)^3} + e, \qquad (9)$$

где $\omega_1(t)$, $\omega_2(t)$ и $\omega_3(t)$—вещественные функции точек контура Γ,

$$a = k_1k_2 + \frac{\sigma-3}{2(\sigma+1)}, \quad b = \frac{1}{2} + k_1k_2, \quad c = \frac{9k_1\sigma}{16h^2(\sigma^2-1)},$$

$$e = -\frac{1}{\pi i}\int\limits_{\Gamma}\frac{(a + b\bar{t}'^2 + c\bar{t}^2)\,\omega_1(t) + \omega_2(t) - k_2\bar{t}\omega_3(t)}{t}\,dt +$$

$$+\frac{1}{2\pi i}\int\limits_{\Gamma}\frac{2\,b\bar{t}\omega_1(t) + \sigma h^2\omega_3(t)}{t^2}\,dt + \frac{k_1\sigma h^2}{2\pi i}\int\limits_{\Gamma}\frac{\omega_1(t)\,dt}{t^3}.$$

Будем считать, что $\omega_1(t)$ имеет вторую производную, удовлетворяющую условия H, $\omega_3(t)$ имеет первую производную из класса H, а $\omega_2(t)$ принадлежит классу H. Очевидно, что эти требования обеспечивают непрерывную продолжимость искомых функций $f_1(z)$, $f_2(z)$, $\Phi(z)$ и их производных первого порядка вплоть до границы, причем они удовлетворяют условию H на Γ. Нетрудно также видеть, что функции $f_1(z)$, $\Phi(z)$ и

$$f_2(z) = \int\limits_0^z\psi(\zeta)\,d\zeta \qquad (z \in D) \qquad (10)$$

удовлетворяют условиям нормировки (3) и (5).

Подставляя выражения (7), (8) и (9) в граничные условия (6), получаем систему интегральных уравнений относительно $\omega_j(t)$ $(j = 1, 2, 3)$. Для этой цели предварительно нужно в формуле (8) второй интеграл преобразовать интегрированием по частям, формулу (9) привести к виду

$$\psi(z) = \frac{1}{\pi i}\int_\Gamma \frac{(a + c\bar{t}^2)\,\omega_1(t) + \omega_2(t) - k_2\bar{t}\omega_3(t)}{t - z}\,dt - \frac{b}{\pi i}\int_\Gamma \frac{\bar{t}\omega_1'(t)}{t - z}\,dt -$$

$$- \frac{\sigma h^2}{2\pi i}\int_\Gamma \frac{\omega_3'(t)\,dt}{t - z} - \frac{k_1\sigma h^2}{2\pi i}\int_\Gamma \frac{\omega_1''(t)\,dt}{t - z} + e,$$

а также принять во внимание следующие легко проверяемые формулы:

$$\int_0^z G(z, t_1)\,w(t_1)\,dt_1 = \frac{\lambda^2\bar{z}}{4}\int_\Gamma \frac{\omega_1(t)\,dt}{t - z} - \int_\Gamma \omega_1(t)\left\{\frac{G(z, 0)}{t} + \right.$$

$$\left. + \int_0^z \frac{\partial G(z, t_1)}{\partial t_1}\,\frac{dt_1}{t - t_1}\right\} dt,$$

$$\int_0^z \frac{\partial G(z, t_1)}{\partial z}\,w(t_1)\,dt_1 = \frac{\lambda^4\bar{z}^2}{32}\int_\Gamma \frac{\omega_1(t)\,dt}{t - z} - \int_\Gamma \omega(t_1)\left\{\frac{1}{t}\,\frac{\partial G(z, 0)}{\partial z} + \right.$$

$$\left. + \int_0^z \frac{\partial^2 G(z, t_1)}{\partial z\,\partial t_1}\,\frac{dt_1}{t - t_1}\right\} dt,$$

$$\int_0^z \frac{\partial G(z, t_1)}{\partial \bar{z}}\,w(t_1)\,dt_1 = \frac{\lambda^2}{4}\int_\Gamma \frac{\omega_1(t)\,dt}{t - z} - \int_\Gamma \omega_1(t)\left\{\frac{1}{t}\,\frac{\partial G(z, 0)}{\partial \bar{z}} + \right.$$

$$\left. + \int_0^z \frac{\partial^2 G(z, t_1)}{\partial \bar{z}\,\partial t_1}\,\frac{dt_1}{t - t_1}\right\} dt,$$

где

$$w(t_1) = \int_\Gamma \frac{\omega_1'(t)\,dt}{t - t_1}, \qquad z,\ t_1 \in D.$$

Тогда упомянутая выше система интегральных уравнений будет иметь вид

$$x(s_0)\,\omega_1(t_0) + n\omega_3(t_0) - \frac{y(s_0)}{\pi}\int_\Gamma \frac{\omega_1(t)\,dt}{t - t_0} + \int_\Gamma n_{11}(t_0, t)\,\omega_1(t)\,ds +$$

$$+ \int_\Gamma n_{13}(t_0, t)\,\omega_3(t)\,ds = nv(t_0), \tag{11}$$

$$m\omega_1(t_0)+\omega_2(t_0)+\frac{1}{\pi i}\int\limits_{\Gamma}\frac{\omega_2(t)\,dt}{t-t_0}+\int\limits_{\Gamma}n_{21}(t_0,\ t)\,\omega_1(t)\,ds+$$

$$+\int\limits_{\Gamma}n_{22}(t_0,\ t)\,\omega_2(t)\,ds+\int\limits_{\Gamma}n_{23}(t_0,\ t)\,\omega_3(t)\,ds=-\overline{u_+(t_0)},$$

где

$$n_{11}(t_0,\ t)=\frac{t_0}{2\pi i}\,\frac{d}{ds}\ln\frac{t-t_0}{\bar t-\bar t_0}-\operatorname{Re}\frac{nk_1}{\pi i}\left(\int\limits_0^{t_0}\frac{\partial G(t_0,\ t_1)}{\partial t_1}\,\frac{t'dt_1}{t-t_1}+\right.$$

$$\left.+\frac{tG(t_0,\ 0)+\mathrm{I}_0(\lambda|t_0|)+t'^2-1}{t^2\,\bar t'}\right),$$

$$n_{13}(t_0,\ t)=\frac{n}{2\pi i}\,\frac{d}{ds}\ln\frac{t-t_0}{\bar t-\bar t_0}+\operatorname{Re}\frac{n}{\pi i}\int\limits_0^{t_0}\frac{t'G(t_0,\ t_1)}{t-t_1}\,dt_1,\quad n=\frac{(1-\sigma^2)h^2}{\sigma},$$

$$\pi i n_{21}(t_0,\ t)=\frac{d}{ds}\left(k_1k_2\ln\frac{t-t_0}{\bar t-\bar t_0}+b\,\frac{\bar t-\bar t_0}{t-t_0}+\frac{\sigma-3}{2(\sigma+1)}\ln\frac{t-t_0}{\bar t-\bar t_0}\right)+$$

$$+\frac{2b\bar t-2k_1k_2\bar t_0-2t(a+b\bar t'^2+c\bar t^2)+k_1\sigma h^2}{\bar t'\,t^2}+$$

$$+ct'\,\frac{\bar t^2-\bar t_0^2}{t-t_0}+\frac{k_1\sigma h^2}{2}\left(\frac{\bar t'}{\bar t}\,\frac{\partial\overline{G(t_0,\ 0)}}{\partial t_0}-\frac{t'}{t}\,\frac{\partial G(t_0,\ 0)}{\partial t_0}\right)-$$

$$-\frac{k_1\sigma h^2}{2}\int\limits_0^{t_0}\left\{\frac{\partial^2G(t_0,\ t_1)}{\partial t_0\,\partial t_1}\,\frac{t'}{t-t_1}+\frac{t'}{t^2}\,\frac{\partial G(t_0,\ t_1)}{\partial t_0}\right\}dt_1+$$

$$+\frac{k_1\sigma h^2}{2}\int\limits_0^{\bar t_0}\left\{\frac{\partial^2\overline{G(t_0,\ t_1)}}{\partial t_0\,\partial\bar t_1}\,\frac{\bar t'}{\bar t-\bar t_1}+\frac{\bar t'}{\bar t^2}\,\frac{\partial\overline{G(t_0,\ t_1)}}{\partial t_0}\right\}\overline{dt_1},$$

$$n_{22}(t_0,\ t)=-\frac{t'}{\pi i}-\frac{i(\sigma-3)}{\sigma+1},$$

$$\pi i n_{23}(t_0,\ t)=-k_2\,\frac{\bar t-\bar t_0}{t-t_0}+\frac{2k_2t^2\bar t_0\,Jm\left(\dfrac{t'}{it}\right)+2k_2|t|^2t'+\sigma h^2t'}{2t^2}+$$

$$+\frac{\sigma h^2}{2}\left(\int\limits_0^{t_0}\frac{\partial G(t_0,\ t_1)}{\partial t_0}\,\frac{t'dt_1}{t-t_1}-\int\limits_0^{\bar t_0}\frac{\partial\overline{G(t_0,\ t_1)}}{\partial t_0}\,\frac{\overline{t'\,dt_1}}{\bar t-\bar t_1}\right)+$$

$$+\frac{\sigma h^2}{2}\, Jm\left(\frac{t'}{it}\right)\left(\int\limits_0^{t_0}\frac{\partial G(t_0,\, t_1)}{\partial t_0}\, dt_1-\int\limits_0^{t_0}\frac{\partial \overline{G(t_0,\, t_1)}}{\partial t_0}\,\overline{dt_1}\right),$$

$$m=2k_1k_2+\frac{\sigma-3}{\sigma+1}\,.$$

Система уравнений (11) представляет собой квазифредгольмову систему сингулярных интегральных уравнений [6], разрешимость которой следует из теоремы единственности рассматриваемой кривой задачи [2]. Легко видеть, что решение системы (11) обладает требуемой гладкостью.

Из сказанного выше следует, что если произвольные голоморфные в области D функции $f_1(z)$, $\psi(z)$ и $\Phi(z)$ удовлетворяют указанным выше условиям гладкости и нормировки, то эти функции единственным образом представимы в виде (7), (8) и (9).

Систему интегральных уравнений (13) легко привести к эквивалентной ей системе интегральных уравнений Фредгольма. В самом деле, отделив мнимую часть во втором уравнении (11) и применив к полученному уравнению оператор Коши, найдем

$$\omega_2(t_0)+\int\limits_\Gamma\sum_{j=1}^{3}k_{2j}(t_0,\, t)\,\omega_j(t)\, ds=\widetilde{u}_2(t_0), \tag{12}$$

$$\widetilde{u}_2(t_0)=\frac{1}{\pi}\int\limits_\Gamma\frac{u_2(t)\, dt}{t-t_0}\,.$$

Теперь, отделяя реальную часть того же уравнения и подставляя в полученном уравнении выражение (12) для $\omega_2(t_0)$ получаем

$$\omega_1(t_0)+\int\limits_\Gamma\sum_{j=1}^{3}k_{1j}(t_0,\, t)\,\omega_j(t)\, ds=-\frac{1}{m}\,(u_1(t_0)+\widetilde{u}_2(t_0)). \tag{13}$$

Наконец, подставляя в первое уравнение (11) значение $\omega_1(t_0)$, определенное из формулы (13), будем иметь

$$\omega_3(t_0)+\int\limits_\Gamma\sum_{j=1}^{3}k_{3j}(t_0,\, t)\,\omega_j(t)\, ds=\widetilde{v}(t_0), \tag{14}$$

$$\widetilde{v}(t_0)=v(t_0)+\frac{x(s_0)}{mn}\,(u_1(t_0)+\widetilde{u}_2(t_0))-\frac{y(s_0)}{nm\pi}\int\limits_\Gamma\frac{u_1(t)+\widetilde{u}_2(t)}{t-t_0}\, dt\,.$$

Очевидно, что система интегральных уравнений Фредгольма (12), (13), (14) эквивалентна к системе (11).

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 10.12.1965)

მათემატიკა

რ. კორძაძე

ერთი სასაზღვრო ამოცანის შესახებ, რომელიც გვხვდება გარსთა თეორიაში

რეზიუმე

შრომაში განხილულია (2) სასაზღვრო ამოცანა, რომელიც დასმულია ი. ვეკუას [2] შრომაში. ამოცანა მიყვანილია მის ექვივალენტურ ფრედჰოლმის ტიპის ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემაზე, რომლის ამოხსნადობა გამომდინარეობს ამოცანის ამოხსნის ერთადერთობიდან [2].

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Н. Векуа. Об одном методе расчета призматических оболочек. Труды Тбилисского матем. ин-та, 21, 1955.
2. I. N. Vekua. Theory of Thin and Shallow Elastic Shells with Variable Thickness. Труды международного симпозиума в Тбилиси, т. 1, 1963.
3. И. Н. Векуа. Об одном варианте теории тонких пологих оболочек. Лекции по спецкурсу „Математическая теория оболочек", Новосибирский университет, 1964.
4. И. Н. Векуа. Теория тонких и пологих упругих оболочек переменной толщины. Лекции по спецкурсу „Математическая теория оболочек". Новосибирский университет, 1964.
5. И. Н. Векуа. Новые методы решения эллиптических уравнений. М., 1948.
6. Н. И. Мусхелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. М., 1962.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

МАТЕМАТИКА

Л. В. ЖИЖИАШВИЛИ

СОПРЯЖЕННЫЕ ФУНКЦИИ И РЯДЫ ФУРЬЕ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 27.10.1965)

1. Предположим, что 2π-периодическая функция $f(x)$ суммируема на $[-\pi, \pi]$. Обозначим через $\sigma[f]$ ряд Фурье функции $f(x)$, а через $S_n(x, f)$—частные суммы ряда $\sigma[f]$. Как обычно, символом $\bar{f}(x)$ обозначают сопряженную функцию для $f(x)$, т. е.

$$\bar{f}(x) = -\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x+t)\operatorname{ctg}\frac{t}{2}\,dt.$$

Хорошо известно ([1], стр. 528), что $\bar{f}(x)$ существует почти всюду для каждой суммируемой функции $f(x)$.

Свойства функции $\bar{f}(x)$, вообще говоря, отличаются от характерных свойств исходной функции $f(x)$. В частности, если $f(x)$—ограниченная 2π-периодическая функция, то $\bar{f}(x)$ может и не быть ограниченной ([1], стр. 557). Однако, как показали Р. Туран [2] и М. Кинукава [3], если $f(x)$—четная 2π-периодическая ограниченная на $(-\infty, +\infty)$ функция, то и функции

$$\varphi(x) = \frac{1}{\operatorname{tg}\frac{x}{2}}\int_{0}^{x}\bar{f}(t)\,dt, \qquad \psi(x) = \int_{x}^{\pi}\frac{\bar{f}(t)}{\operatorname{tg}\frac{t}{2}}\,dt$$

ограничены на $(-\infty, +\infty)$, причем предполагается, что функции $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ определены вышеприведенными формулами для $x \in [-\pi, \pi]$ и затем продолжены периодически с периодом 2π на всю прямую.

В заметке [4] нами были приведены результаты, относящиеся к вопросу непрерывности функций $\varphi(x)$ и $\psi(x)$.

Поведения частных сумм рядов $\sigma(\varphi)$ и $\sigma(\psi)$ изучали М. и С. Идзуми [5]. В частности, они доказали, что справедливы следующие утверждения:

а) Пусть $f(x)$—четная 2π-периодическая функция. Если $f(x)$ ограничена и частные суммы ряда $\sigma(f)$ равномерно ограничены, то и частные суммы ряда $\sigma[\varphi]$ равномерно ограничены.

b) Если $f(x)$—нечетная ограниченная функция, то частные суммы ряда $\sigma[\varphi]$ равномерно ограничены.

c) Если же $f(x)$—ограниченная 2π-периодическая функция, то частные суммы ряда $\sigma[\psi]$ равномерно ограничены.

Ниже мы приведем результаты, которые показывают, что утверждение a) можно усилить, а утверждения b) и c), вообще говоря, неверны; приводятся и другие утверждения, связанные с этими же вопросами.

2. Справедливы следующие теоремы:

Теорема 1. *Пусть $f(x)$—четная 2π-периодическая ограниченная функция. Тогда если*

$$|S_n(0, f)| \leqq M \quad (n = 0, 1, \ldots),$$

то

$$||S_n(x, \varphi)||_C = O(1), \qquad ||S_n(x, \psi)||_C = O(1) \quad (n = 0, 1, \ldots).$$

Теорема 2. *Существует 2π-периодическая нечетная непрерывная функция $f(x)$, для которой*

$$||S_n(x, f)||_C = O(1) \quad (n = 0, 1, \ldots),$$

однако $S_n(x, \varphi)$ не ограничены в точках $x \equiv 0 \,(\mathrm{mod}\, 2\pi)$.

Теорема 3. *Существует ограниченная 2π-периодическая функция $f(x)$, для которой $S_n(x, \psi)$ не ограничены в точках*

$$x \equiv 0 \,(\mathrm{mod}\, 2\pi).$$

В качестве искомой функции можно предполагать

$$f(x) = \sum_{n=2}^{\infty} \frac{\sin nx}{n \ln n}.$$

В частности, из теорем 2 и 3 следует, что утверждения b) и c) неверны.

Однако справедлива

Теорема 4. *Пусть $f(x)$—нечетная 2π-периодическая суммируемая функция и ее ряд Фурье*

$$f(x) \sim \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin nx.$$

Тогда если функции $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ ограничены и частные суммы ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ ограничены, то

$$||S_n(x, \varphi)||_C = O(1), \qquad ||S_n(x, \psi)||_C = O(1) \quad (n = 0, 1, \ldots).$$

Отметим здесь же, что если $f(x)$—нечетная ограниченная функция, то, вообще говоря, функции $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ не ограничены. Обратно, из ограниченности функции $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ не следует ограниченность $f(x)$ или $\bar{f}(x)$. Естественно, возникает вопрос: при каких нетривиальных условиях функции $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ ограничены, если исходная функция $f(x)$ нечетная?

Нижеприведенные утверждения дают в частных случаях ответ на только что поставленный вопрос.

Теорема 5. *Пусть $f(x)$—нечетная 2π-периодическая суммируемая функция и ее ряд Фурье*

$$f(x) \sim \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin nx.$$

Если $\bar{f}(x) \in L$ и

$$\sum_{n=1}^{p} n\,|b_n| = O(p) \quad (p = 1, 2, \ldots), \tag{1}$$

то для ограниченности функции $\varphi(x)$ необходимо и достаточно, чтобы частные суммы ряда $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ были ограничены.

В частности, если $b_n \geqq 0$ $(n = 1, 2, \ldots)$ и имеет место соотношение (1), то функция $\varphi(x)$ ограничена тогда и только тогда, когда ряд $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ сходится.

Справедлива и

Теорема 6. *Пусть $f(x)$—нечетная 2π-периодическая суммируемая функция и $\bar{f}(x) \in L$. Положим, что*

$$f(x) \sim \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin nx,$$

$$R_m = \sum_{n=m}^{\infty} \frac{b_n}{n} \quad (m = 1, 2, \ldots).$$

Если

$$\sum_{m=1}^{p} R_m = O(1) \quad (p = 1, 2, \ldots),$$

то функция $\varphi(x)$ ограничена.

Аналогичные утверждения верны и для функции $\psi(x)$.

Автор выражает глубокую благодарность проф. П. Л. Ульянову за ценные указания при исполнении этой работы.

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 27.12.1965)

მათემატიკა

ლ. ჟიჟიაშვილი

ფურიეს მწკრივები და შეუღლებული ფუნქციები

რეზიუმე

შრომაში განხილულია

$$\varphi(x) = \frac{1}{\operatorname{tg}\frac{x}{2}} \int_0^x \bar{f}(t)\, dt, \qquad \psi(x) = \int_x^\pi \frac{\bar{f}(t)}{\operatorname{tg}\frac{t}{2}}\, dt$$

ფუნქციების და მათი შესაბამისი ფურიეს მწკრივების ყოფაქცევის საკითხი, სადაც $\bar{f}(x)$ არის $f(x)$ ფუნქციის შეუღლებული ფუნქცია.

დამოწმებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. К. Бари. Триггонометрические ряды. Физматгиз, М., 1961.
2. P. Turan. On a trigonometrical sum. Annales de la Soc. Polon. de Math., 25, 1952, 155–161.
3. M. Kinukawa. Dissertation at the Northwestern University, 1960.
4. Л. В. Жижиашвили. О сопряженных функциях. ДАН СССР, 167, № 2, 1966, 278—281.
5. M. and S. Izumi. On some theorems on conjugate functions. Acta Math. Hung., XIII, 1—2, 1962, 133—143.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

Г. П. КВИНИКАДЗЕ

О ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ СМЕШАННЫХ ГРАНИЧНЫХ ЗАДАЧ ПЛОСКОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

(Представлено академиком В. Д. Купрадзе 2. 11.1965)

В статье дается приближенное решение обобщенных смешанных плоских задач изотропного упругого тела. Эти задачи сформулированы в работе [2], из которой заимствованы все обозначения. Для конкретности здесь мы останавливаемся подробно на задаче B_i в случае конечной односвязной области D_i [2]. Другие задачи решаются аналогично.

1^0. Задача B_i ставится следующим образом: найти в области D_i регулярное решение системы уравнений

$$\Delta^* \vec{u} \equiv \mu \Delta \vec{u} + (\lambda + \mu) \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{u} = 0, \tag{1}$$

удовлетворящее на границе S условию

$$B \vec{u} = \vec{\Phi}(Q),$$

где $\vec{\Phi}(Q) = [\Phi_1(Q), \Phi_2(Q)]$ заданный вектор класса Гельдера и кроме того, $\dfrac{\partial \Phi_2(Q)}{\partial S}$ — функция класса Гельдера, а оператор B определен в работе [2].

Пусть $L(P, Q) = \Gamma^0(P, Q) - \Gamma^0(Q) - \pi E = \{\vec{L}^{(1)}(P, Q), \vec{L}^{(2)}(P, Q)\} = ||L_{ij}(P, Q)||$, где $\Gamma^0(P, Q)$—матрица фундаментальных решений Сомильяны [1], $\Gamma^0(Q) = \Gamma^0(O, Q)$, E—единичная матрица.

Рассмотрим потенциалы

$$\vec{V}(P; \vec{h}) = \frac{1}{\pi} \int_S L_{(1)}(P, Q) \vec{h}(Q) \, dS_Q, \tag{2}$$

$$\vec{W}(P; \vec{g}) = \frac{1}{\pi} \int_S L_{(2)}(P, Q) \vec{g}(Q) \, dS_Q, \tag{3}$$

где $\vec{h}(Q)$, $\vec{g}(Q)$—векторы класса Гельдера, а $L_{(1)}(P, Q)$ и $L_{(2)}(P, Q)$ — следующие матрицы [2]:

$$L_{(1)}(P, Q) = [B_P L(P, Q)]^* = \{\vec{L}_1^{(1)}(P, Q). \ \vec{L}_{(1)}^{(2)}(P, Q)\} = ||L_{ij}^{(1)}(P, Q)||,$$

$$L_2(P,\ Q) = [A_P L(P,\ Q)]^* = \{\vec{L}^{(1)}_{(2)}(P,\ Q),\ \vec{L}^{(2)}_{(2)}(P,\ Q)\} = ||L^{(2)}_{ij}(P,\ Q)||,$$

где оператор A определен в работе [2].

Векторы (2) и (3) являются решениями (1) и удовлетворяют следующим предельным соотношениям [2]:

$$A_i\vec{V}(Q_0;\ \vec{h}) = \vec{h}(Q_0) + \frac{1}{\pi}\int\limits_S A_{Q_0}L_{(1)}(Q_0,\ Q)\vec{h}(Q)dS_Q,$$

$$A_a\vec{V}(Q_0;\ \vec{h}) = -\vec{h}(Q_0) + \frac{1}{\pi}\int\limits_S A_{Q_0}L_{(1)}(Q_0,\ Q)\vec{h}(Q)\,dS_Q, \tag{4}$$

$$B_i\vec{V}(Q_0;\ \vec{h}) = B_a\vec{V}(Q_0;\ \vec{h}) = B\vec{V}(Q_0;\ \vec{h});$$

$$B_i\vec{W}(Q_0;\ \vec{g}) = -\vec{g}(Q_0) + \frac{1}{\pi}\int\limits_S B_{Q_0}L_{(2)}(Q_0,\ Q)\vec{g}(Q)\,dS_Q,$$

$$B_a\vec{W}(Q_0;\ \vec{g}) = \vec{g}(Q_0) + \frac{1}{\pi}\int\limits_S B_{Q_0}L_{(2)}(Q_0,\ Q)\vec{g}(Q)\,dS_Q, \tag{5}$$

$$A_i\vec{W}(Q_0;\ \vec{g}) = A_a\vec{W}(Q_0;\ \vec{g}) = A\vec{W}(Q_0;\ \vec{g}).$$

Рассмотрим систему функциональных уравнений

$$\vec{u}(P) = \frac{1}{2\pi}\int\limits_S [L_{(1)}(P,\ Q)\vec{f}(Q) - L_{(2)}(P,\ Q)\vec{\Phi}(Q)]\,dS_Q,\ P\in D_i, \tag{6_1}$$

$$0 = \frac{1}{2\pi}\int\limits_S [L_{(1)}(P,\ Q)\vec{f}(Q) - L_{(2)}(P,\ Q)\vec{\Phi}(Q)]\,dS_Q,\ P\in D_a, \tag{6_2}$$

где $\vec{f}(Q) = [f_1(Q),\ f_2(Q)]$—неизвестный вектор класса Гельдера, который должен быть определен из уравнения (6_2), а $\vec{u}(P)$—из (6_1) путем подстановки в нем $\vec{f}(Q)$, определенного из (6_2).

Лемма 1. Любое решение системы (6) есть решение задачи B_i.

Доказательство. Очевидно, $\vec{u}(P)$, определенный из уравнения (6_1), удовлетворяет системе (1). чтобы проверить граничные условия, составим разность предельных значений B-операции от равенств (6_1) и (6_2) соответственно изнутри и извне, используя формулы (4) и (5); тогда получим $B_i\vec{u}(Q_0) = \vec{\Phi}(Q_0),\ Q_0 \in S$. Лемма доказана.

Произведем A-операцию над обеими частями равенства (6_2) и перейдем к пределу при $P\to Q_0$ извне. В силу (4) и (5) получим сингулярное уравнение

$$\vec{f}(Q_0) - \frac{1}{\pi}\int A_{Q_0}L_{(1)}(Q_0,\ Q)\vec{f}(Q)\,dS_Q = -A_{Q_0}\vec{W}(Q_0;\ \vec{\Phi}), \tag{7}$$

которое соответствует задаче A_a [2]. Можно показать [3], что уравнение (7) имеет единственное решение.

Лемма 2. Решение уравнения (7) является решением функционального уравнения (6_2).

Доказательство. Допустим противное; тогда рассматривая вектор

$$\vec{V}_*(Q) = \frac{1}{2\pi}\int\limits_S L_{(1)}(P, Q) f(Q)\, dS_Q - \frac{1}{2\pi}\int\limits_S L_{(2)}(P, Q)\vec{\Phi}(Q)\, dS_Q, \quad P \in D_a$$

где под $\vec{f}(Q)$ подразумевается решение интегрального уравнения (7), можем написать $\vec{V}_*(P) \neq 0$ для $P \in D_a$. Очевидно, $\Delta^* \vec{V^*}(P) = 0$. В силу уравнений (4) и (7) $A_a \vec{V}_*(Q_0) = 0$. Кроме того, на бесконечности справедливы оценки

$$\vec{V}_*(P) = O(1), \quad \frac{\partial \vec{V}_*(P)}{\partial r} = O\left(\frac{1}{r^{1+\varepsilon}}\right), \; \varepsilon > 0, \tag{8}$$

поэтому по теореме единственности, $\vec{V}_*(P) = 0$ для $P \in D_a$. Это противоречие доказывает наше предложение.

Резюмируя полученные результаты, заключаем, что справедлива следующая теорема существования:

Теорема 1. *Задача B_i имеет единственное решение для заданного вектора $\vec{\Phi}(Q)$, и это решение представляется в виде* (6_1), *где $\vec{f}(Q)$ определяется из уравнения* (6_2).

2^0. Пусть $\widetilde{D}$—произвольная конечная область с достаточно гладкой границей S_1, содержащая внутри себя область D_i.

Рассмотрим систему векторов

$$\vec{\omega}_{ik}(Q) = \vec{L}^{(i)\prime}_{(1)}(P_k, Q), \quad Q \in S, \quad (i = 1, 2;\ k = 1, 2, 3 \ldots), \tag{9}$$

где $\{P_k\}_1^\infty$—произвольное счетное множество точек, всюду плотно расположенных на S_1, а $\vec{L}^{(i)\prime}_{(1)}(P, Q)$ — i-я строка матрицы $L_{(1)}(P, Q)$.

Лемма 3. Система векторов (9) линейно независима.

Доказательство. Допустим противное; пусть система векторов (9) линейно зависима, тогда найдутся такие постоянные $C_{i,k}$ ($i = 1,2$; $k = 1, 2, \ldots$), что

$$\sum_{i=1}^{2}\sum_{S=1}^{N} C_{i,s}\vec{L}^{(i)\prime}(P_{k_s}, Q) = 0 \tag{10}$$

для всех $Q \in S$ и для хотя бы одного конечного N, среди коэффициентов $C_{i,k}$ по крайней мере один отличен от нуля. Пусть $C_{i,r} \neq 0$, ($i = 1, 2$) $r \leqq N$.

Рассмотрим вектор

$$\vec{V}(P)=\sum_{c=1}^{2}\sum_{S=1}^{N}C_{i,s}\vec{L}^{(i)}(P_{k_s},P),\quad P\in\widetilde{D}.$$

Очевидно, $\Delta^*\vec{V}(P)=0$ и, кроме того, в силу равенства (10)

$$B_Q\vec{V}(Q)=\sum_{i=1}^{2}\sum_{S=1}^{N}C_{i,s}B_Q\vec{L}^{(i)}(P_{k_s},Q)=\sum_{i=1}^{2}\sum_{S=1}^{N}C_{i,s}\vec{L}^{(i)'}(P_{k_s},Q)=0,$$
$$Q\in S.$$

Отсюда и из теоремы единственности заключаем, что $\vec{V}(P)=0$, $P\in D_i$. Но $\vec{V}(P)$—аналитический вектор в области $\widetilde{D}$, и поэтому $\vec{V}(P)=0$ для $P\in\widetilde{D}$. Таким образом,

$$\sum_{S=1}^{N}[C_{1,s}L_{11}(P_{k_s},P)+C_{2,s}L_{12}(P_{k_s},P)]=0,\quad P\in\widetilde{D}\tag{11}$$

$$\sum_{S=1}^{N}[C_{1,s}L_{21}(P_{k_s},P)+C_{2,s}L_{22}(P_{k_s},P)]=0.$$

Заметим теперь, что при $P\to Q$ $L_{kk}(P,Q)=D_{k,k}\ln r(P,Q)+0(1)$, $L_{ks}(P,Q)=0(1)$, $k\neq S$, и $D_{k,k}$—постоянные. Поэтому при приближении точки P к точке P_{k_r} из $\widetilde{D}-D_i$ достаточно близко, в равенстве (11) слагаемые $C_{1,r}L_{11}(P_{k_r},P)$ и $C_{2,r}L_{22}(P_{k_r},P)$ станут сколь угодно большими по модулю, а остальные слагаемые останутся ограниченными. Но, так как в правой части равенства (11) стоит нуль, это возможно только тогда, когда $C_{1,r}=0$, $C_{2,r}=0$, что противоречит условию $C_{i,r}\neq 0$. Этим лемма доказана.

Лемма 4. Система векторов (9) полна в пространстве $L_2(S)$, интегрируемых с квадратом векторов, определенных на S.

Доказательство. Пусть $\vec{\mu}(Q)$—произвольный вектор класса $L_2(S)$ и пусть

$$\int_S\vec{\mu}(Q)\vec{\omega}_{i,k}(Q)\,dS_Q=0.\tag{12}$$

Покажем, что тогда $\vec{\mu}(Q)=0$, $Q\in S$.

Рассмотрим потенциал

$$\vec{V}(P;\vec{\mu})=\frac{1}{\pi}\int_S L_{(1)}P,\ Q)\vec{\mu}(Q)\,dS_Q.$$

Для проекции $\vec{V}(P;\ \vec{\mu})$ из условий (12) имеем

$$V_i(P_k;\ \vec{\mu}) = \frac{1}{\pi}\int_S [L_{i1}^{(1)}(P_k,\ Q)\mu_1(Q) + L_{i2}^{(1)}(P_k,\ Q)\mu_2(Q)]dS_Q =$$

$$= \frac{1}{\pi}\int_S \vec{L}_{(1)}^{(i)\prime}(P_k,\ Q)\vec{\mu}(Q)\,dS_Q = \frac{1}{\pi}\int_S \vec{\omega}_{i,k}(Q)\vec{\mu}(Q)\,dS_Q = 0.$$

Таким образом, $\vec{V}(Q;\ \vec{\mu}) = 0$ почти всюду на S_1. Отсюда, ввиду непрерывности $\vec{V}(Q,\ \vec{\mu})$ на S_1; следует, что $\vec{V}(Q;\ \vec{\mu}) = 0$, $Q \in S_1$. Кроме того, $\vec{V}(P;\ \vec{\mu})$ является решением системы (1) и на бесконечности удовлетворяет условиям (8). Поэтому в силу теоремы единственности $\vec{V}(P;\ \vec{\mu}) = 0$, $P \in D_a - (\widetilde{D} - D_i)$. Но $\vec{V}(P;\ \vec{\mu})$ вместе со всеми производными непрерывен до S_1, поэтому $\vec{V}(P;\ \vec{\mu}) = 0$, $P \in D_a$.

Составив A-операцию от вектора $\vec{V}(P;\ \vec{\mu})$ и перейдя к пределу извне, получим

$$-\vec{\mu}(Q_0) + \frac{1}{\pi}\int_S A_{Q_0} L_{(1)}(Q_0,\ Q)\vec{\mu}(Q)\,dS_Q = 0; \quad Q_0 \in S, \tag{13}$$

которое является сингулярным интегральным уравнением, справедливым почти всюду на S, для вектора $\vec{\mu}(Q) \in L_2(S)$. Но известно, что любое такое решение уравнения (3) принадлежит классу Гельдера [4]. Это позволяет далее обычным путем [1] из равенства $\vec{V}(P;\ \vec{\mu}) = 0$, $P \in D_a$ получить, что $\vec{\mu}(Q) = 0$. Этим доказана.

Теорема 2. *Система векторов* (9) *линейно независима и полна в пространстве* $L_2(S)$, *интегрируемых с квадратом векторов, определенных на* S.

3^0. Введем обозначения

$$\vec{\omega}_{1,k}(Q) = \vec{\psi}^{(2k-1)}(Q), \quad \vec{\omega}_{2,\ k}(Q) = \vec{\psi}^{(2k)}(Q).$$

Произведя ортонормирование, получим новую ортонормированную (по метрике L_2) полную систему векторов

$$\vec{\varphi}^{(k)}(Q) \equiv [\varphi_1^{(k)}(Q),\ \varphi^{(k)}(Q)] = \sum_{j=1}^{k} a_{k,\ j}\vec{\psi}^{(j)}(Q), \tag{14}$$

где $a_{k},\ j$—известные коэффициенты.

Обозначим через f_j коэффициенты Фурье вектора $\vec{f}(Q) \in L_2(S)$ относительно системы (14). Тогда будем иметь

$$f_j = \int_S \vec{f}(Q)\,\vec{\varphi}^{(j)}(Q)\,dS_Q$$

и

$$\lim_{n\to\infty}\int_S \left|\vec{f}(Q) - \sum_{k=1}^{n} f_k\,\vec{\varphi}^{(k)}(Q)\right|^2 dS_Q = 0. \tag{15}$$

Запишем функциональное уравнение (6_1) в виде

$$\int_S L_{(1)}(P,\ Q)\vec{f}(Q)\,dS_Q = \vec{\Omega}(P), \quad P\in D_a, \tag{16}$$

где $\vec{\Omega}(P) = \int_S L_{(2)}(P,Q)\,\vec{\Phi}(Q)\,dS_Q$ — известный вектор. Из уравнения (16) находятся коэффициенты f_j. Придавая переменной P значения P_k, перепишем равенство (16) в проекциях:

$$\int_S [f_1(Q)\psi_1^{(2k-1)}(Q) + f_2(Q)\,\psi_2^{(2k-1)}(Q)]\,dS_Q = \Omega_1(P_k), \tag{17}$$

$$\int_S [f_1(Q)\,\psi_1^{(2k)}(Q) + f_2(Q)\,\psi_2^{(2k)}(Q)]\,dS_Q = \Omega_2(P_k).$$

Умножим первое равенство (17) на $a_{j,2k-1}$, второе—на $a_{j,2k}$, сложим и проссумируем по k, получим

$$\int_S \sum_{k=1}^{r} \{[\psi_1^{(2k-1)}(Q)\,a_{j,2k-1} + \psi_1^{(2k)}(Q)\,a_{j,2k}]\,f_1(Q) +$$

$$+\int_S [\psi_2^{(2k-1)}(Q)\,a_{j,\,2k-1} + \psi_2^{(2k)}(Q)\,a_{j,\,2k}]\,f_2(Q)\}\,dS_Q = \sum_{k=1}^{r}\vec{\Omega}(P_k)\,\vec{a}_j^{(k)},$$

где $\vec{a}_k^{(j)} = [a_{j,\,2k-1};\ a_{j,\,2k}]\,(k=1,\,2,\,\ldots\,r)$, но в силу (14)

$$\sum_{k=1}^{r}[a_{j,\,2k-1}\,\psi_i^{(2k-1)}(Q) + a_{j,2k}\,\psi_i^{(2k)}(Q)] =$$

$$= \sum_{k=1}^{2r} a_{j,\,k}\,\psi_i^{(k)}(Q) = \begin{cases}\varphi_i^{(2r)}(Q), & j = 2r,\\ \varphi_i^{(2r-1)}(Q), & j = 2r-1.\end{cases}$$

Поэтому имеем

$$\int_S [\varphi_1^{(j)}(Q) f_1(Q) + \varphi_2^{(j)}(Q) f_2(Q)]\, dS_Q = \sum_{k=1}^{r} \vec{\omega}(P_k)\vec{a}_k^{(j)},$$

т. е.

$$f_j = \sum_{k=1}^{r} \vec{\Omega}(P_k)\vec{a}_k^{(j)}. \tag{18}$$

$$j = 2,\ 2, \ldots r, \quad r = \left[\frac{j+1}{2}\right]$$

обозначим

$$\vec{u}^{(N)}(P) = \frac{1}{2\pi}\int_S L_{(1)}(P,\ Q)\vec{f}^{(N)}(Q)\, dS_Q - \frac{1}{2\pi}\vec{\Omega}(P), \tag{19}$$

где $f^{(N)}(Q) = \sum_{j=1}^{N} f_j\, \vec{\varphi}^{(j)}(Q)$ и f_j определяются из формулы (18).

Очевидно, $\vec{u}^{(N)}(P)$ есть регулярное решение системы (1).

Теорема 3. *$\vec{u}^{(N)}(P)$ является приближенным решением задачи B_i в том смысле, что для любой точки P из области $D_i + S$ и для любого $\varepsilon > 0$ найдется такое N_0, что для $N > N_0$ будет справедливо равенство*

$$||\vec{u}(P) - \vec{u}^{(N)}(P)||_c < \varepsilon, \quad N > N_0.$$

Доказательство. Вычитая из уравнения (6_1) (19) и применяя неравенство Коши—Буняковского, получаем

$$||\vec{u}(P) - \vec{u}^{(N)}(P)|| \leq \sum_{k=1}^{2} |u_k(P) - u_k^{(N)}(P)| \leq$$

$$\leq \sum_{c=1}^{2}\sum_{k=1}^{2}\frac{1}{2\pi}\int_S |L_{ik}^{(1)}(P,\ Q)[f_i(Q) - f_i^{(N)}(Q)]|\, dS_Q \leq$$

$$\leq \frac{1}{2\pi}\sum_{i=1}^{2}\sum_{k=1}^{2}\left\{\int_S [L_{ik}^{(1)}(P,\ Q)]^2 dS_Q\right\}^{1/2}\cdot\left\{\int_S |f_i(Q) - f_i^{(N)}(Q)|^2 dS_Q\right\}^{1/2},$$

но $\int_S [L_{ik}^{(1)}(P,\ Q)]^2 dS_Q$ ограничены и в силу равенства (15) отсюда вытекает справедливость теоремы.

Заметим, что этим же путем можно построить приближенные решения задач колебания, если при этом будем пользоватся колебательными потенциалами, построенными в работе [2], и исключим те значения ω, которые являются собственными частотами соответствующих внутренних задач A_i, B_i.

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 2.11.1965)

დრეკადობის თეორია

გ. კვინიკაძე

დრეკადობის ბრტყელი თეორიის ზოგიერთი შერეული სასაზღვრო ამოცანის მიახლოებითი ამოხსნების შესახებ

რეზიუმე

შრომაში ვ. კუპრაძის მეთოდით [1] აგებულია მიახლოებითი ამოხსნები დრეკადობის ბრტყელი თეორიის განზოგადებული შერეული სასაზღვრო ამოცანებისათვის, რომლებიც ჩამოყალიბებულია ჩვენს სტატიაში [2]. მეთოდის საილუსტრაციოდ განხილულია B_i ამოცანა [2].

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Д. Купрадзе. Методы потенциала в теории упругости. Госиздат, М., 1963.
2. Г. П. Квиникадзе. О существовании решений некоторых плоских граничных задач теории установившихся колебаний изотропного упругого тела. Труды Тбилисского гос. ун-та, т. 117, 1966.
3. Г. П. Квиникадзе. Третья и четвертая граничные задачи плоской теории упругости для установившихся колебаний изотропных тел. Сообщения АН ГССР, XXXII:3, 1963, 535—542.
4. Б. В. Хведелидзе. Линейные разрывные граничные задачи теории функции, сингулярные интегральные уравнения и некоторые их приложения. Труды Матем. ин-та АН ГССР, т. 23, 1956, 3—158.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ГИДРОМЕХАНИКА

Дж. В. ШАРИКАДЗЕ

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ МАГНИТНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

(Представлено академиком Н. П. Векуа 23.11.1965)

В последнее время к изучению движения вязкой несжимаемой проведящей жидкости через трубы с пористыми границами посвящено несколько исследований. В работе [1] Мехта и Иана изучили двумерное стационарное ламинарное течение вязкой несжимаемой проводящей жидкости между параллельными пористыми стенками, когда пористость стенок постоянна и когда перпендикулярно течению действует однородное внешнее магнитное поле. Это исследование является прямым обобщением результатов Бермана [2], представившего функцию тока для такого течения в виде

$$\psi(x, y) = (1 - \lambda^0 x)\psi^0(y), \quad \lambda^0 = \frac{2v^0}{h\bar{u}(0)},$$

где ось Ox направлена параллельно стенкам; h—расстояние между стенками; v^0—скорость проницаемости; $\bar{u}(0)$—осредненное значение продольной скорости в сечении $x = 0$.

В настоящей работе рассматривается нестационарное течение вязкой несжимаемой проводящей жидкости под действием постоянного внешнего магнитного поля при проницаемости, зависящей только от времени.

Основные уравнения магнитной гидродинамики для двумерного течения вязкой несжимаемой проводящей жидкости после введения функций $\psi(x, y, t)$ и $\varphi(x, y, t)$ формулами

$$v_x = \frac{\partial\psi}{\partial y}, \quad v_y = -\frac{\partial\psi}{\partial x}, \quad H_x = \frac{\partial\varphi}{\partial y}, \quad H_y = -\frac{\partial\varphi}{\partial x}$$

принимают вид

$$\Delta(\nu\Delta\psi - \psi_t) = \psi_y\Delta\psi_x - \psi_x\Delta\psi_y - \varphi_y\Delta\varphi_x + \varphi_x\Delta\varphi_y,$$
$$\Delta(\nu_m\Delta\varphi - \varphi_t) = \varphi_y\Delta\psi_x - \varphi_x\Delta\psi_y +$$
$$+ \psi_x\Delta\varphi_y - \psi_y\Delta\varphi_x + 2\varphi_{xy}(\psi_{xx} - \psi_{yy}) - 2\psi_{xy}(\varphi_{xx} - \varphi_{yy}), \tag{1}$$

где $\vec{h} = \sqrt{4\pi\rho}\,\vec{H}$ — вектор напряженности магнитного поля; $\vec{v}$ — скорость течения; $\nu_m = \frac{c^2}{4\pi\sigma}$ — кеэффициент магнитной вязкости; $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$.

Считая стенки неподвижными, а проницаемость—зависящей только от времени и выбирая начало координат в начальном сечении в плоскости одной из стенок, будем иметь предельные условия для функции тока $\psi(x, y, t)$:

$$\begin{gathered}\psi_x(x, y, t)|_{y=0} = v^0(t), \quad \psi_x(x, y, t)|_{y=h} = -v^0(t),\\ \psi_y(x, y, t)|_{y=0} = \psi_y(x, y, t)|_{y=h} = 0,\\ \psi(x, y, t)|_{t=0} = (1-\lambda_0 x)\psi_0(y).\end{gathered} \tag{2}$$

Для магнитного поля, обобщая результаты Мехта и Иана, будем иметь следующие предельные условия:

$$\begin{gathered}\varphi_x(x, y, t)|_{y=0} = \varphi_x(x, y, t)|_{y=h} = H_0,\\ \varphi_y(x, y, t)|_{y=0} = \varphi_y(x, y, t)|_{y=h} = 0,\\ \varphi(x, y, 0) = (1-\lambda_0 x)\alpha_0\varphi_0(y),\end{gathered} \tag{3}$$

где

$$\alpha_0 = \frac{H_0}{\lambda_0}, \quad \varphi_0 = \frac{h}{2}\bar{u}(0)\varphi_*.$$

Эта задача для обычной жидкости исследована Д. Е. Долидзе [3].

Решение поставленной задачи представим в виде

$$\begin{gathered}\psi = (1-\lambda x) f(y, t),\\ \varphi = (1-\lambda x)\alpha\Phi(y, t),\end{gathered} \tag{4}$$

где

$$\lambda = \frac{2v^0(t)}{h\bar{u}(t)} = \text{const}, \quad \alpha = \frac{H_0}{\lambda} = \text{const}.$$

Подставляя эти значения ψ и φ в выражения (1) и (2), для f и Φ будем иметь

$$\begin{gathered}\frac{\partial^2}{\partial y^2}(\nu f_{yy} - f_t) = \lambda[f f_{yyy} - f_y f_{yy} + \alpha^2(\Phi_y\Phi_{yy} - \Phi_{yyy}\Phi)],\\ \frac{\partial^2}{\partial y^2}(\nu_m\Phi_{yy} - \Phi_t) = \lambda[\Phi_y f_{yy} - f_y\Phi_{yy} + \Phi f_{yyy} - f\Phi_{yyy}]\end{gathered} \tag{5}$$

и следующие предельные условия:

$$\begin{gathered}f(y, t)|_{y=0} = -\frac{v_0}{\lambda}, \quad f(y, t)|_{y=h} = \frac{v_0}{\lambda}, \qquad f_y(y, t)_{y=0} = f_y(y, t)|_{y=h} = 0,\\ \Phi(y, t)|_{y=0} = \Phi(y, t)|_{y=h} = -\frac{H_0}{\alpha\lambda}, \quad \Phi_y(y, t)|_{y=0} = \Phi_y(y, t)|_{y=h} = 0,\\ f(y, 0) = \psi_0(y), \qquad \Phi(y, 0) = \varphi_0(y).\end{gathered} \tag{6}$$

Задачу (5) и (6) для определения f можно решить способом, проведенным в работе [3].

Функцию $f(y, t)$ будем искать в виде суммы

$$f(y, t) = F^1(y, t) + F^2(y, t), \tag{7}$$

где $F^1(\bar{y}, t)$ удовлетворяет уравнению

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2}\left[\nu F^1_{yy}(y,\ t) - F^1_t(y,\ t)\right] = 0 \tag{8}$$

и предельным условиям (6), а для $F^2(y,\ t)$ будем иметь уравнение

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2}\left(\nu F^2_{yy} - F^2_t\right) = \lambda\left[f f_{yyy} - f_y f_{yy} + \alpha^2\left(\Phi_y \Phi_{yy} - \Phi\Phi_{yyy}\right)\right] \tag{9}$$

и однородные предельные условия, соответствующие условиям (6).

Для $F^1(y,\ t)$ имеем

$$F^1(y,\ t) = F^0(y,\ t) + \Phi^1(y,\ t) - y\left[\Phi^1_y(0,\ t) + F^0_y(0,\ t)\right] -$$
$$- \Phi^1(0,\ t) - F^0(0,\ t) - \frac{v_0}{\lambda},$$

где

$$F^0(y,\ t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi\nu t}}\int\limits_{-\varepsilon}^{\varepsilon+h}\psi_1(\eta)\, e^{-\frac{(y-\eta)^2}{4\nu t}}\, d\eta$$

—частное решение, удовлетворяющее начальному условию

$$\psi_1(y) = \begin{cases} \psi_0(y), & 0 \leqq y \leqq h, \\ \psi_0(0), & -\varepsilon \leqq y \leqq 0, \\ \psi_0(h), & h \leqq y \leqq h+\varepsilon, \end{cases}$$

а $\Phi^1(y,\ t)$ — решение уравнения

$$\nu\Phi^1_{yy} - \Phi_t = 0,$$

обращающееся в нуль в начальный момент и удовлетворяющее граничным условиям

$$\Phi^1(h,\ t) - \Phi^1(0,\ t) - h\Phi^1_y(0,\ t) =$$
$$= \frac{2v_0(t)}{\lambda} + F^0(0,\ t) - F^0(h,\ t) + hF^0_y(0,\ t),$$
$$\Phi^1(h,\ t) - \Phi^1(0,\ t) - h\Phi'_y(h,\ t) =$$
$$= \frac{2v_0}{\lambda} + F^0(0,\ t) - F^0(h,\ t) - hF^0_y(h,\ t).$$

Как показано в работе [3], определение $\Phi(y,\ t)$ приводится к решению системы двух линейных регулярных интегральных уравнений типа Вольтерра.

Для определения функции $F(y,\ t)$ воспользуемся одномерной гидродинамической функцией Грина

$$G(y,\ \eta,\ t) = S(y,\ \eta,\ t) + g(y,\ \eta,\ t),$$

где

$$S(y,\ \eta,\ t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi\nu t}}\int\limits_0^y dy\int\limits_{k\eta}^{y-\eta} e^{-\frac{\beta^2}{4\nu t}}\, d\beta, \qquad \begin{matrix} k = -1, & y \leqq \eta, \\ k = 1, & y \geqq \eta. \end{matrix}$$

а $g(y, \eta, t)$—регулярное решение уравнения (9) с нулевой правой частью, обращающееся в нуль в начальный момент и удовлетворяющее граничным условиям

$$g(0, \eta, t) = g_y(0, \eta, t) = 0,$$
$$g(h, \eta, t) = -S(h, \eta, t), \quad t > 0, \ 0 < \eta < h.$$
$$g_y(h, \eta, t) = -S_y(h, \eta, t),$$

Отсюда ясно, что задачу определения $g(y, \eta, t)$, так же как и $F^1(y, t)$, можно привести к решению системы двух регулярных интегральных уравнений типа Вольтерра.

Как и в работах [3, 4], доказывается справедливость равенства

$$F^2(y, t) = \lambda \int_0^t d\tau \int_0^h [(ff_{\eta\eta\eta} - f_\eta f_{\eta\eta}) + \alpha^2(\Phi_\eta \Phi_{\eta\eta} - \Phi\Phi_{\eta\eta\eta})] G d\eta.$$

Окончательно для определения $f(y, t)$ будем иметь

$$f(y, t) = F^1(y, t) + \lambda \int_0^t d\tau \int_0^h [ff_{\eta\eta\eta} - f_\eta f_{\eta\eta} +$$
$$+ \alpha^2(\Phi_\eta \Phi_{\eta\eta} - \Phi\Phi_{\eta\eta\eta})] G d\eta. \tag{10}$$

Аналогично предыдущему находим решение уравнений

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2}(\nu_m \Phi_{yy} - \Phi_t) = \lambda[\Phi_y f_{yy} - f_y \Phi_{yy} + \Phi f_{yyy} - f\Phi_{yyy}] \tag{11}$$

при следующих предельных условиях:

$$\Phi(0, t) = \Phi(h, t) = -\frac{H_0}{\alpha\lambda} \tag{12}$$
$$\Phi_y(0, t) = \Phi_y(h, t) = 0, \ \Phi(y, 0) = \varphi_0(y).$$

Для $\Phi(y, t)$, пропуская выкладки, получаем интегро-дифференциальное уравнение

$$\Phi(y, t) = \Gamma(y, t) + \lambda \int_0^t d\tau \int_0^h [\Phi_\eta f_{\eta\eta} - f_\eta \Phi_{\eta\eta} + \Phi f_{\eta\eta\eta} - f\Phi_{\eta\eta\eta}] G_0 d\eta. \tag{13}$$

где

$$G_0(y, \eta, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi\nu_m t}} \int_0^y dy \int_{k\eta}^{y-\eta} e^{-\frac{\beta^2}{4\nu_m t}} d\beta + g_0(y, \eta, t),$$

$$\Gamma(y, t) = \Gamma^0(y, t) + F(y, t) - y[F_y(0, t) +$$
$$+ \Gamma^0_y(0, t)] - E(0, t) - \Gamma^0(0, t) - \frac{H_0}{\alpha\lambda},$$

$$\nu_m E_{yy} - E_t = 0,$$

$$E(h,\ t)-E(0,\ t)-hE_y(0,\ t)=\frac{2H_0}{\alpha\lambda}+\Gamma^0(0,\ t)-\Gamma^0(h,\ t)+hE_y^0(0,\ t),$$

$$E(h,\ t)-E(0,\ t)-hE_y(h,\ t)=\frac{2H_0}{\alpha\lambda}+\Gamma^0(0,\ t)-\Gamma^0(h,\ t)+h\Gamma_y^0(h,\ t),$$

$$E(y,\ 0)=0,$$

а $g_0(y,\ \eta,\ t)$ — регулярное решение уравнения (11) с нулевой правой частью, обращающееся в нуль в начальный момент и удовлетворяющее граничным условиям, аналогичным $g(y,\ \eta,\ t)$. Уравнения (10) и (13) образуют систему интегральных уравнений для определения неизвестных функций $f,\ f_y,\ f_{yy},\ f_{yyy},\ \Phi,\ \Phi_y,\ \Phi_{yy},\ \Phi_{yyy}$, которые можно найти последовательными приближениями.

Продифференцировав (10) и (13) по y три раза, получим

$$\frac{\partial^n f}{\partial y^n}=\frac{\partial^n E^1}{\partial y^n}+\lambda\int_0^t d\tau\int_0^h M_1(\eta,\ \tau)\frac{\partial^n G}{\partial y^n}\,d\eta,$$

$$\frac{\partial^n \Phi}{\partial y^n}=\frac{\partial^n \Gamma}{\partial y^n}+\lambda\int_0^t d\tau\int_0^h M_2(\eta,\ \tau)\frac{\partial^n G_0}{\partial y^n}\,d\eta,$$

где

$$M_1(y,\ t)=ff_{yyy}-f_yf_{yy}+\alpha^2(\Phi_y\Phi_{yy}-\Phi\Phi_{yyy}),$$

$$M_2(y,\ t)=\Phi_yf_{yy}-f_y\Phi_{yy}+\Phi f_{yyy}-f\Phi_{yyy},\quad n=1,2,3$$

Будем искать эти функции в виде рядов

$$\frac{\partial^n f}{\partial y^n}+\sum_{k=0}^{\infty}\lambda^k\frac{\partial^n f_k}{\partial y^n},\quad \frac{\partial^0 f}{\partial y^0}=f,$$

$$\frac{\partial^n \Phi}{\partial y^n}=\sum_{k=0}^{\infty}\lambda^k\frac{\partial^n \Phi_k}{\partial y^n},\quad \frac{\partial^0 \Phi}{\partial y^0}=\Phi.$$

Для определения членов рядов получим следующие рекуррентные формулы:

$$\frac{\partial^n f_0}{\partial y^n}=\frac{\partial^n F^1}{\partial y^n},$$

$$\frac{\partial^n f_{k+1}}{\partial y^n}=\int_0^t d\tau\int_0^h\sum_{m=0}^{k}\left(f_m\frac{\partial^3 f_{k-m}}{\partial\eta^3}-\frac{\partial f_m}{\partial\eta}\,\frac{\partial^2 f_{k-m}}{\partial\eta^2}\right)+$$

$$+\alpha^2\left(\frac{\partial\Phi_m}{\partial\eta}\frac{\partial^2\Phi_{k-m}}{\partial\eta^2}-\Phi_m\frac{\partial^3\Phi_{k-m}}{\partial\eta^3}\right)\frac{\partial^n G}{\partial y^n}\,d\eta,$$

$$\frac{\partial^n\Phi_0}{\partial y^n}=\frac{\partial^n\Gamma}{\partial y^n},$$

$$\frac{\partial^n\Phi_{k+1}}{\partial y^n}=\int_0^t d\tau\int_0^h\sum_{m=0}^{k}\left(\frac{\partial\Phi_m}{\partial\eta}\frac{\partial^2 f}{\partial\eta^2}-\frac{\partial f}{\partial\eta}\frac{\partial^2\Phi}{\partial\eta^2}+\right.$$

$$\left.+\Phi\frac{\partial^3 f}{\partial\eta^3}-f\frac{\partial^3\Phi}{\partial\eta^3}\right)\frac{\partial^n G_0}{\partial y^n}\,d\eta.\quad n=0,\ 1,\ 2,\ 3.$$

Сходимость этих рядов можно доказать способом Ф. К. Одквиста [5], примененным в работах [3, 4].

Из равенств (10) и (13) можем получить решение рассматриваемой задачи в явном виде в разных приближениях.

Тбилисский
государственный университет

(Поступило в редакцию 23.11.1965)

ჰიდრომექანიკა

ჯ. შარიქაძე

მაგნიტური ჰიდროდინამიკის ერთი ამოცანის შესახებ

რეზიუმე

შრომაში განიხილება ბლანტი გამტარი უკუმში სითხის არასტაციონარული ორგანზომილებიანი მოძრაობა ოთხკუთხოვან ფოროვან მილში.

ამოცანის ამოხსნა დაყვანილია ინტეგრო-დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემამდე, რომელთა ამოხსნა მიღებულია მიმდევრობითი მიახლოების მეთოდით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. K. N. Mehta, R. K. Yain. Laminar hydromagnetic flow in a rectangular channel with porous walls. Proc. Nat. Inst. Sci. India, 28, № 6, 1962.
2. A. S. Bermann. Laminar flow in channels with porous walls. Y. Appl. Phys., 24, № 9. 1953.
3. Д. Е. Долидзе. Некоторые вопросы нестационарного течения вязкой жидкости. Изд. АН ГССР, 1960.
4. Д. В. Шарикадзе. Двумерное нестационарное течение несжимаемой вязкой электропроводной жидкости вблизи критической точки в магнитном поле. Труды Тбилисского гос. ун-та, т. 84, 1961.
5. F. G. Odqvist. Math. Zeitshr., 32, 1930.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ФИЗИКА

О. М. НАМИЧЕЙШВИЛИ, Ш. Л. БЕБИАШВИЛИ

К СРАВНЕНИЮ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианашвили 29.9.1965)

Если $q_1 = Q_1(t)$ и $q_2 = Q_2(t)$ есть две функции, определенные и всюду непрерывные на положительном полуотрезке $0 \leqq t < \infty$, такие, что

$$q_1|_{t=0} \equiv Q_1(0) = q_2|_{t=0} \equiv Q_2(0), \tag{1}$$

$$\lim_{t\to\infty} q_1 \equiv Q_1(\infty) = \lim_{t\to\infty} q_2 \equiv Q_2(\infty), \tag{2}$$

$$0 \leqq \int_0^\infty Q_1(t)\,dt = \int_0^\infty Q_2(t)\,dt < \infty \tag{3}$$

и

$$Q_1(t) \not\equiv Q_2(t), \tag{4}$$

то на полуотрезке $0 \leqq t < \infty$ существует по крайней мере одна такая точка $t = t_0$, в которой $Q_1(t_0) = Q_2(t_0)$.

Действительно, составим функцию $q = Q(t)$, тождественно равную разности функций q_1 и q_2:

$$q = Q_1(t) - Q_2(t) \equiv Q(t) \not\equiv 0, \tag{5}$$

где $0 \leqq t < \infty$.

Введенная функция удовлетворяет следующим условиям:

$$\int_0^\infty Q(t)\,dt = 0, \tag{6}$$

$$q|t = 0 \equiv Q(0) = 0, \tag{7}$$

$$q|_{t\to\infty} \equiv \lim_{t\to\infty} q \equiv Q(\infty) = 0. \tag{8}$$

Поскольку, согласно условию (6), интеграл от не равной тождественно нулю функции (5), распространенный на положительную полуось, равен нулю, то, следовательно, найдется такая точка $t = t_0$, в которой $Q(t_0) = 0$ $(0 \leqq t_0 < \infty)$.

Ясно, что если функции $q_1 = Q_1(t)$ и $q_2 = Q_2(t)$ являются вдобавок ко всему монотонными функциями аргумента t, то точка t_0 единственна.

В класс указанных функций входят и функции надежности $Q(t)$ сложных систем, где переменная t имеет смысл текущего времени. Среднее же время безотказной работы системы определится соотношением

$$T_{\text{ср}} = \int_0^\infty Q(t)\,dt. \tag{9}$$

Для повышения надежности сложной системы можно прибегнуть к различным средствам. При заданном среднем времени безотказной работы предпочтение тому или иному методу повышения надежности может быть отдано в зависимости от величины оперативного времени, в течение которого предполагается эксплуатировать систему. Параметром сравнения, очевидно, выступает некоторая величина $t = t_0$.

К примеру, сопоставление постоянного резервирования с модернизацией элементов, входящих в систему, при экспоненциальном законе сводится к сравнению следующих функций надежности:

$$Q_{\text{рез}}(t) = 1 - [1 - \exp(-\lambda t)]^m \tag{10}$$

и

$$Q_{\text{мод}}(t) = \exp\left[-\frac{t}{\frac{1}{\lambda}\cdot\left(1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{m}\right)}\right], \tag{11}$$

где λ—интенсивность отказов системы, а m—кратность резервирования.

В обоих случаях среднее время безотказной работы системы одинаково и описывается выражением

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\lambda}\cdot\left(1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{m}\right). \tag{12}$$

Справедливость этого утверждения для соотношения (11) очевидна, а для выражения (10) легко доказывается. Действительно, вводя обозначения

$$1 - \exp(-\lambda t) = Z, \quad dZ = \lambda \exp(-\lambda t)\,dt$$

и учитывая, что $Z = 0$, когда $t = 0$, и $Z = 1$ при $t \to \infty$, получаем

$$\int_0^\infty \{1 - [1 - \exp(-\lambda t)]^m\}\,dt = \int_0^1 \frac{(1 - Z^m)}{\lambda(1 - Z)}\,dZ.$$

Выполнив под знаком интеграла деление двучленов, придем к требуемому:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\lambda} \int\limits_0^1 (1 + Z + Z^2 + \ldots + Z^{m-1})\, dZ =$$

$$= \frac{1}{\lambda} \left(1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{m} \right).$$

Задача состоит в исследовании выражений (10) и (11). Но проведение анализа по общей схеме без всяких ограничений встречает серьезные математические трудности и не представляется возможным дать точное аналитическое выражение для t_0 в замкнутой форме, хотя существование и единственность этой точки нами были показаны для класса функций надежности (см. приложение).

Однако для частного случая $m = 2$ может быть все-таки получено точное решение в виде

$$t_0 = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln X_0 \approx 1{,}8 \cdot \frac{1}{\lambda}, \tag{13}$$

где $0 < X_0 < 1$ есть корень алгебраического уравнения четвертой степени

$$X^4 - 6X^3 + 12X^2 - 8X + 1 = 0, \tag{14}$$

получаемого из условия равенства соотношений (10) и (11)

$$1 - [1 - \exp(-\lambda t)]^2 = \exp\left(-\frac{2}{3}\lambda t\right) \tag{15}$$

после несложных алгебраических преобразований и введения обозначения

$$\exp(-\lambda t) = X. \tag{16}$$

Для всех $t < t_0$ $Q_{\text{рез}}(t) > Q_{\text{мод}}(t)$ и наоборот. Следовательно, для короткоживущих систем ($t < t_0$) предпочтение следует отдавать методу резервирования, поскольку он более эффективен. Для систем же длительного назначения ($t > t_0$) более эффективным следует признать метод повышения надежности и качества компонующих элементов. Полученный результат, по-видимому, справедлив и для биологических систем. В живых организмах, например, в которых, постоянное самообновление клеток сочетается с резервированием, эффективность последнего весьма велика, в то время как для живущих долго и необновляющихся мозговых клеток она незначительна.

Получающаяся в предположении $\lambda t \leqslant 1$ грубая оценка

$$t^* = \frac{1}{\lambda \cdot \left(\sum\limits_{i=1}^{m} \frac{1}{i} \right)^{\frac{1}{m-1}}}, \tag{17}$$

вообще говоря, неверна, поскольку $\lambda t_0^* < 1$, а мы уже видели, что при $m = 2$ $\lambda t_0 > 1$. Тем не менее из этой оценки следует интересный вывод, что с увеличением m растет и t_0. Чтобы убедиться в справедливости этого утверждения, достаточно найти

$$\lim_{m \to \infty} \left(1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{m} \right)^{\frac{1}{m-1}}.$$

Заметим, что

$$\left(1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{m} \right) \leqq 1 + \frac{m-1}{2}. \tag{18}$$

Это неравенство справедливо для любых m.

Следовательно,

$$\lim_{m \to \infty} \left(1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{m} \right)^{\frac{1}{m-1}} \leqq \lim_{m \to \infty} \left(1 + \frac{m-1}{2} \right)^{\frac{1}{m-1}}. \tag{19}$$

Пусть

$$\left(1 + \frac{m-1}{2} \right)^{\frac{1}{m-1}} = Y, \tag{20}$$

тогда

$$\lim_{m \to \infty} \left(1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{m} \right)^{\frac{1}{m-1}} \leqq \lim_{m \to \infty} Y. \tag{21}$$

Логарифмируя выражение (20), получаем

$$\ln Y = \frac{1}{m-1} \ln \left(1 + \frac{m-1}{2} \right). \tag{22}$$

Так как

$$\lim_{m \to \infty} (\ln Y) = \ln (\lim_{m \to \infty} Y),$$

то

$$\lim_{m \to \infty} Y = \exp [\lim_{m \to \infty} (\ln Y)]. \tag{23}$$

Здесь

$$\lim_{m \to \infty} (\ln Y) = \lim_{m \to \infty} \frac{\ln \left(1 + \frac{m-1}{2} \right)}{m-1}. \tag{24}$$

Раскрывая эту неопределенность по правилу Лопиталя, получаем

$$\lim_{m \to \infty} (\ln Y) = \lim_{m \to \infty} \frac{1}{2 \left(1 + \frac{m-1}{2} \right)} = 0.$$

Следовательно, согласно соотношению (23),

$$\lim_{m\to\infty} Y = 1. \tag{25}$$

Учитывая в выражении (19) формулы (20) и (25), приходим к следующей оценке:

$$\lim_{m\to\infty}\left(1+\frac{1}{2}+\ldots+\frac{1}{m}\right)^{\frac{1}{m-1}} \leqq 1. \tag{26}$$

Поскольку $\left(1+\frac{1}{2}+\ldots+\frac{1}{m}\right) \geqq 1$ и из него извлекается целая положительная степень, то в соотношении (26) следует оставить только знак равенства:

$$\lim_{m\to\infty}\left(1+\frac{1}{2}+\ldots+\frac{1}{m}\right)^{\frac{1}{m-1}} = 1. \tag{26*}$$

Это и доказывает утверждение о том, что с увеличением m растет также и t_0.

Полученые данные находятся в согласии с результатами работ [1, 2].

Приложение

Для произвольного m выражение для t_0 следует искать из условия равенства соотношений (11) и (10):

$$\exp\left[-\frac{t}{\frac{1}{\lambda}\cdot\left(1+\frac{1}{2}+\ldots+\frac{1}{m}\right)}\right] = 1-[1-\exp(-\lambda t)]^m. \tag{27}$$

Вводя здесь обозначение (16), получаем

$$X = [1-(1-X)^m]^{\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{1}{i}}. \tag{28}$$

Если $X = X_0$ есть корень уравнения (28), удовлетворяющий условию $0 < X_0 < 1$, то t_0 определится по формуле

$$t_0 = -\frac{1}{\lambda}\cdot\ln X_0. \tag{29}$$

Таким образом, задача по существу сводится к решению уравнения вида $X = f(X)$, где f есть заданная правой частью равенства (28) функция X. Метод получения искомого решения сводится к следующему. Берется начальное пробное значение корня X_0, равное η_0. При этом допускается некоторая ошибка ε, т. е.

$$\eta_0 = X_0 + \varepsilon. \tag{30}$$

Обозначая далее через X_1 значение правой части уравнения (28) в точке η_0, получаем

$$X_1 = [1-(1-\eta_0)^m]^{\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{1}{i}}. \tag{31}$$

Разложение X_1 в ряд по степеням ε имеет следующий вид:

$$X_1 = X_0 + \varepsilon\cdot m\cdot\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{1}{i}\right)\cdot(1-X_0)^{m-1}\cdot[1-(1-X_0)^m]^{\sum\limits_{i=2}^{m}\frac{1}{i}} + \ldots \tag{32}$$

В качестве следующего приближения берем η_1, определяя эту величину в виде линейной комбинации η_0 и X_1:

$$\eta_1 = \alpha\cdot\eta_0 + \beta\cdot X_1. \tag{33}$$

Учитывая здесь соотношения (30) и (32), получаем

$$\eta_1 = X_0(\alpha+\beta)+$$

$$+\varepsilon\cdot\left\{\alpha + \beta\cdot m\cdot\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{1}{i}\right)(1-X_0)^{m-1}\cdot[1-(1-X_0)^m]^{\sum\limits_{i=2}^{m}\frac{1}{i}}\right\} + \ldots \tag{34}$$

Стремясь исключить ошибку порядка ε и максимально приблизить значение η_1 к X_0, мы должны потребовать

$$\left.\begin{aligned} &\alpha+\beta = 1,\\ &\alpha + \beta\cdot m\cdot\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{1}{i}\right)(1-X_0)^{m-1}[1-(1-X_0)^m]^{\sum\limits_{i=2}^{m}\frac{1}{i}} = 0. \end{aligned}\right\} \tag{35}$$

Решая систему (35) относительно α и β, находим

$$\left.\begin{aligned} &\beta = \frac{1}{1 - m\left(\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{1}{i}\right)(1-X_0)^{m-1}\cdot[1-(1-X_0)^m]^{\sum\limits_{i=2}^{m}\frac{1}{i}}},\\ &\alpha = 1-\beta. \end{aligned}\right\} \tag{36}$$

Поскольку в последних соотношениях значение X_0 неизвестно, можно полагать, что $X_0 \sim \eta_0$. С учетом сказанного подстановка соотношений (36) и (31) в выражение (33) даст

$$\eta_1 = \eta_0 + \frac{[1-(1-\eta_0)^m]^{\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{1}{i}} - \eta_0}{1 - m\cdot\left(\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{1}{i}\right)\cdot(1-\eta_0)^{m-1}\cdot[1-(1-\eta_0)^m]^{\sum\limits_{i=2}^{m}\frac{1}{i}}}. \tag{37}$$

Значение η_1, определенное по формуле (37), берется в качестве новой пробы, и процедура вычислений повторяется. Для любой n-й пробы η_n можно написать следующее рекуррентное соотношение:

$$\eta_n = \eta_{n-1} + \frac{[1-(1-\eta_{n-1})^m]^{\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{1}{i}} - \eta_{n-1}}{1 - m\cdot\left(\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{1}{i}\right)(1-\eta_{n-1})^{m-1}\cdot[1-(1-\eta_{n-1})^m]^{\sum\limits_{i=2}^{m}\frac{1}{i}}}. \tag{38}$$

С каждой новой пробой ошибка в определении истинного корня X_0 уравнения (28) уменьшается. Сходимость η_n к X_0 может не иметь места лишь при

$$m\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{1}{i}\right)\cdot(1-X_0)^{m-1}\cdot[1-(1-X_0)^m]^{\sum\limits_{i=2}^{m}\frac{1}{i}} = 1,$$

поскольку в этом случае требования (35) противоречивы.

Например, если в качестве η_0 взять 0,2, когда $m = 2$, то расчет по данной методике уже для второй пробы дает значение 0,161, весьма близкое к истинному.

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 29.9.1965)

ფიზიკა

ო. ნამიჩეიშვილი, შ. ბებიაშვილი

რთული სისტემის საიმედობის გაზრდის საშუალებათა შედარების შესახებ

რეზიუმე

დასმულია საკითხი, თუ რას უნდა მიეცეს უპირატესობა იმ შემთხვევაში, როდესაც რთული სისტემის საიმედობის გაზრდის სხვადასხვა მეთოდები მოითხოვენ ერთნაირ „დანახარჯებს“ და უზრუნველყოფენ ნორმალური მუშაობის ერთნაირ საშუალო დროს.

სრულიად ზოგადი სახით დამტკიცებულია დებულება იმის შესახებ, რომ უპირატესობა რთული სისტემის საიმედობის გაზრდის ამა თუ იმ წესს შეიძლება მიეცეს მისი საექსპლუატაციო დროის შედარების შედეგად რაღაც t_0 სიდიდესთან.

სიდიდე t_0 რთული სისტემის დამახასიათებელი პარამეტრების ფუნქციაა, დამოკიდებული შედარებისათვის არჩეულ მეთოდებზე და მისი კონკრეტული გამოსახვა დაკავშირებულია რიგ მათემატიკურ სიძნელეებთან.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. В. Дружинин. Зависимость эффективности резервирования от времени работы системы. Изв. АН СССР, ОТН, № 11, 1958.
2. Х. С. Балабан. Повышение надежности аппаратуры путем резервирования. Зарубежная радиоэлектроника, № 10, 1960.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ФИЗИКА

Т. И. ЕФРЕМИДЗЕ

ОБ АСИМПТОТИКЕ МНИМОЙ ЧАСТИ ОДНОЧАСТИЧНОЙ ФУНКЦИИ ГРИНА

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианашвили 8.9.1965)

1. Для одночастичной функции Грина могут быть доказаны строгие дисперсионные соотношения. При доказательстве, помимо исследования аналитических свойств, делается предположение о полиномиальной ограниченности асимптотического поведения соответствующего матричного элемента.

Интересно выяснить, к каким ограничениям на асимптотическое поведение многочастичных матричных элементов приведет это предположение, имея в виду, что условие унитарности позволяет выразить мнимую часть интересующей нас функции Грина в виде суммы квадратов других матричных элементов.

Цель заметки—исследовать этот вопрос, исходя из простейших предположений об асимптотическом поведении многочастичных матричных элементов, обычно принимаемых в различных статистических моделях [1].

Для упрощения выкладок мы рассмотрим модель самовзаимодействующего скалярного поля массы m. Отметим, что полученные результаты без труда можно обобщить на двухчастичный матричный элемент рассеяния вперед, благодаря тесной аналогии между соответствующими выражениями.

2. Дисперсионные соотношения Челена—Лемана для одночастичной функции Грина $D(p^2)$ имеют вид [2]

$$D(p^2) = \frac{1}{p^2 - m^2 + i\varepsilon} + \int\limits_{4m^2}^{\infty} \frac{\rho(\varkappa^2)\, d\varkappa^2}{p^2 - \varkappa^2 + i\varepsilon}. \tag{1}$$

Здесь $\rho(p^2) = \pi^{-1} Im\, D(p^2)$—спектральная функция, связанная с мнимой частью одночастичной функции Грина и определенная соотношением

$$\rho(p^2) = (2\pi)^3 \sum_{n=2}^{\infty} (p^2 - m^2)^{-2} |\langle 0|j(0)|n\rangle|^2 \delta^4(p - k_n), \tag{2}$$

где $j(x) = i(\delta S/\delta\varphi_{in}(x))S^{+}$—оператор гейзенберговского тока. Отметим, что всюду речь идет только о перенормированных выражениях.

Дисперсионное соотношение (1) справедливо в предположении, что

$$I(p^2) \equiv \int\limits_{4m^2}^{\infty} \rho(p^2)p^{-2}\,dp^2 < \infty. \tag{3}$$

В более общем случае вместо соотношения (1) надо писать так называемые вычитательные дисперсионные соотношения.

С учетом нормировки n—частичного состояния выражение (2) можно переписать в виде

$$\rho(p^2) = (2\pi)^3 \sum_{n=2}^{\infty} \int (p^2 - m^2)^{-2} |\langle 0|j(0)|\vec{k}_1, \ldots, \vec{k}_n\rangle|^2 \times$$
$$\times\, \delta^4\left(p - \sum_{i=1}^{n} k_i\right) \prod_{i=1}^{n} \frac{d\vec{k}_i}{2\,\omega_i}, \tag{4}$$

где $\omega_i = \sqrt{\vec{k}_i^2 + \mu_i^2}$ —энергия промежуточных частиц.

При этом $\langle 0|j(0)|\vec{k}_1, \ldots, \vec{k}_n\rangle$ является уже инвариантной величиной.

Выражение для $\rho(p^2)$ можно записать в явно инвариантном виде

$$\rho(p^2) = (2\pi)^3 \sum_{n=1}^{\infty} \int (p^2 - m^2)^{-2} |\langle 0|j(0)|k_1, \ldots, k_n\rangle|^2 \times$$
$$\times \prod_{i=1}^{n} \delta^4\left(p - \sum_{i=1}^{n} k_i\right) \Theta(k_{i0})\,\delta(k_i^2 - \mu_i^2)\,d^4k_i. \tag{5}$$

Для матричных элементов $\langle 0|j(0)|k_1, \ldots k_n\rangle$ n-частичных промежуточных состояний в принципе можно получить систему зацепляющихся нелинейных уравнений [3, 4]. Однако решение такой системы в асимптотической области представляет собой практически неосуществимую задачу. Поэтому для качественной оценки вклада в $\rho(p^2)$ многочастичных матричных элементов надо воспользоватся различными приближенными методами. В частности, можно, как было предложено в работе [4], применить статистические методы для нахождения асимптотики многочастичных матричных элементов.

В большинстве статистических теорий множественного образования сильновзаимодействующих частиц делаются двоякого рода предположения. Предполагаются, во-первых, статистическая независимость конечных состояний, который позволяет факторизовать матричный элемент и записать его в виде

$$|\langle 0|j(0)|k_1, \ldots, k_n\rangle|^2 = \frac{1}{n!}\prod |\langle 0|j(0)|k_i\rangle|^2 \tag{6}$$

—и, во-вторых, определенный характер энергетической зависимости матричных элементов. Как показано в работе [5], для получения результатов различных статистических теорий достаточно взять $|\langle 0|j(0)|k_i\rangle|^2$ —составляя возможные инварианты из 4-импульсов p и k_i,—в виде

$$|\langle 0|j(0)|k_i\rangle|^2 = c_i (p_\nu k_{i\nu})^{q_i} (\sqrt{p_\nu p_\nu})^{-s_i} \tag{7}$$

где $p_0 = E = \sqrt{\vec{p}^2 + m^2}$; $k_{i0} = \omega_i$; c_i—константа, зависящая только от кинематических и внутренних квантовых чисел; ν—немой индекс, q и s—положительные целые числа.

3. В статистических теориях для приближенных оценок полного сечения и других характерных параметров процесса пользуются тем предположением, что роль матричного элемента в асимптотической области пренебрежимо мала по сравнению с фазовым объемом. Учитывая последний постулат и внося выражение (7) и (4) с учетом $q = s = 0$ (вариант статистической теории, предложенный Шриваставой и Сударшаном [1]), получаем

$$\rho(p^2) = (2\pi)^3 \sum_{n=2}^{\infty} \frac{c^n}{n!} \int_{-\infty}^{\infty} \cdots \int \prod \delta^4\Big(p - \sum_{i=1}^{n} k_i\Big)\,\Theta(k_{i0})\,\delta(k_i^2 - \mu_i^2)\, d^4 k_i \tag{8}$$

В ряде работ [5] вычислялось $\rho(p^2)$ при высоких энергиях[1]. Их результаты мало отличаются друг от друга. В системе центра тяжести имеем

$$\rho(\varkappa^2) = (2\pi)^3 \sum_{n=2}^{\infty} \frac{c^n}{n!}\left(\frac{\pi}{2}\right)^{n-1} \varkappa^{2n-4} \Big\{ \frac{1}{(n-1)!\,(n-2)!} -$$

$$- \frac{1}{(n-2)!\,(n-3)!}\left[\sum_{i=2}^{n} \lambda_i^2 \ln\frac{1}{\lambda_i} - A(n)\sum_{i=2}^{n}\lambda_i^2\right] + \ldots \Big\} \times$$

$$\times\, \Theta\Big(\varkappa^2 - \sum_{i=1}^{n}\mu_i^2\Big), \tag{9}$$

где $\varkappa$—масса системы; $\lambda_i = \mu_i/\varkappa$, а

[1] Вернее, в вышецитируемых работах вычислялся фазовые объемы Ω_n или W_n, которые отличаются от $\rho(\varkappa^2)$.

$$A(n) = \sum_{l=1}^{n-2} \frac{1}{l} + \sum_{l=1}^{n-3} \frac{1}{l} - 1.$$

Для оценки поведения $\rho(\varkappa^2)$ при $\varkappa \to \infty$ и с числом промежуточных частиц $n \to \infty$ (можно ограничиться первым членом разложения (9). При этом хотя отдельные члены выражения (9) и даже конечная сумма растут по $\varkappa (E_c = \sqrt{\varkappa^2 + p_c^2})$ степенным образом, но суммирование по n качественно меняет характер роста. Действительно, заменяя сумму интегралом по n и воспользовавшись формулой Стирлинга при $n \gg 1$,

$$n! = \sqrt{2\pi n}\, e^{-n} n^n \{1 + 0(n^{-1})\} \tag{10}$$

получим

$$\rho_0(\varkappa^2) = (2\pi)^{3/2} \int\limits_0^\infty \left(\frac{\pi c}{2}\right)^n e^{3n} n^{-3\left(n + \frac{1}{2}\right)} \varkappa^{2n-4}\, \Theta(\varkappa^2 - n^2)\, dn, \tag{11}$$

где учитивается $\sum\limits_{i=1}^{n} \mu_i^2 = n^2 \mu^2 = n^2$ в системах единиц, в которых масса одинаковых промежуточных частиц нормирована на единицу ($\mu = 1$).

При $\varkappa^2 > n^2$ $\Theta(\varkappa^2 - n^2) = 1$ и оценку асимптотики (11) можно произвести по методу Лепласа [6].

Легко показать, что подынтегральное выражение есть хорошая функция в интервале $[0, \infty]$ и имеет точку максимума

$$\tilde{n} \sim \alpha \varkappa^{2/3}. \tag{12}$$

Подстановкой $n = \alpha \varkappa^{2/3} t$ выражение (11) приобретает вид

$$\rho_0(\varkappa^2) = (2\pi)^{3/2} \alpha^{-1/2} \varkappa^{-13/3} \int\limits_0^\infty \varphi(t, \varkappa)\, e^{\alpha \varkappa^{2/3} f(t, \varkappa)}\, dt, \tag{13}$$

где

$$\alpha = (\pi c/2)^{1/3};$$

$$\varphi(t, \varkappa) = \{t^{3/2}[1 + \alpha^2 \varkappa^{-2/3} t^2]^2\}^{-1}; \tag{14}$$

$$f(t, \varkappa) = 3t - 3t \ln t + t \ln[1 + \alpha^2 \varkappa^{-2/3} t^2] \tag{15}$$

Асимптотическая оценка интеграла (13) имеет вид

$$\rho_0(\varkappa^2) \sim F_0(\varkappa)\, e^{\alpha_0 \varkappa^{2/3}} \{1 + O(\varkappa^{-1/3})\}, \tag{16}$$

где

$$F_0(\varkappa) = (2\pi)^2 3^{1/2} \alpha_0^{-1} \varkappa^{-14/3}; \quad \alpha_0 = 3\alpha.$$

Легко проверить, что необходимое условие существования дисперсионного соотношения (3) для одночастичной функции Грина нарушается. Несправедливы также дисперсионные соотношения с любым конечным числом вычитаний, для которого

$$I_\sigma(\varkappa^2) \equiv \int\limits_{4m^2}^{\infty} F_0(\varkappa)\, e^{\alpha_0 \varkappa^{2/3}} \varkappa^{-2\sigma}\, d\varkappa^2 \to \infty, \tag{17}$$

где

$$1 \leqq \sigma < \infty.$$

Интересно заметить, что второй член в разложении спектральной функции (9), имеющий вид при одинаковых промежуточных частицах

$$\rho_1(\varkappa^2) = (2\pi)^2 \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{\pi c}{2}\right)^n \frac{\ln^n \varkappa}{\varkappa^4 (n!)^3}\, \Theta(\varkappa^2 - n^2), \tag{18}$$

ведет к асимптотике

$$\rho_1(\varkappa^2) \sim F_1(\varkappa)\, e^{\alpha_1 \ln^{1/3} \varkappa} \{1 + O(\ln^{-1/6} \varkappa)\}, \tag{19}$$

где

$$F_1(\varkappa) = (2\pi)^2\, 3\alpha_1^{-1} \varkappa^{-4} (\ln \varkappa)^{-1/3}; \quad \alpha_1 = 3\left(\frac{\pi c}{4}\right)^{1/3}.$$

Сингулярность выражения (19) более слабая—логарифмическая и точка максимума выражения (18), которая непосредственно связана с множественностью процесса при сильных взаимодействиях, тоже слабо растет с энергией:

$$n \sim \alpha_1 (\ln \varkappa)^{1/3}. \tag{20}$$

Последующий третий член

$$\rho_2(\varkappa^2) = (2\pi)^3 \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{\pi c}{2}\right)^n \frac{A(n)\, \varkappa^{-4}\, \Theta(\varkappa^2 - n^2)}{n!\,(n-2)!\,(n-3)!} \tag{21}$$

приводит к асимптотике, которая дает сходящийся вклад в соотношение (3):

$$I_{20}(\varkappa^2) \equiv \int\limits_{4m^2}^{\infty} \rho_2(\varkappa^2)\, \varkappa^{-2} d\varkappa^2 \sim A_1 (2\pi)^2 (2\alpha_2)^{-1} e^{\alpha_2} (4m^2)^{-4} < \infty \tag{22}$$

4. Для устранения недопустимого роста главного асимптотического члена спектральной функции (16) допустим, что $q = 0$, а матричный элемент

$$|\langle 0 \,|\, j(0) \,|\, k_i \rangle|^2 = c_i (\sqrt{p_\nu p_\nu})^{-s_i}. \tag{23}$$

Тогда

$$\rho_{01}(\varkappa^2) = (2\pi)^{3/2}(\varkappa^2 - m^2)^{-2} \int\limits_0^\infty \left(\frac{c\pi}{2}\right)^{n} \frac{\varkappa^{n(2-s)-4}\,\Theta(\varkappa^2 - n^2)}{(n!)^3}\, dn. \quad (24)$$

Используя выражение для Θ-функции

$$\Theta(\varkappa^2 - n^2) = \int\limits_{4m^2}^\infty \delta(\varkappa_c^2 - \varkappa^2 + n^2)\, d\varkappa_c^2, \quad (25)$$

где $\varkappa = \sqrt{\varkappa_c^2 + n^2}$, и подставляя в (24), получаем

$$\rho_{01}(\varkappa^2) = (2\pi)^{3/2} \int\limits_{4m^2}^\infty d\varkappa_c^2 \int\limits_0^\infty \left(\frac{c\pi}{2}\right)^n \frac{e^{3n}\, n^{-3n}(\varkappa_c^2 + n^2)^{n(1-s/2)}}{n^{3/2}(\varkappa_c^2 + n^2)^2(\varkappa_c^2 + n^2 - m^2)^2}\, dn \quad (26)$$

Ввиду того что точка максимума выражения (26) имеет вид

$$n \sim \alpha\varkappa_c^\beta, \quad \beta = (2 - s)/3, \quad (27)$$

сделаем замену в интеграле (26):

$$n = \alpha\varkappa_c^\beta\tau, \qquad \alpha = \left(\frac{\pi c}{2}\right)^{1/3}.$$

Тогда

$$\rho_{01}(\varkappa^2) = (2\pi)^{3/2} \int\limits_{4m^2}^\infty \varkappa_c^{-(\beta+16)/2}\, \alpha^{-1/2} d\varkappa_c^2 \int\limits_0^\infty \varphi_0(\tau, \varkappa_c)\, e^{\alpha\varkappa_c^\beta f_0(\tau, \varkappa_c)}\, d\tau, \quad (28)$$

где

$$\varphi_0(\tau, \varkappa_c) = \left\{\tau^{3/2}\left(1 + \alpha^2\varkappa_c^{-\frac{2s}{3}}\tau^2\right)^2\left(1 + \alpha^2\varkappa_c^{-\frac{2s}{3}}\tau^2 - \frac{m^2}{\varkappa_c^2}\right)^2\right\}^{-1}; \quad (29)$$

$$f_0(\tau, \varkappa_c) = 3\tau - 3\tau\ln\tau + \frac{(2-s)}{2}\tau\ln\left(1 + \alpha^2\varkappa_c^{-\frac{2s}{3}}\tau^2\right). \quad (30)$$

При $\varkappa_c \to \infty$ можно допустить $\tau \approx 1$ и, следовательно,

$$\varphi_0(1, \infty) = 1 \text{ и } f_0(1, \infty) \approx 3, \; f_0''(1, \infty) \approx -3. \quad (31)$$

При этом справедлива асимптотическая оценка

$$\rho_{01}(\varkappa^2) \sim (2\pi)^2\, 3^{1/2}\alpha^{-1} \int\limits_{4m^2}^\infty \varkappa_c^{-(\beta+8)}\, e^{\alpha_0\varkappa_c^\beta}\, d\varkappa_c^2, \quad \alpha_0 = 3\alpha. \quad (32)$$

При $s = 2$, $\beta = 0$ получим

$$\rho_{01}(\varkappa_c^2) \sim (2\pi)^2\, 3^{1/2}\alpha_0^{-1} \int\limits_{4m^2}^{\infty} \varkappa_c^{-8}\, d\varkappa_c^2 < \infty. \tag{33}$$

5. Обращает на себя внимание нарушение условий существования дисперсионного соотношения из-за экспоненциального роста спектральной функции[1]. Интересная ситуация получается при статистическом рассмотрении центральных соударений сильновзаимодействующих частиц. Степенной рост множественности и требование постоянства полного сечения приводят к экспоненциальному убыванию матричных элементов неупругих процессов. Эти вопросы обсуждаются в работе [7].

Пользуюсь случаем выразить благодарность акад. И. Е. Тамму за приглашение в ФИАН, где была выполнена настоящая работа, докт. В. Я. Файнбергу за руководство работой, проф. М. М. Мирианашвили, докторам А. А. Рухадзе и Д. С. Чернавскому за обсуждение полученных результатов.

Кутаиский государственный педагогический
институт

(Поступило в редакцию 14.7.1965)

ფიზიკა

თ. ეფრემიძე

ერთნაწილაკოვანი გრინის ფუნქციის წარმოსახვითი ნაწილის ასიმპტოტიკის შესახებ

რეზიუმე

შესწავლილია სკალარული ნაწილაკის ერთნაწილაკოვანი გრინის ფუნქციის წარმოსახვითი ნაწილის ასიმპტოტიკა დიდი ენერგიის შემთხვევაში. ნაჩვენებია, რომ n-ნაწილაკოვანი შუალედური მდგომარეობის მატრიცულ ელემენტზე საბოლოო მდგომარეობათა სტატისტიკური დამოკიდებულებისა და მარტივი ენერგეტიკული დამოკიდებულების პოსტულირება სპექტრალური ფუნქციისათვის გვაძლევს ენერგიის მიხედვით ექსპონენციალურად მზარდ ასიმპტოტიკას. ჩელენ—ლემანის წარმოდგენის სამართლიანობისათვის აუცილებელი პირობა—სპექტრალური ფუნქციის პოლინომიალური ზრდა, —ირღვევა. განხილულია მარტივი მაგალითი, როცა მატრიცული ელემენტი ხარისხოვანი სახით ეცემა ენერგიის ზრდის შედეგად, რაც უზრუნველყოფს დისპერსიული თანაფარდობის სამართლიანობას.

---

[1]) Экспоненциальный рост мнимой части одночастичной функции Грина с учетом промежуточных n-частичных состояний возникает также в нелинейной теории Фрадкина и Ефимова [8].

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. E. Fermi. High Energy Nuclear Events, Prog. of Theor. Phys., 5, 1950, 570.
2. Н. Леман. О свойствах функций распространения и констант перенормировки квантованных полей. ПСФ, 3, 1955, 133.
3. В. Я. Файнберг. Уравнения квантовой теории поля в аксиоматическом подходе. Препринт, ФИАН, А-39. М., 1964.
4. В. Я. Файнберг и др. Применение дисперсионного подхода к исследованию простейших функций Грина в мезодинамике. ЖЭТФ, 38, 1960, 1803.
5. В. М. Максименко и И. Л. Розенталь. О ковариантных статистичечких теориях множественного образования частиц. ЖЭТФ, 39, 1960, 754.
6. М. А. Лаврентьев и Б. В. Шатат. Методы теории функций комплексного переменного. ГИФМЛ, М., 1958, 448.
7. Т. И. Ефремидзе, В. Я. Файнберг, Д. С. Чернавский. Об асимптотическом поведении полного сечения в статистических теориях множественного образования частиц. Препринт ФИАН, А—53, 1965.
8. Г. В. Ефимов. О построении локальной квантовой теории поля без ультрафиолетовых расходимостей. ЖЭТФ, 44, 1963, 2106.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ФИЗИКА

И. Д. КИРВАЛИДЗЕ

ИЗМЕНЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ И ИНВЕРСИЯ ЗНАКА ПРОВОДИМОСТИ В ЗАКАЛЕННЫХ ОБРАЗЦАХ КРЕМНИЯ *P*-ТИПА

(Представлено академиком Э. Л. Андроникашвили 1.11.1965)

Как было показано в работе [1], в монокристаллах кремния P-типа в результате закалки от 800°C удельное сопротивление резко увеличивается. Было также показано, что в закаленных образцах наблюдается самопроизвольное восстановление удельного сопротивления с течением времени как при комнатной температуре, так и при температуре жидкого азота.

В настоящем кратком сообщении даны результаты экспериментального изучения влияния закалки от 1300°C на удельное сопротивление монокристалла кремния P-типа, последовавшего после закалки самопроизвольного изменения его удельного сопротивления и типа проводимости при комнатной температуре.

Образцы кремния в форме брусков размером $3\times6\times25$ мм^3 были вырезаны из монокристаллов кремния P-типа, выращенных из кварцевых тиглей методом Чохральского и полученных при помощи вращения.

После резки монокристалла кремния алмазной пилой для удаления следов резки производилось первое шлифование пластинок на плите из нержавеющей стали карбидом бора с водой. Затем пластинки приклеивались шлифованной стороной к специальному кристаллодержателю, позволяющему получить в результате последующей шлифовки плоскопараллельные пластинки заданной толщины.

Окончательное шлифование образцов производилось на стеклянной плите карбидом кремния М 14 с водой.

Перед термообработкой образцы травились в 10% КОН и промывались в теплой дистиллированной воде.

Образец, расположенный на кварцевом держателе с термопарой помещался в предварительно нагретую до 1300°C печь из силитовых нагревательных элементов и выдерживался в этой печи в течение 6 минут, после чего легким встряхиванием кварцевого держателя сбрасывался в вакуумное диффузионное масло Д-1.

После закалки удаляли с поверхности кристалла масло, затем, для снятия оксидной пленки производили тонкую шлифовку образца на кварцевой плите карбидом кремния М 10 с водой.

Удельное электросопротивление измерялось компенсационным методом с помощью двух вольфрамовых зондов. Измерение удельного электросопротивления производилось в средней части образца. Положение двухзондовой головки не менялось в течение длительного времени до получения общей картины изменения электросопротивления в зависимости от времени при комнатной температуре.

Опыты на кремнии P-типа показали, что удельное электросопротивление образцов в результате закалки от 1300°C резко увеличивается, но тип проводимости сохраняется.

Со временем, уже при комнатной температуре, происходит самопроизвольный рост удельного электросопротивления до определенного значения, после которого удельное электросопротивление с течением времени начинает падать.

При самопроизвольном росте удельного электросопротивления наблюдалось изменение знака проводимости от P- к n-типу.

Рост удельного электросопротивления после инверсии знака проводимости продолжался до определенного максимального значения, после которого начинался спад удельного электросопротивления.

Типичная кривая самопроизвольного изменения удельного электросопротивления образца Д 25 с изменением его типа проводимости в зависимости от времени при комнатной температуре дается на рисунке.

Результаты опытов на шести образцах кремния P-типа сведены в таблицу.

Таблица

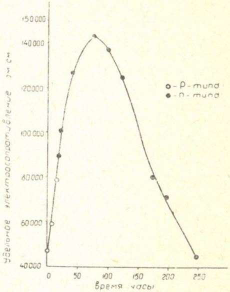
№ образца	До закалки		После закалки		После самопроизвольного роста при комнатной темпер.	
	Удельное сопротивление, ом·см	Тип проводимости	Удельное сопротивление, ом·см	Тип проводимости	Максимальное значение удельного сопротив., ом·см	Тип проводимости
Д 21	54	P	6800	P	10500	n
Д 22	56	P	6100	P	41500	n
Д 23	48	P	7800	P	24000	n
Д 24	64	P	1900	P	13000	n
Д 25	38	P	46500	P	142000	n
Д 27	51	P	17000	P	54000	n

Для выяснения термоустойчивости удельного электросопротивления и типа проводимости закаленного кремния были проведены специальные опыты на образце Д 25. Образец Д 25 после хранения при комнатной температуре в течение 290 часов имел удельное электросопротивление, равное 35000 ом. см, и электронный тип проводимости.

Удельное электросопротивление от 142 000 ом. см за 290 часов уменьшилось до 35 000 ом. см. После отжига кристалла при температуре 100°C в течение 1 часа удельное электросопротивление при комнатной температуре стало равным 12 000 ом. см; электронный тип проводимости остался без изменения.

После вторичного отжига при температуре 150°C в течение 1 часа удельное электросопротивление при комнатной температуре стало равным 2500 ом. см, а тип проводимости стал дырочным (в процессе отжига произошла инверсия знака проводимости). Окончательный отжиг проводили при 250°C в течение 2 часов, после чего удельное электросопротивление стало равным 77 ом. см (исходное значение удельного электросопротивления было равно 38 ом. см), тип проводимости — дырочный.

Таким образом, можно считать экспериментально установленным тот факт, что в результате закалки от 1300°C в кремнии P-типа (удельное электросопротивление около 50 ом· см) происходят следующие обратимые процессы:



Самопроизвольное изменение удельного электросопротивления и типа проводимости закаленного от 1300°C монокристалла кремния P-типа в зависимости от времени при комнатной температуре (образец Д 25)

а) после закалки образцы имеют удельное электросопротивление при комнатной температуре на 2 и иногда на 3 порядка больше, чем до закалки, причем тип проводимости при этом не меняется;

б) после закалки удельное электросопротивление образца самопроизвольно увеличивается до определенного максимального значения, после чего начинается самопроизвольный спад удельного электросопротивления;

в) в процессе самопроизвольного увеличения сопротивления происходит инверсия знака проводимости (переход от дырочной к электронной проводимости);

г) в рузельтате термообработки можно ускорить самопроизвольный спад удельного электросопротивления до его исходного значения; при этом происходит обратная инверсия знака проводимости, т. е. проводимость вновь становится дырочной.

Изучаемые нами монокристаллические образцы кремния обладали компенсированной дырочной проводимостью с примесью бора.

Тот факт, что в результате закалки происходят как резкое увеличение удельного электросопротивления, так и инверсия знака проводимости, говорит о том, что в результате термообработки в решетке кремния образуются акцепторно-донорные пары или более сложные нейтральные комплексы, которые компенсируют акцепторное действие атомов бора.

При образовании акцепторно-донорных пар и сложных нейтральных комплексов определенную роль, по всей вероятности, играют и незакрепленные дислокации, которые образуются в результате резкого охлаждения и вызывают внутреннее напряжение в решетке. По-видимому, в образовании неустойчивых акцепторно-донорных пар и сложных нейтральных комплексов участвуют и другие примеси, как например кислород.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физики
Тбилиси

(Поступило в редакцию 1.11.1965)

ფიზიკა

ი. კირვალიძე

წინააღმდეგობის ცვლილება და გამტარებლობის ნიშნის ინვერსია *P*-ტიპის სილიციუმის ნაწრთობ ნიმუშებში

რ ე ზ ი უ მ ე

შესწავლილია მაღალტემპერატურული წრთობის გავლენა *P*-ტიპის სილიციუმის ხვედრით ელექტროწინაალმდეგობაზე და გამტარებლობის ნიშანზე. ნაჩვენებია, რომ წრთობის შედეგად ხვედრითი ელექტროწინაალმდეგობა 2—3 რიგით იზრდება გამტარებლობის ნიშნის ინვერსიით. წინაალმდეგობის ზრდა და გამტარობის ნიშნის ინვერსია შექცევადია.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Д. Кирвалидзе, В. Ф. Жуков. О влиянии термической обработки на электрические свойства кремния *p* типа. ФТТ, т. 2, вып. 4, 1960.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ФИЗИКА

В. С. КИРИЯ

О ПРЕОБРАЗОВАНИИ СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ В ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианашвили 11.10.1965)

§ 1. Согласно общему принципу относительности все системы отсчета считаются физически равноправными. Поэтому в общей теории относительности (ОТО) не имеет смысла говорить о выделении каких-либо специальных преобразований координат, скорости и ускорения.

Однако В. А. Фок установил новую точку зрения на ОТО [1], в которой отрицается правдоподобность равноправия всех систем отсчета.

Кроме того, в работе [2] был введен специально для применений в ОТО метод бесконечно малых неинтегрируемых преобразований координат, а в работе [3] на основании этого метода были установлены формулы перехода из галилеевой метрики плоского пространства к римановой метрике пространства, искривленного гравитационным полем (G-полем). Согласно принципу эквивалентности, эти формулы можно рассматривать в качестве формул перехода из инерциальной системы отсчета $(\overset{\circ}{x})$ в неинерциальную систему (x) и наоборот. Далее, согласно тому же принципу эквивалентности, неинерциальная система (x) локально эквивалентна инерциальной системе $(\overset{\circ}{x})$ и некоторому G-полю. В этой формулировке явно содержится определенное неравноправие $(\overset{\circ}{x})$ и (x). Они могли бы быть физически равноправными только в том случае, если бы к $(\overset{\circ}{x})$ не требовалось добавления G-поля.

Вышеуказанные соображения вполне ясно обосновывают необходимость введения в ОТО специальных преобразований, связанных с переходом из $(\overset{\circ}{x})$ в (x) и обратно.

§ 2. Переход $(\overset{\circ}{x}) \to (x)$ производит матрица (a^{α}_{β}) с элементами [3]

$$\left.\begin{aligned} & a^0_0 = \beta^{-1}\sqrt{g_{00}}, \quad a^0_k = \frac{V_{x_k}}{c}\beta^{-1}\sqrt{-g_{kk}}, \quad a^i_0 = \frac{V_{x_i}}{c}\beta^{-1}\sqrt{g_{00}}, \\ & a^i_k = \sqrt{-g_{kk}}\left(\delta^i_k - (1-\beta^{-1})\,\frac{V_{x_i}V_{x_k}}{V^2}\right), \quad \beta = \sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}, \end{aligned}\right\} \tag{1}$$

где V_{x_i} — проекция на направление $\overset{\circ}{x}{}^i$ скорости неинерциальной системы отсчета (x) относительно инерциальной системы $(\overset{\circ}{x})$, $V^2 = \sum_i V^2_{x_i}$, $g_{\mu\nu} = g_{\mu\mu}\delta_{\mu\nu}$ [1].

Обратное преобразование $(x) \to (\overset{\circ}{x})$ производит матрица $(\overset{\circ}{a}{}^{\alpha}_{\beta})$ с элементами

$$\left.\begin{aligned} \overset{\circ}{a}{}^0_0 = \sqrt{g^{00}}\,\beta^{-1}, \quad \overset{\circ}{a}{}^0_k = -\sqrt{g^{00}}\,\frac{V_{x_k}}{c}\,\beta^{-1}, \quad \overset{\circ}{a}_0 = \\ = -\sqrt{-g^{ii}}\,\frac{V_{x_i}}{c}\,\beta^{-1}, \quad \overset{\circ}{a}{}^i_k = \sqrt{-g^{ii}}\left(\delta^i_k - (1-\beta^{-1})\,\frac{V_{x_i}V_{x_k}}{V^2}\right). \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

Сравнение элементов (1) и (2) показывает, что прямые и обратные неинтегрируемые преобразования

$$dx^{\alpha} = a^{\alpha}_{\mu}\,dx^{\mu}, \quad d\overset{\circ}{x}{}^{\mu} = \overset{\circ}{a}{}^{\mu}_{\beta}\,dx^{\beta}, [2] \tag{3}$$

производящие переход $(\overset{\circ}{x}) \rightleftarrows (x)$, не переходят друг в друга при $\vec{V} \rightleftarrows -\vec{V}$. Это доказывает, что системы отсчета $(\overset{\circ}{x})$ и (x) неравноправны. Причиной этого неравноправия является G-поле, ибо переход $(\overset{\circ}{x}) \rightleftarrows (x)$ при $\vec{V} \rightleftarrows -\vec{V}$ имеет место только в том случае, когда

$$g_{\mu\nu} = e_{\mu}\delta_{\mu\nu} \quad (e_0 = 1,\ e_i = -1). \tag{4}$$

Исходя из этих соображений, можно сказать, что преобразования (3) с коэффициентами (1) и (2) представляют собой специальные преобразования ОТО. Они, по-видимому, играют в ОТО такую же роль, какую в специальной теории относительности (СТО) играют преобразования Лоренца, с той, однако, существенной разницей, что лоренцовские преобразования выражают физическое р а в н о п р а в и е всех инерциальных систем отсчета, а преобразования (3), наоборот,— н е р а в н о п р а в и е инерциальных и неинерциальных систем.

§ 3. Выведем теперь формулы преобразования скорости и ускорения, отвечающие преобразованиям (3). Для этой цели мы обратимся

---

[1] Верхние индексы a^{α}_{β} обозначают строки, а нижние—столбцы матрицы (a^{α}_{β}). Латинские буквы $i, k, l, \ldots$ принимают значения 1,23, а греческие $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ —значения 0, 1, 23.

[2] Несмотря на неинтегрируемость соотношений (3), допускается связь $\overset{\circ}{x}{}^{\alpha} = \overset{\circ}{x}{}^{\alpha}(x)$ и $x^{\mu} = x^{\mu}(\overset{\circ}{x})$. Это значит, что dx (или $d\overset{\circ}{x}$) не являются дифференциалами $\overset{\circ}{x}$ (или x), а представляют бесконечно малые смещения точки, определяющиеся коэффициентами a^{α}_{μ} и $\overset{\circ}{a}{}^{\mu}_{\beta}$, не удовлетворяющими условиям неинтегрируемости.

к идеям неголономной геометрии [4] и воспользуемся математическим аппаратом неинтегрируемых преобразований, разработанных специально для применений в ОТО в работах [2,3].

В указанных выше работах рассматриваются „ковариантные“ и „контравариантные“ компоненты векторов, преобразующихся соответственно формулам (3), а именно $\overset{\circ}{X}{}^{\alpha} = a^{\alpha}_{\beta} X^{\beta}$ и $\overset{\circ}{X}_{\alpha} = \overset{\circ}{a}{}^{\beta}_{\alpha} X_{\beta}$, а также дается обобщение производной вектора в смысле неинтегрируемых преобразований (которая в неголономной геометрии отсутствует).

А. Преобразование скорости. Для 4-скорости $\overset{\circ}{u}{}^{\alpha} = d\overset{\circ}{x}{}^{\alpha}/d\tau$, согласно формулам (3), имеем

$$\overset{\circ}{u}{}^{\alpha} = a^{\alpha}_{\mu}\, u^{\mu}. \tag{5}$$

Формула (5) показывает, что 4-скорость есть вектор в смысле неинтегрируемых преобразований (НП).

Закон преобразования $(x) \to (\overset{\circ}{x})$ для трехмерной скорости $\overset{\circ}{v}{}^{i} = d\overset{\circ}{x}{}^{i}/d\overset{\circ}{t} = dx^{i}/dt \times dt/d\overset{\circ}{t}$, согласно формулам (5) и (3), имеет вид

$$\overset{\circ}{v}{}^{i} = \frac{c a^{i}_{\mu} v^{\mu}}{a^{0}_{\mu} v^{\mu}}. \tag{6}$$

При этом $\overset{\circ}{v} = v^{0} = c$. Формулы обратных преобразований $(x) \to (\overset{\circ}{x})$ получаются из (6) заменой $\overset{\circ}{v}{}^{\alpha} \to v^{\alpha}$, $a^{\alpha}_{\mu} \to \overset{\circ}{a}{}^{\alpha}_{\mu}$.

Положив в формуле (6) $v^{i} = 0$ (точка неподвижна относительно (x)), получим $\overset{\circ}{v}{}^{i} = V_{x_i}$. Если же (x) неподвижна относительно $(\overset{\circ}{x})$, т. е. если $V_{x_i} = 0$, то будем иметь $\overset{\circ}{v}{}^{i} = \sqrt{-g_{ii}}\, v^{i}/\sqrt{g_{00}}$. Это определяет влияние неподвижного G-поля на скорость.

В случае соотношений (4) (т. е. при отсутствии G-поля) формула (6) превращается в формулы преобразования Лоренца для скорости.

Частные формулы преобразования скорости для перехода $(\overset{\circ}{x}) \to (x)$, при $V_x = V$, $V_y = V_z = 0$, согласно формулам (6) и (1), имеют вид

$$\overset{\circ}{v}{}^{1} = \frac{\sqrt{g_{00}}\, V + \sqrt{-g_{11}}\, v^{1}}{\sqrt{g_{00}} + \sqrt{-g_{11}}\, \frac{V v^{1}}{c^{2}}}, \quad \overset{\circ}{v}{}^{p} = \frac{\sqrt{-g_{pp}}\, \beta v^{p}}{\sqrt{g_{00}} + \sqrt{-g_{11}}\, \frac{V v^{1}}{c^{2}}}, \ (p = 2, 3). \tag{7}$$

Обратными формулами преобразования скорости для перехода $(x) \to (\overset{\circ}{x})$ являются

$$v' = \frac{\sqrt{g_{00}}}{\sqrt{-g_{11}}}\ \frac{\overset{\circ}{v}' - V}{1 - \dfrac{V\overset{\circ}{v}'}{c^2}}, \quad v^p = \frac{\sqrt{g_{00}}}{\sqrt{-g_{pp}}}\ \frac{\beta \overset{\circ}{v}^p}{1 - \dfrac{V\overset{\circ}{v}'}{c^2}}, \quad (p = 2,\ 3). \tag{7'}$$

Нетрудно видеть, что формулы (7) и (7') содержат неравноправие систем отсчета $(\overset{\circ}{x})$ и (x).

В. Преобразование ускорения. 4-ускорение точки определим как полную неинтегрируемую производную 4-скорости по собственному времени. Полная неинтегрируемая производная вектора представляет собой непосредственное обобщение обычной производной вектора на основании неинтегрируемых преобразований (3) и имеет следующий вид:[1]

$$\frac{D\overset{\circ}{A}{}^{\lambda}}{D\tau} = a^{\lambda}_{\sigma} \frac{dA^{\sigma}}{d\tau} + \frac{\partial a_{\sigma}}{\partial x^{\mu}} A^{\sigma} u^{\mu}. \tag{8}$$

Она формально получается заменой $\partial \overset{\circ}{x}{}^{\alpha}/\partial x^{\beta} \to a^{\alpha}_{\beta}$, $\partial x^{\beta}/\partial \overset{\circ}{x}{}^{\gamma} \to \overset{\circ}{a}{}^{\beta}_{\gamma}$ в формуле преобразования обычной производной вектора [3].

Обратная формула преобразования производной вектора для перехода $(x) \to (\overset{\circ}{x})$ получается из выражения (8) заменой $\overset{\circ}{A} \to A$, $a \to \overset{\circ}{a}$, $x \to \overset{\circ}{x}$.

Применив формулу (8) к $A = u$, получим закон преобразования 4-ускорения $\overset{\circ}{\omega}{}^{\lambda} = D\overset{\circ}{u}{}^{\lambda}/D\tau$ при переходе $(\overset{\circ}{x}) \to (x)$

$$\overset{\circ}{\omega}{}^{\lambda} = a^{\lambda}_{\sigma} \omega^{\sigma} + a^{\lambda}_{\sigma,\mu} u^{\sigma} u^{\mu}. \tag{9}$$

Обратные формулы преобразования ускорения для перехода $(x) \to \overset{\circ}{x})$ получаются из выражения (9) заменой $\overset{\circ}{\omega} \to \omega$, $a \to \overset{\circ}{a}$, $u \to \overset{\circ}{u}$, $x \to \overset{\circ}{x}$.

Из выражения (9) легко получается следующая формула преобразования трехмерного ускорения для перехода $(\overset{\circ}{x}) \to (x)$:

$$\left.\begin{aligned} \overset{\circ}{a}{}^{i} = \frac{c^2}{a^0_{\mu} v^{\mu}} \frac{d}{dt}\left(\frac{a^i_{\sigma} v^{\sigma}}{a^0_{\mu} v^{\mu}}\right) = \left(a^i_{\sigma} - \frac{a^i_{\mu} a^0_{\sigma} v^{\mu}}{a^0_{\rho} v^{\rho}}\right) \frac{c^2}{(a^0_{\mu} v^{\mu})^2} + \\ + \left(a^i_{\sigma,\rho} - \frac{a^i_{\sigma} a^0_{\mu,\rho} v^{\mu}}{a^0_{\mu} v^{\mu}}\right) \frac{c^2 v^{\rho} v^{\sigma}}{(a^0_{\mu} v^{\mu})^2}, \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

---

[1] Понятие неинтегрируемой производной (8) в неголономной геометрии отсутствует. Но в ОТО она играет важную роль, так как определяет закон преобразования ускорения при $(\overset{\circ}{x}) \rightleftarrows (x)$.

где $\overset{\circ}{a}{}^i = d\overset{\circ}{v}{}^i/d\overset{\circ}{t}$ — ускорение точки относительно $(\overset{\circ}{x})$, а $a^k = dv^k/dt$ — относительно (x), при этом $\overset{\circ}{v}{}^0 = v^0 = c$, $\overset{\circ}{a}{}^0 = a^0 = 0$.

Положив в формуле (10) $v^i = 0$ (точка неподвижна относительно (x)), получим $\overset{\circ}{a}{}^i = \beta/\sqrt{g_{00}} \times dV_{x_i}/dt = dV_{x_i}/dt$. Если же (x) неподвижна относительно $(\overset{\circ}{x})$, т. е. если $V_{x_i} = 0$, то будем иметь $\overset{\circ}{a}{}^i = \beta/\sqrt{g_{00}} \times$ $\times\, d(\sqrt{-g_{ii}}\, v^i)/dt$. Это определяет влияние неподвижного G-поля на ускорение.

Частные формулы преобразования ускорения для перехода $(\overset{\circ}{x}) \to (x)$ при $V_x = V$, $V_y = V_z = 0$, согласно формулам (1) и (10), имеют вид

$$\left.\begin{aligned}
\overset{\circ}{a}{}^1 &= \frac{\beta}{\sqrt{g_{00}} + \sqrt{-g_{11}}\dfrac{Vv^1}{c^2}} \frac{d}{dt} \left(\frac{\sqrt{g_{00}}\, V + \sqrt{-g_{11}}\, v^1}{\sqrt{g_{00}} + \sqrt{-g_{11}}\dfrac{Vv^1}{c^2}} \right) \\
\overset{\circ}{a}{}^p &= \frac{\beta}{\sqrt{g_{00}} + \sqrt{-g_{11}}\dfrac{Vv^1}{c^2}} \frac{d}{dt} \left(\frac{\sqrt{-g_{pp}}\,\beta v^p}{\sqrt{g_{00}} + \sqrt{-g_{11}}\dfrac{Vv^1}{c^2}} \right), \quad (p = 2,\ 3).
\end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

Обратными формулами преобразования ускорения для перехода $(x) \to (\overset{\circ}{x})$ являются

$$\left.\begin{aligned}
a^1 &= \frac{\sqrt{g_{00}}\,\beta}{1 - \dfrac{V\overset{\circ}{v}{}^1}{c^2}} \frac{d}{d\overset{\circ}{t}} \left(\frac{\sqrt{g_{00}}}{\sqrt{-g_{11}}} \frac{\overset{\circ}{v}{}^1 - V}{1 - \dfrac{V\overset{\circ}{v}{}^1}{c^2}} \right), \\
a^p &= \frac{\sqrt{g_{00}}\,\beta}{1 - \dfrac{V\overset{\circ}{v}{}^1}{c^2}} \frac{d}{d\overset{\circ}{t}} \left(\frac{\sqrt{g_{00}}}{\sqrt{-g_{pp}}} \frac{\beta \overset{\circ}{v}{}^p}{1 - \dfrac{V\overset{\circ}{v}{}^1}{c^2}} \right), \quad (p = 2,\ 3).
\end{aligned}\right\} \qquad (11')$$

В случае соотношений (4) формулы (11) и (11') превращаются в формулы преобразования Лоренца для ускорения.

Сравнение формул (11) и (11') указывает также на неравноправние систем отсчета $(\overset{\circ}{x})$ и (x).

§ 4. В качестве примера рассмотрим так называемое гиперболическое движение. Гиперболическим в СТО называют такое движение, при котором точка обладает постоянным ускорением относительно системы отсчета, по отношению к которой она в данный момент времени покоится. Аналогично определим гиперболическое движение в ОТО, а именно положим, что в локальной системе $(x)\,\vec{v} = 0$, $\vec{a} = \vec{b} = \text{const}$.

В таком случае для скорости точки относительно $(\overset{0}{x})$, согласно формулам (6) и (1), будем иметь $\overset{0}{v}{}^i = V_{x_i}$, где $\vec{V}(V_{x_1}, V_{x_2}, V_{x_3})$—скорость движения системы (x) относительно $(\overset{0}{x})$.

Для ускорения точки относительно $(\overset{0}{x})$, согласно формуле (10), получим

$$\overset{0}{a}{}^i = \left(a^i_k - \frac{a^i_0 a^0_k}{a^0_0}\right)\frac{b^k}{(a^0_0)^2} + \left(a^i_{0'0} - \frac{a^i_0 c^0_{0'0}}{a^0_0}\right)\frac{c^2}{(a^0_0)^2}. \qquad (12)$$

В случае стационарного G-поля и прямолинейного движения, т. е. при $b' = b$, $b^2 = b^3 = 0$, в силу формул (12) и (1), будем иметь

$$\overset{0}{a}{}' = \frac{\sqrt{-g_{11}}}{\sqrt{g_{00}}}\left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)^{3/2} b, \quad \overset{0}{a}{}^2 = \overset{0}{a}{}^3 = 0.$$

Подробно вопрос о гиперболическом движении в ОТО мы рас смотрим в отдельной работе.

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 11.10.1965)

ფიზიკა

ვ. ქირია

სიჩქარისა და აჩქარების გარდაქმნის შესახებ ზოგადი ფარდობითობის თეორიაში

რეზიუმე

შრომაში გამოყენებულია უსასრულო მცირე არაინტეგრებადი გარდაქმნები სიჩქარისა და აჩქარების გარდაქმნის ფორმულების გამოყვანისათვის.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Фок. Теория пространства времени и тяготения. Гостехиздат, 1955.
2. М. М. Мириӑнашвили, В. С. Кирия, М. С. Гобеджишвили. О некоторых применениях неинтегрируемых преобразований в ОТО. В сб.: „Проблемы гравитации“, Тбилиси, 1965, стр. 14.
3. В. С. Кирия. Обобщения преобразований Лоренца при наличии гравитационного поля. В сб.: „Проблемы гравитации“, Тбилиси, 1965, стр. 46.
4. И. А. Схоутен, Д. Дж. Стройк. Введение в новые методы дифференциальной геометрии, т. 1. Гостехиздат, 1939.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ГЕОФИЗИКА

Б. И. СТЫРО, Э. Ю. ВЕБРА, К. К. ШОПАУСКАС и Т. Г. ХУНДЖУА

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТА ТУРБУЛЕНТНОЙ ДИФФУЗИИ ПО ВЕРТИКАЛЬНЫМ ПРОФИЛЯМ КОНЦЕНТРАЦИИ ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ РАДОНА

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 6.11.1965)

В настоящее время имеется ряд работ [1—6], в которых рассматривается стационарная задача о распределении радиоактивных веществ в земной атмосфере по высоте. В основу всех этих теоретических исследований положено следующее уравнение [1]:

$$\frac{d}{dz}\left(K_z \frac{ds}{dz}\right) - s\lambda = 0, \tag{1}$$

где s — концентрация радиоактивной субстанции, λ — постоянная распада, K_z — вертикальная составляющая коэффициента диффузии.

Несложные вариации уравнения (1) и функции $K_z = K_z(z)$ дали возможность ряду авторов выполнить решение уравнения (1) и получить несколько весьма ценных результатов о распределении концентрации радона и его продуктов распада по высоте [4—6], удовлетворительно согласующихся с данными эксперимента. При этом были получены новые результаты о распределении Po^{210}, Po^{210} и др., еще требующих экспериментальных проверок [6].

Развитие техники измерения концентрации радиоактивных веществ в свободной атмосфере позволяет, имея в виду уравнение (1), попытаться решить экспериментально более сложную задачу об определении коэффициента вертикальной диффузии K_z.

Экспериментальных определений K_z с помощью радиоактивных трассеров пока еще не много. Для приземного слоя такие исследования были выполнены, например, В. И. Барановым и Е. Г. Грачевой [9], для свободной атмосферы—Л. В. Кириченко и Б. И. Стыро [7, 10], причем в работе [10]—по данным о концентрации радиоактивных аэрозолей на частицах облака.

Цель настоящего исследования — определить коэффициент K_z по данным о профиле радиоактивности (продукты распада радона) в свободной атмосфере и оценить возможности предлагаемого метода.

Для слоя свободной атмосферы, где отсутствуют скопления капель, предполагаем, что вертикальное распределение концентрации i-го элемента цепочки радона определяется путем решения системы дифференциальных уравнений

$$\frac{d}{dz}\left(K_z \frac{dN_1}{dz}\right) - \lambda_1 N_1 = 0,$$

$$\frac{d}{d\zeta}\left(K_z \frac{dN_i}{d\zeta}\right) - \lambda_i N_i + \lambda_{i-1} N_{i-1} = 0. \tag{2}$$

Эта система предусматривает стационарность процессов диффузия—распад. Мы будем изучать распределение радиоактивных веществ за пределами приземного слоя, что в первом приближении дает возможность предполагать K_z постоянным для достаточно протяженного однородного по высоте слоя. Последнее условие нарушается при прохождении слоев инверсии, облаков или фронтальных разрывов.

В сделанных предположениях уравнения (2) преобразуются следующим образом:

$$K_\zeta = \frac{d^2V_1}{d\zeta} - \lambda_1 N_1 = 0, \qquad K_\zeta = \frac{d^2N_i}{d\zeta^2} - \lambda_i N_i + \lambda_{i-1} N_{i-1} = 0. \tag{3}$$

$$i = 2, 3, \ldots$$

В дальнейшем нас будет интересовать следующая цепочка радиоактивных веществ:

$$Rn^{222} \to Po^{218} \to Pb^{214} \to Bi^{214} \to Po^{214} \to Pb^{210}.$$

Боковое ответвление от Bi^{214} нами не рассматривается ввиду незначительности этой цепочки (0,04%). Pb^{210} из-за большого периода полураспада ($\sim$22 года) трактуется как стабильный элемент. Следовательно, значок i меняется от 2 до 4. Граничными условиями служат

$$N_1 = N_{1,h}|_{z=h}, \qquad N_i = N_{i,h}|_{z=h} \tag{4}$$

$$\left.\begin{matrix} N_1 \to 0 \\ N_i \to 0 \end{matrix}\right. \quad \text{при} \quad \zeta \to \infty. \tag{5}$$

Будем считать, что, начиная с некоторой высоты, наступает радиоактивное равновесие между ближайшими дочерними продуктами радона. При практическом определении K_ζ в качестве нижней границы слоя h можно брать высоты $\sim$1 км, при этом появляется почти полная уверенность в выполнении условия

$$\lambda_1 N_1 = N_i \lambda_i, \quad i = 2, 3, 4. \tag{6}$$

Итак, решая систему (3) при условиях (4), (5) и (6), получаем ряд уравнений, описывающих профили распределения радона и трех его дочерних продуктов распада:

$$N = \lambda_1 N_{1,h} \sum_{k=1}^{\gamma} \frac{\prod\limits_{k=1}^{\gamma-1} \lambda_k}{\lambda_i \prod\limits_{k=1}^{i-1}(\lambda_k - \lambda_i) \prod\limits_{k=i+1}^{\gamma}(\lambda_k - \lambda_i)} \exp\left\{-\sqrt{\frac{\lambda_i}{K_z}}(\zeta - h)\right\}. \tag{7}$$

$$\gamma = 1, 2, 3, 4$$

Уравнение (7) должно описывать характер распределения любого из четырех членов цепочки радона в зависимости от интенсивности вертикального перемешивания K_z при принятых выше ограниченных и может служить для определения K_z, если измеряются N_γ или их комбинации.

Радиоактивные профили в свободной атмосфере определялись путем самолетного зондирования методом фильтрации с последующей

α—радиографией, при соблюдении таких условий, что в ядерной фотоэмульсии типа А—2, применяемой для наших исследований, возникшие α—треки можно было приписать Po^{218} и Po^{214}.

Зондирование атмосферы велось в районах Тбилиси и Вильнюса на самолетах ЛИ—2 и ЯК—12. При полете самолет делал площадки на заранее намеченных высотах.

Обозначим время фильтрации через t, время, по истечению которого фильтр приводился в контакт с эмульсией, — через τ. На фильтр осаждались аэрозоли, содержащие P_0^{218}, Pb^{214}, Bi^{214}, P_0^{214} и другие изотопы, обладающие значительно большим периодом полураспада.

P_0^{214} имеет период полураспада всего $1{,}64-10^{-4}$ сек, поэтому его атомы, захваченные непосредственно из атмосферы, за время приведения фильтра в контакт с эмульсией τ успевают полностью распасться в Pb^{210}. Таким образом, α-треки P_0^{214}, найденные в эмульсии, образовались при распаде Pb^{214} и B_i^{214}, накопившихся в фильтре за время фильтрации и приведения в контакт с эмульсией.

В момент окончания фильтрации на фильтре накапливается такое количество атомов P_0^{218}, Pb^{214} и B_i^{214}, которое мы получим, решив систему уравнений

$$dQ_i = \varepsilon f N_i dt - \lambda_i Q_i dt + \lambda_{i-1} Q_{i-1} dt. \qquad (8)$$

$$i = 1, 2, 3$$

Значки 1, 2, и 3 относятся к P_0^{218}, Pb^{214} и B_i^{214}. Здесь N_i — концентрация i-го элемента в воздухе, Q_i — количество атомов i-го элемента, накопившееся на фильтре, ε — эффективность фильтрации, f — секундное количество протягиваемого через фильтр воздуха.

Интегрируя уравнение (8) при условии, что $Q_i = 0$ при $t = 0$, с учетом времени τ, необходимого для приведения в контакт фильтра с эмульсией, можно найти, что к началу регистрации на фильтре будет содержаться следующее количество P_0^{218}, Pb^{214} и B_i^{214} в отдельности:

$$Q_i = \frac{\varepsilon f}{\lambda_i} \sum_{\gamma=1}^{i} N_\gamma \left(\prod_{k=\gamma}^{i} \lambda_k \right) \sum_{k=\gamma}^{i} \frac{[1 - \exp(-\lambda_k t)] \exp(-\lambda_k \tau)}{\lambda_k \prod\limits_{\alpha=\gamma}^{k-1} (\lambda_\alpha - \lambda_k) \prod\limits_{\alpha=k+1}^{i} (\lambda_\alpha - \lambda_k)}. \qquad (9)$$

$$i = 1, 2, 3$$

Производя подсчет числа сигнальных α-треков в эмульсии, с помощью микроскопа, находим число M, которое представляет сумму

$$M = \frac{2Q_1 + Q_2 + Q_3}{2}. \qquad (10)$$

Двойка в знаменателе показывает, что фильтр приводился в контакт с эмульсией лишь с одной стороны. Двойка перед Q_1 необходима, так как P_0^{218} дает два α-трека: один—как P_0^{218}, другой—превратившись в P_0^{214}. Подставляя в уравнение (10) значения Q_i из уравнения (9) и пользуясь выражением (7), находим связь между числом треков, подсчитанных в эмульсии, и их концентрацией в воздухе:

$$M = \frac{1}{2} \varepsilon f \lambda_1 N_{1,n} \left[K \exp \left\{ - \sqrt{\frac{\lambda_1}{K_z}} (z - h) \right\} + \right.$$

$$+ L \exp\left\{-\sqrt{\frac{\lambda_2}{K_z}}(z-h)\right\} + R \exp\left\{-\sqrt{\frac{\lambda_3}{K_z}}(z-h)\right\} + \\ + P \exp\left\{-\sqrt{\frac{\lambda_4}{K_z}}(z-h)\right\}, \qquad (11)$$

где K, L, R и P являются функциями λ_i, t и τ и могут быть заранее вычислены. Кроме того, удобно произвести одно измерение на высоте h и ряд других измерений на различных высотах больше h и выразить значение радиоактивности на любой высоте выше h в относительных единицах $M/M_h = \Phi$. Тогда

$$\Phi = K \exp\left\{-\sqrt{\frac{\lambda_1}{K_z}}(z-h)\right\} + L \exp\left\{-\sqrt{\frac{\lambda_2}{K_z}}(z-h)\right\} + \\ + R \exp\left\{-\sqrt{\frac{\lambda_3}{K_z}}(z-h)\right\} + P \exp\left\{-\sqrt{\frac{\lambda_4}{K_z}}(z-h)\right\}. \qquad (12)$$

Как видим из уравнения (12), величина K_z входит в него весьма сложно, поэтому для ее определения по данным Φ в исследуемом слое удобно заранее произвести расчет значений по высотам и графически представить зависимость Φ от $(z-h)$ для различных значений K_z, принимая Φ на высоте h равным 1.

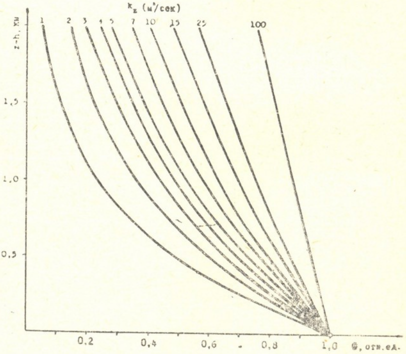


Рис. 1. Теоретические кривые зависимости относительной концентрации α-треков в эмульсии от высоты при различных значениях коэффициента турбулентной диффузии K_z

Для выбранных нами параметров измерения ($t = 6$ мин, $\tau = 30$ сек, λ_i) при различных значениях K_z от 1 до 100 м²/сек нами была рассчитана указанная выше зависимость, представленная графически на рис. 1.

Таким образом, для определения K_z мы измеряли радиоактивность указанным выше методом (в единицах число α-треков/см² эмульсии) на различных высотах, затем вычисляли относительное ослабление радиоактивности воздуха с высотой. Полученные экспериментальные точки откладывали на графике рис. 1 и по совпадению точек с одной из теоретических кривых находили K_z.

Описанным выше способом был вычислен ряд значений коэффициента диффузии по профилям радиоактивности, полученным при самолетном зондировании свободной атмосферы. На рис. 2 приведен пример зондирования, кривая совпадает с одной из теоретических кривых рис. 1 и дает возможность определить $K_z = 5$ м²/сек.

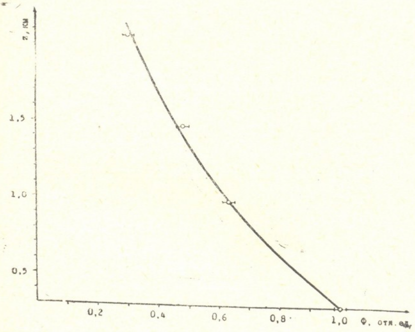


Рис. 2. Экспериментальная кривая убывания радиоактивности по высоте (27.VII. 1962)

В таблице приведены данные о значении коэффициента вертикальной диффузии для ряда зондирований свободной атмосферы.

Приведенные в таблице значения K_z в общем не противоречат результатам других исследований. Так, например, Л. В. Кириченко [7] путем измерения профилей радиоактивности методом фильтрации с датчиками Г—М получены числа K_z от 0,4 до 80 м²/сек для устойчиво стратифицированной атмосферы и $\sim 10^3$ м²/сек для сильной конвекции.

В работе [10] по данным о концентрации радиоактивных веществ в кучевых облаках вычислены значения $K_z = 4{,}0 - 16{,}6$. Наконец, М. П. Чуриновой [11] по шаропилотному зондированию получены числа $K_z = 4{,}0 - 39{,}4$ м²/сек.

Однако мы располагаем рядом профилей радиоактивностей, с помощью которых не удается определить K_z. Один из примеров приведен на рис. 3.

Нарушение общей закономерности наблюдается в зоне облаков, где идет вымывание радиоактивных частиц и не сохраняется радиоактивное равновесие. В подоблачном слое (слой дымки) обычно наблюдается некоторый рост радиоактивности, при этом опять-таки нарушается закономерность, выраженная нашими уравнениями. Кроме того, атмосферные процессы протекают не стационарно и условия стационарности могут быть применены лишь в ограниченном слое атмосферы и в огра-

Значения K_z в свободной атмосфере

Дата и время	Место исследования	Слой, км	K_z м²/сек	Характеристика погоды
27·6·1960 8^{00}—9^{00}	Район Вильнюса	1,0—2,9	3,5	Центр антициклона, приземная инверсия
30·6·1960 9^{15}—10^{35}	„	0,5—2,0	1,0	Антициклон, на высоте 300 м образуются *Cu*
27·7·1962 9^{30}—10^{35}	„	0,3—2,1	5,0	Антициклональная конвекция, у земли сверх адиабатические градиенты
5·3·1963 11^{05}—13^{25}	„	0,4—0,9	1,0	Антициклон, приземная инверсия
19·6·1963 13^{20}—14^{30}	Кавказ	2,0—3,5	25,0	Конвекция, к началу зондирования начинается распад мощных *Cu*, ветер 22 м/сек
7·10·1964 14^{25}—16^{05}	„	0,5—1,0 2,5—4,0	15,0 4,0	От 2 до 2,5 км слой *Cu*, выше 4,5 км *St*
9·10·1964 14^{00}—16^{00}	„	1,0—2,5	3,0	Ясная тихая погода со слабым ветром
11·10·1964 16^{15}—17^{30}	„	0,5—2,0	15,0	На высоте более 2250 м *Cu*
13·10·1964 17^{05}—17^{45}	„	0,5—2,5	2,0	На высоте 1,7—2,2 км *St*, местами *Cu*, болтанка слабая

ниченное время. В этом слабость и ограниченность нашей и всех подобных теоретических схем, пытающихся описать распределение радиоактивных веществ в свободной атмосфере. Эти схемы требуют уточнения, однако при таких уточнениях мы сталкиваемся с рядом непреодолимых трудностей, в числе которых как чисто математические, так и недостаточность сведений о тропосфере. Серьезной трудностью при решении подобных задач является отсутствие точных сведений об адвекции в различных слоях атмосферы и концентрации радиоактивных веществ, приносимых этими воздушными потоками, и т. п.

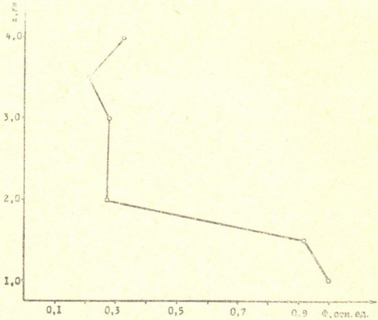


Рис. 3. Пример экспериментальной кривой убывания радиоактивности по высоте, которая не укладывается в нашу схему (12.X.1964)

При обсуждении полученных в таблице значений коэффициента диффузии может возникнуть вопрос о тождественности получаемых радиоактивным и температурно-ветровым зондированием коэффициентов диффузии в тех случаях, когда в каком-либо слое идет накопление радона, ибо радон обладает длинным периодом полураспада (3,8 суток). Правда, это относится к областям нарушения стационарности, а при этом перестает действовать наша схема. В тех случаях и слоях, где может быть допущена стационарность, по-видимому, эти опасения не обоснованы.

Заключение

В работе описан экспериментальный метод определения K_z по профилям радиоактивности в свободной атмосфере, полученным путем фильтрации воздуха через волокнистые материалы, где датчиком служила ядерная эмульсия А-2. При допущении стационарности написаны уравнения диффузии—распада для цепочки ближайших продуктов радона и создана теория эксперимента. С использованием данных о характере изменения концентрации радиоактивых веществ в свободной атмосфере предпринята попытка для некоторых случаев, где можно допустить стационарность, определить значение коэффициента диффузии K_z. К сожалению, это не всегда возможно—возможность определяется ограниченностью метода и уравнений турбулентной диффузии, применяемых для таких задач.

Другие методы определения K_z в свободной атмосфере оказываются не лучше. Большое достоинство предлагаемого метода заключается в его простоте и высокой чувствительности определения концентрации радиоактивных веществ в воздухе.

Уточнение и расширение границ метода, нам кажется, должно идти путем развития теории и усложнения уравнений диффузии, в которые следует ввести ряд членов, учитывающих адвекцию и слоистость атмосферы.

Академия наук Грузинской ССР
Институт геофизики

(Поступило в редакцию 6.11.1965)

გეოფიზიკა

ბ. სტირო, ე. ვებრა, კ. შოპაუსკასი, თ. ხუნჯუა

რადონის დაშლის პროდუქტების ვერტიკალური განაწილების მიხედვით ტურბულენტური დიფუზიის კოეფიციენტის განსაზღვრის საკითხისათვის

რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია ტურბულენტური დიფუზიის კოეფიციენტის განსაზღვრის ექსპერიმენტული მეთოდი, ატმოსფეროში ბუნებრივი რადიაქტივო-

ბის ვერტიკალური განაწილების მიხედვით. გაზომვები წარმოებდა ფილტრაციის მეთოდით და შემდგომი α-რადიოგრაფიის მეშვეობით.

ბუნებრივი რადიაქტიული ნივთიერებების (რადონის მწკრივი) კონცენტრაციის მონაცემებზე დაყრდნობით და ატმოსფერული მოვლენების სტაციონარობის გათვალისწინებით გაანგარიშებულია ტურბულენტური დიფუზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობები.

ᲓᲐᲛᲝᲬᲛᲔᲑᲣᲚᲘ ᲚᲘᲢᲔᲠᲐᲢᲣᲠᲐ — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. W. Schmit. Zur verteilung radioaktiver Stoffe in der freien Luft· Rhys. Z., 27, 1926, 371.
2. I. A. Priebsch. Zur verteilung radioaktiver Stoffe in der freien Luft. Phys. Z., 32, 1931, 622—629.
3. Б. И. Стыро. О теоретических схемах распределения радиоактивных веществ в свободний атмосфере. Научные сообщения, Ин-т геол. и геогр. АН ЛитССР т. 10, в 1, 1959, 39.
4. С. Г. Малахов. Вертикальное распределение радиоактивных эманаций в атмосфере. Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 9, 1959, 1344.
5. Л. С. Гандин и Р. Н. Соловейчик. О распространении радиоактивной эманации в приземном слое атмосферы. Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 7 1960, 1077—1081.
6. W· Iacobi, K. Andre. The vertical distribution of radon-222, radon-220 and their decay products in the atmosphere. J. Geoph. res., 68, № 13, 1963. 3799—3814.
7. Л. В. Кириченко. Вертикальное распределение продуктов распада радона в свободний атмосфере. В сб.: „Вопросы ядерной метеорологии", М., Госатомиздат, 1962, 75—103.
8. И. Л. Кароль. Оценка средней скорости удаления естественных радиоактивных аэрозолей из атмосферы облаками и осадками. Изв. АН. СССР, сер. геофиз., № 11, 1963, 1718.
9. В. И. Баранов и Е. Г. Грачева. Радиоактивность воздуха в связи с турбулентным перемешиванием в атмосфере. Журнал геофизики и метеорологии, т. 5, вып. 4, 1928, 311.
10. Б. И. Стыро. Некоторые вопросы активирования атмосферных осадков. Научные сообщения, Ин-т геол. и геогр. АН Лит ССР, т. 2, 1955, 63.
11. М. П. Чуринова. Опыт вычисления коэффициента турбулентности в различных пунктах по шаропилотным наблюдениям. Труды ГГО, вып. 38 (100), (1953), 15.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ГЕОФИЗИКА

Л. С. ЧОТОРЛИШВИЛИ

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ, ПОКРЫТОЙ СНЕГОМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианашвили 20.11.1965)

В работе [1] нами была решена задача о расчете температуры почвы, покрытой снегом, с учетом влияния солнечной радиации, проникающей в толщу снежного покрова. В настоящей статье, в отличие от упомянутой работы, принята такая постановка задачи, что при расчете температуры почвы, покрытой снегом, не требуется знание эффективного излучения от поверхности снежного покрова.

Процесс распространения тепла в приземном слое воздуха в снегу и в почве описывается уравнениями

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = k_1^2 \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2}, \qquad H_1 \leqq z < \infty, \tag{1}$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} k(z) \frac{\partial T_2}{\partial z}, \qquad 0 \leqq z \leqq H_1, \tag{2}$$

$$\frac{\partial T_3}{\partial t} = k_3^2 \frac{\partial^2 T_3}{\partial z^2} + \frac{\delta\beta}{c_3 \rho_3} J e^{-\beta z}, \qquad 0 \leqq z \leqq h, \tag{3}$$

$$\frac{\partial T_4}{\partial t} = k_4^2 \frac{\partial^2 T_4}{\partial z^2}, \qquad h \leqq z < \infty, \tag{4}$$

где T_1 и T_2—температура приземного слоя воздуха выше излома коэффициента турбулентного обмена и ниже соответственно; T_3 и T_4—температура снега и почвы соответственно; k_3^2 и k_4^2 коэффициент температуропроводности снега и почвы соответственно; c_3 и ρ_3—теплоемкость и плотность снега; J—суммарная солнечная радиация, приходящаяся на поверхность снежнего покрова; δ—альбедо поверхности снежнего покрова; β—коэффициент ослабления солнечной радиации в толще снежнего покрова; $k(z)$—коэффициент турбулентности, для которой примем модель, предложенную М. Е. Швецом [2].

$$k(z) = \begin{cases} \varkappa + \mu z, & 0 \leqq z \leqq H_1, \\ \varkappa + \mu H_1 = k_1^2, & H_1 \leqq z, \end{cases}$$

где $\varkappa$—коэффициент молекулярной диффузии воздуха; η—параметр, характеризирующий рост $k(z)$; H_1—высота излома $k(z)$; h—глубина снежнего покрова; t—время и z—вертикальная координата. Начало координат находится на поверхности снега, ось z для воздуха направлена вверх, а для снега и почвы—вниз.

В уравнении (3) второе слагаемое в правой стороне выражает эффект, вызванный поглощением солнечной радиации в толще снежного покрова.

Будем искать отклонение температуры от начального равновесного значения $T_i(z)$, т. е. положим

$$T_i(z, t) = T_i(z) + T_i'(z, t) \tag{5}$$

и

$$\frac{d}{dz} k_i \frac{dT_i(z)}{dz} = 0. \qquad 6$$

За начальное равновесное значение температуры можно принять изотермию, начальное значение J всегда можно быть равно нулю, если брать начальный момент в промежутке времени, когда солнце находится ниже горизонта.

Для отклонения температуры $T'(z, t)$ получим такие же уравнения, что и для $T(z, t)$. Чтобы не переписывать уравнения (1)—(4) заново, будем решать их, подразумевая под искомым значением температуры отклонение температуры от начального равновесного значения.

Ясно, что начальные условия для отклонения температуры будут нулевые.

Граничные условия будут следующими:

1. Температуры и потоков тепла на высоте излома коэффициента турбулентного обмена равны:

$$z = H_1, \qquad T_1 = T_2, \tag{7}$$

$$\frac{\partial T_1}{\partial z} = \frac{\partial T_2}{\partial z}. \tag{8}$$

2. Температура воздуха с высотой стремится к разновесной:

$$z = \infty, \quad T_1 = 0. \tag{9}$$

3. На высоте мотеорологической будки H задается температура воздуха:

$$z = H, \quad T_2 = T_H(t). \tag{10}$$

4. На поверхности снежного покрова температуры непрерывна:

$$z = 0, \quad T_2 = T_3 = T_0(t), \tag{11}$$

где $T_0(t)$—температура поверхности снежного покрова.

5. На поверхности почвы непрерывность температуры и условие теплового баланса:

$$z = h, \quad T_3 = T_4, \tag{12}$$

$$-\lambda_4 \frac{\partial T_4}{\partial z} + \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial z} = R, \tag{13}$$

где λ_3 и λ_4—коэффициенты теплопроводности снега и почвы; R—солнечная радиация, которая проникает в толщу снежного покрова и достигает поверхности почвы.

Ясно, что

$$R = \delta J e^{-\beta h}. \tag{14}$$

6. Температура почвы с глубиной стремится к равновесной:

$$z = \infty, \quad T_4 = 0. \tag{15}$$

В работе [3] показано, что процесс распространения тепла в приземном слое воздуха является квазистационарным и уравнение (2) может быть заменено уравнением

$$\frac{\partial}{\partial z} k(z) \frac{\partial T_2}{\partial z} = 0. \tag{16}$$

Задача решается операционным методом применением преобразования Лапласса.

Для операционных изображений введём обозначения

$$\overline{T_i}(p, z) = \int_0^\infty e^{-pt} T_i(z, t)\, dt,$$

$$\overline{J}(p) = \int_0^\infty e^{-pt} J(t)\, dt,$$

$$\overline{R}(p) = \int_0^\infty e^{-pt} R(t)\, dt = \delta e^{-\beta h} \overline{J}(p). \tag{17}$$

Дифференциальные уравнения (1) — (4) для изображений будут

$$k_1^2 \frac{d^2 \overline{T}_1}{d z^2} - p\overline{T} = 0, \tag{18}$$

$$\frac{d}{dz} (\varkappa + \mu z) \frac{d \overline{T}_2}{dz} = 0, \tag{19}$$

$$k_3^2 \frac{d^2 \overline{T_3}}{d z^2} - p T_3 = -\frac{\delta \beta}{c_3 \rho_3} \overline{J} e^{-\beta z}, \tag{20}$$

$$k_4^2 \frac{d^2 \overline{T_4}}{d z^2} - p \overline{T_4} = 0. \tag{21}$$

Соответственно для изображений получим следующие граничные условия:

$$1.\ z_1 = H_1, \quad \overline{T_1} = \overline{T_2}, \tag{22}$$

$$\frac{d \overline{T_1}}{dz} = \frac{d \overline{T_2}}{dz}. \tag{23}$$

$$2.\ z = \infty, \quad \overline{T_1} = 0. \tag{24}$$

$$3.\ z = H, \quad \overline{T_2} = \overline{T_H}(p). \tag{25}$$

$$4.\ z = 0, \quad \overline{T_2} = \overline{T_3} = \overline{T_0}(p). \tag{26}$$

$$5.\ z = h, \quad \overline{T_3} = \overline{T_4}, \tag{27}$$

$$-\lambda_4 \frac{d \overline{T_4}}{dz} + \lambda_3 \frac{d \overline{T_3}}{dz} = \delta e^{-\beta h} \overline{J}. \tag{28}$$

$$6.\ z = \infty, \quad T_4' = \infty. \tag{29}$$

Решение уравнений (18) и (21) с учетом условий (24) и (29) имеет вид

$$\overline{T_1} = A e^{-\frac{z}{k_1}\sqrt{p}}, \tag{30}$$

$$\overline{T} = D e^{-\frac{z}{k_4}\sqrt{p}} \tag{31}$$

Решения уравнений (19) и (20) имеют вид

$$\overline{T_2} = \frac{B}{\mu} \ln \frac{\varkappa + \mu z}{\varkappa} + C, \tag{32}$$

$$\overline{T_3} = E e^{\frac{z}{k_3}\sqrt{p}} + F e^{-\frac{z}{k_3}\sqrt{p}} + m e^{-\beta z}, \tag{33}$$

где

$$m = \frac{\delta\beta}{c_3 \rho_3} \frac{\overline{J}}{p - k_3^2 \beta^2}.$$

Удовлетворяя условиям (22), (23) и (25), получаем

$$A e^{-\frac{H_1}{k_1}\sqrt{p}} = \frac{B}{\mu} \ln \frac{k_1^2}{\varkappa} + C, \tag{34}$$

$$-\frac{\sqrt{p}}{k_1} A e^{-\frac{H_1}{k_1}\sqrt{p}} = \frac{B}{k_1^2}, \tag{35}$$

$$\frac{B}{\mu}\ln\frac{k_H^2}{\varkappa}+C=\overline{T}_H(p), \tag{36}$$

где

$$k_H^2=\varkappa+\mu H.$$

Определив постоянные A, B, C из выражений (34), (35), (36) и подставив в (31), получим

$$\overline{T}_2=\overline{T}_H\frac{\dfrac{\sqrt{p}\,k_1}{\mu}\ln\dfrac{\varkappa+\mu\zeta}{k_1^2}-1}{\dfrac{\sqrt{p}\,k_1}{\mu}\ln\dfrac{k_H^2}{k_1^2}-1}. \tag{37}$$

При $\zeta=0$ из формулы (37) получим

$$\overline{T}_2=\overline{T}_0(p)=\overline{T}_H(p)\frac{\dfrac{\sqrt{p}\,k_1}{\mu}\ln\dfrac{\varkappa}{k_1^2}-1}{\dfrac{\sqrt{p}\,k_1}{\mu}\ln\dfrac{\varkappa}{k_1^2}-1}=$$

$$\overline{T}_H(p)\left(1+\frac{\ln\dfrac{k_H^2}{\varkappa}}{\ln\dfrac{k_1^2}{k_H^2}}\frac{\sqrt{p}}{\sqrt{p}+\dfrac{\mu}{k_1\ln\dfrac{k_1^2}{k_H^2}}}\right)= \tag{38}$$

$$\overline{T}_H(p)\left(1+s_1\frac{\sqrt{p}}{\sqrt{p}+s_2}\right),$$

где

$$s_1=\ln\frac{k_H^2}{\varkappa}\Big/\ln\frac{k_1^2}{k_H^2},\qquad s_2=\mu\Big/k_1\ln\frac{k_1^2}{k_H^2}.$$

Удовлетворяя условиям (26), (27) и (28), получаем

$$E+F+m=\overline{T}_0(p), \tag{39}$$

$$De^{-\frac{h}{k_4}\sqrt{p}}-Ee^{\frac{h}{k_3}\sqrt{p}}-Fe^{-\frac{h}{k_3}\sqrt{p}}=me^{-\beta h}, \tag{40}$$

$$D\Lambda_4\sqrt{p}\,e^{-\frac{h}{k_4}\sqrt{p}}+E\Lambda_3\sqrt{p}\,e^{\frac{h}{k_3}\sqrt{p}}-F\Lambda_3\sqrt{p}\,e^{-\frac{h}{k_3}\sqrt{p}}=$$

$$=\delta e^{-\beta h}\overline{J}(p)+\lambda_3\beta\, me^{-\beta h}, \tag{41}$$

где

$$\Lambda_3=\frac{\lambda_3}{k_3},\qquad \Lambda_4=\frac{\lambda_4}{k_4}.$$

Из уравнений (39), (40) и (41) получим

$$D = \overline{T}_H(p)\left(1 + s_1 \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{p} + s_2}\right) \frac{2\Lambda_3}{\Lambda_3 + \Lambda_4} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\Lambda_4 - \Lambda_3}{\Lambda_4 + \Lambda_3}\right)^n e^{-(2n+1)\frac{h}{k_3}\sqrt{p}} +$$

$$\frac{\delta}{\Lambda_3 + \Lambda_4} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\Lambda_4 - \Lambda_3}{\Lambda_4 + \Lambda_3}\right)^n e^{-2n\frac{h}{k_3}\sqrt{p}} \left[\left(\frac{1}{\sqrt{p} + k_3\beta} - \frac{1}{\sqrt{p} - k_3\beta}\right) \overline{J} e^{-\frac{h}{k_3}\sqrt{p}} +\right.$$

$$\left. e^{-\beta h} \left(\frac{1}{\sqrt{p} - k_3\beta} - \frac{1}{\sqrt{p} + k_3\beta} e^{-\frac{2h}{k_3}\sqrt{p}}\right) \overline{J}\right]. \qquad (42)$$

Подставим формулу (42) в (31) и получим изображение температуры почвы:

$$\overline{T}_4(p, z) = \overline{T}_H(p)\left(1 + s_1 \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{p} + s_2}\right) \frac{2\Lambda_3}{\Lambda_3 + \Lambda_4} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\Lambda_4 - \Lambda_3}{\Lambda_4 + \Lambda_3}\right)^n e^{-\alpha_1\sqrt{p}} +$$

$$+ \frac{\delta}{\Lambda_3 + \Lambda_4} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\Lambda_4 - \Lambda_3}{\Lambda_4 + \Lambda_3}\right)^n \left[\left(\frac{1}{\sqrt{p} + k_3\beta} - \frac{1}{\sqrt{p} - k_3\beta}\right) \overline{J} e^{-\alpha_1\sqrt{p}} +\right.$$

$$\left. e^{-\beta h} \left(\frac{1}{\sqrt{p} - k_3\beta} e^{-\alpha_2\sqrt{p}} - \frac{1}{\sqrt{p} + k_3\beta} e^{-\alpha_3\sqrt{p}}\right) \overline{J}\right], \qquad (43)$$

где

$$\alpha_1 = (2n + 1)\frac{h}{k_3} + \frac{z - h}{k_4},$$

$$\alpha_2 = 2n\frac{h}{k_3} + \frac{z - h}{k_4},$$

$$\alpha_3 = 2(n + 1) + \frac{z - h}{k_4}.$$

При переходе от функции изображения температуры к начальной функции, используем известное в операционном исчислении соотношение, так называемый интеграл Дюамеля [4]. Оригинал изображения находим из таблицы [5]. Искомое решение температуры будет

$$T_4(z, t) = M_n \int_0^t T_H(t - \tau)\, dG'_n(z, \tau) +$$

$$N_n \int_0^t \delta J(t - \tau)\, d\, G''_n(z, \tau), \qquad (44)$$

где

$$M_n = \frac{2\Lambda_3}{\Lambda_3 + \Lambda_4} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\Lambda_4 - \Lambda_3}{\Lambda_4 + \Lambda_3}\right)^n,$$

$$N_n = \frac{1}{(\Lambda_3 + \Lambda_4) k_3 \beta} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\Lambda_4 - \Lambda_3}{\Lambda_4 + \Lambda_3}\right)^n,$$

$$G_n'(z, \tau) = erfc \frac{\alpha_1}{2\sqrt{r}} + s_1 e^{\alpha_1 s_2 + s_2^2 \tau} erfc \left(\frac{\alpha_1}{2\sqrt{\tau}} + s_2 \sqrt{\tau}\right),$$

$$G_n''(z, \tau) = 2\, erfc \frac{\alpha_1}{2\sqrt{\tau}} - e^{-\beta h} \left(erfc \frac{\alpha_2}{2\sqrt{\tau}} + erfc \frac{\alpha_3}{2\sqrt{\tau}}\right) -$$

$$e^{k_3^2 \beta^2 \tau} \Big\{ e^{\alpha_1 k_3 \beta} erfc \left(\frac{\alpha_1}{2\sqrt{\tau}} + k_3 \beta \sqrt{\tau}\right) + e^{-\alpha_1 k_3 \beta} erfc \left(\frac{\alpha_1}{2\sqrt{\tau}} - k_3 \beta \sqrt{\tau}\right) +$$

$$e^{-\beta h} \left[e^{-\alpha_2 k_2 \beta} erfc \left(\frac{\alpha_2}{2\sqrt{\tau}} - k_2 \beta \sqrt{\tau}\right) + e^{\alpha_3 k_3 \beta} erfc \left(\frac{\alpha_3}{2\sqrt{\tau}} + k_3 \beta \sqrt{\tau}\right)\right]\Big\}.$$

При вычислении интегралов, входящих в формулу (44), удобно использовать графический метод. По формуле (44) можно вычислить отклонение температуры почвы, покрытой снегом, от начального равновесного значения. Истинную температуру почвы получим, подставив $T_4(z, t)$ в (5) вместо $T_i(z, t)$ и взяв $T_i(z)$ — начальное значение температуры почвы.

Полученная формула (44) значительно упрощается при увеличении глубины снежного покрова.

Так, например, при глубине снежного покрова 20 см слагаемые, имеющие множитель $e^{-\beta h}$, становятся незначительными, по сравнению с другими членами, и ими можно пренебречь.

Академия наук Грузинской ССР
Институт геофизики

(Поступило в редакцию 20.11.1965)

გეოფიზიკა

ლ. ჭოტორლიშვილი

თოვლით დაფარული ნიადაგის ტემპერატურის გამოთვლა

რეზიუმე

ამოცანა თოვლით დაფარული ნიადაგის ტემპერატურის გამოთვლის შესახებ ჩვენ განვიხილეთ შრომაში [1]. ამ სტატიაში დასმული და გადაწყვეტილია ამოცანა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს თოვლით დაფარული ნიადაგის ტემპერატურა გამოვთვალოთ თოვლის ზედაპირიდან ეფექტური გამოსხივების ცოდნის გარეშე.

ციტირებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Л. С. Чоторлишвили. О расчете температуры почвы, покритой снегом. Сообщения АН ГССР, XXXIV:2, 1964.
2. М. Е. Швец. Суточный ход температуры и лучистый теплообмен. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., № 4, 1943.
3. Л. Н. Гутман. О расчете температуры почвы. Изв. АН СССР. сер. геофиз., № 10, 1956.
4. М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. Методы теории функции комплексного переменного. Госиздат, М., 1958.
5. В. А. Диткин, П. А. Кузнецов. Справочник по операционному исчислению. ГТТЛ, М.—Л., 1951.

ᲡᲐᲥᲐᲠᲗᲕᲔᲚᲝᲡ ᲡᲡᲠ ᲛᲔᲪᲜᲘᲔᲠᲔᲑᲐᲗᲐ ᲐᲙᲐᲓᲔᲛᲘᲘᲡ ᲛᲝᲐᲛᲑᲔ, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ХИМИЯ

Р. Н. АХВЛЕДИАНИ, А. И. ДЬАЛИШВИЛИ, И. Г. АБЕСАДЗЕ,
Р. М. ЛАГИДЗЕ

СИНТЕЗ БРОМИСТОГО ТРИМЕТИЛ-(3-ФЕНИЛБУТИЛ)-АММОНИЯ И ЕГО АНАЛОГОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 10.12.1965)

Недавно нами было показано, что бис-(2-хлорэтил)-амины, полученные из 3-арил-1-бромбутанов, обладают заметной противоопухолевой активностью [1].

В литературе имеются указания, что аналогичные соединения, содержащие четвертичные аммониевые группировки, типа $Ph(CH_2)_n NMe_3X$, проявляют адреналинергическую и холинергическую активность, причем характер их действия в значительной мере зависит от количества метиленовых групп в боковой цепочке [2]. Установлено, что в указанных соединениях длина углеродной цепи и заряд углеродного атома, соседнего с фенильной группой, оказывают также существенное влияние на их никотиновую активность [3]. В связи с этим нам казалось интересным получить новые четвертичные аммониевые соединения на основе ранее синтезированных нами 3-арил-1-бромбутанов и изучить их биологическую активность.

Синтез проведен по следующей общей схеме:

$$\underset{\displaystyle\overset{|}{Ar}}{CH_3-CH}-CH_2-CH_2Br \xrightarrow{N(CH_3)_3} [\underset{\displaystyle\overset{|}{Ar}}{CH_3-CH}-CH_2-CH_2\overset{+}{N}(CH_3)_3]\overset{-}{Br}$$

где Ar—фенил, толил, о-, м-, п-ксилил, этилфенил, кумил, нитрофенил, динитрофенил, нитротолил, о-, м-, п-нитроксилил.

Эти соединения в настоящее время испытываются в Тбилисском государственном медицинском институте Г. А. Цкиманаури и Г. Турманаули, а также в отделе экспериментальной терапии Института кардиологии Н. К. Нижарадзе. Показано, что некоторые из них обладают гипотензивным и спазмолитическим свойствами. Исследования в этом направлении продолжаются.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Бромистый триметил-(3-фенилбутил)-аммоний (I). Охлажденный ледяной водой раствор 10 г 3-фенил-1-бромбутана с т. кип. 72° (2 мм); n_D^{20} 1,5385; d_4^{20} 1,2624 [1] в 50 мл бензола насыщают газообразным триметиламином в течение 2 часов и реакционную смесь оставляют на холоде (0—5°) несколько дней. Образовавшийся белый осадок быстро отфильтровывают, промывают несколько раз сухим бензолом и эфиром. Дважды перекристаллизованный из смеси абсолютного этанола и эфира (1:10) продукт плавится при 156—157°. Очень гигроскопичен, хорошо растворим в воде и этаноле, плохо в бензоле и эфире. Выход 90%.

Найдено %: C 57,22, 57,14; H 8,32, 8,38; Br 29,54, 29,62; N 5,33, 5,25. $C_{13}H_{22}BrN$. Вычислено %: C 57,35; H 8,09; Br 29,41; N 5,14.

Синтез нижеприведенных четвертичных аммониевых солей проведен в аналогичных условиях. Полученные таким путем соединения представляют собой белые, гигроскопичные, кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде и этаноле, плохо в эфире и бензоле.

Бромистый триметил-(3-п-толилбутил)-аммоний (II). К раствору 12 г 3-п-толил-1-бромбутана с т. кип. 87° (2 мм) n_D^{20} 1,5354; d_4^{20} 1,2295 [1] в 60 мл бензола прибавляют 15 мл триметиламина и реакционную смесь оставляют при (0—5°) 5 дней. Дважды перекристаллизованный из смеси эфира и бензола (1:1) продукт имеет т. пл. 124—125°. Очень гигроскопичен. Выход 88%.

Найдено %: C 58,68, 58,54; H 8,58, 8,63; Br 28,07, 28,14; N 4,98, 5,02. $C_{14}H_{24}BrN$. Вычислено %: C 58,74; H 8,39; Br 27,97; N 4,89.

Бромистый триметил-(3-о-ксилилбутил)-аммоний (III). Раствор 5 г 3-о-ксилил-1-бромбутана с т. кип. 94—95° (2 мм); n_D^{20} 1,5359; d_4^{20} 1,2055 [1] в 40 мл бензола при охлаждении насыщают газообразным триметиламином в течение 1 часа. Т. пл. 126—127° (из бензола). Выход 78%.

Найдено %: C 60,11, 60,09; H 9,08, 9,02; Br 26,33, 26,45; N 4,78, 4,53. $C_{15}H_{26}BrN$. Вычислено %: C 60,00; H 8,67; Br 26,67; N 4,67.

Бромистый триметил-(3-м-ксилилбутил)-аммоний (IV). Смесь 15 г 3-м-ксилил-1-бромбутана с т. кип. 82—83° (2 мм); n_D^{20} 1,5345; d_4^{20} 1,2014 [1], 100 мл бензола и 20 мл жидкого триметиламина выдерживают в холодилнике в течение 5—6 дней. Продукт, перекристаллизованный из смеси бензола и абсолютного этанола (1:1), имеет т. пл. 193—194°. Выход 85%.

Найдено %: C 59,84, 59,92; H 9,04, 8,98; Br 26,90, 26,82; N 4,86, 4,71. $C_{15}H_{26}BrN$. Вычислено %: C 60,00; H 8,67; Br 26,67; N 4,67.

Бромистый триметил-(3-п-ксилилбутил)-аммоний (V). Раствор 10 г 3-п-ксилил-1-бромбутана с т. кип. 90—91° (2 мм); n_D^{20} 1,5355; d_4^{20} 1,2081 [1] в 50 мл бензола при охлаждении насыщают газообразным триметиламином в течение 2 часов. Т. пл. 158—159° (из бензола). Выход 92%.

Найдено %: C 60,14, 60,22; H 9,08, 8,91; Br 26,23, 26,42; N 4,80, 4,71. $C_{15}H_{26}BrN$. Вычислено %: C 60,00; H 8,67; Br 26,67; N 4,67.

Бромистый триметил-(3-п-этилфенилбутил)-аммоний (VI). Раствор 8 г 3-п-этилфенил-1-бромбутана с т. кип. 76—77° (2 мм); n_D^{20} 1,5349; d_4^{20} 1,2144 [1] в 40 мл бензола насыщают газообразным триметиламином в вышеописанных условиях. Т. пл. 144—145° (из смеси абсолютного этанола и эфира 1:10). Выход 89%.

Найдено %: C 59,92, 60,14; H 8,94, 8,82; Br 26,72, 26,83; N 4,84, 4,88. $C_{15}H_{26}BrN$. Вычислено %: C 60,00; H 8,67; Br 26,67; N 4,67.

Бромистый триметил-3-(4′-изопропилфенилбутил)-аммоний (VII). К охлажденному ледяной водой раствору 10 г 3-(4′-изопропилфенил)-1-бромбутана с т. кип. 60—62° (1,5 мм); n_D^{20} 1,5326; d_4^{20} 1,1975 [1] в 50 мл бензола добавляют 20 мл триметиламина и реакционную смесь оставляют на холоде (0—5°) 5 дней. Т. пл. 127—129° (из бензола). Выход 78%.

Найдено %: Br 25,58, 25,65; N 4,68, 4,56. $C_{16}H_{28}BrN$. Вычислено %: Br 25,47; N 4,46.

3-(нитрофенил)-1-бромбутан (VIII). В 250-миллилитровой трехгорлой круглодонной колбочке, снабженной механической мешалкой, термометром и капельной воронкой к 20 г 3-фенил-1-бромбутана с т. кип. 72° (2 мм); n_D^{20} 1,5385; d_4^{20} 1,2684 при постоянном перемешивании и охлаждении по каплям приливают нитрирующую смесь: 10,5 мл HNO_3 (d 1,38) и 15 мл H_2SO_4 (d 1,84). Температура реакции 40°. Затем колбу нагревают 30 минут в пределах 45—50°. Охлажденную смесь переносят в делительную воронку, отделяют кислотный слой, продукт реакции разбавляют эфиром, эфирный раствор промывают водой до нейтральной реакции и сушат над Na_2SO_4. После отгонки эфира и многократной вакуумразгонки остатка выделен продукт с т. кип. 128—130° (2 мм); n_D^{20} 1,566; d_4^{20} 1,390. Выход 75%.

Найдено %: C 46,22, 46,30; H 4,55, 4,48; Br 31,42, 31,37; N 5,52, 5,56. $C_{10}H_{12}BrNO_2$. Вычислено %: C 46,51; H 4,65; Br 31,00; N 5,42.

Бромистый триметил-(3-п-нитрофенилбутил)-аммоний (IX). Раствор 10 г (VIII) в 50 мл бензола при охлаждении насыщают триметиламином в течение 2 часов. По окончании реакции колбу оставляют на холоде до полного осаждения осадка желтоватого цвета, который быстро отфильтровывают, промывают ацетоном и бензолом. Перекристаллизованный из смеси абсолютного этанола и бензола (1:10) продукт плавится при 138—139°. Выход 84%. Хорошо растворим в этаноле, воде, плохо в бензоле и ацетоне.

Найдено %: C 49,57, 49,53; H 6,51, 6,72; Br 25,03, 25,13; N 8,71, 8,79. $C_{13}H_{21}BrN_2O_2$. Вычислено %: C 49,21; H 6,62; Br 25,23; N 8,83.

3-(динитрофенил)-1-бромбутан (X) получен в вышеописанных условиях нитрованием 15 г (IX) смесью 4,5 мл HNO_3 (d 1,47) и 7 мл H_2SO_4 (d 1,84) в течение 40 минут при 50—55°. Многократным фракционированием выделен продукт с т. кип. 192—194° (2 мм); n_D^{20} 1,580; d_4^{20} 1,501; Выход 70%.

Найдено %: C 39,42, 39,50; H 3,92, 3,81; Br 26,48, 26,52; N 8,84, 8,98. $C_{10}H_{11}N_2O_4Br$. Вычислено %: C 39,60; H 3,63; Br 26,40; N 9,24.

Бромистый триметил-(3-динитрофенилбутил)-аммоний (XI). Раствор 10 г (X) в 50 мл бензола насыщают триметиламином в течение 3 часов. Образовавшийся осадок отфильтровывают, промывают ацетоном и перекристаллизовывают из смеси абсолютного этанола и бензола (1:1). Желтое кристаллическое вещество, т. пл. 184—185°. Выход 90%. Хорошо растворим в воде и этаноле, плохо в ацетоне, бензоле и эфире.

Найдено %: C 43,22, 43,10; H 5,85, 5,90; Br 22,40, 22,35; N 11,86, 11,66. $C_{13}H_{20}BrN_3O_4$. Вычислено %: C 43,09; H 5,52; Br 22,09; N 11,60.

3-(п-нитротолил)-1-бромбутан (XII) синтезирован в вышеописанных условиях нитрованием 20 г 3-п-толил-1-бромбутана с т. кип. 87° (2 мм); d_4^{20} 1,2295; n_D^{20} 1,5354 смесью 10 мл HNO_3 (d 1,38) и 15 мл H_2SO_4 (d 1,84). Полученный продукт имеет т. кип. 133—134° (2 мм); n_D^{20} 1,5634; d_4^{20} 1,3729. Выход 70%.

Найдено %: C 48,63, 48,64; H 5,12, 5,11; Br 29,80, 29,85; N 5,20, 5,25. $C_{11}H_{14}BrNO_2$. Вычислено %: C 48,53; H 5,15; Br 29,41; N 5,15.

Бромистый триметил-(3-нитро-п-толилбутил)-аммоний (XIII). 12 г (XII) и 70 мл бензола насыщают газообразным триметиламином в течение 3 часов. Полученный кристаллический продукт имеет т. пл. 173—174° (из смеси абсолютного этанола и бензола 1:2). Выход 77,5%.

Найдено %: C 50,87, 50,47; H 7,27, 7,36; Br 24,43, 24,16; N 8,22, 8,20. $C_{14}H_{23}BrN_2O_2$. Вычислено %: C 50,75; H 6,95; Br 24,17; N 8,45.

3-(нитро-о-ксилил)-1-бромбутан (XIV). 21 г 3-о-ксилил-1-бромбутана с т. кип. 88—89° (2 мм); n_D^{20} 1,5355; d_4^{20} 1,2055 нитрируют смесью 10 мл HNO_3 (d 1,38) и 14 мл H_2SO_4 (d 1,84) в пределах 50—56° в течение 50 минут. Обработкой продуктов реакции обычным путем выделена фракция с т. кип. 124—125° (1 мм); n_D^{20} 1,5524; d_4^{20} 1,3495. Выход 60%.

Найдено %: C 50,22, 50,07; H 5,50, 5,42; Br 27,76, 27,83; N 5,11, 5,17. $C_{12}H_{16}BrNO_2$. Вычислено %: C 50,35; H 5,59; Br 27,97; N 4,89.

Бромистый триметил-(3-нитро-о-ксилилбутил)-аммоний (XV). 8 г (XIV), растворенного в 40 мл бензола, насыщают газообразным триметиламином в течение 2 часов. Дважды перекристаллизованные из абсолютного этанола и ацетона (1:5) кристаллы плавятся при 210—211°. Выход 80%.

Найдено %: C 52,32, 52,37; H 7,09, 7,23; Br 23,41, 23,36; N 8,03, 8,21. $C_{15}H_{25}BrN_2O_2$. Вычислено %: C 52,17; H 7,25; Br 23,19; N 8,11.

3-(нитро-м-ксилил)-1-бромбутан (XVI). Нитрованием 18 г 3-м-ксилил-1-бромбутана с т. кип. 82—83° (2 мм), n_D^{20} 1,5345; d_4^{20} 1,2014 смесью 15 мл HNO_3 (d 1,38) и 18 мл H_2SO_4 (d 1,84) при 45—50° в течение 1 часа получена фракция с т. кип. 122—124° (1 мм); n_D^{20} 1,5515; d_4^{20} 1,3378. Выход 62%.

Найдено %: C 50,41, 50,22; H 5,33, 5,29; Br 27,77, 28,02; N 4,80, 4,92. $C_{12}H_{16}BrNO_2$. Вычислено %: C 50,35; H 5,59; Br 27,97; N 4,89.

Бромистый-триметил-(3-нитро-м-ксилилбутил)-аммоний (XVII). 12 г 3-(нитро-м-ксилил)-1-бромбутана (XVI) растворяют в 50 мл бензола и насыщают газообразным триметиламином в течение 2 часов. Т. пл. 243° (из смеси абсолютного спирта и ацетона (1:5). Выход 88%.

Найдено %: C 52,22, 51,96; H 7,02, 7,11; Br 23,5, 23,44; N 8,26, 7,97. $C_{15}H_{25}BrN_2O_2$. Вычислено %: C 52,17; H 7,25; Br 23,19; N 8,11.

3-(нитро-п-ксилил)-1-бромбутан (XVIII). К 27 г 3-п-ксилил-1-бромбутана с т. кип. 90° (2 мм); n_D^{20} 1,5356; d_4^{20} 1,2081 при охлаждении добавляют по каплям смесь 17 мл HNO_3 (d 1,38) и 20 мл H_2SO_4 (d 1,84). Реакция проводилась при 55—60° в течение 1 часа. Обработкой продуктов реакции вышеописанным путем выделена фракция с т. кип. 125—126° (1 мм); n_D^{20} 1,5608; d_4^{20} 1,3609. Выход 68%.

Найдено %: C 49,94, 50,10; H 5,71, 5,73; Br 28,22, 28,15; N 5,29, 5,24. $C_{12}H_{16}BrNO_2$. Вычислено %: C 50,35; H 5,59; Br 27,97; N 4,89.

Бромистый триметил-(3-нитро-п-ксилилбутил)-аммоний (XIX). Раствор 10 г (XVIII) в 50 мл бензола насыщают газообразным триметиламином в течение 2 часов. Образовавшийся через 5 дней осадок желтоватого цвета промывают ацетоном. Дважды перекристаллизованное из смеси абсолютного спирта и бензола (1:2) кристаллическое вещество имеет т. пл. 236—237°. Выход 85%.

Найдено %: C 52,28, 52,04; H 7,47, 7,54; Br 23,04, 23,25; N 8,31, 8,40. $C_{15}H_{25}BrN_2O_2$. Вычислено %: C 52,17; H 7,25; Br 23,19; N 8,11.

Выводы

На основе ранее синтезированных нами 3-арил-1-бромбутанов получено 13 новых солей четвертичных аммониевых оснований и шесть промежуточных нитропроизводных.

Предварительные биологические испытания показали, что они обладают гипотензивным и спазмолитическим свойствами. Испытания этих соединений продолжаются.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физической и органической
химии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 14.12.1965)

ქიმია

რ. ახვლედიანი, ა. დვალიშვილი, ი. აბესაძე, რ. ლაღიძე

ტრიმეთილ-(3-ფენილბუტილ)-ამონიუმის ბრომიდისა და მისი ანალოგების სინთეზი

რეზიუმე

წინათ სინთეზირებული 3-არილ-1-ბრომბუტანის საფუძველზე მიღებულია მათი შესაბამისი 13 ახალი მეოთხეული ამონიუმის ფუძის მარილი ზოგადი ფორმულით—$\left[CH_3-\underset{\underset{\displaystyle Ar}{|}}{CH}-CH_2-CH_2\overset{+}{N}(CH_3)_3\right]\overset{-}{Br}$, სადაც Ar არის ბენზოლი, მისი ჰომოლოგები და მათი ნიტრონწარმოებულები. სინთეზირებულია აგრეთვე დასახელებული ნაერთების მისაღებად საჭირო 6 შუალედური ნიტრონწარმოებული.

წინასწარი ბიოლოგიური გამოკვლევების საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ ზოგი მათგანი ხასიათდება გარკვეული ჰიპოტენზიური და სპაზმოლიტური აქტივობით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Р. М. Лагидзе, А. И. Двалишвили, Р. Н. Ахвледиани. Синтез потенциалных противоопухолевых соединений на основе некоторых арилалканолов. Сообщения АН ГССР, XLI:2, 1966.
2. Tetsuzo Kato, Toshiaki Moricawa and Yasuyuti Suzuki. Sinthesis of cholinergic compounds. I. J. Pharm. Soc. Japan, 72, 1952, 1177—82.
3. K. C. Wong and J. P. Long. Nicotinic and muscarinic activity of phenacyl and pfenylalkyltrimethylamines (state Univ. of lowa City). J. Pharmacol. Exptl. Therap., 137, 1962, 70—5.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ХИМИЯ

Г. Ш. ПАПАВА, Н. А. МАЙСУРАДЗЕ, П. Д. ЦИСКАРИШВИЛИ,
В. В. КОРШАК (член-корреспондент АН СССР), С. В. ВИНОГРАДОВА

О СМЕШАННЫХ БЛОК-ПОЛИАРИЛАТАХ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО ОЛИГОМЕРА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 20.11. 1965)

В предыдущем сообщении [1] нами были рассмотрены смешанные блок-полиарилаты на основе кремнийорганического олигомера $\{HOC_6H_4C(CH_3)_2C_6H_4[OSi(CH_3)(C_6H_5)]_2\}_2$, содержащие в своем составе только один какой-либо бисфенол и дикарбоновую кислоту.

Продолжая изучать влияние строения полимерной цепи на физические свойства полиэфиров, мы синтезировали и исследовали смешанные блок-полиарилаты, содержащие в своем составе разные весовые проценты блок-компонента и несколько бисфенолов или дикарбоновых кислот различной структуры.

В табл. 1 приведены данные о смешанных блок-полиарилатах на основе кремнийорганического олигомера, фенолфталеина, диана и терефталевой (и соответственно изофталевой) кислот. Из данных таблицы видно, что введение в полиарилатную цепь блочного компонента в количестве от 2,6 до 10 вес. % не вызывает резкого снижения температуры плавления полимера и они остаются все еще высокоплавкими. Из таблицы также видно, что на температуру плавления полимера влияние оказывает структура бисфенола. Так, при одинаковом процентном содержании блочного компонента полимеры на основе фенолфталеина плавятся выше соответствующих полимеров на основе диана. Замена терефталевой кислоты на изофталевую вызывает уменьшение температуры плавления полимера. Однако они все-таки остаются довольно высокоплавкими.

Рентгеноструктурное исследование полимеров табл. 1 показало, что гомополиарилат фенолфталеина и терефталевой кислоты (полиарилат Ф-1) является аморфным веществом. Введение в полиарилатную цепь кремнийорганического олигомера в количестве 2,5% делает его уже полимером с высокой степенью кристалличности, что, по-видимому, можно объяснить тем, что включение в молекулы полиарилата блочного компонента, содержащего в своем составе гибкую, простую эфирную связь, облегчает подвижностф жестких полиарилатных участков молекулы и они укладываются более плотно в пачки, что и проявляется в увеличении степени кристалличности. Дальнейшее увеличение содержания в полимере блочного компонента вновь вызывает уменьшение степени кристалличности полимеров, по-видимому, уже из-за нарушения регулярности строения полимерных цепей.

Термомеханическое исследование полимеров показало, что введение в их состав блочного компонента в количестве более 5 вес. % вызывает снижение температуры размягчения и текучести полимеров.

Таблица 1

Смешанные блок-полиарилаты кремнийорганического олигомера (Si), фенолфталеина (Ф), диана (Д), терефталевой (Т) и изофталевой (И) кислот

№ п/п	Исходные вещества и их соотношение, моли	Вес. % блока	Выход полимера, %	η пр. раствора полимера в тетрахлорэтане, дл/г	Т. размягч. (°С), определенная в капилляре (*)	Растворимость**	
						в хлороформе	в тетрахлорэтане
	Si : Ф : Т						
1	0,013 : 0,987 : 1	2,6	92	0,42	340	1	2
2	0,027 : 0,973 : 1	5,2	85	0,52	320	1	2
3	0,058 : 0,942 : 1	10,9	87	0,64	280	1	2
	Si : Ф : И						
4	0,013 : 0,987 : 1	2,6	80	1,00	336	2	2
5	0.027 : 0,973 : 1	5,3	88	0,68	308	2	2
	Si : Д : И						
6	0,011 : 0,989 : 1	2,5	90	0,82	290	1	2
7	0,021 : 0,979 : 1	5	95	0,44	288	1	2

* За температуру размягчения в этой и последующих таблицах принята температура, при которой полимер в капилляре полностью переходит в расплав.

** В этой и последующих таблицах 1 означает, что полимер в данном растворителе растворим частично, 2 означает, что полимер растворим полностью.

В табл. 2 приведены данные о смешанных блок-полиарилатах, полученных из полиорганосилоксанового олигомера, хлорангидридов терефталевой и изофталевой кислот, фенолфталеина и диана. Из этих данных видно, что свойства полимеров, содержащих в своем составе одновременно два бисфенола (фенолфталеин и диан), изменяются как в зависимости от соотношения исходных бисфенолов, так и от содержания полиорганосилоксанового блочного компонента.

С повышением содержания блочного компонента температура размягчения смешанного блок-полиарилата уменьшается. Так, при одинаковом соотношении исходных бисфенолов (см. полимеры 1—3) с повышением содержания блока от 10 до 30 вес. % температура размягчения полимеров с 340 снижается до 253°С. Аналогичная картина наблюдается и для других полимеров. Если же сравнить полимеры на основе фенолфталеина и диана друг с другом, можно увидеть, что, когда соотношение в полимерах этих компонентов составляет 0,8 : 0,2 (см. полимеры 1—3), по сравнению с 0,5 : 0,5 (см. полимеры 4—6), они более высокоплавки. Очевидно, такому соотношению указанных компонентов соответствует наиболее плотная упаковка полимерных цепей.

Из табл. 2 также хорошо видно влияние, оказываемое на температуру размягчения полимеров структурой дикарбоновой кислоты. Замена терефталевой кислоты на изофталевую вызывает снижение температуры размягчения полимера (ср. полимеры 1—6 с полимерами 7—12).

При сравнении полимеров фенолфталеина и диана при соотношении этих бисфенолов 0,8 : 0,2; 0,5 : 0,5 и 0,2 : 0,8 мол (см. полимеры 7—15) хорошо видно, что в том случае, когда в полимере преобладает содержание фенолфталеина, т. е. при соотношении вышеуказанных бисфенолов 0,8 : 0,2, полимеры более высокоплавки, в то время как в случае соотношения исходных компонентов 0,5 : 0,5 и 0,2 : 0,8 они мало отличаются друг от друга.

Таблица 2

Смешанные блок-полиарилаты кремнийорганического олигомера (Si), фенолфталеина (Ф) и диана (Д) с терефталевой (Т) и изофталевой (И) кислотами

№ п/п	Исходные вещества и их соотношение, моли	Вес. % блока	Выход полимера, %	η пр. раствора полимера в тетрахлорэтане, дл/г	Т. размягч. (°С), определенная в капилляре	Растворимость	
						в хлороформе	в тетрахлорэтан.
	Si : Ф : Д : Т						
1	0,055 : 0,8 : 0,2 : 1,055	10,4	80	0,80	340	1	1
2	0,12 : 0,8 : 0,2 : 1,12	20,2	76	0,76	276	1	1
3	0,21 : 0,8 : 0,2 : 1,21	30,7	74	0,42	253	1	1
4	0,053 : 0,5 : 0,5 : 1,053	10,8	74	1,08	287	1	1
5	0,115 : 0,5 : 0,5 : 1,115	20	80	0,86	268	1	1
6	0,195 : 0,5 : 0,5 : 1,195	30,5	84	0,32	240	1	1
	Si : Ф : Д : И						
7	0,055 : 0,8 : 0,2 : 1,55	10,4	78	0,24	260	1	2
8	0,12 : 0,8 : 0,2 : 1,12	20,2	74	0,20	247	1	2
9	0,21 : 0,8 : 0,2 : 1,21	30,7	82	0,26	226	1	2
10	0,06 : 0,5 : 0,5 : 1,06	10,7	89	0,76	230	1	1
11	0,129 : 0,5 : 0,5 : 1,129	20,3	74	0,54	230	1	1
12	0,22 : 0,5 : 0,5 : 1,122	30,4	74	0,22	220	1	1
13	0,058 : 0,2 : 0,8 : 1,058	10,9	71	0,80	230	1	1
14	0,134 : 0,2 : 0,8 : 1,134	20,3	76	0,66	210	1	1
15	0,23 : 0,2 : 0,8 : 1,23	30,2	74	0,26	210	1	1

Во всех случаях смешанные блок-сополимеры, содержащие в своем составе два различных бисфенола, независимо от соотношения этих бисфенолов размягчаются при более низкой температуре, чем соответствующие полимеры на основе одного какого-либо бисфенола, что, по-видимому, можно объяснить тем, что введение в полимерную цепь компонентов различной структуры вызывает нарушение плотности упаковки полимерных цепей, что и проявляется в уменьшении их температуры размягчения (см. полимеры 1—5 табл. 4).

В табл. 3 приведены данные о смешанных блок-полиарилатах полиорганосилоксанового олигомера (Si), диана (Д) и фенолфталеина (Ф) с хлорангидридами терефталевой (Т) и изофталевой (И) кислот. Из данных таблицы видно ,что, как и в предыдущих случаях, увеличение содержания в полимере блочного компонента вызывает снижение температуры размягчения сополимеров. Так, в системе Si—Д—Т—И при соотношении Т и И 0,5 : 0,5 увеличение количества блока от 10 до 30 вес. % вызывает снижение температуры размягчения с 225 до 220°С. Изменение же соотношения Т : И с 0,5 : 0,5 на 0,2 : 0,8 при одинаковом процентном содержании блочного компонента из-за увеличения доли изофталевой кислоты в полимерах вызывает уменьшение температуры размягчения сополимеров. Из данных таблицы видно, что на свойства полимеров заметное влияние оказывает и строение бисфенола. Так, полимеры одинакового состава, содержащие вместо диана (Д) фенолфталеин (Ф) обладают более высокой температурой размягчения (см. полимеры 7—12).

Таблица 3

Смешанные блок-полиарилаты полиорганосилоксанового олигомера (Si), фенолфталеина (Ф) и диана (Д) с терефталевой (Т) и изофталевой (И) кислотами

№ п/п	Исходные вещества и их соотношение, моли	Вес. % блока	Выход полимера, %	η пр. раствора полимера в тетрахлорэтане, дл/г	Т. размягч. (°С), определения в капилляре	Растворимость: в хлороформе	Растворимость: в тетрахлорэтан.
	Si : Д : Т : И						
1	0,05 : 0,95 : 0,5 : 0,5	10,3	79	0,76	255	1	1
2	0,11 : 0,89 : 0,5 : 0,5	20,8	74	0,76	240	1	1
3	0,17 : 0,83 : 0,5 : 0,5	30,0	88	0,40	220	1	1
4	0,05 : 0,95 : 0,2 : 0,8	10,3	70	0,84	227	1	2
5	0,11 : 0,89 : 0,2 : 0,8	20,8	77	0,72	220	1	2
6	0,17 : 0,83 : 0,2 : 0,8	30,0	81	0,36	180	1	2
	Si : Ф : Т : И						
7	0,06 : 0,94 : 0,5 : 0,5	10	78	0,80	257	1	2
8	0,128 : 0,872 : 0,5:0,5	20,1	94	0,58	255	1	2
9	0,205 : 0,795 : 0,5:0,5	30,5	78	0,40	245	1	2
10	0,06 : 0,94 : 0,2 : 0,8	10	95	0,36	237	1	2
11	0,128 : 0,872 : 0,2:0,8	20,1	78	0,70	230	1	2
12	0,205 : 0,795 : 0,2:0,8	30,5	75	0,34	195	1	2

В табл. 4 приведены сравнительные данные о изменении температуры размягчения смешанных блок-полиарилатов в зависимости от их состава.

Смешанные блок-полиарилаты на основе кремнийсодержащего олигомера из раствора в хлороформе образуют прочные пленки. Прочность на разрыв неориентированных пленок смешанных блок-полиарилатов на основе фенолфталеина и терефталевой кислоты (или изофталевой кислоты), содержащих в своем составе 3—11 вес. % полиорганосилоксанового олигомера, составляла 800—900 кг/см^2. Так, например, пленка смешанного блок-полиарилата хлорангидрида терефталевой кислоты и фенолфталеина, содержащая в своем составе 2,6 вес. % полиорганосилоксанового олигомера (η пр. данного полиарилата в тетрахлорэтане 1,00 дл/г), имела прочность на разрыв 900 кг/см^2, относительное удлинение при разрыве 31%, а модуль упругости 15000 кг/см^2; пленка соответствующего смешанного блок-полиарилата на основе изофталевой кислоты($\eta_{пр}$ данного полимера в тетрахлорэтане 0,68 дл/г) имела прочность на разрыв 800 кг/см^2, относительное удлинение при разрыве 37% и модуль упругости 1500 кг/см^2. Прочность на разрыв неориентированной пленки гомополиарилата терефталевой кислоты с фенолфталеином ηпр. пр. данного полиарилата в тетрахлорэтане 1,00 дл/г составляет 1000 кг/см², относительное удлинение при разрыве 29%, модуль упругости 21000 кг/см².

Эти данные показывают, что на основе кремнийсодержащих смешанных блок-полиарилатов могут быть получены прочные пленки, обладающие большей эластичностью, чем исходный гомополиарилат.

Таблица 4

Изменение температуры размягчения смешанных блок-полиарилатов в зависимости от состава

№ п/п	Исходные вещества*	Вес. % блока	Т. размягч. (°С) определенная в капилляре	Соотношение бисфенолов (Ф : Д)	Соотношение дикарбоновых кислот (Т : И
1	Si : Ф : Д : И	10,4	260	0,8 : 0,2	—
2	„	10,7	230	0,5 : 0,5	—
3	„	10,9	230	0,2 : 0,8	—
4	Si : Ф : И	10	273	—	—
5	Si : Д : И	12,4	282	—	—
6	Si : Д : Т	22,6	348	—	—
7	Si : Д : И	22,6	283	—	—
8	Si : Д : Т : И	20,8	240	—	0,5 : 0,5
9	„	20,8	220	—	0,2 : 0,8
10	Si : Д : И	12,4	282	—	—
11	„	31,2	281	—	—
12	Si : Д : Т : И	10,3	255	—	0,5 : 0,5
13	„	30,0	220	—	0,5 : 0,5
14	„	10,3	227	—	0,2 : 0,8
15	„	30,0	180	—	0,2 : 0,8
16	Si : Ф : И	10,2	273	—	—
17	Si : Ф : Т : И	10,0	257	—	0,5 : 0,5
18	„	10,0	237	—	0,2 : 0,8

* S_i — кремнийорганический олигомер, Ф—фенолфталеин, Д—диан, Т—терефталевая кислота, И—изофталевая кислота.

Смешанные блок-полиарилаты были получены равновесной поликонденсацией при одновременном введении в реакционную смесь исходных компонентов. Поликонденсацию осуществляли в токе сухого, очищенного от кислорода азота в высококипящем растворителе — соволе, при концентрации (из расчета для одного из компонентов) 0,8 мол/л.

Температурный режим поликонденсации был следующий: нагревание реакционной смеси от 100 до 180° в течение 2 часов, при 180°—3 часов, при 200° — 10 часов.

По окончании реакции реакционную смесь охлаждали до комнатной температуры в токе азота, добавляли в три раза превышающий общий объем реакционной массы хлороформ или тетрахлорэтан и оставляли на ночь. На следующий день раствор выливали в серный эфир. Полимер при этом выделялся в виде чешуек или же в виде порошка. Смесь отфильтровывали, промывали полимер последовательно серным эфиром, метанолом, водой, метанолом, серным эфиром и сушили при 80—100° до постоянного веса.

Выводы

1. Синтезированы и исследованы смешанные бдок-полиарилаты систем: кремнийорганический олигомер-фенолфталеин-диан-терефталевая кислота, кремнийорганический олигомер-фенолфталеин-диан-изофталевая кислота, кремнийорганический олигомер-диан-терефталевая кислота-изофлталевая кислота, кремнийорганический олигомер-фенолфталеин-терефталевая кислота-изофталевая кислота.

2. Обсужден вопрос о влиянии строения исходных компонентов на физические свойства смешанных блок-полиарилатов.

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

Академия наук СССР
Институт элементоорганических соединений

(Поступило в редакцию 20.11.1965)

ქიმია

გ. პაპავა, ნ. მაისურაძე, პ. ცისკარიშვილი, ვ. კორშაკი (სსრ კავშირის მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ს. ვინოგრადოვა

პოლიორგანოსილოქსანური ოლიგომერის ბაზაზე მიღებული ნარევი ბლოკ-პოლიარილატების შესახებ

რეზიუმე

მაღალი დუღილის ტემპერატურის გამხსნელში წონასწორული პოლიკონდენსაციით სინთეზირებული და შესწავლილია სხვადასხვა ბისფენოლების, არომატული დიკარბონმჟავებისა და პენტონის ბაზაზე მიღებული ნარევი ბლოკ-პოლიარილატების თვისებები.

ნაჩვენებია, რომ პოლიარილატის ჯაჭვში ბლოკის შეყვანა იწვევს პოლიარიატის თვისებების შეცვლას. დადგენილია, რომ 10%-მდე ბლოკ-კომპონენტის შეყვანა არ იწვევს პოლიმერის გარბილების ტემპერატურის შესამჩნევ შემცირებას.

დადგენილია, რომ ნარევი ბლოკ-პოლიარილატები, რომლებიც შეიცავენ ორ ან უფრო მეტ ბისფენოლს ან დიკარბონმჟავას, ლღვებიან იმ პოლიმერებზე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, რომლებიც მიღებულნი არიან ერთი რომელიმე ბისფენოლის ან დიკარბონმჟავას ბაზაზე.

შესწავლილია, რა გავლენას ახდენს საწყისი კომპონენტების აგებულება ნარევი ბლოკ-პოლიარილატების ფიზიკურ თვისებებზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 В. В. Коршак (член-корреспондент АН СССР), С. В. Виноградова, Г. Ш. Папава, П. Д. Цискаришвили. Исследование в области смешанных блок-полиарилатов. ДАН СССР, 156, 1964, 368.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ХИМИЯ

Л. Д. МЕЛИКАДЗЕ, Г. Ш. ЧЕЛИДЗЕ, М. К. ЧАРКВИАНИ,
К. Г. ГОДЕРДЗИШВИЛИ, И. И. АБХАЗАВА, Р. П. ЦИСКАРИШВИЛИ

О СОДЕРЖАНИИ АНТРАЦЕНА В НОРИЙСКОЙ НЕФТИ

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 25.11.1965)

В литературе господствует мнение о том, что в нефтях полициклические конденсированные ароматические углеводороды представлены в виде структурных форм с угловым сочленением колец — в основном в виде фенентрена и его производных.

Наличие в нефтях линейноконденсированных полициклических углеводородов (антрацена и его производных), содержащих химически активные мезоуглеродные атомы, рядом исследователей совершенно отрицается, а утверждение некоторых авторов о наличии в нефтях антрацена, бензантрацена и других высокомолекулярных систем на основании данных исследования высокотемпературных фракций нефти приписывается продуктам вторичного происхождения, полученным под действием температурного фактора в процессе перегонки фракции [1—4].

Вместе с тем, исследованиями последних лет одним из нас с сотрудниками доказано, что в высокомолекулярной части нефти, в самом деле, находятся такие углеводородные формы, кольчатая система которых содержит структуру бензфенантрена, хризена и бензхризена. Показано, что все они являются естественными компонентами нефти и характеризуются угловым сочленением колец. Среди них линейноконденсированные структуры (антрацен и его производные) не были обнаружены [5, 6].

Учитывая важность выяснения вопроса, содержатся ли в нефтях углеводороды с химически активными, линейноконденсированными, ароматическими кольчатыми системы, мы задались целью специально изучить данный вопрос. Для этого исследовались кристаллические ароматические углеводороды, предварительно выделенные нами из норийской нефти разработанным ранее комплексом методов [6].

Выделение указанных углеводородов из нефти осуществлялось без доступа дневного света, под влиянием которого большинство мезоуглеродсодержащих ароматических структур способны образовывать фотодимеры [7—9]. Последние из-за нерастворимости применяемых в процессе исследования растворителей могут маскироваться и оставаться незамеченными.

Для решения поставленной задачи главное внимание было уделено вопросу глубокого разделения кристаллических углеводородов, выделенных из норийской нефти в виде неоднородной, сложной по составу смеси. В качестве основного метода разделения этой смеси использована адсорбционная хроматография на окиси алюминия. Хроматография проводилась двукратно — грубая и более глубокая. Последняя осуществлялась с помощью спектрохроматографа [10], который позволяет отбирать однородные по УФ-спектрам поглощения составных компонентов—элюаты. В качестве растворителя и элюирующей жидкости в обоих случаях применяли петролейный эфир (к. к. 70°С).

УФ-спектры поглощения кристаллических углеводородов, полученных после спектрохроматографического разделения, показывают, что некоторые из них содержат максимумы, характерные для антрацена. Однако, вместе с тем, на них имеются максимумы, соответствующие и другим углеводородам — фенантрену, хризену и др., под влиянием которых спектры антрацена могут искажаться. Для примера на рис. 1 и 2 приводим УФ-спектры поглощения двух наших образцов, на которых максимумы, соответствующие спектрам антрацена, отмечена крестиками.

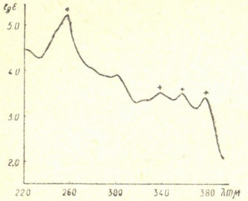


Рис. 1. УФ-спектр поглощения кристаллического углеводорода (т. пл. 140 — 158°С), выделенного из норийской нефти (растворитель—н-гексан, С-0,005 м/л)

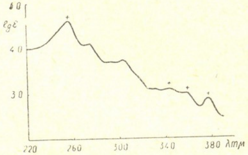


Рис. 2. УФ-спектр поглощения кристаллического углеводорода (т. пл. 152 — 164°С), выделенного из норийской нефти растворитель—н-гексан, С-0,005 м/л)

Результаты исследования УФ-спектров поглощения искусственных смесей, состоящих из антрацена, фенантрена и хризена, а также из их алкилпроизводных в различных соотношениях, убеждают в том, что, несмотря на очевидное влияние примесей на общий характер спектров, основные максимумы антрацена все-таки явно проявляются даже в тех случаях, когда содержание последнего в смеси не превышает 10%. При этом наблюдается лишь незначительное (2—5 mμ) смещение максимумов спектров в сторону коротких волн. Спектры поглощения указанных смесей приводятся на рис. 3, 4 и 5.

Спектры поглощения снимались спектрофотометром СФ-4. В качестве растворителя во всех случаях применяли н-гептан.

Таким образом, в результате установления возможности выявления в УФ-спектрах поглощения искусственных смесей максимумов, характерных для содержания в них антрацена, с большим основанием убеждаемся в том, что среди кристаллических углеводородов, выделенных из норийской нефти, могут содержаться углеводороды со структурой антрацена.

Это положение непосредственно мы доказали путем выделения антрацена из соответствующих продуктов спектрохроматографического деления кристаллических углеводородов нефти, используя для этого реакцию Дильса и Альдера — конденсацию антрацена с малейновым

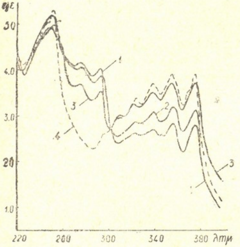


Рис. 3. УФ-спектры поглощения искусственных смесей: 1 — 10% антрацена + 90% фенантрена, C=0,002 м/л; 2—30% антрацена+70% фенантрена, C = 0,002 м/л; 3—50% антрацена+50% фенантрена, C=0,002 м/л; 4—антрацен, C=0,001 м/л (растворитель—н-гептан)

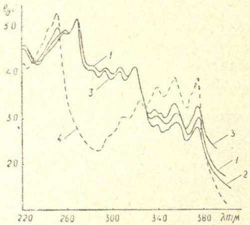


Рис. 4. УФ-спектры поглощения искусственных смесей: 1—37,5% антрацена+37,5% фенантрена + 25% хризена, C = 0,0002 м/л; 2—40% антрацена+40% фенантрена + 20% хризена, C = 0,002 м/л, 3—33% антрацена + 33% фенантрена + 34% хризена, C=0,002 м/л; 4—антрацен; C = 0,001 м/л

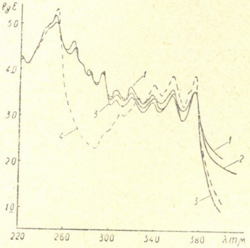


Рис. 5. УФ-спектры поглощения искусственных смесей: 1 — 10% антрацена + 90% хризена, C=0,002 м/л; 2 — 5% антрацена+95% хризена, C=0,002 м/л; 3—83% антрацена+17% хризена, C=0,002 м/л; 4 — антрацен, C = 0,001 м/л

ангидридом, которая используется для очистки каменноугольного антрацена [11]. Указанная реакция удачно используется также для выделения антрацена и его производных из высокотемпературных фракций кувейтской нефти [12].

Ксилольный раствор исследуемого образца и малейнового ангидрида (в соотношениях 1:1:10 соответственно) кипятили в течение 4 часов в колбе с обратным холодильником. После этого к содержимому колбы добавляли 15% раствор KOH, нагревали в течение 1,5 часа, а затем посредством водяного пара отгоняли ксилол. После отделения выпавшего при этом осадка, который является не вступившей в реакцию с малейновым ангидридом частью исследуемого продукта, фильтрат подкисляли серной кислотой до слабо кислой реакции. При этом выпадал осадок — аддукт малейнового ангидрида с антраценом, который после отделения, промывания и сушки подвергался разложению нагреванием при 270—300°C в запаянной стеклянной ампуле. Сублимированная и осевшая в верхней, холодной части ампулы белая кристаллическая масса после перекристаллизации в бензоле подвергалась

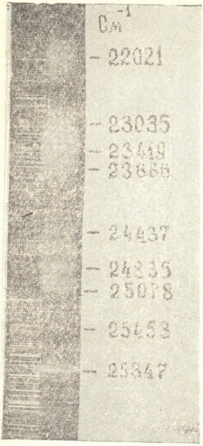


Рис. 6. Квазилинейчатый спектр люминесценции исследуемого образца в гептане при 77°К

исследованию. В качестве метода индентификации и однозначного и более надежного решения поставленной задачи мы использовали квазилинейчатый спектр флюоресценции в кристаллической матрице н-гептана при 77° К по методу Э. В. Шпольского. Съемки производились на спектрографе ИСП-67 (камера F=500 мм). Сравнение квазилинейчатого спектра флюоресценции (рис. 6) с данными Т. Н. Болотниковой [13], изучавшей квазилинейчатый спектр чистого антрацена в тех же условиях, подтверждает, что исследуемый образец, несомненно, является антраценом. Основные 24 линии квазилинейчатых спектров антрацена, указанные Т. Н. Болотниковой, полностью воспроизводятся в спектре исследуемого образца (см. таблицу).

Исследованием УФ-спектров поглощения кристаллического остатка, не вступившего во взаимодействие с малейновым ангидридом, бы-

Таблица

Сравнение квазилинейчатых спектров люминесценции исследуемого образца и антрацена

Продукт, выделенный из норийской нефти с помощью малейнового ангидрида		Антрацен по данным Т. Н. Болотниковой	Продукт, выделенный из норийской нефти с помощью малейнового ангидрида		Антрацен по данным Т. Н. Болотниковой
интенсивность*	частота, см⁻¹	частота, см⁻¹	интенсивность*	частота, см⁻¹	частота, см⁻¹
оч. сл.	26238	26242	оч. сл.	23511	—
„	26166	—	оч. с.	23419	23424
с.	25847	25853	с.	23272	23272
оч. оч. сл.	25614	—	с. ср.	23190	23195
оч. сл.	25479	—	ср.	23115	—
сл.	25453	25456	с.	23035	23032
оч. оч. сл.	25329	—	ср.	22877	22879
сл.	25204	25205	сл. ср.	22807	22802
с.	25078	25075	сл.	22653	—
с.	24979	24978	оч. сл.	22497	—
оч. оч. сл.	24835	24839	сл.	22408	—
с.	24676	24677	сл. ср.	22262	—
с. ср.	24603	—	сл. ср.	22168	22165
оч. с.	24437	24438	сл.	22106	—
с.	24282	24283	с.	22021	22017
с. ср.	24210	24208	сл.	21938	—
ср.	24044	—	с. ср.	21871	21863
сл.	23893	23894	сл.	21784	—
ср.	23813	23810	сл.	21719	—
оч.сл.	23723	—	сл. ср.	21629	—
с.	23666	23666	сл.	21473	—

* Сокращения: с. — сильная, ср. — средняя, сл. — слабая, оч. — очень.

ло обнаружено полное отсутствие максимумов, соответствующих антрацену, который был удален из исходной смеси в виде аддукта. УФ-спектр поглощения не вступившего в реакцию с малейновым ангидридом кристаллического осадка, приведенный на рис, 7, хорошо подтверждает указанное положение.

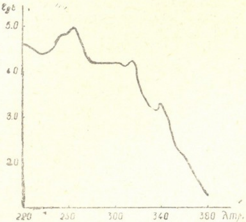


Рис. 7. УФ-спектр поглощения осадка кристаллических углеводородов, не вступивщего в реакцию с малейновым ангидридом (растворитель н-гептан, C=0,001м/л)

Дальнейшее исследование кристаллических ароматических углеводородов, выделенных нами из норийской нефти, на содержание в них и других линейноконденсированных ароматических структур намечается в будущем.

Изучением кристаллических ароматических углеводородов норийской нефти доказано наличие в них антрацена — углеводорода с линейноконденсированной кольчатой системой.

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

(Поступило в редакцию 25.11.1965)

ქიმია

ლ. მელიქაძე, გ. ჭელიძე, მ. ჩარკვიანი, კ. გოდერძიშვილი,
ი. აფხაზავა, რ. ცისკარიშვილი

ნორიოს ნავთობში ანტრაცენის შემცველობის შესახებ

რეზიუმე

დადგენილია ნორიოს ნავთობის მაღალმოლეკულურ არომატულ ნახშირწყალბადთა შორის ანტრაცენის შემცველობა. ანტრაცენი გამოყოფილია მალეინის ანჰიდრიდთან კონდენსაციის რეაქციის გამოყენებით და იგი იდენტიფიცირებულია ლუმინესცენციის კვაზიხაზოვანი სპექტრების საშუალებით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ф. Добрянский. Геохимия нефти. Гостоптехиздат, 1948.
2. С. Р. Сергиенко, А. Михиовская. О химической природе высокомолекулярных углеводородов нефти. ДАН СССР, т. 91, № 1, 1953, 103.
3. С. Р. Сергиенко. Высокомолекулярные соединения нефти. «Химия», М., 1964.
4. С. Р. Сергиенко. Высокомолекулярные вещества нефти. Итоги науки. Химия нефти и газа. Изд. АН СССР, 1958, 199.
5. Л. Д. Меликадзе. О кристаллических компонентах высокомолекулярных фракций нефти. С сб.: «Состав и свойства высокомолекулярной части нефти», изд. АН СССР, 1958, 236.
6. Л. Д. Меликадзе, Т. А. Элиава, Э. А. Ушараули. К познанию природы флюоресцирующих компонентов нефти. Изд. АН ГССР, 1958.
7. R. Calas, R. Lalande. Photopolimerisation en serie mesoanthracenique. I. considerations generales. Bull. Soc. chim., 1959, 7о3.
8. A. Schönberg., A. Mustafa., M. Barakamt., a. oth. Photoehemical reactions, in Sanlight. J. chem. Soc., 1948, 2126.
9. L. Eiser., T. Webler. meso Alkyl anthracenas. J. Amer. chem. Soc., 62, 1940.
10. Л. Д. Меликадзе, И. Д. Баумберг, Г. Ш. Челидзе. Спектрохроматографический метод разделения смесей. Сообщения АН ГССР, т. XXVII, 2, 1961, 151.
11. М. И. Полякова. Получение высокопроцентного антрацена и карбазола из сырого антрацена. Кокс и химия, 2—3, 1938, 75.
12. W. Carruthers. The constituents of high-boiling petroleum distillats, p. III. Ant racene hemologues m a Kuwait oil. J. chem. Soc., 1956, 603.
13. Т. Н. Болотникова. Спектры флюоресценции замороженных кристаллических растворов простейших ароматических углеводородов. Изв. АН СССР, сер. физ. 23, 1, 1959, 29.

ᲡᲐᲥᲐᲠᲗᲕᲔᲚᲝᲡ ᲡᲡᲠ ᲛᲔᲪᲜᲘᲔᲠᲔᲑᲐᲗᲐ ᲐᲙᲐᲓᲔᲛᲘᲘᲡ ᲛᲝᲐᲛᲑᲔ, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ХИМИЯ

Б. А. ДЖАНАШВИЛИ, Е. Н. БОГОЯВЛЕНСКИЙ,
Х. Г. ПУРЦЕЛАДЗЕ

ОКИСЛЕНИЕ ГИДРАТА ЗАКИСИ МАРГАНЦА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 30.3.1966)

Окисление гидрата закиси марганца является важной стадией технологии получения активной двуокиси марганца из марганцевых карбонатных руд азотнокислотным способом, разработанным Институтом неорганической химии и электрохимии АН ГССР [1—3].

Е. Я. Роде [4], применив термографический метод исследования, констатировал, что при окислении гидрата закиси марганца в зависимости от условий получаются: при неполном окислении — смесь гидрогаусманитового твердого раствора кислорода с оставшимся неокисленным α—$Mn(OH)_2$, а при полном окислении последнего — гидратированные продукты — гидрогаусманиты переменного состава общей формулы $MnO_x \cdot nH_2O$.

По данным Фейткнехта и др. [5], высокодисперсные препараты гидрата закиси марганца при хранении на воздухе, содержащем небольшие количества влаги, топохимически окисляются в β-MnOOH, который во влажном воздухе быстро переходит в γ-MnOOH. При высокой влажности воздуха вначале образуются смесь гаусманита и β-MnOOH, а затем Mn_3O_4 окисляется в γ-MnOOH.

При изучении окисления гидрата закиси марганца и аммонизированных растворов солей двухвалентного марганца кислородом и перекисью водорода Фейткнехтом и Марти [6] рентгенографически и аналитически были установлены следующие продукты окисления в зависимости от условий реакций: окисленный гидрат закиси марганца, двойной гидрат двух- и трехвалентного марганца, гаусманит, гидрогаусманит, α, β, γ-MnOOH и манганит двухвалентного марганца.

Нами исследовалась способность окисления гидрата закиси марганца: а) при его образовании в атмосфере воздуха; б) при продувке воздухом суспензии $Mn(OH)_2$, содержащей в растворе нитраты аммония, кальция, магния, марганца; в) при контакте пастообразной массы, полученной после фильтрации и промывки $Mn(OH)_2$, с воздухом.

Нами ранее было установлено [7], что в зависимости от условий осаждения гидрата закиси марганца из растворов смешанных нитратов марганца, кальция, магния, полученных при азотнокислотной переработке марганцевых карбонатных руд, образуются осадки, отличающиеся как по своему составу, так и по некоторым физико-химическим свойствам.

Рентгеноструктурным и химическим анализами установлено, что при непрерывном осаждении гидрата закиси марганца и при перемешивании воздухом образуется продукт, состоящий из смеси $Mn(OH)_2$, гаусманита и незначительного количества манганита (состав осадка $MnO_{1,08-1,12} \cdot nH_2O$). Если осаждение ведется на воздухе приливанием водного аммиака к нитратному раствору при механическом перемешивании суспензии, то образуется менее окисленный, чем в предыдущем случае, осадок со степенью окисления $MnO_{1,04-1,06} \cdot nH_2O$, в состав которого, наряду с $Mn(OH)_2$, входит незначительное количество гидрогаусманита. Для изучения окисления гидрата закиси марганца, суспендированного в растворе солей нитратов аммония, кальция и магния, смешанный нитратный раствор, получаемый при азотнокислотной переработке марганцевых карбонатных руд, разбавлялся до содержания в нем 6,2г/л Mn^{2+}, 2,6г/л Ca^{2+}, 0,3г/л Mg^{2+}. В 100 мл такого раствора осаждался $Mn(OH)_2$ приливанием эквивалентного количества 25% аммиачного раствора, после чего через суспензию пропускался воздух со скоростью 0,4 л/мин при комнатной температуре (22)°. На рис. 1 показана зависимость степени окисления от длительности процесса. Как видно из рис. 1, скорость окисления $Mn(OH)_2$, начиная с сос-

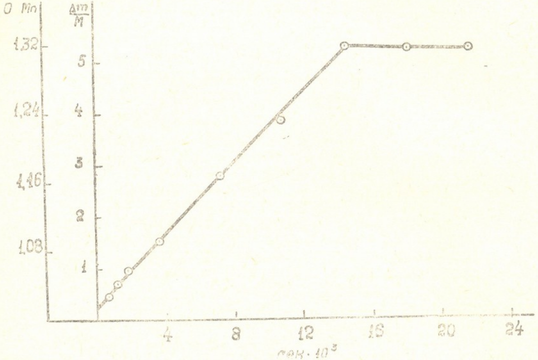


Рис. 1. Окисление $Mn(OH)_2$ воздухом в суспензии

тава $MnO_{1,03}-H_2O$ до гаусманита, не зависит от степени окисления ($X=K\tau$). Это противоречит факту возрастания содержания кислорода, наблюдаемому Дюбуа при окислении $Mn(OH)_2$ перекисью водорода, а также Фейткнехтом [6], изучавшим окисление кислородсодержащих осадков. Окисление в нашем случае протекает до гаусманита, который дальше не окисляется даже при длительном пропускании воздуха.

В других опытах промытая паста $Mn(OH)_2$, содержащая 20% Mn и отвечающая эмпирической формуле $MnO_{1,06} \cdot nH_2O$, окислялась при разных температурах. Результаты опытов приведены на рис. 2, из которого видно, что степень окисления сильно зависит от температуры нагрева. Если при 150° достигнутая степень окисления через

2 часа не превышает $MnO_{1,34}$ и дальнейшее окисление образовавшегося гаусманита протекает весьма медленно (степень окисления через 50 часов нагрева $MnO_{1,40}$), то при температуре 400° через 2 часа образуется продукт $MnO_{1,47}$, приближающийся по своему составу к окиси марганца Mn_2O_3 и способный окисляться до $MnO_{1,61}$.

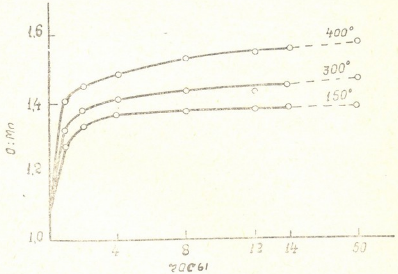


Рис. 2. Окисление промытого $Mn(OH)_2$ воздухом

Рентгеноструктурный анализ продуктов окисления $Mn(OH)_2$ (рентгенограммы приведены на рис. 3) показал, что при окислении гидрата закиси марганца вначале (нагревание в течение 2 часов, t=150°) образуется гаусманит, отвечающий формуле Mn_3O_4 (рис. 3, а). Дальнейшее его окисление до $MnO_{1,40}$, несмотря на содержание в нем избыточного кислорода по отношению к гаусманиту, не изменяет структуру полученного продукта (рис. 3, б). Однако на рентгенограмме появляются слабые линии (d=4,11, 1, 89, 1,39), которые нельзя отнести к известным соединениям марганца с кислородом. Вероятнее всего, что избыточный кислород в полученном окисле находится в составе α и β-гаусманитовых твердых растворов.

Что же касается продуктов окисления $Mn(OH)_2$ при 300 и 400° (нагревание в течение 14 часов), то образующиеся при этом продукты приближаются по своему составу к трехокиси марганца—курнакиту.

Рентгенограммы этих продуктов одинаковые, поэтому приводится только одна (рис. 3, в), отвечающая $\beta-Mn_2O_3$. Дальнейшее окисление $Mn(OH)_2$ при 400° до $MnO_{1,6}$ не вызывает появление новых линий, характерных для MnO_2, что указывает на наличие избыточного кислорода в составе курнакитового твердого раствора. Механизм реакции окисления гидрата закиси марганца по уравнению

$$Mn(OH)_2+{}^1/_2O_2 \rightarrow MnO_2+H_2O$$

должен быть очень простым. Однако дело может обстоять иначе, если продукты реакции, как это часто бывает при окислении металлов, образуют на поверхности $Mn(OH)_2$ компактное покрытие окисла и тем самым пространственно разделяют оба компонента реакции. В этом случае протекание реакции возможно только тогда, когда хотя бы одно из исходных веществ диффундирует в другое через слой продуктов реакции. Поэтому дальнейшее течение реакции окисления $Mn(OH)_2$ будет определяться не собственно химической реакцией, а процессами диффузии ионов Mn^{2+} и атомов кислорода.

Возникновение компактных, рыхлых или пористых продуктов реакции определяется кристаллической структурой образующихся окислов и исходного вещества, а также соотношением их молекулярных объемов. Мы попытались к данному процессу применить некоторые выводы теории разупорядочения Вагнера—Шотки и высокотемпературного окисления сплавов Вагнера—Хауффе [9]. Чтобы яснее представить изменения структуры окислов, которые могут быть получены при окислении $Mn(OH)_2$ кислородом, а также изменения их молекулярных объемов, в таблице приводим параметры решеток и расчетные молекулярные объемы некоторых соединений марганца.

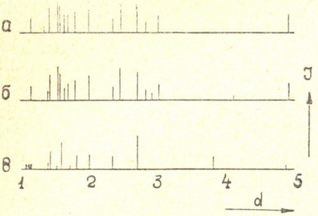


Рис. 3. Рентгенограммы продуктов окисления $Mn(OH)_2$

Сравнив молекулярные объемы соединений марганца, приведенные в таблице, заметим, что наибольший молекулярный объем имеет $Mn(OH)_2$, где марганец находится в виде Mn^{2+}. С возрастанием валентности марганца в гидроокислах молекулярные объемы последних, приходящиеся на один атом марганца, уменьшаются. С другой стороны, переход марганца в более высокую валентность с образованием окислов сопровождается увеличением молекулярного объема, причем чем выше валентность марганца в окислах, тем больше объем, приходящийся на один атом марганца.

При окислении гидрата закиси марганца кислородом (воздухом) возможно образование окислов переменной валентности, что значительно усложняет механизм окисления. При сравнительно высоком парциальном давлении кислорода в газовой фазе, когда термодинамически возможно образование высших окислов (например $Mn_3O_4 Mn_2O_3, MnO_2$) в соответствии с кинетическими условиями образуется последовательность слоев:

$Mn(OH)_2 \mid (Mn_3O_4) \mid Mn_2O_3 \mid (MnO_2) \mid O_2$

$Mn(OH)_2 \mid (MnOOH) \mid MnO_2 \mid O_2$

По теории Вагнера [9], при окислении металлов и сплавов через слой металл-окисел диффундируют не нейтральные атомы, а ионы и электроны. Существенным результатом вагнеровской теории окисления (в тех случаях, когда скорость реакции лимитируется диффузией ионов или электронов, обусловленной градиентом химического потенциала в слое окисла) является возможность выбода параболического закона окисления:

$$(\Delta\xi)^2 = 2K\tau \qquad K\ [см^2 \cdot сек^{-1}], \qquad (1)$$

где $\Delta\xi$ —толщина слоя окисла; K —константа скорости реакции.

Подставляя вместо толщины слоя окисла $\Delta\xi$ увеличение содержания кислорода на моль $Mn(OH)_2$, получаем

$$\left(\frac{\Delta m}{M}\right)^2 = 2K_2\tau \qquad K_2[г^2,\ моль^{-2} \cdot сек^{-1}]. \qquad (2)$$

В тех случаях, когда скорость определяется реакциями на границах раздела фаз, получается линейный закон окисления.

$$\frac{\Delta m}{M} = l_2\tau \qquad l_2[г \cdot моль^{-1} сек^{-1}], \qquad (3)$$

где Δm —увеличение содержания кислорода в г; M—число молей.

Параметры решеток и молекулярные объемы некоторых соединений марганца

Наименование	Формула	Удельный вес	Число атомов Mn в решетке	Пареметры решетки (Å)			Молекулярный объем (Å)³		Литература
				a	в	c	эксперимент-альный	расчетный	
Марганец	$\alpha{=}Mn$	7,44	58	8,89	—	—	12,13	12,24	[10]
Закись марганца	MnO	5,09	4	4,44	—	—	—	21,11	[10]
Гидрат закиси марганца	$Mn(OH)_2$	3,26	—	3,34	—	4,67	—	45,25	[4]
Гаусманит	Mn_3O_4	4,82	8	8,14	—	9,42	—	27,09	„
Курнакит	$\alpha{-}Mn_2O_3$	4,77	8	8,85	—	9,95	—	27,47	„
Манганит	$\alpha{-}MnOOH$	4,30	8	8,84	5,23	5,74	—	34,67	„
Гроутит	$\beta{-}MnOOH$	4,25	4	4,56	10,70	—	34,82	35,09	„
Пиролюзит	$\beta{-}MnO_2$	4,85	—	4,39	4,39	2,87	—	29,80	„
Рамсделит	$\gamma{-}MnO_2$	4,74	4	4,53	9,27	2,87	30,10	30,19	„
	$MnO_{1,96}(OH)_{0,04}$		4	4,42	9,70	2,79	29,30		
$\gamma{-}MnO_2$	$MnO_{1,92}(OH)_{0,08}$		4	4,43	9,70	2,73	30,09		
	$MnO_{1,74}(OH)_{0,26}$		4	4,49	9,79	2,82	31,33		[11]
Гроутит	$MnO_{1,64}(OH)_{0,36}$		4	4,51	9,93	2,84	32,33		
	$MnO_{1,46}(OH)_{0,54}$		4	4,53	10,20	2,85	34,00		

1—Молекулярный объем—объем окисла, приходящийся на один атом марганца.

2—Молекулярные объемы, „расчетные“, рассчитывались нами на основе литературы, указанной в таблице

Как видно из рис. 1, окисление гидрата закиси марганца до гаусманита Mn_3O_4 протекает по закону (3). При этом для постоянной скорости реакции получаем значение.

$$l_2 = 3{,}8 \cdot 10^{-4} \qquad [г \cdot моль^{-1} \cdot сек^{-1}].$$

В этом случае диффузия кислорода через слой окисла протекает достаточно быстро и поэтому скорость окисления $Mn(OH)_2$ лимитируется только скоростью на границах раздела фаз и наблюдается линейная зависимость окисления от времени, т. е. толщина слоя окисла не влияет на скорость образования гаусманита. Молекулярный объем $Mn(OH)_2$ больше молекулярного объема Mn_3O_4 (см. таблицу), следовательно, на поверхности $Mn(OH)_2$ образуется пористое покрытие окисла, способствующее лучшей миграции атомов кислорода. Линейная зависимость соблюдается только до образования гаусманита, а дальнейшее протекание реакции определяется скоростью диффузии, которая при данной температуре становится настолько малой, что окисление гаусманита в высшие окислы практически прекращается.

Механизм окисления $Mn(OH)_2$ при более высоких температурах сравнительно сложен. Кинетические кривые (рис. 2), полученные при 150—400°, позволяют разделить процесс окисления на два периода: 1) линейный который длится до образования гаусманита; 2) период, когда окисление в основном протекает по параболическому закону.

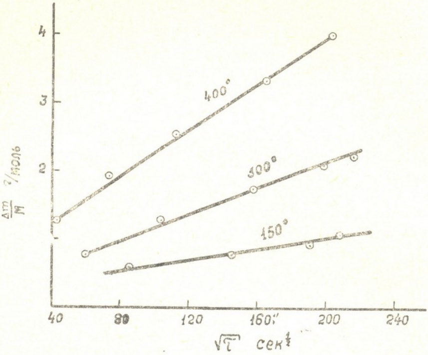


Рис. 4. Окисление гаусманита Mn_3O_4 (параболическая зависимость от времени)

Таким образом, при окислении $Mn(OH)_2$ в интервале температур 150—400° существует период, в течение которого скорость окисления не зависит от каких бы то ни было диффузионных процессов. Этот период продолжается до тех пор, пока скорость химической реакции отстает от скорости диффузии, реакции. По мере увеличения степени окисления $Mn(OH)_2$ скорость диффузии падает, и в какой-то момент (когда завершается образование гаусманита) делается равной скорости химической реакции. После этого начинается период, когда окисление следует параболическому закону. На рис. 4 приводятся кинетические кривые окисления гаусманита Mn_3O_4.

Прямые, приведенные на рис. 4, подтверждают, что окисление гидрата закиси марганца после образования гаусманита в основном определяется диффузией кислорода и ионов марганца через слой окисла Mn_3O_4 и хорошо описывается кинетическим уравнением (2). Вычисленные из этих кинетических кривых константы скорости окисления при разных температурах следующие:

при 150° $K_2 = 2{,}8 \cdot 10^{-5}$ $[г^2 \cdot моль^{-2} \cdot сек^{-1}]$

при 300° $K_2 = 1{,}3 \cdot 10^{-4}$ „

при 400° $K_2 = 4{,}2 \cdot 10^{-4}$ „

При окислении $Mn(OH)_2$ в суспензии продуванием воздуха при комнатной температуре (рис. 1) вначале образуется гаусманит, на поверхность которого нарастает тонкий непористый слой Mn_2O_3, затрудняющий доступ кислорода к Mn_3O_4. Поэтому окисление образовавшегося гаусманита в высшие окислы определяется диффузионными процессами. Однако скорость диффузии ионов марганца или кислорода через слой окисла Mn_2O_3 настолько мала при данной температуре, что дальнейшее окисление гаусманита экспериментально (рентгенографически и аналитически) не обнаружено.

Что же касается окисления $Mn(OH)_2$ при повышенных температурах ($t>100°$), то, вероятно, оно протекает по другому механизму. Вначале одновременно происходят дегидратация и окисление $Mn(OH)_2$ до гаусманита. Молекулярный объем Mn_3O_4, приходящийся на один атом марганца ($27{,}09(\mathring{A})^3$), меньше молекулярного объема гидрата закиси марганца ($45{,}25(\mathring{A})^3$) и покрытие гаусманита пористое. Поэтому при окислении $Mn(OH)_2$ до гаусманита соблюдается линейная зависимость от времени. Окисление гаусманита до Mn_2O_3, как и следовало ожидать, протекает по параболическому закону и лимитируется диффузионным процессом (молекулярный объем Mn_2O_3—$27{,}47(\mathring{A})^3$ — больше такового для Mn_3O_4).

Можно допускать, что на образующийся окисел Mn_2O_3 нарастает слой MnO_2 и получается следующее расположение слоев:

$Mn(OH)_2, \mid Mn_3O_4, \mid Mn_2O_3, \mid MnO_2 \mid O_2$

Молекулярный объем Mn_2O_3 меньше молекулярного объема MnO_2 ($29{,}80(\mathring{A})^3$), поэтому покрытие MnO_2 должно в основном быть непористым и дальнейшее окисление возможно только в результате диффузии ионов Mn^{3+} и кислорода.

Выводы

1. Доказана принципиальная возможность применения теории высокотемпературного окисления сплавов для объяснения процессов окисления гидрата закиси марганца, происходящих в различных условиях.
2. На основании экспериментальных данных выведены кинетические уравнения и рассчитаны постоянные скорости реакции для различных степеней окисления окислов марганца.
3. Окисление гидрата закиси марганца рассмотрено на основе изменения молекулярных объемов исходного вещества и продуктов реакции.

Академия наук Грузинской ССР
Институт неорганической химии
и электрохимии

(Поступило в редакцию 2.4.1966)

ქიმია

ბ. ჯანაშვილი, ე. ბოგოიავლენსკი, ქ. ფურცელაძე

მანგანუმის ჰიდროჟანგის დაჟანგვა

რეზიუმე

შრომაში მოცემულია მანგანუმის ჰიდროჟანგის სხვადასხვა ტემპერატურაზე ჰაერით დაჟანგვის გამოკვლევის შედეგები. რენტგენოსტრუქტურული და ქიმიური ანალიზების საფუძველზე დადგენილია, რომ მანგანუმის ჰიდროჟანგის დალექვისას ჰაერზე წარმოიქმნება პროდუქტი — $MnO_{1,04-1,12} \cdot nH_2O$, რომელიც შედგება $Mn(OH)_2$, გაუსმანიტისა და უმნიშვნელო მანგანიტისაგან. მანგანუმის ჰიდროჟანგის სუსპენზიაში ჰაერის გატარებით $Mn(OH)_2$ იჟანგება გაუსმანიტამდე, რომლის შემდგომი დაჟანგვა მოცემულ ტემპერატურაზე არ შეიმჩნევა.

$Mn(OH)_2$-ის ნალექის დაჟანგვისას 150°-ზე წარმოიქმნება α- და β-გაუსმანიტური მყარი ხსნარები დაჟანგვის ხარისხით — $MnO_{1,40}$, ხოლო 300—400°-ზე ნაერთი — $MnO_{1,60}$, რომლის რენტგენოგრამა Mn_2O_3-თან შედარებით, მიუხედავად ჭარბი ჟანგბადის შემცველობისა, არ შეიცავს MnO_2-სათვის დამახასიათებელ ხაზებს. ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დამტკიცებულია შენადნობების მაღალტემპერატურაზე დაჟანგვის თეორიის გამოყენების შესაძლებლობა მანგანუმის ჰიდროჟანგის დაჟანგვის პროცესის ასახსნელად. გამოყვანილია $Mn(OH)_2$-ის დაჟანგვის კინეტიკური განტოლება და გამოთვლილია რეაქციის სიჩქარის მუდმივა მანგანუმის ჟანგეულების სხვადასხვა ხარისხით დაჟანგვისას.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Х. Г. Пурцеладзе. Авторское свидетельство № 587972, 17, 12, 1957.
2. Х. Г. Пурцеладзе. Промышленность минеральных удобрений. Госхимиздат, М., 1958, 125.
3. Х. Г. Пурцеладзе. Азотнокислотная переработка карбонатных руд марганца Чиатурского месторождения. Труды Ин-та прикладной химии и электрохимии АН ГССР, т. III, 1962, 143.
4. Е. Я. Роде. Кислородные соединения марганца. Изд. АН СССР, 1952.
5. W. Feitknecht, P. Brunner, H. Oswald. Über den Einfluβ der Feuchtigkeit auf die Oxjdation von Manganhjdroxjd durch molekularen Sauerstoff Z. anorg u allgen. Chemie, 316, 3—4, 1962, 154.
6. W. Feitknecht, W. Marti. Über die oxjdation von Mangan (II) hjdroxid mit molekularen Sauerschtoff. Hel chem. Acta, 28, 1945, 129.
7. Е. Н. Богоявленский, Б. А. Джанашвили. Осаждение гидрата закиси марганца из растворов его нитрата. Сообщения АН ГССР, XXXIX:2, 1956.
8. К. Хауффе. Реакции в твердых телах и на их поверхности, т. I, ИЛ, М., 1962.
9. К. Хауффе. Реакция в твердых телах и на их поверхности. т. II, ИЛ, М. 1963.
10. P. Pascal. Nouveau Traite de Chemie Mineral, XIV, Paris, 1945.
11. W. Feitknecht, H. Oswald u Feitknecht-Steinmann. Über die tonochemisehe einpasige Reduktion von γ-MnO_2. Helv chem. Acta, XLIII, № 239, 1960, 1949.

ᲡᲐᲥᲐᲠᲗᲕᲔᲚᲝᲡ ᲡᲡᲠ ᲛᲔᲪᲜᲘᲔᲠᲔᲑᲐᲗᲐ ᲐᲙᲐᲓᲔᲛᲘᲘᲡ ᲛᲝᲛᲐᲑᲔ, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

И. Г. ХИЗАНИШВИЛИ, Г. Г. ГАПРИНДАШВИЛИ

ДЕКОРАТИВНАЯ СИЕНИТОВАЯ ГЛАЗУРЬ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландия 25.9.1965)

В процессе изучения вулканических горных пород в глазурных массах были опробованы образцы сиенитов Вакис-Джварского месторождения, залегаемые в Западной Грузии в 18 км от г. Махарадзе. Образцы сиенита были отобраны в верховьях р. Натанеби с обнажения крупного выхода сиенитового массива, приблизительно на площади 20—24 км.

Центральная часть Вакис-Джварского массива представлена крупнозернистым сиенитом розовато-серого цвета. Изучение пород под микроскопом показало, что порода характеризуется гипидиоморфиозернистой структурой и состоит из калинатриевого полевого шпата, плагиоклаза, биотита, акцессорного минерала, сфена и аппатита.

Главным составным компонентом породы является анортоклаз, который представлен крупными (достигающими 1 см) алотриоморфными кристаллами, иногда пелитизированными, часто содержит одинаково ориентировочные вростки альбита, вследствие чего приобретает облик анортоклазнертита.

Плагиоклаз сравнительно свеж и идеоморфен, образует кристаллы с простыми или с полисинтетическими двойниками. По показателю преломления относится к олигоклазальбитам.

Единственным темным минералом является биотит, образующий идиоморфные кристаллы, обладающий сильным плеохроизмом от соломенно-желтого до коричневого. Обычно он свежий, изредка слегка хлоритизированный и реже эпидотизированный.

В количественном отношении минеральный состав следующий: анортоклаз — 75—80%, плагиоклаз — 10—15%, биотит — 4—6%, рудный минерал — 2—4%, акцессорные минералы — до 1%.

По минералогическому составу порода соответствует типичным сиенитам.

Химический состав сиенитов Вакис-Джварского месторождения характеризуется следующими данными: SiO_2 56,84 — 58,72 %; TiO_2 0,29 — 0,41 %; Al_2O_3 18,0 — 22,1 %; Fe_2O_3 1,25 — 3,53 %; FeO 2,44 — 3,33 %; MnO 0,9 — 0,15 %; MgO 1,44 — 0,96 %; CaO 1,08 — 3,12 %; Na_2O 4,45 — 5,00 %; K_2O 5,00 — 6,25; влага 0,38 — 0,67 %; п.п.п. 0,46 — 2,44%.

Опытные работы показали возможность их использования в глазурных массах для получения кристаллической глазури. Наилучшие результаты были получены при следующем состав шихты: сиенит — 78%, витерит—4%, доломит — 8%, марганцевая руда—10%. При этом количественное содержание окиси марганца в марганцевой руде составляло 82—84%. К указанной массе в процессе помола добавлялась часовярская глина в количестве 2% сверх 100% общей массы.

Обжиг керамических изделий, покрытых указанной глазурью, осуществлялся в пределах температур 1230—1280°. При повышении температуры наблюдалось растворение кристаллов в стекломассе и глазурь приобретала характерный стеклу блеск. Следует отметить, что способ получения кристаллических глазурей вообще довольно сложен, так как требуется строго регулировать температуру обжига и кристаллизации в чрезмерно узких пределах [1].

Изделия, покрытые сиенитовой кристаллической глазурью, характеризуются переливами цветов от коричневого к стальному и имеют исключительно декоративную художественную поверхность (рис. 1).

Рис. 1

Глазурь плотно пристает к черепку и не имеет каких-либо дефектов выдерживая все основные требования, предъявляемые к глазурям указанных видов.

Глазурь имеет следующий химический состав: SiO_2—49,47%; Al_2O_3—

18,64 %; Fe_2O_3 — 4,08 %; CaO — 4,18 %; MgO — 2,81 %; Na_2O — 4,16 %; K_2O — 5,68 %; TiO_2 — 0,28 %; MnO — 7,20 %; BaO — 2,72 %.

Молекулярная формула по Зегеру:

0,174 Na_2O		
0,150 K_2O	0,465 Al_2O_3	2,106 SiO_2
0,192 CaO	0,064 Fe_2O_3	0,010 TiO_2
0,182 MgO		
0,044 BaO		
0,258 MnO		

Необходимо отметить, что хорошо развитые кристаллы получаются на керамическом черепке без существующего изменения режима обжига, т. е. процесс массовой кристаллизации не требует длительной выдержки. Наряду с этим, в слое стекла полное выделение кристаллов происходит и в том случае, когда толщина слоя глазури на керамическом черепке составляет 0,4—0,5 мм. в отличие от других применяемых кристаллических глазурей, толщина которых колеблется в пределах 1,5—2 мм [2].

Указанная сиенитовая глазурь была подвергнута физико-химическому исследованию. Рентгенографическим исследованием этой глазури при помощи установки УРС-50 выявлено выделение разных кристаллических комплексов, которые, несомненно, вызывают кристаллизацию сиенитовой глазури.

При сопоставлении межплоскостных расстояний с отдельными минералами установлено, что в сиенитовой глазури выделяются кристаллы диопсида — $CaMg\ (Si_2O_6)$, авгита — $Ca\ (MgFe)\ Si_2O_6$, адуляра — $K\ (AlSi_3O_8)$, барбората — $Na\ (AlSi_3O_8)$ и нефелина — $Na\ (AlSiO_4)$.

Крупность кристаллов и тенденция красящих добавок (в нашем случае MnO) концентрироваться в кристаллической фазе, а не в стекле, дают изделиям, покрытым сиенитовой глазурью, весьма декоративный внешний вид [3, 4].

Численное значение твердости сиенитовой глазури, определенное на керамическом черепке методом микротвердости [5, 6], с использованием для этой цели прибора ПМТ-3, составляет 640,0 кг/мм^2. Указанный показатель подсчитан на основе пяти определений величины нагрузки и диагонали отпечатков как среднеарифметическое.

Термостойкость определялась по методу Харкорта. Выявлено, что изделия, покрытые указанной глазурью, при температуре 100° и выше (до 240°), в интервале 10°, при погружении в проточную воду с температурой 15° выдержали испытание, не дав каких-либо поверхностных повреждений в виде трещин, откалываний глазури и др. При этом для большей убедительности каждое испытание проводилось десятикратно. Полученные результаты подтвердили высокую термостойкость сиенитовой глазури. Поведение глазури из вулканических горных пород и идентичной по химическому составу глазури из смеси солей и химикатов дает разные результаты по своим основным показателям, в том числе и по термостойкости [7]. Явление много поведения вулканических горных пород, по сравнению с принятой массой из смеси, наблюдается и другими исследователями [8]. Данное явление обусловлено большими структурными изменениями, происходящими в процессе образования этих пород в период расплава при высоких температурах и давлениях, и этот вопрос является предметом отдельного исследования.

Коэффициент линейного термического расширения определялся вертикальным дилатометром [9]. Полученные результаты в графическом изображении приводятся на рис. 2.

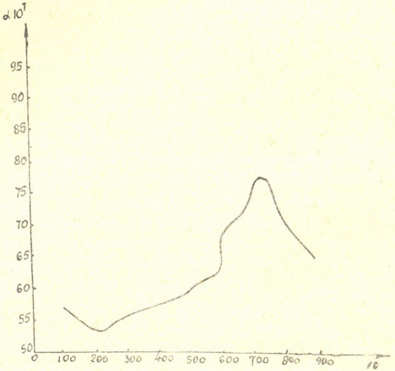


Рис. 2

Проведенной работой установлена возможность получения из сиенитов Вакис-Джварского месторождения кристаллических глазурных покровов на керамических изделиях с переливами цветов от коричневого к стальному. Указанная глазурь характеризуется исключительно высокой декоративностью, простотой состава, малокомпонентностью, дешевизной, причем в данном случае используется в качестве основного компонента горная порода—сиенит.

Наряду с этим, необходимо отметить, что при образовании кристаллов в процессе обжига глазурного покрова не требуется установление какого-либо специального режима в печи. Образование кристаллов происходит в гораздо более облегченных условиях, чем при покрытии кристаллической глазури обычным способом, с применением солей и химикатов.

Государственный институт стройматериалов
Тбилиси

(Поступило в редакцию 25.9.1965)

ქიმიური ტექნოლოგია

ი. ხიზანიშვილი, გ. გაფრინდაშვილი

სიენიტის დეკორატიული ჭიქური

რეზიუმე

ვულკანური მთის ჯიშის სიენიტის საფუძველზე მიღებულია კრისტალური ჭიქური. მისგან მოპირკეთებული კრისტალური ნაკეთობები ხასიათდება განსაკუთრებული მხატვრულობით, დეკორაციულობით და აქვთ გარდამავალი მოელვარე ფერი, ყავისფერიდან ფოლადის ფერისაკენ.

სიენიტის საფუძველზე მიღებულ ჭიქურს ახასიათებს კარგად განვითარებული კრისტალები, რომლებიც მიიღებიან გამოწვის რეჟიმის შეუცვლელად, ე. ი. გამოკრისტალების პროცესი არ მოითხოვს ცეცხლში ხანგრძლივ დაყოვნებას, არ საჭიროებს სქელი ფენით გადავლებას და საგრძნობლად აადვილებს გამოწვის პროცესს, შედარებით ხელოვნური ჟანგეულებისა და ქიმიკატების შერევით დამზადების შემთხვევაში.

აღნიშნული ჭიქური გამოირჩევა უბრალო შემადგენლობით, შედგება მცირე რაოდენობის კომპონენტებისაგან და ხასიათდება განსაკუთრებული ეკონომიურობით, რაც გამოწვეულია ძირითადი მასალის, სამთო ქანის — სიენიტის — გამოყენებით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. П. Будников, А. С. Бережной, Н. А. Булавин, Г. П. Каллига, Г. Е. Куколев, Д. М. Полубояринов. Технология керамики и огнеупоров. М., 1962.
2. А. И. Августинник. Керамика. М., 1957.
3. Г. Зальмаг. Физико-химические основы керамики. М., 1959.
4. У. Д. Кенгери. Введение в керамику. М., 1964.
5. М. Г. Сивчикова, Ф. Л. Дайн. Безборные безсвинцовые глазури для фаянса. Стекло и керамика, № 7, 1957.
6. Н. Н. Холодилин. Эмалирование стальных и чугунных изделий. М., 1962.
7. Н. Н. Стасевич. О причинах образования волосных трещин в гончарной глазури. Стекло и керамика, № 6, 1957.
8. А. И. Августиник, А. П. Пыжова. Изменение структуры и свойства глазури при замене полевого шпата смесью материалов идентичного состава. Стекло и керамика, № 11, 1964.
9. Справочник по производству стекла, т. 1. М., 1963.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

БИОХИМИЯ

З. П. КОМЕТИАНИ, А. А. КАЛАНДАРИШВИЛИ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ $Na^{+}-K^{+}$ и Mg^{++} АТФ-аз В СУБКЛЕТОЧНЫХ ФРАКЦИЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС И ВЛИЯНИЕ АЦЕТОНА НА ИХ ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ

(Представлено академиком П. А. Кометиани 26.10.1965)

Известно, что с системой активного транспорта катионов через мембрану тесно связана стимулируемая ионами натрия и калия, зависящая от ионов магния, аденозинтрифосфатаза ($Na^{+}-K^{+}$ АТФ-аза) [1, 2]. Можно предположить, что при участии $Na^{+}-K^{+}$ АТФ-азы в мембране образуется комплекс одного из ее компонентов с продуктом расщепления АТФ. Этот комплекс или непосредственно играет роль „переносчика" ионов, или вызывает такие изменения в мембране что становится возможным однонаправленный перенос натрия и калия [2, 3].

$Na^{+}-K^{+}$ АТФ-аза локализована в мембране, строение которой по современным представлениям является общей для всех субклеточных структур клетки. Исходя из этого, излучение распределения $Na^{+}-K^{+}$ АТФ-азы в субклеточных фракциях клетки имеет большое значение. В связи с проводимым нами изучением функций мембран мы поставили перед собой задачу исследовать природу $Na^{+}-K^{+}$ АТФ-азы. В этой работе приводятся полученные нами данные распределения активностей вышеназванных ферментов в разных субклеточных образованиях нервных клеток. В процессе исследования была обнаружена особая чувствительность АТФ-аз к ацетону.

Методика

Активность АТФ-азы определяли в субклеточных фракциях мозга крысы. Свежеизвлеченный мозг быстро охлаждали до 4°C, очищали от соединительной ткани и гомогенизировали в гомогенизаторе с тефлоновым пестиком. Готовился 10% гомогенат в растворе, содержащем 0,44 М сахарозы, 10^{-3} М этилендиаминтетрауксусной кислоты, 1% деоксихолата и 0,1 М трис-HCl буфера, pH 7,5. Все применяемые реактивы были очищены от катионов ионообменной смолой Дауэкс 1×4; 200/400. Гомогенизация, центрифугирование и все последующие операции происходили при температуре не выше 4°C.

Для получения по возможности однородных субклеточных фракций специально подбирали режим центрифугирования. Для этого строились кривые „осаждения"—зависимость количества осаждаемого белка от времени центрифугирования и g. На рис. 1 приведены примеры таких кривых. Кривые „осаждения" показывают, что осаждение гомогената идет скачками. Об этом свидетельствуют горизонтальные части кривых. Начало горизонтального хода кривой означает конец осаждения частиц одного типа, а конец—начало осаждения частиц, размеры которых меньше предыдущих.

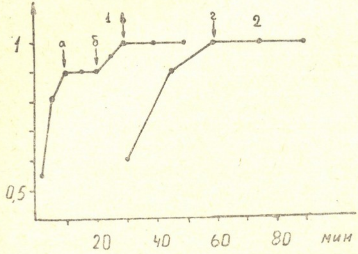


Рис. 1. Кривые количества осаждаемого белка в относительных единицах (ордината) в зависимости от времени центрифугирования в минутах (абсцисса): кривая 1—400 g; кривая 2—5000 g. В точке „а" кончается осаждение I фракции. Точки „б" и „в" соответствуют началу и концу осаждения II фракции. В точке „г" конец осаждения митохондрий

Обработка результатов кривых „осаждения" и микроскопические исследования показали, что мы имели возможность получить четыре фракции субклеточных частиц. Центрифугирование гомогената в течение 10 минут при 400 g осаждает неповрежденные клетки, ядра и эритроциты (I фракция). При центрифугировании надосадочной жидкости I фракции в продолжение 20 минут при 400 g осаждаются в основном обрывки клеточных оболочек (II фракция). Во II фракции в виде примесей присутствуют ядра и митохондрии, а также единичные неповрежденные клетки. Фракция митохондрий (III) получается при центрифугировании в течение 60 минут при 5000 g. 40-минутное центрифугирование при 110000 g (надосадочной жидкости III фракции) дает фракцию микросом (IV).

При некоторых этапах центрифугироаания получается размытая граница перехода между осадком и надосадочной жидкостью. Поэтому для последующего центрифугирования бралась верхняя часть надосадочной жидкости, а осадок осторожно промывался дважды употребляемым для гомогенизации раствором. В работе применялись немецкая (ГДР) центрифуга К 13/А и венгерская ультрацентрифуга МОМ Ж-110.

Инкубация субклеточных фракций для определения АТФ-азной активности проводилась при 37° в продолжение 15 минут в растворе, содержащем 3 мМ АТФ, 5 мМ $MgCl_2$, 100 мМ NaCl, 20 мМ KCl и 100 мМ трис-НСl буфера, рН 7,5. АТФ-азная активность в таких условиях инкубации слагается из двух величин—зависимой от ионов магния АТФ-азы (Mg^{++} АТФ-аза) и Na^+—K^+ АТФ-азы. При этом активность Na^+—K^+ АТФ-азы имеет максимальное значение [2, 4]. При добавлении в инкубационный раствор 1 мМ уабаина, так же как при отсутствии ионов натрия и калия (3 мМ АТФ, 5 мМ $MgCl_2$ и 220 мМ трис-НСl буфер, рН 7,5), активность Na^+—K^+ АТФ-азы полностью ингибируется и остается только активность Mg^{++} АТФ-азы [2, 4]. Уабаин не влияет на активность Mg^{++} АТФ-азы [5].

Таким образом, в первом случае мы можем измерить суммарную АТФ-азную активность, а во втором и в третьем случаях—Mg^{++} АТФ-азную активность. Их разница дает активность Na^+—K^+ АТФ-азы. АТФ-азную активность измеряли в единицах мМ $[P_н]$/мин.мг белка. Количество неорганического фосфора определяли по методу Фиске—Суббарроу, а количество белка—микро-кьелдалем и бюретовой фракцией.

В опытах с применением ацетона осадки субклеточных фракций суспендировались в водяных растворах ацетона и центрифугировались при 5000 об/мин в течение 8 минут. Ацетон удалялся трехратным промыванием 100 мМ трис-НСl буфера, рН 7,5.

Полученные результаты и их обсуждение

Результаты измерения активностей—суммарной, Mg^{++} и Na^+—K^+ АТФ-аз в гомогенате, в четырех субклеточных фракциях и в надосадочной жидкости IV фракции приведены в таблице.

Суммарная, Mg^{++} и Na^+—K^+ АТФ-азная активности в субклеточных фракциях мозга крысы. Средняя относительная ошибка измерения $E = 14\%$

	Активность, μМ $[P_i]$/мин·мг белка: суммарной АТФ-азы	Mg^{++} АТФ-азы	Na^+—K^+ АТФ-азы	Отношение Na^+—K^+ АТФ-аза / Mg^{++} АТФ-аза
Гомогенат	178	132	46	0,35
I фракция	165	105	60	0,57
II фракция	160	76	84	1,11
III фракция	175	115	60	0,52
IV фракция	219	142	70	0,49
Надосадочная жидкость IV фракции	22	22	0	0,00

Как выясняется из данных таблицы, во всех фракциях дифференциального центрифугирования обнаруживается Mg^{++} и Na^+—K^+ АТФ-азная активность. Исключение составляет надосадочная жидкость IV фракции, где отсутствует Na^+–K^+ АТФ-аза и резко снижена активность Mg^{++} АТФ-аза. Это означает, что в ней практически отсутствуют структурные образования клетки. Суммарная АТФ-аза и Mg^{++} АТФ-аза максимальную активность имеют в IV фракции и минимальную—во II фракции. Во II фракции достигают своего наибольшего значенуя активность

Na^+—K^+ АТФ-азы и величина отношения Na^+—K^+ АТФ-аза/Mg^{++} АТФ-аза. Во II фракции это отношение больше единицы (1,11), а во всех остальных случаях меньше единицы (0,6). Это указывает, что только во II фракции, в фракции плазматических мембран, Na^+—K^+ АТФ-аза расщепляет больше АТФ, чем Mg^{++} АТФ-аза. Неповрежденные клетки, ядра и митохондрии (гомогенат, I и II фракция) имеют более низкие значения активности Na^+—K^+ АТФ-азы, чем клеточные мембраны и микросомы.

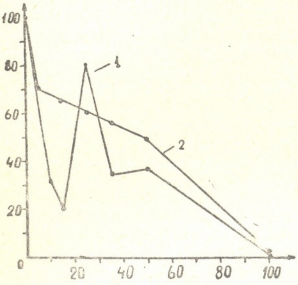


Рис. 2. Зависимости активностей Na^+—K^+ (1) и Mg^{++} (2) АТФ-аз в % (ордината) от концентрации ацетона в % (абсцисса) в фракции клеточных мембран

Таким образом, из данных таблицы можно заключить, что наиболее ярко выраженной Na^+—K^+ АТФ-азной активностью обладает II фракция. В этой фракции специфическая активность и отношение Na^+—K^+ АТФ-аза/Mg^{++} АТФ-аза имеют наибольшее значение. Этот вывод не полностью совпадает с литературными данными. Считают, что максимальной специфической активностью обладает фракция микросом [5—7]. Это, по-видимому, объясняется тем, что изучение распределения АТФ-азы по фракциям центрифугирования начинали с 1000 g [6, 7] и этим терялась возможность изучения фракции клеточных оболочек. Исключение составляет работа Хаиаши и сотрудников [5], которые исследовали распределение АТФ-аз во всех четырех субклеточных фракциях. Максимальное значение отношения Na^+—K^+ АТФ-аза/Mg^{++} АТФ-аза они также получили в фракции клеточных мембран. Фракцию микросом они считают

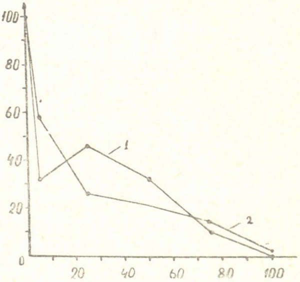


Рис. 3. Зависимость активностей Na^+—K^+ (1) и Mg^{++} (2) АТФ-аз в % (ордината) от концентрации ацетона в % (абсцисса) в фракции митохондрий

обладателем наибольшей специфической активности $Na^{+}—K^{+}$ АТФ-азы. Этот вывод они делают исходя из того, что суммарная АТФ-аза у них (так же как в наших экспериментах) имеет максимальное значение. Было бы более правильно под специфической активностью подразумевать активность только $Na^{+}—K^{+}$ АТФ-азы, а не суммарную. По данным Хаиаши и сотрудников, чистая активность $Na^{+}—K^{+}$ АТФ-азы в фракциях митохондрий и микросом одного порядка. Если учесть, что митохондрии не обладают $Na^{+}—K^{+}$ АТФ-азной активностью [2], фракции микросом невозможно приписать максимальную специфическую активность.

Исходя из вышесказанного, основным носителем $Na^{+}—K^{+}$ АТФ-азы нужно считать фракцию клеточных мембран. Она должна служить объектом для изучения природы и функции этого фермента в механизме активного транспорта катионов через мембраны.

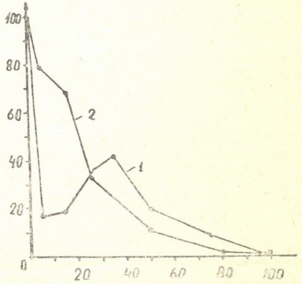


Рис. 4. Зависимость активностей $Na^{+}—K^{+}$ (1) и Mg^{++} (2) АТФ-аз в % (ордината) от концентрации ацетона в % (абсцисса) в фракции микросом

Выяснение природы $Na^{+}—K^{+}$ АТФ-азы имеет большое значение в познании механизма активного транспорта катионов. Локализация $Na^{+}—K^{+}$ АТФ-азы в мембране, в строении которой принимают участие липиды, ставит вопрос о значении липидов в действии этого фермента. Поэтому мы исследовали влияние удаления липидов на активность $Na^{+}—K^{+}$ АТФ-азы. В качестве реагента мы брали ацетон.

На рис. 2, 3 и 4 показаны результаты опытов в этом направлении. Обработке ацетоном подвергались три основные субклеточные фракции: клеточных мембран, митохондрий и микросом. Как и следовало ожидать, 100% ацетон полностью ингибирует активности $Na^{+}—K^{+}$ и Mg^{++} АТФ-аз. Но водные растворы ацетона по-разному влияют на активности этих ферментов. Активность Mg^{++} АТФ-азы снижается пропорционально с повышением концентрации ацетона. Такая пропорциональность в случае $Na^{+}—K^{+}$ АТФ-азы не наблюдается—во всех трех субклеточных фракциях кривая имеет максимум. Например, обработка фракции клеточных мембран 15% раствором ацетона уменьшает активность $Na^{+}—K^{+}$ АТФ-азы на 80%, тогда как 25% ацетон—только на 20%. При дальнейшем увеличении концентрации ацетона активность фермента постепенно падает до нуля.

Приблизительно такая же картина наблюдается в фракции митохондрий и микросом.

Таким образом, эффект действия ацетона не находится в пропорциональной зависимости от ее концентрации для Na^+—K^+ АТФ-азы. В случае Mg^{++} АТФ-азы пропорциональность соблюдается.

Полученные данные указывают на разную природу Na^+—K^+ и Mg^{++} АТФ-аз. Изучение влияния температуры, дигитонина и других физико-химических факторов также приводит к такому предположению [5—8].

Полученные нами данные изучения Na^+—K^+ АТФ-азы не позволяют делать заключение о природе действия ацетона. Утверждать можно только то, что липиды играют большую роль в активности Na^+—K^+ АТФ-азы.

Выводы

1. Изучено распределение Na^+—K^+ и Mg^{++} АТФ-аз в фракциях клеточных мембран, митохондрий и микросом. Наибольшей активностью Na^+—K^+ АТФ-азы и величиной отношения Na^+—K^+ АТФ-аза/Mg^{++} АТФ-аза характеризуется фракция клеточных мембран. Активность Mg^{++} АТФ-азы в этой фракции имеет наименьшее значение.

2. В зависимости от концентрации, взятой для промывания осадка ацетона, активность Mg^{++} АТФ-азы пропорционально уменьшается, активность же Na^+—K^+ АТФ-азы уменшается непропорционально. Кроме того, выясняется, что активность Na^+—K^+ АТФ-азы в разных субклеточных образованиях обнаруживает неодинаковую чувствительность к ацетону.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физиологии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 26.10.1965)

ბიოქიმია

ზ. ქომეთიანი, ა. კალანდარიშვილი

Na^+—K^+ და Mg^{++} ატფ-აზის განაწილება ვირთაგვის თავის ტვინის სუბცელულარულ ფრაქციებში და აცეტონის გავლენა მათ ფერმენტულ აქტივობაზე

რეზიუმე

Na^+—K^+ ატფ-აზა ლოკალიზირებულია მემბრანებში. ამიტომ ნათელია, თუ რატომ ენიჭება ასეთი დიდი მნიშვნელობა Na^+—K^+ ატფ-აზის განაწილების შესწავლას ვირთაგვის თავის ტვინის სუბცელულარულ ფრაქციებში. ჩვენი მიზანი იყო შეგვესწავლა მემბრანების ფრაქციები და დაგვედგინა Na^+—K^+

ატფ-აზის ბუნება. ამ მიზნით შევისწავლეთ აცეტონის სხვადასხვა კონცენტრაციის გავლენა მემბრანულ ფერმენტებზე.

შესწავლილია Na^{+}—K^{+} ატფ-აზის განაწილება უჯრედის მემბრანულ ფრაქციაში მიტოხონდრიებში და მიკროსომებში. გამოირკვა, რომ მაქსიმალური აქტივობა Na^{+}—K^{+} ატფ-აზისა და მაქსიმალური შეფარდებით Na^{+}—K^{+} ატფ-აზისა Mg^{++} ატფ-აზასთან ხასიათდება მემბრანული ფრაქცია. ეს დასკვნა ნაწილობრივ არ ეთანხმება აქამდე არსებულ ლიტერატურულ მონაცემებს. გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ ხაიაშისა და თანამშრომლების შრომები.

აცეტონის კონცენტრაციის ზრდის შესაბამისად Mg^{++} ატფ-აზური აქტივობა პროპორციულად მცირდება, ხოლო Na^{+}—K^{+} ატფ-აზური აქტივობა არაპროპორციულ დამოკიდებულებაშია. გარდა ამისა, გამოირკვა, რომ Na^{+}—K^{+} ატფ-აზის აქტივობა სხვადასხვა სუბცელულარულ ფრაქციებში განხვავებულ მგრძნობიარობას იჩენს აცეტონის მიმართ. კერძოდ, ოთხივე ფრაქციის აქტივობის მრუდს აქვს მაქსიმუმი აცეტონის მხოლოდ განსაზღვრული კონცენტრაციის შემთხვევაში.

ყველაფერი ეს მიუთითებს იმ რთულ როლზე, რომელსაც ასრულებენ ლიპიდები Na^{+}—K^{+} ატფ-აზის მოქმედების მექანიზმში.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. G. C. Skou. The influence of some cations on an Adenosine triphosphatase from peripheral nerves. Biochem. Biophys. Acta, 23, 1957, 394.
2. R. Whittem. Directionality of Membrane-bound Enzymes. Abstracts VI Inter Congress Biochem., VIII—S 5, 1964, 611.
3. J. Järnefelt. Membrane bound АТФ-ases: Molecular aspects of mechunism of active transport. Abstracts VI Inter. Congres Biochem., VII—S 6, 1964, 613.
4. K. P. Wheeler, R. Whittam. Some Properties of a Kidney Adenosine triphosphatase Kelevant to active Cation transport. Biochem. J., 85, 1962, 495.
5. M. Hayashi, J. V. Anditore, R. Uchida. Socation of apparently diferent Na^{+}—K^{+} independent and dependent Mg^{++}—dependent Adenosine triphosphatases in subcelluler fractions from movse brain. Biochem. Biophys. Acta, 81, 1964, 624.
6. J. C. Skou. Preparation from mamallian frain and Kidney of the anzyme system involved in active transport of Na^{+} aud K^{+}. Biochem. Biophys. Acta, 58, 1962, 314.
7. R. Rendi, M. Luhr. Sodium, Potassium—requiring Adenosine triphosphatase activity. Biochem. Biophys. Acta, 89, 1964, 520.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

БИОХИМИЯ

М. М. ЗААЛИШВИЛИ, Н. А. ГАЧЕЧИЛАДЗЕ, И. А. КУРДОВАНИДЗЕ

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА АТФ-АЗНУЮ АКТИВНОСТЬ МИОЗИНА ГЛАДКОЙ И ПОПЕРЕЧНО-ПОЛОСАТОЙ МЫШЦ

(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 24.11.1965)

АТФ-азная активность миозина поперечно-полосатых и гладких мышц изучена многими исследователями [1, 2]. Хотя все свойства миозиновой АТФ-азы поперечно-полосатой и гладкой мышц идентичны, однако, согласно литературным данным, АТФ-азная активность миозина гладкой мышцы в 10—20 раз ниже, чем миозина поперечно-полосатой мышцы [2, 3]. Кроме того, миозиновая АТФ-аза гладких мышц более устойчива по отношению к температуре, чем АТФ-аза поперечно-полосатых мышц [2, 4].

При изучении точной зависимости скорости АТФ-азной реакции от температуры необходимо исходить из первоначальной скорости реакции [5]. Это обстоятельство позволяет более точно установить температурный оптимум реакции и сравнить влияние температуры на скорость ферментных реакций, осуществляемых АТФ-азами поперечно-полосатых и гладких мышц. В настоящем сообщении мы ставим целью опубликовать результаты наших работ по изучению зависимости АТФ-азной активности миозина А поперечно-полосатых и гладких мышц от температуры, исходя из первоначальной скорости реакции.

Методика

Миозин А поперечно-полосатых мышц получали из m. psoas кролика по методу Сент-Дьердьи [6], а миозин гладкой мышцы—из желудка кролика по ранее описанной методике [2]. Белковый азот определяли по Кьельдалю, а АТФ-азную активность — по модифицированному методу М. Н. Любимовой и В. А. Энгельгардта [7]. В опытах использовалась 98% двунатриевая соль АТФ.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 приведены кривые, выражающие зависимость АТФ-азной активности миозина А гладкой и поперечно-полосатой мышц от температуры. Кривые наглядно показывают, что при pH 7,5 оптимум активности миозина А поперечнополосатой мышцы находится при 37°, в то время как для миозина А гладкой мышцы (желудок) оптимум АТФ-азной активности лежит при 50°. Из данных, приведенных на рис. 1, можно рассчитать значения констант скорости (К) реакции распада АТФ при разных температурах по формуле

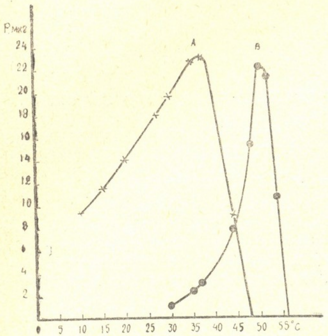


Рис. 1. Зависимость АТФ-азной активности миозина А гладкой (желудок) и поперечно-полосатой (m· psoas) мышц от температуры: А) в случае миозина А поперечно-полосатой мышцы проба содержала $0{,}18 \cdot 10^{-3}$ М KCl; 10^{-6} М $CaCl_2$; $0{,}54 \cdot 10^{-6}$ М АТФ; $1{,}5 \cdot 10^{-2}$ М трис-буфер (pH 7,5) и $9 \cdot 10^{-2}$ мг белка на 1 мл; В) в случае миозина А гладкой мышцы (желудок) проба содержала: $0{,}18 \cdot 10^{-3}$ М KCl; 10^{-6} М $CaCl_2$; $0{,}54 \cdot 10^{-6}$ М АТФ; $1{,}5 \cdot 10^{-2}$ М трис-буфер (pH 7,5) и 18 10^{-2} мг белка на 1 мл. На оси абсцисс отложено значение температуры, на оси ординат — фосфор в мкг, отщепленный за 5 минут

$$K = \frac{2{,}303}{t} \lg \frac{Co}{C}, \tag{1}$$

где t — время в минутах, Co — концентрация АТФ в момент времени to, а C — концентрация АТФ в момент времени t. Зная значения K при двух разных температурах, разность между которыми равна 10°, можно рассчитать энергию активации (E) реакции ферментного гидролиза АТФ по формуле

$$E = 42\,011 \lg \frac{K_2}{K_1}, \tag{2}$$

где K_1 и K_2 — константы скорости реакции при температурах T и T+10 соответственно. Но такой расчет, который, к сожалению, очень широко используется биохимиками, обычно дает далеко не точное значение E, так как K_2/K_1, со своей стороны, является функцией температуры. Поэтому определение энергии активации лучше производить по формуле.

$$\lg K = A - \frac{E}{RT}, \tag{3}$$

где A — постоянная величина, а R — газовая постоянная и равна 1,988 кал/град. Если для рассматриваемой реакции применимо уравнение (3), то lgK должен линейно зависеть от $\frac{I}{T}$, т. е. если отложить найденные из рис. 1 значения K от T в аррениусовских координатах $\lg K = f\left(\frac{I}{T}\right)$, то все точки должны лечь на одной прямой линии. Как вытекает из уравнения (3), по наклону этой прямой можно определить энергию активации химической реакции.

В таблице приведены количество неорганического фосфора, отщепленного $9 \cdot 10^{-2}$ мг миозина за 5 минут в мкг-ах на 1 мл, количество АТФ, расщепленного за 5 минут, в моль/мл и значения K. lgK и $\frac{1}{T}$ при различной абсолютной температуре для миозина А гладкой и поперечно-полосатой мышц.

Миозин А поперечно-полосатой мышцы

T	Количество отщепленного за 5 минут неорганического фосфата в мкг/мл	Количество расщепленного АТФ в мол/мл $\cdot 10^{-6}$	$[АТФ]_0$-[АТФ] мол/мл $\cdot 10^{-6}$	$\frac{[АТФ]_0}{[АТФ]_0\text{-}[АТФ]}$	K по формуле (1)	lgK	$\frac{1}{T} \times 10^{-3}$
283	4,750	0,1530	0,387	1,395	0,0665	—1,17718	3,533
388	5,750	0,1860	0,354	1,525	0,0843	—1,07417	3,476
293	7,100	0,2290	0,311	1,736	0,1102	—0,95782	3,412
300	9,010	0,2900	0,250	2,160	0,1538	—0,81304	3,333
303	9,870	0,3180	0,222	2,432	0,1775	—0,75080	3,303
308	11,350	0,3660	0,174	3,103	0,2262	—0,64551	3,246
310	11,630	0,3750	0,165	3,273	0,2369	—0,62580	3,226
			Миозин А гладкой мышцы				
310	0,685	0,0220	0,518	1,042	0,00822	—2,08513	3,226
317	2,000	0,0645	0,476	1,136	0,02547	—1,5940	3,154
321	3,810	0,1230	0,417	1,295	0,05164	—1,28701	3,115
323	5,560	0,1790	0,361	1,496	0,08027	—1,09545	3,096

На рис. 2 и 3 приведены зависимости констант скорости расщепления АТФ от температуры для миозина А гладкой и поперечно-полоса

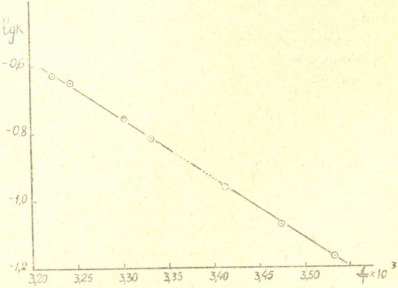


Рис. 2. Зависимость логарифма константы скорости гидролиза АТФ от величины, обратной температуре, для миозина А поперечно-полосатой мышцы. Состав реакционной среды, условия опытов и обозначения см. на рис. 1 (А) и в таблице

той мышц в аррениусовских координатах. Расчет значений энергии активации по наклону прямых дает, что в случае миозина А поперечно-полосатой мышцы $E=4400$ кал/моль, в то время как энергия активации АТФ-азы миозина А гладкой мышцы значительно выше. Она достигает 15100 кал/моль. Это легко объясняется. 1) смещением температурного оптимума АТФ-азы миозина А гладкой мышцы в сторону высокой температуры, 2) сужением кривой $к=f(T)$ АТФ-азы миозина гладкой мышцы, по сравнению с кривой $к=f(T)$ миозина А поперечно-полосатой мышцы (рис. 1).

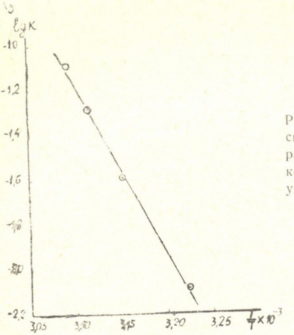


Рис. 3. Зависимость логарифма константы скорости гидролиза АТФ от величины. обратной температуре, для миозина А гладкой мышцы. Состав реакционной среды, условия опытов и обозначения см. на рис. 1 (В) и в таблице

Кроме того, следует отметить, что в то время как при 37° и pH 7,5 АТФ-азная активность миозина А поперечно-полосатой мышцы на порядок выше активности миозина А гладкой мышцы, в условиях температурных оптимумов и pH 7,5 АТФ-азная активность миозина А поперечнополосатой мышцы лишь в два раза больше АТФ-азной активности миозина А гладкой мышцы (рис. 1).

Выводы

Оптимум АТФ-азной активности миозина А поперечно-полосатой мышцы лежит при 37°, в то время как оптимум АТФ-азной активности миозина А гладкой мышцы находится при 50°. При 37° и pH 7,5 АТФ-азная активность миозина А скелетной мышцы на порядок выше активности миозина гладкой мышцы, а в условиях температурных оптимумов и pH 7,5 АТФ-азная активность миозина А поперечно-полосатой мышцы лишь в два раза больше АТФ-азной активности миозина А гладкой мышцы. Значения энергии активации АТФ-азной реакции для миозина А поперечно-полосатой и гладкой мышц соответственно равны 4400 и 151000 кал/моль.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физиологии

(Поступило в редакцию 24.11.1965)

ბიოქიმია

მ. ზაალიშვილი, ნ. ბაჩეჩილაძე, ც. ქურდოვანიძე

ტემპერატურის გავლენა გლუვი და განივზოლიანი კუნთის მიოზინის ატფ-აზურ აქტივობაზე

რეზიუმე

ჩონჩხის კუნთის მიოზინ A-ს ატეფაზური აქტივობის ოპტიმუმი იმყოფება 37°-ზე იმ დროს, როცა გლუვი კუნთის მიოზინ A-ს ატეფაზური აქტივობის ოპტიმუმია 50^0.

ჩონჩხის კუნთის მიოზინ A-ს ატეფაზური აქტივობა pH 7,5 და 37°-ზე მთელი რიგით მაღალია გლუვი კუნთის მიოზინ A-ს აქტივობაზე. ტემპერატურული ოპტიმუმების პირობებში და pH 7,5-ზე ჩონჩხის კუნთის მიოზინ A-ს, ატეფაზური აქტივობა 2-ჯერ მეტია გლუვი კუნთის მიოზინ A-ს ატეფაზურ აქტივობაზე.

ჩონჩხისა და გლუვი კუნთის მიოზინ A-ს ატეფაზური რეაქციის აქტივაციის ენერგია შესაბამისად უდრის 4400 და 15100 კალ/მოლ.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. D. M. Needham. Contractile Proteins in Smooth Muscle of the Uterus. Physiol Rev., 42, 1962, 278.
2. М. М. Заалишвили и Г. В. Микадзе. Некоторые вопросы механохимии гладкой мышцы. Биохимия, 29, 1964, 801.
3. J. Menkes, A. Szapo. Changes in the ATP and CP content of the rabbit uterus throughout sexual maturation and after ovalution. Endocrinology, 50, 1952, 37.
4. Г. В. Микадзе. АТФ-азная и холинэстеразная активность миозина и актомиозина гладкой мышцы. Сообщения АН ГССР, 29, 1962, 530.
5. М. М. Заалишвили и Ф. О. Шрайбман. Прибор для измерения первоначальной скорости ферментной реакции. Биохимия, 27, 1962, 72.
6. А. Сент-Дьердьи. О мышечной деятельности. М., Медгиз, 1947.
7. М. Н. Любимова и В. А. Энгельгардт. Аденозинтрифосфатаза и миозин мышцы. Биохимия, 4, 1939. 716.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

გეოგრაფია

უ. ცხოვრებაშვილი

ახალი მასალები აჭარა-იმერეთის ქედის ჩრდილო ფერდობის მთისწინეთის გეომორფოლოგიის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ალ. ჯავახიშვილმა 18.10.1965)

აჭარა-იმერეთის ქედის მთისწინეთის გეომორფოლოგიური თავისებურებების შესახებ არსებული მასალები უმთავრესად ზოგადი ხასიათისაა, რომელშიც ჩვენთვის საინტერესო ობიექტი საქართველოს, ან მისი რომელიმე დიდი ნაწილის, გეომორფოლოგიური თავისებურებების ფონზე არის განხილული.

ორიოდე გამოკვლევა, რომელიც მის შესახებ არსებობს, ერთი მდ. ჩხერიმელას აუზის მარცხენა მხარის რელიეფს შეეხება [1], მეორე—კოლხეთის ბარის სამხრეთ კიდეზე არსებულ მდინარეულ ტერასებს [2], ხოლო მესამე—ვანის რაიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ თავისებურებებს [3].

წინამდებარე წერილში ჩვენ შევჩერდებით ორ საინტერესო ფაქტზე (გეომორფოლოგიის თვალსაზრისით), რომელთაგან ერთი მდ საკრაულას სათავის ნაწილში არსებულ მოტაცებას შეეხება, ხოლო მეორე—საპრასია-სულორის ქვაბულის მორფოლოგიას.

მდ. საკრაულა სათავეს აჭარა-იმერეთის ქედის ოროგრაფიული ღერძის ჩრდილო ფერდობზე იღებს, ზღვის დონიდან 2496 მ სიმაღლეზე, და რამდენიმე ათეული კილომეტრის დინების შემდეგ ხანისწყალს უერთდება დაბა მაიაკოვსკისთან.

საერთოდ, საკრაულას ხეობა WNW მიმართულებისაა, მაგრამ ხეობის ორიენტირების ეს ნიშანი მისი სათავის მონაკვეთის მიმართ დაზუსტებას საჭიროებს, რადგან იგი აუცილებელია ხეობის ამ ნაწილის გენეზისის ზოგიერთი არსებითი მომენტის გასაშუქებლად.

მდ. საკრაულას სათავის ნაწილი, დაახლოებით ხუთი კილომეტრის მანძილზე, მერიდიანული დინების მქონეა და ივითარებს „Y"-ური და კანიონისებური განივკვეთების მქონე პატარა ნაწილებისაგან შემდგარ ხეობას. პირველთა ჭარბობით. აქ მთა ნიკაბეთის (1865 მ) განედზე ხეობის ჩაჭრის სიღრმე 480 მეტრს აღწევს. შემდეგ ხეობის ფერდობებზე ვერტიკალის მიმართულებით გარდატეხა შეიმჩნევა. ამასთან გარდატეხის სიმაღლითი მაჩვენებელი ორივე მხარეს ერთნაირია და 350 მეტრს შეადგენს.

ნიკაბეთის მთის შემდეგ საკრაულა გარდიგარდმოდ ჰკვეთს აქ გამავალ საირმის ანტიკლინს და შვიდიოდე კილომეტრის მანძილზე ჯერ ჩრდილო-აღ-

მოსავლეთის მიმართულებას იძენს, შემდეგ გადადის აღმოსავლეთურში და ასე მიემართება ნასოფლარ სადაროხამდე. ამ განედურ მონაკვეთში, მ. ნასატი-ვარის მიდამოში, ხეობის ფერდობთა გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელი 1150 მეტრზეა, ხოლო შეფარდებითი 250 მ-ზე.

აღნიშნულ ნასოფლართან მიახლოვებისას საკრაულა 90°-ით მოიხრება ჩრდილოეთისაკენ და 2—2,5 კმ მანძილზე ივითარებს მერიდიანული ორიენ-ტირების და 250 მეტრამდე სიღრმის მქონე კანიონისებურ ხეობას, რომელიც, გარდა ზემოაღნიშნულისა, ორმხრივაა საყურადღებო: პირველი ის, რომ აქ საკრაულას მუდმივმოქმედი შემდინარეები არა აქვს, მაშინ, როცა მის ზემოთ და ქვემოთ ხეობის ორივე მხარეზე ამ მხრივ ნაკლებობა არ იგრძნობა. და მეო-რე, რაც უფრო საყურადღებოა, ის რომ აქ ხეობის მარჯვენა მხარეს წყალგამ-ყოფზე ფართე, 100 მ-მდე სიგანის უნაგირისებური ჩადაბლება გვაქვს, მდინა-რის დონიდან 260 მ სიმაღლეზე, ხოლო ამ უკანასკნელის მარჯვენა მხარეს მდ. ვანისწყალია, რომელიც ჩხერიმელაში ჩაედინება.

არის სრული საფუძველი იმისა, რომ აქ ახლო გეოლოგიურ წარსულში მომხდარი ფაქტი დავადგინოთ მდ. საკრაულას მიერ მდ. ვანისწყლის ზემო წელის მოტაცებისა.

ასეთ დამადასტურებელ ფაქტებს შორის ჩვენ ვგულისხმობთ:

1) მდ. საკრაულას ზემო ნაწილის განედური მონაკვეთისა და მდ. ვა-ნისწყლის დინების ორიენტირების იდენტურობას;

2) მდ. მდ. საკრაულასა და ვანისწყლის შორის წყალგამყოფის ზოლში. ე. წ. მამუკას სერზე, უნაგირისებური ჩადაბლების არსებობას;

3) საკრაულას დინების მიმართულების მკვეთრ შეცვლას ნასოფლარ სადაროხის მიდამოებში, რომელიც მანამდე არსებულ განედურიდან მის შემ-დეგ მერიდიანულში გადადის;

4) საკრაულას ხეობის ჩაჭრის სიღრმის სიმცირეს, საშუალოდ 300 მ კა-ნიონისებურ მონაკვეთში მის ზემოთ და ქვემოთ მდებარე ნაწილებთან შედა-რებით, სადაც იგი შესაბამისად 480 და 400 მეტრით განისაზღვრება;

5) ერთნაირი ლითოლოგიისა და სტრუქტურის პირობებში საკრაულას ხეობის მომიჯნავე ნაწილების მორფომეტრიულ და მორფოგრაფიულ სხვადა-სხვაობას, რომელიც ზემოთ იყო აღნიშნული და რაც მათი სიღრმისა და სიგა-ნითი გავრცელების მასშტაბის უთანაბრობაში გამოიხატება [1].

აღნიშნულიდან გამომდინარე, მდ. საკრაულას აუზში სათავით განხორცი-ელებულ მოტაცების ტიპთანა გაქვს საქმე, რომელიც, როგორც ქვემოთ და-ვინახავთ, შუა მეოთხეულის შემდეგდროინდელი უნდა იყოს.

საპრასია-სულორის ქვაბული კიდევ უფრო საინტერესო გეომორფოლო-გიური ერთეულს წარმოადგენს. იგი აღმოსავლეთით ქ. ქუთაისის მერიდიანზე იწყება მეფისწყარო-ლაბოროტის შტოს ჩრდილო-დასავლეთ კიდეზე და აქე-დან სოფ. სოფ. საპრასიას, ძულუხის, სულორის, ონჯოხეთისა და ნოღაზე გავ-

---

(1 კანიონის ფერდობები მაღალ ნაწილში 1 კმ არიან ერთმანეთისაგან დაცილებული, ხო-ლო სხვაგან მათი დაცილება გარდატეხის სიმაღლეზე 3 — 4 კმ-ით განისაზღვრება.

ლით დასავლეთით ვრცელდება და კოლხეთის დაბლობის სამხრეთ კიდეზე სოფ. ბუგნარის მიდამოებში ბოლოვდება. აღნიშნული ჩადაბლებული ზოლის აღმოსავლეთი ნახევარი, რომელსაც დაახლოებით 18 კმ-მდე სიგრძე აქვს, სამხრეთით გამოზნექილი ჰიპერბოლისებური რკალის ფორმისაა და ამ მხრივ იგი თითქმის ასლს წარმოადგენს მის ჩრდილოეთით, 10—15 კმ დაშორებით მდებარე მდ. რიონის დინების მიმართულებისას. წინასწარ უნდა შევნიშნოთ, რომ მიუხედავად ამ ჩადაბლებულ ზოლში ალუვიური მასალის უქონლობისა მისი რელიეფური გამოხატულება (განსაკუთრებით აღმოსავლეთ ნაწილში) იმდენად მკვეთრია და მორფოლოგიური დეტალებით საყურადღებოა, რომ არავითარ ეჭვს არ ტოვებს ეროზიულ გენეზისში

გეოლოგიურად ქვაბულის ძირის უმეტესი, ყველაზე კარგად გამოხატული ნაწილი, მონოკლინური, სამხრეთით დახრილი შრეებით არის წარმოდგენილი, რომელიც შუა ნაწილში მთელ სიგრძეზე ზედა ეოცენის ტუფქვიშაქვებით, თიხებითა და მერგელებით არის აგებული, კიდეები კი შუა ეოცენის ტუფებითა და ტუფბრექჩიებით.

აღნიშნულ ზოლში ასაკობრივად და მორფოლოგიურად ქვაბულთა ორ ჯგუფთან გვაქვს საქმე. ამათგან პირველი ესაა ძველი, განედური მიმართულების ვრცელი ჩადაბლება, რომლის სიგანე 1 კმ განისაზღვრება და რომელიც ორივე მხრიდან 2—3 ასეული მეტრის სიმაღლის რელიეფურად კარგად გამოხატული სერებით (ჩრდილოეთის მხარეზე) და მთებით არის განსაზღვრული.

ქვაბულის ძირის აბსოლუტური სიმაღლე აღმოსავლეთ ნაწილში მაქსიმალურია და 400 მეტრს შეადგენს; დასავლეთით იგი მცირდება და სოფ. სოფ სულორთან და ონჯოხეთთან 320 მ ჩამოდის, სოფ. ბუგნართან კი 200 მეტრამდე.

ძველი ქვაბულის ძირის კარგად შემონახული ფრაგმენტები აღმოსავლეთ ნაწილში სოფ. რომანეთთან გვაქვს 400 მ-მდე სიგანის ტიპიურად გამოხატულ უნაგირისებურ ჩადაბლების სახით. ასეთივე ფორმისა და სიდიდის უნაგირი წარმოდგენილია უკანასკნელის დასავლეთით, 15 კმ დაშორებით, სოფ. ონჯოხეთის მიდამოებში. მათ შორის სოფ. სულორთან 100 მ-მდე სიგრძის მერიდიანულად ორიენტირებული სწორი ვაკე ზედაპირია, 320 მ აბსოლუტური სიმაღლის მქონე. ეს უკანასკნელი ჩრდილოეთით, მდ. მდ. სულორისა და ძულუხის წყლების შეერთების ადგილზე, 200 მეტრის სიმაღლისა და 30—35°-ით დახრილ ფერდობით ეშვება და უკანასკნელთა ხეობის კალთებს ჰქმნის. ამიტომაა, რომ იგი ჩრდილოთის მხრიდან დაკვირვების დროს კონუსური ფორმის მთის სახით წარმოგვიდგება და მიახლოვებითაც კი არ გვანიშნებს მის მთავარ მორფოლოგიურ თავისებურებაზე, რომელიც თხემის ვრცელ ვაკისობრიობაში მდგომარეობს.

ასაკობრივად უფრო ახალგაზრდა, მეორე რიგის ქვაბულები, ზემოაღნიშნულ ჩადაბლების დანაწევრების შედეგად არის მიღებული მის გარდიგარდმო მკვეთავი მდ. მდ. სარასიას, რომანეთის, სულორის, ჭიშურისა და სხვათა მიერ და უკანასკნელთა ხეობების მკვეთრად განვითარებულ ნაწილებად გვევლინებიან. მათ გენეზისში, გარდა ეროზიული პროცესებისა, მეწყერებსაც

აქტიური როლი ეკუთვნის, რომლებსაც დღესაც არ შეუწყვეტიათ თავიანთი მოქმედება. სოფ. სოფ. რომანეთი, ძულუხი, სულორი და სხვა მათი აქტიური გამოვლინების ადგილებს წარმოადგენს. დამეწყვრა დელუვიონთან ერთად 10—15 მ სიმძლავრის ძირითად ქანებსაც აქვს განცდილი და იქ მობინადრე მოსახლეობის ნაწილს კარ-მიდამოს დატოვების აუცილებლობის წინაშე აყენებს.

ზემოაღნიშნული საპრასია-სულორის ქვაბულის ეროზიული წარმოშობის შესახებ მეორე აზრი არ შეიძლება არსებობდეს, მაგრამ იბადება კითხვა — მაინც რომელი მდინარის მოქმედებასთან უნდა იყოს მისი გენეზისი დაკავშირებული?

ჩვენ ასეთ მდინარედ პალეორიონი მიგვაჩნია. ამაზე გვანიშნებს, ერთი მხრივ, ქვაბულის სიფართოვე და მისი ძირის ესოდენ ნიველირებული ვაკე ზედაპირი (რიონის მოქმედებაზე. მიუთითებს აგრეთვე ქვაბულის აღმოსავლეთი კიდის ქუთაისის მერიდიანზე არსებობა, ე. ი. მისი თანხვედრა რიონის დინების მიმართულების მკვეთრ, მერიდიანულიდან განედურში გადასვლასთან), მეორე მხრივ კი ქვაბულის ჩრდილოეთით, იმერეთის სერის ფერდობზე მდებარე რიონის ტერასების ესოდენი სიფართოვე, მათი განლაგების ხასიათი და სხვ.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, უნდა დავუშვათ, რომ ქვედა მეოთხეულში კოლხეთის დაბლობი აჭარა-იმერეთის ქედის დღევანდელ მთისწინეთსაც მოიცავდა. ამიტომ, მდ. რიონის მერიდიანის მიმართულებით დინება ამ დროს უფრო სამხრეთით ვრცელდებოდა, და იმდროინდელ მთისწინეთის კიდეს გაუყვებოდა.

პალეორიონის ხობის ჩრდილოეთ კიდეზე გამავალ სრამ-გოკიშურის განედური მიმართულების შეცოცების გასწვრივ დაწყებულმა აჭარა-იმერეთის ქედის აზევებამ ერთ მხრივ, ხოლო მეორე მხრივ დაბლობის დაძირვის ტენდენციის გაძლიერებამ აიძულა მდინარე ჩრდილოეთით გადაენაცვლებინა, მაგრამ შეენარჩუნებინა თავისი დინების მიმართულების ის ძირითადი კონტურები, რომლებიც ადრევე ჰქონდა.

შეიძლება გვეფიქრა, რომ აღნიშნული ხეობა შეიძლება პალეოსაკრაულას ეროზიული მოქმედების შედეგს წარმოადგენდეს, მაგრამ ასეთი დაშვების წინააღმდეგ რამდენიმე ფაქტი ლაპარაკობს, რომელთა შორის მთავარი საკრაულას ხეობის კალთებზე არსებულ ნამდინარევის მორფომეტრია მიგვაჩნია, რომლებიც 5-10-ჯერ და უფრო მეტად მცირე სიგანის მქონენი არიან, ვიდრე საპრასია-სულორის ქვაბულის სიგანის ასეთივე მაჩვენებელი.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 18.10.1965)

ГЕОГРАФИЯ

Ш. А. ЦХОВРЕБАШВИЛИ

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ О ГЕОМОРФОЛОГИИ ПРЕДГОРИЙ СЕВЕРНОГО СКЛОНА АДЖАРО-ИМЕРЕТСКОГО ХРЕБТА

Резюме

1. В этой статье нами рассмотрены два геоморфологических вопроса. Один из них касается перехвата Р. Сакраулой верховья р. Ванисцкали, а другой — морфологии Сапрасия-Сулорской котловины.

2. Среди фактов, указывающих на вышеупомянутый перехват, можно отметить: а) совпадение направления течения верховья рр. Сакраулы и Ванисцкали; б) существование седловины на левой стороне р. Сакраулы между этой рекой и верховьем Ванисцкали; в) резкое изменение направления течения р. Сакраулы с ЮВ на СЗ в районе перехвата и др.

3. Что касается Сапрасия-Сулорской котловины, которая в восточной части начинается от Кутаисского меридиана, то она проходит в широтном направлении через сс. Сапрасия, Дзулухи, Сулори и др. и кончается в районе с. Онджохети на окраине Колхидской низменности.

4. Ориентированность котловины, ее морфологическо-гипсометрические показатели и соотношение с геологической структурой указывают на то, что ее генезис связан с эрозией, а выработанные в ней более молодые малые котловины образованы совместной деятельностью эрозий и оползневых явлений.

5. Надо полагать, что формирование вышеуказанной широтноориентированной котловины, длина которой достигает 25—30 км, связано с деятельностью р. Палеориони, а ее воздымание — с фронтальным надвигом Аджаро-Имеретского хребта нижнечетвертичного времени.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. შ. ცხოვრებაშვილი. მდ. ჩხერიმელას აუზის ზოგიერთი გეომორფოლოგიური თავისებურებანი. თსუ შრომები, ტ. 72, 1959.

2. გ. დევდარიანი. კოლხეთის ბარის მდინარეთა ქსელის მეოთხეულის ისტორიის საკითხისათვის. საქ. სსრ მეც. აკად. მოამბე, ტ. XVI, №, 4, 1955.

3. ქ. ჯაყელი. ვანის რაიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება. თსუ შრომები, ტ. 72, 1959.

4. П. Д. Гамкрелидзе. Геологическое строение Аджаро-Триалетской складчатой системы. Изд. АН ГССР, 1949.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ПАЛЕОБИОЛОГИЯ

Т. А. ЛОМИНАДЗЕ

К ВОПРОСУ О ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИХ СВЯЗЯХ ПОДСЕМЕЙСТВА *HECTICOCERATINAE*

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. К. Габуния 20.12.1965)

Происхождение подсемейства *Hecticoceratinae*, как, впрочем, и всего семейства *Oppeliidae*, по сей день остается неясным.

Дувийе [1] считает, что в бате от главного ствола отходят две ветви *Oppelia* и *Hecticoceras* с округленным сечением оборота раковины. До оксфорда обе ветви изменяются одинаково с главным стволом. Затем главный ствол заменяется *Ochetoceras*, а *Hecticoceras* исчезает. *Oppelia* заменяется *Taramelliceras*.

Основой ветвей *Oppelia* и *Hecticoceras*, по мнению Дувийе [1], является *Oppelia subdiska*. Гроссувр [2] понимал под названиями *Oppelia aspidoides*, *O. inflexa* и *O. semistriata* одну серию форм из верхнего бата, которые представляют особый интерес при изучении *Oppeliidae*. В то же время Фавр [3] считает, что виды, указанные Гроссувром [2], являются молодыми экземплярами *Oppelia subdiska*, а его *O. inflexa* он относил к *Hecticoceras pleurospanium Par. et Bon.*

По Дувийе [1], верхнебатские *O. aspidoides* представлены многочисленными индивидами, изменяющимися в двух направлениях: 1) одни становятся широкими и округленными, приближаясь к *Oppelia subdiska*; 2) другие приобретают внешние бугорки, которые по мере эволюции становятся все более отчетливыми. Такие сильно орнаментированные формы *O. inflexa* и дают начало *Hecticoceras*.

Дувийе [1] рассматривает *O. subdika* как переходную форму между *O. aspidoides* и *Oppelia* с округленным сечением оборота, а бугорчатые формы *O. inflexa*—как переходные от *O. aspidoides* к *Hecticoceras*.

Цитович [4] считает, что между *Oppelia* и *Hecticoceras* существуют родственные связи. К этому выводу она пришла, основываясь на аналогии перегородочных линий, а также на сходстве общей формы и орнаментации отдельных представителей *Hecticoceras* и *Oppelia*. Оба рода, по мнению Цитович [4], происходят от одного предка, наиболее близкого к *Hecticoceras punctatum*.

Формы этой группы имеют широкий пупок, изогнутые раздвоенные ребра и едва заметный киль. Эти признаки приближают их к роду *Ludwigia*, которого и считает Цитович [4] общим предком *Oppelia* и *Hecticoceras*.

Предком *Hecticoceratinae* является род *Prohecticoceras*. До сегодняшнего дня известно очень мало видов этого рода и поэтому трудно установить продолжительность существования *Prohecticoceras*. В нижнем келловее появляются уже *Zieteniceras*, *Chanasia* и др., а также специализированные индийские формы *Kheraites* и *Hecticoceratoides*.

Впоследствии на границе нижнего и среднего келловея такие признаки, как, например, боковые бугорки и субтрапецоидальное сечение оборотов раковины исчезают и от *Chanasia* образуется *Brightia*, от *Zieteniceras*—*Lunuloceras* и *Rossiensiceras*, а от *Hecticoceras s. str.*—*Putealiceras* [5].

По мнению Дувийе [1], у более поздних форм, какими являются *Sublunuloceras* и *Pseudobrightia*, вновь возникают боковые бугорки.

Главной филогенетической особенностью для *Hecticoceratinae* является тенденция к выпрямлению ребер. Например, у батских и нижнекелловейских видов *Hecticoceras*, таких как *H. retrocostatum*, *H. pleurospanium* и др., ребра на внутренних оборотах сильно изогнуты. При изучении внутренних оборотов представителей данного подсемейства ясно видна изогнутость ребер. В процессе онтогенетического развития ребра начинают выпрямляться. Этот процесс более отчетливо наблюдается при изучении филогенетического развития *Hecticoceratinae*.

Изучение гектикоцератин требует от исследователя большой осторожности, так как очень часто индивиды одного и того же вида этого подсемейства во взрослой стадии настолько отличаются друг от друга, что их можно причислить к разным видам и даже родам. То же следует отметить в отношении установления филогенетических связей гектикоцератин. Например, такие эволютные формы, как *H. nodosum* или *H. evolutum*, на первый взгляд, кажутся далеко стоящими от рода *Oppelia*, однако детальное онтогенетическое изучение показывает, что они произошли именно от них.

Такого же мнения придерживается и Роман [6].

Как видно из вышеизложенного, большинство исследователей придерживается мнения, что *Hecticoceratinae* произошли от *Oppelia*.

Отдельно следует остановиться на изменениях некоторых структур *Hecticoceratinae*. Перегородочная линия *Oppeliidae* является несомненно важным систематическим признаком для всего семейства. Она довольно сильно зазубрена. Число добовочных элементов большое. Наружное седло больше первого бокового [1]. У *Hecticoceras*, по сравнению с родом *Oppelia*, элементы перегородочной линии менее зазубрены.

Перегородочная линия рода *Hecticoceras* примечательна тем, что в процессе исторического развития она изменилась очень незначительно и сохранила в основном сходные очертания элементов с перегородочными линиями своих предшественников.

В процессе эволюции перегородочная линия становится более массивной, элементы же ее сохраняют старые очертания.

Геологически более молодые индивиды имеют более тонкие и стройные элементы, по сравнению с индивидами геологически более старыми. Эти изменения хотя и незначительны, однако хорошо прослеживаются, как в онтогенезе, так и в филогенезе.

Здесь же необходимо отметить, что имеются и исключения, правда, очень редкие. Так, например, у вида *H. paulovi* перегородочная линия сильно изменчива и трудно найти даже два одновозрастных индивида с одинаковыми линиями.

Онтогенетическое изучение перегородочной линии отдельных представителей данного подсемейства показало, что по своему очертанию и развитию она близко стоит к перегородочным линиям родов *Harpoceras*, *Oppelia*, а также родственных с ними родов *Distichoceras*, *Lissoceras*, *Creniceras* и *Ochetoceras*.

У всех перечисленных родов есть в строении перегородочной линии общие с представителями *Hecticoceratinae* признаки. Как мы уже отмечали, второе боковое седло всегда больше первого бокового. Вентральное седло более или менее зазубрено. По этим признакам сюда можно отнести и род *Ludwigia*, однако надо заметить, что у этого рода разница в высоте между вторым и первым боковыми седлами не так резко выражена, как у перечисленных родов. Кроме того, сифональное седло у перегородочной линии рода *Ludwigia* менее зазубрено, чем у рода *Hecticoceras*.

По мнению Дувийе [1], одной из главных особенностей эволюции *Hecticoceratinae* является изменчивость ширины пупка как в отногенезе, так и в филогенезе. Лемуан [7] считает, что эта изменчивось выражается в том, что виды, появляющиеся в более позднее время, имеют пупок шире, по сравнению с видами, появляющимися в более раннее время. Например, у видов, появляющихся в бате, пупок в большинстве случаев уже, чем у келловейских видов.

Лемуан [1] считает, что этот признак имеет очень важное значение. Он предполагает, что по величине пупка возможно даже определить возраст индивида.

Эта закономерность, действительно, прослеживается при изучении *Hecticoceratinae*, однако есть и исключения, на которых мы здесь не остановимся.

По мнению Ламуана [7], когда индивид достигает зрелого возраста, пупок у него увеличивается, однако потом наступает момент, когда он начинает „уменьшаться".

Трудно согласиться с мнением этого исследователя. В нашей богатой коллекции гектикоцератин ни на одном индивидууме мы этого не замечали.

Что касается формы поперечного сечения раковины и ее толщины, то они при онтогенетическом и филогентическом развитии изменяются очень незначительно. Остается почти постоянным также и соотношение ширины оборота с его высотой.

Скульптура у представителей подсемейства *Hecticoceratinae* разнообразная и сильно изменчива. У разных особей одного и того же вида раковины бывают то сильно скульптивированными, то почти совершенно гладкими. Так, например, Лемуан [7] указывает, что до полного изучения перегородочной линии трудно отличить друг от друга *H. taneiolatum* и *H. metomphalum*.

Некоторые исследователи виды посемейства *Hecticoceratinae* относили к роду *Ludvigia* и даже считали его предком данного подсемейства. Однако с этим трудно согласиться, так как *Ludvigia* внезапно исчезает, а переходные формы между ним и *Hecticoceratinae* еще не найдены.

Безусловно, всеми основными морфологическими признаками представители подсемейства *Hecticoceratinae* наиболее близко стоят к роду *Oppelia*. Назвать более конкретно предков *Hecticoceratinae* пока трудно, так как род *Oppelia* онтогенетически еще недостаточно изучен.

Близким к подсемейству *Hecticoceratinae* родом является *Horioceras*, и, как отмечает Лемуан [7], сходство основных морфологических признаков с *Hecticoceratinae* возрастает от *Horioceras* к *Oppelia*.

Одним из наиболее близких к *Hecticoceratinae* родов является *Ochetoceras*. Например, Лемуан [7], сравнивая *H. chanasiensis* с *O. canaliculatum*, отмечает, что, не изучив эти виды онтогенетически, довольно трудно определить принадлежность индивидуумов к тому или другому виду. Вполне возможно, что род *Ochetoceras* является потомком *Hecticoceras*.

Об этом же говорит и сходное развитие перегородочной линии в онтогенезе.

Суммируя все вышесказанное, можно прийти к выводу, что предками *Hecticoceratinae* являются представители *Oppeliidae*. Во всяком случае, нам не известно другое семейство, которое с большей вероятностью могло быть принято предковым для *Hecticoceratinae*. *Ochetoceras*, по-видимому, является потомком *Hecticoceras*.

Академия наук Грузинской ССР
Институт палеобиологии

(Поступило в редакцию 20.12. 1965)

პალეობიოლოგია

თ. ლომინაძე

ქვეოჯახ *HECTICOCERATINAE*-ს ფილოგენეტური კავშირების საკითხისათვის

რეზიუმე

ონტოგენეტური და ფილოგენეტური განვითარების პროცესების დროს *Hecticoceratinae*-ს წარმომადგენლებს წიბოები უსწორდებათ. ტიხრის ხაზი ხდება მასიური, მაგრამ ძირითადად ინარჩუნებს თავის ძველ მოხაზულობას.

ზოგიერთი ნიმუშის ტიხრის ხაზის ონტოგენეტურმა შესწავლამ დაგვანახა, რომ იგი ძლიერ ახლო დგას გვარ *Oppelia*-ს წარმომადგენლებთან.

Hecticoceratinae-ს წარმომადგენლების ევოლუციის ერთ-ერთი ძირითადი ნიშანია ჭიპის სიდიდის ცვალებადობა. გეოლოგიურად ძველ ფორმებს, ახლებთან შედარებით, ჭიპი ვიწრო აქვთ.

სკულპტურა აღნიშნული ქვეოჯახის წარმომადგენლებს ძლიერ ცვალებადი აქვთ. ერთი და იგივე სახის ინდივიდებს ხშირად აქვთ ხან ძლიერი სკულპტურა, ხან კი ნიჟარის თითქმის გლუვი ზედაპირი.

ეჭვი არ არის, რომ ყველა ძირითადი მორფოლოგიური ნიშნით *Hecticoceratinae* ძლიერ ახლო დგას ოჯახ *Oppeliidae*-ს წარმომადგენლებთან, რომელიც, ჩვენი აზრით, *Hecticoceratinae*-ს წინაპარი უნდა იყოს.

ტიხრის ხაზის განვითარების, აგრეთვე სხვა მორფოლოგიური ნიშნებით, *Hecticoceras*-თან ახლო დგას გვარი *Ochetoceras*.

ჩვენი აზრით, *Ochetoceras* უნდა იყოს *Hecticoceras*-ის შთამომავალი.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. R. Douvillé. Esquisse d'une classification phylogenique des Oppelliidaes. Bull. S. G. F., 4 ser., t. XIII, 1913.
2. A. Grossouvre. Etudes sur l'etage bathonien. Bull, S. G. F., 3 ser., t. XVI. 1888.
3. F. Favre. Sur la conxistence d'opp. subradiata Sow. et Opp. aspidoides Opp. dans la Aajosiau et le Rathonien. C. R. Akad. Sc., v. CLII, 1911.

4. K. Tsytovitch. Hecticoceras de Callovien de chézery. Mém. Sos Pal. Suisse, t. XXXCIII, 1911.

5. A. Zeiss. Hecticoceras und Reineckeia im Mittel und Ober Callovien von Blumberg (Südbaden), 1956.

6. F. Roman. Les Ammonites jurassiques et cretacées. Paris, 1938.

7. E. Lemoine. Essai sur l'érolution dn genre Hecticoceras dans le o Callovien de la chaîne du Mont-du-chat. Trav. Lab Géol. Lyon, fasc. XIX, mém. № 16, 1932.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ПАЛЕОБИОЛОГИЯ

И. И. ШАТИЛОВА, Ц. И. БАДЗОШВИЛИ

НОВЫЕ ДАННЫЕ О КАРАНГАТСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ

(Представлено академиком Л. Ш. Давиташвили 29.11.1965)

Материалом для настоящей статьи послужили результаты палеобиологического изучения плейстоценовых отложений из буровой скважены Кобулетского района. Здесь на глубине 111 м были найдены обломки раковин *Scrobicularia plana*, близко стоящего к современным средиземноморским скробикуляриям.

Как известно, в настоящее время *S. plana* в Черном море не встречается. Он известен лишь в отложениях карангатского горизонта, широко развитых на берегах Черного моря. На кавказском побережье эти отложения образуют две террасы: раннюю (на высоте 25 м) и позднюю (на высоте 13 м н. у. м.). Обе террасы содержат средиземноморский комплекс фауны и в биостратиграфическом отношении представляют единый горизонт [1, 2], соответствующий, как это было показано в свое время Н. И. Андрусовым [3], тирренским террасовым отложениям средиземноморского побережья. Л. А. Невесская [4] делит карангатские слои на три горизонта. Нижнекарангатские и верхнекарангатские слои, по ее данным, характеризуются обедненной морской эвригалинной фауной. Представители *S. plana* отмечаются лишь в среднекарангатских слоях, где наряду с формами, ныне живущими в Черном море, встречаются средиземноморские *Cardium tuberculatum*, *Dosinia lupinus*, *D. exoleta*, *Venus verrucosa*, *Ensis ensis*, *Tellina albicans* и др.

Таким образом, нахождение *S. plana* в Черноморском бассейне позволяет предполагать, что здесь на глубине 111 м присутствуют карангатские слои, возможно, среднекарангатские, по Л. А. Невесской [4].

Кобулетский вид близко стоит к современному *S. plana* (Costa) из Средиземного моря, но отличается от него формой, размерами и наружной скульптурой. Материал скудный: одна сомкнутая створка и две разрозненные раковины.

Форма наших экземпляров почти треугольная, тогда как у современных представителей из Средиземного моря она эллипсовидного очертания [4]. Кобулетские раковины выделяются своей малорослостью. Длина их раковин 18—23 мм, а у современных она варьирует в пределах от 44 [5] до 54 мм [6]. Скульптура наружной поверхности у раковин описываемой формы выражена значительно слабее, чем у средиземноморской.

При сравнении наших раковин со скробикуляриями из карангатских отложений можно заметить большое сходство их формы очертаний и скульптуры наружной поверхности раковин. Однако имеются и отличия, а именно размеры наших раковин значительно меньше (18—23 мм), тогда как размеры карангатских скробикулярий колеблются в пределах от 30 до 35 мм [5]. Ветви замочного края у кобулетского вида образуют значительно больший угол, чем у карангатских скробикулярий.

Таким образом, описываемая нами скробикулярия по ряду признаков отличается как от современных, так и от карангатских представителей этого вида. Это обстоятельство позволяет предположить, что мы имеем дело с новой формой, возможно, новым подвидом, возникновение которого явилось, вероятно, результатом воздействия новых экологических условий, под влиянием которых оказался видоизмененный средиземноморский *S. plana*.

Раковины наших экземпляров содержатся в плотных глинах светло-серого цвета. Им сопутствует очень обедненный комплекс, представленный обломками раковин лишь *Cardium*, *Modiola*, *Hydrobia*.

Характер грунта, а также обедненный комплекс фауны указывают, что эти моллюски вряд ли могли быть обитателями мелководья. Возможно, что в данном случае мы имеем дело с остававшейся до последнего времени неизвестной относительно глубоководной фауной карангатского бассейна.

В этих же слоях был обнаружен богатый спорово-пыльцевой комплекс: *Pteris cretica* L., *Polypodium vulgare* L., *Osmunda regalis* L., *Pinus*, *Picea*, *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach., *Graminea*, *Fritillaria*, *Salix*, *Pterocarya pterocarpa* (Michx.) Kunth., *Carya*, *Carpinus caucasica*, *A. Grossh.*, *Corylus* Alnus, *Betula*, *Fagus orientalis* Lipsky, *Castanea sativa* Mill., *Quercus*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Rhus*, *Ilex*, *Rhododendron*, *Acer*, *Tilia caucasica* Rupr., *Rhamnus Cornus*, *Artemisia*, *Composita*.

Флора карангатского века по родовому составу не отличалась от современной флоры Колхиды. Из всех приведенных в списке родов единственным родом, не произрастающим в настоящее время на территории Кавказа, является *Carya*. Находки единичных пыльцевых зерен этой породы — в плиоцене лесообразующей — указывают на то, что в карангатском веке гикори еще входила в состав флоры Западной Грузии, хотя доля ее участия в растительных ценозах этого времени значительно сократилась. Современный состав флоры, а также приуроченность всех входящих в ее состав родов к территории Западной Грузии, где они являются основными компонентами лесов, позволяют более или менее детально восстановить растительный покров карангатского века и выделить следующие группировки: хвойные леса, широколиственные леса с преобладанием бука, смешанные леса и ольшатники.

Преобладающим компонентом хвойных группировок была сосна. По-видимому, в карангатское время нижняя граница пихты и ели, по сравнению с современной, была отодвинута в горы. Поэтому в составе хвойных лесов эти породы играли очень незначительную роль. В основном в это время были распространены сосновые леса с примесью ели и в меньшей степени пихты. Преобладание ели над пихтой можно объяснить тем, что ель имеет более широкий экологический диапозон и часто массовые ельники встречаются там, где сухость климата препятствует расселению пихты [7]. Пихта — порода очень требовательная к воздушной влажности. Как отмечает А. Г. Долуханов [7], с увеличением континентальности климата нижняя граница пихты быстрее, чем ели, отодвигается в горы. Даже при годовом количестве осадков 900 мм пихта имеет еще очень ограниченное распространение. Оптимального развития пихта достигает при годовом количестве осадков от 1300 до 2500 мм. По-видимому, климатические условия карангатского века, главным образом режим влажности, не благоприятствовали расселению пихты и ели, в результате чего все основные местообитания хвойных лесов были заняты сосной. По данным А. Г. Долуханова [7], в настоящее время на территории Грузии сосняки наибольшего развития достигают там, где сухость климата мешает распространению ели. Сосна обычно селится на краю области произрастания еловых лесов и при благоприятных для нее условиях вытесняет последние, образуя производного типа сосновые леса. Возможно, аналогичная картина имела место и в карангатское время.

Средний горный пояс занимали буковые группировки. В настоящее время на Кавказе буковые леса имеют очень широкое распространение, их характер, а также нижние пределы расселения зависят в основном от климатических условий, в которых они развиваются. По мнению А. Г. Долуханова [8], в наилучших условиях для произрастания бука развивается группировка типа *Fagetum nudum*. То же отмечает А. А. Гроссгейм [9], который указывает, что чисто буковые леса встречаются только на крайнем западе. По мере движения на восток к буку начинают примешиваться другие породы, в особенности дуб. Уже в Мегрелии и далее на восток буковые леса теряют свой характер, становятся более светлыми, травянистый покров становится более разнообразным, появляется подлесок, мест, занимаемых дубом, становится все больше и больше, и, наконец, к востоку дуб начинает явственно преобладать над буком. Такую же картину отмечает С. Я. Соколов [10]. По его мнению, при движении в сторону более сухих условий увеличивается роль дуба, который от регрессивного ассектора в колхидском ряду становится мощным эдификатором.

Судя по характеру спорово-пыльцевых комплексов, в которых пыльца бука встречается почти в том же количестве, что и дуба, чисто буковых лесов в карангатское время на территории Западной Грузии либо не было, либо они занимали очень ограниченную площадь. Скорее можно предположить существование в это время различных широколиственных ассоциаций с преобладанием бука, примесь к которому составляли дуб, липа, клен. В подлеске этих лесов росли падуб, рододендрон и орешник. Хорошо был развит травянистый и папоротниковый покров. Нижняя граница распространения бука, как и пихты, в карангатское время, по-видимому, была отодвинута в горы и в нижней горной зоне бук уже не был преобладающей породой. Здесь росли смешанные леса из дуба и каштана с примесью граба. Такого типа группировки были описаны А. Г. Долухановым [8] из Абхазии. В зависимости от условий местообитания в них преобладают граб, каштан или дуб.

В настоящее время каштан растет главным образом в нижнем поясе лесов, в местах с годовым количеством осадков от 1000 до 2500 мм, хотя небольшими группами и в виде примеси встречается также в условиях гораздо более сухого и континентального климата, с годовым количеством осадков до 700 мм [11]. Чаще всего каштан образует смешанные с грабом или с буком леса, но довольно часто сочетается и с дубом. По мнению А. Г. Долуханова [11], при соответствующих климатических условиях каштано-грабовые леса являются более устойчивыми.

В спорово-пыльцевых комплексах карангатских отложений пыльца дуба и каштана встречаются почти в равном количестве, тогда как пыльца граба отмечается лишь единичными зернами. По-видимому, условия карангатского века более благоприятствовали распространению дуба и каштана, которые в нижнем горном поясе образовывали дубово-каштановые леса с очень небольшой примесью граба и богатым травянистым покровом. К этим лесам были приурочены также *Pteris* и *Polypodium*.

Приречные леса были представлены ольшатниками, которые росли в основном на заболоченных почвах. Древостой ольшатников состоял почти из одной ольхи. Хорошо был развит покров из папоротника *Osmunda regalis*. На хорошо дренированных почвах росли ильм и лапина, которая в условиях карангатского века имела очень ограниченное распространение.

При сравнении лесов карангатского века с современными лесами Западной Грузии сразу же бросаются в глаза различия в их облике. Основным компонентом хвойных группировок была сосна — порода не характерная для современных хвойных лесов Колхиды, преобладающим деревом которых является пихта. Трудно говорить также о существовании в карангатское время пихтово-буковых лесов, ныне широко распространенных на территории Западной Грузии. Если тогда и существовала такая формация, то она занимала очень ограниченную площадь.

При сопоставлении широколиственных лесов также можно заметить некоторые различия. В карангатское время бук был преобладающей породой лишь в лесах среднего горного пояса, но и здесь, по всей вероятности, он не образовывал типичных для Западной Грузии группировок.

Некоторые различия отмечаются также в облике приречной растительности, в составе которой почти отсутствовала лапина—характерное дерево современных приречных лесов.

Таким образом, растительность карангатского века при аналогичном современной растительности Колхиды флористическом составе отличалась от нее типом лесов. Разница заключалась главным образом в сокращении роли мезофильных пород — ныне основных эдификаторов лесных ценозов Западной Грузии — в составе растительных группировок карангатского времени. По структуре и экологии леса этого отрезка плейстоцена были похожи на леса тех участков Грузии, где с увеличением сухости климата уменьшается доля участия мезофильных элементов и доминирующее значение начинают приобретать породы, занимающие подчиненное положение в колхидском ряду. Такой облик лесов свидетельствует, по-видимому, о более сухих, чем в наше время, климатических условиях Западной Грузии в карангатский век.

Академия наук Грузинской ССР
Институт палеобиологии

(Поступило в редакцию 20.12.1965)

პალეობიოლოგია

ი. შატილოვა, ც. ბაძოშვილი

ახალი მონაცემები დასავლეთ საქართველოს კარაგანტული ნალექების შესახებ

რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია ქობულეთის მიდამოებში მოპოვებული კერნული მასალის პალეობიოლოგიური გამოკვლევის შედეგები. შესწავლილ ნალექებში დაცული მოლუსკური ფაუნა, რომელიც წარმოდგენილია სკრობიკულარიებით, კარდიუმებითა და მოდიოლუსებით, ამ ნალექთა კარაგანტულ ასაკზე მიგვითითებს. ნალექების ლითოლოგიური ხასიათი და დაცული ფაუნის ღარიბი კომპლექსი გვიჩვენებს, რომ მათი დაგროვება ზღვის შედარებით ღრმა ზოლში ხდებოდა. აქვე დაცული მცენარეთა მტვრის ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დაახლოებით აღვადგინოთ კარაგანტული დროის ფლორის შემადგენლობა, რომელიც ძირითადად წარმოდგენილია თანამედროვე კოლხიდის ფლორისათვის დამახასიათებელი გვარებით. კარაგანტულ ფლორაში მეზოფილური ელემენტების საგრძნობი ნაკლებობა თანამედროვე პირობებთან შედარებით უფრო მშრალ კლიმატზე მიგვითითებს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. В. **Федеров**. Древние береговые линии Черного моря на побережье Кавказа. Изв АН СССР. сер. геол. № 2, 1960.
2. П. В. **Федеров**. Биостратиграфия четвертичных морских отложений Понто-Каспийской области. VI конгресс. Доклады советских геологов, 1961.
3. Н. И. Андрусов. Послетретичная тирренска ятерраса в области Черного моря. Bull. intern. Acad. Sci. Bohême, 1925.
4. Л. А. Невесская. Определитель двустворчатых моллюсков морских четвертичных отложений черноморского бассейна. Труды Палеонтологического Ин-та, т. XCVI, 1963.
5. М. И. Соколов. Руководящие ископаемые нефтеносных районов Крымско-Кавказской области. Тирренская терраса. Труды. Гос. иссл. нефтяного Ин-та, XVI, 1933.
6. J. Green. The growth of Scrobicularia plana da Costa in the Gwendracth estuary. J. Mat. Boil. Ass. U. K., vol. 36, 1, 1957.

7. А. Г. Долуханов. Темнохвойные леса Грузии, 1964.
8. А. Г. Долуханов. Геоботанический очерк лесов ущелья реки Чхалта. Труды Тбилисского Ин-та Ботаники V, 1938.
9. А. А. Гроссгейм. Очерк растительного покрова Закавказья, 1930.
10. С. Я. Соколов. Классификация типов лесов Абхазии. В. Сб.: «Абхазия». 1936.
11. А. Г. Долуханов. Каштановые леса Грузии. Труды Тбилисского ин-та ботаники, XV, 1953.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Г. Н. РАЗМАДЗЕ, О. И. КАЦИТАДЗЕ

ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ПРОДОЛЬНОМ ЗАГРУЖЕНИИ ТОНКОГО СТЕРЖНЯ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 22.9.1965)

Динамическая устойчивость простых и сложных стержневых систем занимает особое место в строительной механике и теории механизмов и машин, тем более что с развитием данной проблемы тесно связано создание скоростных и сверхскоростных машин нашего многогранного народного хозяйства. Поэтому не случайно, что к решению названной проблемы привлечен широкий круг наших и зарубежных научных кадров.

Как известно, первая работа в области динамической устойчивости стержней принадлежит Н. М. Беляеву, который рассматривал задачу об устойчивости шарнирно-опертого стержня при действии продольных периодических (вибрационных) сил, изменяющихся по гармоническому закону, и показал, что при определенных сочетаниях между параметрами нагрузки и стержня существует область неустойчивости. Физический смысл этого явления был пояснен А. Ф. Смирновым. Дальнейшие исследования в этой области принадлежат И. М. Рабиновичу, Н. М. Крылову, Н. Н. Боголюбову, И. И. Артоболевскому, Г. В. Бондаренко, В. К. Челомею, Г. Ю. Джанелидзе, Н. А. Радцигу, А. С. Вольмиру, И. И. Гольденблату, В. В. Болотину и др.

В настоящее время советскими учеными создана общая теория динамической устойчивости сооружений и машин.

К изучаемому нами вопросу наиболее близко подходят исследования М. А. Лаврентьева и А. Ю. Ишлинского [1], А. С. Вольмира [2], И. И. Гольденблата [3], Н. Хоффа [4], Л. Н. Воробьева [5], И. А. Бурнашева [6], Н. Д. Геня [7], Вернера Гольдсмита [8] и др., показавших, что стержни при продольном кратковременном загружении устойчивее по сравнению со статической схемой их загрузки. Дальнейшее изучение данной проблемы проведено нами [9, 10].

В данной статье показана одна возможность строительной механики получить расчетную формулу для вычисления тех высших критических сил, которые возникают при кратковременных продольных загружениях тонких стержней.

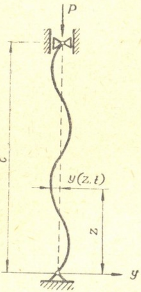


Рис. 1

Изменение поперечных прогибов колеблющегося тонкого стержня, загруженного продольной силой (рис. 1), выражается известным уравнением вынужденных поперечных колебаний

$$EJ\,\frac{\partial^4 y}{\partial z^4} + p\,\frac{\partial^2 y}{\partial z^2} + m\,\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0. \qquad (1)$$

При отсутствии внешней силы p выражение (1) сводится к уравнению собственных поперечных колебаний

$$EJ\,\frac{\partial^4 y}{\partial z^4} + m\,\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0. \qquad (2)$$

Если решение уравнения (2) выразить через

$$y(z,\ t) = v(z)\,e^{i\omega t}, \qquad (3)$$

то уравнение (2) даст вспомогательное выражение

$$\frac{EJ}{m}\,\frac{d^4 v(z)}{dz^4} = \omega^2 \cdot v(z), \qquad (4)$$

где ω—частота собственных колебаний n-й формы, которая, как известно, для шарнирно-опертого стержня выражается формулой

$$\omega = n^2\,\frac{\pi^2}{l^2}\sqrt{\frac{EJ}{m}} = n^2 \cdot \omega_0. \qquad (5)$$

В данном уравнении ω_0 представляет собой собственную частоту поперечных колебаний основного тона того же стержня.

Если воспользоваться работой [11], т. е. представить общее решение уравнения (1) в форме собственных колебаний

$$y(z,\ t) = v(z)\,e^{i\Omega t}, \qquad (6)$$

где Ω—частота вынужденных колебаний, и подставить в уравнение (1), то получится уравнение

$$EJ\,\frac{d^4 v(z)}{dz^4} + p\cdot\frac{d^2 v(z)}{dz^2} - m\cdot\Omega^2\cdot v(z) = 0,$$

которое на основе формулы (4) примет вид

$$\omega^2\left[1 + \frac{p}{m\cdot\omega^2}\cdot\frac{v''(z)}{v(z)}\right] - \Omega^2 = 0. \qquad (7)$$

Если принять, что к некоторому моменту $t = \tau$ частота вынужденных колебаний может оказаться равной нулю:

$$\left.\begin{aligned} \Omega &= 0 \\ \text{при} \quad t &= \tau, \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

то решению (6) будет соответствовать признак потери устойчивости, т. е. произойдет „замораживание“ формы и, следовательно, решение (6) примет вид

$$y(z, t) = v(z) \cdot e^{i\Omega\tau} = v(z) \cdot e^{0} = v(z). \tag{9}$$

На основе формулы (8) входящая сила p в выражении (7) будет критической, т. е. будем иметь

$$1 + \frac{p_{\text{кр}}}{m \cdot \omega^2} \cdot \frac{v''(z)}{v(z)} = 0,$$

откуда

$$p_{\text{кр}} = -m\omega^2 \frac{v(z)}{v''(z)}. \tag{10}$$

Учитывая граничные условия, вытекающие из шарнирного закрепления концов стержня (рис. 1), т. е. условия

$$\left.\begin{aligned} & y(0, t) = y(l, t) = 0, \\ & \frac{\partial^2 y(0, t)}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 y(l, t)}{\partial z^2} = 0, \end{aligned}\right\} \tag{11}$$

можем задаться правильной формой собственных поперечных колебаний, удовлетворяющих условиям (11):

$$v(z) = \sin \frac{n\pi z}{l}. \tag{12}$$

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

На основе этого выражение (10) приводится к виду

$$p_{\text{кр}} = \frac{m \cdot \omega^2}{\left(\frac{n \cdot \pi}{l}\right)^2}$$

или с учетом формулы (5) получается

$$p_{\text{кр}} = n^2 \cdot p_{э}, \tag{13}$$

где

$p_{\text{кр}}$—искомая критическая сила;

n—число полуволн поперечных собственных колебаний;

$p_{э}$—первая критическая сила по Эйлеру

$$p_{э} = \frac{\pi^2 EJ}{l^2}.$$

Дальнейшая весьма важная задача состоит в том, чтобы выразить число полуволн n через время $t = \tau$.

В работе [10] показано, что при некоторых дискретных значениях времен $t = \tau$ амплитуда колебаний может оказаться постоянной.

Следовательно, можно допустить, что

$$y(\zeta,\ t) = v(\zeta,\ \tau)\cdot e^{i\omega\tau} = v(\zeta,\ \tau),$$

откуда

$$e^{i\omega\tau} = 1. \tag{14}$$

Логарифмируя уравнение (14), можно получить выражение, связывающее частоту (ω) со временем (τ):

$$\omega\tau = 2\pi\cdot k, \tag{15}$$

$$k = 1,\ 2,\ 3, \ldots$$

Или, учитывая формулу (5), будем иметь $n^2\cdot\omega_0\cdot\tau = 2\pi k$, откуда

$$n^2 = \frac{2\pi k}{\omega_0\cdot\tau}. \tag{16}$$

Подставив выражение (16) в (13), получаем формулу высших критических сил

$$p_{\text{кр}} = \frac{2\pi k}{\omega_0\cdot\tau}\cdot p_{\text{э}},$$

или

$$p_{\text{кр}} = k\,\frac{T_0}{\tau}\cdot p_{\text{э}}. \tag{17}$$

$$k = 1,\ 2,\ 3, \ldots$$

При $k = 1$ имеем вполне определенную инженерную формулу

$$p_{\text{кр}} = \frac{T_0}{\tau}\cdot p_{\text{э}}, \tag{18}$$

где

$0 \leqq \tau \leqq T_0$ (согласно опытам);

T_0—период основного тона свободных поперечных колебаний;

τ—продолжительность приложения продольной внешней силы p.

Поскольку фактор τ измеряется долями T_0, то при кратковременных загружениях формула (18) позволяет вычислить критическую силу, превышающую эйлерову величину. Следовательно, при кратковременных продольных загружениях тонких стержней их можно заставить работать в пределах высших критических сил и тем самым наряду с легкостью конструкции достигнуть большой экономии материалов.

Грузинский институт субтропического хозяйства

(Поступило в редакцию 22.9.1965)

საშენებლო მექანიკა

გ. რაზმაძე, ო. კაციტაძე

კრიტიკული ძალის განსაზღვრის საინჟინრო მეთოდი თხელკედლიანი ღეროს ხანმოკლე გრძივი დატვირთვის დროს

რეზიუმე

რაც უფრო ხანმოკლეა თხელკედლიანი ღეროს გრძივად შემკუმშავი ძალა, მით უფრო მეტია ასეთი ღეროს მდგრადობა. ეს საშუალებას გვაძლევს ღეროვანი სისტემები ვამუშაოთ მაღალი რიგის კრიტიკულ ძალებზე და ამით მივაღწიოთ როგორც მასალის ეკონომიას, ისე აგრეთვე კონსტრუქციის გამსუბუქებას იქ, სადაც ისინი მუშაობენ ხანმოკლე ძალების მოქმედებაზე. მაღალი რიგის კრიტიკული ძალის გამოსახულება შეიცავს ღუნვის ნახევარტალღების რიცხვს. თუ მათ გამოვხატავთ იმ დროში, რა ხანგრძლივობითაც წარმოებს ღეროს შეკუმშვა, მაშინ მივიღებთ სრულიად დასრულებული სახის კრიტიკული ძალის ფორმულას

$$p_{კრ.} = \frac{T_0}{\tau} p_{ე} ,$$

სადაც

T_0 არის ღეროს განივი რხევის ძირითადი ტონის პერიოდი;

τ—ღეროს შეკუმშვის ხანგრძლივობა;

$p_{ე}$—ეილერული უმცირესი კრიტიკული ძალა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Лаврентьев, А. Ю. Ишлинский. Динамические формы потери устойчивости упругих систем. ДАН СССР, т. XIV, № 6, 1949.
2. А. С. Вольмир. Устойчивость упругих систем. ТИФМЛ, М., 1963.
3. И. И. Гольденблат. Динамическая устойчивость сооружений. М., 1948.
4. Н. Хофф. Продольный изгиб и устойчивость. ИЛ, М., 1955.
5. Л. Н. Воробьев. К вопросу о продольном изгибе при ударной нагрузке. Труды Новочеркасского политехнического ин-та, XXI (XXXV), работы строительного фак-та, 1949.
6. И. А. Бурнашев. Некоторые методы решения задачи о динамическом продольном изгибе стержней. ДАН УзССР, № 11, Ташкент, 1951.
7. Н. Д. Геня. Сопротивление деревянных стержней продольному удару. Автореферат, М., 1954.
8. Вернер Гольдсмит. Удар—теория и физические свойства соударяемых тел ИЛ, М., 1965.
9. О. И. Кацитадзе. К ударному продольному изгибу тонких стержней. Автореферат, Тбилиси, 1958.
10. Г. Н. Размадзе. Инженерное решение вопроса о распространении изгибных и крутильных волн в тонкостенных стержнях. Труды ГИСХа, т. 7—8, Сухуми, 1963.
11. В. Колоушек. Динамика строительных конструкций. М., 1965.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

МЕТАЛЛУРГИЯ

А. И. ТУТБЕРИДЗЕ, Л. Н. ОКЛЕЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ НА АВТОМАТСТАНЕ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 18.6.1966)

Распределение удельного давления при прокатке на автоматстане носит сложный характер. Экспериментальные исследования распределения удельного давления в зависимости от геометрии калибра автоматстана и толщины стенки гильзы проводились с помощью точечных мессдоз, вмонтированных в сектор валка (рис. 1). Мессдозы располагались в вершине калибра, на круглой части калибра, на границе круглой части с выпуском и на выпуске.

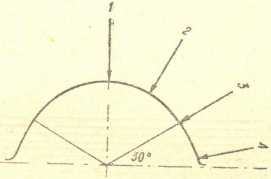


Рис. 1. Схема монтажа мессдоз

Гильзы прокатывались в калибрах с соотношением ширины калибра и его высоте 1,02; 1,04; 1,06; 1,08; 1,10.

Материалом для изготовления гильз служили свинец и алюминиевый сплав АМГМ.

Запись осциллограмм велась на осциллографе МПО-2 через восьмиканальный усилитель. Главным фактором характера распределения удельных давлений по длине контакта при прокатке в автоматстане является отношение диаметра гильзы к толщине стенки. В связи с этим 8,5; 6,5; 4,0 и 3,0 мм, т. е. с отношением диаметра к толщине стенки 7,1; 9,2; 15,0 и 20,0.

Высота калибра во всех случаях равнялась 55 мм. Диаметр оправки при прокатке с разным отношением $\frac{Д}{S}$ выбирался из условия сохранения постоянным относительного обжатия стенки гильзы.

Эксперименты проводились на лабораторном стане «дуо 200», $M=33$ квт, скорость вращения валков $V=0{,}2$ м/сек.

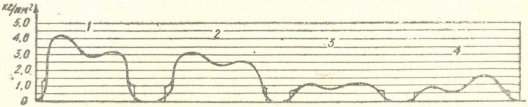


Рис. 2. Кривые распределения удельных давлений по длине дуги при прокатке гильз с отношением $\frac{D}{S}=7{,}1$

Как видно из приведенных кривых, во всех взятых нами калибрах характер распределения удельного давления при прокатке толстостенных гильз с отношением $\frac{D}{S}=7{,}1$ остается постоянным.

Пик кривой удельного давления в вершине и на круглой части калибра расположен ближе к входу металла в валки. Затем на границе круглой части с выпуском кривая имеет более плавный вид, а кривая удельного давления на выпуске опять имеет ярко выраженный пик, только теперь он расположен у выхода металла из валков.

Принципиально иной характер распределения удельного давления получен при прокатке тонкостенных гильз (соотношение $\frac{D}{S}=9{,}2$; 15,0; 20,0).

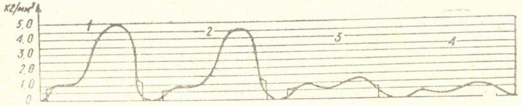


Рис. 3. Кривые распределения удельных давлений по длине дуги при прокатке гильз с отношением $\frac{D}{S}=9{,}2$; 15,0 и 20,0

Из приведенных кривых (рис. 3) видно, что во всех сечениях калибра кривые распределения удельного давления по длине контакта имеют максимум в плоскости, расположенной ближе к выходу металла из валков. Это значит, что удельное давление достигает максимального значения в зоне обжатия стенки, которая и должна приниматься во внимание в основном при расчетах удельного давления.

Из всего вышеизложенного следует сказать, что все существующие в настоящее время формулы расчета удельного давления [1, 2, 3, 4] выведены при допущении, что только зона обжатия стенки гильзы оказывает основное влияние на его величину.

Проведенные эксперименты показали необходимость ограничения применяемого допущения. Оно справедливо только для случая прокатки тонкостенных гильз и совершенно недопустимо при расчетах удельного давления при прокатке толстостенных гильз.

Прокатка гильз с различной толщиной стенки при постоянном наружном диаметре позволила установить отношение диаметра к толщине стенки гильзы, при котором происходит изменение характера кривых распределения удельного давления, соответствующего прокатке тонкостенных и толстостенных гильз.

В условиях проведенных экспериментов это отношение находится в интервале 7,0÷9,0.

Академия наук Грузинской ССР
Институт металлургии

(Поступило в редакцию 20.6.1966)

მეტალურგია

ა. თუთბერიძე, ლ. ოკლეი

ხვედრითი წნევის განაწილების გამოკვლევა ავტომატდგანზე გლინვის დროს

რეზიუმე

ექსპერიმენტულად დადგენილია ხვედრითი წნევის განაწილების კანონი დეფორმაციის კერაში ავტომატდგანში მილების გლინვისას. კალიბრში ჩადგმულია ოთხი წკირა მეზდოზა, რომელთა საშუალებითაც ჩაწერილ იქნა დიაგრამები.

როგორც გამოირკვა, დღემდე მიღებული დებულება იმის შესახებ, რომ ხვედრითი წნევის ანგარიშის დროს მხედველობაში არ არის მისაღები ხვედრითი წნევების მნიშვნელობები რედუცირების ზონაში, უნდა შეიზღუდოს.

სქელკედლიანი მილების გლინვისას ხვედრითი წნევის მნიშვნელობა სწორედ რედუცირების ზონაში აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას.

ციტირებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Чекмарев, Я. Л., Ваткин. Основы прокатки труб в круглых калибрах. Металлургиздат, 1962.
2. Ф. А. Данилов, А. З. Глейберг, В. Г. Балакин. Горячая прокатка труб. Металлургиздат, 1962.
3. А. П. Чекмарев, Л. П. Клименко. Экспериментальное исследование распределения удельных давлений на контактной поверхности при прокатке в калибрах. Обработка металлов давлением, XXXIX, Металлургиздат, 1960.
4. И. Я. Тарновский и др. Теория обработки металлов давлением. Металлургиздат, 1963.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ЭНЕРГЕТИКА

А. П. МИНДИАШВИЛИ

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

(Представлено членом-корреспондентом Академии П. Г. Шенгелия 26.9.1965)

Расчет водохранилищ многолетнего регулирования при любой сложности решаемой задачи можно производить обобщенным статистическим методом, который основывается на применении гидрологических рядов, смоделированных методом Монте-Карло [1].

Метод Монте-Карло (метод статистических испытаний) был сформулирован еще в 1949 г., однако широкое практическое применение он нашел после внедрения современных электронных цифровых вычислительных машин (ЭЦВМ).

В настоящее время метод применяется для решения различных задач физики, биологии, техники и т. д. путем построения ряда реализации случайного процесса.

Особенностью метода является его сравнительно малая точность при ограниченном количестве испытаний. Погрешность метода имеет порядок $\frac{1}{\sqrt{n}}$, где n—число испытаний. Увеличение точности связано со значительным увеличением числа испытаний n, а значит, и с увеличением машинного времени. Например, увеличение точности на один порядок приводит к стократному удлинению времени решения задачи. Поэтому метод не может дать решения с очень высокой точностью. Однако при практических расчетах метод обеспечивает точность порядка 0,01—0,001, вполне достаточную, например, для водохозяйственных и водноэнергетических расчетов.

Качество результатов вычислений методом Монте-Карло на электронной вычислительной машине определяют два основных фактора: качество случайных чисел и выбор рационального алгоритма счета.

Вопрос о выборе метода получения случайных чисел имеет первостепенное значение, ибо от него во многом зависит успех решения всей задачи.

Для моделирования какого-либо наперед заданного случайного процесса необходимо уметь достаточно экономно строить последовательности случайных чисел, соответствующих некоторым фиксированным законам распределения. Для решения водохозяйственных и некоторых других задач используются равномерно распределенные случайные числа.

Один из способов получения равномерно распределенных случайных чисел заключается в следующем. Случайные числа получаются на ЭЦВМ программным способом с помощью некоторого рекуррентного соотношения. Это означает, что каждое последующее число γ_{i+1} образуется из предыдущего γ_i путем применения некоторого алгоритма, состоящего из арифметических и логических операций. Такая последовательность чисел, не будучи случайной, тем не менее может удовлетворять различным статическим критериям случайности. Поэтому такие числа называются псевдослучайными.

Программа для получения псевдослучайных чисел на вычислительной машине „Стрела" была составлена И. М. Соболевым [2]. Она имеет отрезок апериодичности порядка 80 000. Д. И. Голенко составил программу с отрезком апериодичности 300 000 для той же машины [3].

Аналогичная программа, для получения равномерно распределенных в интервале (0,1) псевдослучайных чисел для машины БЭСМ, была составлена Г. К. Раковым. Она состоит из четырех команд:

$K+1$	66	(γ_1)	0107	$a+1$	Сдвиг на семь разрядов вправо,
$K+2$	66	(γ_1)	0007	$a+2$	„ „ „ „ влево,
$K+3$	22	$a+1$	$a+2$	$a+2$	Специальное сложение,
$K+4$	15	$a+2$	$a+2$	(γ_2)	Полученное случайное число.

Длина отрезка апериодичности для этой программы 50 000, качество случайных чисел несколько хуже, чем на „Стреле". Но, несмотря на это, случайные числа, полученные по этой программе, вполне пригодны для моделирования искусственных гидрологических рядов, применяемых для расчета регулирования речного стока.

Методика моделирования гидрологических рядов с учетом корреляционных (стохастических) связей разработана в Грузинском НИИЭ [1]. Метод непрерывных функций содержит четыре способа (А, Б, В, Г), а метод разрывных функций—один способ. Всеми пятью способами в 1960 г. были выполнены сравнительные расчеты вручную и выявлены положительные и отрицательные свойства каждого из них [1, 4].

На вычислительных машинах по специально составленным программам [5] расчеты проведены по способу Б и Г (метод непрерывных функций) и по методу разрывных функций. Для этой цели применялась функция распределения Пирсона

$$F(\gamma_i, a) = \frac{(a+1)^{a+1}}{\Gamma(a+1)} \int_0^{k_i} t^a e^{-(a+1)t} dt, \tag{1}$$

где

$$a + 1 = \frac{1}{C_v^2}.$$

Для каждого значения случайного числа γ_i определяется модульный коэффициент годового стока $k_i = \frac{w_i}{\overline{w}}$, где w_i—годовой объем стока, а $\overline{w}$—среднее его значение. Задача была запрограммирована для вычислительной машины „Стрела". Программа состояла из 406 команд, из которых 48 занимали вычисления параметров, а остальные—получение k_i по формуле Симпсона методом последовательных приближений. Оказалось, что формула Симпсона неприемлема, так как для нахождения одного значения k_i с тремя десятичными знаками в среднем требуется одна минута, что составляет около 17 часов машинного времени при моделировании 1000-летнего ряда.

По способу Б методом непрерывных функций были произведены расчеты на вычислительных машинах „Стрела-3" и „Урал-2". В машину вводилась таблица Фостера—Рыбкина и каждый модульный коэффициент годового стока находился двойной линейной интерполяцией. Программа для машины „Стрела-3" состоит из 80 команд. Таблица Фостера—Рыбкина занимает 750 ячеек оперативной памяти.

Недостаток этой программы состоит в том, что таблица занимает более 1/3 оперативной памяти и линейная интерполяция на концах кривой обеспеченности не гарантирует необходимую точность для коэффициента асимметрии C_s.

На основании рекомендации Л. Н. Большева, при $C_v \leqq 1$, когда $\frac{1}{C_v^2}$—целое число [6], удалось найти новый путь для моделирования гидрологических рядов.

В формулу (1) вводится следующее обозначение

$$(a+1)\,t = \frac{x}{2},$$

тогда

$$F(k_i, a) = \frac{(a+1)^{a+1}}{\Gamma(a+1)} \, \frac{1}{2^{a+1}(a+1)^{a+1}} \int_0^{2(a+1)k_i} x^a e^{-x/2} dx, \tag{2}$$

где

$$a = \frac{n}{2} - 1$$

и

$$\frac{n}{2} = \frac{1}{C_v^2}.$$

Следовательно,

$$F\left(k_i, \frac{n}{2} - 1\right) = \frac{1}{2^{n/2}\,\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \int_0^{nk_i} x^{n/2-1} e^{-x/2}\,dx.$$

Необходимо выполнение условия, что n является целым числом. Рассмотрим случай, когда n четное ($n = 2m$).

Если

$$nk_i = z_i = 2\,mk_i, \tag{3}$$

то

$$1 - \theta = \frac{1}{2^{n/2}\,\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \int_0^{z_i} x^{n/2-1} e^{-x/2}\,dx, \tag{4}$$

где θ—равномерно распределенные случайные числа в интервале (0,1).

Выражение (4) представляет собой χ^2-распределение. Следовательно, если $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$—независимые случайные величины, распределенные по одному и тому же нормальному закону [7]

$$\frac{1}{2\pi} \int e^{-x/2}\,dx,$$

то функция распределения величины

$$\eta = \xi_1^2 + \xi_2^2 + \cdots + \xi_n^2$$

будет χ^2-распределением.

Когда $n = 2$, из выражения (4) получим

$$\frac{1}{2} \int_0^{z_i} e^{-x/2}\,dx = 1 - e^{-z_i/2}, \tag{5}$$

$$\theta = e^{-z_i/2},$$

$$z_i = -2 \ln \theta. \tag{6}$$

Выражение (5) является χ^2-распределением, удовлетворяющим η_2, следовательно,

$$\eta_2 = -2 \ln \theta. \tag{7}$$

Когда $n = 2m$, можем написать

$$\eta_{2m} = \eta_2^{(1)} + \eta_2^{(2)} + \cdots + \eta_2^{(m)}, \tag{8}$$

где η_{2m} имеет χ^2-распределение, так как каждое $\eta_2^{(j)}$ имеет χ^2-распределение.

Учитывая равенства (3), (6), (7) и (8), можем написать

$$\eta_{2m} = \eta_2^{(1)} + \eta_2^{(2)} + \cdots + \eta_2^{(m)} = -2(\ln\theta_1 + \ln\theta_2 + \cdots + \ln\theta_m) = 2mk_i, \qquad (9)$$

или

$$2mk_i = -2(\ln\theta_1 + \ln\theta_2 + \cdots + \ln\theta_m),$$

и окончательно

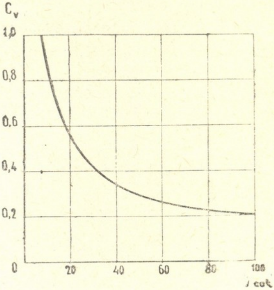
$$k_i = -\frac{\ln\theta_1 + \ln\theta_2 + \cdots + \ln\theta_m}{m} = \frac{\sum_{j=1}^{m}\ln\theta_j}{m}. \qquad (10)$$

Таблица 1

C_v	0,10	0,20	0,25	0,30	0,41	0,50	0,58	0,71	1,00
m	100	25	16	11	6	4	3	2	1

В табл. 1 указаны некоторые наиболее часто встречаемые на практике значения C_v, при которых можно найти модульный коэффициент годового стока.

Предлагаемый способ моделирования гидрологических рядов легко программируется. Программа была составлена нами для вычислительной машины БЭСМ-2. Она состоит из 16 команд, из которых четыре занимает программа получения случайных чисел, равномерно распределенных в интервале (0,1), а остальные 12 команд—программа нахождения модульного коэффициента годового стока.



Фиг. 1

$K+0$	00			$a+1$
$K+1$	00			$a+2$
$K+2$	00			$a+3$
$K+3$	66	(a)	0107	$a+4$
$K+4$	66	(a)	0007	$a+5$
$K+5$	22	$a+5$	$a+4$	$a+4$
$K+6$	15	$a+4$	$a+4$	(a)
$K+7$	00	a		0001

$K+8$	77			$k+x$
$K+9$	01	$a+3$	0002	$a+3$
$K+10$	22	$a+2$	(001)	$a+2$
$K+11$	75	$(00m)$	$a+2$	$k+3$
$K+12$	04	$a+3$	$(-m)$	(k_i)
$K+13$	22	$a+1$	(001)	$a+1$
$K+14$	75	$a+1$	(1000)	$k+1$
$K+15$	33			

В ячейке „a“ находится значение первого случайного числа.

Из формулы (10) и табл. 1 видно, что машинное время, необходимое для моделирования ряда, различно для разных значений C_v. В таблице 2 и на графике (фиг. 1) даются значения времени, необходимые для определения 1000 k_i и статистических параметров ряда ($\bar{k}$, C_v, C_s, r).

Таблица 2

C_v	0,1	0,2	0,25	0,30	0,41	0,5	0,58	0,71	1,0
t в сек	420	100	70	50	31	24	19	14	8

Был также смоделирован 10 000-летний гидрологический ряд при различных значениях C_v для установления степени стабилизации числовых значений параметров.

В табл. 3 приведены результаты расчетов при исходных значениях параметров: $\bar{k}=1$, $C_v=0{,}3$, $C_s=2C_v=0{,}6$.

Таблица 3

n лет	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10 000
$\bar{k}$	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
C_v	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
C_s	0,62	0,72	0,78	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80
r	−0,02	−0,02	−0,02	−0,02	−0,01	−0,01	−0,01	−0,01	−0,01	−0,01

Из данной таблицы видно, что, начиная с $n=1000$, параметры ряда настолько стабильны, что их изменения практически несущественны.

С помощью изложенного способа были получены многочисленные модельные ряды по схеме цепи Маркова. Эти ряды были использованы для расчета водохранилищ многолетнего регулирования [8].

Грузинской институт энергетики
им. А. И. Дидебулидзе
Тбилиси

(Поступило в редакцию 26.9.1965)

ენერგეტიკა

ა. მინდიაშვილი

მონტე-კარლოს მეთოდით ჰიდროლოგიური რიგების მოდელირებისათვის პროგრამის შედგენის ერთი მეთოდიკის შესახებ

რეზიუმე

ჰიდროენერგეტიკული ან წყალსამეურნეო ანგარიშების დროს წყალსაცავის მოცულობის განსაზღვრისათვის ჰიდროლოგიური რიგების მოდელირება წარმოებს გამოთვლითი მანქანის ოპერატიულ მეხსიერებაში ფოსტერ—რიბკინის ცხრილის შეყვანით, რასაც სჭირდება მეხსიერების მოცულობის ერთ მესამედზე მეტი. შრომაში მოცემულია ახალი ხერხი, რომელიც შესაძლებლობას იძლევა მოდელირება ჩატარდეს სპეციალური პროგრამით ცხრილის შეყვანის გარეშე. ასეთი მიდგომა ათავისუფლებს მეხსიერებას და იმავე დროს ზრდის რიგის სტატისტიკური პარამეტრების სიზუსტეს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Г. Сванидзе. Основы расчета регулирования речного стока методом Монте-Карло. Тбилиси, изд. „Мецниереба", 1964.
2. Н. П. Бусленко, Д. И. Голенко и др. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Физматгиз, М., 1962.
3. Л. Н. Большев и Д. И. Голенко. О псевдослучайных числах с равномерным и нормальным законами распределения, Методы программирования и решения задач на ЦВМ, вып. 36, 1959.
4. Г. Г. Сванидзе, И. С. Ишханян, А. П. Миндиашвили. Сравнительные расчеты по моделированию гидрологических рядов. Труды Ин-та энергетики, т. XV, 1961.
5. А. П. Миндиашвили. Моделирование гидрологических рядов методом Монте-Карло на вычислительной машине БЭСМ-2. Сб. докл. научн. конфер. аспирантов Тбилиси, 1965.
6. Л. Н. Большев. О преобразованиях случайных величин. Теория вероятностей и ее применение, М., т. IV, вып. 2, 1959.
7. Б. В. Гнеденко. Курс теории вероятностей. Физматгиз, М., 1961.
8. И. В. Хомерики. Некоторые результаты расчета многолетней емкости регулирующих водохранилищ на вычислительных машинах. Сб. докл. научн. конфер. аспирантов, Тбилиси, 1965.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

Ш. Л. БЕБИАШВИЛИ, И. А. ГОЛЬДШТЕЙН

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ КОЛИЧЕСТВЕ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ СЛОЖНЫХ УСТРОЙСТВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 30.6.1965)

К устройствам современной техники предъявляются очень жесткие требования в отношении их надежности. Поэтому не вызывает сомнения актуальность вопроса о количественных критериях надежности, по которым можно объективно сравнивать различные устройства и определять наилучшие условия их эксплуатации.

Существует много численных критериев надежности, наиболее важными из которых, как известно, являются вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднее время безотказной работы. Отличительная особенность этих параметров заключается в том, что для их определения необходимо проведение зачастую довольно длительных испытаний, которые иногда могут превосходить сроки морального старения устройства. Кроме того, бывает трудно проводить испытания одновременно многих устройств из-за экономических соображений или из-за уникальности некоторых устройств.

Очевидна необходимость определения оптимального количества испытаний устройств заданного функционального назначения, которое, с одной стороны, позволит с достаточной достоверностью определить среднее время безотказной работы типового устройства, а с другой стороны, будет находиться в рамках, ограниченных экономическими или другими соображениями.

1. Решим первую задачу. Введем следующие обозначения:

m—число испытываемых устройств или число испытаний одного устройства при условии, что после каждого испытания повреждения исправляются;

$T_{\text{ср}}$—среднее время безотказной работы типового устройства;

T_i—время безотказной работы i-го испытываемого устройства;

γ—доверительная вероятность того, что любое типовое устройство будет надежно функционировать $T_{\text{ср}}$;

β—правильная дробь $(0<\beta<1)$;

$P(T_i)$—плотность распределения T_i.

Итак, требуется найти $T_{ср}$ как функцию T_i и m, а затем найти зависимость m от γ.

Эксперименты по определению времени безотказной работы различных устройств показывают, что в большинстве случаев можно считать эту численную характеристику надежности распределенной по показательному закону, т. е.

$$P(T_i) = \frac{1}{T_{ср}} \exp\left(-\frac{T_i}{T_{ср}}\right). \qquad (1)$$

Математическое ожидание и дисперсия T_i будут соответственно

$$M(T_i) = T_{ср} \qquad (2)$$

и

$$D(T_i) = M(T_i^2) - (MT_i)^2 = T_{ср}^2. \qquad (3)$$

По m результатам (T_1, $T_2, \ldots, T_m$) методом максимального правдоподобия найдем наилучшую оценку для $T_{ср}$:

$$\widehat{T} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} T_i \qquad (4)$$

($\widehat{T}$—оценка $T_{ср}$).

Для математического ожидания и дисперсии $\widehat{T}$ имеем

$$M(\widehat{T}) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} M(T_i) = T_{ср}, \qquad (5)$$

$$D(\widehat{T}) = \frac{1}{m} \cdot D(T_i) = \frac{1}{m} \cdot T_{ср}^2. \qquad (6)$$

Формулы (5) и (6) связывают характеристики наилучшей оценки для среднего времени безотказного функционирования типового устройства с числом испытаний m и истинной величиной $T_{ср}$.

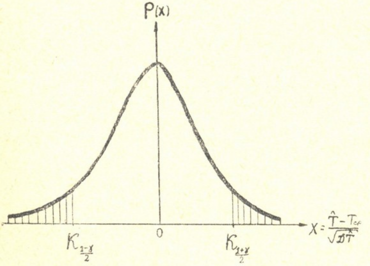


Рис. 1

Для того чтобы найти зависимость числа испытаний m от доверительной вероятности γ, необходимо задаться каким-либо определенным законом распределения вероятности случайной величины

$$\widehat{T} - P(x).$$

Однако для любого закона распределения имеет место равенство [1]

$$P\left(K_{\frac{1-\gamma}{2}} < \frac{\widehat{T} - T_{\text{ср}}}{\sqrt{D(\widehat{T})}} < K_{\frac{1+\gamma}{2}}\right) = \gamma, \tag{7}$$

которое иллюстрируется рис. 1. Оно дает интегральную (доверительную) вероятность γ того, что нормированное уклонение $\widehat{T}$ от $T_{\text{ср}}$ находится внутри интервала $(K_{\frac{1-\gamma}{2}}, K_{\frac{1+\gamma}{2}})$ где $K_{\frac{1\pm\gamma}{2}}$ определяется формулой

$$\frac{1 \pm \gamma}{2} = \int\limits_{-\infty}^{K_{\frac{1\pm\gamma}{2}}} P(x)dx. \tag{8}$$

Учитывая, что число испытаний m достаточно велико, без большой погрешности на основании центральной предельной теоремы теории вероятностей можно принять для $\widehat{T}$ нормальное распределение. Тогда величина $K_{\frac{1\pm\gamma}{2}}$ определится из выражения

$$\frac{1 \pm \gamma}{2} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int\limits_{-\infty}^{K_{\frac{1\pm\gamma}{2}}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt, \tag{8^1}$$

интеграл в котором является интегралом Гаусса.

Равество (7) представим в виде

$$P\left(\widehat{T} + K_{\frac{1-\gamma}{2}} \cdot \sqrt{D(\widehat{T})} < T_{\text{ср}} < \widehat{T} + K_{\frac{1+\gamma}{2}} \cdot \sqrt{D(\widehat{T})}\right) = \gamma. \tag{9}$$

С точки зрения надежности интерес представляет лишь нижний доверительный уровень.

Поэтому, используя (9), получаем

$$P\left(\widehat{T} + K_{1-\gamma} \cdot \sqrt{D(\widehat{T})} < T_{\text{ср}}\right) = \gamma. \tag{10}$$

Среднее время безотказной работы типового устройства с вероятностью γ превосходит величину

$$f_{\gamma}(m) = \widehat{T} + K_{1-\gamma} \cdot \sqrt{D(\widehat{T})} =$$

$$= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} T_i + K_{1-\gamma} \cdot \sqrt{\frac{1}{m}\left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} T_i\right)^2}. \tag{11}$$

Пользуясь выражением (11), можно получить зависимость требуемого числа испытаний m для того, чтобы с вероятностью γ истинное $T_{ср}$ превосходило определенную часть β выборочного среднего $\widehat{T}$. Для этого потребуем, чтобы нижняя граница $T_{ср}$ при различных γ оставалась неизменной и равной заданному T:

$$f_\gamma(m) = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} T_i \left[1 + \frac{1}{\sqrt{m}} \cdot K_{1-\gamma}\right] = T_з. \tag{12}$$

Приравняем $T_з$ к $\beta \cdot \widehat{T}$. Тогда равенство (12) примет вид

$$1 + \frac{1}{\sqrt{m}} \cdot K_{1-\gamma} = \beta. \tag{13}$$

Равенство (13) имеет смысл для $0{,}5 < \gamma < 1$, так как при этом

$$K_{1-\gamma} < 0 \quad \text{и} \quad 0 < 1 + \frac{1}{\sqrt{m}} \cdot K_{1-\gamma} < 1,$$

что соответствует условию $\beta < 1$ и $T > 0$.

Ограничение $0{,}5 < \gamma < 1$ не является существенным, так как в теории надежности достоверность γ должна быть близка к единице.

Окончательно имеем следующее выражение для решения поставленной задачи:

$$m = \frac{K^2_{1-\gamma}}{(1-\beta)^2}. \tag{14}$$

Приведем численные примеры.

Зададимся значением $\beta = 0{,}9$.

Если доверительная вероятность $\gamma = 0{,}970$, то $m = 360$. Увеличивая значение γ до $\gamma = 0{,}990$, получаем $m = 576$.

2. Рассмотрим вторую проблему.

Требуется рассчитать оптимальное число испытаний уникального устройства, чтобы, с одной стороны, общая длительность испытаний не оказалась слишком большой, а с другой—доверительная вероятность была достаточно близка к единице.

Если производится m испытаний устройства на среднее время работы (подразумевается, что после каждого испытания устройства повреждение исправляется), то, используя формулу (4), получаем выражение для длительности всех испытаний:

$$T_{исп} = m \cdot \widehat{T}. \tag{15}$$

Условия эксплуатации или технические условия задают количество аналогичных устройств n_i, которые с вероятностью P_i будут использоваться в конкретных условиях.

Принимая, что всего вариантов использования аналогичных устройств k, получаем выражение для среднего числа используемых устройств:

$$\overline{n} = \sum_{i=1}^{k} P_i \cdot n_i. \tag{16}$$

Длительность использования устройств в i-м случае (в перерасчета на длительность использования одного устройства) будет

$$n_i T_{\text{ср}} \geqq n_i \cdot \beta \cdot \widehat{T}$$

с вероятностью P_i того, что будут использоваться n_i устройств и достоверностью γ, означающей, что из n_i устройств у $[1-\gamma] \cdot n_i$ время работы будет меньше, чем $\beta \cdot \widehat{T}$.

Среднее число отказов (случаев, когда время работы устройства оказывается меньше, чем $\beta \cdot \widehat{T}$) найдем, используя (16):

$$\overline{n}_{\text{отк}} = \sum_{i=1}^{k} P_i n_i [1-\gamma] = \text{Const}. \tag{17}$$

Нахождение оптимального значения числа испытаний m свелось к нахождению минимума отношения длительности испытаний к длительности использования с учетом условия (17):

$$\min \left[\frac{m(\gamma, \beta)}{\beta \cdot \sum\limits_{i=1}^{k} n_i P_i} \right]. \tag{18}$$

Используем метод множителей Лагранжа.

Составим функцию

$$F(\gamma, \beta) = \frac{m(\gamma, \beta)}{\beta \cdot \sum\limits_{i=1}^{k} n_i P_i} + \lambda \sum_{i=1}^{k} P_i n_i [1-\gamma]. \tag{19}$$

Оптимальное значение m (или соответствующие ему значения γ и β) найдется из следующих уравнений Лагранжа:

$$\begin{gathered} \frac{\partial F(\gamma, \beta)}{\partial \gamma} = 0, \\ \frac{\partial F(\gamma, \beta)}{\partial \beta} = 0, \\ \sum_{i=1}^{k} P_i n_i [1-\gamma] = \text{Const}. \end{gathered} \tag{20}$$

Система уравнений (20) в общем виде полностью решает задачу выбора оптимального количества испытаний на надежность сложных устройств.

Выводы

1. Найдено необходимое число испытаний идентичных устройств для получения заданной достоверности того, что среднее время работы типового устройства окажется не меньше определенной величины.

2. Получено оптимальное число испытаний с точки зрения минимума отношения среднего времени испытаний к среднему времени работы.

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 1.7.1965)

ავტომატიკა და ტელემექანიკა

შ. ბებიაშვილი, ი. გოლდშტეინი

რთულ სისტემათა საიმედოობაზე გამოცდის ოპტიმალური რიცხვის შესახებ

რეზიუმე

გამოკვლეულია მოწყობილობათა საიმედოობაზე გამოცდის ოპტიმალური რიცხვის საკითხი.

ნაპოვნია იდენტურ მოწყობილობათა გამოცდის აუცილებელი რიცხვი, იმის სარწმუნოების მტკიცებით, რომ ტიპობრივ მოწყობილობათა საშუალო მუშაობის დრო არ იქნება განსაზღვრულ სიდიდეზე ნაკლები.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Ллойд, М. Липов. Надежность. Изд. „Советское радио", 1964.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

АВТОМАТИКА и ТЕЛЕМЕХАНИКА

Г. Н. ЦЕРЦВАДЗЕ

О СТОХАСТИЧЕСКИХ АВТОМАТАХ, АСИМПТОТИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНЫХ В СЛУЧАЙНОЙ СРЕДЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. Габашвили 1.7.1965)

В работе [1] М. Л. Цетлиным была рассмотрена задача поведения конечных автоматов в таких средах, которые реагировали на их действия (реакции) случайным образом. При этом предполагалось, что автомат воспринимает ту или иную реакцию среды как порицание (штраф) за его действие или как отсутствие такого порицания (нештраф) с некоторой заданной вероятностью. Было показано, что функционирование таким образом организованной сложной системы среда—автомат описывается конечной цепью Маркова. Была предложена конструкция автомата $L_{2n,2}$ (автомат с линейной тактикой), который при достаточной емкости памяти n производит почти такое же действие, вероятность штрафа за которое минимальна. Автоматы, обладающие таким свойством, называются асимптотически оптимальными.

В последующих работах [2, 3] были предложены различные конструкции автоматов с асимптотически оптимальным целесообразным поведением в случайных средах. Так, например, конструкция автомата $L^*_{2n,2}$, предложенная В. Ю. Криловым [2], обладает асимптотической оптимальностью в любых случайных средах. Настоящая работа посвящена изучению поведения одного класса стохастических автоматов в стационарных случайных средах.

Стохастический автомат задается уравнением выходного преобразователя $\lambda(t) = \Phi[\varkappa(t)]$, указывающим зависимость действия $\lambda(t)$ автомата в момент t от его состояния $\varkappa(t)$, и стохастическими матрицами $R_\rho = ||r_{ij}(\rho)||$ $(i, j = 1, 2, \dots, n)$. Причем матричные элементы $r_{ij}(\rho)$ имеют смысл вероятностей перехода автомата из состояния $\varkappa(t) = \varkappa_i$ в состояние $\varkappa(t+1) = \varkappa_j$ под воздействием входного сигнала $\rho(t)$. Так как мы ограничиваемся рассмотрением простейшего случая, когда все возможные реакции среды $\rho \in (\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_k)$ воспринимаются автоматом как относящиеся к одному из двух классов—классу благоприятных реакций (нештрафы, $\rho = 0$) и классу неблагоприятных реакций (штрафы, $\rho = 1$), то достаточно задать две стохастические матрицы $R_0 = ||r_{ij}(0)||$ и $R_1 = ||r_{ij}(1)||$.

Следуя М. Л. Цетлину, мы будем говорить, что автомат A функционирует в стационарной случайной среде $C \equiv C(p_1, p_2, \ldots, p_k)$, если значения входных сигналов и действия автомата связаны следующим образом: действие λ_α $(\alpha = 1, 2, \ldots, k)$, произведенное автоматом в момент времени t, порождает в момент $t+1$ значение $\rho = 1$ (штраф) с вероятностью p_α и значение $\rho = 0$ (нештраф) с вероятностью $q_\alpha = 1 - p_\alpha$.

Допустим, что стохастический автомат A, описываемый матрицами перехода R_0 и R_1, погружен в случайную среду $C=C(p_1, p_2)$. Тогда вероятность p_{ij} перехода автомата из состояния $\varkappa_i$ в $\varkappa_j$ определится из формулы

$$p_{ij} = p_{\alpha_i} r_{ij}(1) + q_{\alpha_i} r_{ij}(0), \tag{1}$$

где p_{α_i}—вероятность штрафа за действие $\lambda_{\alpha_i} = \Phi(\varkappa_i)$.

В большинстве интересующих нас случаев эта цепь является эргодической. Это означает, что существуют финальные вероятности состояний автомата в данной случайной среде, не зависящие от его начального состояния. Существование финальных вероятностей позволяет вычислить математическое ожидание штрафа автомата, которое и служить мерой целесообразности поведения автомата в данной случайной среде.

Если r_i—финальная вероятность состояния $\varkappa_i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, а σ_α $(\alpha = 1, 2, \ldots, k)$—сумма финальных вероятностей таких состояний $\varkappa_i$, которым отвечает действие $\lambda_\alpha = \Phi(\varkappa_i)$, то математическое ожидание штрафа M для автомата A в случайной среде $C(p_1, p_2, \ldots, p_k)$ выразится формулой

$$M(A, C) = \sum_{\alpha=1}^{k} p_\alpha \sigma_\alpha. \tag{2}$$

Автомат A обладает целесообразным поведением в случайной среде $C=C(p_1, p_2, \ldots p_k)$, если $M(A, C) \leqq M_0$, где $M_0 = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} p_i$ имеет смысл средней вероятности штрафа. Автоматы, для которых выполняется соотношение

$$\lim_{n\to\infty} M(A, C) = M_{min} = \min_i (p_i), \tag{3}$$

называются асимптотически оптимальными.

Рассмотрим поведение в стационарной случайной среде $C=C(p_1, p_2)$ стохастического автомата $W_{2,2}(\varepsilon, \eta)$, который имеет два состояния $\varkappa_1$,

$\varkappa_2$ и два действия λ_1, λ_2. Выходной преобразователь задан соотношениями $\lambda_1 = \Phi(\varkappa_1)$ и $\lambda_2 = \Phi(\varkappa_2)$. Матрицы переходов состояний итеют вид

$$R_1 = \begin{pmatrix} \varepsilon & 1-\varepsilon \\ 1-\varepsilon & \varepsilon \end{pmatrix}, \qquad R_0 = \begin{pmatrix} 1-\eta & \eta \\ \eta & 1-\eta \end{pmatrix},$$

где

$$0 \leqq \varepsilon \leqq 1/2, \qquad 0 \leqq \eta \leqq 1/2.$$

Функционирование автомата $W_{2,\,2}(\varepsilon, \eta)$ в среде $C(p_1, p_2)$ будет описываться матрицей переходных вероятностей

$$P = \begin{pmatrix} (1-\eta)q_1 + \varepsilon p_1 & (1-\varepsilon)p_1 + \eta q_1 \\ (1-\varepsilon)p_2 + \eta q_2 & (1-\eta)q_2 + \varepsilon p_2 \end{pmatrix}.$$

Уравнения для финальных вероятностей r_1, r_2 имеют вид

$$r_1 = [1-\eta)q_1 + \varepsilon p_1] r_1 + [(1-\varepsilon)p_2 + \eta q_2] r_2,$$

$$r_2 = [(1-\varepsilon)p_1 + \eta q_1] r_1 + [(1-\eta)q_2 + \varepsilon p_2] r_2,$$

$$r_1 + r_2 = 1.$$

Решая эти уравнения относительно r_1 и r_2 и пользуясь формулой (2), получаем

$$M[W_{2,\,2}(\varepsilon, \eta), C] = \frac{2(1-\varepsilon-\eta)p_1p_2 + \eta(p_1+p_2)}{(1-\varepsilon-\eta)(p_1+p_2) + 2\eta}.$$

Нетрудно показать, что величина $M[W_{2,\,2}(\varepsilon, \eta), C(p_1, p_2)]$ строго меньше средней вероятности штрафа $M_0 = \frac{1}{2}(p_1+p_2)$. Действительно,

$$M_0 - M[W_{2,\,2}(\varepsilon, \eta), C] = \frac{(1-\varepsilon-\eta)(p_1-p_2)^2}{2[(1-\varepsilon-\eta)(p_1+p_2) + 2\eta]} \geqq 0,$$

причем равенство достигается, очевидно, лишь тогда, когда $p_1 = p_2$, $\varepsilon + \eta = 1$.

Займемся теперь изучением функционирования в случайной среде $C = C(p_1, p_2)$ стохастического автомата $W_{2n,\,2}(\varepsilon, \eta)$ (автомат с квазилинейной тактикой), который является естественным обобщением автомата $W_{2,\,2}(\varepsilon, \eta)$. Этот автомат имеет $2n$ состояний $\varkappa_1, \varkappa_2, \ldots, \varkappa_{2n}$ и два различных действия λ_1 и λ_2. Выходной преобразователь задан соотношениями

$$\lambda_1 = \Phi(\varkappa_2) = \Phi(\varkappa_2) = \ldots = \Phi(\varkappa_n),$$
$$\lambda_2 = \Phi(\varkappa_{n+1}) = \Phi(\varkappa_{n+2}) = \ldots = \Phi(\varkappa_{2n}). \tag{4}$$

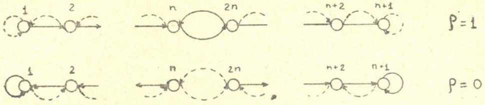


Рис. 1

Графы состояний автомата $W_{2n,\,2}(\varepsilon,\ \eta)$ приведены на рис. 1. Здесь сплошными стрельками обозначены переходы с вероятностью $1-\varepsilon$ и $1-\eta$ для $\rho=1$ и $\rho=0$ соответственно, а пунктирными—переходы с вероятностью ε и η для $\rho=1$ и $\rho=0$ соответственно.

Матричные элементы $r_{ij}(\rho)$ стохастической матрицы $R_\rho=\|r_{ij}(\rho)\|$, соответствующей этому графу, определяются формулами

$$
\begin{aligned}
&r_{ij}(0)=1-\eta, \quad \text{при} \quad i=2,\ 3,\ \dots,\ n,\ n+2,\ \dots,\ 2n,\ j=i-1,\\
&r_{11}(0)=r_{n+1,\,n+1}(0)=1-\eta,\\
&r_{ij}(0)=\eta, \quad \text{при} \quad i=1,\ 2,\ \dots,\ n-1,\ n+1,\ \dots,\ 2n-1,\ j=i+1,\\
&r_{n,\,2n}(0)=r_{2n,\,n}(0)=\eta, \qquad\qquad (5)\\
&r_{ij}(1)=1-\varepsilon, \quad \text{при} \quad i=1,\ 2,\ \dots,\ n-1,\ n+1,\ \dots,\ 2n-1,\ j=i+1,\\
&r_{n,\,2n}(1)=r_{2n,\,n}(1)=1-\varepsilon,\\
&r_{ij}(1)=\varepsilon, \quad \text{при} \quad i=2,\ 3,\ \dots,\ n,\ n+2,\ \dots,\ 2n,\ j=i-1,\\
&r_{11}(1)=r_{n+1,\,n+1}(1)=\varepsilon.
\end{aligned}
$$

Остальные элементы равны нулю.

Для финальных вероятностей $r_i\ (i=1,\ 2,\ \dots,\ 2n)$ система уравнений будет иметь следующий вид:

$$
\begin{aligned}
&r_1=Q_1r_1+Q_1r_2, && r_{n+2}=Q_2r_{n+1}+Q_2r_{n+2},\\
&r_2=P_1r_1+Q_1r_3 && r_{n+2}=P_2r_{n+1}+Q_2r_{n+3},\\
&\dots\dots\dots\dots && \dots\dots\dots\dots \qquad (6)\\
&r_k=P_1r_{k-1}+Q_1r_{k+1}, && r_{n+k}=P_2r_{n+k-1}+Q_2r_{n+k+1},\\
&\dots\dots\dots\dots && \dots\dots\dots\dots\\
&r_n=P_1r_{n-1}+P_2r_{2n}, && r_{2n}=P_2r_{2n-1}+P_1r_n.
\end{aligned}
$$

Условие нормировки

$$r_1+r_2+\dots+r_{2n}=1.$$

Величины $P_1,\ Q_1,\ P_2,\ Q_2$ определены соотношениями

$$
\begin{aligned}
&P_1=(1-\varepsilon-\eta)\,p_1+\eta, && Q_1=1-P_1,\\
&P_2=(1-\varepsilon-\eta)\,p_2+\eta, && Q_2=1-P_2. \qquad (7)
\end{aligned}
$$

Решая систему уравнений (6) относительно $r_1, r_2, \ldots, r_{2n}$ и подставляя полученные решения в формулу (2), получаем

$$M[W_{2n,2}(\varepsilon, \eta), C(p_1, p_2)] = \frac{\dfrac{p_1}{P_1^n}\,\dfrac{P_1^n - Q_1^n}{P_1 - Q_1} + \dfrac{p_2}{P_2^n}\,\dfrac{P_2^n - Q_2^n}{P_2 - Q_2}}{\dfrac{1}{P_1^n}\,\dfrac{P_1^n - Q_1^n}{P_1 - Q_1} + \dfrac{1}{P_2^n}\,\dfrac{P_2^n - Q_2^n}{P_2 - Q_2}}. \tag{8}$$

Можно показать, что $M[W_{2n,2}(\varepsilon, \eta), C]$ является убывающей функцией емкости памяти n и что при $\varepsilon < 1/2$, $\eta < 1/2$ и

$$M_{min} \leqq \frac{1}{2}\,\frac{1 - 2\eta}{1 - \varepsilon - \eta} \tag{9}$$

$$\lim_{n \to \infty} M[W_{2n,2}(\varepsilon, \eta), C] = M_{min}. \tag{10}$$

Нетрудно заметить, что автомат с линейной тактикой М. Л. Цетлина и стохастический автомат В. Ю. Крылова является частными случаями автомата с квазилинейной тактикой $W_{2n,2}(\varepsilon, \eta)$. В самом деле,

$$W_{2n,2}(0, 0) = L_{2n,2},$$

$$W_{2n,2}(1/2, 0) = L^*_{2n,2}. \tag{11}$$

Следует отметить то обстоятельство, что рассмотренный нами стохастический автомат $W_{2n,2}(\varepsilon, \eta)$ в стационарной случайной среде $C(p_1, p_2)$, где $p_1 \neq p_2$ не является целесообразным для всех ε и η таких, что

$$\varepsilon + \eta = 1. \tag{12}$$

Интерес представляет случай, когда $\varepsilon = 0$, $\eta = 1/2$. В этом случае

$$\lim_{h \to \infty} M[W_{2n,2}(0, 1/2), C] = M(L_{2,2}, C) = \frac{2 p_1 p_2}{p_1 + p_1}. \tag{13}$$

Это означает, что автомат с квазилинейной тактикой $W_{2n,2}(\varepsilon, \eta)$ при $\varepsilon = 0$, $\eta = 1/2$ и бесконечном увеличении емкости памяти стремится к такому поведению, при котором величина штрафа оказывается в среднем равной величине штрафа автомата с линейной тактикой с двумя состояниями.

В заключение укажем на то, что обобщение на случай любого числа k действий тривиально и в этом случае математическое ожидание штрафа выразится формулой

$$M[W_{kn,\,k}(\varepsilon,\,\eta),\ C(p_1,\,\ldots,\,p_k)] = \frac{\sum\limits_{j=1}^{k} \frac{p_j}{P_j^n}\,\frac{P_j^n - Q_j^n}{R_j - Q_j}}{\sum\limits_{j=1}^{k} \frac{1}{P_j^n}\,\frac{P_j^n - Q_j}{P_j - Q_j}}. \tag{14}$$

Можно показать, что стохастический автомат $W_{kn,\,k}(\varepsilon,\,\eta)$ также является асимптотически оптимальным.

Академия наук Грузинской ССР
институт электроники, автоматики
и телемеханики

(Поступило в редакцию 1.7.1965)

ავტომატიკა და ტელემექანიკა

გ. ცერცვაძე

შემთხვევით გარემოში ასიმპტოტურად ოპტიმალურ-სტოქასტური ავტომატების შესახებ

რეზიუმე

სტატიაში შეისწავლება ერთი კლასის სტოქასტური ავტომატების ფუნქციონირება ისეთ სტაციონალურ გარემოებში, რომლებიც შემთხვევით რეაგირებენ მათ მოქმედებებზე. ნაჩვენებია, რომ კვაზიწრფივი ტაქტიკის მქონე ავტომატი არის ასიმპტოტურად ოპტიმალური შემთხვევით გარემოში იმ აზრით, რომ მას ყველაზე მიზანშეწონილი მოქმედება აქვს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Л. Цетлин. О поведении конечных автоматов в случайных средах. Автоматика и телемеханика, т. XXII, № 10, 1961.
2. В. Ю. Крылов. Об одном автомате, асимптотически оптимальном в случайной среде. Автоматика и телемеханика, т. XXIV, № 9, 1963.
3. В. А. Пономарев. Об одной конструкции конечного автомата, асимптотически оптимального в стационарной случайной среде. Биофизика, т. IX, вып. 1, 1964.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ბოტანიკა

კ. ქიმერიძე

კავკასიაში ჭაობიანი მცენარეულობის გავრცელების კანონზომიერების საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. კეცხოველმა 2.7.1965)

ტორფიან-ჭაობიანების მცენარეულობა ფრიად მრავალფეროვანია, განსაკუთრებით თუ ეს ცნება გაგებული იქნება ფართოდ — როგორც ჭარბტენიანი ზედაპირების სპეციფიკური, ჰიგროფილური მცენარეული ტიპი. ამ ცნების ასეთი გაგება უფრო ლოგიკურიც ჩანს, რადგან როგორი ტიპის ჭარბწყლიან ზედაპირებზეც არ უნდა იყოს განვითარებული მცენარეულობა, მისი უმთავრესი კომპონენტებისათვის დამახასიათებელია ანალოგიური ბიომორფოლოგიური მომართულებანი. ამგვარად გაგებული ტორფიან-ჭაობიანი მცენარეულობა გავრცელებულია თითქმის ყველა კლიმატურ ზონაში ტროპიკებიდან მოყოლებული უდაბნოებამდე და არქტიკამდე. ასეთი ფართო გავრცელების გამო იგი ინტრაზონალურ ან აზონალურ მცენარეულ ტიპად იქნა მიჩნეული, მიუხედავად იმისა, რომ შესაბამის ლიტერატურაში არაერთხელ ყოფილა მითითებული ჭაობიანის ზოგიერთი ფორმაციის ზონალურობაზე.

ლიტერატურული მონაცემებისა [1—9] და მოპოვებული ფაქტობრივი მასალის ანალიზის საფუძველზე ირკვევა, რომ ტორფიან-ჭაობიანთა მცენარეულობისათვის დამახასიათებელია გავრცელების განსაზღვრული კანონზომიერება. ეს კარგად ჩანს კავკასიის მაგალითზე, ხოლო ევრაზიის ჩრდილო განედებისა და ჩრდილო ამერიკის ტორფიან-ჭაობიანების ზონალური გავრცელების თავისებურება ფართო ფაქტიურ მასალაზე დაყრდნობით დაასაბუთა ნ. კ ა ც მ ა [4,5]. მართალია ესა თუ ის ფორმაცია ხშირად გვხვდება რამდენიმე კლიმატურ ზონაში, მაგრამ უმეტეს შემთხვევაში გარკვეულ ლანდშაფტურ-გეობოტანიკურ სარტყელში წარმოდგენილია მათი მხოლოდ განსაზღვრული ტიპები. მაგალითად, ლელიანები, ერთი მხრივ, გავრცელებულია უდაბნოებისა და ნახევრად უდაბნოების ზონაში მდინარისპირა და ტბათა სანაპიროების ჭაობიანებში, ხოლო, მეორე მხრივ, გვხვდება ოლიგოტროფულ ტორფიანთა ზონაში. მაგრამ ამ უკანასკნელ შემთხვევაში განვითარებულია სფაგნუმიან-ლელიანები ან, უფრო ხშირად, მწვანეხავსიან-ლელიანები; ასეთი ტიპები კი არასდროს არ ვითარდება უდაბნოთა ან ნახევარუდაბნოთა ზონის ჭაობიანებში. ხშირად იდენტური ტიპის ტორფიან-ჭაობიანები გავრცელებულია განსხვავებულ კლიმატურ სარტყელში, მაგრამ ეს მიუთითებს არა ჭაობის მცენარეულობის აზონალურობაზე, არამედ მასზედ. რომ ჭაობგანვითარების ლოკალური ფაქ-

ტორები აჭარბებენ და ანიველირებენ ზონალური ფაქტორების, კერძოდ, კლიმატის ზეგავლენას. ამასთანავე, მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული, რომ ჭაობგანვითარების პროცესში ადგილობრივ ფაქტორთა მნიშვნელობის მხოლოდ ამა თუ იმ კლიმატურ ზონაში ვლინდება და ამდენად განმსაზღვრელი როლი მაინც ზონალური კლიმატის თავისებურებას მიეკუთვნება.

კლიმატისა და სხვა ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების მიხედვით საქართველო, და საერთოდ, მთელი კავკასია დიდი მრავალფეროვნებით ხასიათდება, რაც ტორფიან-ჭაობიანებისთვისაცაა დამახასიათებელი. კავკასიის მთიანეთში წარმოდგენილი რამდენიმე ფორმაცია მხოლოდ ერთ რომელიმე რაიონში გვხვდება, ჭაობიანის ზოგიერთი ტიპი კი მეტად ფართოდაა გავრცელებული. ამის მიუხედავად, ცალკეულ ლანდშაფტურ გეობოტანიკურ სარტყლისათვის დამახასიათებელია ჭაობის მცენარეულობის თავისებური კომპლექსი. ეს თავისებურება გამოხატულია, როგორც ჭაობიანთა ფლორაში და ტიპოლოგიურ შედგენილობაში, ისე ჭაობგანვითარების პროცესის მიმდინარეობაში.

კავკასიის მთიანეთში, უმთავრესად, გავრცელებულია ტბური წარმოშობის ჭაობიანები, რომლებიც განვითარების მიხედვით სხვადასხვაგვარია. მაგალითად, ჯავახეთის ზეგანზე, წალკის ქვაბულში, მთაბორჩალოსა და ლორის ზეგანზე არსებული ჭაობები ძირითადად წარმოქმნილია ტბათა კოლბოხოვანი დაჭაობების შედეგად. ამ ტიპის დაჭაობება მთავარ კავკასიონზე მეტად იშვიათი მოვლენაა და აღნიშნულია მხოლოდ მდ. ანდის-ყოისუს აუზში, ტბა ყეზენოი-ამ—ის სანაპიროებზე. დაჭაობების ეს ტიპი დამახასიათებელია ისეთი ტბებისათვის, რომელთა დონე მკვეთრ სეზონურ მერყეობას განიცდის.

ტბათა კოლბოხოვანი დაჭაობების პროცესში განმსაზღვრელი მნიშვნელობა Carex dichroandra-ს აქვს და, როგორც წესი, პირველ საფეხურზე ამ ისლით გაბატონებული ცენოზები ვითარდება. ასეთი ისლიანები ფართოდაა გავრცელებული მცირე კავკასიონზე 2200 მ-მდე ზღ. დ. მიუხედავად იმისა, რომ ეს ისლიანები დიდ ფართობზეა განვითარებული, ტიპოლოგიურად ფრიად ერთგვაროვანია, რაც ძირითადი ცენოტიპის შეზღუდული ეკოლოგიური თვისების მაჩვენებელია. ამ ტიპის ჭაობგანვითარების დასკვნით საფეხურზე, როგორც ამაზე ნ. კეცხოველი [1] მიუთითებს, ყალიბდება მდელო, რომელიც თავის მხრივ მთის ველებით შეინაცვლება.

აჭარის მთიანეთში და თრიალეთის ქედის დასავლეთ ნაწილში, აგრეთვე, დასავლეთ და ცენტრალურ კავკასიონზე ფრიად გავრცელებულია შვეულნაპირიან ტბათა ზედაპირული დაჭაობება. ამ ტიპის დაჭაობების პროცესში მონაწილეობს, *Carex limosa*, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre* და სხვა; აგრეთვე სფაგნუმისა და მწვანე ხავსების ზოგიერთი სახეობა. ამ გზით განვითარებული ჭაობიანები ზეწარივითაა გადაფარებული ტბის ზედაპირზე და ჩამოყალიბების პირველ საფეხურზე ძლიერ რყევადია, ხოლო დასკვნით სტადიაზე ძნელად განსხვავდება ტბათა გრუნტული დაჭაობებით წარმოქმნილ ჭაობიანებისაგან. დაჭაობების უკანასკნელი ტიპი საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული მთელ მთავარ კავკასიონზე, ხოლო მთის ქვედა სარტყლისა და დაბლობთა ტბების, აგრეთვე სხვა ტიპის წყალუხვი ზედა-

პირების დაჭაობებისას გაბატონებული მდგომარეობა აქვს. სხვადასხვა ფიზიკურ-გეოგრაფიულ გარემოში ამ ტიპის დაჭაობების პროცესში მონაწილეობს სახეობათა განსხვავებული ჯგუფი. დაბლობებში და მთის ქვედა სარტყელში წამყვანი მნიშვნელობა აქვს ლელს, ლაქაშსა და სხვა ამ ტიპის ბიომორფებს, აგრეთვე, ისლის ზოგიერთ სახეობას. მთის ზედა სარტყელში და სუბალპებში განმსაზღვრელია ისლის სახეობანი.

ცნობილია, რომ ჩრდილო ამერიკისა და ევრაზიის ჩრდილო განედების ტორფიან-ჭაობიანები უმთავრესად განვითარებულია ხმელეთის დაჭაობების შედეგად. ასეთი ტიპის დაჭაობება ჩვენში იშვიათია. უფრო მეტად გავრცელებულია გრუნტული და წყაროსწყლის კვების ჭაობიანები, რომლებიც მომეტებულ შემთხვევაში განვითარებულია ფლუვიგლაციალურ დანალექებზე და სხვა ტიპის აკუმულაციურ ზედაპირებზე, შედარებით იშვიათად კი საკმაოდ დაქანებულ ფერდობებზე. ისინი ჩვეულებრივ ევტროფული ბუნებისაა, თუმცა ზოგჯერ გვხვდება სფაგნუმიან-ისლიანების მეზოტროფული ჭაობიანი კომპლექსები. აღნიშნული ტიპის ჭაობიანები საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული მთავარ კავკასიონზე, მცირე კავკასიონზე კი მეტად იშვიათად გვხვდება. დასახელებული ტიპის ჭაობიანთა გავრცელების ასეთი განსხვავებულობა გაპირობებულია აღნიშნულ მთათა სისტემების ჰიდროგეოლოგიური რეჟიმის სხვადასხვაობით.

ხმელეთის დაჭაობებით წარმოქმნილ ტორფიან-ჭაობიანებს შორის თავისი ორიგინალობით გამოირჩევა ფერდობებზე განვითარებული ტორფიანები. იგი ვითარდება განსაკუთრებული კლიმატური რეჟიმის თანაპოვნიერებისას კავკასიონის ზოგიერთ რაიონში, რაც ძირითადად ხშირი ნისლიანობით გამოიხატება. ამ ტიპის ტორფიანები ჩვეულებრივ კომპლექსშია და სუქცესიურადაა დაკავშირებული დეკიანებთან და დეკიან-არყნარებთან. მათთვის დამახასიათებელია ერთ მეტრამდე სისქის ახალგაზრდა ტორფიანი დანაფენი, რომელიც ძირითადად *Sphagnum girgensohnii*-თაა შექმნილი. დაკიდებული ტორფიანები, როგორც წესი, ჩრდილოეთის ფერდობებზეა განვითარებული და მცირე ნაკვეთების სახით გავრცელებულია კოდორისა და ტებერდის აუზებში, აგრეთვე, დევდორაკის ხეობაში და მდ. ასას აუზში როგორც კლდოვანი, ისე გამყოლი ქედის ჩრდილოეთის კალთებზე.

მთავარი კავკასიონისგან განსხვავებით, მცირე კავკასიონის ტბური წარმოშობის ჭაობიანებში გავრცელებულია Scolochloeta festucaceae და Beckmannieta eruciformae. ეს ფორმაციები ტიპოლოგიურად მეტად ერთგვაროვანია და არ გვხვდება ზღვის დონიდან 2 200 მ-ზე მაღლა. მეორე მხრივ, მთავარ კავკასიონზე გავრცელებული ზოგიერთი ფორმაცია ან სრულიად არ გვხვდება მცირე კავკასიონზე ანდა მათი ხვედრითი მონაწილეობა ჭაობიანებში ძალიან უმნიშვნელოა. მაგალითად, კავკასიონის ალპური სარტყლისათვის ტიპიურია და საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული Cariceta dacicae და Cariceta kotschyanae, მცირე კავკასიონზე კი ამ ფორმაციათა ასოციაციები იშვიათად გვხვდება. აღნიშნული ფორმაციები, განსაკუთრებით Cariceta kotschyanae მხოლოდ ალპურ სარტყელშია გავრცელებული, მაგრამ თუ გვხვდება უფრო დაბლა მაშინ უეჭველად დაკავშირებულია ისეთ ჭაობიანებთან, რომლებიც გრუნტის ცივი წყლებით იკვებებიან. ამის გამო, ისინი იშვიათადაა სუქცესურად დაკავშირებული სხვა ტიპის ჭაობებთან. თუმცა, ამ მხრივ, უფრო ფართო ეკოლოგიურ ამპლიტუდას ამჟღავნებს Caricetа dacicae, რომლის მთავარი ცენოტიპი ჭაობგანვითარებას მეზოტროფულ სტადიამდე შესდევს და ხშირად sphagnosa -ს რიგის ასოციაციებს ჰქმნის. მაგრამ ამ ტიპის სფაგნუმიან-ისლიანები უმთავრესად სუბალპებშია გავრცელებული. საერთოდ, სფაგნუმიანი ჭაობები ალპურ სარტყელში მეტად იშვიათად გვხვდება, რაც ამ სარტყლის მკაცრი კლიმატითა და სუბსტრატის უარყოფითი ჰიდროთერმული რეჟიმითაა გამოწვეული.

კლიმატურ ფაქტორთა ცვალებადობაზე უმეტეს შემთხვევაში უშუალოდ რეაგირებენ სფაგნუმიანი ჭაობიანები. ძირითადად კლიმატის სიმშრალით შეიძლება აიხსნას ის გარემოება, რომ მთელ აღმოსავლეთ ამიერკავკასიაში, კასპიისპირეთიდან მოყოლებული ლიხის ქედამდე, ზღვის დონიდან 2000 მ-ის ქვემოთ სრულიად არ გვხვდება სფაგნუმიანი ჭაობიანები. ამ მხრივ, ერთგვარ გამონაკლისს წარმოადგენს თალიშის მთიანეთი, სადაც დაახლოებით 1000 მ. ზღ. დ. მითითებულია ამ ტიპის მცირე ჭაობიანი. მაგრამ, როგორც ცნობილია, აღნიშნული რაიონი ტენიანი კლიმატით ხასიათდება.

აღმოსავლეთ ამიერკავკასიის აღნიშნული ზონის ჭაობებში გაბატონებულია ლელიანები (Phragmitetum communis), რომელიც უმეტესად მაღალ, წმიდა შალდამებს ჰქმნის. საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული, აგრეთვე, ლაქაშიანები და კოკოზაჭილიანები. ლაქაშიანებიდან უფრო ხშირად გვხვდება Typhetum angustifoliae და Typhetum latifoliae, იშვიათად — Typhetum laxmanii, ხოლო კოკოზაჭილიანებიდან — Schoenoplectetum lacustris და Schoenoplectetum tebernemontani. აღნიშნული ასოციაციები ჩვეულებრივ ვითარდება მდინარისპირა წყალუხვ ზედაპირებზე და ნატბეურებზე; სუბსტრატი ახალგაზრდა ალუვიალური დანაფენების ან ტბური დანალექებისგანაა შემდგარი, ხოლო გრუნტის წყლის დონე მკვეთრ სეზონურ მერყეობას განიცდის. ამ ტიპის ჭაობიანები უმთავრესად დაბლობებზეა გავრცელებული — კასპიის ზღვის დონიდან მოყოლებული 800 — 900 მეტრამდე; მეტად იშვიათად გვხვდება მთის შუა სარტყელში, მცირე კავკასიონის ვულკანურ ზეგანზე არსებულ ტბათა სანაპიროების ჭაობიანებში კი მნიშვნელოვანი ფართობი უკავიათ. მათი გავრცელების ზედა საზღვარი საშუალოდ 1800 მ-ზე მდებარეობს, მაგრამ ხშირად ამ სიმაღლეზე განვითარებულია აღნიშნულ ფორმაციათა ისეთი ასოციაციები, რომლებიც ბარში იშვიათია ან სრულიადაც არ გვხვდება. მთის შუა სარტყლამდე საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული აგრეთვე Bolboschoenetum maritimus. იგი ლელიანთან და კოკოზაჭილიანთან ერთად, საკმაოდ ხშირად, ცოტად თუ ბევრად დამლაშებულ ჭარბწყლიან ზედაპირებზეც ვითარდება; ცენოლოგიურად მათი ანალოგიურია, მხოლოდ უფრო დაბალი ბალახნარით ხასიათდება. განხილული ზონის ჭაობიანებისათვის არაა დამახასიათებელი ტორფდაგროვება ანდა იგი შედარებით სუსტადაა გამოხატული (უმთავრესად მთის შუა

და ზედა სარტყელში), რაც ამ ტიპის ჭაობების წყლის რეჟიმის თავისებურებით და კლიმატის სიმშრალით არის გამოწვეული.

აღმოსავლეთ ამიერკავკასიისაგან განსხვავებით დასავლეთ საქართველოში სფაგნუმიანი ტორფიან-ჭაობიანი მცენარეულობა გავრცელებულია ზღვისპირიდან ალპურ სარტყლამდე, რაც ზღვის სუბტროპიკული ნოტიო კლიმატითაა გაპირობებული. კოლხეთის მთის შუა სარტყელში სფაგნუმიანი და საერთოდ ჭაობიანი მცენარეულობა თითქმის არ გვხვდება, მაგრამ ეს გამოწვეულია არა კლიმატის თავისებურებით, არამედ რელიეფის სიმკაცრით, რაც თავის მხრივ ეროზიის ბაზისთან კავკასიონის სიახლოვითაა გამოწვეული. კოლხეთის დაბლობის ტორფიან-ჭაობიანთა მცენარეულობა, როგორც ეს შესაბამის ლიტერატურაშია [2, 3, 4] მითითებული, ფრიად თავისებურია და განსხვავდება სხვა ქვეყნების ბარის ჭაობიანებისაგან. ამ მხარის ჭაობიანებს თავისებურ იერს აძლევს სფაგნუმიან ტორფიანზე ისეთი მცენარეების არსებობა, როგორიცაა: შქერი, იელი, კავკასიური მოცვი, ხეჭრელი, ეკალღიჭი, სამეფო გვიმრა და სხვა. მართალია, ამ ჭაობიანებს ბევრი რამ აქვთ საერთო ევრაზიის ჩრდილო განედების ტორფიან-ჭაობიანებთან როგორც ფლორისტიკულად, ისე სხვა ფიტოცენოლოგიური ნიშნების მიხედვით, მაგრამ აქ სრულიად არ გვხდება ჩრდილოეთის ტორფიანთათვის ტიპიური ნახევრად ბუჩქებისა და ბალახების მრავალი სახეობა.

კოლხეთის დაბლობის უტყეო ჭაობიანების ტორფიანებზე უმეტესად ხავსის საფარს ქმნის სფაგნუმის სახეობანი, რომელთაგან ყველაზე უფრო ხშირად გაბატონებულია *Sphagnum imbricatum*. ხავსის სინუზიის შექმნაში საკმაოდ ხშირად განმსაზღვრელი მნიშვნელობა აქვს *Sphagnum papillosum*-ს და *Sph. acutifolium*-ს. ხავსებით შექმნილ მთლიან საფარზე განვითარებულ ბალახოვან სინუზიაში ჩვეულებრივ გაბატონებულია *Carex lasiocarpa* ან *Molinia litoralis*. ჭაობიანის ჭარბწყლიან ნაწილში ხშირად გაბატონებულია, აგრეთვე, წყლის სამყურა (*Menyanthes trifoliata*). მათთან ერთად მონაწილეობს *Rhynchospora alba*, *R. caucasica*, *Drosera rotundifolia* და სხვა. სფაგნუმის მთლიან საფარზე ზოგჯერ ბალახეულ სინუზიას ქმნის ლელი ან *Cladium mariscus*. ჭაობიანთა ეს ელემენტები არეალის უმეტეს ნაწილში ჩვეულებრივ ერთსახოვანი შალდამების სახითაა წარმოდგენილი. აღმოსავლეთ ამიერკავკასიასთან შედარებით კოლხეთში ლელიანები გაცილებით სუსტადაა გავრცელებული, მაგრამ უახლოეს წარსულში იგი უფრო ფართოდ უნდა ყოფილიყო წარმოდგენილი, რაზეც მიუთითებს ტორფიანთა ქვედა ფენებში ლელის ნაშთის დიდი ხვედრითი მონაწილეობა. ასე რომ, ლელიანების შეზღუდული გავრცელება გამოწვეულია არა ეკოლოგიური გარემოს შეუსაბამობით, არამედ კოლხეთის ჭაობიანებში ტორფდაგროვების ხანდაზმულობით და, ამის შესაბამისად, ეკოფიტოცენოზური გარემოს შეცვლით. აღნიშნული ჭაობიანებისათვის დამახასიათებელია ინტენსიური ტორფდაგროვება, რაც ნოტიო თბილი კლიმატითა და ჭაობიანთა წყლის რეჟიმითაა გაპირობებული.

კოლხეთის დაბლობის ბალახოვან ჭაობიანებში ლელიანის ანალოგიურად სპორადულადაა გავრცელებული, აგრეთვე, ლაქაშიანები და კოკოზაჭილიანე-

ბი. ჭაობიანთა ამ ტიპიდან უფრო ფართოდ გავრცელებულია ჭილიანები (Iuncetum effusus) და მსხვილისლიანები. ამ უკანასკნელთაგან შედარებით დიდ ფართობზე გვხვდება Caricеta acutiformis. დასახელებული ტიპის ჭაობიანები ჩვეულებრივ კომპლექსშია ჭაობიან მურყნარებთან, რომელსაც კოლხეთის დაბლობის ფიტოლანდშაფტში დიდი მნიშვნელობა აქვს. საქართველოს ამ ნაწილში ინტენსიური ჭაობგანვითარების უმთავრეს მიზეზს, ნ. კეცხოველის [2] მიხედვით, ხმელეთის დაწევა წარმოადგენს. ამ მხრივაც კოლხეთის ზღვისპირეთი ორიგინალობით გამოირჩევა. სფაგნუმიან ჭაობიანთა უმეტესობა მეზოტროფულ სტადიაშია; მათი შეზღუდული ოლიგოტროფულობა გამოწვეულია სავეგეტაციო პერიოდში ჰაერის შეფარდებითი ტენიანობის სიმცირით.

კავკასიის მთის ზედა და სუბალპურ სარტყელში სფაგნუმიანი ჭაობიანები არათანაბრადაა გავრცელებული. ტორფიან-ჭაობიანთა ეს ტიპი ძირითადად გვხვდება კავკასიის ყელის დასავლეთ ნაწილში, აღმოსავლეთში კი იშვიათია. აღმოსავლეთ კავკასიონზე (მყინვარწვერიდან აღმოსავლეთით) იგი მხოლოდ რამდენიმე ადგილისთვისაა აღნიშნული და ისიც მის დასავლეთ ნაწილში. მათგან შეიძლება დავასახელოთ კაიშაურის ვულკანური პლატოსა და ბურსაჭირის უღელტეხილის ტბური წარმოშობის ჭაობიანები, აგრეთვე, დევდორაკის ხეობისა და ტარსკის ჭაობიანი, ხოლო უფრო აღმოსავლეთით მდ. არღუნის სათავეებთან ფლუვიგლაციალურ დანალექებზე განვითარებული ევტროფული ჭაობიანი კომპლექსი. აღმოსავლეთ კავკასიონზე ასევე შეზღუდულია ამ ტიპის ჭაობიანთა მთავარი ცენოტიპის — ტორფის ხავსების გავრცელება.

სფაგნუმიანი ჭაობიანები ანალოგიურადაა გავრცელებული კავკასიის სამხრეთ მთიანეთზეც. ამ ტიპის ჭაობიანები შედარებით ფართოდ გავრცელებულია აჭარის მთიანეთში და თრიალეთის ქედის დასავლეთ ნაწილში, ხოლო ჯავახეთის ზეგანზე უმთავრესად გვხვდება ფრაგმენტების სახით ზღვის დონიდან 2200 მ-ის მაღლა ევტროფულ ჭაობიან კომპლექსებში. უფრო აღმოსავლეთით სფაგნუმის არსებობა დადასტურებულია სომხეთის მთიანეთის ოთხ პუნქტში და თალიშში. ამასთან, ამ ჭაობიანების მცენარეულობაში მათი როლი მეტად უმნიშვნელოა. კავკასიის ყელის აღმოსავლეთ ნაწილის მთიანეთში ტორფის ხავსების და, საერთოდ, სფაგნუმიანი ჭაობიანების სპორადული გავრცელება იმის უტყუარი მაჩვენებელია, რომ იგი მეზოფილური მცენარეული ტიპების ანალოგიურად, უფრო ფართოდ იყო გავრცელებული გეოლოგიური წარსულის იმ პერიოდებში, რომლებიც ნოტიო კლიმატით ხასიათდებოდა.

ლიტერატურული მონაცემებისა და ჩვენი მასალების მიხედვით მთის ტორფიან-ჭაობიანები ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია ცენტრალურ და დასავლეთ კავკასიონის ჩრდილო კალთებზე. ეს გარემოება გაპირობებულია არა განსხვავებული კლიმატური პირობებით ან მცენარეულობის განსაკუთრებული ისტორიული წარსულით, არამედ ამ მხარის ოროგრაფიული თავისებურებებით. როგორც ცნობილია, კავკასიონის ჩრდილო კალთები უფრო განფენილია გამყოლი ქედების არსებობის გამო და რელიეფის მხრივ უფრო ხელსაყრელი პირობებია შექმნილი ჭაობგანვითარებისათვის. კავკასიონის ამავე

ნაწილის სამხრეთი კალთების კლიმატი არსებითად არ განსხვავდება ჩრდილო კალთების კლიმატისაგან, მაგრამ მეტად მკაცრი რელიეფით ხასიათდება. მაშასადამე, კლიმატის, როგორც მცენარეულობის ზონალური გავრცელების უმთავრესი ფაქტორის გავლენა, განსაკუთრებით, ტორფიან-ჭაობიანების მიმართ, ვლინდება მხოლოდ ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების განსაზღვრული კომპლექსის თანაპოვნიერებისას.

კავკასიის მთიანეთის ტორფიან-ჭაობიანებში უფრო ფართოდ გავრცელებულია Cariceta inflatae, Cariçeta dacicae, Cariceta canescenti, Menyantheta trifoliatae და სხვა. ამ ფორმაციათა sphagnosa-ს რიგის ასოციაციები ძირითადად განვითარებულია კავკასიის ყელის დასავლეთ ნაწილში. ხოლო ტორფიან-ჭაობიანების ზოგიერთი ტიპიური ფორმაცია, მაგალითად, Scheuchzerieta palustrae, Cariceta limosae, Cariceta lasiocarpae და სხვა თითქმის მხოლოდ კავკასიის დასავლეთ ნაწილისთვისაა დამახასიათებელი. დასახელებულ ფორმაციათა sphagnosa-ს რიგის ასოციაციები და საერთოდ, სფაგნუმიანი ჭაობიანები ძირითადად განვითარებულია ნაძვნარ-სოჭნარი ტყეების ან მეზოფილური ტიპის წიფლნარების ლანდშაფტში. ეს მითუფრო აღსანიშნავია, რომ სფაგნუმიანი ჭაობიანები ევრაზიის ჩრდილო განედებზე და ჩრ. ამერიკაში უმთავრესად დაკავშირებულია ტაიგის ლანდშაფტთან. ამ მხრივ, თითქმის სრული ანალოგია მჟღავნდება, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ თანამედროვე პერიოდში აღნიშნული ტიპის ლანდშაფტში ოპტიმალური ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობებია ტორფიან-ჭაობიანი მცენარეულობის განვითარებისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ბოტანიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 2.7.1965)

БОТАНИКА

К. Р. КИМЕРИДЗЕ

К ВОПРОСУ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОЛОТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА КАВКАЗЕ

Резюме

В работе рассматриваются закономерности распространения болотной растительности на Кавказе в связи с физико-географическими условиями. Установлено, что для определенного ландшафтно-геоботанического пояса характерен определенный комплекс болотной растительности. Эта определенность проявляется как во флористическом и типологическом составах болот, так и в ходе болотообразовательного процесса. На изменчивость климатических факторов в большинстве случаев непосредственно реагируют сфагновые болота. Болота этого типа почти не встречаются в Восточном Закавказье ниже 2000 м

н. у. м,. от Каспийского побережья до Сурамского хребта. В болотах этой территории не происходит процесс торфонакопления или же он выражен сравнительно слабо, главным образом в среднегорном или в верхнегорном поясах. Отмеченное своеобразие болот Восточного Закавказья обусловливается сухостью климата и специфичностью водного режима болот.

В Западном Закавказье сфагновые болота распространены от Черноморского побережья до альпийского пояса. Для болот данного района характерно интенсивное торфообразование, обусловленное влажносубтропическим морским климатом. Ограниченную олиготрофность болот Колхидской низменности определяет недостаточность относительной влажности воздуха в период вегетации.

Сфагновые болота в верхнегорном и в субальпийских поясах Кавказа в основном встречаются в западной части Кавказского перешейка. В восточных частях Большого и Малого Кавказа этот тип растительности или его основные ценотипы — сфагновые мхи — отмечены лишь для нескольких пунктов. Это обстоятельство, безусловно, указывает, что сфагновые болота были более широко распространены в те периоды геологического прошлого страны, которые отличались сравнительно влажным климатом.

Горные торфяные болота более широко распространены на северных склонах Центрального и Западного Кавказа, что детерминируется не климатическими отличиями или особенностями исторического прошлого растительности, а своеобразностью орографии этого края. В альпийском поясе Кавказа сфагновые болота встречаются весьма редко, что непосредственно зависит от сурового климата этого пояса и отрицательного гидротермического режима субстрата.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ნ. კ ე ც ხ ო ვ ე ლ ი, საქართველოს მცენარეულობის ძირითადი ტიპები. ტფილისი, 1935.
2. ნ. კ ე ც ხ ო ვ ე ლ ი, საქართველოს მცენარეული საფარი. თბილისი, 1960.
3. В. С. Доктуровский. Материалы по изучению торфяников Закавказья. Почвоведение, № 2, 1936.
4. Н. Я. Кац. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М., 1948.
5. Н. Я. Кац. О типах болот и их размещении в холодной и умеренной зонах северного полушария. Почвоведение, № 6, 1958.
6. А. А. Колаковский. Основные фитоландшафты приморской низменности южной Абхазии. Труды Тбилисского бот. ин-та АН ГССР, т. XII, 1948.
7. Я. И. Мулкиджанян, А. М. Барсегян, Т. Г. Асланян. Материалы к флоре и растительности висячих, ключевых болот г. Чкнавор Мегринского района Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, биолог. науки, т. XV, № 2, 1962.
8. А. Л. Тахтаджян. К познанию водной растительности Лорийской нагорной равнины. Труды Биол. ин-та АрмФАНа, вып. I, 1939.
9. И. И. Тумаджанов. Очерк болотной растительности долины Теберды. Труды Тбилисского бот. ин-та АН ГССР, т. XII, 1948.

ᲡᲐᲥᲐᲠᲗᲕᲔᲚᲝᲡ ᲡᲡᲠ ᲛᲔᲪᲜᲘᲔᲠᲔᲑᲐᲗᲐ ᲐᲙᲐᲓᲔᲛᲘᲘᲡ ᲛᲝᲐᲛᲑᲔ, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

СЕЛЕКЦИЯ

И. С. КАПАНАДЗЕ

ЯВЛЕНИЕ МНОГОЗАРОДЫШЕВОСТИ У ПОМЕРАНЦЕВЫХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Л. Декапрелевичем 11.1.1965)

Цитрусовые эмбриологически являются весьма интересным объектом, так как, помимо генеративных зародышей, они развивают и нуцеллярные, причем последних образуют намного больше, чем сексуальных.

Нуцеллярная многозародышевость сыграла большую роль в сохранении и развитии вида, поэтому изучение причин возникновения и развития добавочных зародышей имеет как теоретическое, так и практическое значение.

Ввиду того что многие производственные формы пупочных (*Washington navel*), сатсумовских (*C. Unshiu* Marc.), валенсийских (Walensia), сетчатых (C. reticulata Blanco) апельсинов, а также лимонов, грейпфрутов и других цитрусовых имеют нуцеллярное происхождение, нуцеллярная селекция в выведении новых сортов приобрела большое значение.

Исключительный интерес представляет вопрос о причине образования добавочных зародышей. Бесконечное существование, усовершенствование живой материи совершается сменой поколений. Смена поколений в растительном мире может произойти как половым, так и бесполым путем. Каждый живой организм, каждое растение образуется в результате слияния мужской и женской особи. Поэтому любой организм генетически двойствен. Слиянием мужской особи с женской получается зигота, которая, проходя свой цикл развития, на определенном этапе превращается в зародыш. Зародыш с момента наклевывания приступает к прохождению вегетативного цикла, образует надземную и подземную часть и на каком-то этапе вегетативного развития наступает половая зрелость. Во время половой зрелости обыкновенные соматические клетки расчленяются на те мужские и женские особи, из которых они возникли. Таким образом, посредством слияния мужских и женских гамет строится организм, а к моменту половой зрелости он расчленяется.

Соматические клетки не могут сами по себе без особых условий ни построиться, ни разрушиться. Для этого живые организмы развивают специальные зародышевые органы: завязь (генециум) и пыльник (андроциум). В завязи соматические клетки распадаются на мужские и женские особи, причем при развитии мегаспор мужская особь исключается из развития в виде погибших ядер, а женская особь развивается в яйцеклетку. В пыльниках соматические клетки также распадаются на мужские и женские особи, а при развитии мужского гаметофита в виде вегетативного ядра погибает женская особь. Для прохождения перечисленных половых процессов живые организмы строго требуют те условия, в которых возникли их архигенные формы. Что касается прохождения вегетативных циклов, то растения могут приспособиться к колебаниям внешних факторов и не потребовать аналогичную среду их возникновения.

Если при геологическом изменении и расселении растений в новых местностях требуемых условий для образования генеративных органов нет, то растительные организмы или погибают, или приобретают новое свойство размножаться бесполым путем.

Надо думать, что внешняя среда стала причиной перехода померанцевых на бесполое размножение, выражающееся в нуцеллярной полиэмбрионии. Исходя из этого, нуцеллярная полиэмбриония есть то же самое бесполое размножение, что и почковое, его можно отождествлять с почковыми клонами материнского растения с тем различием, что почки, возникая из вторичной меристемы, продолжают развитие с того периода, на котором находится генотип, а нуцеллярные зародыши, возникая из первичной стадийно более молодой меристемы, сызнова начинают развитие так же, как и гибридные зародыши. В результате этого обстоятельства нуцеллярные сеянцы вступают в пору плодоношения так же поздно, как и гибридные. Среди нуцеллярных сеянцев появляются колючие, сильнорослые, неофиотические материнские разновидности и ряд других форм. Если обсудить нуцеллярную полиэмбрионию в эволюционном аспекте, то она для вида прогрессивное явление, поскольку, наряду с половым процессом, выступает в роли развития и расцвета померанцевых. Суммируя изложенное, можно прийти к выводу о том, что явление полиэмбрионии по своей генетической значимости — интерактуальный процесс между почками и половым размножением.

Благодаря нуцеллярной многозародышевости возникли высокорепродуктивные сравнительно морозоустойчивые вариации: из升шиу — Сильверхилл Сатсума, новые сорта Сочинской селекции и Сухумской опытной станции, проходившие недавно государственные испытания, из танжерина — Клементин, Денси, Миниола (производственные сорта США), Бюти (широко распространенный сорт в Австралии, в штате Квисленд) и из других цитрусовых — целый ряд коммерческих форм апельсинов, лимонов, грейпфрутов [1, 2].

Естественно ставится вопрос, что заставило померанцевые, помимо полового процесса, приобрести явление нуцеллярной многозародышевости и что за фактор детерминировал переход к бесполому размножению?

Как выяснилось, цитрусовые относятся к группе полуксерофитной флоры [3, 4]. В процессе эволюции они боролись против жары и засухи. В первичных центрах происхождения репродуктивная деятельность цитрусовых приурочивается к засушливому периоду. Поэтому, во избежание водного голодания зародышей, они развили водоносную паренхиму, состоящую из соковых мешочков.

Надо отметить, что до образования соконосной ткани семяпочки обеспечиваются водой мезокарпной тканью, т. е. альбедо. У апельсинов с отделяющейся кожурой с момента приступления соковых мешочков к своей функциональности альбедо начинает разрушаться и к периоду пожелтения плода оно полностью исчезает, а у апельсинов с неотделяющейся кожурой альбедо функционирует вместе с соковой тканью до опадения плода и лишь только частично претерпевает атрофию.

Указанное свойство померанцевых наследственного характера и закономерно проявляется при всех условиях. В альбедо и соковых мешочках накапливается вода и, когда ее в почве нет и она не подается растением семяпочке, зародыши обеспечиваются водой, запасенной указанными тканями.

В первичных центрах происхождения цитрусовых водный фактор во время плодоношения всегда в минимуме, но в некоторые годы он может представляться ниже минимума или вовсе отсутствовать. В таких случаях создаются крайние условия существования для зиготы и прозародыша, вызывающие их гибель. Наряду с этим, возможно, когда-то происходила континентализация первичных очагов происхождения цитрусовых. Вследствие этих обстоятельств происходила полная ликвидация полового размножения, т. е. гибли зигота и зародыши и в такой критический момент цитрусовые перешли на размножение бесполым путем, обеспечивающимся почкованием нуцеллуса. Выясняется, что вода выступила в качестве «ограничивающего фактора» Блекмана. Поскольку образование добавочных эмбрионов связано с половым актом, явление нуцеллярной полиэмбрионии представляет собой промежуточный процесс между половым и почковым размножением, поэтому в прогрессивной изменчивости оно сыграло положительную роль в усовершенствовании и усложнении померанцевых.

Названные факты дают повод заключить, что явление нуцеллярной полиэмбрионии — архингенный наследственный признак, вызванный дефицитом воды.

Появление наследственных признаков находится в непосредственной связи с внешними факторами. В одних условиях они проявляются в высокой степени, в других — в низкой. Вследствие этого, по месту произрастания и культивирования у цитрусовых полиэмбриония сказывается по-разному [5]. В неподходящих условиях существования, где водный фактор в дефиците, она усиливается, а в противоположных ослабевает.

Одна ветвь цитрусовых, переселяясь из Ассамского района в Восточную Азию, в центральную и юго-восточную часть Китая и попав в худшие безводные условия, приобрела способность к сильной многозародышевости. К этой ветви относятся все апельсины с отделяющейся кожурой. Другая ветвь цитрусовых, распространившись на юг и находясь в более подходящих условиях в смысле обеспечения водой, стала слабомногозародышевой. Это цитрусы с большими плодами (Пумелло и Шеддок). Третья ветвь, попав в Переднюю Азию и Арабские страны и находясь в культуре, еще больше ослабила способность образования добавочных зародышей (европейские лимоны и цитроны). Как видно, эволюционирование цитрусовых в разных физических условиях вызывало унаследование многозародышевости в различной степени. По этому признаку на первом месте стоят мандарины, на втором — апельсины и все цитрусы с большими плодами и на третьем — цитроны и европейские лимоны [6].

Выше говорилось о том, что цитрусовые для перенесения безводия развивают две ткани: альбедо и соковые мешочки, являющиеся приспособительными элементами, предназначенными для обеспечения семяпочек. Помимо этого, для адаптации к безводным условиям семяпочки имеют особое гистологическое строение. У цитрусовых семяпочка развивает два толстых интегумента и нуцеллус. Нуцеллус, во избежание солнечного перегрева, обвернут покровным слоем, который состоит из однослойных изодиаметральных толстых клеток, имеющих гомогенизированный протопласт, пропитанный глюкозидами и глицизирином (рис. 1, 2).

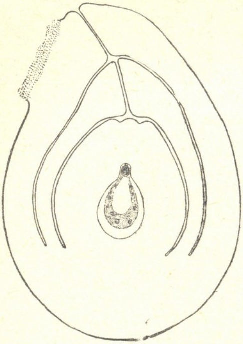


Рис. 1

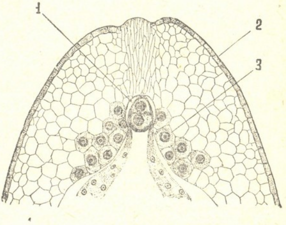


Рис. 2

Нуцеллус развивается из апикальной первичной меристемы, поэтому он по строению, структуре и особенно по физиологическому состоянию ничем не отличается от апикальной меристемы почки. Он в громадном количестве содержит крахмал, витамин С, белок и воду. Как до, так и после образования эндосперма нуцеллус обеспечивает зиготу питательными веществами и водой. Наряду с цитрусовыми, по многозародышевости исключительный интерес заслуживает манго [7]. Так же как у померанцевых, образование нуцеллярных зародышей у манго происходит из нуцеллуса. Развитие последних связано лишь с процессом оплодотворения, наблюдается вспышка по образованию добавочных зародышей в случае гибели генеративного, соответственно затягиванию покоя зиготы возрастает численность адвентивных эмбрионов, наблюдаются едно- и многозародышевые расы и в видовом разрезе различная степень проявления многозародышевости.

При использовании рентгеновских лучей окончательно было доказано, что образование нуцеллярных зародышей связано с процессом оплодотворения [8]. Пыльца, однократно облученная пыльца 5000 р и выше, нормально прорастает и изливает свое содержимое в зародышевый мешок, но трубки развиваются без генеративных ядер, так как при такой дозе облучения спермогенез не происходит. Поэтому при скрещивании пыльцой, облученной указанной дозой, ни генеративных, ни нуцеллярных зародышей нет. У пыльцы, облученной летальными дозами, вследствие губительного ионизирующего последействия, инициальное ядро погибает. Однако все те вещества, из которых оно состоит остаются в плазме и переносятся пыльцевой трубкой в зародышевый мешок. Можно предполагать, что в генеративном ядре вырабатываются какие-то зародышевые гормоны, которые из мужской особи передаются нуцеллярным клеткам и обусловливают их превращение в соматические зародыши.

Может возникнуть вопрос, что эти сексуальные гормоны должны существовать как в ядре, так и в плазме, но ионизирующее последействие делает их генетически негодными. На Сухумской опытной станции существует триплоидный цитрандж (3n=27), причем он имеет от красномясистого апельсина два набора хромосом и один от трифолиата. У гибрида, как у настоящих фертильных диплоидов цитрусовых, возникают живые пыльцевые зерна, но при прорастании последних первичное ядро претерпевает элиминацию, поэтому при опылении фертильных форм померанцевых пыльцой этого гибрида семена не завязываются. Если названные зародышевые гормоны были бы локализированы в плазме, тогда образовались бы семена, носящие только нуцеллярные зародыши.

Зародышевые гормоны, по всей вероятности, выделяются мужской особью на определенной фазе развития и в определенных условиях. Неоднократно наблюдалось, что в абортивный зародышевый мешок изливались спермоклетки, но в таких семяпочках нуцеллярные зародыши не образовывались. Это обстоятельство указывает на то, что зародышевые гормоны выделяются мужской особью после слияния спермия с яйцеклеткой. Вместе с тем, надо допустить, что нуцеллярная полиэмбриония является результатом взаимовлияния мужских и женских особей, т. е. зависит не только от донора, но и от реципиента. Об этом свидетельствует тот факт, что, когда в роли материнского растения выступают однозародышевые расы, дополнительные зародыши не развиваются [9].

Приведенный материал говорит о том, что способность образовывать померанцевыми добавочные сеянцы является результатом приспособительной ксерофилизационной изменчивости, вызванной дефицитом водного фактора. Развитие адвентивных зародышей всецело связано с половым актом. Многозародышевость весьма положительное явление, поскольку она направлена на пользу вида и по своей генетической значимости занимает промежуточное положение между почками и половым обновлением.

Всесоюзный институт растениеводства
Сухумская опытная станция
Субтропических культур

(Поступило в редакцию 20.1.1965)

სელექცია

ი. კაპანაძე

ნარინჯოვანებში პოლიემბრიონის მოვლენა

რეზიუმე

ნარინჯოვანები თავიანთი წარმოშობის პირველდაწყებით ცენტრებში იმყოფებოდნენ ძლიერი სიცხისა და გვალვის პირობებში. მათ უდგებოდათ ისეთი პერიოდები, როდესაც სრულ უწყლობას განიცდიდნენ. ამ დროს მათ არ შეეძლოთ სქესობრივი თაობის წარმოშობა. ამიტომ გადავიდნენ უსქესო გამრავლებაზე — ნუცელიუსის დაკვირტვით. ამგვარად, ნუცელარული პოლიემბრიონია შეძენილი მემკვიდრული თვისებაა და გამოწვეულია ჰიდროფაქტორის დეფიციტით.

იმის გამო, რომ ნუცელიარულმა პოლიემბრიონიამ სქესობრივ გამრავლებასთან ერთად დადებითი როლი შეასრულა ციტრუსოვანთა სრულყოფასა და აყვავებაში, ის თავისი გენეტიკური მნიშვნელობით ინტერაქტუალური მოვლენაა კვირტითა და სქესობრივ გამრავლებას შორის.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. L. D. Batchelor, T. W. Cameron. Nucellar seedling strains of Citrus. Florida state Horticultural society, 1949.
2. E. Frost, B. Howard. Nucellar embryony and juvenile characters in clonal varieties of Citrus. J. Hered, 29, 1938.
3. И. С. Капанадзе. О ксерофитности и морозойкости цитрусовых. Субтропические культуры, № 1, 1964.
4. И. С. Капанадзе. К вопросу приспособительной изменчивости цитрусовых. Субтропические культуры, № 4, 1964.
5. И. С. Капанадзе. Влияние внешних факторов на многозародышевость у померанцевых. Сообщения АН ГССР, т. XVII, № 2, 1956.
6. И. С. Капанадзе. К вопросу о степени полиэмбрионии у цитрусовых. Сообщения АН ГССР, т. XXI, № 2, 1958.
7. R. C. Sachar, R. N. Chopra. A Study of the endosperm and embryo in Mangifera L. Iudian J. Agriculbural science, vol. XXVII, 1957.
8. И. С. Капанадзе. Ионизирующие последствия рентгеновских лучей на спермии. Сообщения АН ГССР, т. XXIX, № 6, 1962.
9. И. С. Капанадзе. Изучение явления нуцеллярной многозародышевости у померанцевых при скрещивании одно- и многозародышевых форм. Автореферат, 1952.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

МИКРОБИОЛОГИЯ

Н. И. ЯКОБАШВИЛИ

К ВОПРОСУ О ПИТАНИИ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ДРОЖЖЕВЫМИ ГРИБКАМИ

(Представлено академиком АН ГССР Л. И. Джапаридзе 3.8.1965)

В работах многих авторов [1—4] установлена роль микроорганизмов в питании водных беспозвоночных.

Эксперименты, выполненные А. Г. Родиной [5] над дафниями, показали, что дафнии хорошо растут и развиваются, потребляя в качестве корма дрожжи, хотя ранее Н. С. Гаевская [6] пришла к отрицательному выводу в отношении пищевой ценности дрожжевых грибков для беспозвоночных.

Н. С. Константинова [7] выращивала олигохет, используя кормовые дрожжи. В работах Г. Л. Марголиной [8] отмечается довольно частое нахождение дрожжевых грибков в кишечниках водных беспозвоночных. Но их нахождение в кишечниках тех или иных групп организмов еще не говорит о том, что они усвоены этими организмами. Так, например, у дафнии вес усвоенных за сутки водорослей составлял 7,5% от веса тела, а у циклопов — 0,03 — 0,07%, т. е. был в 100—200 раз меньше, несмотря на то что при вскрытии в их кишечниках были обнаружены живые клетки протококковых водорослей в 80—90% случаев [9].

Для решения вопроса об усвоении различных пищевых объектов применялись радиоизотопы C^{14} и P^{32}.

Первые опыты в этом направлении были проделаны А. Г. Родиной и А. С. Трошиным [4], которые применили P^{32}. Позже [10] Ю. И. Сорокин и А. Н. Мешков [10] для изучения питания водных беспозвоночных применили изотоп углерода C^{14}, который прочнее связан в теле животных, чем фосфор.

Путем применения изотопа C^{14} изучалось питание тендипедид и олигохет [11—12], *Cladocera*, *Copepoda* [13—14], коловраток [15] и других водных животных. Но эти опыты проводились с использованием в качестве корма бактерий и водорослей. Что касается дрожжевых грибков, то количественные данные об их кормовой ценности отсутствуют. Поэтому при изучении дрожжевых грибков внутренних водоемов Грузии, наряду с вопросами систематики и распределения дрожжей, нами был рассмотрен вопрос их пищевого значения для беспозвоночных.

Для проведения опытов были взяты массовые виды водных беспозвоночных: *Dophnia longispina*, *Simocephalus espinosus*, *Simocephalus vetulus*, *Bosmina longirostris*, *Diaptomys gracilis*, *Schirocerca deversicornis* *Anisus vortex*, *Chironomys plumosus*.

Для настоящей работы была применена методика, описанная Ю. И. Сорокиным [16]. В качестве критерия интенсивности и эффективности питания использовалась величина суточного индекса усвоения. Опыты ставились следующим образом. Дрожжевые грибки выращивали на

жидкой минеральной среде, куда была внесена меченая глюкоза. Меченые дрожжи давали животным в кратковременном (5 часов) опыте. Взвесь меченых дрожжей с активностью 1 : 10 имп/мл и содержанием углерода от 0,2—0,5 мг/мл вносилась в количестве 0,2—0,5 мл в сосуды, содержавшие 50 мл воды, взятой из водохранилища и профильтрованной через мембранный фильтр. В сосуды рассаживались затем подопытные животные на срок 5 часов. После этого животных пересаживали на 2 часа в подщелоченную до pH 8,2 воду с неактивным кормом с целью освобождения кишечников от непереваренного меченого корма. В конце опыта определяли радиоактивность тел животных с поправкой на самопоглощение (R). Количество органического вещества, усвоенного одним животным за время опыта, определяли формулой $Ca = Cr \cdot R$, где Cr—обратная удельная активность углерода органического вещества корма. Интенсивность питания и усвоения определялась процентным отношением величины Ca к общему содержанию углерода в теле животных (w) за сутки; индекс усвоения $Иу = \frac{Cr \cdot R \cdot 24 \cdot 100}{t \cdot w} \cdot \%$.
Определение индекса усвоения животными (при их кормлении) разных видов дрожжевых грибков проводили параллельно с целью сравнительной оценки опытов с водорослями *Chlorella*, которые являются оптимальным видом корма для растительноядных беспозвоночных.

Для опытов были взяты дрожжевые грибки рода *Torulopsis* (штамм 317), *Rhodotorula* (штамм 126) и два вида черных дрожжей (штаммы 144 и 572). Штамм 144 растет в виде единичных или парных клеток, а штамм 572 развивается в виде слизистой колонии, которая с трудом снимается с поверхности агаровой среды.

Результаты опытов

Результаты опытов с дафниями *D. longispina* приведены в табл. 1. Они указывают на то что, пищевая ценность разных видов дрожжей для этих рачков неодинакова. В целом же дрожжевые грибки не только не уступают по своей пищевой ценностью водорослям, но даже превосходят их. Индекс усвоения при потреблении дафниями дрожжей гораздо выше, чем при питании водорослями.

Результаты опытов с диаптомусами *D. gracilis* приведены в табл. 1. Индекс усвоения у диаптомусов во много раз ниже, чем у дафний. Согласно Л .М. Мальцикой и Ю. П. Сорокину [14], величина Иу гораздо выше при кормлении диаптомусов бактериями в виде пленок и хлопьев. Индекс усвоения в наших опытах также был более высоким при кормлении дрожжами штаммов 572 и 144. Индекс усвоения с этими штаммами был гораздо выше, чем при кормлении диаптомусов водорослями.

Результаты опытов с коловратками *S. deversicornis* приводятся в табл. 1 Индекс усвоения коловратками дрожжевых грибков варьирует в зависимости от корма от 23 до 48%, а при питании водорослями составляет 15%. Следовательно, и в этом случае пищевая ценность дрожжей превосходит пищевую ценность хлореллы.

Результаты опытов по кормлению босмин *B. longirostris* дрожжами и водорослями приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Усвояемость меченых дрожжей планктонными организмами

Вид организмов	№ корма	R корма	C мг/мл	Биомасса корма, мг/мл	Cr мг с/имп	Кол-во экземпляров в опыте	Их общая радиоактивность (R)	Радиоактивность одного экземпляра с поправкой на адсорбцию (R)	Ca мг с/экз.	Иу %
D. longispina	317	11232	0,5	5	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	15	176	11,52	0,46	32
	144	10566	0,49	4,9	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	15	209	13,92	0,55	36
	572	4824	0,19	1,9	$0{,}03 \cdot 10^{-3}$	14	195	13,92	0,31	36
	126	6336	0,49	4,9	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	15	121	5	0,20	13
	Chlorella	65400	0,21	2,1	$0{,}003 \cdot 10^{-3}$	15	1800	120	0,36	25
D. gracilis	317	11232	0,5	5	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	30	12,6	0,42	0,016	1,09
	144	10566	0,49	4,9	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	37	77,4	2,09	0,083	5,6
	572	4824	0,19	1,9	$0{,}03 \cdot 10^{-3}$	30	48,6	1,6	0,048	3,4
	126	6336	0,49	4,9	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	30	25	0,8	0,032	2,1
	Chlorella	65400	0,21	2,1	$0{,}003 \cdot 10^{-3}$	26	255,6	8,5	0,025	1,9
S. deversicornis	572	4824	0,19	1,9	$0{,}03 \cdot 10^{-3}$	402	207	0,5	0,015	36
	144	10566	0,49	4,9	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	443	231	0,5	0,02	48
	126	6336	0,49	4,9	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	581	349	0,6	0,024	56
	Chlorella	65400	0,21	0,21	$0{,}003 \cdot 10^{-3}$	800	1766	2,2	0,006	15,8
B. longirostris	317	11232	0,59	5	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	50	32	0,6	0,02	38
	114	10566	0,49	4,9	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	34	18	0,58	0,02	37
	572	4824	0,19	1,9	$0{,}03 \cdot 10^{-3}$	43	56	1,5	0,04	72
	126	6336	0,49	4,9	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	56	40	0,8	0,03	51
	Chlorella	65400	0,21	2,1	$0{,}003 \cdot 10^{-3}$	36	199	6	0,01	28
St. espinosus	144	10566	0,49	4,9	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	10	443	44,3	0,18	14,3
	126	6336	0,49	4,9	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	10	517	51,7	0,36	28
	572	4824	0,19	1,9	$0{,}03 \cdot 10^{-3}$	10	392	39,2	0,11	9
	317	11232	0,5	5,0	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	10	894	89,4	0,35	27
	Chlorella	65400	0,21	2,1	$0{,}003 \cdot 10^{-3}$	12	5200	4,6	0,01	12,4

Таблица 2

Усвояемость меченых дрожжей бентосными организмами

Вид организмов	№ корма	R корма	C мг/мл	Биомасса корма, мг/мл	Cr мг с/имп	Кол-во экземпляров в опыте	Их общая радиоактивность (R)	Радиоактивность одного экземпляра (R)	Ca	Иу %
Ch. plumosus	317	11232	0,5	5	0,04 10^{-3}	14	172	12,6	0,48	2,6
	144	10566	0,49	4,9	0,04.10^{-3}	15	806	53	2,12	11,8
	572	4824	0.19	1,9	0,03.10^{-3}	14	1575	98	2,04	21
	126	6336	0.46	4,6	0,04.10^{-3}	16	131	7	0,29	1,5
	Chlorella	65400	0,21	2,1	0,003.10^{-3}	15	2395	592	1,77	4,3
A. vortex	317	11232	0,5	5	0,04.10^{-3}	13	2370	182	7,28	8
	144	10566	0.49	4,9	0,04.10^{-3}	13	4580	352	14	15
	572	4824	0,19	1,9	0,03 10^{-3}	13	5274	403	12	13
	126	6336	0,46	4,6	0.04 10^{-3}	13	1235	95	3.80	4,2
	Chlorella	65400	0 21	2,1	0,003.10^{-3}	12	7985	665	1,9	5,1

Таблица 3

Суточная усвояемость дрожжевых организмов

Вид организмов	№ корма	Длительность опыта, мин	Угл., мг	Cr с/имп	R_1 имп.	P имп.	R_2 имп.	r_c имп.	(R_2+r_c) имп.	A имп.	$r_ф$ имп.	A имп.	$\frac{A}{P}$ %
Si. vetulus	144	20	12	0,04. 10^{-3}	7,68	0,307	3,53	0,1	3,62	0,144	3,9	0,151	40
	Chlorella	20	12	0,003.10^{-3}	7,20	0,021	4,4	0	4,4	0,030	3	0,023	60
D. longispina	144	20	6,7	0,04. 10^{-3}	6,4	0,256	2,08	0.8	2.58	0,103	1.4	0,22	40
	Chlorella	20	6,7	0,003.10^{-3}	2,8	0,0084	1,1	0,1	1,2	0,0036	1,7	0,007	40

Индекс усвоения дрожжевых грибков в 1,5—2 раза выше такового при потреблении водорослей; его величина варьирует от 37 до 72%.

У *Si. espinosus* индекс усвоения в целом ниже, чем у вышеприведенных. Однако здесь величины, установленные для дрожжей, выше, чем для водорослей.

Опыты над хирономидами *C. plumosus* ставили в сосудах, куда заранее был внесен чистый песок с радиоактивным кормом. Водоросли, как меченые, так и немеченые, давались убитыми кипячением на водяной бане. В результате опытов (табл. 2) выяснилось, что разные виды дрожжей усваиваются с разной интенсивностью. В наших опытах индекс усвоения дрожжей (штаммы 572 и 144) был гораздо выше, чем при питании водорослями, дрожжи усваивались в 2—4 раза интенсивнее хлореллы.

У моллюсков *A. vortex* индекс усвоения в целом почти такой же, как у хирономид. Индекс усвоения при кормлении дрожжами выше, чем при кормлении водорослями. Более эффективно усваиваются ими штаммы 572 и 144; индекс усвоения варьирует от 4,2 до 15%.

Для выяснения вопроса, какой процент от даваемой пищи усваивается животным, были поставлены опыты (кратковременные—20 минут) над *D. longispina* и *Si. vetulus*. Результаты опытов приводятся в табл. 3. За время опыта животным усваивалось 40% меченой пищи, почти столько же выделялось в фекалиях и незначительная часть углерода (0,1—0,5) выделялась в процессе дыхания.

Исходя из результатов опытов, можно в заключение сказать, что процент суточного возобновления различный у беспозвоночных животных при их кормлении дрожжевыми грибками. У *D. longispina, S. deversicornis, B. longirostris* и *Si. espinosus* индексы усвоения довольно близки между собой. Что касается *D. gracilis, A. vortex* и *Ch. plumosus*, то у них индексы низкие и варьируют у хирономид от 2,7 до 24%, у моллюсков—от 7,4 до 15 и у диаптомусов—от 0,8 до 5%.

Настоящая работа выполнена в Институте биологии внутренних вод АН СССР в Борке, в лаборатории, руководимой Ю. И. Сорокиным.

Академия наук Грузинской ССР
Институт зоологии

(Поступило в редакцию 3.8.1965)

მიკრობიოლოგია

ნ. იაკობაშვილი

წყლის უხერხემლო ცხოველების საფუარა სოკოებით კვების საკითხისათვის

რეზიუმე

წყალსაცავში გავრცელებული საფუარა სოკოების კვებითი ღირებულების დასადგენად ჩავატარეთ ცდები იზოტოპების: C^{14} გამოყენებით შემდეგი სახეობის უხერხემლო ცხოველებზე: *Daphnia longispina, Simocephalus espinosus, Simocephalus vetulus, Bosmina longirostris, Diaptomys gracilis, Schizocerca deversicornis, Anisus vortex, Chironomys plumosus.*

საფუარა სოკოების კვების ინტენსივობისა და ეფექტურობის შედარების მიზნით გამოვიყენეთ წყალმცენარე *Chlorella*.

ცდების შედეგად დადგინდა, რომ საფუარა სოკოები თავისი კვებითი ღირებულებით, არა თუ ჩამოუვარდებიან წყალმცენარე *Chlorella*-ს, არამედ ზოგიერთ შემთხვევაში აჭარბებენ კიდეც. ასე, მაგალითად: *D. longispina*-სათვის Uy შესაბამისად მერყეობს 13-დან 36-მდე (25%), *D. gracilis*-სათვის —1,9-დან 5,6-მდე (1,9%), *B. longirostris*-სათვის 37-დან 72-მდე (28%), *S. espinosus*—9-დან 28-მდე (12,4%), *S. deversicornis*-სათვის—36-დან 56-მდე (15,8%), *T. plumosus*-სათვის 1,5-დან 21-მდე (4,3%), *A. vortex*-სათვის—4,2-დან 15-მდე (5,1%).

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Родина. Бактерии как пища водных животных. Природа, № 10. 1949.
2. А. Г. Родина. Роль бактерии в питании личинок тендипедид. ДАН СССР, т. 67, вып. 6., 1949.
3. К. В. Горбунов. Целлюлозные бактерии как звено в пищевой цепи пресных водоемов. Микробиология, т. XV, вып. 2, 1946.
4. А. Г. Родина и А. С. Трошин. Применение меченых атомов в изучении питания водных животных. ДАН СССР, т. 98, № 2, 1954.
5. А. Г. Родина. Экспериментальное исследование питания *Daphnia magna* (к проблеме питания зоопланктона). Зоологический институт АН СССР, 1947.
6. Н. С. Гаевская. О методах выращивания живого корма для рыб. Труды Технического института рыбной промышленности и хозяйства, вып. 3, 1940.
7. Н. С. Константинова. Разведение олигохет на кормовых дрожжах. Рыбное хозяйство, 4, 1952.
8. Г. Л. Марголина. К вопросу о питании *Tendipes plumosus* в Рыбинском водохранилище. Труды Ин-та биологии водохранилищ, 4(7), 1961.
9. А. В. Монаков, Ю. И. Сорокин. К вопросу об усвоении циклопами протококковых водорослей. Бюллетень Ин-та биологии водохранилищ № 3, 1959.
10. Ю. И. Сорокин, А. Н. Мешков. О применении радиоактивного изотопа углерода для изучения питания водных беспозвоночных. Труды Ин-та биологии водохранилищ, 2(5), 1959.
11. Ю. И. Сорокин А. Н. Мешков. Применение радиоактивного углерода для определения усвояемости протококковых водорослей мотылями *Tendipes plytmosus*. ДАН СССР, т. 118, № 1, 1958.
12. Т. Л. Поддубная, Ю. И. Сорокин. Глубина слоя оптимального питания тубифоцид в связи с их перемещениями в грунте. Бюллетень Ин-та биологии водохранилищ АН СССР, № 10, 1961.
13. А .В. Монаков, Ю. И. Сорокин. Количественные данные о питании дафний. Труды Ин-та биологии водохранилищ, 1961.
14. Л. М. Маловицкая, Ю. И. Сорокин. К вопросу питания некоторых видов диаптомид. ДАН СССР, т. 136, № 4, 1961.
15. И. Ю. Сорокин, Э. Д. Мордухай-Болтавская. Изучение питания коловроток *Asplanchna* с помощью C^{14}. Бюллетень Ин-та биологии водохранилищ, № 12, 1962.
16. Ю. И. Сорокин. Радиоактивный углерод в гидробиологических исследованиях. Вестник АН СССР, № 6, 1963.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ენტომოლოგია

გ. დოლიძე

აბლაბუდიანი ტკიპას რიცხობრივობის ცვალებადობის მიზეზები და მისგან გამოწვეული დაზიანების გავლენა ვაზზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ხომიზურაშვილმა 25.10.1965)

ბუნებაში აბლაბუდიანი ტკიპას რიცხობრივობა და შესაბამისად მისგან გამოწვეული ვაზის დაზიანების სიძლიერე ძალზე არათანაბარია. ეს მოვლენა აღინიშნება როგორც ცალკეული წლების მიხედვით, ისე მიკრორაიონის ფარგლებშიც. მავნე ტკიპას რიცხობრივობის დინამიკის შესწავლას და მისი მიზეზების ცოდნას პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს მავნებლის წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებების გეგმაზომიერად გატარების საქმეში.

დღემდე აბლაბუდიანი ტკიპას რიცხობრივობის ცვალებადობა ძირითადად ახსნილია მეტეოროლოგიური ფაქტორების ზემოქმედებით. მაგრამ მავნებლის ბიოლოგიაზე მათი გავლენა დაკავშირებულია მთელ რიგ შუალედურ ფაქტორებზე, რომლებიც თავის მხრივ ერთმანეთს განაპირობებენ.

ამის გამო ტკიპას რიცხობრივობის დინამიკაზე ამინდის მოქმედების ახსნას შევეცადეთ მხოლოდ მკვებავ მცენარეზე — ვაზზე მათი გავლენის თვალსაზრისით. ეს საკითხი შევისწავლეთ 1962—64 წწ. საქართველოს სსრ მებაღეობის, მევენახეობისა და მეღვინეობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის ექსპერიმენტულ ბაზაზე (სოფ. ვაშლაჯვარში). ტკიპას რიცხობრივობის დინამიკის დასადგენად აღრიცხვები ჩატარდა ინსექტიციდებით შეუსხურებელ ჯიშ რქაწითელის ერთსა და იმავე ვაზებზე. მეტეოროლოგიური მონაცემები ეხება უშუალოდ საცდელი ვენახის პირობებს.

აღრიცხვების შედეგების განხილვით აღმოჩნდა, რომ 1963 და 1964 წწ. სავეგეტაციო პერიოდის პირველ ხანებში (მაისის მეორე დეკადამდე) ვაზებზე ტკიპას დასახლების სიხშირე საშუალოდ ერთ ფოთოლზე თითქმის ერთნაირი იყო და შესაბამისად უდრიდა 15,5—17 ცალს. აღრიცხვების შემდგომ პერიოდში, მაგ., ივნისის მეორე დეკადამდე მავნებლის რაოდენობა ჩვენ მიერ გაურკვეველი მიზეზით 1964 წ. მკვეთრად შემცირდა (7 ც), ვიდრე 1963 წ. (16 ც.). მიუხედავად ამისა, შემდგომ აღრიცხვებში, დაწყებული ივნისის მეორე დეკადიდან აგვისტოს პირველი დეკადის ჩათვლით სურათი შეიცვალა და ტკიპას რაოდენობა საშუალოდ ვაზის ერთ ფოთოლზე უდრიდა 1963 წ. 18—35 და 1964 წ. 28—250, ხოლო 1962 წელს 6—25 ცალს როგორც ჩანს, მავნებლის რიცხობრიობის მატება 1964 წლის სავეგეტაციო პერიოდში იყო უფრო მეტი, ვიდრე 1963 და განსაკუთრებით კი 1962 წელს.

ანალოგიური შედარებით საღრიცხვო წლები ამინდის მხრივაც განსხვავდებოდა. მაგალითად, ვაზის აბლაბუდიანი ტკიპას მასობრივი გამრავლების პერიოდში, რაც ივნისის თვიდან აგვისტომდე აღინიშნა, ჰაერის დეკადური

საშუალო დღეღამური ტემპერატურის მინიმუმი და მაქსიმუმი უდრიდა 1962 წელს 25—28°; 1963 წელს 21,5—24,8° და 1964 წ. 24,4—26°. იგივე შედარებით ჰაერის შეფარდებითი ტენიანობის მინიმუმი და მაქსიმუმი შეადგენდა: 1962 წ. 51—57%, 1963 წ. 67—71% და 1964 წ. 62—70%. აღნიშნული მონაცემების მიხედვით ირკვევა, რომ 1963—64 წწ. სავეგეტაციო პერიოდში ჰაერის დეკადური საშუალო დღეღამური ტემპერატურის მაქსიმუმი (24.8—26°) თითქმის უტოლდება 1962 წ. მინიმუმს (25°), მაშინ, როცა 1962 წ. ჰაერის შეფარდებითი ტენიანობის მაქსიმუმი (57%) საკმაოდ ჩამორჩება 1963—64 წწ. მინიმუმსაც (67,5%). ამდენად შესადარებელ წლებს შორის ამინდის განსხვავება სარწმუნო ფაქტია.

ამ ფაქტის მიზეზად დაკვირვების წლებს შორის ნალექების არათანაბარი განაწილება მიგვაჩნია. ასე მაგ., ნალექების საერთო თვიური ჯამი, დაწყებული მაისიდან დამთავრებული აგვისტოს ჩავთვლით, აღწევდა: 1962 წელს 91,8 მმ. 1963 წ. 433 მმ და 1964 წ. 227 მმ. ე. ი. ნალექების ჯამი 1963—64 წ. შესაბამისად 5—2,4-ჯერ აღემატებოდა 1962 წ.

მიუხედავად აღნიშნულისა, ვაზის აბლაბუდიანი ტკიპას რიცხობრივობის ცვალებადობისა და ნალექების ოდენობას შორის გარკვეული კანონზომიერება არ ჟღავნდება. ამ მხრივ ერთგვარი კანონზომიერება მყარდება ნალექების ოდენობისა და ჰაერის, როგორც ტემპერატურის ასევე განსაკუთრებით მისი შეფარდებითი ტენიანობის მაჩვენებლებს შორის. კერძოდ, მეტ ნალექიან წლებში უფრო მაღალი იყო ჰაერის შეფარდებითი ტენი და შედარებით ზომიერია მისი ტემპერატურა, ვიდრე ნაკლებ ნალექიან 1962 წელს. ამასთანავე, ეჭვს გარეშეა, რომ ნალექები გაზრდიდა ნიადაგის ტენსაც. ამიტომ, შესადარებელ წლებში მავნებლის რიცხობრივობის განსხვავებული დინამიკა არ შეიძლება მივაწეროთ მხოლოდ ნალექების უშუალო გავლენას. მით უმეტეს, როგორც ვ. ვიტკევიჩი [1] აღნიშნავს, ერთმა და იმავე მეტეოროლოგიურმა ელემენტმა შეიძლება სხვადასხვა და ხშირად საწინააღმდეგო შედეგიც გამოიწვიოს. მართლაც ვაზის ვეგეტაციის დასაწყისში მწვანე მასის (საფარის) სიმცირის გამო ნალექები უფრო ადვილად რეცხავენ ტკიპას და ამცირებენ მის რიცხობრივობას. ამ პერიოდში ნალექების პირდაპირი გავლენა მავნებლის რიცხობრივობის შემცირებაზე მხოლოდ მექანიკურია. თუმცა ვეგეტაციის შემდგომ პერიოდში იმავე ფაქტორმა, პირიქით, ხელი შეუწყო მავნე ტკიპას გამრავლებას და გაზარდა მისი რიცხობრივობა.

ამ შემთხვევაში ნალექების გავლენას ვხსნით ვაზის ზრდა-განვითარებაზე მათი დადებითი მოქმედებით, კერძოდ მავნებლისათვის საიმედო საფარისა და მეტი საკვების წარმოშობით-მწვანე მასის სახით. მართლაც ი. ბათიაშვილის [2] აზრით, ციტრუსების ტკიპაზეც მეტეოროლოგიური ფაქტორების არაპირდაპირი გავლენა გამოიხატება საკვების ხარისხის გაუმჯობესებაში. ამ დასკვნამდე მიდის ჰ. რეკიც [3], როცა ის აკარინოზის დინამიკის ცვალებადობის მიზეზებს ეხება. იგივე ავტორი ასაბუთებს აგრეთვე კვების პროცესში აბლაბუდა ტკიპას მიერ დაზიანებული ქსოვილის იარებიდან წვენის ბლომად გამოყოფის (ოსმოსური წნევის) აუცილებლობას. უდავოა, რომ ვაზის

ფოთლებში მათი დაზიანების დროს წვენის გამოყონვას, რომლის გარეშე ტკიპას უძნელდება კვება, გაზრდიდა ნალექების სიუხვეც. ნალექის გავლენით დაყოვნდებოდა აგრეთვე ვაზის ფოთლების დაბერებაც და შესაბამისად მისი კვებითი ღირებულებაც გახანგრძლივდებოდა. მაშასადამე, ნალექები გააუმჯობესებდა არა მარტო ფოთლის კვებით სარგებლობას, ამასთანავე გააადვილებდა ტკიპას საკვების შეთვისებას, რის შედეგად გაზრდიდა მის ბიოტიკურ პოტენციალს. ამ მოსაზრებას ადასტურებს ზოგიერთი მკვლევარის მონაცემებიც [3], რომელთა მიხედვით შედარებით დაბერებულთან, ახალგაზრდა ფოთლებით გამოკვებით ტკიპას უფრო მეტი სასქესო პროდუქცია მოუცია. ამავე დროს ცნობილია [3, 4] ერთსა და იმავე მცენარეზე განლაგებული ფოთლების ფიზიოლოგიური არათანაბრობაც, რაც მათ განსხვავებულ კვებით ღირებულებაზედაც მიუთითებს.

სწორედ უკეთესი საკვების ძიებით უნდა ავხსნათ ტკიპების მიგრაცია ვაზის დაბლა იარუსის ფოთლებიდან მაღლისაკენ, ხოლო შუა ზაფხულიდან ნამსხვრევებზე მათი გადასვლა.

ზემოთქმულიდან გასაგებია, რომ ნალექიან წლებში შედარებით გვალვიანთან ვაზის აბლაბუდიანი ტკიპას რიცხობრივობა ძირითადად მოიმატებდა ვაზის ფოთლის კვებითი ღირსების გაზრდის შედეგად. ამავე დროს, როგორც აღვნიშნეთ, ნალექიან (1963—64 წწ) ამინდში შედარებით გვალვიანთან (1962) საგრძნობლად მაღალი იყო ჰაერის შეფარდებითი ტენი და უფრო ზომიერი გახდა მისი ტემპერატურა. მართალია, ამ ფაქტორების უშუალო გავლენა მავნებლის ბიოლოგიაზე ჩვენ არ შევვისწავლია, მაგრამ ნ. ალექსიძის [5] აღნიშვნით ჰაერის დაბალი შეფარდებითი ტენის შემთხვევაში, როცა მისი ტემპერატურა მაღალია, ვაზის აბლბუდიანი ტკიპა მინიმუმამდე მცირდება. მაშასადამე, ნალექები, ცვლიან რა ამინდს, ამ მხრივაც გარკვეულ გავლენას ახდენენ ვაზის აბლაბუდიანი ტკიპას ბიოლოგიაზე.

მრავალი წლის დაკვირვებით ისიც აღინიშნა, რომ ამინდის ერთნაირ პირობებშიც მცირე ნაკვეთზეც კი, ტკიპას მიერ ვაზების დაზიანება ხშირად კეროვნობრივია. ასეთი ფაქტი შემჩნეულია აგრეთვე აბლაბუდა ტკიპათი დაზიანებულ ტყის ჯიშებზეც და ამის მიზეზად ჰ. რეკი [3] მცენარისათვის განსხვავებულ ედაფურ პირობებს ასახელებს. მაშასადამე, ამ დროს გამორიცხული არ იქნებოდა დაზიანებისადმი ვაზების ფიზიოლოგიური გამძლეობის ინდივიდუალური განსხვავებანიც. ამასთან დაკავშირებით, საინტერესოდ მიგვაჩნია აღვნიშნოთ, რომ 1962 წელს, როცა ვაზებზე აბლაბუდა ტკიპას რაოდენობა გაცილებით მცირე იყო, მისგან გამოწვეული დაზიანების გარეგნული ნიშნები უფრო შეიმჩნეოდა, ვიდრე იმავე მავნებლით მეტად დასახლებული 1963—64 წწ მაგ., შუა ზაფხულში (ივლისის ბოლო) ჩატარებული აღრიცხვების თანახმად 1962—63 და 64 წწ. დაზიანებული ვაზებზე გაყვითლებული ფოთლების რაოდენობა შესაბამისად უდრიდა 88,4%, 37,3% და 49,3%-ს თუ ამ მონაცემებს დავუპირისპირებთ შესაბამისი წლების მიხედვით ვაზზე დასახლებული ტკიპების რაოდენობას, მაშინ გამოდის, რომ დაზიანებული ფოთლების

გაყვითლების ინტენსივობა მთლიანად არ ყოფილა დამოკიდებული მავნე ტკიპას რიცხობრივობაზე. ამ შემთხვევაშიც მცენარეებზე ნალექები გავლენას იქონიებდნენ. ნალექების სიუხვე ხელს შეუწყობდა დაზიანებულ ვაზის ფოთლებში დაკარგული წყლის და მასში გახსნილი საკვები ნივთიერების მალე აღდგენას. ე. ი. ფოთლები შედარებით მეტ ხანს შეინარჩუნებდნენ ბუნებრივ შეფერვას და შესაბამისად უკეთესი კვებითი ღირებულებაც ექნებოდათ.

ამის გამო გამორიცხულად არ მიგვაჩია აბლაბუდიანი ტკიპათი ძლიერ დაზიანებულ ვენახში დამატებითი მორწყვის დადებითი გავლენა, განსაკუთრებით იმ პერიოდში, როცა ბრძოლის ქიმიური მეთოდის გამოყენება ჰიგიენურად რეგლამირებულია. ამ მოსაზრების სასარგებლოდ მიუთითებს აგრეთვე პ. თავაძის [4] და ა მათიაშვილის [6] გამოკვლევებიც, რომელთა მიხედვით ვაზის ფოთლებში, დაწყებული ყვავილობიდან ყურძნის ტექნიკურ სიმწიფემდე ტენის რაოდენობა ისედაც მცირდება. მაშასადამე, ვაზის ფოთლებში ტენის ბუნებრივ შემცირებას კიდევ უფრო გაზრდიდა ტკიპას მიერ გამოწვეული დაზიანებაც. უდავოა, რომ ვაზის ფოთოლში ტენის შემცირება თავის მხრივ უარყოფითად იმოქმედებდა აგრეთვე ფოთლის უჯრედში წარმოებულ ბიოქიმიურ და ფიზიოლოგიურ პროცესებზეც.

ვინაიდან მცენარის ფიზიოლოგიური პროცესების ძირითადი ლაბორატორია ფოთოლია, აშკარაა მავნე ორგანიზმისაგან მისი დაცვის აუცილებლობა. სწორედ ამ აუცილებლობის პრაქტიკული გაგების მიზნით ქვემოთ ვიხილავთ აბლაბუდიანი ტკიპათი დაზიანებულ ვაზში ზოგიერთი ფიზიოლოგიური პროცესის და მოსავლიანობაზე მისი გავლენის შედეგებს. აღნიშნულ საკითხებზე ჩატარებული ანალიზებით გამოირკვა, რომ აბლაბუდიანი ტკიპას მიერ ვაზის ფოთლის ფართის დაზიანების მატებამ შესაბამისად გაზარდა მასში სუნთქვის პროცესი. აღნიშნული კანონზომიერება ერთნაირად წარიმართა როგორც დილის, ისე შუადღის საათებშიც. აღსანიშნავია, რომ ჩვენ მიერ ადრე ჩატარებული გამოკვლევებით [7] იმავე მავნებლით ძლიერ დაზიანებული ვაზის ფოთოლში სუნთქვის ინტენსივობა უმნიშვნელოდ,მაგრამ მაინც შემცირდა საღთან შედარებით. აღნიშნული განსხვავების მიუხედავად აშკარაა, რომ ტკიპათი დაზიანებული ვაზის ფოთოლში ადგილი აქვს სუნთქვის ენერგიის ცვლილებებს.

ამასთანავე გაირკვა ისიც, რომ მავნე ტკიპას მიერ ვაზის ფოთლის ფართის 51,4%-მდე დაზიანებამ, საკონტროლოსთან შედარებით, გამოიწვია მასში ზოგიერთი პიგმენტების მომატება, კერძოდ, ქლოროფილისა 15.8%-მდე, ქსანტოფილისა 63%-მდე, ხოლო უმნიშვნელოდ (1%) შემცირდა კაროტინი რაც შეეხება 95,6%-ით დაზიანებულ ვაზის ფოთოლს, აქ ქლოროფილი და კაროტინი შემცირდა 26,5%-ით, ხოლო ქსანტოფილი მცირედ, მაგრამ მაინც მომატებული (7,4%) დარჩა. ძლიერ დაზიანებულ ვაზის ფოთოლში პიგმენტების შემცირება მივიღეთ [7] სხვა დროს ჩატარებული ანალიზების შედეგადაც. ჩვენი აზრით, ნახევრად დაზიანებულ ვაზის ფოთოლში პიგმენტების შემცველობის მომატება შეიძლება გამოეწვია საღ უჯრედებში გაძლიერებულ ბიოქიმიურ პროცესებს.

აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ, რაც მეტად იყო დაზიანებული ტკიპას მიერ ვაზის ფოთლის ფართი, მით უფრო მაღალი შემცველობით აღინიშნა მასში მარტივი (36,5%-მდე) და რთული (30,6%-მდე) შაქრები. ეს ფაქტი შეიძლება ავხსნათ მავნებლის მიერ ფოთლის გამტარი ქსოვილების მექანიკური დაზიანების გამო ვეგეტაციურ ნაწილებში შაქრების გადადენის შეფერხებით. ამავე დროს შეიძლება მავნებლით დაზიანებულ ფოთლებში შაქრების მომატება რომელიმე სხვა ნივთიერებების დაშლის ხარჯზეც მომხდარიყო.

გარდა აღნიშნულისა ტკიპათი ძლიერ დაზიანებული ვაზის ყურძენში შედარებით საღთან ნაკლები იყო ვიტამინი „C" როგორც აღდგენილი (46%-დე), ისე დაჟანგული (53,8%-დე) ფორმით. დაკლებული იყო აგრეთვე ყურძნის წვენში შაქრიანობა (3.1%-მდე), ხოლო მჟავიანობა მომატებული აღმოჩნდა 1‰-მდე. ამავე დროს აბლაბუდიანი ტკიპას მიერ დაზიანებულ ვაზის საჰექტარო მოსავალი შედარებით საღთან (91,3 ც/ჰა) შემცირდა 77%-მდე.

დასკვნა

ვენახში ვაზის აბლაბუდიანი ტკიპას რიცხობრივობის მომატება აღინიშნა ჰაერის 60%-ზე მაღალი შეფარდებითი ტენისა და მისი დღეღამური საშ. ტემპერატურის 20—22° პირობებში. ჰაერის აღნიშნულ ტემპერატურაზეც და მის ზევით მომატებისასაც, როცა შეფარდებითი ტენი 50%-ზე დაბალია, მავნებლის რიცხობრივობა მინიმუმამდე შემცირდა. ასეთ პირობებში აღინიშნა აგრეთვე დაზიანებული ვაზის ფოთლების ინტენსიური (ნაადრევი) გაყვითლება და ცვენა, მაშინაც კი როცა მასზე ტკიპას დასახლება შედარებით ნაკლები იყო.

ტკიპას რიცხობრივობის დინამიკაზე ნალექის უშუალო მოქმედება უმთავრესად ვლინდება ვაზის ვეგეტაციის დასაწყისში, როცა მწვანე მასის საფარის სიმცირის გამო ისინი ადვილად ირეცხებიან. ნალექი ცვლის რა ტკიპისა და ვაზის ეკოლოგიურ პირობებს, ძირითადად მოქმედებს მავნებლის რიცხობრივობის დინამიკაზე არაპირდაპირი გზით. აბლაბუდიანი ტკიპას მიერ ძლიერ დაზიანებული ვაზის ფოთლებში იცვლება სუნთქვის ინტენსივობა, მეტადრე მომატების მხრივ, კლებულობს (26%-მდე) ქლოროფილისა და კაროტინის შემცველობა, იზრდება მასში მარტივი (36.5%-დე) და რთული (30.6%-დე) შაქრები. ვაზის დაზიანების შედეგად ყურძენში მცირდება ვიტამინი „C", როგორც აღდგენილი (46%-მდე), ისე დაჟანგული (153%-მდე) ფორმით, კლებულობს შაქრიანობა 3,1%-მდე, ხოლო მჟავიანობა იზრდება 1‰-მდე. ამავე დროს საჰექტარო მოსავალი მცირდება 77%-მდე.

ტკიპას მიერ დაზიანებისადმი ვაზის დაცვითი საპასუხო რეაქციის აქტივობა ძირითადად დამოკიდებულია მის ეკოლოგიურ პირობებზე. მიღებული შედეგები ადასტურებენ აგრეთვე ზოგი დასმული საკითხის ღრმად შესწავლის აუცილებლობას.

საქართველოს სსრ მებაღეობის, მევენახეობისა და
მეღვინეობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 3.11.1965)

ЭНТОМОЛОГИЯ

Г. В. ДОЛИДЗЕ

ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ВИНОГРАДНОГО ПАУТИННОГО КЛЕЩИКА И ВЛИЯНИЕ ВЫЗВАННОГО ИМ ПОВРЕЖДЕНИЯ НА РАСТЕНИЕ

Резюме

Численность клещика характеризуется значительной изменчивостью. Сильное нарастание численности этого вредителя происходило при относительной влажности воздуха выше 60% и средней суточной температуре 20—22° (1963—1964 гг.). При той же и более высокой температуре в условиях влажности воздуха ниже 50% отмечалась депрессия вредителя (1962 г.), однако при этом наблюдалось массовое преждевременное пожелтение даже в незначительной степени пораженных клещом листьев виноградной лозы. Причиной этого является неравномерное выпадение осадков за вегетационные периоды 1962—1963 и 1964 гг. — 92,433 и 227 мм соответственно.

Осадки положительно повлияли на развитие клеща, в основном улучшением экологических факторов.

При повреждении клещом виноградной лозы в листьях отмечались глубокое изменение интенсивности дыхания (преимущественно повышение), снижение пигментов, хлорофилла и каротина (до 26%), увеличение сахаров (простых — до 36,5% и сложных — до 30,6%). В ягодах той же лозы наблюдалось уменьшение витамина С в восстановленном (до 46%) и в окислительном (до 53,8%) видах, сахаристость уменьшалась до 3,1%, при этом кислотность повышалась до 1% урожайность снижалась до 77%.

Повреждение виноградной лозы, вызванное клещом, считаем в основном результатом нарушения нормального хода физиологических и биохимических процессов в растении. Следовательно, мероприятия против этого вредителя следует направить по пути создания условий, повышающих физиологическую устойчивость виноградной лозы.

ᲓᲐᲛᲝᲬᲛᲔᲑᲣᲚᲘ ᲚᲘᲢᲔᲠᲐᲢᲣᲠᲐ — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Виткевич. О методах агроклиматического районирования. Доклады ТСХА, вып. 79, 1962.
2. ი. ბათიაშვილი. ზოგიერთი ეკოლოგიური ფაქტორის როლის შესწავლისათვის ციტრუსოვანთა ტკიპას (*P. Pilosus*) გამრავლების საქმეში. საქართველოს სას.-სამ. ინსტიტუტის შრომები, № 1, 1940.
3. ჰ. რეკი. აბლაბუდიანი ტკიპების რიცხვობრივობის დინამიკის დამაპირობებელი ფაქტორების შესახებ. საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. XI, № 2, 1950.
4. პ. თავაძე. ვაზის მწვანე ოპერაციების ფიზიოლოგიური დასაბუთებისათვის. საქართველოს მევენახეობა-მეღვინეობის ინსტიტუტის შრომები, ტ. IX, 1956.
5. Н. Е. Алексидзе. Экологические факторы, регулирующие численность вредителей винограда. Материалы Всесоюзного научно-метод. совещания по защите винограда от вредителей и болезней. Кишинев, 1961.
6. ა. მათიაშვილი. დატვირთვის გავლენა ახალგაზრდა ვაზის ორგანოების წყლის შემცველობაზე. მებაღეობის, მევენახეობისა და მეღვინეობის ინსტიტუტის შრომები. ტ. XIII, 1961.
7. გ. დოლიძე. აკარიციდებით შესხურებულ, აგრეთვე აბლაბუდიანი ტკიპის მიერ დაზიანებული ვაზის ფოთლებში ზოგიერთი ფიზიოლოგიური საკითხის შესწავლისათვის. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XXXV : 1, 1964.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

პარაზიტოლოგია

ი. გოგებაშვილი

მდინარე მტკვრის პარაზიტული უმარტივესები (საქართველოს ფარგლებში)

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. კალანდაძემ 4.11.1965)

პარაზიტული უმარტივესები ხშირად თევზების მასობრივი ეპიზოოტიისა და მათი პროდუქტულობის ხარისხის შესამჩნევი დაქვეითების მიზეზს წარმოადგენს, განსაკუთრებით მოზარდ თევზებში. პარაზიტული უმარტივესების წინააღმდეგ ბრძოლისა და პროფილაქტიკური ღონისძიებების შემუშავება მოითხოვს მათი ბიოლოგიის, სისტემატიკური მდგომარეობისა და გავრცელების ზუსტ ცოდნას. საქართველოს მტკნარი წყლის თევზების პარაზიტული უმარტივესების შესახებ არსებული მონაცემების სიმცირე ქმნის მათი ფაუნის ფართოდ შესწავლისა და მეტად პათოგენური პარაზიტების გამოვლინების აუცილებლობას. ამ მოსაზრებაზე დაყრდნობით ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა საქართველოს ფარგლებში მდინარე მტკვრის თევზების პარაზიტული უმარტივესების ფაუნის სახეობრივი შემადგენლობა.

სრული პარაზიტოლოგიური გაკვეთის მეთოდით გამოკვლეულია 122 ეგზ. თევზი, რომლებიც მიეკუთვნებიან 3 ოჯახს (კობრისებრთა, გველანასებრთა და ლორჯოსებრთა) და 14 სახეობას (ცხრილი 1). მასალას ვიღებდით 1964—1965 წ.წ. ბორჯომის, თბილისის, რუსთავისა და გარდაბნის მიდამოებში.

აღებულ მასალას ვაფიქსირებდით შაუდინის ფიქსატორში და შემდგომ ვღებავდით ჰემატოქსილინის საღებავში ჰეიდენჰაინეს მიხედვით. პარალელურად ვიყენებდით დავერცხვლის მეთოდს. მიქსოსპორიდების პრეპარატებს ვამზადებდით გლიცერინ-ჟელატინში. გამოკვლეული 122 ეგზ. თევზიდან დაავადებული აღმოჩნდა 107 ეგზ., ხოლო პარაზიტებისაგან აბსოლუტურად თავისუფალი—15 ეგზ. ჩატარებული გამოკვლევის შედეგად რეგისტრირებულია 31 სახეობის პარაზიტული უმარტივესნი, რომელნიც მიეკუთვნებიან: შოლტიანებს (1 სახეობა), სპოროვნებს (19 სახეობა), წამწამიან ინფუზორიებს (10 სახეობა), და მწოველა ინფუზორიებს (1 სახეობა).

კლასი Flagellata Cohn, 1883
გვარი Costia Leclerque, 1890

1. *Costia necatrix* Henneguy, 1884

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, კობრი. ლოკალიზაცია: ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 1 შემთხვევა, კობრი 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი თბილისისა და რუსთავის მიდამოებში. საქართველოში რეგისტრირებულია თბილისის წყალსაცავში გოგებაშვილის [1] მიერ.

კლასი *Cnidosporidia* Doflein, 1901

ოჯახი *Myxidiidae* Thélohan, 1892

2. ***Myxidium pfeifferi*** Auerbach, 1908

მასპინძელი, ტიპობრივი ხრამული. ლოკალიზაცია: ნაღვლის ბუშტი. ინვაზიის სიხშირე: 2 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი—ორთაჭალა, ბორჯომის რაიონი, სოფელი დვირი. საქართველოში რეგისტრირებულია მდინარე რიონში ჭიაბერაშვილის [2] მიერ.

ცხრილი 1

მდინარე მტკვრის თევზების პარაზიტული უმარტივესებით ინვაზირების ხარისხი

№№	გამოკვლეულ თევზების სახეობათა რაოდენობა	გამოკვლეულ თევზთა რაოდენ.	პარაზიტ. უმარტივ. ინვაზირებულია	შოლტიანები	წამწამიანი ინფუზორიები	მწოველა ინფუზორ.	სპოროვნები
1	ტიპობრივი ხრამული—Varicorhinus capoëta (Guld.)	34	34	1	15	1	33
2	მტკვრის წვერა — Barbus lacerta cyri (Fil.)	6	6	—	3	—	6
3	ჭანარი — Barbus capito (Güld.)	6	6	—	1	—	6
4	მურწა — Barbus mursa (Güld.)	8	8	—	—	—	6
5	შამაია — Chalcalburnus chalcoides (Güld.)	4	2	—	2	—	—
6	ნაფოტა — Alburnus filippi Kessler	10	10	—	6	1	3
7	კობრი — Cyprinus carpio L.	6	4	1	4	—	—
8	მტკვრის გოჭალა — Nemachilus brandt Kessler	5	5	—	4	—	—
9	მტკვრის ციმორი — Gobio persa Günther	6	5	—	—	—	5
10	ქაშაპი—Leuciscus cephalus orientalis Nordmann	12	12	—	8	—	10
11	ფრიტა — Alburnoides bipunctatus (Fil.)	11	11	—	9	—	
12	კაპარჭინა — Abramis brama (Zinne)	4	—	—	—	—	—
13	გველანა — Cobitis aurata Filippi	4	4	—	4	—	—
14	ღორჯო—Neogolius cephalarges constructor (Nordmann)	6	—	—	—	—	—

3. ***Myxidium orientalis*** Schulman, 1962

მასპინძელი: მტკვრის წვერა. ლოკალიზაცია: ნაღვლის ბუშტი. ინვაზიის სიხშირე: 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: საქართველოში პირველადაა ჩვენ მიერ რეგისტრირებული მდინარე მტკვარში (ბორჯომის ხეობა, ქვაბისხევი).

ოჯახი *Sphaerosporidae* Davis, 1917

4. ***Chloromyxum cristatum*** Leger, 1906

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული. ლოკალიზაცია: ნაღვლის ბუშტი. ინვაზიის სიხშირე: 2 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (ბორჯომის ხეობა, ქვაბისხევი, სოფელი დვირი, აწყური, ჩითახევის მიდამო). საქართველოში ჩვენ მიერ პირველადაა რეგისტრირებული მდ. მტკვარში.

5. ***Chloromyxum varicorhini*** Gogebaschvili, 1962

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული. ლოკალიზაცია: ნაღვლის ბუშტი. ინვაზიის სიხშირე: 8 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის მიდამოები, ბორჯომის ხეობა—ახალდაბის პლატო, სოფ. დვირი). საქართველოში რეგისტრირებულია თბილისის წყალსაცავში გოგებაშვილის (3) მიერ.

6. *Chloromyxum sp.*

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, მტკვრის წვერა. ლოკალიზაცია: ნაღვლის ბუშტი. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 5 შემთხვევა, წვერა 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (ბორჯომის ხეობა—ქვაბისხევი, ახალდაბის პლატო, ჩითახევის მიდამო).

ოჯახი *Myxobolidae* Thélohan, 1892

7. ***Myxobolus pseudodispar*** Gorbunova, 1936

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული. ლოკალიზაცია: თირკმელები. ინვაზიის სიხშირე: 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (გარდაბნის მიდამოებში). რეგისტრირებულია ჭიაბერაშვილის [2] მიერ მდ. რიონში და გოგებაშვილის [1] მიერ თბილისის წყალსაცავში.

8. ***Myxobolus chondrostomi*** Donec, 1962

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული. ლოკალიზაცია: თირკმელები. ინვაზიის სიხშირე: 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (ბორჯომის ხეობა—სოფელი დვირი). საქართველოში რეგისტრირებულია თბილისის წყალსაცავში გოგებაშვილის [4] მიერ.

9. ***Myxobolus dispar*** Thélohan, 1895

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული. ლოკალიზაცია: კანი, ლაყუჩები, თირკმელები. ინვაზიის სიხშირე: 3 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისისა და გარდაბნის მიდამოები). საქართველოში რეგისტრირებულია გოგებაშვილის [4] მიერ თბილისის წყალსაცავში.

10. ***Myxobolus musculi*** Keysselitz, 1908

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, მტკვრის წვერა, ნაფოტა, ქაშაპი, ფრიტა, მურწა. ლოკალიზაცია: თირკმელები, ლაყუჩები, შარდის ბუშტი.

ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 5 შემთხვევა, წვერა 1 შემთხვევა, მურწა 2 შემთხვევა, ქაშაპი 5 შემთხვევა, ფრიტა 6 შემთხვევა, ნაფოტა 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის მიდამოები—ორთაჭალა, ბორჯომის ხეობა—ლიკანის მიდამო, ახალდაბის პლატო, ქვაბისხევი, სოფელი დვირი, ჩითახევი). საქართველოში რეგისტრირებულია გოგებაშვილის (4) მიერ თბილისის წყალსაცავში.

11. ***Myxobolus carassii*** Klokačeva, 1914

მასპინძელი: მტკვრის ციმორი, ლოკალიზაცია: თირკმლები, ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: 5 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: ბორჯომის ხეობა (ჩითახევის მიდამო, თბილისისა და გარდაბნის მიდამოები). საქართველოში რეგისტრირებულია გოგებაშვილის (4) მიერ თბილისის წყალსაცავში.

12. *Myxobolus cyprini* Doflein, 1898

მასპინძელი: ქაშაპი, ფრიტა. ლოკალიზაცია: ლაყუჩები, თირკმელები. ინვაზიის სიხშირე: ქაშაპი 4 შემთხვევა, ფრიტა 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის, გარდაბნის მიდამოები, ბორჯომის ხეობა—ლიკანი). საქართველოში რეგსტრირებულია ჭიაბერაშვილის (5) მიერ ხრამის წყალსაცავში.

13. *Myxobolus cheni* Schulman, 1962

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული. ლოკალიზაცია: თირკმელები. ინვაზიის სიხშირე: 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (ახალდაბის მიდამო). საქართველოში პირველადაა რეგისტრირებული.

14. *Myxobolus lobatus* Dogiel, 1934

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, მტკვრის წვერა, მურწა. ლოკალიზაცია: ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 6 შემთხვევა, წვერა 6 შემთხვევა, მურწა 8 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (ორთაჭალა, ბორჯომის ხეობა-ჩითახევის მიდამო, ქვაბისხევი; სოფელი დვირი, ახალდაბის პლატო). საქართველოში რეგისტრირებულია ჭიაბერაშვილის (6) მიერ თბილისის წყალსაცავში, მდინარე რიონში (2), ხრამის წყალსაცავში (5) და გოგებაშვილის (1) მიერ თბილისის წყალსაცავში.

15. *Myxobolus mülleri* Bütschli, 1882

მასპინძელი: ხრამული, ქაშაპი, ფრიტა. ლოკალიზაცია: ლაყუჩები, თირკმელები. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 8 შემთხვევა, ქაშაპი 2 შემთხვევა, ფრიტა 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის, გარდაბნის მიდამოები, ბორჯომის ხეობა-ჩითახევი) საქართველოში რეგისტრირებულია ჭიაბერაშვილის (2) მიერ და მდ. რიონში და გოგებაშვილის (4) მიერ თბილისის წყალსაცავში.

16. *Myxobolus pfeifferi* Thélohan, 1895

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, მტკვრის წვერა, ჭანარი, ნაფოტა. ლოკალიზაცია: თირკმელები, ლაყუჩები, შარდის ბუშტი, ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 1 შემთხვევა, წვერა 2 შემთხვევა, ჭანარი— 2 შემთხვევა, ნაფოტა —2 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (გარდაბანი, ბორჯომის ხეობა—სოფელი დვირი, ახალდაბის პლატო). საქართველოში რეგისტრირებულია გოგებაშვილის (1) მიერ თბილისის წყალსაცავში.

17. ***Myxobolus squamae*** Reysselitz, 1908

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, მტკვრის წვერა, ნაფოტა, ქაშაპი, ფრიტა. ლოკალიზაცია: თირკმელები, ლაყუჩები, ნაღვლის ბუშტი, კანი. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 3 შემთხვევა, წვერა 1 შემთხვევა, ნაფოტა 1 შემთხვევა, ქაშაპი 1 შემთხვევა, ფრიტა 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (ბორჯომის ხეობა—ქვაბისხევი, ლიკანი, სოფელი დვირი), საქართველოში რეგისტრირებულია თბილისის წყალსაცავში გოგებაშვილის (4) მიერ.

18. ***Myxobolus bramae*** Reuss 1906

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, ჭანარი. ლოკალიზაცია: თირკმელები, კანი. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 2 შემთხვევა, ჭანარი—4 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისისა და გარდაბნის მიდამოები). საქართველოში რეგისტრირებულია ჭიაბერაშვილის (6) მიერ თბილისის წყალსაცავში, მდინარე რიონში [2], ხრამის წყალსაცავში [5] და გოგებაშვილის [4] მიერ თბილისის წყალსაცავში.

19. ***Myxobolus mysajevi*** Kandilov, 1963

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, მტკვრის წვერა. ლოკალიზაცია: ღვიძლი, თირკმელები, ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 4 შემთხვევა, წვერა 2 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის, გარდაბანის მიდამოები, ბორჯომის ხეობა—ქვაბისხევი, ახალდაბის პლატო). საქართველოში რეგისტრირებულია გოგებაშვილის [4] მიერ თბილისის წყალსაცავში.

20. ***Myxobolus caudatus*** Gogebaschvili, 1965

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული. ლოკალიზაცია: ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: 3 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (ბორჯომის ხეობა—აწყური, ჩითახევის მიდამო, ახალდაბის პლატო). პირველად რეგისტრირებულია თბილისის წყალსაცავში გოგებაშვილის [4] მიერ.

კლასი ***Ciliata Perty*** 1852 წამწამიანი ინფუზორიები

ოჯახი ***Chlamydodontidae*** Claus, 1874

21. ***Chilodonella cyprini*** Moroff, 1909

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, ჭანარი, შამაია, ნაფოტა, გოჭალა, გველანა. ლოკალიზაცია: კანი, ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 5 შემთხვევა, ჭანარი—1 შემთხვევა, შამაია— 1 შემთხვევა, ნაფოტა—1 შემთხვევა, გოჭალა—2 შემთხვევა, გველანა—4 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის, გარდაბანის და რუსთავის მიდამოები). საქართველოში პირველადაა რეგისტრირებული გოგებაშვილის [4] მიერ თბილისის წყალსაცავში.

ოჯახი *Urceolariidae* Stéen, 1867

22. *Tripartiella sp.*
მასპინძელი: ქაშაპი. ლოკალიზაცია: ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: 1 შემთხვევა.
მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (გარდაბნის მიდამო). საქართველოში ჩვენ მიერ პირველადაა რეგისტრირებული.

23. *Trichodina pediculus* Ehrenberg, 1831
მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, ნაფოტა, ფრიტა. ლოკალიზაცია: კანი, ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 1 შემთხვევა, ნაფოტა—3 შემთხვევა, ფრიტა—1 შემთხვევა.
მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის მიდამოები). საქართველოში ჩვენ მიერაა პირველად რეგისტრირებული

24. *Trichodina nigra* Lom, 1960
მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, მტკვრის წვერა, ჭანარი, ნაფოტა, კობრი, ქაშაპი, ფრიტა. ლოკალიზაცია: კანი, ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული—4 შემთხვევა, წვერა—1 შემთხვევა, ჭანარი—1 შემთხვევა, ნაფოტა—2 შემთხვევა, კობრი—1 შემთხვევა, ქაშაპი—1 შემთხვევა, ფრიტა—1 შემთხვევა.
მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (გარდაბნის, თბილისის მიდამოები, ბორჯომის ხეობა—სოფელი დვირი, ახალდაბის პლატო), საქართველოში ჩვენ მიერაა პირველად რეგისტრირებული.

25. *Trichodina meridionalis* Dogiel, 1940
მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, ჭანარი, კობრი. ლოკალიზაცია: კანი, ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 2 შემთხვევა, ჭანარი 1 შემთხვევა, კობრი 1 შემთხვევა.
მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის მიდამოები, რუსთავი). საქართველოში პირველად ჩვენ მიერაა რეგისტრირებული.

26. *Trichodinella epizootica* Raabe, 1950
მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, მტკვრის წვერა, შამაია, კობრი, გოჭალა, ქაშაპი, ფრიტა, გველანა. ლოკალიზაცია: კანი ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული—7 შემთხვევა, წვერა—1 შემთხვევა, შამაია—1 შემთხვევა, კობრი 2 შემთხვევა, გოჭალა 3 შემთხვევა, ქაშაპი 4 შემთხვევა, ფრიტა 7 შემთხვევა, გველანა 2 შემთხვევა.
მოპოვების ადგილი: თბილისის მიდამოები, გარდაბანი, რუსთავი, ბორჯომის ხეობა—აწყური, ჩითახევის მიდამო. ლიკანი, ქვაბისხევი, საქართველოში რეგისტრირებულია გოგებაშვილის (4) მიერ თბილისის წყალსაცავში.

ოჯახი *Scyphidiidae* Kahl, 1935

27. *Glossatella conica* Timofeev, 1962
მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, ჭანარი, ნაფოტა, ფრიტა. ლოკალიზაცია: კანი, ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 2 შემთხვევა, ჭანარი—1 შემთხვევა, ნაფოტა—1 შემთხვევა, ფრიტა—1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის მიდამოები, ბორჯომის ხეობა—ახალდაბის პლატო, ლიკანი).

28. *Glossatella piscicola* Blauchard, 1885

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, ნაფოტა, ქაშაპი, ფრიტა. ლოკალიზაცია: კანი, ლაყუჩები. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 4 შემთხვევა, ნაფოტა 2 შემთხვევა, ქაშაპი 2 შემთხვევა, ფრიტა 3 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის მიდამოები, გარდაბანი, ბორჯომის ხეობა—აწყური, ჩითახევის მიდამო, ლიკანი). საქართველოში რეგისტრირებულია გოგებაშვილის [4] მიერ თბილისის წყალსაცავში.

29. *Glossatella sp.*

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, კობრი. ლოკალიზაცია: კანი. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 2 შემთხვევა, კობრი 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის მიდამოები, გარდაბანი).

30. *Scyphidia schulmani* Gogebaschvili, 1965

მასპინძელი: ქაშაპი, ფრიტა. ლოკალიზაცია: კანი. ინვაზიის სიხშირე: ქაშაპი 3 შემთხვევა, ფრიტა 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (გარდაბანი, ბორჯომის ხეობა—სოფელი დვირი). საქართველოში რეგისტრირებულია გოგებაშვილის [4] მიერ თბილისის წყალსაცავში.

კლასი *Suctoria Claparede et* Lachman, 1858

ოჯახი *Dendrosomidae* Bütschli, 1889

31. *Thrichophrya intermedia* Prost, 1952

მასპინძელი: ტიპობრივი ხრამული, ნაფოტა. ლოკალიზაცია კანი. ინვაზიის სიხშირე: ხრამული 1 შემთხვევა, ნაფოტა 1 შემთხვევა.

მოპოვების ადგილი: მდინარე მტკვარი (თბილისის მიდამოები). საქართველოში პირველადაა რეგისტრირებული.

აღნიშნული 31 სახეობის პარაზიტული უმარტივესებისაგან 12 სახეობა პირველადაა რეგისტრირებული საქართველოს წყალსაცავების თევზებში. მასობრივი გავრცელებით და მაღალი ინტენსივობით უნდა აღინიშნოს შემდეგი სახეობები: *Chloromyxum varicorhini*, ***Myxobolus*** *mülleri*, ***Myxobolus*** *lobatus*, ***Myxobolus*** *musculi*, *Trichodinella epizootica*, *Trichodina nigra*, *Glossatella piscicola*, *Chilodonella cyprini*.

სხვადასხვა ასაკის თევზების გამოკვლევამ კიდევ ერთხელ ცხადყო, რომ მასპინძლის ასაკი წარმოადგენს პროტოფაუნის ფორმირებაზე მოქმედ მნიშვნელოვან ფაქტორს. თევზების ასაკის ცვლასთან ერთად იცვლება პარაზიტული უმარტივესებით დაავადების ინტენსივობა და ექსტენსივობა, კერძოდ, მოზარდ თევზებში პარაზიტებით — *Trichodina meridionalis*, *T. nigra*, *T. pediculus*, *Trichodinella epizootica*, *Glossatella piscicola* — გამოწვეული ინვაზიის ინტენსივობა გაცილებით მეტია, ვიდრე ზრდასრულ თევზებში. ხოლო, პარაზიტები:

Myxobolus lobatus, Myxobolus pfeifferi, M. squamae, M. musajevi გვხვდება, როგორც ზრდასრულ, ისე მოზრდ თევზებში.

აღწერილ სახეობებს შორის უნდა აღინიშნოს მეტად პათოგენური პარაზიტები: *Costia necatrix, Myxobolus cyprini, M. pfeifferi, M. dispar, Chilodonella cyprini, Trichodinella epizootica, Trichodina meridionalis,* რომელნიც გარკვეული ეპიზოოტიის შემთხვევაში იწვევენ თევზების პროდუქტულობის შესამჩნევ შემცირებას და მასობრივ დახოცვასაც კი.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ზოოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 4.11.1965)

ПАРАЗИТОЛОГИЯ

И. В. ГОГЕБАШВИЛИ

ПАРАЗИТИЧЕСКИЕ ПРОСТЕЙШИЕ РЫБ р. КУРЫ (В ПРЕДЕЛАХ ГРУЗИИ)

Резюме

С целью изучения фауны, простейших, паразитирующих на рыбах р. Куры (в пределах Грузии), методом полного паразитологического вскрытия нами были изучены 122 экземпляра рыб, принадлежащих к к трем семействам (*Cyprinidae, Cobitidae, Gobiidae*) и 14 видам. Из общего количества исследованных экземпляров зараженными оказались 107. При этом был зарегистрирован 31 вид паразитических простейших. Из них к жгутиконосцам относится один вид, к споровикам — 19, ресничным инфузориям — один и сосущим инфузориям — один.

Следует отметить, что 12 видов впервые зарегистрированы среди рыб водоемов Грузии.

ᲓᲐᲛᲝᲬᲛᲔᲑᲣᲚᲘ ᲚᲘᲢᲔᲠᲐᲢᲣᲠᲐ — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ი. გოგებაშვილი. მასალები სამგორის სარწყავი სისტემის თბილისის წყალსაცავში გავრცელებული თევზების პარაზიტული უმარტივესების შესწავლისათვის. ასპირანტთა და ახალგაზრდა მეცნიერ-მუშაკთა სამეცნიერო კონფერენცია XIV, 1963.
2. ე. ჭიაბერაშვილი. მდინარე რიონის და მისი ზოგიერთი შენაკადის თევზების პარაზიტოფაუნა. საქართველოს ზოოტექნიკურ-სავეტერინარო სასწავლო-კვლევითი ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ. XXXIII, 1962.
3. ი. გოგებაშვილი. მიქსოსპორიდიის ახალი სახეობა — **Chloromyxum varicorhinus Gogebaschvili n. sp.** ხრამულის ნაღვლის ბუშტიდან. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XXIX № 3, 1962.
4. ი. გოგებაშვილი. სამგორის სარწყავი სისტემის თბილისის წყალსაცავის თევზების პარაზიტული უმარტივესები. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტის პარაზიტოლოგიური კრებული, ნაკვეთი 1, 1965.
5. **Е. А. Чиаберашвили. Паразитофауна рыб Храмского водохранилища. Грузинский** зоотехническо-ветеринарный учебно-исследовательский инт, т. XXXIII. 1962.
6. ე. ჭიაბერაშვილი. მასალები თბილისის წყალსაცავის თევზთა პარაზიტოფაუნის შესწავლისათვის. საქართველოს ზოოტექნიკურ-სავეტერინარო სასწავლო კვლევითი ინსტ. კონფერენციის მოხსენებათა თეზისები, 1961.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ЗООЛОГИЯ

И. С. ДАРЕВСКИЙ, Т. А. МУСХЕЛИШВИЛИ

АРЕАЛЫ РАЗЛИЧНЫХ ПОДВИДОВЫХ ФОРМ СКАЛЬНОЙ ЯЩЕРИЦЫ (*LACERTA SAXICOLA EVERSMANN*) В ВОСТОЧНОЙ И ЮЖНОЙ ГРУЗИИ

(Представлено академиком Л. Л. Канчавели 18.10.1965)

Обычный на Кавказе, в Крыму, Малой Азии и Северном Иране полиморфный вид — скальная ящерица (*Lacerta saxicola* Eversmann) представлен на Кавказе 16 четко выраженными подвидами, из которых в Грузии встречаются 11. Хотя рассматриваемый вид принадлежит к числу наиболее обычных из встречающихся в Грузии пресмыкающихся, однако сведения о распространении его здесь очень скудны. Кроме того, ввиду крайней сложности внутривидовой структуры, далеко не всегда можно определить, к какому из многочисленных подвидов относятся сведения, приводимые в работах различных авторов. Некоторые новые сведения о распространении ряда подвидов, главным образом в пределах южных склонов Большого Кавказа и окрестностей г. Тбилиси, содержатся лишь в последних работах Т. А. Мусхелишвили [1—3].

Скальная ящерица привлекает к себе сейчас все большее внимание исследователей, так как является удобной моделью для изучения ряда сложных вопросов, связанных с внутривидовым полиморфизмом и проблемой видообразования. За последнее время интерес к изучению этого вида особенно возрос также в связи с установлением у некоторых его форм явлений естественного партеногенеза и связанной с ним полиплоидии [4—6].

В настоящей работе излагаются результаты специальных исследований, проведенных авторами в 1958—1965 гг. с целью изучения ареалов различных подвидов скальной ящерицы в пределах Восточной и Южной Грузии, где сосредоточены 10 из 11 указанных для республики форм.

Lacerta saxicola caucasica Méhely, 1909

В Грузии широко распространена как на южных, так и на северных склонах Большого Кавказа, где на западе доходит до верховьев р. Ингури и ее притоков, а на востоке—до границ республики. Вертикально распространена от 1100—1300 м н. у. м. до субнивальной зоны, где известна с высоты по крайней мере 2600 м. В Горной Тушетии разрыва между популяциями северного и южного склонов, видимо, не существует. В границах рассматриваемой территории (с запада на восток) достоверно обнаружена в следующих основных пунктах: окрестности Мцхетиджвари, Земо-Роки, среднее и верхнее течения р. Большая Лиахви и долина р. Ксани в Юго-Осетии, окрестности Душети, окрестности Пасанаури, Млети, Гудаури, Казбеги и ряд пунктов в Дарьяльском ущелье на Военно-Грузинской дороге, берега Сионского водохранилища на р. Иори, окрестности с. Верхнее Омало и Омалойское плато в междуречье Пирикительской и Тушинской Алазани в Горной Тушетии, а также долина верхнего течения р. Лагодехи в одноименном районе (рис. 1).

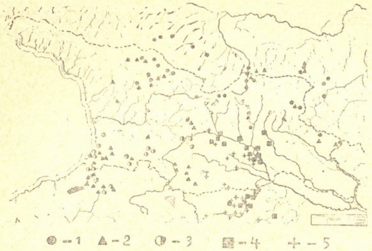


Рис. 1. Основные местонахождения в Грузии и на прилежащей территории: 1—*L. sax. caucasica*, 2—*L. sax. rudis*, 3—*L. sax. parvula*, 4—*L. sax. portschinskii*, 5—*L. sax. dahli*

Lacerta saxicola rudis Bedrjaga, 1886

Обладает широким ареалом, встречаясь, с одной стороны, в Северо-Восточной Турции, Аджарии и западной части Джавахетского плато в Южной Грузии, и с другой—на южных склонах Большого Кавказа от Западной Мингрелии и Сванетии на западе до Северо-Западного Азербайджана на востоке. На южных склонах встречается ниже *L. sax. caucasica*, как правило, не поднимаясь выше 1300—1500 м[1]. В ряде мест обе эти формы обитают совместно. На южных склонах Главного хребта *L. sax. rudis* расселилась, видимо, только в послеледниковое время, постепенно продвигаясь из Закавказья на север по Сурамскому хребту. Об этом свидетельствует, в частности, факт нахождения ее на Северном Кавказе и в Чечено-Ингушетии, куда она могла проникнуть через водораздел лишь после отступления ледника.

Основные пункты достоверных находок рассматриваемой формы в пределах Джавахетского плато и Большого Кавказа в Грузии, следующие, окрестности г. Ахалкалаки, с. Араква, Чунхча, Хертвиси, Аспиндза и ущелья рр. Ахалкалаки-чай и Кырбулак в Южной Грузии, западные и восточные склоны Сурамского перевала и Сурами, окрестности

[1] На северном склоне Большого Кавказа в Горной Тушетии известна с высоты 2000 м.

Цхинвали, Джава и ущелье среднего течения р. Большая Лиахви в Юго-Осетии, окрестности Пасанаури, окрестности с. Нижнее и Верхнее Омало и Омалойское плато в Тушетии, окрестности Кварели и Лагодехи в Кахетии (рис. 1).

Lacerta saxicola obscura Lantz et Cyrén, 1936

Ареал подвида охватывает главным образом долины верхнего течения р. Куры и ее притоков от с. Адигени на западе до с. Ахалдаба на востоке. По долинам притоков, в частности на Месхетском и северном склоне Триалетского хребта, местами проникает в горы до высоты 2000 м. В. В. Петров [7], на основании большого сходства в морфологических признаках предложил свести рассматриваемую форму в синонимы *L. sax. rudis*. Однако, как показали наши исследования, проведенные на большом материале, происходящем из многих точек ареалов обоих форм, различия между ними вполне достоверны.

Основные пункты достоверных находок *L. sax. obscura* следующие: окрестности с. Адигени, Абастумани, южные склоны перевала Зекари на Месхетском хребте и окрестности с Ацкури в Ахалцихском районе, окрестности Боржоми, сс. Рвели, Ахалдаба, Цагвери, Бакуриани и Цихисджвари, западные склоны перевала Цхрацкаро и верховья р. Тана на северных склонах Триалетского хребта в Горийском районе (рис. 1).

Lacerta saxicola parvula Lantz et Cyrén, 1913

Встречается главным образом в Северо-Восточной Турции и в Аджарии, проникая также на южные склоны Месхетского хребта и в долины среднего течения р. Куры и ее левых притоков, примерно от Адигени на западе до с. Ахалдаба на востоке. В пределах рассматриваемой территории известна из окрестностей с. Адигени, Абастумани, южного склона перевала Зекари, окрестностей Боржоми и Бакуриани и сс. Рвели и Ахалдаба в Боржомском районе. Сообщение Л. Е. Кутубидзе [8], о нахождении этого подвида в окрестностях Гори, несомненно, позволяет отнести его к *L. sax. portschinskii*.

Lacerta saxicola mixta Méhely, 1909

Спорадически распространена на Месхетском хребте, в Мингрелии и долинах среднего течения р. Куры и ее притоков от Боржоми до с. Ахалдаба на востоке. В отличие от других скальных ящериц, *L. sax. mixta* не обладает строго выраженным цельным ареалом. Не исключено, что это связано с полифилитическим возникновением этой формы, возникшей, видимо, в результате естественной гибридизации между *L. saxicola* и близким видом *L. derjugini* Nik. [4, 5]. На рассматриваемой территории достоверно известна из окрестностей Абастумани, с перевала Зекари и из ряда других пунктов в альпийской зоне Месхетского хребта, окрестностей Боржоми, сс. Рвели и Ахалдаба в долине р. Куры, окрестностей Бакуриани и Цихисджвари и западных склонов перевала Цхрацкаро на Триалетском хребте (рис. 2).

Lacerta saxicola portschinskii Kessler, 1878

Основной ареал подвида занимает отрезок долины среднего течения р. Куры от Гори на западе до предгорий Малого Кавказа в нижнем течении рр. Храми и Акстафа-чай на юго-востоке.

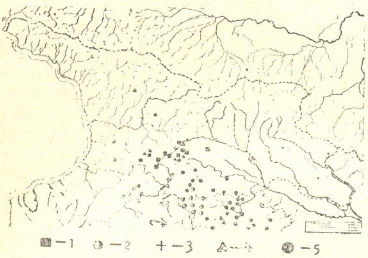


Рис. 2. Основные местонахождения в Грузии и на прилежащей территории: 1—*L. sax. obscura*, 2—*L. sax. valentini*, 3 — *L. sax. defilippii*, 4 — *L. sax. mixta*, 5 — *L. sax. armeniaca*

Обширная изолированная популяция существует в настоящее время в долине среднего течения р. Иори на южных склонах Цивигомборского хребта. По долинам правых притоков р. Куры проникает довольно далеко в горы, достигая местами, как например в Армении, высоты 1400 м. В пределах Грузии с запада на восток известна из окрестностей Гори, ущелий рр. Тана, Тедзами и их притоков на северных склонах Триалетского хребта, окрестностей Каспи и Мцхета, многочисленных пунктов в ближних и дальних окрестностях Тбилиси (Авчала, Цхнети, Коджори, Марткопи, Соганлуги и др.), окрестностей с. Уджарма и ряда пунктов в долине р. Иори, окрестностей Манглиси и Тетри-Цкаро, куда проникает по долинам рр. Храми и Алгети (рис. 1).

Lacerta saxicola defilippii Camerano, 1877

Основной ареал этой широко распространенной формы лежит в Восточном Закавказье в пределах Армении и Азербайджана, Северо-Западном и Северном Иране и Юго-Западной Туркмении (Копет-Даг). На западе проникает в Северо-Восточную Турцию (западная граница точно не установлена), откуда по долине верхнего течения р. Куры языком заходит в Южную Грузию, достигая окрестностей Хертвиси, ущелья р. Ахалкалаки-чай, где обитает совместно с *L. sax. rudis* (рис. 2).

Lacerta saxicola valentini Boettger, 1892

Высокогорная форма, обитающая главным образом в горах Малого Кавказа в Центральной Армении, откуда на западе и северо-западе заходит в прилежащие районы Турции и Южной Грузии. В частности, под названием *L. sax. terentjevi* И. С. Даревский [9] приводит ее из Ахалкалакского и бывшего Богдановского районов. Возможно, распространена в пределах Джавахетского плато гораздо шире, чем это известно в настоящее время (рис. 2). Как показал недавно И. С. Даревский [10], описанная им в свое время из Армении *L. sax. terentjevi* в действительности должна быть сведена в синоним описанной Беттгером еще в 1892 г. *L. sax. valentini*.

Lacerta saxicola armeniaca Méhely, 1909

Эта широко распространенная в Армении, Западном Азербайджане и Северо-Восточной Турции партеногенетическая ящерица для Южной Грузии, именно для Дманисского и Болнисского районов, впервые была указана И. С. Даревским [9]. Как показали наши исследования, область распространения ее здесь охватывает также Ахалкалакский, Боржомский и Тетрицкаройский районы до Бакуриани на северо-западе и Тетри-Цкаро на северо-востоке. Основные достоверные пункты находок в пределах Грузии: окрестности Ахалкалаки, сс. Аластани, Араква и ущелье р. Кырбулак в Ахалкалакском районе, окрестности Бакуриани и западные склоны перевала Цхрацкаро, окрестности Дманиси, сс. Муганло и Опрети, окрестности сс. Цалки, Реха и тетри-Цкаро (рис. 2).

Lacerta saxicola dahli Darevsky, 1957

Партеногенетическая форма, широко распространенная главным образом в лесной части Северной Армении и Южной Грузии, откуда известна из следующих точек: окрестности сс. Цалка, Ахалики, Ахалсопели и Манглиси, окр. с.с. Сакире и Муганло в Болнисском районе, окрестности Коджори и Цхнети близ Тбилиси [3] и окрестности с.с. Квемо-Бошруи и Карели в Горийском районе (рис. 1). Особый интерес вызывают местонахождения в долине р. Куры (Карели) и в ущелье р. Таны (Квемо-Бошури), представляющие собой небольшие изолированные участки ареала, значительно удаленные от границ основной области распространения данного подвида. Характерно, что если в целом рассматриваемый подвид является обитателем прохладной лесной зоны и живет в горах, главным образом на высотах от 1000 до 1600 м, то в долине р. Куры он обитает в условиях гораздо более сухого и жаркого климата, на высоте не более 400—650 м. Это можно объяснить тем, что как в ущелье р. Тана у с. Квемо-Бошури, так и на левом берегу р. Куры у с. Карели *L. sax. dahli* держится исключительно на обильно смачиваемых холодными грунтовыми водами конгломератах и скалах, благодаря чему здесь постоянно обеспечивается необходимый для ее существования микроклимат. Оба изолированные местонахождения свидетельствуют также о том, что в прошлом область распространения этой ящерицы занимала гораздо более обширную территорию в долине р. Куры и лишь позднее значительно сократилась, видимо, в результате потепления климата, наступившего после отступления ледника. Подобное допущение хорошо согласуется с высказанной ранее И. С. Даревским [4, 5] точкой зрения, что переход партеногенетических ящериц к однополому размножению связан с изменениями климата в период четвертичных оледенений Кавказа.

Некоторые общие закономерности распространения скальных ящериц на территории Грузии

Описанная выше общая картина распространения скальной ящерицы в пределах Восточной и Южной Грузии позволяет выявить некоторые важные закономерности.

Прежде всего обращают на себя внимание различия в вертикальном распределении отдельных форм, связанные с высотной зональностью ландшафтов. Особенно ярко прослеживается это на Большом Кавказе на ареалах широко распространенных здесь *L. sax. rudis* и *L. sax. caucasica*, первая из которых широкой полосой обитает главным образом в зоне от 600 до 1500 м, а вторая повсеместно сменяет ее на высотах от 1300 м и выше. Лишь местами, как например в Верхней Сванетии, *L. sax. rudis* поднимается до высоты 1600—1700 м (окрестности Местиа), но и нижняя граница ареала *L. sax. caucasica* здесь соответственно как бы выклинивается и не идет ниже 2000 м.

Аналогичная вертикальная зональность наблюдается, в частности, и на Месхетском хребте, где в зоне 1000—1600 м обитают *L. sax. obscura* и *L. sax. parvula*, на высотах 1600—1800 м остается одна *L. sax. obscura*, а еще выше в субальпийской зоне полосой распространена только *L. sax. mixta*.

Очевидно, что во всех этих случаях роль фактора, влияющего на распространение ящериц, играет не сама высота, а лишь сопутствующие ей изменения в температуре и влажности. Особую роль при этом играет, видимо, дефицит влажности, заметно повышающийся при подъеме в горы. *L. sax. mixta*, например, обитает преимущественно в субальпийской зоне или у верхних лесных опушек на высотах 1700—2000 м, однако в Боржомском ущелье, характеризующемся повышенной влажностью, она живет на значительно меньшей высоте (800—900 м). Аналогичный пример с *L. sax. dahli* был уже рассмотрен выше.

Из всех подвидов скальной ящерицы в целом наименее чувствительной в этом отношении является *L. sax. portschinskii*, обитающая в долине р. Куры в условиях пониженного дефицита влажности (менее 500 мм осадков в год). На совершенно сухих скалах (например, в районе сс. Телети, Кумиси, Самгори и др.) скальные ящерицы не встречаются вовсе.

Как уже говорилось, в ряде мест отдельные подвиды обитают совместно. Так, на Большом Кавказе *L. sax. rudis* часто встречается вместе с *L. sax. caucasica*, на южных склонах Месхетского хребта *L. sax. obscura* обитает совместно с *L. sax. parvula*, а местами и с *L. sax. mixta*. В окрестностях Коджори и Цхнети *L. sax. portschinskii* живет совместно с *L. sax. dahli* и т. д.

Указанное перекрывание ареалов различных подвидовых форм одного вида противоречит принятым критериям подвида и ставит на повестку дня вопрос о пересмотре таксономических рангов так называемых «подвидов» *Lacerta saxicola*, некоторые из которых, в частности формы *caucasica* и *rudis*, несомненно, являются самостоятельными видами. Этот в высшей степени интересный и важный вопрос в данной работе специально не рассматривается. В тех случаях, когда описанным образом перекрываются ареалы партеногенетических и обоеполых форм, между ними нередко возникают гибриды, являющиеся, как было показано, не способными к размножению триплоидными самками [5, 6]. В пределах рассматриваемой территории такие гибридные особи обнаружены нами в окрестностях Ахалкалаки между формами *armeniaca* и *rudis*, в окрестностях Манглиси между *dahli* и *portschinskii* и на западном склоне перевала Цхрацкаро на Триалетском хребте между *armeniaca* и *obscura*. Несомненно, подобные гибридные формы встречаются и в других районах Грузии.

Академия наук Грузинской ССР
Институт зоологии

(Поступило в редакцию 18.10.1965)

ზოოლოგია

ი. დარევსკი, თ. მუსხელიშვილი

კლდის ხვლიკის (*LACERTA SAXICOLA* EVERSMANN) სხვადასხვა ქვესახეობრივი ფორმის არეალები აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოში

რეზიუმე

აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოში ბინადრობს კლდის ხვლიკის 10 ქვესახეობა, რომელთაგან 1 გავრცელებულია მხოლოდ მთავარი კავკასიონის სისტემაზე, 2 — მთავარ და მცირე კავკასიონზე, 7 კი — მხოლოდ მცირე კავკასიონზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Т. А. Мусхелишвили. К батрахо-герпетологической фауне Сванетии. Сообщения АН ГССР, т. XXII, № 6, 1959.
2. Т. А. Мусхелишвили. Материалы по изучению герпетофауны Мта-Тушети. Сообщения АН ГССР, т. XXVI, № 3, 1961.
3. Т. А. Мусхелишвили. О фауне ящериц окрестностей Тбилиси. Сообщения АН ГССР, XXXV, 1, 1964.
4. I. S. Darewskij, V. N. Kulikova. Naturlische Parthenogenese in der polimorphen Gruppe kaukasischen Felseidechse (Lacerta saxicola Eversmann). Zoologische Jb. Abt. Syst., Bd. 89, H. 1, 1961.
5. И. С. Даревский. О происхождении и биологической роли естественного партеногенеза в полиморфной группе кавказских скальных ящериц *Lacerta saxicola* Eversmann). Зоологический журнал, т. 41, вып. 3, 1962.

6. И. С. Даревский и В. Н. Куликова. Триплоидия в полиморфной группе кавказских скальных ящериц как следствие естественной гибридизации между двуполыми и партеногенетическими формами этого вида. ДАН СССР, т. 158, № 1, 1964.
7. В. В. Петров. О самостоятельности двух закавказских подвидов скальной ящерицы. Вопросы герпетологии. Материалы к герпетологической конференции. Л., 1964.
8. Л. Е. Кутубидзе. К изучению *Lacertilia* Горийского района. Труды ТГУ, т. XXXVIII, 1950 (на груз. яз.).
9. И. С. Даревский. Систематика и экология скальных ящериц (*Lacerta saxicola* Eversmann), распространенных в Армении. Зоологический сборник АН Арм. ССР, т. X, 1957.
10. I. S. Darevskij. Was ist Lacerta saxicola valentini Boettger? (Reptilia, Sauria). Senckenbergiana Biologica, Bd. 46, 4, 1965.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

АНАТОМИЯ

М. В. ЛАБАДЗЕ

НЕКОТОРЫЕ ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОНОВ СИМПАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ СОБАКИ

(Представлено академиком В. К. Жгенти 13.4.1966)

Ряд вопросов морфологии нейронов недостаточно изучен. Так, например, данные относительно формы нейронов, величины ядра, соотношение цитоплазмы и ядра приводятся не на основании измерений. Это в особенности касается нейронов вегетативных ганглий. В работе Ю. М. Жаботинского [1], которым основательно изучены структурные особенности вегетативных нервных клеток, указано, что форма нейронов бывает самая разнообразная — круглая, овальная, полигональная. В той же работе упоминается, что величина ядер вегетативных нейронов пропорциональна величине их тела. Это положение Ю. М. Жаботинского совпадает с мнением Б. И. Лаврентьева и Е. К. Плечковой [2], которые считают, что хотя соотношения цитоплазмы тела нейрона и объема ядра для разных клеточных групп изменчивы, однако в пределах одной клеточной группы постоянны. Маринеско [5] и Бок [3] считают, что для мотонейронов спинного мозга эти соотношения равны 1:3 или 1:4. С другой стороны, в литературе имеются совершенно противоположные данные о наличии обратной пропорции в соотношениях протоплазмы и ядра нервных клеток [4].

Имеются противоречивые данные относительно зависимости количества пигмента и величины нейрона в вегетативных ганглиях. Так, Шпигель [6] считал, что в маленьких нейронах пигмента меньше, в то время как Терплан [7] находил в мелких клетках более интенсивное отложение пигмента. Ю. М. Жаботинский отрицает наличие какой-либо зависимости между количеством пигмента и величиной нейрона.

Исходя из вышеизложенного, мы поставили себе целью микрометрическое изучение нейронов симпатических узлов собаки для выявления их цитологических особенностей и проверку некоторых общих положений нейроцитологии на нейронах симпатических ганглий собаки.

Методика и объект исследования

Объектом исследования служили взрослые дворовые собаки, самцы, весом 9—12 кг, у которых сейчас же после декапитации брался материал для общеморфологического и нейроморфологического исследований из разных отделов центральной нервной системы. Симпатические узлы $C_1, C_7, L_1, L_4 S_1 S_2$ после предварительной фиксации в течение 1 часа в смеси AFA фиксировались в 12% растворе нейтрального формалина и в 96° спирте, срезы окрашивались гематоксилином и эозином, по Нисслю, суданом III и черным. Исследования проводились на 200 нейронах симпатических узлов собаки с определением длины, ширины и площади их тела и ядра, вычислено ядерно-плазматическое соотношение, определена величина нисслевской зернистости и ее расположение, расположение суданофильного пигмента.

Результаты исследований

Данные о длине, ширине и площади тела нейронов приведены в табл. 1. Площадь определялась путем перемножения величин длины и ширины, т. е. наибольшего и наименьшего диаметров нейрона.

Таблица 1

Площадь в мк²	Длина в мк	Количество клеток		Ширина в мк	Количество клеток	
		число	%		число	%
216— 316	10—19	10	5	10—19	82	41
252— 783	20—29	60	30			
432—1170	30—39	88	44	20—29	83	41,5
810—1955	40—49	33	16,5			
918—1700	50—59	4	2	30—39	35	17,5
1260—2178	60—69	3	1,5			
1350—1800	70—79	2	1			

Как видно, длина нейронов симпатических узлов собаки варьирует в пределах от 10 до 79 мк, клетки однотипны, в большинстве случаев (90,5%) длина их равна 20—49 мк. Площадь клеток варьирует от 216 до 2178 мк² .

Для получения объективных данных о форме нейрона мы сопоставили их взимно перпендикулярные диаметры (табл. 2). Как видно из табл. 2, разница взаимно перпендикулярных диаметров, равная 0,

Таблица 2

Разница взаимно перпендикулярных диаметров в %	Количество клеток
0	11
6—19	33
20—29	39
30—39	48
40—49	32
50—59	26
60—69	9
70—79	1

оказалась лишь в 11 клетках (5,5%) — эти нейроны можно считать круглыми; в 33 клетках (16%) ранзица не превышала 20% — эти нейроны округлы. В остальных 136 клетках разница взаимно перпендикулярных диаметров составляла 20—76% — эти нейроны овальной формы.

Ядро нейрона. В 74% ядро располагается эксцентрично. Данные о длине и ширине ядра приведены в виде табл. 3, которая показывает, что чаще всего встречаются длина ядра 6—15 мк (58,5%) и ширина 6—10 мк (76%).

Для объективного суждения о форме ядра мы сопоставили взаимно перпендикулярные диаметры (табл. 4).

Таблица 3

Длина ядра в мк	Количество ядер		Ширина ядра в мк	Количество ядер	
	число	%		число	%
6—10	80	40	0—5	4	2
11—15	112	58,5	6—10	153	76,5
16—20	2	1	11—15	33	16,5
21—25	1	0,5			

Как видим, разница 0% имела место в 76 случаях (38%) — эти ядра можно считать круглыми, в 85 случаях (44%) разница достигала 20—39%—эти ядра округлой формы и только в 20 случаях (10%) разница равнялась 50—69%—это овальные ядра.

Таблица 4

Разница взаимно перпендикулярных диаметров ядра	Количество случаев
0	76
10—19	1
20—29	60
30—39	25
40—49	18
50—59	14
60—69	6

Площадь ядер симпатических ганглиев собаки колеблется от 18 до 270 мк², причем чаще всего встречаются ядра с площадью от 100 до 150 мк².

Так как в литературе имеются указания [1] о том, что величина ядер вегетативных нейронов пропорциональна величине тела нейрона, то мы проверили это положение для нейронов симпатических ганглиев (табл. 5).

Как видно из приведенной таблицы, отмечается большой диапазон колебаний процентного отношения ядра к площади клеток — от 10 до 50%, хотя больше чем в половине случаев (121) это отношение колебалось в пределах 11—20%. Таким образом, положение Ю. М. Жаботинского о прямой пропорциональной зависимости между площадью ядра и площадью клетки нельзя распространить на все нейроны симпатических ганглиев собаки.

Как указывалось выше, в литературе имеются данные о том, что для определенной клеточной группы отношения размеров ядра и цитоплазмы достаточно постоянны (для мотонейронов, например, 1:3; 1:4). Иначе говоря, размер клетки в 3 или в 4 раза должен превышать размер ядра. Проверку этого положения для нейронов симпатических ганглий собаки мы произвели, сопоставив фактически имеющиеся у нас площади нейронов с теоретически рассчитанными площадями нейронов, помножив площадь ядра на 4 (табл. 6). Как показывает табл. 6, из 200 измеренных нами клеток 184 оказались намного больше теоретически рассчитанных величин. Разница между теоретически рассчитанными и фактически имеющимися площадями коле-

Таблица 5

Процентное отношение площади ядра к площади клеток	Количество случаев
до 10	42
11—20	121
21—30	33
31—40	2
41—50	2

балась от 10 до 90%, причем чаще всего (75%) составляла 31—50%. Необходимо отметить, что из 200 измеренных клеток в 16 случаях фактически существующие размеры клеток оказались меньше теоретически рассчитанных, причем в двух случаях разница достигала 50%.

Таблица 6

Разница в %	Число случаев
0 —10	9
11—20	17
21—30	15
31—40	36
41—50	39
51—60	30
61—70	18
71—80	15
81—90	5

Суданофильный пигмент. По нашим данным, в нейронах симпатических узлов собаки в 45% случаев пигмент расположен у отхода одного из аксонов, в 22% случаев — вокруг ядра, а в 12% беспорядочно разбросан по телу нейрона. Так как в литературе имеются противоречивые данные о зависимости количества пигмента от величины нейрона, то мы сопоставили количество пигмента в нейроне с размером последнего. В результате наших исследований выяснилось, что густое расположение пигмента из 100 клеток было отмечено только у 14 крупных и средних клеток (площадью 500—1000 мк^2). Таким образом, наши данные не совпали с противоречивыми данными Шпигеля и Терплана о прямой или обратной зависимости между количеством пигмента и величиной нейрона, но подтвердили положение Ю. М. Жаботинского об отсутствии какой-либо зависимости между количеством пигмента и величиной нейрона.

Зернистость Ниссля. В 68% случаев встречается мелкая зернистость, в 32% — крупная. Размер зерен от 2,05 до 4,1 мк. Сопоставляя площадь клеток с величиной зерен Ниссля, мы обнаружили, что из нейронов с мелкой зернистостью 82% приходится на крупные клетки, тогда как из клеток с крупной зернистостью на крупные клетки приходится 15%. Таким образом, клетки крупного размера чаще имеют крупную зернистость. При сопоставлении площади ядра с величиной зернистости выяснилось, что из клеток с мелкой зернистостью 27% имеют крупное ядро, а из клеток с крупной зернистостью 31% приходится на крупноядерные нейроны. Таким образом, нейроны с более крупными ядрами обладают крупной зернистостью.

Необходимо отметить также, что нет определенной зависимости между расположением ядра и величиной зернистости Ниссля. Из всех клеток с эксцентрично расположенным ядром 70% приходится на нейроны с мелкой зернистостью Ниссля, 30%—на нейроны с крупной зернистостью. Из клеток с центрально расположенным ядром 62% мелкозернистые, а 38% крупнозернистые. В крупноядерных клетках зернистость большей частью густая.

Выводы

1. Среди изученных нами нейронов симпатического ганглия собаки в большинстве случаев (90,5%) встречаются одинаковые по величине нейроны с длиной от 20 до 49 мк и шириной от 10 до 29 мк.

2. Площадь нейронов варьирует от 216 до 2178 мк^2.

3. В результате сопоставления длины и ширины нейронов выяснилось, что нейроны преимущественно (78%) имеют овальную форму, реже (16,5%) — округлую и совсем редко (5,5%) — круглую.

4. Ядро в 74% случаев располагается эксцентрично. Длина ядер чаще всего равна 6—15 мк, ширина—6—10 микрон, площадь — 18 — 27 мк^2. Чаще всего (51,5%) встречалась округлая форма ядра, довольно часто (38%) — круглая и редко (10%)—овальная.

5. В нейронах симпатических узлов собаки не обнаружено прямой пропорциональной зависимости между площадью ядра и площадью нейрона.

6. Между количеством суданофильного пигмента и величиной нейрона нет никакой зависимости.

7. Крупная зернистость Ниссля чаще всего встречается в клетках крупного размера и с крупными ядрами. В крупноядерных нейронах зернистость большей частью густая.

Тбилисский государственный
медицинский институт

(Поступило в редакцию 13.4.1966)

ანატომია

მ. ლაბაძე

ძაღლის სიმპატიკური კვანძის ნეირონების ზოგიერთი ციტოლოგიური თავისებურება

რეზიუმე

შრომაში მოცემულია ძაღლის სიმპატიკური კვანძის ნეირონების ციტოლოგიური თავისებურების შესწავლის შედეგები. მიკრომეტრიულად შესწავლილია 200 ნეირონი მათი სხეულისა და ბირთვის სიგრძის, სიგანის, ფართობისა

და ფორმის განსზაღვრით. გამოანგარიშებულია ბირთვისა და ციტოპლაზმის რიცხობრივი ურთიერთდამოკიდებულება, განსაზღვრულია ნისლის მარცვლოვანობის სიდიდე, მისი და სუდანოფილური პიგმენტის განლაგება.

ჩვენი გამოკვლევის შედეგად გამოირკვა, რომ ძაღლის სიმპატიკური კვანძის ნერვული უჯრედების უმრავლესობას (90,5%) აქვთ სხეულის ერთნაირი სიგრძე, რომელიც 20—49 მიკრონის ფარგლებში მერყეობს. სხეულის სიგანე 12—29 მიკრონს აღწევს, ნეირონის ფართობი მერყეობს 216-დან 2178 კვ. მიკრ. ფარგლებში.

ნეირონის სიგრძისა და სიგანის ურთიერთშეფარდების შედეგად გამოირკვა, რომ ძაღლის სიმპატიკური კვანძის ნეირონებს შემთხვევათა 78%-ში აქვთ ოვალური ფორმა, 16,5%-ში—მომრგვალო და იშვიათად (5,5%-ში)—მრგვალი ფორმა.

ძაღლის სიმპატიკური კვანძის ნეირონების ბირთვი შემთხვევათა 74%-ში განლაგებულია ექსცენტრიულად. ბირთვის სიგრძე მერყეობს 6-დან 15 მიკრონამდე, სიგანე—6—10 მიკრონის ფარგლებში. ფართობი უდრის 18—270 კვ. მიკრ. მეტწილად (51,5%-ში)ნახულ იქნა ბირთვის მომრგვალო ფორმა, შემთხვევათა 38%-ში—მრგვალი და 10%-ში—ოვალური ფორმა.

ძაღლის სიმპატიკური კვანძის ნეირონებში არ აღმოჩნდა პირდაპირი რიცხვობრივი დამოკიდებულება ნეირონის სხეულსა და ბირთვის ფართობს შორის.

უჯრედის სიდიდესა და სუდანოფილური პიგმენტის რაოდენობას შორის არ არსებობს რაიმე კანონზომიერება.

ნისლის მსხვილი მარცვლოვანობა მეტწილად აღინიშნება დიდი ბირთვის მქონე მსხვილ უჯრედებში. დიდი ბირთვის მქონე ნეირონებში ნისლის მარცვლოვანობა უმეტესად განლაგებულია მჭიდროდ.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. М. Жаботинский. Нормальная и патологическая морфология вегетативных ганглиев. М., 1953.
2. Б. И. Лаврентьев, Е. К. Плечкова. Нервная клетка и нервное волокно. Неврон. Руководство по неврологии, т. I. 1959, стр. 90.
3. S. Bok. Die Entwiklung der Hirnnerven u ihrer central Bahnen. Die stimulogene Fibrillation. Folia Neirobiol, 9, 1915.
4. H. H. Donaldson. The rat. Philadelphia, 1924.
5. G. Marinesco. La cellule nerveuse, 1909.
6. E. Spiegel. Beiträge zur Anatomie und Pathologie des autonomen Nerven systems. II Mitt. Morphologie der peripheren ganglien. Anatom. Anz., 1921, Bd. 54, 331.
7. K. Terplan. Zur Frage histopathologischer Veränderungen in sympatischen ganglien und deren Bedeutung. Virchow's Archiv, 1926, Bd. 262, 431.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ფიზიოლოგია

გ. თევზაძე

სარტყელისებური ხვეულის (G. CINGULI) უშუალო გაღიზიანებით გამოწვეული რეაქციები და მათი გავლენა ზოგიერთ რეფლექსებზე

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ი. ბერიტაშვილმა 29.6.1965)

სარტყელისებურ ხვეულს ფილოგენეზურად შუამდებარე ადგილი უჭირავს პალეოკორტექსსა და ნეოკორტექსს შორის და ხშირად მას, ზოგიერთ სხვა ნერვულ სტრუქტურულ წარმონაქმნთან ერთად, პარაალოკორტექსს უწოდებენ. სარტყელისებურ ხვეულს უშუალო ანატომიური კავშირი აქვს პალეოკორტექსისა და ქერქქვეშა სხვადასხვა ბირთვების სტრუქტურებთან. ამიტომ მას დიდი მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეს ცხოველთა რთული ქცევების განხორციელებაში.

ლიტერატურული მონაცემებიდან ჩანს, რომ სარტყელისებური ხვეულის სხვადასხვა მიდამოს ექსტირპაცია სხვადასხვაგვარ, მაგრამ მნიშვნელოვან ცვლილებებს იწვევს ცხოველის ქცევაში [1—8].

ჩვენ მიზნად დავისახეთ, ქრონიკული ექსპერიმენტის პირობებში შეგვესწავლა სარტყელისებური ხვეულის უშუალო გაღიზიანებით გამოწვეული რეაქციები და მათი გავლენა გამომუშავებულ რეფლექსებზე.

ცდები ჩატარდა სამ ძაღლზე („ყაზბეგი“, „თოლია“, „ყურშა“) ქრონიკულად ჩანერგილი ელექტროდებით. ელექტროდების ჩანერგვა წარმოებდა სტერეოტაქსული აპარატით. ქალაზე ელექტროდები მაგრდებოდა სტერაკრილით ან საფიქსაციო ცემენტ-ფოსფატით. ელექტროდებად გამოვიყენეთ 0,3—0,4 მილიმეტრი განივკვეთის კონსტანტანის მავთული: ჩანერგილი ელექტროდები ბიპოლიარული იყო და პოლუსთა შორის მანძილი მერყეობდა 2-დან 4 მმ-მდე. ცდები ტარდებოდა როგორც კაბინის, ისე თავისუფალი ქცევის პირობებში. იგი იწყებოდა ოპერაციიდან 15—20 დღის შემდეგ. ნერვული ქსოვილის გაღიზიანება წარმოებდა სტიმულიატორ „კორტივარით“. გაღიზიანების სიხშირე და ძაბვა იცვლებოდა საჭიროებისამებრ. რეფლექსური მოქმედება და მისი ცვლილებანი, რომელიც ცინგულის უშუალო გაღიზიანებით იწვეოდა, რეგისტრირდებოდა მიოგრაფიული წესით. ვიზუალური დაკვირვების შედეგები აღირიცხებოდა ოქმებში შეტანით. კამერიდან ცხოველი მოძრაობითი რეაქციების გადასაცემად და სარეგისტრაციოდ გამოვიყენეთ ბერკეტული სისტემა ჰაეროვანი გადაცემით. კიმოგრაფზე აღირიცხებოდა აგრეთვე გაღიზიანებათა ხანგრძლივობა და დრო წამობით.

სარტყელისებური ხვეულის წინა ნაწილის ცენტრალური მიდამოს (ტვინის მორფოლოგიურმა გამოკვლევამ დაადასტურა, რომ ცინგულის წინა ნაწილში ელექტროდებს, უპირატესად, ცენტრალური მდებარეობა ჰქონდა. ზოგჯერ

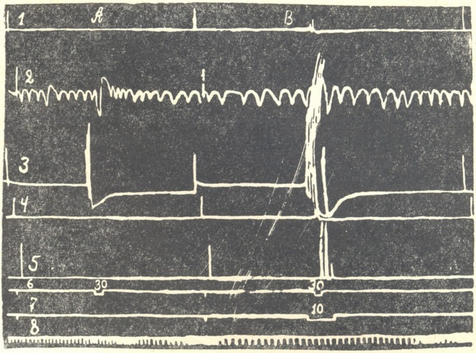
ელექტროდები მედიალურადაც იყო მოთავსებული), როგორც ზღურბლოვანი, ისე ზეზღურბლოვანი გაღიზიანება (7—12 ვოლტი), პირველ ყოვლისა, იწვევს საორიენტაციო რეაქციას. ეს უკანასკნელი ყურების დაცქვეტითა და თავის, უპირატესად, გაღიზიანებული ცინგულის, კონტრალატერალურ მხარეზე მოძრაობით გამოვლინდება. გაღიზიანების გახანგრძლივებისას (8—15 წამი) ცხოველი იღებს ისეთ პოზას, რომელიც ყურადღების კონცენტრაციას უნდა შეესატყვისებოდეს. სარტყელისებური ხვეულის შედარებით ძლიერი (12—14 ვოლტი) და ხანგრძლივი გაღიზიანება იწვევს გამათავისუფლებელ მოძრაობას. ცხოველი ცდილობს მოშორდეს იმ გარემოს, რომელშიაც მას გაღიზიანება მიაყენეს.

ქერქული მამოძრავებელი ფარგლის ქვეზღრუბლოვანი გაღიზიანება ცინგულის გაღიზიანების ფონზე, იწვევს კიდურის ამოძრავებას, ე. ი. სარტყელისებური ხვეულის წინა ნაწილის გაღიზიანება, გამაადვილებელ გავლენას ახდენს იმ მოძრაობით რეაქციებზე, რომლებიც სიგმოიდური ხვეულის უშუალო გაღიზიანებით გამოიწვევა.

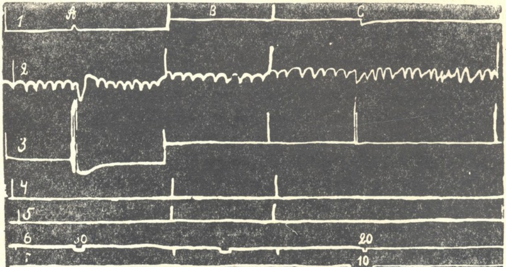
იმ მიზნით, რომ გამოგვერკვია ცინგულის გაღიზიანების გავლენა ნეოკორტიკალურ პირობით მოძრაობით რეაქციებზე, ახალი ქერქის ორ მიდამოს უშუალო გაღიზიანებათა შეუღლების გზით, ცხოველს გამოვუმუშავეთ მოძრაობითი პირობითი რეფლექსი. სახელდობრ, მხედველობის ანალიზატორის ქერქული ფარგლის გაღიზიანება (პირობითი გაღიზიანება), რომელიც არასოდეს არ იწვევდა კიდურის მოძრაობას, შეუღლებულ იქნა ქერქული მამოძრავებელი ფარგლის გაღიზიანებასთან (უპირობო გაღიზიანება), რომელიც ყოველთვის იწვევდა წინა მარჯვენა კიდურის მოძრაობას. აღნიშნულ გაღიზიანებათა 20—25-ჯერ შეუღლების შემდეგ, პირობითი სიგნალი შეუცდომლად იწვევდა წინა მარჯვენა კიდურის იზოლირებულ მოხრას. იგივე პირობითი სიგნალის მოქმედება, მაშინ, როდესაც ცინგული ღიზიანდება, იწვევს არა მარტო მარჯვენა წინა კიდურის მოძრაობას, არამედ მეტნაკლებად მოძრაობს ყველა კიდურები ანუ ადგილი აქვს ე. წ. ეფექტორულ გენერალიზაციას.

სურ. 1-ზე (1-A) ნაჩვენებია მარჯვენა წინა კიდურის იზოლირებული პირობითი რეფლექსური მოძრაობა, მაშინ, როდესაც პირობით სიგნალს წარმოადგენს მხედველობის ქერქული ველის უშუალო გაღიზიანება (30 ვოლტი). როცა პირობითი სიგნალი მოქმედებს ცინგულის გაღიზიანების ფონზე, მაშინ მეტ-ნაკლები სიძლიერით მოძრაობს ყველა კიდური, რომელსაც თან ახლავს თავის მოძრაობაც (B-ცდა).

ცინგულის გაღიზიანება, რომ მოძრაობითი რეაქციის გამოწვევას აადვილებს, რომ იგი მამოძრავებელ ქერქულ ფარგალში განაპირობებს აღმატებული აგზნებადობის შექმნას, ჩანს შემდეგი ცდებიდანაც. პირობით გაღიზიანებას (30 ვოლტი, რომელიც წინა მარჯვენა კიდურის მოხრას იწვევს), თუ 5—10 ვოლტით შევამცირებთ, მაშინ, იგი ჩვეულებრივ პირობებში, კიდურის მოძრაობას არ იწვევს. მაგრამ ეს ე. წ. ქვეზღურბლოვანი პირობითი გაღიზიანება ცინგულის გაღიზიანების ფონზე, რომელიც თავის მხრივ მოძრაობას არ იწვევდა, იძლევა წინა მარჯვენა კიდურის მოძრაობას (იხ. სურ. 2).



სურ. 1. სარტყელისებური ხვეულის გაღიზიანების გავლენა კიდურის იმ პირობით რეფლექსურ მოქმედებაზე, რომელიც მხედველობის ქერქული ველის უშუალო გაღიზიანებით იწვევა. მრუდეების აღმნიშვნელი რიგითი ნომრებით, როგორც ამ, ისე მომდევნო სურათებზე ნაჩვენებია: 1—თავის მოძრაობა, 2—სუნთქვა, 3—წინა მარჯვენა კიდური, 4—წინა მარცხენა კიდური, 5—უკანა მარცხენა კიდური, 6—მხედველობის ანალიზატორის ქერქული ველის (პირობითი) გაღიზიანება, 7—სარტყელისებური ხვეულის გაღიზიანება, 8—დრო წამებში (თითოეული დანაყოფი უდრის 2 წამს). სასიგნალო ხაზზე მოთავსებული ციფრები გამოხატავს გაღიზიანების ძალას ვოლტებში



სურ. 2 სარტყელისებური ხვეულის გაღიზიანების გამააძვილებელი გავლენა კიდურის პირობით რეფლექსურ მოხრაზე

სურ 2-დან ჩანს, რომ პირობითი სიგნალი, მხედველობის ანალიზატორის ქერქული ნაწილის ელექტრული გაღიზიანება, მაშინ, როცა დენის ძაბვა 30 ვოლტია, იწვევს წინა მარჯვენა კიდურის მოძრაობას (ცდა-A). როცა დენის ძაბვა 20 ვოლტია და ეს გაღიზიანება იზოლირებულად მოქმედებს, მოძრაობას არ იწვევს (B-ცდა); ცინგულის გაღიზიანების ფონზე კი იგივე 20 ვოლტით გაღიზიანება, იწვევს წინა მარჯვენა კიდურის მოძრაობას (ცდა-C). როგორც ჩანს, ცინგულის გაღიზიანება იწვევს იმ პირობითი რეფლექსური მოძრაობის გაადვილებას, რომელიც ქერქის უშუალო გაღიზიანებით გამოიწვევა.

ამრიგად, სარტყელისებური ხვეულის წინა ნაწილის ცენტრალური მიდამოს უშუალო გაღიზიანება გამაადვილებელ გავლენას ახდენს ნეოკორტიკალურ პირობით და უპირობო მოძრაობით რეაქციებზე.

თავისუფალი ქცევის პირობებში („ყაზბეგი") სარტყელისებური ხვეულის წინა ნაწილის ცენტრალური მიდამოს ელექტრული გაღიზიანება (ამ პირობებში ტვინის გაღიზიანება ხდებოდა შემდეგნაირად: ცხოველს საყელურ თასმაზე მიმაგრებული ჰქონდა წვრილი მოქნილი გამტარები, რომელთა ერთი ბოლო უერთდებოდა ჩანერგილ ელექტროდებს, ხოლო მეორე ბოლო დაკავშირებული იყო სტიმულიატორთან (ამრიგად, ნებისმიერ დროს შეიძლებოდა ტვინის გაღიზიანება მანძილიდან). ეს იწვევდა თავდაცვით რეაქციას, რაც გამოიხატებოდა ცხოველის გაქცევით კარების ან ფანჯრებისაკენ. იგი იყო კუდჩამოშვებული და ჰქონდა შეშინებულის შეხედულება.

მორიგ ცდებში „ყაზბეგს" ტონ-500-ზე გამოვუმუშავეთ საკვების ყუთთან მოსვლის პირობითი რეფლექსი. როცა რეფლექსი განმტკიცებული იყო (ტონი-500-ს კვებასთან 47-ჯერ შეუღლება) და პირობითი სიგნალის მოქმედებაზე ცხოველი საკვების ყუთისაკენ მოდიოდა, მაშინ სარტყელისებური ხვეულის უშუალო გაღიზიანება იწვევდა ცხოველის მოძრაობის მიმართულების შეცვლას. იგი უხმოდ და შეშინებული გარბოდა კარებისაკენ. იქ იგი 2—3 წუთის შემდეგ მშვიდდებოდა, მაგრამ „ადგილზე" ძახილიც არ იწვევდა გალიაში დაბრუნებას.

როგორც ჩანს, სარტყელისებური ხვეულის წინა ნაწილის ცენტრალური მიდამოს გაღიზიანება მოძრაობითი რეაქციების გაადვილების გარდა, იწვევს შიშის ემოციურ რეაქციასაც, რომელიც განაპირობებს ცხოველის განრიდებას იმ გარემოდან, რომელშიც მას ცინგული გაუღიზიანეს.

სარტყელისებური ხვეულის წინა მედიალური მიდამოს გაღიზიანება („ყურშა"), ხანმოკლე საორიენტაციო რეაქციის შემდეგ, იწვევს თავის ძლიერ მოძრაობას; ცხოველი თავს ხრის ძირს და აბრუნებს აქეთ-იქეთ, თითქოს რაღაცას ეძებს. თავის მოძრაობასთან ერთად ამოძრავებს კუდს და ზოგჯერ აღინიშნება კიდურის ან კიდურების მოძრაობაც. შეინიშნება, აგრეთვე ცვლილებანი სუნთქვაში, რომელიც უმეტესად ამპლიტუდის გაძლიერებაში გამოიხატება.

ცინგულის მედიალური მიდამოს გაღიზიანების ეფექტი, მორიგ ცდებში, შეუღლებულ იქნა ბგერით გაღიზიანებასთან (ტონი-700). 12 შეუღლების შემდეგ, პირობითი სიგნალი (ტონი-700) იწვევდა თავის ისეთსავე მოძრაობას, რო-

გორიც ცინგულის გაღიზიანების საპასუხოდ აღინიშნებოდა. მოძრაობს აგრეთვე წინა მარცხენა კიდური და შეცვლილია სუნთქვა.

უნდა შევნიშნოთ, რომ რეფლექსის გამომუშავების პროცესში და მის შემდეგაც, დაზგაზე მდგომი ცხოველი, გახდა უფრო მოძრავი და მგრძნობიარე. იგი არის ყურებდაცქვეტილი და გარეგნული შეხედულება ისეთი აქვს—თითქოს ელოდება გამღიზიანებლის მორიგ მოქმედებას.

ზემოთ აღნიშნული ფაქტები გვიჩვენებს, რომ სარტყელისებური ხვეულის წინა მედიალური მიდამოს გაღიზიანება იწვევს დამახასიათებელ სომატოვეგეტატიურ რეაქციებს. ეს რეაქციები გამოიწვევა აგრეთვე პირობით რეფლექსურადაც ბგერით გაღიზიანებაზე. მაშასადამე, სმენის ანალიზატორის ქერქულ ნაწილსა და სარტყელისებური ხვეულის წინა მედიალურ მიდამოს შორის დამყარდა კავშირ-ურთიერთობა, დროებითი ნერვული კავშირების წარმოშობა-განვითარების გზით.

დროებითი ნერვული კავშირების წარმოშობა-განვითარების შესაძლებლობა ახალი ქერქისა და ცინგულის სტრუქტურათა შორის, რომ უფრო თვალსაჩინო გამხდარიყო, ჩატარდა მორიგი ცდები: ცინგულის გაღიზიანება (უპირობო), რომელიც ძებნის რეაქციას იწვევს თანმხლები კომპონენტებით (კუდისა და კიდურის მოძრაობა, აგრეთვე ცვლილებანი სუნთქვაში) შეუღლებულ იქნა მარჯვენა ჰემისფეროს მხედველობის ქერქული ველის ელექტრულ გაღიზიანებასთან (პირობითი გაღიზიანება), რომელიც გარეგნულად არავითარ რეაქციას არ იწვევდა. ამ გაღიზიანებათა 27-ჯერ შეუღლების შემდეგ პირობითი სიგნალი —მხედველობის ქერქული ველის იზოლირებული გაღიზიანება, ისეთივე ძებნის რეაქციას იწვევდა თავისივე კომპონენტებით, როგორიც ცინგულის გაღიზიანებისათვის იყო დამახასიათებელი. აღნიშნული ფაქტი პირდაპირ მაჩვენებელია იმისა, რომ ნეკორტექსის მხედველობის ველსა და სარტყელისებურ ხვეულის სტრუქტურათა შორის წარმოიშვა და განვითარდა პირობით-რეფლექსური დროებითი კავშირები.

ამრიგად, ურთიერთმოქმედება ახალ ქერქსა (სმენისა და მხედველობის მიმღები ფარგალი) და სარტყელისებურ ხვეულს შორის შეიძლება წარმოებდეს აგრეთვე, პირობით-რეფლექსური დროებითი ნერვული კავშირების განვითარების გზით.

კვების მოძრაობის პირობით რეფლექსებზე ცინგულის გაღიზიანების გავლენის შესწავლის მიზნით „ყურშას", თავისუფალი მოძრაობის პირობებში, გამოვუმუშავეთ კვების თანადროული პირობითი რეფლექსი. პირობითი სიგნალის—ტონი-500-ის მოქმედებაზე ცხოველი მიდიოდა საკვების ყუთთან და იღებდა ხორცის ნაჭრებს (უპირობო გაღიზიანება). პირობითი რეფლექსი კარგად განმტკიცდა 50—55 შეუღლების შედეგად. ამავე პერიოდში ცხოველი შეეგუა იმ გრძელი (8 მეტრი) და მოქნილი გამტარებით მოძრაობას, რომელთა საშუალებით გაღიზიანების იმპულსები სტიმულიატორიდან გადაეცემოდა ჩანერგილ ელექტროდებს და ნებისმიერ დროს შეიძლებოდა ცინგულის სტრუქტურის გაღიზიანება მანძილიდან.

თუ გალიაში მყოფ ცხოველს, ცინგულის წინა მედიალურ მიდამოს სუსტ გაღიზიანებას (7—8 ვოლტი) მივაყენებთ, მაშინ იგი იწყებს „რაღაცის“ ძებნას. ცხოველი მიბრუნდ-მობრუნდება გალიაში და კუდის ქნევით განაგრძობს ძებნის ხასიათის თავის მოძრაობას, სანამ გაღიზიანება გრძელდება. ცინგულის გაღიზიანების შეწყვეტისას, პირობითი სიგნალი იწვევს პირობით რეფლექსს ყოველგვარი შეფერხების გარეშე. პირობით გაღიზიანებაზე ცხოველი მყისვე მიემართება საკვების ყუთისკენ. როცა ცხოველი უკვე მიდის საკვების ყუთისკენ, მაშინ, რა მანძილითაც არ უნდა იყოს იგი დაცილებული გალიიდნ, ცინგულის გაღიზიანება იწვევს ძაღლის შეჩერებას და იგი სწრაფად იწყებს იატაკზე (თავის მოძრაობით) „რაღაცის“ ძებნას. ამ უკანასკნელის დროს, ცხოველი ამოძრავებს კუდს და ზოგჯერ თავით ძებნითი მოძრაობისას შემოტრიალდება კიდეც ადგილზე. თუ ცინგულის გაღიზიანება შეწყდება, ხოლო პირობითი გაღიზიანება განაგრძობს მოქმედებას, მაშინ, ძაღლი (ცინგულის გაღიზიანების შესწყვეტისთანავე) განაგრძობს გზას საკვების ყუთისკენ. როცა ორივე გაღიზიანება ერთდროულად წყდება, ანდა პირობითი გაღიზიანების შეწყვეტა წინ უსწრებს ცინგულის გაღიზიანების შეწყვეტას, მაშინ ცხოველის ქცევა დამოკიდებულია საკვების ყუთამდე დარჩენილ მანძილზე და ცხოველის მიმართულებაზე. სახელდობრ, თუ იგი გალიასთან ახლოა და მისკენაა შებრუნებული, შედის გალიაში, ხოლო, თუ საკვების ყუთთან იყო ახლო და მიმართულებაც იქით ჰქონდა, მაშინ მიდის საკვების ყუთთან. სხვა პირობებში, სხვადასხვა დროს, შეიძლება წავიდეს როგორც ერთი, ისე მეორე მიმართულებით.

სარტყელისებური ხვეულის გაღიზიანება თუ ჭამის დროს ხდება, მაშინ ცხოველი ჭამას განაგრძობს კიდევ უფრო ხარბად. ჭამის დამთავრების შემდეგ კი, თუ გრძელდება ცინგულის გაღიზიანება, იწვევა ძებნის რეაქცია.

ის ფაქტი, რომ სარტყელისებური ხვეულის წინა მედიალური მიდამოს გაღიზიანებით, ძებნის რეაქციის გამოწვევისას, კავდება კვებითი მოძრაობის პირობითი რეფლექსი, აგრეთვე, ის, რომ ამ ხვეულის გაღიზიანება ვერ აკავებს კვების უპირობო რეფლექსს, შეიძლება აიხსნას აგზნების დომინანტური კერის წარმოშობით. პირველ შემთხვევაში, გაბატონებული, ძლიერი, აგზნებული კერა არის ცენტრალური ნერვული სისტემის სარტყელისებური ხვეულის სტრუქტურაში, რომელიც განაპირობებს ძებნის რეაქციას გამოწვევას და ამავე დროს აკავებს კვების პირობით რეფლექსურ მოძრაობას. როცა ცხოველი საკვებს შეექცევა, მაშინ ცნს-ში დომინანტურ აგზნებულ კერას წარმოადგენს კვების ცენტრი და ამიტომაც ცინგულის წინა მედიალური მიდამოს გაღიზიანება არ იწვევს ძებნის რეაქციას.

სარტყელისებური ხვეულის წინა ნაწილის ცენტრალური მიდამოს გაღიზიანებით გამოიწვევა შიში და ამ ემოციური მოვლენით გაპირობებული განრიდების (გაქცევის) თავდაცვითი რეაქცია, აგრეთვე, ნეოკორტიკალური მოძრაობითი რეაქციების გაადვილება, ხოლო მედიალური მიდამოს გაღიზიანება ძებნის ხასიათის რეაქციას იწვევს. ეს შეიძლება აიხსნას შემდეგი ანატომიური მონაცემების გამოყენებით. ცნობილია, რომ სარტყელისებურ ხვეულს უშუალო კავშირი აქვს: ჰიპოთალამუსთან, ოთხგორაკთან (ზედა ბორცვი) და შუა ტვინ-

თან. ახალი მონაცემებით [9, 10], ცინგული მრავალრიცხოვანი პირდაპირი პროექციული გზებით უკავშირდება „პრესუბიკულუმს“ და თალამუსის ბირთვებს (წინა, დორსო-მედიალური და ლატერალური). იგი უშუალო კავშირშია, აგრეთვე, თალამუსის არასპეციფიკურ ინტრალამინალურ უჯრედებთან; ამ უკანასკნელებს კი უშუალო კავშირი აქვს ახალი ქერქის სტრუქტურასთან [11].

ამ მონაცემებიდან გამომდინარე უნდა ვიფიქროთ, რომ ცინგულის სხვადასხვა მიდამოს გაღიზიანებით გამოწვეული ეფექტის სხვადასხვაობა შეიძლება პირობადებული იყოს ცინგულის აღნიშნული მიდამოების სხვადასხვა ბირთვებთან კავშირურთიერთობით.

დასკვნები

მოპოვებული ფაქტობრივი მასალა გვიჩვენებს, რომ სარტყელისებური ხვეულის წინა ნაწილის სხვადასხვა მიდამოს გაღიზიანება სხვადასხვაგვარ რეაქციას იწვევს.

სარტყელისებური ხვეულის წინა ნაწილის ცენტრალური მიდამოს გაღიზიანება, საორიენტაციო რეაქციის გარდა, უპირობო და პირობით მოძრაობითი რეაქციების გაადვილებას იწვევს.

ამ მიდამოს შედარებით ძლიერი ელექტრული გაღიზიანება, შიშის ემოციური რეაქციის განვითარების საფუძველზე, განრიდება, გამათავისუფლებელ მოძრაობას იწვევს.

სარტყელისებური ხვეულის წინა ნაწილის მედიალური მიდამოს გაღიზიანება, ხანმოკლე საორიენტაციო რეაქციის შემდეგ, იწვევს ძებნის ხასიათის მოძრაობას, რომელსაც თან ახლავს კუდის მოძრაობა და ცვლილებანი სუნთქვაში.

სარტყელისებური ხვეულის უშუალო გაღიზიანების საპასუხო სომატოვეგეტატური რეაქციები შეიძლება გამოწვეულ იქნეს პირობით-რეფლექსური გზით როგორც დისტანტურ რეცეპტორთა, ისე ნეოკორტექსის სხვადასხვა მიდამოს პირდაპირი გაღიზიანებით.

ამრიგად, ურთიერთმოქმედება ნეოკორტექსისა და სარტყელისებური ხვეულის სტრუქტურათა შორის ხორციელდება, როგორც თანშობილი, ისე შეძენილი, პირობითი ნერვული კავშირებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 3.7.1965)

ФИЗИОЛОГИЯ

В. Г. ТЕВЗАДЗЕ

РЕАКЦИИ, ВЫЗВАННЫЕ ПРЯМЫМ РАЗДРАЖЕНИЕМ ПОЯСНОЙ ИЗВИЛИНЫ (G. CINGULI), И ИХ ВЛИЯНИЕ НА НЕКОТОРЫЕ РЕФЛЕКСЫ

Резюме

Опыты, проведенные на собаках в условиях хронического эксперимента, показали, что различные области передней части поясной извилины выполняют разную функцию.

Раздражение центральной области передней части поясной извилины, кроме ориентировочной реакции, вызывает облегчение как условных, так и безусловных корковых двигательных реакций. Относительно сильное электрическое раздражение вышеназванной области вывывает эмоциональную реакцию страха и избегания.

При раздражении электрическим током (от 7 до 10 в) медиальной области передней части поясной извилины после кратковременной ориентировочной реакции у животных наблюдаются поисковые реакции, которые сопровождаются изменением дыхания.

Сомато-вегетативные реакции, вызываемые электрическим раздражением поясной извилины, могут быть вызваны и условнорефлекторно, путем непосредственного раздражения электрическим током разных областей неокортекса.

На основании полученных фактов можно заключить, что взаимодействие между структурами неокортекса и поясной извилины осуществляется благодаря безусловным и условным связям.

ᲓᲐᲛᲝᲬᲛᲔᲑᲣᲚᲘ ᲚᲘᲢᲔᲠᲐᲢᲣᲠᲐ — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ц. А. Орджоникидзе и М. А. Нуцубидзе. Роль старой коры в эмоциональных реакциях кошки. Труды Ин-та физиол. АН ГССР, 12, 1961, 95.
2. A. A. Ward. The cingular gyrus: area 24. J. Neurophysiol., II, 1948, 13 – 23.
3. Э. Ш. Айрапетьянц, Н. Е. Василевская, Т. С. Сотниченко. Состояние интероцептивных и экстероцептивных пищевых и кислотных условных рефлексов после экстирпации коры переднего отдела поясной извилины. Труды Ин-та физиол. АН СССР, 9, 1960, 291.
4. P. Bard, V. V. Mountcastle. Some forebrain mechanisms involved in expression of rage with special reference to supression of angry behavior. Res. Publ. Ass. nerv. ment. Dis., 27, 1948, 362 — 404.
5. Ch. Fangel, B. R. Kaada. Behavior „attention" and fear induced by cortical stimulation in the cat. EEG. clin. Neurophysiol., 12, 3, 1960, 575 – 588.
6. W. Lewin, C. W. M. Whitty. Effects of anterior cingulate stimulation in conscious human subjects. J. Neurophysiol., 23, 4, 1960, 445 — 447.
7. Дж. Брейди. Палеокортекс и мотивация поведения. В кн.: „Механизмы целого мозга", М., 1961, 138 — 18..
8. W. R. Adey. An Experimental study of the hippocampal connexions of the cingulate cortex in the rabbit. Brain, 74, 1952, 233 — 247.
9. W. J. H. Nauta. Some projections of the medial wall of the hemisphere in the rats brain (cortical areas 32 and 25, 24 and 29). Anat. Rec., 115, 1953, 352.
10. W. T. Niemer, J. Jimenez-Castellanos. Cortico-thalamic connections in the cat as revealed by „physiological neuronography". J. comp. Neurol., 93, 1950, 101 — 124.
11. R. S. Morison, E. W. Dempsey. A study of thalamo-cortical relations Amer. J. Physiol., 135, 1942, 281 – 292.

ᲡᲐᲥᲐᲠᲗᲕᲔᲚᲝᲡ ᲡᲡᲠ ᲛᲔᲪᲜᲘᲔᲠᲔᲑᲐᲗᲐ ᲐᲙᲐᲓᲔᲛᲘᲘᲡ ᲛᲝᲐᲛᲑᲔ, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ФИЗИОЛОГИЯ

Г. Ш. НЕМСИЦВЕРИДЗЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУХА ГЛУХОНЕМЫХ ШКОЛЬНИКОВ С ПОМОЩЬЮ УСЛОВНЫХ РЕЧЕДВИГАТЕЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. М. Гедеванишвили 11.10.1965)

Вопрос исследования слуха у человека продолжает оставаться центральной проблемой не только отоларингологии, как области медицины, но и физиологии органов чувств вообще. Учение И. П. Павлова об условных рефлексах и достижения современной нейрофизиологии способствуют дальнейшему прогрессу отоларингологии и ставят ее на прочные научные рельсы, в результате чего открываются широкие пути для объективно научного исследования функции слуха у человека. Нашей целью было исследовать остатки слуха у глухонемых детей с помощью таких объективных показателей, как условные речедвигательные реакции на звуковое раздражение. Особенно интересовало нас возникновение этих реакций на звуковые раздражения пороговой интенсивности.

Известно, что в ряде случаев исследование слуха глухонемых связано с различными трудностями. «Не всегда можно полагаться на субъективные данные глухонемых (на речевые ответы)», отмечает Б. С. Преображенский [1]. Субъективные показания глухонемых детей не всегда достоверны, так как некоторые глухонемые дети настроены негативно и отрицают слух там, где он есть, а другие, наоборот, из-за «деликатности» поднимают руку не только тогда, когда слышат, но и тогда, когда звук в действительности не воспринимается.

Исследованием остатков слуха у глухонемых занимались отечественные и зарубежные авторы. Все они подчеркивали трудность обследования глухонемых и тугоухих детей, поступающих в специальные школы [2—7]. В. Н. Тимофеев и В. Д. Цырешкин [8] исследовали глухонемых детей с помощью условных рефлексов.

Множественность и разнообразие методических подходов в данном случае не только желательны, но и необходимы.

Наш метод исследования основан на электромиографической регистрации внутренней речи. В работе применена оригинальная методика выработки условного речедвигательного рефлекса на звуковые раздражения, разработанная в нашей клинике. Электромиография речевой мускулатуры производилась методикой Ю. Г. Кратина [9].

Спокойно сидящему в экранированной камере обследуемому под язык, внутри дуги зубов нижней челюсти, свободно кладут электрод, представляющий собой небольшую подготовку с радиусом внешней дуги 12—14 мм. Электрические потенциалы языка регистрируются на восьмишлейфном осциллографе. Здесь же имеется экран, посредством которого можно наблюдать за колебаниями электрических потенциалов мышц языка в ходе опыта. В качестве звукового раздражителя служат звуки, исходящие из звукового генератора типа ЗГ-10, а в ряде случаев—из аудиометра. На оба уха надеваются электродинамические наушники, а звуки различной частоты и силы подаются обследуемому к каждому уху в отдельности.

Исследовались глухонемые дети — воспитанники Тбилисской школы-интерната при Министерстве просвещения ГССР.

Исследования проводились на 46 глухонемых школьниках (26 мальчиков и 20 девочек в возрасте от 9 до 18 лет) с остатками слуха. По нашим данным, каких-либо отклонений при выработке условного рефлекса в зависимости от пола и возраста не наблюдается.

В контрольной группе исследованы 10 человек нормальнослышащих, которые никогда не жаловались на заболевание уха или понижение слуха, и получены весьма благоприятные результаты.

Сравнивая данные полученные, при исследовании глухонемых, с данными субъективной аудиометрии, при которой мы проводили сочетания, видим, что в большинстве случаев (35) интенсивность была пороговой, в четырех случаях — выше порога на 5—10 дб и в трех случаях — выше порога на 20—25 дб. На двух исследуемых рефлекс вообще не выработался, несмотря на многократное воздействие звуковыми раздражителями, пороговыми и значительно выше пороговых.

На двух исследуемых была получена реакция на той частоте и силе звука, которую они отрицали на предварительном субъективном исследовании слуха.

Самый высокий уровень слуха у исследуемых нами глухонемых школьников—40 дб (у двух), у остальных — 50—60—70 дб, большей частью на низких и средних звуковых частотах. У восьми исследуемых слух на одно ухо совершенно отсутствовал.

Условная реакция нами вырабатывалась на звуки с частотой колебаний, соответствующей данным речевого ответа.

I серия. У 14 исследуемых этой группы был выработан условный рефлекс на звуковое раздражение на один только низкий звук (200 герц, в одном случае 2000 герц). С первого опыта условная реакция выработалась в восьми случаях. На рис. 1 видна реакция на звук 200 герц 60 дб. В тех случаях, где не была получена реакция на изолированное звуковое раздражение после 12—14 сочетаний (в данном случае шесть человек), сейчас же после подачи изолированного звука продолжали подавать сочетания обычным способом до 20—25 раз. В двух случаях реакция была получена при повторном исследовании без изменения силы звука.

II серия. 27 исследуемым после 12—20 сочетаний, исходя из данных субъективной аудиограммы, подавались изолированно звуковые сигналы с четырьмя разными частотами последовательно.

Так как диапазон слуха глухонемых в большинстве случаев узок, то звуковые частоты, которыми мы раздражали после выработки условного рефлекса (т. е. изолированные звуки разной частоты), по частоте колебаний близко стояли друг от друга (200—300—400—500 герц). Этим и объясняется кажущаяся легкость генерализации условного рефлекса.

Таким образом, проводя исследования условными речедвигательными рефлексами на глухонемых, мы смогли выработать условный рефлекс на звук одной частоты, получить в 12 случаях из 27 условную реакцию на два звуковых раздражения различной частоты, в трех случаях—на три, а в двух случаях — на четыре. Полученные данные указывают на возможность применения условных рефлексов генерализованного типа для исследования остаточного слуха у глухонемых детей.

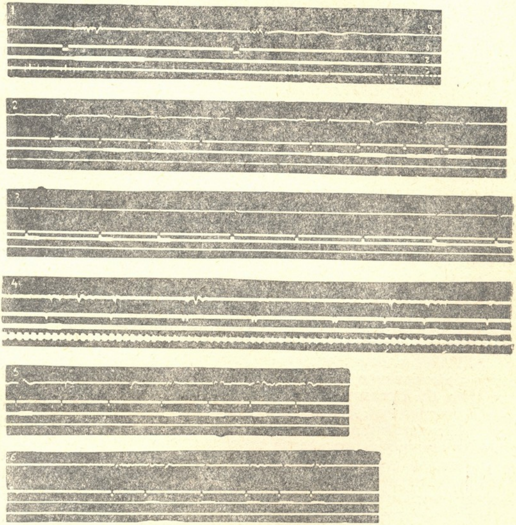


Рис. 1 — 6. а — Биотоки языка; б — звук; г — свет; д — время. Видна условная реакция на изолированное звуковое раздражение 200 герц на 60 дб

На рис. 2 видна реакция на два, на рис. 3—на три, на рис. 4—на— четыре звуковых раздражения различной частоты.

III серия. На четырех больных группы глухонемых мы проводили исследования следующего рода: после выработки условной реакции в начале опыта давали изолированное звуковое раздражение. В первый опытный день после выработки условного речедвигательного рефлекса продолжали проводить сочетания до 25 раз.

Во всех четырех случаях была получена условная реакция: в одном случае—на не исследованном до того ухе, в трех случаях—на ранее исследованном ухе. После получения реакции на не исследованном до того ухе уже на одной частоте продолжали обыкновенно выработку условного рефлекса на звук другой частоты. Продолжив подачу сочетаний и получив реакцию на изолированный звуковой сигнал, тотчас же меняли частоту колебания звука. Частоту изменяли до тех пор, пока рефлекс не угасал. Этим мы смогли сократить число сочетаний и продолжительность всего исследования.

В трех случаях наблюдения проводились на второй день после исследования одного уха (спустя 24—28 часов), а в одном случае — на четвертый день (спустя 72—76 часов). Приводим пример:

Глухонемой Н. Д., 13 лет, ученик 5 класса школы-интерната глухонемых. Речевым ответом выясняется, что исследуемый на левое ухо слышит от 200 до 1000 герц при силе звука до 50 дб и выше, на правое же—от 200 до 400 герц при силе звука 45 дб и выше, от 600 до 1000 герц при силе звука 60 дб.

27.V.1961 г. на правом ухе вырабатывали условную реакцию на звуковое раздражение 200 герц 50 дб (пороговое звуковое раздражение). После 10 сочетаний на II изолированном звуковом раздражении получили положительную реакцию, которая выразилась в резком увеличении амплитуды колебаний электрических потенциалов мышц языка. Спустя 6 секунд дали следующее изолированное звуковое раздражение 300 герц 50 дб. Реакция, по сравнению с первой, была слабее, но все-таки наблюдалось увеличение амплитуды колебаний потенциалов мышц языка (рис. 5).

Затем было проведено 15 сочетаний звука 200 герц 50 дб со светом с разными интервалами между сочетаниями от 2 до 12 секунд, во избежание образования условного рефлекса на время (всего 28 сочетаний). Этим наблюдения закончили.

30.V.1961 г. больному на не исследованное до того левое ухо был подан изолированно звук 250 герц 50 дб. Реакция была положительная (рис. 6). Исследуемый «невольно» произнес первый слог слова данной инструкции. Дальше продолжали дачу сочетаний 450 герц 50 дб. После 12 сочетаний дали изолированно звук. Реакция выразилась в увеличении амплитуды колебаний потенциалов мышц языка. Спустя 3 секунды дали звуковое раздражение 850 герц 50 дб. Реакции не было.

Проведенные наблюдения показали, что в большинстве случаев условные речедвигательные реакции вырабатывались у глухонемых детей на звуки пороговой интенсивности. Но следует отметить, что в наших случаях иногда определение слухового порога речевым ответом было затруднено или почти невозможно, так как дети при повторном исследовании иногда давали разные речевые ответы. В таких случаях установление субъективного порога и его сравнение с объективными данными достигалось многократными продолжительными исследованиями (с интервалами между исследованиями от 1 до 6 дней).

IV серия. При исследовании остаточного слуха у глухонемых нас интересовал вопрос о влиянии препарата фенатина (действующего на кору головного мозга и на центральную нервную систему человека в целом) на выработку условного речедвигательного рефлекса генерализованного типа, а также вопрос о возможности активации этих реакций на пороговые звуковые раздражения.

Мы провели исследования на 10 глухонемых школьниках от 13 до 18 лет (4 мальчика и 5 девочек). За 15—40 минут до начала исследования детям давали фенатин вовнутрь в дозе 0,05.

У всех 10 исследуемых ранее были получены условные реакции на разных по частоте изолированных звуковых раздражениях. Таким образом, ощутимых изменений при наших наблюдениях после дачи фенатина исследуемым нами глухонемым детям мы не обнаружили.

Нужно отметить, что глухонемые дети охотно соглашались на исследования, особенно когда они касались слуха, и вели себя во время наблюдений лучше, чем исследуемые других групп, старательно относились к даваемой инструкции, не производили глотательных движений почти в продолжение всего исследования. Это давало нам возможность получить регулярную электромиограмму языка в состоянии спокойствия и раздражения.

Но независимо от воли исследуемых, особенно если наблюдения продолжались более 5—5,7 минут и число сочетаний превышало 20 — 25, дети уставали от напряжения и в некоторых случаях начиналось обильное слюноотделение, что вызывало частые глотательные движения (в четырех случаях).

Данные по выработке условных рефлексов генерализованного типа показывают, что при первой подаче изолированного звукового раздражения биоэлектрическая реакция языка выражена сильнее, чем при последующих звуковых раздражениях другой частоты. При каждой последующей изолированно подаче звука амплитуда потенциалов языка постепенно уменьшается.

У глухонемых детей после выработки условного рефлекса при первой подаче изолированного звукового раздражения мы получали реакцию в виде словесного ответа, чаще, чем у нормально слышащих. Исследуемые произносили вслух слово данной инструкции тогда, когда свет не зажигался.

Выводы

1. Как у людей с нормальным слухом, так и у глухонемых условная речедвигательная реакция в подавляющем большинстве случаев вырабатывается на пороговые звуковые раздражения.

2. Условные рефлексы генерализованного типа одинаково вырабатываются как у нормально слышащих, так и у глухонемых.

3. Интенсивность реакции обратно пропорциональна количеству, изолированных звуковых раздражений.

4. Выработанный условный речедвигательный рефлекс на определенное звуковое раздражение сохраняется и на второй день у нормальнослышащих чаще, чем у глухонемых.

5. При выработке условного речедвигательного рефлекса на одном ухе условный рефлекс вырабатывается и на другом ухе, что дает возможность получить реакцию на не исследованном ухе без предварительных сочетаний.

6. Применение разовой дозы фенатина глухонемым не влияет на степень генерализации условного речедвигательного рефлекса.

Тбилисский государственный
медицинский институт

(Поступило в редакцию 11.10.1965)

ფიზიოლოგია

გ. ნემსიწვერიძე

ყრუ-მუნჯი ბავშვების სმენის გამოკვლევა სიტყვიერ-მამოძრავებელი რეფლექსების საშუალებით

რეზიუმე

ჩვენ მიზნად დავისახეთ გამოგვეკვლია ყრუ-მუნჯთა ნარჩენი სმენა ისეთი ობიექტური მაჩვენებლებით, როგორიცაა პირობით სიტყვიერ-მამოძრავებელი რეფლექსები, მიღებული ბგერით გაღიზიანებაზე, განსაკუთრებული ყურადღება ექცეოდა ამ რეაქციების წარმოშობას ზღურბლოვან ბგერით გაღიზიანებაზე. გვაინტერესებდა აგრეთვე ფენატინის ერთჯერადი დოზის გავლენა პირობით სიტყვიერ-მამოძრავებელი რეფლექსის გენერალიზაციის ხარისხზე.

სმენას ვიკვლევდით ორიგინალური მეთოდიკით, რომელიც დამუშავებულია ჩვენს კლინიკაში. სმენის გამოკვლევის მეთოდი დამყარებულია ბგერითი გაღიზიანებით სიტყვიერ-მამოძრავებელი რეფლექსის გამომუშავებაზე. სამეტყველო კუნთების რეგისტრაციას ვაწარმოებდით ი. კ რ ა ტ ი ნ ი ს მეთოდით. სმენას ვიკვლევდით თითოეულ ყურზე ცალ-ცალკე.

გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ყრუ-მუნჯებში, ისე როგორც ნორმალური სმენის ადამიანებში, პირობითი სიტყვიერ-მამოძრავებელი რეფლექსი უმრავლეს შემთხვევაში მუშავდება ზღურბლოვან ბგერით გაღიზიანებაზე.

გარკვეულ ბგერებზე გამომუშავებული პირობითი რეფლექსი ინახება მეორე და მესამე დღესაც. უფრო ხშირად ნორმალური სმენის ადამიანებში, უფრო იშვიათად — ყრუ-მუნჯებში. ერთ ყურზე პირობითი სიტყვიერ-მამოძრავებელი რეფლექსის გამომუშავებისას პირობითი რეფლექსი მუშავდება მეორე ყურზეც, რაც შესაძლებლობას იძლევა მიღებულ იქნეს რეაქცია გამოუკვლეველ ყურზე წინასწარი რეფლექსის გამომუშავების გარეშე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. С. Преображенский. Глухонемота. М., 1948.
2. А. К. Чаргейшвили, Т. Л. Тохадзе, В. В. Польшин. Электромиографическое исследование речи как способ изучения функционального состояния слухового анализатора. Вестник оториноларингологии, № 3, 1959, 9—13.
3. Р. В. Меунаргия. Об объективном методе исследования слуха с помощью электрокардиографии, 1958 Ворл, 3, 14—18.
4. Л. В. Нейман, В. И. Лубовский. К методике объективного исследования функции слухового анализатора у детей с недостатками слуха (Н.-и. ин-т дефектологии Академии пед. наук РСФСР). ВОРЛ, 3, 1954, 40—46.
5. А. С. Темкин. Глухота и тугоухость. М., 1957, 428.
6. Hardy, Bordley. Special techniques in testing the heauing of children J. Spech. hear. disord, 16, 2, 1951, 122 — 131.
7. Tato. Objektive audiometrie. Archiv „Ohren, Nasen, Hals, Kehlkopfheilkunge“, 164, 6, 1954, 477 — 486.
8. В. Н. Тимофеев, В. Д. Цырешкин. Опыт изучения функциональной подвижности и остатка слуха у глухонемых детей. Н.-и. ин-т уха, горла и носа, труды, вып. 4, тез. докл. М., 1954, 90—97.
9. Ю. Т. Кратин. К методике записи колебаний электрических потенциалов речевой мускулатуры. ЖВНД, т. 4, в 4, 1955, 591—594.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

М. С. МАЧАБЕЛИ, Т. Г. ДЖИБЛАДЗЕ, М. Г. ГАЧЕЧИЛАДЗЕ,
Г. Д. ПАГАВА

НОВАЯ МОДЕЛЬ ИНФАРКТА МИОКАРДА, ПОЛУЧЕННАЯ ПУТЕМ МЕСТНОГО ВВЕДЕНИЯ ТРОМБООБРАЗУЮЩЕГО АГЕНТА БЕЗ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ

(Представлено академиком К. Д. Эристави 5.11.1965)

Коронарный тромбоз с образованием некроза в миокарде удалось вызвать Е. И. Чазову, А. А. Мясникову, Н. К. Шхвацабая и Н. Н. Кипшидзе [1] путем сочетания трех факторов атеросклеротического изменения венечных сосудов, спазма сосудов и биохимических изменений крови, повышающих наклонность к тромбообразованию Получение инфаркта миокарда связано с определенными трудностями и требует длительного времени.

Чтобы ускорить развитие инфаркта миокарда в эксперименте, а главное, чтобы выяснить, может ли одно местное появление тромбообразующего агента в крови без таких сопутствующих предрасполагающих условий, как атеросклероз, спазм сосудов и общая гиперкоагулемия, привести к тромбозу коронарных артерий с последующим некрозом миокарда, мы разработали собственный метод.

Еще в 1863—1864 гг. А. А. Шмидт получал фибринородное вещество осаждением его из плазмы спиртом. Основываясь на этом свойстве спирта, М. Н. Оганесян [2] вызвал тромбоз подвздошной и бедренной вен собаки путем введения в просвет сосуда, взятого на лигатуры, 1 мл. 96° спирта.

Наши опыты проведены на 15 беспородных собаках обоего пола. Внутримышечно вводили 2 мл 5 % раствора морфия. Через 20 минут под эфирно-кислородным интратрахеальным наркозом производили левостороннюю торакотомию в области IV и V межреберий. Перикард рассекали на 2—3 см, сердце орошали 5% раствором новокаина. Под нисходящую ветвь левой коронарной артерии, отступя на 0,5 см от места ее отхождения, атравматической иглой проводили шелковую нить, а на 2 см ниже — другую нить. Этими нитями коронарная артерия временно и очень нежно фиксировалась.

Тромбоз нисходящей ветви левой коронарной артерии мы получили путем введения в просвет фиксированного участка 0,4 мл 96° спирта. Во избежание механического повреждения сосудистой стенки (присоединение второго фактора), прокол иглой с узким сечением производили вне участка, взятого на лигатуры, в направлении кровотока. После извлечения иглы место прокола слегка прижимали марлевым шариком. Спустя 2—3 минуты после введения спирта на передней стенке левого желудочка, в области, питаемой этой артерией, отмечалось изменение цвета сердечной мышцы. Она приобретала цвет вареного мяса. Через 10 минут после введения спирта наложенные лигатуры удаляли. Операционную рану зашивали послойно. В плевральную полость животному вводили 50 000 ед. пенициллина. Воздух из плевральной полости отсасывали шприцем Жане.

Животных забивали на 3, 5, 6, 7 и 8-й день опыта. Для морфологического исследования вырезали кусочки миокарда из верхушки левого желудочка сердца, питаемого передней нисходящей ветвью левой коронарной артерии. Контрольные исследования проводили с мышечной тканью из других отделов сердца. Материал фиксировали в 12% хлороформе. Окраску производили гематоксилин-эозином и пикрофуксином.

Микроморфологическое исследование показало, что уже на 3-й день эксперимента в области левого желудочка наблюдается диссоциация клеток и обнаруживается появление паренхиматозной дистрофии, но поперечная полосатость мышцы сохранена (микрофото 1).

Рис. 1

На 5-й день эксперимента в области левого желудочка и межжелудочковой перегородки макроскопически были видны участки грязно-розового цвета. Микроскопическое исследование показало, что местная поперечная полосатость мышечных волокон разрушена, ядра отсутствуют (микрофото 2).

На 6 и 7-й день эксперимента как макроскопически, так и микроскопически наблюдалась большая зона инфаркта, захватывающая весь левый желудочек и межжелудочковую перегородку (микрофото 3).

Таким образом, после введения одного тромбообразующего агента — 0,4 мл 96° спирта в нисходящую ветвь левой коронарной артерии при отсутствии механического повреждения сосудистой стенки и межжелудочковой перегородки, т. е. в области, питаемой артерией, как правило, развивается инфаркт миокарда.

Рис. 2

Патоморфологическое исследование поперечного среза самой коронарной артерии показало, что через 15 и 30 минут после введения

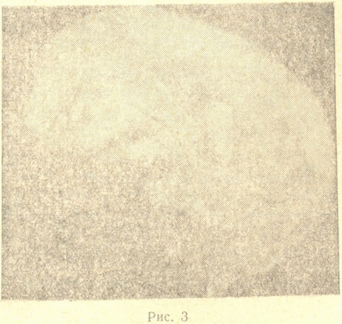


Рис. 3

спирта в нисходящую ветвь левой коронарной артерии в месте введения спирта, т. е. между лигатурами, отмечается выпадение фибринового сгустка, полностью закрывающего просвет артерии с краевым расположением форменных элементов (микрофото 4).

Рис. 4

Таким образом, путем местной временной гиперкоагулемии без спазма сосуда и механического повреждения эндотелия можно получить модель тромбоза и инфаркта миокарда. Значит, для развития тромбоза, а также инфаркта миокарда механическое повреждение сосудистой стенки не обязательно. Если в силу тех или иных причин местно достигается высокая концентрация активирующих свертывание агентов, то тромбоз, а также инфаркт миокарда могут развиться.

Одновременно проведены кардиографические, гемостатические и другие обследования, описание которых составляет предмет другой работы.

Выводы

1. Введение одного тромбообразующего агента в нисходящую ветвь левой коронарной артерии при отсутствии механического повреждения сосудистой стенки в области, питаемой этой артерией, как правило, через 2—3 минуты развивается ишемия миокарда.

2. На 3-й день после введения тромбообразующего агента в области левого желудочка микроморфологически наблюдаются диссоциация и дезинтеграция клеток, сохранение поперечной полосатости и появление паренхиматозной дистрофии.

3. На 5-й день эксперимента в области левого желудочка и межжелудочковой перегородки макроскопически видны участки грязно-розового цвета, а микроскопически наблюдается разрушение местной поперечной полосатости мышечных волокон, при отсутствии ядер.

4. Большая зона инфаркта, захватывающая весь левый желудочек и межжелудочковую перегородку, наблюдается на 6 и 7-й день эксперимента.

Институт экспериментальной и клинической хирургии и гематологии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 5.11.1965)

ექსპერიმენტული მედიცინა

მ. მაჩაბელი, თ. ჯიბლაძე, მ. გაჩეჩილაძე, გ. ფაღავა

მიოკარდის ინფარქტის ახალი მოდელი, მიღებული სისხლძარღვის კედლის მექანიკური დაზიანების გარეშე, თრომბწარმომქმნელი აგენტის ადგილობრივი შეყვანის გზით

რეზიუმე

მიოკარდის ექსპერიმენტული ინფარქტის გამოწვევის დღემდე არსებული მეთოდები დაკავშირებულია გარკვეულ სიძნელეებთან და მოითხოვს დიდ დროს.

ჩვენ მიერ შემუშავებულ იქნა მიოკარდის ექსპერიმენტული ინფარქტის ახალი მოდელი, რომლის მიზანია მიოკარდის ინფარქტის მიღების დაჩქარება და, რაც მთავარია, იმის დადგენა, რომ მარტო თრომბწარმომქმნელი აგენტის გამოჩენას სისხლში, სხვა თანმხლები ხელშემწყობი პირობების გარეშე (როგორიცაა ათეროსკლეროზი, სისხლძარღვთა სპაზმი და საერთო ჰიპერკოაგულემია), შეუძლია გამოიწვიოს კორონალური არტერიის თრომბოზი მიოკარდის შემდგომი ნევროზით.

ექსპერიმენტი ვაწარმოეთ ორივე სქესის 15 უჯიშო ძაღლზე. მარცხენა კორონალური არტერიის დასწვრივი ტოტის ქვეშ მისი გამოსვლის ადგილიდან 0,5 სმ-ის დაშორებით ატრავმატული ნემსით ვატარებდით აბრეშუმის ძაფს, რომელთა შორის მანძილი იყო 2 სმ. ამ ძაფებით დროებით ფიქსირდება კორონალური არტერია. სისხლძარღვის კედლის მექანიკური დაზიანების თავიდან აცილების მიზნით (მეორე ხელშემწყობ ფაქტორს) ნემსის ჩხვლეტას ვაწარმოებდით ლიგატურებზე აღებული მონაკვეთის გარეთ სისხლის დენის მიმართულებით. ასეთი წესით შეგვყავდა 96° სპირტის 0,4 მლ.

2—3 წუთის შემდეგ ადგილი ჰქონდა იშემიის, ხოლო მე-3, მე-4 მე-5, მე-6 და მე-7 დღეს — მიოკარდის ინფარქტის განვითარებას.

15—30 წუთის შემდეგ სპირტის შეყვანის ადგილას, ლიგატურებს შორის აღინიშნებოდა ფიბრინის კოლტის გამოვარდნა, სისხლის ფორმიანი ელემენტების განაპირა განლაგებით, რაც მთლიანად ხურავდა არტერიის სანათურს

ამგვარად, ადგილობრივი დროებითი ჰიპერკოაგულემიით, სისხლძარღვის სპაზმისა და ენდოთელის მექანიკური გაღიზიანების გარეშე შეიძლება თრომბოზისა და მიოკარდის ინფარქტის მოდელის მიღება.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Л. Мясников, Е. И. Чазов, И. К. Шхвацабая, Н. Н. Кипшидзе. Экспериментальные некрозы миокарда. Гос. изд. мед. лит., 1963, 182—203.
2. А. А. Шмидт. О волокне и причинах свертывания. Всенно-мед. журн. 86, 1863, 177 — 216.
3. М. Н. Огачесян. К методике получения экспериментального тромбоза сосудов. Труды Ереванского мед. ин-та, 1962, 203

ᲡᲐᲥᲐᲠᲗᲕᲔᲚᲝᲡ ᲡᲡᲠ ᲛᲔᲪᲜᲘᲔᲠᲔᲑᲐᲗᲐ ᲐᲙᲐᲓᲔᲛᲘᲘᲡ ᲛᲝᲛᲐᲑᲔ, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Б. Р. НАНЕЙШВИЛИ, Зиг. А. ЗУРАБАШВИЛИ

К ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ШИЗОФРЕНИЧЕСКОГО ТОКСИКОЗА

(Представлено академиком А. Д. Зурабашвили 20.12.1965)

С целью уточнения токсических особенностей биологических жидкостей при шизофрении нами проводится экспериментальное изучение действия плазмы крови больных на лейкоциты животных.

В процессе гистохимических наблюдений было обнаружено, что нейтрофилы крови экспериментальных животных (собак) претерпевают определенные изменения и структурного характера (набухание, изменение формы и т. д.).

Для более точного определения морфологических изменений в нейтрофилах нами использован метод изучения веса и площади клеток, равно как и соотношения указанных величин отдельно в их ядре и цитоплазме.

Следует подчеркнуть, что указанный вопрос в литературе не освещен.

Как известно, нейтрофилы составляют основную массу белой крови. Причем преобладание нейтрофилов в лейкоцитарной формуле характерно для собак [1].

Материал и методика

Плазма крови бралась у больных шизофренией в остром периоде заболевания или в период обострения с четко выраженными кататоническими проявлениями. Контролем служила плазма крови доноров.

Собственный материал представлен данными восьми опытов на собаках, из которых три были контрольными (введение плазмы донора). Плазма крови как больных, так и доноров вводилась собакам внутримышечно в количестве 1,5 мл/кг. Кровь для исследования у животных бралась из мочки уха до введения плазмы, спустя 30 минут, 1, 2 и 3 часа после введения плазмы.

Изучение морфологических изменений (вес и площадь) в нейтрофилах собак проведено на мазках крови, окрашенных по методу реакции Фельгена на ДНК с подкраской 1% светлым зеленым (фиксация мазка производилась в жидкости Карнуа). Всего изучено 12600 лейкоцитов.

Для определения веса нейтрофилов контуры клетки и ядра зарисовывались рисовальным аппаратом с микроскопа при увеличении 1350× на плотной бумаге стандартного выпуска. Контуры клетки вырезывались и взвешивались на аналитических весах. Затем вырезывались и взвешивались отдельно ядро и цитоплазма. Полученные таким образом весовые соотношения касательно клеток в целом, а также ядер и цитоплазмы, являлись относительными величинами и обозначались в миллиграммах.

Для изучения площади использован весовой метод, широко применяющейся в физике. Ядерно-плазменные отношения определялись при помощи индекса Гертвига.

Результаты исследований

Данные относительно веса клеток нейтрофилов показывают, что в контрольных экспериментах до введения плазмы донора средний вес составляет 88,57 мг. Плазма крови донора вызывает определенные изменения, которые гораздо резче выражены при введении плазмы крови больных шизофренией (см. схему 1).

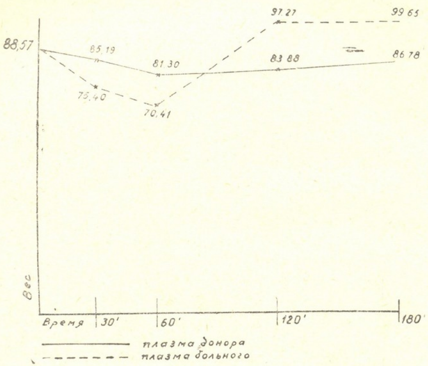


Схема 1

Сравнительные данные изменения веса ядра и цитоплазмы при введении плазмы крови донора и больных представлены на схеме 2.

Таким образом, действие плазмы крови больных шизофренией отличается от действия плазмы донора, что выражается в резком падении веса нейтрофилов в крови животных с последующим его подъемом.

Разница в действии плазмы донора и плазмы больного обнаруживается также при сравнительном изучении площади нейтрофилов собак, средняя величина которой составляет 5,302. В отличие от контрольных наблюдений, при введении плазмы больного площадь нейтрофильных клеток у собак резко уменьшается, составляя к часу 4,214. Впоследствии площадь клеток заметно возрастает и к 3 часам превосходит первоначальный уровень (см. схему 3).

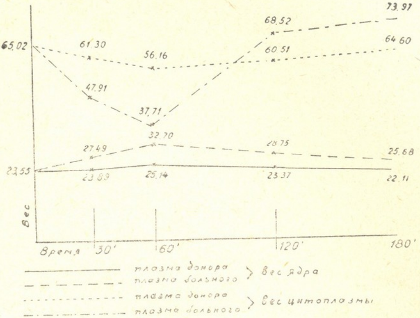


Схема 2

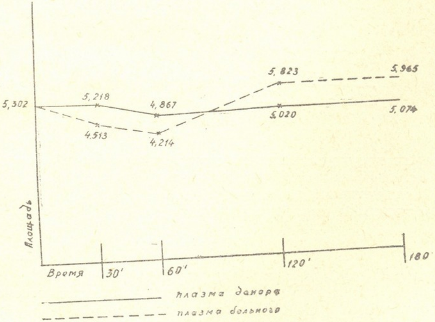


Схема 3

Сравнительное измерение площади ядра и цитоплазмы также указывает на различное действие плазмы донора и плазмы больного, оказываемое на нейтрофильные лейкоциты животных, средняя площадь ядра и цитоплазмы которых (до введения) составляет соответственно 1,409 и 3,892. Спустя 30 минут после введения плазмы больного средняя площадь ядра нейтрофилов достигает 1,645, через час она составляет 1,957, через 2 часа — 1,721 и через 3 часа — 1,537.

Несколько иная закономерность обнаруживается при сравнительном изучении площади цитоплазмы. В начале введения плазмы донора она несколько уменьшается (3,789—спустя 30 минут и 3,362 — спустя час), но к 3 часам почти возвращается к норме, составляя 3,747. Спустя 30 минут после введения плазмы больного средняя площадь цитоплазмы нейтрофилов значительно уменьшается, составляя к 30 минутам 2,868 и к часу 2,257. Впоследствии обнаруживается резкое увеличение площади, которая к 3 часам достигает 4.428.

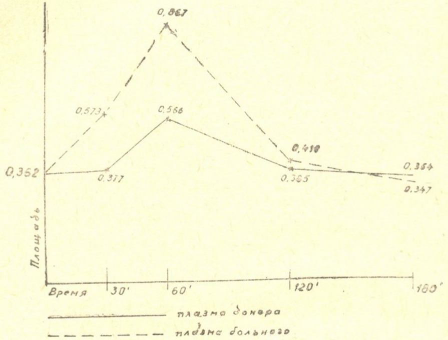


Схема 4

Индекс ядерно-плазменных отношений (индекс Гертвига) при введении плазмы донора значительно отличается от показателей, полученных в случаях введения плазмы крови больных шизофренией. Указанные отношения показаны на схеме 4.

Заключение

Изучение действия плазмы крови больных шизофренией на лейкоциты собак (в количестве 1,5 мг/кг) и сравнительная их оценка в свете данных, полученных при введении животным плазмы крови донора, указывает на определенные сдвиги в структуре нейтрофилов (вес и площадь).

Динамические сдвиги со стороны веса и площади клетки, равно как и ядра и цитоплазмы, при введении плазмы больного отличаются от контрольных наблюдений (кровь донора) лишь количественно: формы кривых средних показателей веса и площади как при экспериментальных, так и при контрольных наблюдениях определенным образом повторяют друг друга. Вместе с тем, количественные отличия довольно значительны.

Если использовать понятие о набухании и сморщизании клеток, то следует считать, что плазма крови больных шизофренией в нейтрофильных клетках собак вызывает набухание ядра и сморщивание цитоплазмы. Причем сморщивание клетки, на которое указывают данные относительно ее веса и площади, происходит преимущественно за счет сморщивания цитоплазмы.

Институт психиатрии
им. М. М. Асатиани

(Поступило в редакцию 20.12.1965)

ექსპერიმენტული მედიცინა

გ. ნანეიშვილი, ზინ. ზურაბაშვილი

შიზოფრენიული ტოქსიკოზის ექსპერიმენტული შესწავლისათვის

რეზიუმე

შიზოფრენიით დაავადებულთა სისხლის პლაზმის ძაღლის ლეიკოციტებზე მოქმედების შესწავლის შედეგად დადგენილ იქნა, რომ ცხოველთა ნეიტროფილების სტრუქტურა, კერძოდ უჯრედის წონა და ფართობი, განიცდის გარკვეულ ცვლილებებს.

დინამიკური ძვრები უჯრედის (აგრეთვე მისი ბირთვისა და ციტოპლაზმის) წონისა და ფართობის მხრივ ავადმყოფის ორგანიზმში პლაზმის შეყვანის შემთხვევებში განსხვავდება საკონტროლო დაკვირვებებისაგან (დონორის სისხლის პლაზმა) მხოლოდ რაოდენობრივად. აღნიშნული განსხვავება საკმაოდ მკვეთრადაა გამოხატული.

ავადმყოფთა სისხლის პლაზმის შეყვანა ძაღლის კუნთებში (1,5 მლ/კგ) იწვევს ცხოველის ნეიტროფილების ბირთვის გაჯირჯვებასა და ციტოპლაზმის შეჭმუხვნას. ამავე დროს, მონაცემები უჯრედის წონისა და ფართობის შესახებ მიუთითებენ, რომ თვით უჯრედის შეჭმუხვნა ძირითადად ხორციელდება ციტოპლაზმის შეჭმუხვნის ხარჯზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Никитин. Атлас клеток крови сельскохозяйственных и лабораторных животных, М., 1949.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Р. В. БУЛУСАШВИЛИ

К ИЗУЧЕНИЮ ГИСТОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ АМИНОКИСЛОТ В НЕЙРОНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ БЕЛЫХ МЫШЕЙ

(Представлено академиком К. Д. Эристави 22.4.1966)

Материалом исследования служили различные отделы центральной нервной системы (корковые отделы кожно-двигательного анализатора, подкорковые узлы, продолговатый мозг, спинной мозг, межпозвоночные узлы) белых мышей линии А. Материал фиксировали в смеси Карпуа и заливали в парафин. На срезах толщиной 5 μ производилась гистохимическая реакция тетразониевого сочетания по Даниелли на белки, содержащие аминокислоты триптофан, тирозин и гистидин. В качестве первой диазосоставляющей применялся бис-диазотат О-дианизидина, в качестве второй азосоставляющей — Н-кислота.

Особенности содержания и распределения в нейронах центральной нервной системы белых мышей линии А белков, включающих в свой состав ароматические аминокислоты триптофан, тирозин и гистидин, в основном соответствуют данным, полученным различными авторами при изучении нейронов центральной нервной системы других животных: беспозвоночных, лягушек, крыс, морских свинок, кроликов, кошек, собак, обезьян [1—4].

Гистохимическая реакция тетразониевого сочетания свидетельствует, что белки, включающие триптофан, тирозин и гистидин, содержатся во всех структурных образованиях нейрона. Однако интенсивность тетразониевой реакции не везде одинакова: наиболее интенсивную реакцию дают ядрышки, оболочка и хроматин ядер; несколько менее интенсивная реакция наблюдается в цитоплазме нейрона.

Говоря о содержании триптофана, тирозина и гистидина в цитоплазме, особо следует остановиться на вопросе о взаимоотношении аминокислот и тигроидного вещества, т. е. о содержании в глыбках тигроида белков, включающих триптофан, тирозин и гистидин.

Дело в том, что при гистохимической реакции тетразониевого сочетания белки, содержащие триптофан, тирозин и гистидин, в цитоплазме выявляются в виде мельчайших гранул, распределенных равномерно по всему телу нейрона или в виде диффузно окрашенной массы. При этом в цитоплазме нейронов не обнаруживаются какие-либо структуры, соответствующие тигроидным глыбкам.

Это наблюдается не только в тех нейронах, где тигроид имеет не вполне оформленный вид (например, межпозвоночные узлы), но и в нейронах с крупными тигроидными глыбками (например, мотонейроны спинного мозга). Однако это не позволяет отрицать наличие в составе нисслевской субстанции белков, содержащих триптофан, тирозин и гистидин: по всей вероятности, тигроидное вещество дает такую же гистохимическую реакцию, как и остальная цитоплазма (гиалоплазма). Отсюда понятно, почему активная эргастоплазма (тигроидное вещество) не выделяется на фоне гиалоплазмы.

Иное толкование наблюдаемого явления, а именно утверждение, что тигроидное вещество лишено белков, включающих триптофан, тирозин и гистидин, невероятно, тем более что и все гистохимические реакции на функциональные группы белков — на тиоловые, амино- и карбоксильные группы — дают аналогичные картины. Допустить на основании этого, что тигроидные глыбки наряду с белками, включающими триптофан, тирозин и гистидин, лишены и белков, содержащих тиоловые (SH и SS), амино- и карбоксильные группы, равнозначно отрицанию вообще протеидной, вернее рибонуклеопротеидной, природы тигроида.

Исходя из изложенного выше, можно не сомневаться, что тигроидная субстанция содержит белки, включающие триптофан, тирозин и гистидин. Наличие при этом триптофана, тирозина и гистидина и в гиалоплазме не дает возможности титроидной субстанции выделяться на фоне остальной цитоплазмы. Отдельные структуры ядра (ядерная оболочка, хроматин) и ядрышко характеризуются наличием наиболее интенсивной тетразониевой реакции.

Переходя к особенностям содержания белков, включающих триптофан, тирозин и гистидин, в различных нейронах, необходимо сразу же отметить, что различие в содержании наблюдается не только между нейронами различных образований центральной нервной системы, но и между нейронами одного и того же образования.

Наиболее интенсивная тетразониевая реакция развивается в нейронах межпозвоночных узлов (4+), наименее интенсивная—в пирамидных нейронах нижних слоев коры больших полушарий (2+). Если речь идет об интенсивности тетразониевой реакции, во внимание, как правило, принимается интенсивность окраски цитоплазмы нейрона, ибо интенсивность окраски других клеточных компонентов (оболочки ядра, ядрышка, хроматина ядра) почти везде одинакова и не поддается тому полуколичественному определению, к которому мы прибегли.

В коре больших полушарий цитоплазма пирамидных нейронов нижних слоев дает настолько слабую тетразониевую реакцию, что они резко выделяются своим светлым телом на фоне окружающих, более интенсивно окрашенных тканевых элементов. Это наблюдается в коре как кожно-двигательного анализатора — в пре- и постцентральной области коры, так и в корковом ядре зрительного анализатора.

Несколько более интенсивная тетразониевая реакция в коре развивается в нейронах верхних слоев (3+). Причем во всех изученных нами участках коры (пре- и постцентральная, зрительная области) цитоплазма нейронов верхних слоев окрашивается более интенсивно, чем цитоплазма пирамидных нейронов нижних слоев.

Нейроны всех остальных изученных нами образований центральной нервной системы дают четко выраженную тетразониевую реакцию средней интенсивности (3+).

Таким образом, наиболее интенсивная тетразониевая реакция развивается в нейронах спинальных ганглий (4+), наименее интенсивная — в пирамидных нейронах нижних слоев коры больших полушарий (2+). Остальные нейроны спинного, продолговатого и подкорковых узлов занимают промежуточное положение — дают тетразониевую реакцию средней интенсивности (3+).

Интересно, что наши данные о наличии слабой реакции в цитоплазме пирамидных клеток коры больших полушарий мышей линии А совпадают с данными А. М. Амченковой [3] и И. К. Сванидзе [4]. Первый автор у кошки, а второй у белых крыс констатируют аналогичные картины, хотя И. К. Сванидзе отмечает, что у обезьян пирамидные нейроны 17-го поля коры характеризуются более высокой тетразониевой реакцией цитоплазмы.

Мы не могли наблюдать в нейронах латеральных ядер зрительных бугров белых мышей линии А такую же слабую тетразониевую реакцию, как в пирамидных клетках коры, в отличие от А. М. Амченковой, которая указывает на низкое содержание выявляемых аминокислот в нейронах латеральных ядер зрительных бугров у кошек.

Интерпретируя особенности гистохимической реакции тетразониевого сочетания, мы сознательно не пользуемся терминами, включающими в свое понятие количественную оценку выявляемых веществ («содержание», «количество», «концентрация»). Вместо этого мы всегда говорим об «интенсивности» гистохимической реакции в различных нейронах и в различных структурных элементах нейронов, подчеркивая тем самым, что нет строго определенного параллелизма между содержанием белков, включающих триптофан, тирозин и гистидин, в изучаемых тканевых элементах и интенсивностью тетразониевой реакции. На самом деле, не всегда более интенсивная тетразониевая реакция указывает на более высокое содержание в данной структуре белков, включающих триптофан, тирозин и гистидин, и, наоборот, не всегда менее интенсивная реакция является показателем низкой концентрации выявляемых веществ в изученных структурах.

В работах А. М. Амченковой и И. К. Сванидзе на основании интенсивности тетразониевой реакции говорится количестве белков, включающих триптофан, тирозин и гистидин, в различных нейронах. Так, например, И. К. Сванидзе указывает на высокое содержание таких белков в пирамидных нейронах зрительной коры.

А. М. Амченкова отмечает большое и малое количество выявляемых аминокислот в различных нейронах. Установленная в пирамидных клетках коры и в нейронах зрительного бугра слабую реакцию тетразониевого сочетания и интерпретируя ее как малое содержание в них, по сравнению с нейронами других образований, белков, включающих триптофан, тирозин и гистидин, можно попасть в трудное положение, ибо неясно, каким образом можно согласовать это явление с функцией коры и зрительного бугра.

Нам кажется, что на основании одной гистохимической реакции тетразониевого сочетания нельзя говорить о количестве аминокислот триптофана, тирозина и гистидина. Многочисленные исследования показывают, что интенсивность тетразониевой реакции зависит не только от количества белков, включающих указанные аминокислоты, но и от степени комплексации этих белков с нуклеиновыми кислотами, а иногда и от степени их денатурации. Было показано, что интенсивность гистохимической реакции может быть более высокой при высвобождении реактивноспособных аминокислот из сложных тканевых комплексов без истинного увеличения их количества [5]. Это имеет место не только в условиях патологии, но и в условиях физиологии при возбуждении клеточных элементов [6].

При интерпретации различной интенсивности тетразониевой реакции в нейронах мы учитывали показатели другой гистохимической реакции, а именно показатели состояния изоэлектрическая точка (ИЭТ) РНП нейронов, полученные путем окраски нейронов при различных значениях pH среды.

Сопоставляя эти два показателя, мы могли убедиться в том, что наиболее интенсивная тетразониевая реакция (4+) развивается в тех нейронах (например, нейроны межпозвоночных узлов), цитоплазматические РНП которых (гиалоплазмы и тигроида) характеризуются низкими показателями ИЭТ (3,20 для тигроида), и, наоборот, наиболее слабая тетразониевая реакция (2+) наблюдается в тех нейронах (например, пирамиды нижних слоев коры), ИЭТ которых выражена наиболее высокими цифрами (4,13 для тигроида).

Средняя интенсивность тетразониевой реакции соответствует средним показателям ИЭТ цитоплазматических РНП в нейронах (3,62—3,88 для тигроида).

Это дало возможность подойти к оценке интенсивности тетразониевой реакции с более объективных позиций. Нет сомнения, что различная интенсивность тетразониевой реакции в цитоплазме нейронов при различных значениях ИЭТ цитоплазматических РНП отображает различную степень диссоциации комплекса РНК+ белок в цитоплазме нейронов. По нашим данным, наименьшей диссоциацией характеризуется цитоплазма пирамидных нейронов нижних слоев коры больших полушарий, из-за прочности рибонуклеопротеидного комплекса в реакцию тетразониевого сочетания вступает меньшее количество реактивноспособных аминокислот, что и обусловливает развитие слабой гистохимической окраски; из-за прочности рибонуклеопротеидного комплекса сдвинута вправо, по сравнению с другими нейронами, и ИЭТ цитоплазматических РНП. С другой стороны, наибольшей диссоциацией цитоплазматических РНП отличается нейроны межпозвоночных узлов. В связи с этим ИЭТ цитоплазматических РНП у них низка, а интенсивность тетразониевой реакции сравнительно высока.

Институт экспериментальной и клинической
хирургии и гематологии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 22.4.1966)

ექსპერიმენტული მედიცინა

რ. ბულუსაშვილი

ამინომჟავების ჰისტოქიმიური შესწავლისათვის თეთრი თაგვების ცენტრალური ნერვული სისტემის ნეირონებში

რეზიუმე

ამინომჟავების ტრიპტოფანის, თიროზინისა და ჰისტიდინის შემცველი ცილები შედის ნეირონის ყველა სტრუქტურული წარმონაქმნის შემადგენლობაში. ციტოპლაზმაში ყველაზე ინტენსიური ჰისტოქიმიური რეაქცია ვითარდება მალთაშუა კვანძების ნეირონებში (4+), ყველაზე სუსტი რეაქცია—თავის ტვინის ქერქის ქვედა შრეების პირამიდულ ნეირონებში (2+); ზურგის ტვინის, მოგრძო ტვინისა და ქერქქვეშა კვანძების დანარჩენი ნეირონები იძლევიან საშუალო ინტენსივობის რეაქციას (3+).

ტრიპტოფინის, თოროზინისა და ჰისტიდინის გამოსავლენი ჰისტოქიმიური რეაქციის ინტენსივობის დაპირისპირება ციტოპლაზმური რიბონუკლეოპროტეიდების (რნპ) იზოელექტრული წერტილის (იეწ) მაჩვენებლებთან ცხადყოფს, რომ ტეტრაზონული რეაქციის ინტენსივობა გაპირობებულია არა მარტო აღნიშნული ამინომჟავების შემცველი ცილების რაოდენობით, არამედ, აგრეთვე, ამ ცილებისა და ნუკლეინის მჟავის კომპლექსაციის ხარისხით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Л. Юшкевич, Б. В. Кедровский. Распределение белкового триптофана в органах и тканях млекопитающих с некоторыми выводами о его физиологической роли. Биохимия, т. 21, вып. 3, 1956, 269—361.
2. И. М. Лимаренко. Гистохимия тигроида. Успехи совр. биол., т. XLIII, вып. 3, 1957, 319—331.
3. А. М. Амченкова. Распределение аминокислот в микроструктурах кожно-двигательного анализатора кошки. В кн.: «Гистохимические методы в нормальной и патологической морфологии», Медгиз, 1958, 61—80.
4. И. К. Сванидзе. К сравнительной гистохимии коркового отдела зрительного анализатора некоторых млекопитающих. Арх. анат., гист. и эмбр., 2, 1963, 18—25.
5. F. W. Putnam. Химическая модификация белков. В кн.: „Белки", пер. с англ., М., 1956, 269 — 361.
6. Д. Н. Насонов, В. Я. Александров. Реакция живого вещества на внешние воздействия. М.—Л., 1940, 1—252.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

კლინიკური მედიცინა

პ. ჩავლეიშვილი, შ. გუგეშაშვილი, პ. ნიშნიანიძე

პერიფერიულ სისხლზე ასაკობრივი ზეგავლენის საკითხისათვის კრუპოზული პნევმონიის დროს

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 7.9.1965)

პერიფერიული სისხლის სურათის ნორმისაგან გადახრა ცნობილ და დამახასიათებელ ფაქტს წარმოადგენს კრუპოზული პნევმონიისათვის. ჯანმრთელ ადამიანებში სისხლის ასაკობრივი ცვლილებების საკითხი ჯერ კიდევ სადაოდ არის გამხდარი. თუ მკვლევარების ერთი ჯგუფი მოხუცებულებში ამ ცვლილებებს ვერ ნახულობს (პატრიკი, ოლბრიხი, შეპლეტი, მეისი, მურიე; ლ. ბინე, ფ. ბაიერლიე და ჟ. მათე), მეორე ჯგუფი მხოლოდ ჰემოგლობინისა და ერითროციტების ან ლეიკოციტების რაოდენობის დაკლებას ხდის შესაძლებლად (ნ. შჩერბა; მ. იუდინა და სხვები). ამ მხრივ გარკვეულ ინტერესს იწვევს დაკვირვების წარმოება პერიფერიული სისხლის ცვლილებაზე კრუპოზული პნევმონიის დროს ასაკობრივ ჭრილში, მით უფრო რომ სსრკ სამედიცინო აკადემიის კლინიკური მედიცინის განყოფილების 1960 წლის სესიის დადგენილებით პნევმონიის მიმდინარეობის ასაკობრივი თავისებურების შესწავლას მეტი ყურადღება უნდა დაეთმოს.

ჩვენ მიერ შესწავლილია ომამდელი 14 წლის განმავლობაში (1927—1940 წწ) კლინიკაში ნამკურნალევი კრუპოზული პნევმონიით 618 დაავადებულისა და ომის შემდგომ ისევ 14 წლის განმავლობაში (1941 — 1960 წწ) ნამკურნალევი 330 ავადმყოფის ისტორიები და დაავადების პირველ დღეებში წარმოებული სისხლის გამოკვლევის შესაბამისი მონაცემები.

წითელი სისხლის გამოკვლევები ომამდელ ავადმყოფთა მცირე რიცხვზეა ნაწარმოები, ხოლო ედრ სულ არ გამოკვლეულა. ომის შემდგომ კი ნახულია, რომ წლოვანებასთან ერთად პროგრესულად იზრდებოდა ერითროციტებისა და ჰემოგლობინის შემცირებული რაოდენობის მაჩვენებელ ავადმყოფთა პროცენტი, ნორმალური და შენელებული ედრ უფრო ხშირად ასაკის 6—8 ათეულში გვხვდებოდა, ხოლო მისი აჩქარება 20 მმ-ზე მეტი ამ ასაკში აღარ შეგვხვედრია.

ომამდელ პერიოდში ლეიკოციტების ნორმალური რაოდენობა ასაკის 5—6 ათეულში (40—59 წლის ასაკში) არ შეგვხვედრია, მაშინ როდესაც 3—4 ათეულში და 7 ათეულის შემდეგ შემთხვევათა საგრძნობ %-ში გვხვდებოდა. ამის შესაბამისად ახალგაზრდა ასაკის ავადმყოფებში ზომიერი ლეიკოციტოზი ჭარბობდა მაღალს, 4—5 ათეულში თანაბარი რაოდენობით გვხვდებოდა,

ხოლო 6—7 ათეულის ავადმყოფებში მაღალი ლეიკოციტოზის შემთხვევები იზრდებოდა. ლეიკოპენია მხოლოდ 7—8 ათეულში შეგვხვდა და ისიც თითო შემთხვევა.

ომის შემდგომ ლეიკოპენიის შემთხვევები ყველა ასაკში შეგვხვდა და პროგრესულად იზრდებოდა 11,1%-დან 2 ათეულში—75%-მდე და ზევით ასაკის 8 და შემდგომ ათეულში. მაღალი ლეიკოციტოზის (16.000-ზე მეტი) შემთხვევები ასაკთან ერთად კლებულობს და მე-4 ათეულიდან ქრება, ისე რომ ამ ასაკიდან დაწყებული მეტწილად ზომიერი ლეიკოციტოზი (8—14 ათასი) გვხვდებოდა.

ომამდელ პერიოდში ლეიკოციტური ფორმულა გამოკვლეული იყო ძირითადად ასაკის 2—6 ათეულის ავადმყოფებში. ახალგაზრდა ასაკში აღინიშნება სეგმენტბირთვიანი ნეიტროფილების 64%-ის მქონე ავადმყოფთა რიცხვის ზრდა ასაკთან ერთად — 24,2%-დან 2 ათეულში—92,6%-მდე 6 ათეულში. შესაბამისად ამისა, წლოვანების მატებასთან ერთად კლებულობს 64%-ზე მეტი შეცულობის შემთხვევები 73,7%—85,4%-დან 2 და 3 ათეულში—7,4%-მდე—6-ში. ეს დაკლება უფრო მკაფიოდ ჩანს სეგმენტბირთვიანი ნეიტროფილების 72%-ზე მეტის შემცველ შემთხვევათა განხილვიდან.

ახალგაზრდა ასაკში ჩხირბირთვიანი ნეიტროფილების შეცულობა 4%-მდე იზრდება ასაკთან ერთად, დაწყებული 72,5%-ით 2 ათეულში—100%-მდე—6-ში. შესაბამისად მცირდება შემთხვევათა პროცენტი მათი 4%-ზე მეტ შეცულობის მაჩვენებელი შემთხვევებისა, სახელდობრ, 27,5%-დან 2-ში—6%-მდე—5-ში. 6 ათეულში ისინი სულ ქრებიან.

ახალგაზრდა ნეიტროფილების 4%-მდე მაჩვენებელ შემთხვევათა შემცირების ტენდენცია ასაკთან ერთად ჩანს იქიდან, რომ ასაკის 2 ათეულში გვქონდა 18,4%, 6-ში კი—3,7%. 4%-ზე მეტი ახალგაზრდა ნეიტროფილები ასაკის 3 ათეულიდან დაწყებული ზემოთ აღარ შეგვხვედრია.

ლიმფოციტების მხრივ აღინიშნება ლიმფოპენიის ზრდა ასაკთან ერთად: 2—3 ათეულში—50% და 84,4%, 74,0%—5—6 ათეულში. რა თქმა უნდა, ეს ქმნის ლიმფოციტების ნორმალური და მომატებული რაოდენობის შემთხვევათა შესაბამის დაკლებას 47—50%-დან 2—3 ათეულში—15,6—26,0%-მდე—5—6 ათეულში.

მონოციტების მხრივ რაიმე მიმართულებით ძვრა არ აღინიშნება, ეოზინოფილები კი გვაძლევენ ანეოზინოფილიის შემთხვევათა დაკლებას ასაკთან ერთად, სახელდობრ 31,6%-დან 2 ათეულში—11,1%-მდე—6-ში. დაკლების ტენდენცია ეტყობა ეოზინოფილების ნორმალური შეცულობის მაჩვენებელ შემთხვევებსაც. სამაგიეროდ ეოზინოფილიის შემთხვევები მატულობს 2,6%-დან 2 ათეულში—52%-მდე— 6-ში.

ომის შემდგომ პერიოდში ფორმულა გამოკვლეულია 2—8 ათეულის ასაკის ავადმყოფებში. ახალგაზრდა ასაკში აღინიშნება სეგმენტბირთვიანი ნეიტროფილების 64%-ის მქონე ავადმყოფთა პროცენტის ზრდა ასაკთან ერთად 41,6%-დან 2 ათეულში—100%-მდე, დაწყებული 8 ათეულიდან. შესაბამისად

მცირდებოდა 64%-ზე მეტი შეცულობის შემთხვევები—37,0%-დან 2 ათეულში—70%-მდე—7-ში.

ახალგაზრდა ასაკში წლოვანებასთან ერთად იზრდება ჩხირბირთვიანი ნეიტროფილების 4%-მდე შეცულობის შემთხვევები 69%-დან ასაკის 2 ათეულში—100%-მდე—7-ში; მათი 4%-ზე მეტი შეცულობის შემთხვევები კი კლებულობს 31,3%-დან 2 ათეულში—11,2%-მდე—6-ში.

ასაკთან ერთად დაკლების ტენდენცია ემჩნევა ახალგაზრდა ნეიტროფილების 4%-მდე შეცულობის შემთხვევებსაც.

ლიმფოციტების მხრივ შეიძლება აღინიშნოს ოდნავი დაკლება ნორმალური შეცულობის შემთხვევებისა ასაკის 2-დან 8 ათეულამდე. ლიმფოციტოზის შემთხვევები კი იძლევიან მცირედ მატებას 2—6 და ძლიერ მატებას 8—9 ათეულებში.

შესამჩნევია მონოციტების ნორმალური და მომატებული შეცულობის მაჩვენებელ შემთხვევათა მატება ასაკთან ერთად, მაშინ როდესაც ნორმაზე ნაკლები შეცულობის შემთხვევები მცირედ კლებულობს.

აღინიშნება მცირედი მატება ეოზინოფილიის შემთხვევებისა 2—4 ათეულში და დაკლება—5—8 ათეულში. ეოზინოფილების ნორმალური შეცულობის შემთხვევები იძლევიან ასაკთან ერთად მატების ტენდენციას.

ომამდელი და ომის შემდგომი მონაცემების ასაკობრივ ჭრილში განხილვა და შედარება გვიჩვენებს ომის შემდგომ პერიოდში ლეიკოციტოზის მაღალი ხარისხის მაჩვენებელ შემთხვევათა შემცირებასა და ლეიკოპენიის შემთხვევათა ზრდას. ამასთან ერთად ასაკში შესულთა შორის (ასაკის 6 ათეულის ზემოთ) აღინიშნება ლეიკოპენიის შემთხვევების პროგრესული ზრდა, ხოლო ლეიკოციტოზის შემთხვევათა შემცირება ასაკის 4 ათეულის ზევით. აქვე არ ჩანს ომამდელ პერიოდში შემჩნეულ ასაკთან ერთად მაღალი ლეიკოციტოზის შემთხვევათა ზრდა.

ლეიკოციტური ფორმულის მხრივ ომის შემდგომ აღინიშნება ასაკთან ერთად ნეიტროფილების 64%-მდე შეცულობის შემთხვევათა ზრდა უფრო მეტად, ვიდრე ომამდე. ამის გამო ნეიტროფილების ნორმალური შეცულობის შემთხვევები კლებულობს ასაკის უკვე 4 ათეულიდან, მაშინ როდესაც ომამდე ეს 6 ათეულიდან ემჩნეოდა. განსაკუთრებით კარგად არის გამოხატული ეს ნეიტროფილების უფრო მეტი შეცულობის შემთხვევათა მიმართ.

ჩხირბირთვიანი ნეიტროფილების სხვადასხვა ოდენობით შეცულობის შემთხვევათა შორის რაიმე ვადახრა ასაკის მიხედვით ამ ორივე პერიოდში არ შეიმჩნევა. ახალგაზრდა ნეიტროფილების დაკლების ტენდენცია კი აღინიშნება ორივე პერიოდში თანაბრად.

ლიმფოპენიის შემთხვევები უფრო მეტად შეგვხვდა ომამდე და მათი რაოდენობის ზრდაც ასაკთან ერთად მეტად იყო გამოხატული. ომის შემდგომ პერიოდში იზრდება მონოციტების 8%-ზე მეტი შეცულობის შემთხვევები ახალგაზრდა ასაკის ჯგუფებში.

ანეოზინოფილიის შემთხვევები მატულობს 4 ათეულამდე, მაშინ, როდესაც ომამდე კლებულობდა ასაკის 6 ათეულამდე. ეოზინოფილების ნორმალუ-

რი შეცულობის შემთხვევები — კი ტენდენციას გვიჩვენებდნენ მატებისაკენ ასაკთან ერთად მაშინ, როდესაც ომამდე კლებულობდნენ კიდეც. ეოზინოფილიის შემთხვევები არ გვიჩვენებენ რაიმე კანონზომიერ ცვლილებას მაშინ, როდესაც ომამდე ასაკთან ერთად იზრდებოდნენ კიდეც.

ასაკობრივ ზეგავლენასთან დაკავშირებული ცვლილებების შეფასებისათვის ორივე პერიოდის შეჯამებული მასალის გარჩევა გვიჩვენებს ასაკის მატებასთან ერთად ჰემოგლობინისა და ერითროციტების რაოდენობის დაკლებას. განსაკუთრებით მკვეთრი მატება ეტყობა ლეიკოპენიით მიმდინარე შემთხვევებს. ლეიკოციტოზით (განსაკუთრებით მაღალი ლეიკოციტოზით) მიმდინარე შემთხვევათა დაკლება აშკარავდება. ლეიკოციტური ფორმულის შემადგენელი ელემენტების პროცენტული შეფარდების ასაკთან დაკავშირებულ ისეთივე ცვლილებას აქვს ადგილი, როგორც ეს იყო ომისშემდგომ პერიოდის კლინიკურ მასალაში.

განხილულის შემდეგ შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნა:

1) კრუპოზული პნევმონიის მიმდინარეობაში აღინიშნება ასაკთან დაკავშირებული ცვლილება სისხლის სურათისა.

2) ასაკის მატებასთან ერთად ლეიკოპენიით მიმდინარე შემთხვევები იზრდება, ლეიკოციტოზით მიმდინარე შემთხვევები კი მცირდება;

3) ლეიკოციტურ ფორმულაში ასაკთან ერთად აღინიშნება მაღალი ნეიტროფილოზის შემთხვევათა დაკლება და ეოზინოფილების ნორმალური შეცულობის შემთხვევათა მატების ტენდენცია.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 7.9.1965)

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

П. М. ЧАВЛЕЙШВИЛИ, Ш. И. ГУГЕШАШВИЛИ,
П. Г. НИШНИАНИДЗЕ

К ВОПРОСУ О ВОЗРАСТНОМ ВЛИЯНИИ НА ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ПРИ КРУПОЗНОЙ ПНЕВМОНИИ

Резюме

Данные картины крови 618 больных довоенного и 330 больных послевоенного периодов разработаны в возрастном аспекте.

Установлено, что при крупозной пневмонии отмечаются изменения периферической крови, связанные с возрастным влиянием на нее. В частности, вместе с нарастанием возраста нарастает число случаев с лейкопенией, а случаи с лейкоцитозом встречаются реже. Вместе с тем, в лейкоцитарной формуле отмечены уменьшение степени нейтрофилеза и сдвига влево ядра нейтрофилов, процентное увеличение случаев лимфоцитоза и тенденция увеличения случаев нормального содержания эозинофилов.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLIII, № 2, 1966
СООБЩЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР, XLIII, № 2, 1966
BULLETIN of the ACADEMY of SCIENCES of the GEORGIAN SSR, XLIII, № 2, 1966

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

А. С. МАЧАВАРИАНИ, Р. А. АЛЕКСАНЯН, С. С. ВАСИЛЯН

ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА № 1566

(Представлено академиком К. Д. Эристави 11.4.1966)

В настоящей работе излагаются результаты фармакологических исследований препарата № 1566, синтезированного сотрудником Института тонкой органической химии АН АрмССР Э. Л. Маркаряном под руководством академика АН АрмССР А. Л. Мнджояна. Экспериментальные исследования на лабораторных животных показали, что препарат № 1566 обладает выраженным коронарорасширяющим действием. Испытания были проведены на 25 наркотизированных уретаном кошках по методу, описанному Н. В. Кавериной (1958 г.). Оказалось, что препарат в дозе 0,1 мг/кг при внутривенном введении кошкам увеличивает объем крови, оттекающей из коронарного синуса, на 60—65% в течение 5 и более часов (рис. 1).

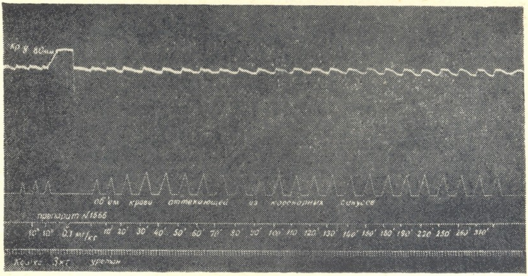


Рис. 1. Влияние препарата № 1566 на коронарное кровообращение. Кошка, 2 кг, под уретановым наркозом. Регистрация сверху вниз: артериальное давление, отток крови из коронарного синуса, где высота столбиков соответствует объемной скорости кровотока за 1 сек, отметка в/в введения веществ и отметка времени

Следует отметить, что при внутривенном введении препарата артериальное давление сейчас же повышается на 10—15 мм рт. ст., через 6—7 минут понижается до исходного уровня и держится на этом уровне до конца опыта. Препарат № 1566 с одинаковой силой и продолжительностью расширяет венечные сосуды сердца животного как до, так и после стерилизации.

Любопытно, что диапазон между минимально действующей и минимально токсической дозой препарата значительно большой. Так, например, как было указано выше, препарат в дозе 0,1 мг/кг заметно расширяет венечные сосуды, а минимальное токсическое явление—угнетение дыхания у наркотизированных гексеналом кошек наступает лишь от дозы 25 мг/кг. Препарат не обладает холинолитическим действием.

Общее действие и токсичность

Общее действие препарата № 1566 изучалось на белых мышах весом 18—20 г. Препарат вводился внутрибрюшинно в дозах 25, 50, 75 и 100 мг/кг. Каждая доза препарата испытывалась на 10 мышах. Препарат, введенный мышам в дозе 25 мг/кг, не оказывал видимого токсического действия. После введения 50 мг/кг, спустя 5—10 минут, наблюдалось повышение двигательной активности, хвост был поднят вверх (симптом Штраубе), у некоторых появилось судорожное движение и часть животных погибла. При дозе 75 мг/кг, наряду с вышеупомянутыми явлениями, наблюдалось нарушение координации движений и большинство мышей погибло.

От дозы 100 мг/кг все мыши после длительных судорожных движений (через 30—50 мин) погибли.

LD_{50} при внутрибрюшном введении препарата № 1566, вычисленная по Беренсу, равняется 73 мг/кг.

Введение препарата кроликам

Кроликам препарат вводился в ушную вену в водных растворах. Четырем кроликам весом 2,5—3 кг в ушную вену ввели препарат в дозах 20, 25 и 30 мг/кг. Два кролика служили контролем и получили физиологический раствор в таком же объеме, что и препарат. У кроликов, получивших препарат в дозе 20 мг/кг, видимые изменения не были отмечены. После введения препарата в дозе 25 мг/кг сейчас же наблюдалось учащение дыхания, повышение двигательной активности. Через 40—55 минут поведение животного ничем не отличалось от поведения контрольных кроликов. Из кроликов, получивших препарат в дозе 30 мг/кг, один погиб после кратковременных клонических судорог, у другого наблюдалось учащение дыхания, расползание конечностей, тремор. Через 50—55 минут все эти явления проходили.

Введение препарата кошкам

Препарат № 1566 вводился шести кошкам весом 1,5—1,8 кг. Каждая доза препарата вводилась двум кошкам. При подкожном введении 200 мг/кг наступало сильное расширение зрачков, учащение дыхания и некоторое возбужденное состояние. Через 30—40 минут эти явления проходили. От дозы 250 мг/кг вышеуказанные явления были более выражены. От дозы 300 мг/кг животные погибли после длительных клонических судорог и агрессивно возбужденных состояний.

Таким образом, препарт является сравнительно малотоксичным.

Изучение токсичности препарата № 1566 в хроническом опыте

Хроническая токсичность изучалась на 10 кроликах. Пятерым из них ежедневно вводили препарат № 1566 подкожно по 5 мг/кг. Пяти контрольным кроликам вводили равный объем физиологического раствора. Наблюдали за общим состоянием животных, измеряли вес и температура, проводили общий анализ крови (полная гемограмма) и мочи, определяли сахар, билирубин и С-реактивный белок в крови.

После 25-дневного введения препарата существенных изменений количества и качества вышеуказанных показателей не наблюдалось.

Выводы

1. Препарат № 1566 обладает выраженным коронарорасширяющим действием.
2. Препарат малотоксичен и обладает широтой терапевтического действия.

Институт тонкой органической
химии АН АрмССР

(Поступило в редакцию 11.4.1966)

კლინიკური მედიცინა

ა. მაჭავარიანი, რ. ალექსანიანი, ს. ვასილიანი

სინთეტურ პრეპარატ № 156-ის ფარმაკოლოგიური გამოკვლევა

რეზიუმე

შრომაში მოცემულია პრეპარატ № 1566-ის ფარმაკოლოგიური გამოკვლევის შედეგები, რომელიც სინთეზირებულია სომხეთის სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის თანამშრომლის ე. მარქარიანის მიერ, აკადემიკოს ა. მინჯოიანის ხელმძღვანელობით.

ექსპერიმენტალური გამოკვლევები ჩატარებულია 25 კატაზე ხ. კავერინის მეთოდით. გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ პრეპარატ № 1566-ს აქვს კორონარის გაფართოების გამოხატული თვისება და იგი 0,1 მგ/კგ შეყვანილი კატის ვენაში იწვევს სინუსიდან გამომდინარე სისხლის მოცულობის მომატებას 60—65% 5 საათსა და მეტ ხანს.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ პრეპარატის შეყვანის მომენტში ხდება არტერიული წნევის მომატება 10—15 მმ, რაც 6—7 წუთის შემდეგ უბრუნდება ნორმას ცდის ბოლომდე.

გარდა ამისა, შესწავლილ იქნა პრეპარატის ზოგადი თვისება, მწვავე ტოქსიკურობა (თეთრ თაგვებსა და კურდღლებზე), რის შემდეგაც რაიმე გამოხატული ცვლილებები ვერ ვნახეთ. ჩვენ მივედით იმ დასკვნამდე, რომ პრეპარატი ნაკლებად ტოქსიკურია.

ტოქსიკურობა შევისწავლეთ აგრეთვე ქრონიკულად (10 კურდღელზე), რომელთაც ყოველდღე კანქვეშ უკეთდებოდათ 5 მგ/კგ პრეპარატი. ისწავლებოდა სისხლი, შარდი და ბიოქიმიური მონაცემები. 25 დღის დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ ცხოველთა ზოგად მონაცემებსა და ლაბორატორიულ გამოკვლევებში რაიმე განსაკუთრებული ცვლილებები არ მომხდარა.

პრეპარატ № 1566-ს აქვს გამოხატული კორონარული სისხლის ძარღვების გაფართოების თვისება. პრეპარატი მცირე ტოქსიკურია და აღჭურვილია თერაპიული მოქმედების კარგი უნარით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Каверина. Фармакология и токсикология. 21, № 1, 1958, 39—43.

მთ. რ ე დ ა ქ ტ ო რ ი—საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
აკადემიკოსი რ. დ ვ ა ლ ი

Гл. р е д а к т о р—академик Академии наук Грузинской ССР
Р. Р. Д в а л и

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 30.7.1966; შეკვ. № 1041; ანაწყობის ზომა 7×11; ქაღალდის ზომა 70×108; საალრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 19,0; ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 17,0; უე 02358; ტირაჟი 1300

Подписано к печати 30.7.1966; зак. № 1041; размер набора 7×11; размер бумаги 70×108; количество уч.-изд. листов 19,0; количество печатных листов 17,0; УЭ 02358; тираж 1300

გამომცემლობა „მეცნიერების“ სტამბა, თბილისი 60, კუტუზოვის ქ. № 15.
Типография Издательства «Мецниереба», Тбилиси 60, ул. Кутузова 15.

შინაარსი — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENTS

მათემატიკა—МАТЕМАТИКА—MATHEMATICS

В. М. Кокилашвили. О приближении периодических функций некоторыми линейными операторами . . . 257

*ვ. კოკილაშვილი. ზოგიერთი წრფივი ოპერატორით პერიოდულ ფუნქციათა მიახლოვების შესახებ . . . 260

Ю. Л. Родин. К теории многозначных обобщенных аналитических функций . . 261

*ი. როდინი. მრავალსახა განზოგადებულ ანალიზურ ფუნქციათა თეორიის ზოგიერთი საკითხისათვის . . . 267

И. Н. Карцивадзе. Об одном порожденном потенциалом функционале . . 269

*ი. ქარცივაძე. პოტენციალით წარმოქმნილი ერთი ფუნქციონალის შესახებ . . . 274

Р. А. Кордзадзе. Об одной краевой задаче, встречающейся в теории оболочек . . . 275

*რ. კორძაძე. ერთი სასაზღვრო ამოცანის შესახებ, რომელიც გვხვდება გარსთა თეორიაში . . . 281

Л. В. Жижиашвили. Сопряженные функции и ряды Фурье . . . 283

*ლ. ჟიჟიაშვილი. ფურიეს მწკრივები და შეუღლებული ფუნქციები . . . 286

დრეკადობის თეორია—ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ— THEORY OF ELASTICITY

Г. П. Квиникадзе. О бриближенном решении некоторых смешанных граничных задач плоской теории упругости . . . 287

*გ. კვინიკაძე. დრეკადობის ბრტყელი თეორიის ზოგიერთი შერეული სასაზღვრო ამოცანის მიახლოებითი ამოხსნების შესახებ . . . 294

ჰიდრომექანიკა—ГИДРОМЕХАНИКА—HYDROMECHANICS

Дж. В. Шарикадзе. Об одной задаче магнитной гидродинамики . . . 295

*ჯ. შარიქაძე. მაგნიტური ჰიდროდინამიკის ერთი ამოცანის შესახებ . . . 300

ფიზიკა—ФИЗИКА—PHYSICS

О. М. Намичейшвили, Ш. Л. Бебиашвили. К сравнению методов повышения надежности сложных систем . . . 301

*ო. ნამიჩეიშვილი, შ. ბებიაშვილი. რთული სისტემის საიმედობის გაზრდის საშუალებათა შედარების შესახებ . . . 307

Т. И. Ефремидзе. Об асимптотике мнимой части одночастичной функции Грина . . . 309

*თ. ეფრემიძე. ერთნაწილაკოვანი გრინის ფუნქციის წარმოსახვითი ნაწილის ასიმპტოტიკის შესახებ . . . 315

И. Д. Кирвалидзе. Изменение сопротивления и инверсия знака проводимости... . . . 317

*ი. კირვალიძე. წინაღმდეგობის ცვლილება და გამტარებლობის ნიშნის ინვერსია... . 320

В. С. Кирия. О преобразовании скорости и ускорения в общей теории относительности . . . 321

*ვ. ქირია. სიჩქარისა და აჩქარების გარდაქმნის შესახებ ზოგადი ფარდობითობის თეორიაში . . . 326

* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის 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.

გეოფიზიკა—ГЕОФИЗИКА—GEOPHYSICS

Б. И. Стыро, Э. Ю. Вебра, К. К. Шопаускас и Т. Г. Хунджуа. К вопросу об определении коэффициента турбулентной диффузии по вертикальным профилям концентрации дочерних продуктов радона 327

*ბ. სტირო, ე. ვებრა, კ. შოპაუსკასი, თ. ხუნჯუა. რადონის დაშლის პროდუქტების ვერტიკალური განაწილების მიხედვით ტურბულენტური დიფუზიის კოეფიციენტის განსაზღვრის საკითხისათვის 333

Л. С. Чоторлишвили. Расчет температуры почвы, покрытой снегом . . . 335

*ლ. ჭოტორლიშვილი. თოვლით დაფარული ნიადაგის ტემპერატურის გამოთვლა . 341

ქიმია—ХИМИЯ—CHEMISTRY

Р. Н. Ахвледиани, А. И. Двалишвили, И. Г. Абесадзе, Р. М. Лагидзе. Синтез бромистого триметил-(3-фенилбутил)-аммония и его аналогов 343

*რ. ახვლედიანი, ა. დვალიშვილი, ი. აბესაძე, რ. ლაღიძე. ტრიმეთილ-(3-ფენილბუტილ)-ამონიუმის ბრომიდისა და მისი ანალოგების სინთეზი 348

Г. Ш. Папава, Н. А. Майсурадзе, П. Д. Цискаришвили, В. В. Коршак (член-корреспондент АН СССР), С. В. Виноградова. О смешанных блок-полиарилатах на основе кремнийорганического олигомера . 349

*გ. პაპავა, ნ. მაისურაძე, პ. ცისკარიშვილი, ვ. კორშაკი (სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ს. ვინოგრადოვა. პოლიორგანოსილოქსანური ოლიგომერის ბაზაზე მიღებული ნარევი ბლოკ-პოლიარილატების შესახებ 354

Л. Д. Меликадзе, Г. Ш. Челидзе, М. К. Чарквиани, К. Г. Годердзишвили, И. И. Абхазава, Р. П. Цискаришвили. О содержании антрацена в норийской нефти 355

*ლ. მელიქაძე, გ. ჭელიძე, მ. ჩარკვიანი, კ. გოდერძიშვილი, ი. აფხაზავა, რ. ცისკარიშვილი. ნორიოს ნავთობში ანტრაცენის შემცველობის შესახებ 360

Б. А. Джанашвили, Е. Н. Богоявленский, Х. Г. Пурцеладзе. Окисление гидрата закиси марганца 361

*ბ. ჯანაშვილი, ე. ბოგოიავლენსკი, ქ. ფურცელაძე. მანგანუმის ჰიდროჟანგის დაჟანგვა 368

ქიმიური ტექნოლოგია—ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ—CHEMICAL TECHNOLOGY

И. Г. Хизанишвили, Г. Г. Гаприндашвили. Декоративная сиенитовая глазурь 369

*ი. ხიზანიშვილი, გ. გაფრინდაშვილი. სიენიტის დეკორატიული ჭიქური . . . 373

ბიოქიმია—БИОХИМИЯ—BIOCHEMISTRY

З. П. Кометиани, А. А. Картвелишвили. Распределение Na^+—K^+ и Mg^{++} АТФ-аз в субклеточных фракциях головного мозга крыс и влияние ацетона на их ферментативную активность 375

*ზ. ქომეთიანი, ა. კალანდარიშვილი. Na^+—K^+ და Mg^{++} ატფ-აზის განაწილება ვირთაგვის თავის ტვინის სუბცელულარულ ფრაქციებში და აცეტონის გავლენა მათ ფერმენტულ აქტივობაზე 380

М. М. Заалишвили, Н. А. Гачечиладзе, И. А. Курдованидзе. Влияние температуры на АТФ-азную активность миозина гладкой и поперечнополосатой мышц 383

*მ. ზაალიშვილი, ნ. გაჩეჩილაძე, ც. ქურდოვანიძე. ტემპერატურის გავლენა გლუვი და განივზოლიანი კუნთის მიოზინის ატფ-აზურ აქტივობაზე 387

გეოგრაფია—ГЕОГРАФИЯ—GEOGRAPHY

შ. ცხოვრებაშვილი. ახალი მასალები აჭარა-იმერეთის ქედის ჩრდილო ფერდობის მთისწინეთის გეომორფოლოგიის შესახებ 389

*Ш. А. Цховребашвили. Новые материалы о геоморфологии предгорий северного склона Аджаро-Имеретского хребта 393

პალეობიოლოგია—ПАЛЕОБИОЛОГИЯ—PALAEOBIOLOGY

Т. А. Ломинадзе. К вопросу о филогенетических связях подсемейства... . 395

*თ. ლომინაძე. ...ფილოგენეტური კავშირის საკითხისათვის... 400

И. И. Шатилова, Ц. И. Бадзошвили. Новые данные о карагантских отложениях западной Грузии 403
*ი. შატილოვა, ც. ბაძოშვილი. ახალი მონაცემები დასავლეთ საქართველოს კარაგანტული ნალექების შესახებ 407

სამშენებლო მექანიკა — СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА — STRUCTURAL MECHANICS

Г. Н. Размадзе, О. И. Кацитадзе. Инженерный метод определения критической силы при кратковременном продольном загружении тонкого стержня 409
*გ. რაზმაძე, ო. კაციტაძე. კრიტიკული ძალის განსაზღვრის საინჟინრო მეთოდი თხელკედლიანი ღეროს ხანმოკლე გრძივი დატვირთვის დროს 413

მეტალურგია — МЕТАЛЛУРГИЯ — METALLURGY

А. И. Тутберидзе, Л. Н. Оклей. Исследование распределения удельного давления при прокатке на автоматстане 415
*ა. თუთბერიძე, ლ. ოკლეი. ხვედრითი წნევის განაწილების გამოკვლევა ავტომატდგანზე გლინვის დროს 417

ენერგეტიკა — ЭНЕРГЕТИКА — POWER ENGINEERING

А. П. Миндиашвили. Об одном способе программирования для моделирования гидрологических рядов методом Монте-Карло 419
*ა. მინდიაშვილი. მონტე-კარლოს მეთოდით ჰიდროლოგიური რიგების მოდელირებისათვის პროგრამის შედგენის ერთი მეთოდიკის შესახებ 425

ავტომატიკა და ტელემექანიკა — АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА — AUTOMATICS AND TELEMECHANICS

Ш. Л. Бебиашвили, И. А. Гольдштейн. Об оптимальном количестве испытаний на надежность сложных устройств 427
*შ. ბებიაშვილი, ი. გოლდშტეინი. რთულ სისტემათა საიმედოობაზე გამოცდის ოპტიმალური რიცხვის შესახებ 432
Г. Н. Церцвадзе. О стохастических автоматах асимптотически оптимальных в случайной среде 433
*გ. ცერცვაძე. შემთხვევით გარემოში ასიმპტოტურად ოპტიმალურ-სტოქასტური ავტომატების შესახებ 438

ბოტანიკა — БОТАНИКА — BOTANY

კ. ქიმერიძე. კავკასიაში ჭაობიანი მცენარეულობის გავრცელების კანონზომიერების საკითხისათვის 439
*К. Р. Кимеридзе. К вопросу закономерности распространения болотной растительности на Кавказе 445

სელექცია — СЕЛЕКЦИЯ — SELECTION

И. С. Капанадзе. Явление многозародышевости у померанцевых 447
*ი. კაპანაძე. ნარინჯოვანებში პოლიემბრიონის მოვლენა 452

მიკრობიოლოგია — МИКРОБИОЛОГИЯ — MICROBIOLOGY

Н. И. Якобашвили. К вопросу о питании водных беспозвоночных дрожжевыми грибками 453
*ნ. იაკობაშვილი. წყლის უხერხემლო ცხოველების საფუარა სოკოებით კვების საკითხისათვის 457

ენტომოლოგია — ЭНТОМОЛОГИЯ — ENTOMOLOGY

ვ. დოლიძე. აბლაბუდიანი ტკიპას რიცხობრიობის ცვალებადობის მიზეზები და მისგან გამოწვეული დაზიანების გავლენა ვაზზე 459

*Г. В. Долидзе. Причины изменения численности виноградного паутинного клещика и влияние вызванного им повреждения на растение 464

პარაზიტოლოგია—ПАРАЗИТОЛОГИЯ—PARASITOLOGY

ი. გოგებაშვილი. მდინარე მტკვრის პარაზიტული უმარტივესები (საქართველოს ფარგლებში) 465

*И. В. Гогебашвили. Паразитические простейшие рыб р. Куры (в пределах Грузии) 472

ზოოლოგია—ЗООЛОГИЯ—ZOOLOGY

И. С. Даревский, Т. А. Мусхелишвили. Ареалы различных подвидовых форм скальной ящерицы... в Восточной и Южной Грузии 47

*ი. დარევსკი, თ. მუსხელიშვილი. კლდის ხვლიკის... სხვადასხვა ქვესახეობრივი ფორმის არეალები აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოში 479

ანატომია—АНАТОМИЯ—ANATOMY

М. В. Лабадзе. Некоторые цитологические особенности нейронов симпатических узлов собаки 481

*მ. ლაბაძე. ძაღლის სიმპატიკური კვანძის ნეირონების ზოგიერთი ციტოლოგიური თავისებურება 485

ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ—PHYSIOLOGY

ვ. თევზაძე. სარტყლისებური ხვეულის (G. Cinguli) უშუალო გაღიზიანებით გამოწვეული რეაქციები და მათი გავლენა ზოგიერთ რეფლექსზე 487

*В. Г. Тевзадзе. Реакции, вызванные прямым раздражением поясной извилины (G. Cinguli), и их влияние на некоторые рефлексы 493

Г. Ш. Немсицверидзе. Исследование слуха глухонемых школьников с помощью условных речедвигательных рефлексов 495

*გ. ნემსიწვერიძე. ყრუ-მუნჯ ბავშვების სმენის გამოკვლევა სიტყვიერ-მამოძრავებელი რეფლექსების საშუალებით 500

ექსპერიმენტული მედიცინა—ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА—EXPERIMENTAL MEDICINE

М. С. Мачабели, Т. Г. Джибладзе, М. Г. Гачечиладзе, Г. Д. Пагава. Новая модель инфаркта миокарда, полученная путем местного введения тромбообразующего агента без механического повреждения сосудистой стенки 501

*მ. მაჩაბელი, თ. ჯიბლაძე, მ. გაჩეჩილაძე, გ. ფაღავა. მიოკარდის ინფარქტის ახალი მოდელი მიღებული სისხლძარღვის კედლის მექანიკური დაზიანების გარეშე, თრომბწარმომქმნელი აგენტის ადგილობრივი შეყვანის გზით 505

Б. Р. Нанейшвили, Зиг. А. Зурабашвили. К экспериментальному изучению шизофренического токсикоза 507

*ბ. ნანეიშვილი, ზიგ. ზურაბაშვილი. შიზოფრენიული ტოქსიკოზის ექსპერიმენტული შესწავლისათვის 511

Р. В. Булусашвили. К изучению гистохимических особенностей аминокислот в нейронах центральной системы белых мышей 513

*რ. ბულუსაშვილი. ამინომჟავების ჰისტოქიმიური შესწავლისათვის თეთრი თაგვების ცენტრალური ნერვული სისტემის ნეირონებში 517

კლინიკური მედიცინა—КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА—CLINICAL MEDICINE

პ. ჩავლეიშვილი, შ. გუგეშაშვილი, პ. ნიშნიანიძე. პერიფერიულ სისხლზე ასაკობრივი ზეგავლენის საკითხისათვის კრუპოზული პნევმონიის დროს 41

П. М. Чавлейшвили, Ш. И. Гугешашвили, П. Г. Нишнианидзе. К вопросу о возрастном влиянии на изменения периферической крови при крупозной пневмонии 522

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 языке—краткое изложение основного текста.

5. Объем статьи, включая иллюстрации, не должен превышать 20.000 типографских знаков (8 страниц журнала). Разделение статьи на отдельные части для опубликования в разных выпусках „Сообщений“ не допускается.

6. Статьи действительных членов и членов-корреспондентов Академии наук Грузинской ССР сдаются непосредственно в редакцию „Сообщений“ для опубликования, а статьи других авторов публикуются только по представлению действительных членов или членов-корреспондентов Академии. Статьи, поступившие без представления, направляются редакцией одному из действительных членов или членов-корреспондентов Академии на рассмотрение, с тем чтобы в случае положительной оценки статья была представлена для опубликования.

7. Статьи (а также соответствующие иллюстрации и чертежи) должны быть представлены автором в одном экземпляре, в совершенно готовом для печатания виде. Формулы должны быть четко вписаны в текст от руки. Текстовые части 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, номер серии, тома, выпуска, год издания; если имеется ссылка на книгу, то необходимо указать полное наименование книги, место и год издания.

9. Цитируемая литература должна приводиться в конце статьи в виде списка. При ссылке на литературу в тексте статьи или в подстрочных примечаниях следует указывать номер по списку, заключая его в квадратные скобки.

10. В конце текста статьи автор на соответствующем языке должен указать название и местонахождение того научного учреждения, где выполнена работа.

Статья датируется днем поступления ее в редакцию.

11. Автору представляется одна корректура в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или напечатать ее без визы автора.

12. Автор получает бесплатно 10 оттисков своей статьи.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: ТБИЛИСИ, ул. КУТУЗОВА, 15
Телефон 7-18-05, доп. 3-42
Условия подписки: на 1 год—12 руб., на 6 месяцев—6 руб

ფასი 1 მან.
ЦЕНА 1 РУБ.

დ ა მ ტ კ ი ც ე ბ უ ლ ი ა
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
პრეზიდიუმის მიერ 28.3.1963

„საქართველოს 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 მოკლედ 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 ორ ენაზე: ქართულად და რუსულად. ერთ-ერთ მათგანზე, ავტორის სურვილისამებრ,—სრული ძირითადი ტექსტი, ხოლო მეორეზე—ძირითადი ტექსტის შემოკლებული გამოცემა.

5. წერილის მოცულობა (ორივე ტექსტისა), ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 20.000 სასტამბო ნიშანს (ჟურნალის 8 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 რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსახილველად, რათა მან, დადებითად შეფასების შემთხვევაში, წარმოადგინოს იგი დასაბეჭდად.

7. წერილები (აგრეთვე სათანადო ილუსტრაციები და ნახაზები) ავტორმა უნდა წარმოადგინოს თითო ცალად, დასაბეჭდად სავსებით მომზადებული. ფორმულები ხელით უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტში მკაფიოდ. ილუსტრაციებზე ტექსტობრივი წარწერები ორივე ენაზე უნდა იყოს შესრულებული. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში შესწორებებისა და დამატებების შეტანა აღარ შეიძლება.

8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები შეძლებისდა გვარად სრული უნდა იყოს: საჭიროა აღინიშნოს წერილის სრული სათაური, სახელწოდება ჟურნალისა, რომელშიც დაბეჭდილია წერილი, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის ადგილისა და წლის მითითება.

9. დამოწმებული ლიტერატურის სია წერილს ერთვის ბოლოში. ლიტერატურის მისათითებლად ტექსტში თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იქნეს შესაბამისი ნომერი სიის მიხედვით.

10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა შესაბამის ენაზე უნდა აღნიშნოს იმ დაწესებულების სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი.

წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.

11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად არა უმეტეს ორი დღისა). თუ კორექტურა დადგენილი ვადისათვის არ იქნა წარმოდგენილი, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 10 ამონაბეჭდი.

რედაქციის მისამართი: თბილისი, კუტუზოვის ქ. 15

ტელეფონი 7-18-05, დამ. 3-42

ხელმოწერის პირობები: 1 წლით—12 მან., 6 თვით—6 მან.

ИНДЕКС 76181