

529
1968



საქართველოს სსრ
ვეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა ე ბ ე



48
СООБЩЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР



BULLETIN
OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR



XLIX, № 2

თბილისი 1968 ФЕВРАЛЬ

თბილისი * ТБИЛИСИ * TBILISI



Ш. Е. МИКЕЛАДЗЕ

(академик АН Грузинской ССР)

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ О СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЯХ
 ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ
 УРАВНЕНИЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

В настоящей заметке рассматривается метод численного решения двухточечных краевых задач для обыкновенных линейных дифференциальных уравнений n -го порядка с переменными коэффициентами, зависящими от параметров (вообще нелинейно).

1. Численное решение краевых задач для нелинейных уравнений, как это было показано в работе [1], осуществимо при помощи формулы

$$y^{(k)}(a + ht_3) = H_{p,k} + h^{n-k} \sum_{\nu=1}^m A_{\nu,k}^{*t_3} y^{(n)}(a + ht_\nu) + R_{m,k}^{*t_3}(a < a + ht, < b), \quad (1)$$

в которой переменная t_3 возрастает, пробегая значения t_μ ($\mu = 1, 2, \dots, m$).

Правая часть формулы (1) состоит из трех слагаемых. Первое слагаемое $H_{p,k}$ ($k = 0, 1, \dots, n-1$) в общем случае зависит линейно от некоторого числа значений $y^{(k)}(x)$ ($k = 0, 1, \dots, n-1$) в концах отрезка A , второе является линейной функцией от m значений $y^{(n)}(a + ht)$ во внутренних интерполяционных узлах отрезка A и, наконец, остаточный член $R_{m,k}^{*t_3}$ связан с остаточными членами формулы (4) заметки [1] и стремится к нулю при неограниченном возрастании m . Заметим теперь, что в случае краевых условий, превращающих $H_{p,k}$ в действительные числа, для решения системы (1) очень полезен метод последовательных приближений, который дает решение краевой задачи всегда (если только оно существует и единственно), и единственным обстоятельством, ограничивающим точность решения, является случай, когда заданное уравнение содержит производную $y^{(n-1)}$. В этом случае, если не принять надлежащих мер предосторожности, последовательные приближения для вычисления значений $y^{(n-1)}$ в узлах отрезка A (и только для них) либо не сходятся к точным значениям $y^{(n-1)}$, либо сходятся к ним столь медленно, что пользоваться ими (итерациями) весьма затруднительно, а иногда и вовсе невозможно.

Почти излишне указывать, что тогда для получения удовлетворительного результата во многих случаях целесообразно воспользоваться заданным дифференциальным уравнением и теми, которые получатся его по-



10.699.01

ледовательным дифференцированием по x с тем, чтобы решение краевой задачи свести к решению некоторого эквивалентного ей дифференциально-го уравнения $(n+1)$ -го или более высокого порядка с соответствующими краевыми условиями.

Для линейного дифференциального уравнения n -го порядка с переменными коэффициентами можно улучшить сходимость исключая производную $(n-1)$ -го порядка из него при помощи хорошо известного приема.

Наконец, можно вывести специальные формулы для численного решения линейных дифференциальных уравнений n -го порядка с переменными коэффициентами, зависящими от параметров, удобные с точки зрения приложений. Мы применим эти формулы в дальнейшем для вычисления собственных значений и соответствующих им собственных функций.

Нельзя не упомянуть также, что использование формулы (1) приводит к системе уравнений, состоящей максимум из nm уравнений с nm неизвестными. Было бы интересно это число (уравнений) сделать минимальным (равным m) хотя бы для какого-нибудь класса дифференциальных уравнений, поскольку в практическом отношении удобны те формулы, которые обеспечивают желаемую точность при „возможно меньшем m “ позволяющем, как это будет видно ниже, пользоваться определителями низкого порядка, если, конечно, это m „не так мало“, чтобы погрешности от отбрасывания остаточных членов делали используемую систему несовместной.

Ниже будет показано, что это возможно для линейных уравнений n -го порядка с переменными коэффициентами (зависящими или не зависящими от параметров).

2. В дальнейшем изложении будут сохранены по возможности все обозначения, введенные нами в заметках [1, 2].

Рассмотрим линейное дифференциальное уравнение n -го порядка ($n \geq 2$)

$$y^{(n)} = X_1(x, \alpha, \beta, \dots) y^{(n-1)} + \dots + X_{n-1}(x, \alpha, \beta, \dots) y' + X_n(x, \alpha, \beta, \dots) y \quad (a \leq x \leq b) \quad (2)$$

с $s \leq 2n$ линейно независимыми краевыми условиями

$$\sum_{k=0}^{n-1} \alpha_{ki} y^{(k)}(a) + \sum_{k=0}^{n-1} \beta_{ki} y^{(k)}(b) = 0 \quad (i=0, 1, \dots, s \geq n), \quad (3)$$

где коэффициенты уравнения X_1, X_2, \dots, X_n зависят (линейно или нелинейно) как от независимого переменного x , так и от параметров α, β, \dots , принадлежащих некоторой области G пространства $(x, \alpha, \beta, \dots)$, содержащего отрезок $A = b - a$ с концами, совпадающими с a и b , а коэффициенты краевых условий

$$\alpha_{0,i}, \alpha_{1,i}, \dots, \alpha_{n-1,i}; \beta_{0,i}, \beta_{1,i}, \dots, \beta_{n-1,i} \quad (i = 1, 2, \dots, s)$$

— действительные числа.

Остановимся теперь подробнее на случае, когда элементы Δ_m являются многочленами от λ . Заметим, что для достаточно больших значений m система (4) совместна, причем собственные числа λ задачи (2), (3) совпадают в пределе при $m \rightarrow \infty$ с пределами последовательностей, образованными соответствующе взятыми корнями многочленов $\Delta_m, \Delta_{m+1}, \dots$

Возьмем теперь одно какое-нибудь отличное от нуля значение $y^{(v)}(a + ht_v)$, например с номером $v = s$, и разделим на него почленно левые части (4). В результате получим неоднородную линейную систему, состоящую из m уравнений с $m - 1$ неизвестными:

$$c_{m-1, v} = \frac{y^{(v)}(a + ht_v)}{y^{(v)}(a + ht_s)} \quad (v = 1, 2, \dots, s-1, s+1, \dots, m).$$

Она может быть решена по способу наименьших квадратов.

Для определения неизвестных $c_{m-1, v}$ могут быть использованы и обычные, хорошо разработанные в литературе приемы решения линейных алгебраических уравнений, если вычеркнуть из полученной выше системы с $m - 1$ неизвестными одно какое-нибудь уравнение и рассмотреть оставшиеся уравнения как систему $m - 1$ неоднородных уравнений относительно неизвестных

$$c_{m-1, 1}, c_{m-1, 2}, \dots, c_{m-1, s-1}, c_{m-1, s+1}, \dots, c_{m-1, m}.$$

Используя, наконец, формулы (1), можем выразить все значения $y^{(k)}(a + ht_s)$ ($k = 0, 1, \dots, n-1, v = 1, 2, \dots, m$) при помощи чисел, определенных с точностью до (неизвестного) постоянного множителя $y^{(v)}(a + ht_s)$, который может быть определен на основании дополнительных условий (например, граничных, условия нормированности систем собственных функций и др.).

Теперь уже, имея значения $y^{(v)}(x)$ во всех внутренних узлах отрезка A , обратимся к дополнительным формулам для учета значений $y^{(k)}(x)$ ($k = 0, 1, \dots, n-1$) на концах A и по ним вычислим все неизвестные значения $y^{(k)}(a)$ и $y^{(k)}(b)$.

Нельзя не упомянуть, наконец, о существовании связи изложенной выше теории с задачей численного решения нелинейных дифференциальных уравнений, содержащих параметр, однако на этом вопросе мы предполагаем остановиться в отдельной заметке.

4. Проиллюстрируем изложение следующим простеньким примером. Пусть дано уравнение

$$y'' = -\lambda \omega(x) y \quad (0 \leq x \leq 1)$$

с граничными условиями $y(0) = y(1) = 0$, где функция $\omega(x)$ имеет первые четыре производные на отрезке $[0, 1]$.

В этом случае, если, кроме основных формул (формулы для $k = 0$), возьмем еще дополнительную формулу (см. п. 5 заметки [1]), положим в них $a = 0, h = 0,2$, используем граничные условия и исключим из основ-

ных формул $y'(0)$, после упрощений получим систему уравнений ($\tau = \lambda^{-1}$):

$$\tau y''(0,2) = \frac{\omega(0,2)}{9000} [348 y''(0,2) + 96 y''(0,4) + 204 y''(0,6) + 72 y''(0,8)],$$

$$\tau y''(0,4) = \frac{\omega(0,4)}{9000} [276 y''(0,2) + 342 y''(0,4) + 288 y''(0,6) + 174 y''(0,8)],$$

$$\tau y''(0,6) = \frac{\omega(0,6)}{9000} [174 y''(0,2) + 288 y''(0,4) + 342 y''(0,6) + 276 y''(0,8)],$$

$$\tau y''(0,8) = \frac{\omega(0,8)}{9000} [72 y''(0,2) + 204 y''(0,4) + 96 y''(0,6) + 348 y''(0,8)],$$

линейную относительно значений производной $y''(x)$ в узлах $x = 0,2 \nu$ ($\nu = 1, 2, 3, 4$).

Полагая, в частности, $\omega(x) = 1 + x$, находим:

$$\Delta_4(\tau) = \begin{vmatrix} 0,046400 - \tau & 0,012800 & 0,027200 & 0,009600 \\ 0,042933 & 0,053200 - \tau & 0,044800 & 0,027067 \\ 0,030933 & 0,051200 & 0,060800 - \tau & 0,049067 \\ 0,014400 & 0,040800 & 0,019200 & 0,069600 - \tau \end{vmatrix} =$$

$$= \tau^4 - 0,2300 \tau^3 + 0,013819 \tau^2 - 0,000317 \tau + 0,000000610 = 0.$$

Один из корней последнего уравнения $\tau_1 = 0,152952$ соответствует наименьшему собственному значению нашей задачи $\lambda_1 = 6,538$.

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

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 20.12.1967)

შათემატიკა

შ. შიქელაძე

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)

საკუთრივ მნიშვნელობათა ამოცანების ამოხსნა ჩვეულებრივ
წრფივ ცვალეზადკოეფიციენტებთან დიფერენციალურ
განტოლებათათვის

რეზიუმე

მოცემულია რიცხვითი მეთოდი ნებისმიერი რიგის წრფივ ჩვეულებრივ დიფერენციალურ განტოლებათათვის საკუთრივი რიცხვების გამოსათვლელად და შესაბამისი საკუთრივი ფუნქციების ასაგებად (ცხრილების სახით) უტოლო ბიჯის მქონე ბალის შემთხვევაში.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. შ. ე. მikeladze. Численное решение граничных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений в общем случае. Сообщения АН ГССР, XLVII, № 2, 1967.
2. Ш. Е. Микеладзе. Новый численный метод решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Сообщения АН ГССР, XLV, № 2, 1967.
3. Ш. Е. Микеладзе. Решение численных уравнений. Изд. «Мецნიერება», Тбилиси, 1965.

Р. С. ИСАХАНОВ

ОБ ОДНОЙ ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧЕ ТЕОРИИ
 АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

(Представлено академиком Н. П. Векуа 25.4.1967)

Пусть L обозначает совокупность конечного числа замкнутых гладких непересекающихся контуров L_0, L_1, \dots, L_p на плоскости комплексного переменного. Линией L плоскость разбивается на конечное число связных областей. Эти области сгруппируем на две части S^+ и S^- так, чтобы (см. [1], § 29). 1) области, составляющие S^+ (или S^-), не имели между собой общих граничных точек; 2) область, содержащая бесконечно удаленную точку, принадлежала к S^- . За положительное направление на L примем то, которое оставляет S^+ слева.

Рассматриваем следующую задачу:

Найти кусочно-голоморфную функцию $\Phi(z)$ с граничной линией L , имеющую конечный порядок на бесконечности, по граничному условию:

$$M_1\Phi^+(t) + \overline{M_2\Phi^+(t)} + M_3\Phi^-(t) + \overline{M_4\Phi^-(t)} = g(t) \quad \text{на } L, \quad (1)$$

где $g(t) \in H(L)$ (т. е. $g(t)$ — заданная на L непрерывная по Гельдеру функция), $\Phi^+(t)$ и $\Phi^-(t)$ обозначают граничные значения функции $\Phi(z)$ соответственно слева и справа, M_i — операторы следующего вида:

$$M_i\varphi = \sum_{k=0}^m [A_{ik}(t)\varphi^{(k)}(t) + \int_L M_{ik}(t, \tau)\varphi^{(k)}(\tau) d\tau] \quad (i=1, 2, 3, 4),$$

в котором $A_{ik}(t) \in H(L)$, $M_{ik}(t, \tau)$ — функции вида $h(t, \tau) |t - \tau|^{-\alpha}$, $h(t, \tau) \in H(L)$, $0 \leq \alpha < 1$.

В граничном условии (1) наивысшие порядки производных на контуре L_k функции $\Phi^+(t)$ и $\Phi^-(t)$ обозначим соответственно через m_k и n_k . Тогда $m = \max_k (m_k, n_k)$. Введем обозначения $A_i(t) = A_{im_k}(t)$ ($i=1, 2$),

$A_i(t) = A_{in_k}(t)$ ($i=3, 4$) при $t \in L_k$. Будем предполагать, что $A_1(t)\overline{A_2(t)} - A_2(t)\overline{A_1(t)} \neq 0$ всюду на L (условие нормальности).

Задача (1) в различных частных случаях рассмотрена многими авторами. Подробное указание на литературу можно найти в монографии Н. И. Мусхелишвили [1]. Укажем также на работу Н. П. Векуа [2],

в которой рассматривается задача вида (1) со смещениями в случае одного замкнутого контура для нескольких неизвестных функций. В случае односвязной области S^+ задача (1) рассмотрена в работе [3].

Замкнутый контур L_h делит плоскость на две части. Одну из них, расположенную по левой стороне от L_h обозначим через S_k^+ , а другую — S_k^- . Возьмем произвольно по одной точке a_k в конечной области, ограниченной контуром L_h . Тогда, если учесть, что искомую функцию можно представить в виде

$$\Phi(z) = \sum_{k=0}^p \Phi_k(z) \quad z \in S^+, \quad \Phi(z) = \sum_{k=0}^p \Phi_k(z) + P(z) \quad z \in S^-,$$

где $P(z)$ — главная часть на бесконечности функции $\Phi(z)$, $\Phi_k(z)$ — исчезающие на бесконечности кусочно-голоморфные функции с граничной линией L_h , с применением интегрального представления для функции $\Phi_k(z)$ [4], легко получим следующее интегральное представление для искомой функции (ср. [5], § 37):

$$\begin{aligned} \Phi(z) &= \frac{1}{2\pi i} \int_L Q(z, \tau) \mu(\tau) d\tau \quad \text{при } z \in S^+, \\ \Phi(z) &= \frac{1}{2\pi i} \int_L Q(z, \tau) \mu(\tau) d\tau + P(z) \quad \text{при } z \in S^-, \end{aligned} \quad (2)$$

где, если $\tau \in L_k$ и S_k^- — конечная область,

$$Q(z, \tau) = \begin{cases} Q(z - a_k, \tau - a_k, m_k) & \text{при } z \in S_k^+, \\ T(z - a_k, \tau - a_k, n_k) & \text{при } z \in S_k^-, \end{cases}$$

если $\tau \in L_h$ и S_k^- — бесконечная область,

$$Q(z, \tau) = \begin{cases} T(z - a_k, \tau - a_k, m_h) & \text{при } z \in S_k^+, \\ Q(z - a_k, \tau - a_k, n_h) & \text{при } z \in S_k^-. \end{cases}$$

В этих формулах

$$Q(z, \tau, m) = \frac{(-1)^m (\tau - z)^{m-1}}{(m-1)! z^m} \ln \left(1 - \frac{z}{\tau} \right) - \sum_{k=0}^{m-1} \frac{\alpha_{km} \tau^{m-k-1}}{z^{m-k}} \quad \text{при } m > 1,$$

$Q(z, \tau, 0) = (\tau - z)^{-1}$, $T(z, \tau, m) = (-1)^{m-1} Q(\tau, z, m)$, α_{km} — абсолютные постоянные.

С помощью (2) задача (1) сводится к следующему уравнению:

$$\begin{aligned} K\mu &\equiv \frac{1}{2} [a(t) A_1(t) - b(t) A_3(t)] \mu(t) + \frac{1}{2} [\overline{a(t) A_2(t)} - \overline{b(t) A_4(t)}] \overline{\mu(t)} + \\ &+ \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{K_1(t, \tau) \mu(\tau) d\tau}{\tau - t} + \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{\overline{K_2(t, \tau) \mu(\tau) d\tau}}{\tau - t} = \\ &= g(t) - M_3 P(t) - \overline{M_4 P(t)}, \end{aligned} \quad (3)$$

где

$$a(t) = (t - a_k)^{-mk}, \quad b(t) = (t - a_k)^{-nk} \quad \text{при } t \in L_k, \quad k = 0, 1, \dots, p,$$

$$K_1(t, \tau) = \frac{1}{2} (\tau - t) [\mathbf{M}_{1(t)} Q^+(t, \tau) + \mathbf{M}_{3(t)} Q^-(t, \tau) + \pi i M_1(t, \tau) a(\tau) - \\ - \pi i M_3(t, \tau) b(\tau)],$$

$$K_2(t, \tau) = \frac{1}{2} (t - \tau) [\mathbf{M}_{2(t)} Q^+(t, \tau) + \mathbf{M}_{4(t)} Q^-(t, \tau) + \pi i M_2(t, \tau) a(\tau) - \\ - \pi i M_4(t, \tau) b(\tau)],$$

$$M_j(t, \tau) = M_{j m_k}(t, \tau) \quad (j = 1, 2), \quad M_j(t, \tau) = M_{j n_k}(t, \tau) \quad (j = 3, 4) \quad \text{при } t \in L_k, \\ k = 0, 1, \dots, p.$$

На основании результата Б. В. Хведелидзе [6] о решениях сингулярных интегральных уравнений с коэффициентами, принадлежащими классу H , из уравнения (3) заключаем, что всякое решение задачи (1) представимо в виде (2), где $\mu(t) \in H(L)$. В силу известных результатов для уравнения (3) (см. работу [3]) имеем: для разрешимости задачи (1) необходимо и достаточно выполнение следующих условий:

$$\operatorname{Re} \int_L [g(t) - \mathbf{M}_3 P(t) - \overline{\mathbf{M}_4 P(t)}] \nu_j(t) dt = 0, \quad (4)$$

где $\nu_1(t), \nu_2(t), \dots, \nu_{k'}(t)$ — полная система линейно независимых ⁽¹⁾ решений уравнения

$$K' \nu \equiv \frac{1}{2} [a(t) A_1(t) - b(t) A_3(t)] \nu(t) + \frac{1}{2} [a(t) A_2(t) - b(t) A_4(t)] \overline{t'^2 \nu(t)} - \\ - \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{K_1(\tau, t) \nu(\tau) d\tau}{\tau - t} + \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{\overline{K_2(\tau, t) \nu(\tau) d\tau}}{\tau - t} = 0, \quad (5)$$

союзного с уравнением (3). Если k обозначает число исчезающих на бесконечности линейно независимых решений однородной задачи (1^o) (т. е. задачи (1) при $g(t) \equiv 0$), то $k - k' = z$, где

$$z = 2 \operatorname{Ind}_L \{ \overline{a(t) b(t)} [\overline{A_1(t) A_2(t)} - \overline{A_2(t) A_4(t)}] \}.$$

Отсюда следует, что при $z > 0$ однородная задача (1^o) имеет не менее z линейно независимых решений.

Аналогично [3, 7], строятся функциональные уравнения, равносильные уравнению (5), которые могут быть заменены различными эквивалентными бесконечными системами.

Пусть граничное условие имеет вид

$$\mathbf{M}_1 \Phi^+(t) + \overline{\mathbf{M}_2 \Phi^+(t)} + \Phi^-(t) = g(t) \quad \text{на } L, \quad (6)$$

⁽¹⁾ Всякую линейную независимость понимается над полем вещественных чисел.

где $A_1(t) \neq 0$ (условие нормальности), L —граница конечной связной области. Предположим, что контур L_0 содержит внутри себя все остальные контуры, составляющие L . Тогда упомянутые выше функциональные уравнения принимают вид

$$\int_L M_{1(\tau)} [\omega_1^-(\tau, z)] \nu(\tau) d\tau + \int_L M_{2(\tau)} [\omega_1^-(\tau, z)] \overline{\nu(\tau)} \overline{\tau}^2 d\tau + \\ + \int_L [\omega_2^-(\tau, z) + \omega_3^-(\tau, z)] \nu(\tau) d\tau = 0 \quad \text{при } z \in S^-, \\ \frac{1}{2\pi i} \int \frac{\nu(\tau) d\tau}{\tau - z} = 0 \quad \text{при } z \in S^+, \quad (7)$$

где

$$\omega_1^-(\tau, z) = \begin{cases} Q(\tau - a_0, z - a_0, m_0) & \text{при } \tau \in L, z \in S_0^-, \\ T(\tau - a_k, z - a_k, m_k) & \text{при } \tau \in L, z \in S_k^- \quad (k=1, 2, \dots, p), \end{cases} \\ \omega_2^-(\tau, z) = (\tau - z)^{-1}, \text{ если } \tau \in L_0, z \in S_k^- \text{ или } \tau \in L_k, z \in S^- - S_k^- \\ (k=1, 2, \dots, p)$$

$$\omega_3^-(\tau, z) = \sum_{k=0}^p \omega_{3k}^-(\tau, z),$$

$$\omega_{30}^-(\tau, z) = Q(\tau - a_0, z - a_0, m_0) \text{ при } \tau \in L_k \quad (k=1, 2, \dots, p), z \in S_0^-, \\ \omega_{3k}^-(\tau, z) = T(\tau - a_k, z - a_k, m_k) \text{ при } \tau \in L - L_k, z \in S_k^- \quad (k=1, 2, \dots, p). \quad (8)$$

На основании формул (4), (7) и (8) доказывается, что для разрешимости задачи (6) необходимо и достаточно выполнение условий

$$\operatorname{Re} \int_L [g(t) - P(t)] \varphi_j^-(t) dt = 0, \quad j = 1, 2, \dots, k', \quad (9)$$

где $\varphi_1^-(z), \varphi_2^-(z), \dots, \varphi_{k'}^-(z)$ —полная система исчезающих на бесконечности линейно независимых решений функционального уравнения

$$\int_L M_{1(\tau)} [(\tau - z)^{-1}] \varphi^-(\tau) d\tau + \int_L M_{2(\tau)} [(\tau - z)^{-1}] \overline{\varphi^-(\tau)} \overline{\tau}^2 d\tau = 0, \quad (10) \\ z \in S^-.$$

Существует решение уравнения (10), которое имеет на бесконечности нуль наивысшего порядка. Этот порядок обозначим через r . Уравнение (10) позволяет доказать следующую теорему:

Теорема 1. При всякой правой части $g(t)$ задача (6) имеет решение со следующей главной частью на бесконечности:

$$P_{r+1}(z) = \sum_{k=0}^{r+1} c_k z^k,$$

где целое число $l \geq 0$ и постоянные $c_r, c_{r+1}, \dots, c_{r+l}$ могут принять произвольные значения.

Наивысший порядок производной на контуре L_r в операторе M_2 обозначим через q_r . Если уравнение контура Γ представлено в виде $t = t(s)$, где $t(s) \in H^k$ (т. е. $t^{(k)}(s) \in H$), то Γ назовем контуром класса $H^{(k)}$. Доказывается

Теорема 2. Пусть L_r — замкнутый контур класса $H^{(m_r+1)}$ при $q = m_r$ и класса $H^{(q_r)}$ при $q_r < m_r$ и

$$A_{1k}(t) \in H^{(k)}(L_r), (\tau - t) M_{1k}(t, \tau) \in H^{(k)}(L_r), [M_{1m_r}(t, \tau)]^{(m_r)} \in H(L_r) \\ k = 1, 2, \dots, m_r, r = 0, 1, \dots, p, i = 1, 2.$$

Тогда, если $\varphi(t) \in H(L)$ решение уравнения (10), то $\varphi(\tau) \in H^{(m_r)}(L_r)$ ($r = 0, 1, \dots, p$).

Задачу

$$\varphi^+(t) + \sum_{k=0}^m (-1)^k \frac{d^k}{dt^k} \left[A_{1k}(t) \varphi^-(t) + \int_L M_{1k}(\tau, t) \varphi^-(\tau) d\tau + \right. \\ \left. + A_{2k}(t) \overline{t'^2} \overline{\varphi^-(t)} + \int_L M_{2k}(\tau, t) \overline{\tau'^2} \overline{\varphi^-(\tau)} d\tau \right] = 0 \text{ на } L \quad (11)$$

назовем союзной с задачей (6).

В предположениях теоремы 2 показываем справедливость следующих теорем.

Теорема 3. Для разрешимости задачи (6) необходимо и достаточно выполнение условий (9), где $P(z)$ — главная часть на бесконечности искомого решения, а $\varphi_1^-(t), \varphi_2^-(t), \dots, \varphi_p^-(t)$ — граничные значения полной системы исчезающих на бесконечности решений союзной задачи (11).

Теорема 4. Если k и k' обозначают числа линейно независимых решений однородных союзных задач (6) и (11), то $k - k' = \alpha$, где

$$\alpha = 2(m_0 - m_1 - \dots - m_p) - 2 \text{Ind}_L A_1(t).$$

В случае односвязной области S^+ теоремы 3 и 4 доказаны в работе [8].

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

(Поступило в редакцию 25.4.1967)

რ. ისახანოვი

 ანალიზურ ფუნქციათა თეორიის ერთი სასაზღვრო ამოცანის
 შესახებ

რეზიუმე

წერილში განხილულია (1) სასაზღვრო ამოცანა, სადაც L წარმოადგენს რამდენიმე გლუვი ურთიერთ არაგადამკვეთი კონტურის ერთობლივობას. გამოყენებულია ამოცანის სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებაზე დაყვანის ი. ვეკუას [7] მეთოდი. ერთ კერძო შემთხვევაში, როცა L წარმოადგენს მრავალდაბმული არის საზღვარს და სასაზღვრო პირობას აქვს (6) სახე, აგებულია მიკავშირებული სასაზღვრო ამოცანა და დამტკიცებულია ნეტერის თეორემები.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Мухелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. М., 1962.
2. Н. П. Векуа. Общая граничная задача линейного сопряжения для нескольких неизвестных функций с заданными смещениями. Труды Тбилисского гос. университета, т. 84, 1961.
3. P. C. Исаханов. О некоторых граничных задачах линейного сопряжения. Труды Тбилисского мат. ин-та им. А. М. Размадзе АН ГССР, т. 28, 1962.
4. P. C. Исаханов. Дифференциальная граничная задача линейного сопряжения и ее применение в теории интегро-дифференциальных уравнений. Сообщения АН ГССР, XX, № 6, 1958.
5. Ф. Д. Гахов. Краевые задачи. М., 1963.
6. Б. В. Хведелидзе. Линейные разрывные граничные задачи теории функций, сингулярные интегральные уравнения и некоторые их приложения. Труды Тбилисского мат. ин-та им. А. М. Размадзе АН ГССР, т. 23, 1956.
7. И. Н. Векуа. Об одной линейной граничной задаче Римана. Труды Тбилисского мат. ин-та им. А. М. Размадзе АН ГССР, т. 11, 1942.
8. P. C. Исаханов. О союзных дифференциальных граничных задачах теории функций комплексного переменного. Труды Грузинского политехнического ин-та им. В. И. Ленина, № 3 (96), 1964.

И. И. ФИЛИМОНОВА

УРАВНЕНИЕ БЕЛЬТРАМИ НА ЗАМКНУТОЙ РИМАНОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

(Представлено академиком И. Н. Векуа 6.6.1967)

1°. Пусть R —замкнутая риманова поверхность рода ρ . Рассмотрим на R уравнение Бельтрами

$$\frac{\partial w}{\partial \bar{z}} - q(z) \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \quad (1)$$

где z —локальный параметр, $q(z)$ —измеримая величина, которая при переходе от локального параметра z к локальному параметру z^* меняется по закону

$$q^*(z^*) = q(z) \exp \left(-2i \arg \frac{dz}{dz^*} \right)$$

и

$$|q(z)| \leq q_0 < 1.$$

Прежде чем перейти к исследованию уравнения (1) на поверхности R , сделаем следующее замечание. Построив в окрестности каждой точки локальные гомеоморфизмы уравнения (1) и приняв их за локальные параметры, получим новую риманову поверхность \tilde{R} , обладающую тем свойством, что любое решение уравнения (1) на R будет аналитической функцией на \tilde{R} и наоборот. Исходя из этого заранее можем установить некоторые свойства решений уравнения (1), в частности следующее: не существует отличного от постоянной ограниченного на R решения уравнения (1). Введем некоторые обозначения и определения: $\Lambda(R, \Delta)$ —класс мероморфных функций на R , кратных дивизору Δ ; $\Omega(R, \Delta)$ —класс абелевых ковариантов на R , кратных дивизору Δ ; $L_2(R)$ —пространство ковариантов на R с конечной нормой

$$\|f\|_{L_2(R)} = \left(\iint_R |f|^2 dR \right)^{1/2} < \infty;$$

$D(U)$ —класс функций, имеющих обобщенные производные в открытом множестве U и

$$\iint |\partial_z W|^2 dx dy < \infty, \quad \iint_U |\partial_{\bar{z}} W|^2 dx dy < \infty.$$

Функцию $W(P)$ назовем мероморфным решением уравнения (1), если найдется конечный дивизор $\alpha = P_1^{n_1} \dots P_m^{n_m}$ такой, что

а) для любого открытого множества $U \supset \alpha W \in D(R-U)$ и удовлетворяет уравнению (1);

б) в точках P_i ($i = 1, 2, \dots, m$) W имеет конечный порядок, определенный с помощью разложения W по степеням локального гомеоморфизма (см. [1]) в окрестностях этих точек.

Учитывая вышеприведенное замечание, можно утверждать, что мероморфное решение уравнения (1) на R каждое значение (включая ∞) принимает одинаковое число, не менее ρ (исключая гиперэллиптический случай) раз. Если поверхность гиперэллиптическая, то уравнение Бельтрами может иметь и двулистные решения.

Будем говорить, что решение W кратно заданному дивизору α на R , если порядок W в каждой точке поверхности не меньше порядка дивизора α . Будем говорить, что целый дивизор Δ удовлетворяет условию (F), если он содержит в качестве поддивизора дивизор δ , $\text{ord } \delta = \rho$, $\dim \Omega(R, \delta) = 0$.

В книге И. Н. Векуа „Обобщенные аналитические функции“ строится решение уравнения (1) на плоскости путем сведения дифференциального уравнения к сингулярному интегральному уравнению. В настоящей заметке, используя метод И. Н. Векуа [1], доказываем существование решения уравнения Бельтрами, кратного произвольному дивизору Δ^{-1} , где Δ —целый дивизор, $\text{ord } \Delta \cong \rho + 1$. При этом мы прибегаем к деформации конформной структуры поверхности, но не на всей поверхности, а лишь в окрестности заданного дивизора.

2°. Предположим сначала, что заданный дивизор $\Delta = P_1^{n_1} \dots P_m^{n_m}$ удовлетворяет условию (F). Рассмотрим уравнение (1) при дополнительном ограничении на $q(P)$. Будем предполагать, что

$$\iint_R |\psi q|^2 dx dy < \infty \quad (2)$$

для любой коварианты $\psi \in \Omega(R, (\Delta^2)^{-1})$. Для построения решения уравнения (1) потребуется ядро Коши $A(Q, P)$ на замкнутой римановой поверхности (см., напр., [2, 3]). Как известно [4], для любого целого дивизора δ , $\text{ord } \delta = \rho$, $\dim \Omega(R, \delta) = 0$, можно построить ядро Коши $A(Q, P) = A(Q, P, \delta)$, обладающее следующими свойствами. $A(Q, P)$ —коварианта по Q с полюсами в точках $Q = P$ и $Q = P_0$ с вычетами $+1$ и -1 соответственно, а по переменной P —функция, кратная дивизору $(Q \cdot \delta)^{-1}$, и обращается в нуль в точке $P = P_0$.

Будем искать решение уравнения (1) в виде

$$W(P) = \varphi(P) - \frac{1}{\pi} \iint_R \hat{f}(Q) A(Q, P, \bar{\partial}) dR_Q, \quad (3)$$

где $\hat{f} \in L_2(R)$ — искомая коварианта, а φ — мероморфная функция, кратная дивизору Δ^{-1} . Для того чтобы $W(P)$ удовлетворяло уравнению (1), нужно, чтобы коварианта \hat{f} удовлетворяла интегральному уравнению

$$\hat{f}(P) + \frac{q(P)}{\pi} \iint_R \hat{f}(Q) \frac{\partial A(Q, P)}{\partial P} dR_Q = q(P) \varphi'(P) \quad (4)$$

или
$$\hat{f} - q \Pi_R \hat{f} = q \varphi'.$$

Нашей целью является доказательство разрешимости интегрального уравнения (4) при любой правой части из $L_2(R)$. Сначала заметим, что в силу условия (2) оператор, стоящий в левой части уравнения (4), переводит $L_2(R)$ в себя. Если мы докажем, что оператор $q \Pi_R \hat{f}$ является сжатым оператором в $L_2(R)$, то тем самым будет доказано, что однородное интегральное уравнение

$$\hat{f}(P) + \frac{q(P)}{\pi} \iint_R \hat{f}(Q) \frac{\partial A(Q, P)}{\partial P} dR = 0 \quad (5)$$

не имеет нетривиальных решений и, следовательно, уравнение (4) разрешимо для любой коварианты φ' , кратной дивизору $(\Delta^2)^{-1}$.

Для доказательства сжатости оператора $q \Pi_R \hat{f}$ рассмотрим исчерпание поверхности R конечными поверхностями $R_1 \subset R_2 \subset \dots \subset R_n \subset \dots$, где R_n строятся следующим образом. Пусть $u^{(i)}$, $i = 1, 2, \dots, m$; $m \geq \rho + 1$,

— окрестности точек дивизора Δ . $\bar{u}_{n+1}^{(i)} = u_n^{(i)}$, $\bigcap_{n=1}^{\infty} u_n^{(i)} = P_i$, $i = 1, 2, \dots, m$,

$$R_n = R - \bigcup_{i=1}^m u_n^{(i)}, \quad R_n \rightarrow R - \Delta.$$

В результате несложных выкладок, используя некоторые оценки на R_n , полученные в [5], и переходя к пределу при $n \rightarrow \infty$, устанавливаем неравенство

$$\|q \Pi_R \hat{f}\|_{L_2(R)} \leq q_0 \|\hat{f}\|_{L_2(R)}. \quad (7)$$

Таким образом, уравнение (4) на замкнутой римановой поверхности имеет единственное решение для любой коварианты φ' , кратной дивизору $(\Delta^2)^{-1}$, и, следовательно, справедлива

Теорема 1. Пусть на замкнутой римановой поверхности R рода ρ измеримая величина $q(P)$ удовлетворяет условиям: 1) $|q| \leq q_0 < 1$, 2) $\iint_R |q\psi|^2 dR < \infty$ для любой коварианты $\psi \in \Omega(R, (\Delta^2)^{-1})$

и пусть дивизор Δ удовлетворяет условию (F). Тогда на R существует отличное от постоянной решение уравнения (1), кратное дивизору Δ^{-1} .

3°. Освободимся теперь от требования (2), налагаемого на величину $q(P)$, и от условия (F). Условие (2) накладывает определенные ограничения на характер убывания $q(P)$ вблизи дивизора Δ . Тем более имеет место

Теорема 1'. Пусть $q(P)$ — измеримая величина, удовлетворяющая на R условиям 1) $|q(P)| \cong q_0 < 1$, 2) $q(P) \equiv 0$ в $u^{(i)}$, $i = 1, 2, \dots, m$, $u^{(i)}$ — параметрические окрестности точек дивизора Δ , удовлетворяющего условию (F). Тогда существует решение уравнения (1), кратное дивизору Δ^{-1} .

Итак, пусть на замкнутой римановой поверхности R рода ρ $q(P)$ — измеримая величина, $|q| \cong q_0 < 1$, и задан дивизор Δ , $\text{ord } \Delta \cong \rho + 1$.

Введем вспомогательную величину

$$q_n(z) = \begin{cases} q(z) & \text{в } u, \quad u = \bigcup_{i=1}^m u^{(i)}, \\ 0 & \text{в } R - u \end{cases} \quad (8)$$

и рассмотрим уравнение

$$\frac{\partial \omega}{\partial \bar{z}} - q_n(z) \frac{\partial \omega}{\partial z} = 0. \quad (9)$$

Через $\omega_p(z)$ обозначим локальный гомеоморфизм уравнения (1) в окрестности точки P . Деформируем теперь конформную структуру поверхности R . Для тех точек, параметрические окрестности которых не имеют общих точек с $u^{(i)}$, локальные параметры оставим без изменения. Для тех же точек, параметрические окрестности которых пересекаются с $u^{(i)}$, и в окрестностях точек дивизора Δ новым локальным параметром возьмем $\zeta = \omega_p(z)$. Соотношения соседства остаются конформными в силу теоремы 2.4 [1]. Полученную такой деформацией поверхность обозначим \tilde{R} . Уравнение (1) на поверхности \tilde{R} примет вид

$$\frac{\partial \omega}{\partial \bar{\zeta}} - q_1(\zeta) \frac{\partial \omega}{\partial \zeta} = 0, \quad (10)$$

где

$$q_1(\zeta) = \frac{q(z) - q_n(z)}{1 - q(z)q_n(z)} \cdot \frac{\partial_z \zeta}{\partial_{\bar{z}} \zeta}.$$

Закон изменения величины q_1 при переходе от одного локального параметра ζ к другому ζ^* остается прежним и $|q_1(\zeta)| \cong q_0' < 1$, $q_1 \equiv 0$ в

$$\tilde{u}, \quad \tilde{u} = \sum_{i=1}^m \tilde{u}^{(i)}.$$

Если бы дивизор Δ удовлетворял условию (F) на \tilde{R} , то, построив на \tilde{R} решение уравнения (10), мы имели бы, как будет показано ниже, решение уравнения (1) на R . Пусть дивизор Δ этим свойством не обладает. Выберем из Δ произвольный поддивизор α , $\text{ord } \alpha = \rho - 1$. Выберем точку $P^* \in u^{(i)}$ так, чтобы $\dim \Omega(\tilde{R}, \alpha \cdot P^*) = 0$, и построим ядро Коши $\tilde{A}(Q, P, \alpha \cdot P^*)$. В силу теоремы 1' существует решение уравнения (10) на \tilde{R} вида

$$\tilde{W} = \tilde{\varphi} + T_{\tilde{R}} \tilde{f},$$

где $\tilde{\varphi}$ — мероморфная функция на \tilde{R} , кратная дивизору $(\Delta \cdot P^*)^{-1}$. По теореме Римана — Роха

$$\dim \Lambda(\tilde{R}, (\Delta P^*)^{-1}) - \dim \Omega(\tilde{R}, \Delta \cdot P^*) = \text{ord}(\Delta P^*) - \rho + 1.$$

Так как $\dim \Omega(\tilde{R}, \Delta \cdot P^*) = 0$ и $\text{ord}(\Delta P^*) \cong \rho + 2$, то $\dim \Lambda(\tilde{R}, (\Delta P^*)^{-1}) \cong \cong 3$, т. е. класс $\Lambda(\tilde{R}, (\Delta P^*)^{-1})$ состоит по крайней мере из трех линейно независимых функций, среди которых одна постоянная. Обозначим через $\tilde{\varphi}_1, \tilde{\varphi}_2$ линейно независимые функции, отличные от постоянной, принадлежащие классу $\Lambda(\tilde{R}, (\Delta P^*)^{-1})$. Соответственно можно построить два решения уравнения (10):

$$\tilde{W}_1 = \tilde{\varphi}_1 + T_{\tilde{R}} \tilde{f}_1, \quad \tilde{W}_2 = \tilde{\varphi}_2 + T_{\tilde{R}} \tilde{f}_2, \quad (11)$$

где

\tilde{f}_1 и \tilde{f}_2 являются решениями интегральных уравнений, соответственно:

$$\tilde{f}_1 + q_1 \Pi_{\tilde{R}} \tilde{f}_1 = q_1 \tilde{\varphi}_1', \quad \tilde{f}_2 + q_1 \Pi_{\tilde{R}} \tilde{f}_2 = q_1 \tilde{\varphi}_2'. \quad (12)$$

Здесь

$$q_1 \tilde{\varphi}_1', \quad q_1 \tilde{\varphi}_2' \in L_2(R).$$

Легко показать, что \tilde{W}_1 и \tilde{W}_2 линейно независимы.

Решения \tilde{W}_1 и \tilde{W}_2 кратны дивизору $(\Delta P^*)^{-1}$. Если хотя бы одно из этих решений не имеет полюсом точку P^* , то, как будет показано ниже, эта функция и будет искомым решением уравнения (1). Если оба решения имеют полюса в точке P^* , то, как легко видеть, отношение этих решений ограничено в точке P^* . Действительно,

$$\lim_{P \rightarrow P^*} \frac{\tilde{W}_1(P)}{\tilde{W}_2(P)} = \lim_{\zeta \rightarrow 0} \frac{\tilde{W}_1(P(\zeta))}{\tilde{W}_2(P(\zeta))} = \lim_{\zeta \rightarrow 0} \frac{\frac{1}{\zeta} \tilde{V}_1(\zeta)}{\frac{1}{\zeta} \tilde{V}_2(\zeta)} = a,$$

где \tilde{V}_1 и \tilde{V}_2 — голоморфные функции локального параметра и не обращаются в нуль при $\zeta \rightarrow 0$.

Функция $\tilde{W} = \tilde{W}_1 - a \tilde{W}_2 \not\equiv 0$ является решением уравнения (10), кратным дивизору Δ^{-1} . Теперь покажем, что функция \tilde{W} удовлетво-



ряет уравнению (1) на R . Учитывая зависимость нового локального параметра от старого $\zeta = \zeta(z)$ и то, что $\tilde{W}(\zeta)$ аналитична там, где $q_1 \equiv 0$, т. е. в u , отметим следующие тождества:

$$\frac{\partial \tilde{W}(\zeta(z))}{\partial z} = \frac{\partial W(z)}{\partial z} = \frac{\partial \tilde{W}}{\partial \zeta} \cdot \frac{\partial \zeta}{\partial z}, \quad \frac{\partial \tilde{W}(\zeta(z))}{\partial \bar{z}} = \frac{\partial W(z)}{\partial \bar{z}} = \frac{\partial \tilde{W}}{\partial \bar{\zeta}} \cdot \frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial \bar{z}} \quad \text{вне } u,$$

$$\frac{\partial \tilde{W}(\zeta(z))}{\partial z} = \frac{\partial W(z)}{\partial z} = \frac{\partial \tilde{W}}{\partial \zeta} \cdot \frac{\partial \zeta}{\partial z}, \quad \frac{\partial \tilde{W}(\zeta(z))}{\partial \bar{z}} = \frac{\partial W(z)}{\partial \bar{z}} = \frac{\partial \tilde{W}}{\partial \bar{\zeta}} \cdot \frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial \bar{z}} \quad \text{в } u.$$

Из этих тождеств легко следует, что функция $W(P) = W_1(P) - aW_2(P)$ удовлетворяет уравнению (1). Таким образом, справедлива

Теорема 2. Пусть R — замкнутая риманова поверхность рода ρ , $q(P)$ — измеримая величина, удовлетворяющая условию $|q| \equiv q_0 < 1$ на R и Δ — целый дивизор, $\text{ord } \Delta \geq \rho + 1$. Тогда существует решение уравнения Бельтрами (1), кратное дивизору Δ^{-1} .

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

(Поступило в редакцию 13.6.1967)

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების განყოფილება

ი. ფილიმოვნა

ბელტრამის განტოლება რიმანის ჩაკეტილ ზედაპირზე

რეზიუმე

შესწავილია ბელტრამის განტოლება რიმანის ჩაკეტილ ზედაპირზე. სინგულარული ინტეგრალური განტოლების საშუალებით აგებულია მისი ამოხსნა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Н. Векуа. Обобщенные аналитические функции. ГИФЛМ, 1959.
2. H. Behnke und K. Stein. Entwicklung analytischer Funktionen auf Riemannschen Flächen, Math. Ana., 120, 4, 1949.
3. W. Koppelman. Singular Integral Equations, Boundary Value Problems and the Riemann—Roch Theorem, J. Math. Mech., vol. 10, 2, 1961.
4. С. Я. Гусман и Ю. Л. Родин. Ядро интеграла типа Коши на замкнутых римановых поверхностях. Сибирский математический журнал, т. 3, № 4, 1962.
5. И. И. Филимонова. Некоторые свойства операторов T и P на конечных римановых поверхностях. Ученые записки ПГУ, т. XXII, вып. 2, 1962.



О. П. ДЖАНЕЛИДЗЕ

СИНГУЛЯРНЫЕ ОПЕРАТОРЫ В ПРОСТРАНСТВЕ $H_p^{r_1 \dots r_m}(E_m)$

(Представлено академиком Н. П. Векуа 19.7.1967)

1. Пусть E_m — эвклидово пространство m измерений. Обозначим точки пространства E_m через $x \equiv (x_i)$, $y \equiv (y_i)$, $z \equiv (z_i)$, ..., где x_i, y_i, z_i, \dots ($i = 1, \dots, m$) — координаты точек x, y, z, \dots соответственно. Через h_i будем обозначать точку (вектор) из E_m , i -я координата которой равна действительному числу h_i , а остальные — нулю.

Пусть f — функция, определенная и измеримая на E_m . Обозначим через $f_{h_i}(x)$ значение функции f в точке $(x + h_i)$. Скажем, что $f \in H_{p, x_i}^{\alpha_i}(M_i)$, если

$$\begin{aligned} \|f_{h_i} - f\|_{L_p(E_m)} &\leq M_i |h_i|^{\alpha_i}, & \alpha_i < 1, \\ \|f_{h_i} - 2f + f_{-h_i}\|_{L_p(E_m)} &\leq M_i |h_i|, & \alpha_i = 1. \end{aligned}$$

Говорят, что $f \in H_p^{r_1 \dots r_m}(M_1 \dots M_m)$, если $f \in H_{p, x_i}^{\alpha_i}(M_i)$ для всех i ($i = 1, 2, \dots, m$). Классы $H_p^{r_1 \dots r_m}(M_1 \dots M_m)$ (и подобные им классы) были введены и изучены С. М. Никольским [1—3].

Пусть k — функция, определенная на $E_m \times E_m$ и удовлетворяющая следующим условиям:

1° — k — однородная функция порядка $-m$ относительно второго аргумента;

2° — для некоторого $q > 1$ и для всех x справедливо неравенство

$$\int_{\Sigma} |k(x, y')|^q d\sigma_{y'} \leq A, \quad A > 0,$$

где Σ — единичная $(m-1)$ -мерная сфера с центром в начале координат;

3°
$$\int_{\Sigma} k(x, y') d\sigma_{y'} = 0;$$

4°
$$\max \left\{ \int_{\Sigma} |k(x_1, y') - k(x_2, y')|^2 d\sigma_{y'} \right\}^{1/q} \leq C |x_1 - x_2|^\beta,$$

$$0 < \beta < 1, \quad C > 0;$$

$$4\theta' - \max \left\{ \int_{\Sigma} |k(x_1, y') - k(x_2, y')|^q d\sigma_{y'} \right\}^{1/q} \leq C |x_1 - x_2|, \quad C > 0.$$

Выражение

$$\Phi(\varphi)(x) = \int_{E_m} k(x, x-y) \varphi(y) dy = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{|x-y| > \varepsilon} k(x, x-y) \varphi(y) dy \quad (1)$$

будем называть сингулярным интегралом с плотностью φ и с ядром k .

В работах [4—7] были исследованы и изучены функции типа (1). В работе [3] доказывается следующая

Теорема А. Пусть k удовлетворяет условиям $1^\circ - 3^\circ$. Если $\varphi \in L_p(E_m)$, $p > \frac{q}{q-1}$, тогда почти для всех x из E_m существует

$\Phi(\varphi)(x)$ и

$$\|\Phi(\varphi)(x)\|_{L_p(E_m)} \leq C \|\varphi\|_{L_p(E_m)}.$$

Из хода доказательства этой теоремы следует, что

$$C = \max A_{pq} \left\{ \int_{\Sigma} |k(x, y')|^q d\sigma_{y'} \right\}^{1/q}, \quad (2)$$

где A_{pq} — положительное число, зависящее только от p и q .

Мы будем изучать характер гладкости функции $\Phi(\varphi)$, когда плотность $\varphi \in H_p^{\alpha_1 \dots \alpha_m}(M_1 \dots M_m)$.

Теорема 1. Если ядро k оператора (1) удовлетворяет условиям $1^\circ - 4^\circ$ и $\varphi \in H_p^{\alpha_1 \dots \alpha_m}(M_1 \dots M_m)$, $\beta \geq \alpha_i$, $p > \frac{q}{q-1}$, то

$$\Phi(\varphi) \in H_p^{\alpha_1 \dots \alpha_m}(N_1 \dots N_m), \quad \text{где } N_i = C(M_i + \|\varphi\|_{L_p(E_m)}).$$

Доказательство. Сперва рассмотрим случай, когда $\alpha_i < 1$. Имеем

$$\begin{aligned} \Phi(\varphi)_{h_i} - \Phi(\varphi) &= \int_{E_m} [k(x+h_i, x+h_i-y) - k(x, x-y)] \varphi(y) dy = \\ &= \int_{E_m} [k(x+h_i, x-y) - k(x, x-y)] \varphi(y+h_i) dy + \\ &+ \int_{E_m} k(x, x-y) [\varphi(y+h_i) - \varphi(y)] dy. \end{aligned}$$

Очевидно, функция $\varphi_{h_i} - \varphi \in L_p(E_m)$. Из теоремы А и равенства (2) следует

$$\| \Phi(\varphi)_{h_i} - \Phi(\varphi) \|_{L_p(E_m)} \leq A_{pq} \max \left\{ \int_{\Sigma} |k(x+h_i, y') - k(x, y')|^q d\sigma_{y'} \right\}^{1/q} \| \varphi \|_{L_p(E_m)} + A_{pq} \max \left\{ \int_{\Sigma} |k(x, y')|^q d\sigma_{y'} \right\}^{1/q} \times \\ \times \| \varphi_{h_i} - \varphi \|_{L_p(E_m)} \leq C \| \varphi \|_{L_p(E_m)} |h_i|^\beta + CM_i |h_i|^{\alpha_i}.$$

Так как $\beta \geq \alpha$, имеем

$$\| \Phi(\varphi)_{h_i} - \Phi(\varphi) \|_{L_p(E_m)} \leq C (M_i + \| \varphi \|_{L_p(E_m)}) |h_i|^{\alpha_i}. \quad (3)$$

Здесь C не зависит от φ и M_i .

Аналогично оценивается разность (случай $\alpha_i = 1$):

$$\| \Phi(\varphi)_{h_i} - 2\Phi(\varphi) + \Phi(\varphi)_{-h_i} \|_{L_p(E_m)} \leq C (M_i + \| \varphi \|_{L_p(E_m)}) |h_i|. \quad (4)$$

Замечание: а) очевидно, оценки (3) и (4) справедливы и в том случае, когда h_i произвольный вектор; б) выше были рассмотрены случаи, когда $p > 1$, $\alpha \leq 1$; для ядер, представимых линейными комбинациями сферических функций, можно доказать неравенство (3), когда h_i — произвольный вектор, при $p = 1$, $\alpha < 1$.

2. Скажем, что ядро $k \in C_n^n$, если оно имеет всевозможные частные производные по декартовым координатам точки $x \in E_m$ до порядка n включительно; все эти функции обладают частными производными порядка n по декартовым координатам точки $y \in E_m$, $y \neq 0$.

Из теорем, доказанных в работах [4, 8], можно заключить справедливость следующей теоремы:

Теорема В. Если $k \in C_n^n$ и φ имеет производные в обычном смысле до порядка n включительно, то

$$\frac{\partial \Phi(\varphi)(x)}{\partial x_i} = \int_{E_m} k(x, x-y) \frac{\partial \varphi}{\partial y_i} dy + \int_{E_m} \partial_i k(x, x-y) \varphi(y) dy, \quad (5)$$

где $\partial_i k(x, x-y)$ — значение производной $\frac{\partial k(z, x-y)}{\partial z_i}$ при $z=x$.

Можно написать формулу и для $\frac{\partial^j \Phi(\varphi)(x)}{\partial x_i^j}$, $j = 1, 2, \dots, n$.

Формула (5) справедлива и в том случае, когда φ имеет обобщенную производную в смысле Соболева [9]. В самом деле, в силу формулы (5) можно написать

$$\left(\psi, \frac{\partial \Phi(\varphi_n)}{\partial x_i} \right) = \left(\psi, \Phi \left(\frac{\partial \varphi_n}{\partial y_i} \right) \right) \left(+ \left(\psi, \Phi_i(\varphi_n) \right) \right) = \\ = - \left(\frac{\partial \psi}{\partial x_i}, \Phi(\varphi_n) \right). \quad (6)$$

Здесь φ_n — финитные бесконечно раз дифференцируемые функции, которые удовлетворяют требованиям леммы 1 из работы [6]. В равенстве (6) можно перейти к пределу, когда $n \rightarrow \infty$, так как справедливы соотношения

$$\|\psi\|_{L_q(E_m)} \left\| \Phi \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y_i} - \frac{\partial \varphi_n}{\partial y_i} \right) \right\|_{L_p(E_m)} \rightarrow 0, \quad \text{когда } n \rightarrow \infty,$$

$$\|\psi\|_{L_q(E_m)} \|\Phi_i(\varphi_n - \varphi)\|_{L_p(E_m)} \rightarrow 0, \quad \text{когда } n \rightarrow \infty,$$

$$\left\| \frac{\partial \psi}{\partial x_i} \right\|_{L_q(E_m)} \|\Phi(\varphi_n - \varphi)\| \rightarrow 0, \quad \text{когда } n \rightarrow \infty,$$

где

$$\Phi_i(\varphi)(x) = \int_{E_m} \partial_i k(x, x-y) \varphi(y) dy.$$

Получим

$$\left(\psi, \Phi \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y_i} \right) \right) + (\psi, \Phi_i(\varphi)) = \left(\psi, \frac{\partial \Phi(\varphi)}{\partial x_i} \right) = - \left(\frac{\partial \psi}{\partial x_i}, \Phi(\varphi) \right).$$

Отсюда по определению следует

$$\frac{\partial \Phi(\varphi)}{\partial x_i} = \int_{E_m} k(x, x-y) \frac{\partial \varphi}{\partial y_i} dy + \int_{E_m} \partial_i k(x, x-y) \varphi(y) dy.$$

Теперь легко показать справедливость следующей формулы:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^k \Phi(\varphi)(x)}{\partial x_i^k} &= \int_{E_m} k(x, x-y) \frac{\partial^k \varphi}{\partial y_i^k} dy + k \int_{E_m} \partial_i^k k(x, x-y) \frac{\partial^{k-1} \varphi}{\partial y_i^{k-1}} dy + \\ &+ \frac{k(k-1)}{2!} \int_{E_m} \partial_i^2 k(x, x-y) \frac{\partial^{k-2} \varphi}{\partial y_i^{k-2}} dy + \dots + \int_{E_m} \partial_i^k k(x, x-y) \varphi(y) dy. \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь $\partial_i^k k(x, x-y)$ — значение производной $\frac{\partial^j k(z, x-y)}{\partial z_i^j}$ при $z = x$.

3. Пусть $r_i > 0$ ($i = 1, 2, \dots, m$), $r_i = \bar{r}_i + \alpha_i$, где \bar{r}_i — целые числа, а $0 < \alpha_i \leq 1$. Будем говорить, что функция f принадлежит к классу $H_p^{r_1, \dots, r_m}(M_1, \dots, M_m)$, если существуют обобщенные производные $\frac{\partial^k f}{\partial x_i^k} \in L_p(E_m)$ ($k = 0, 1, \dots, \bar{r}_i$; $i = 1, 2, \dots, m$) и имеют место неравенства

$$\left\| \left(\frac{\partial^{\bar{r}_i} f}{\partial x_i^{\bar{r}_i}} \right)_{h_i} - \frac{\partial^{\bar{r}_i} f}{\partial x_i^{\bar{r}_i}} \right\|_{L_p(E_m)} \leq M_i |h_i|^{\alpha_i}, \quad 0 < \alpha_i < 1,$$

$$\left\| \left(\frac{\partial^{\bar{r}_i} f}{\partial x_i^{\bar{r}_i}} \right)_{h_i} - 2 \frac{\partial^{\bar{r}_i} f}{\partial x_i^{\bar{r}_i}} + \left(\frac{\partial^{\bar{r}_i} f}{\partial x_i^{\bar{r}_i}} \right)_{-h_i} \right\|_{L_p(E_m)} \leq M_i |h_i|, \quad \alpha_i = 1$$

Положим

$$\|f\|_{H_p^{r_1 \dots r_m}(E_m)} = \|f\|_{L_p(E_m)} + M_f, \quad (8)$$

где

$$M_f = \max \{ M_f^i \}, \quad i = (1, 2, \dots, m),$$

$$M_f^i = \sup_{0 \leq h_i \leq 1} \begin{cases} \left\| \frac{\left(\frac{\partial^{\bar{r}_i} f}{\partial x_i^{\bar{r}_i} \right)_{h_i} - \frac{\partial^{\bar{r}_i} f}{\partial x_i^{\bar{r}_i}}}{|h_i|^{\alpha_i}} \right\|_{L_p(E_m)}, & \alpha_i < 1, \\ \left\| \frac{\left(\frac{\partial^{\bar{r}_i} f}{\partial x_i^{\bar{r}_i} \right)_{h_i} - 2 \frac{\partial^{\bar{r}_i} f}{\partial x_i^{\bar{r}_i}} + \left(\frac{\partial^{\bar{r}_i} f}{\partial x_i^{\bar{r}_i} \right)_{-h_i}}{|h_i|} \right\|_{L_p(E_m)}, & \alpha_i = 1. \end{cases}$$

В работе [3] доказывается, что множество функций f , в котором норма определена формулой (8), есть линейное нормированное пространство. Обозначим его через $H_p^{r_1 \dots r_m}(E_m)$.

Если функция f имеет обобщенную производную по аргументу x_i , суммируемую в p -й степени, то легко можно показать

$$\|f_{h_i} - f\|_{L_p(E_m)} \leq \left\| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right\|_{L_p(E_m)} |h_i|^{\alpha_i}, \quad (9)$$

$$\|f_{h_i} - 2f + f_{-h_i}\|_{L_p(E_m)} \leq 2 \left\| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right\|_{L_p(E_m)} |h_i|. \quad (10)$$

Теперь легко доказать следующую теорему:

Теорема 2. Если ядро $k \in C_n^n$, производные $\partial_i^j k$ ($i = 1, \dots, m$; $j = 0, 1, \dots, n$) удовлетворяют условиям 1-4 и

$$\varphi \in H_p^{r_1 \dots r_m}(M_1 \dots M_m), \quad \text{то } \Phi(\varphi) \in H_p^{r_1 \dots r_m}(N_1 \dots N_m),$$

где

$$N_i = C(M_i + \|\varphi\|_{L_p(E_m)}), \quad p > \frac{q}{q-1}, \quad \beta \geq \alpha_i, \quad r_i \leq n \quad (i=1, 2, \dots, m).$$

Доказательство. Из формулы (7) следует, что $\Phi(\varphi)$ имеет обобщенные производные порядка \bar{r}_i , которые принадлежат к классу $L_p(E_m)$. Оценки для

$$\left\| \left(\frac{\partial^{\bar{r}_i} \Phi(\varphi)}{\partial x_i^{\bar{r}_i}} \right)_{h_i} - \frac{\partial^{\bar{r}_i} \Phi(\varphi)}{\partial x_i^{\bar{r}_i}} \right\|_{L_p(E_m)},$$

$$\left\| \left(\frac{\partial^{\bar{r}_i} \Phi(\varphi)}{\partial x_i^{\bar{r}_i}} \right)_{h_i} - 2 \frac{\partial^{\bar{r}_i} \Phi(\varphi)}{\partial x_i^{\bar{r}_i}} + \left(\frac{\partial^{\bar{r}_i} \Phi(\varphi)}{\partial x_i^{\bar{r}_i}} \right)_{-h_i} \right\|$$

можно получить из формул (7), (9), (10) и из теоремы (4) работы [3], в силу которой справедливо неравенство

$$\left\| \frac{\partial^j \varphi}{\partial x_i^j} \right\|_{L_p(E_m)} \leq C (\|\varphi\|_{L_p(E_m)} + M\varphi).$$

Окончательно имеем

$$\left\| \left(\frac{\partial^{r_i} \Phi(\varphi)}{\partial x_i^{r_i}} \right)_{h_i} - \frac{\partial^{r_i} \Phi(\varphi)}{\partial x_i^{r_i}} \right\|_{L_p(E_m)} \leq C (\|\varphi\|_{L_p(E_m)} + M_{\varphi}) |h_i|^{r_i}, \quad (11)$$

$$\left\| \left(\frac{\partial^{r_i} \Phi(\varphi)}{\partial x_i^{r_i}} \right)_{h_i} - 2 \frac{\partial^{r_i} \Phi(\varphi)}{\partial x_i^{r_i}} + \left(\frac{\partial^{r_i} \Phi(\varphi)}{\partial x_i^{r_i}} \right)_{-h_i} \right\|_{L_p(E_m)} \leq C (\|\varphi\|_{L_p(E_m)} + M_{\varphi}) |h_i|. \quad (12)$$

По определению

$$\|\Phi(\varphi)\|_{L_p(E_m)}^{r_1 \dots r_m} = \|\Phi(\varphi)\|_{L_p(E_m)} + M_{\Phi(\varphi)} \leq C (\|\varphi\|_{L_p(E_m)} + \|\varphi\|_{L_p(E_m)} + M_{\varphi}) = C (\|\varphi\|_{L_p(E_m)} + M_{\varphi}) = C \|\varphi\|_{L_p(E_m)}^{r_1 \dots r_m}.$$

Число C не зависит от φ . Следовательно, оператор (1) ограничен в пространстве $H_p^{r_1 \dots r_m}(E_m)$.

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

(Поступило в редакцию 19.7.1967)

მათემატიკა

ო. ჯანელიძე

სინგულარული ოპერატორები $H_p^{r_1 \dots r_m}(E_m)$ სივრცეში

რეზიუმე

წერილში განხილულია სინგულარული ოპერატორები ნიკოლსკის $H_p^{r_1 \dots r_m}(E_m)$ სივრცეში. ეს ოპერატორი შემოსაზღვრულია ამ სივრცეში.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. М. Никольский. Свойства некоторых классов функций многих переменных на дифференцируемых многообразиях. *Мат. сб.*, 33 (75), 1953, 261—326.
2. С. М. Никольский. Компактность классов $H_p^{r_1 \dots r_m}$ функций многих переменных. *Изв. АН СССР*, т. 20, № 5, 1956, 611—622.
3. С. М. Никольский. О продолжении функций многих переменных с сохранением дифференциальных свойств. *Мат. сб.*, т. 40 (82), 1956, 243—268.
4. Т. Г. Гегелиа. Некоторые вопросы теории многомерных сингулярных интегральных уравнений. Автореферат, Тбилиси, 1963.
5. A. Calderon and A. Zygmund. On singular Integrals. *Amer. J. Math.*, 78, № 2, 1956, 289—309.
6. A. Calderon and A. Zygmund. Singular integral operators and differential equations. *Amer. J. Math.*, 79, № 4, 1957, 901—922.
7. С. Г. Михлин. Многомерные сингулярные интегралы и интегральные уравнения. М., 1962.
8. Т. Г. Гегелиа. Дифференциальные свойства некоторых интегральных преобразований. *Труды Тбилисского мат. ин-та*, 26, 1959, 195—225.
9. В. И. Смирнов. Курс высшей математики, т. V. М., 1959.

М. А. АЛЕКСИДЗЕ, Н. М. АРВЕЛАДЗЕ, Н. Л. ЛЕКИШВИЛИ, К. В. ПЕРТАЯ

О РЕШЕНИИ ГРАНИЧНЫХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ
 НЕОРТОГОНАЛЬНЫХ РЯДОВ

(Представлено академиком И. Н. Векуа 27.6.1967)

В наших предыдущих работах дается новый метод определения коэффициентов разложения по системе неортогональных функций. Идея этого метода заключается в следующем. Пусть ищется разложение $\sum e_k g_k(s)$ функции $F(s)$ по нормированной системе $\{g_k(s)\}$ ($k = 1, 2, \dots$). Введем обозначения:

$$F_n(s) = - \sum_{i=0}^n e_i g_i(s), \quad F_0(s) = g_0(s) = F(s), \quad e_n = -1. \quad (1)$$

Для вычисления e_k предлагается формула

$$e_k = \int_s F_{k-1} g_k ds. \quad (2)$$

Этот метод вычисления коэффициентов разложения непосредственно может быть применен в методе обобщенных рядов Фурье [1], так как в последнем случае разлагаемая функция известна. Однако численные эксперименты показали более медленную сходимость метода обобщенных рядов с применением формулы (2), по сравнению с методом обобщенных ортогональных рядов Фурье.

В настоящей работе будет указана такая модификация метода функциональных уравнений [1] на основе формул (1), (2), реализация которой не будет встречать трудностей, указанных в работах [2, 3].

Рассмотрим для конкретности метод функциональных уравнений для плоской внутренней граничной задачи Дирихле

$$\Delta u = 0 \quad \text{в } G; \quad u|_s = f(s), \quad (3)$$

где s — граница области G , $f(s)$ — заданная функция. Сущность метода функциональных уравнений заключается в следующем. Строится наилучшее, в

смысле метрики $L_2(s)$, разложение нормальной производной $\frac{\partial u}{\partial n} \Big|_s = \varphi(s)$ иско-

мой функции по функциям полной и линейно-независимой системы $\{\ln r(x_k, s)\} = \{\omega_k(s)\}$, где $r(x_k, s)$ — расстояние между точками x_k и s , $\{x_k\}$ — множество точек, расположенных всюду плотно на вспомогательном контуре s_1 , который целиком заключает в себе область G . Имея такое разложение, решение задачи (3) можно найти из основного интегрального равенства теории гармонических функций

$$u(x) = \int_s \varphi(s) \ln r(x, s) ds + \int_s f(s) \frac{\partial}{\partial n} \ln r(x, s) ds, \quad x \in G. \quad (4)$$

Известно [4], что для минимальности выражения

$$\left\| \varphi(s) - \sum_{k=1}^n a_k \omega_k(s) \right\|_{L_2}$$

по коэффициентам a_k необходимо и достаточно, чтобы a_k были решениями системы

$$\sum_{k=1}^n a_k \int_s \omega_k(s) \omega_i(s) ds = \int_s \varphi(s) \omega_i(s) ds \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (5)$$

но в силу тождества Грина

$$\int_s \varphi(s) \omega_i(s) ds = \int_s f(s) \frac{\partial}{\partial n} \omega_i(s) ds \quad (6)$$

и система (5) принимает вид

$$\sum_{k=1}^n a_k \int_s \omega_k(s) \omega_i(s) ds = \int_s f(s) \frac{\partial}{\partial n} \omega_i(s) ds. \quad (7)$$

Если предварительно получить ортонормированную систему

$$\{\varphi_k(s)\} = \left\{ \sum_{i=1}^k A_{k,i} \omega_i(s) \right\},$$

где $A_{k,i}$ — коэффициенты ортонормализации, то наилучшим в смысле L_2 разложением функции $\varphi(s)$ будет, как известно, разложение в ряд Фурье

$$\sum_{k=1}^n b_k \varphi_k(s) = \sum_{k=1}^n b_k \sum_{i=1}^k A_{k,i} \omega_i(s) = \sum_{k=1}^n c_k \omega_k(s),$$

где b_k — коэффициенты Фурье функции $\varphi(s)$, а

$$c_k = \sum_{i=k}^n A_{i,k} b_i. \quad (8)$$

В силу строгой нормированности [4] пространства L_2 , и, следовательно, единственности обобщенного полинома наилучшего приближения, решения a_k системы (7) и c_k равенства (8) должны быть тождественны $a_k = c_k$ ($k = 1, 2, \dots, n$).

Таким образом, метод функциональных уравнений можно рассматривать как соединение вариационного метода (для нормальной производной искомой функции) с применением формулы Грина (4).

Ясно, что если найти разложение $\sum_{k=1}^n d_k \omega_k(s)$ не нормальной произ-

водной искомой функции, а ее граничного значения $f(s)$, то приближенное решение в любой точке M области G можно найти непосредственно из выражения (метод обобщенных рядов Фурье)

$$u(M) = \sum_{k=1}^n d_k \ln r(x_k, M)$$

и отпадает необходимость проведения квадратур, связанных с применением формулы (4).

Однако численные эксперименты показали, что для одного и того же числа функций, участвующих в разложении, метод функциональных уравнений дает значительно более точные результаты, чем метод обобщенных рядов Фурье. Поэтому дополнительное вычисление, связанное с применением формулы Грина, вполне оправдано. Для иллюстрации ниже приводим погрешности решения задачи Дирихле для функции $u = \operatorname{arctg} \frac{y-2}{x-2}$ в слу-

чае эллипса с полюсами $a = 1$, $b = 0,75$. В табл. 2 даны эти погрешности в узлах сетки с шагом $h = 0,1$. Верхнее левое число в каждом узле соответствует погрешности метода функциональных уравнений. Затем идет погрешность метода обобщенных рядов Фурье и нижнее число—погрешность метода конечных разностей, полученная стандартной программой (простейшая аппроксимация оператора Лапласа и снос по Коллатцу) с шагом $h = 0,1$.

Однако при увеличении числа ортонормируемых функций или при удалении вспомогательного контура s_1 от основного контура s соответствующий детерминант Грамма для ненадежной системы [2] $\{\omega_h(s)\}$ стремится к нулю, что делает практически невозможным проведение ортонормализации. Так, при concentрических окружностях s и s_1 радиусов $r = 1$ и $r_1 = 2$, матричным методом ортонормализации не удалось [3] ортонормировать 10 из 28 функций $\ln r(x_i, s)$ ($i = 1, 2, \dots, 28$), где x_i —равностоящие точки s_1 . Метод ортонормализации Шмидта дал возможность ортонормировать только 20 функций. Еще труднее оказалось ортонормировать эти же функции при окружности радиуса $r_1 = 5$. В этом случае метод Шмидта дает возможность (все вычисления проводились на машине БЭСМ-2) ортонормировать девять функций, а матричный метод—пять.

На первый взгляд может показаться, что формулу (2) невозможно применить в методе функциональных уравнений, так как в этом случае коэффициенты e_k будут зависеть от неизвестной функции $\varphi(s)$ (нормальной производной решения задачи (3)). Однако симметричность оператора дифференцирования по нормали, т. е. тождество Грина (6), дает возможность применить формулу (2) для нормальной производной решения задачи (3) в методе функциональных уравнений. Действительно, учитывая формулы (2), (6) и обозначения (1) для коэффициентов разложения нормальной производной $\varphi(s)$ решения задачи (3), получаем

$$a_1 = \int_{\bar{s}} f(s) \frac{\partial}{\partial n} \omega_1(s) ds,$$

$$a_2 = \int_s \hat{f}(s) \frac{\partial}{\partial n} \omega_2(s) ds - a_1(\omega_1, \omega_2),$$

.....

$$a_k = \int_s \hat{f}(s) \frac{\partial}{\partial n} \omega_k(s) ds - \sum_{i=1}^{k-1} a_i(\omega_i, \omega_k).$$

Таблица 1

		-11	-10	-9	-8	-7			
		16	-15	-12	10	-7			
	-9	-3	-8	-7	-6	-4	-3		
	-14	12	-10	-8	-6	3	1		
-8	-7	-6	-6	-4	-3	-2	0	2	
-14	-12	-10	-7	-5	-2	1	3	7	
-6	-6	-4	-3	-2	-1	1	3	4	
-11	-9	-7	-4	-2	1	4	8	11	
-5	-3	-2	-1	0	1	3	5	7	
-9	-6	-4	-1	1	4	7	11	15	
-2	-2	-1	1	2	4	5	7	9	
-6	-4	1	1	4	-7	10	14	17	
-1	0	-1	2	4	5	7	9	11	
-4	-2	1	3	6	9	13	16	20	
	2	3	4	6	7	9	10		
	0	3	6	9	12	15	19		
		4	5	7	9	10			
		5	8	11	14	17			

Применяя эти значения коэффициентов разложения в формуле Грина (4), получаем указанную выше модификацию метода функциональных уравнений. В табл. 1 в узлах сетки с шагом $h = 0,2$ даны умноженные на 100 погрешности метода обобщенных рядов (первое число в каждом узле) с применением формулы (2) и модифицированного метода функциональных уравнений (второе число) для решения задачи Дирихле в случае $u = \arctg \frac{y-2}{x-3}$ и окружности радиуса $r = 1$. В обоих случаях применялись

жить решение задачи (1) достаточно далеко от s), то в этом случае целесообразнее воспользоваться модифицированным методом функциональных уравнений. Аналогичным образом можно модифицировать метод функциональных уравнений и для других граничных задач.

В заключение укажем на одну из возможных причин высокой точности метода функциональных уравнений, по сравнению с методом обобщенных рядов Фурье. Погрешность $\varepsilon(x)$ приближенного решения задачи (3) в точке x в методе обобщенных рядов Фурье равна

$$\varepsilon(x) = \int_s \left(f(s) - \sum_{k=1}^n a_k \omega_k(s) \right) \frac{\partial G(x, s)}{\partial n} ds,$$

где $G(x, s)$ — функция Грина, и для ее оценки, применяя неравенство Буниаковского — Шварца, получаем

$$|\varepsilon(x)| \leq \left\{ \int_s \left[f(s) - \sum_{k=1}^n d_k \omega_k(s) \right]^2 ds \right\}^{\frac{1}{2}} \left\{ \int_s \left[\frac{\partial G(x, s)}{\partial n} \right]^2 ds \right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (9)$$

Для оценки погрешности $\varepsilon_1(x)$ метода функциональных уравнений имеем

$$|\varepsilon_1(x)| \leq \left\{ \int_s \left[\varphi(s) - \sum_{k=1}^n a_k \omega_k(s) \right]^2 ds \right\}^{\frac{1}{2}} \left\{ \int_s [\ln r(x, s)]^2 ds \right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (10)$$

Известно, что функция Грина $G(x, s)$ имеет логарифмическую особенность и поэтому при равенстве

$$\left\| f(s) - \sum_{k=1}^n d_k \omega_k(s) \right\|_{L_2} = \left\| \varphi(s) - \sum_{k=1}^n a_k \omega_k(s) \right\|_{L_2}$$

оценка (9) допускает большее значение, чем оценка (10).

Академия наук Грузинской ССР
 Вычислительный центр

(Поступило в редакцию 27.6.1967)

გაერთიანებული

ა. ალექსიძე, ბ. არველადე, ნ. ლეივოვილი, კ. პირბაია

სასაზღვრო ამოცანათა ამოხსნა არაკრთოვითი მჭკრივებით
 რ ე ზ ი უ მ ე

წერილში მოცემულია ფუნქციონალურ განტოლებათა მეთოდის ერთი განზოგადება, რაც საშუალებას იძლევა გვერდი ავუაროთ ფუნქციათა ორთონორმალისაციასთან დაკავშირებულ სიძნელებებს.

დათვრებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Д. Купрадзე, М. А. Алексидзе. Об одном приближенном методе решения некоторых граничных задач. Сообщения АН ГССР, XXX, № 5, 1963.
2. М. А. Алексидзе. Замечания об одном приближенном методе решения граничных задач. ДАН СССР, 173, № 1, 1967.
3. М. А. Алексидзе. К вопросу о практическом применении одного нового приближенного метода. Дифференциальные уравнения, т. II, № 12, 1966.
4. Н. И. Ахизер. Лекции по теории аппроксимации. М., 1965.

М. А. ХВЕДЕЛИДZE, С. И. ДУМБАДZE, М. Ш. ЛОМСАДZE,
Н. А. ДАТЕБАШВИЛИ

УПРАВЛЯЕМЫЕ МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СЕМЯН РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком Л. И. Джапаридзе 6.7.1967)

Ранее было показано, что магнитное поле Земли оказывает определенное влияние на процессы роста [1, 2], причем его действие зависит от ориентации семян относительно магнитных полюсов Земли. Это сообщение было подтверждено и другими исследованиями [3—5].

Явная зависимость процесса прорастания семян растений от ориентации их зародышевой части относительно магнитных полюсов Земли послужила основанием для постановки нами вопроса о необходимости исследования магнитных свойств семян растений еще до их прорастания. Магнитные свойства сухих семян определялись простейшим способом — путем воздействия на них постоянного магнитного потока порядка 250 э в положении свободной их ориентации. С этой целью семена пшеницы подвешивались на тонкой шелковой нити (диаметром от 1 до 10 мк и длиной до 200 мм). Шелковая нить закреплялась в средней части семени пшеницы или ячменя таким образом, чтобы оно могло свободно вращаться в горизонтальной плоскости с минимальным тормозящим моментом.

Результаты исследования

Семена пшеницы гексаплоидных и тетраплоидных генетических образцов и ячменя имеют общие свойства: в подвешенном состоянии ориентируются вдоль магнитных силовых линий постоянного магнитного поля. Причем порог реакции на действие постоянного магнитного поля у семян пшеницы может быть различным — от 250 до 1000 э. Обнаружены и природные долярные магнитные свойства у некоторых вышестотмеченных генетических образцов семян пшеницы, а именно, их зародышевая сторона отклоняется, как правило, в сторону северного магнитного полюса постоянного магнита.

Мы пытались непосредственно обнаружить магнитные поля самих семян путем их движения около чувствительного датчика с сердечником из пермалоя, в условиях экранирования объекта исследования и датчика от низкочастотных магнитных полей. Однако нам еще не удалось зарегистрировать таким способом собственное магнитное поле семян, по-видимому, вследствие недостаточной чувствительности измерительной аппаратуры к столь слабым магнитным полям. Надо полагать, что дальнейшее совершенствование техники измерения позволит обнаружить собственное биомангнитное поле семян, без косвенного воздействия на них внешнего магнитного поля. Необходимо отметить, что полярные магнитные свойства легко наблюдаются и без постоянного магнита при взаимодействии двух семян, самостоятельно подвешенных на расстоянии до 10 мм друг от друга.

Достопримечательным является и тот факт, что некоторые семена пшеницы, которые ориентируются вдоль магнитных силовых линий, приобретают и полярные магнитные свойства в постоянном магнитном поле напряженностью от 1000 до 2000 э.

Любопытно и то, что если повернуть семена на 180° и поместить их вновь в это поле, то можно изменить их естественную магнитную полярность южного полюса зародышевой стороны на северный магнитный полюс. Как показал опыт, «намагниченные» семена пшеницы и ячменя не теряют магнитную полярность, даже если их резать поперек или продольно. Причем удаление зародышевой части семени путем среза также не лишает оставшуюся часть семени полярных магнитных свойств.

В опытах с глубоким охлаждением в жидком азоте предварительно «намагниченных» сухих семян 17 из 20 потеряли магнитную полярность, но сохранили ориентацию вдоль магнитного потока пробника. Любопытный эффект «перемагничивания» был получен только у трех из 20 охлажденных семян. Эти опыты были проведены многократно как в условиях непосредственного контакта с жидким азотом, так и через стеклянную трубку. Продолжительный прогрев сухих семян пшеницы свыше 80°C полностью разрушает их магнитную полярность и зерно совершенно не реагирует на действие магнитного поля магнита-пробника. Однако сильное магнитное поле напряженностью 2000 — 5000 э восстанавливает в некоторой степени только ориентировочную магнитную восприимчивость семян.

Были проведены опыты и с механическим разрушением макроструктуры зерен пшеницы. Зерна мелко растирали в муку в фарфоровой ступке и в холодной воде замешивали тесто, из которого имитировали зерна пшеницы в натуральную величину. Такие «модели» семян высушивали до сухого веса натуральных семян. Свободно ориенти-

рованные в пространстве «модели» семян совершенно не реагировали на магнитное поле пробника. Только под действием магнитного потока напряженностью 2000—5000 э они ориентировались вдоль поля. Однако «намагнитить» эти «модели» нам не удалось. В электрическом поле конденсатора все семена, в том числе их «модели», ориентируются вдоль силовых электрических линий при градиенте напряженности от 20 до 200 в/см, но электрическую полярность не приобретают. Однако такая возможность не исключена при определенной технологии их обработки в сильном электрическом поле порядка 10 кв/см и более.

Для усиления эффекта взаимодействия большого количества семян с магнитным полем мы воспользовались специальными магнитневосприимчивыми аналитическими весами, любезно предоставленными нам для опыта Ю. И. Новицким в лаборатории магнитобиологии Института физиологии им. К. А. Тимирязева АН СССР. Во время этих опытов сухие семена ржи были размещены и уравновешены строго по весу на двух чашечках в бумажных сотах зародышевой стороной по вертикали вниз. Равновесие весов наблюдали в течение 24 часов при постоянной температуре и влажности. На следующий день под одной чашечкой весов установили стержневой магнит, создающий магнитное поле напряженностью 100 э, направленный южным полюсом вверх, напротив зародышевых сторон семян.

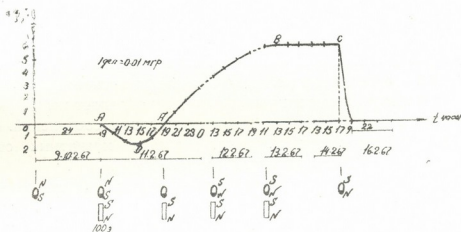


Рис. 1

Как показано на рис. 1, магнитневосприимчивые весы показали уменьшение веса почти до 0,02 мг в течение 6 часов. Затем вес семян, расположенных под южным полюсом магнита, постепенно восстановился, а на следующий день медленно прибавился и почти через одни сутки дошел до постоянного значения, т. е. увеличился на 0,06 мг по сравнению с весом зерен, расположенных на другой чашечке весов.

Наблюдаемый эффект объясняется нами как взаимодействие собственного суммарного магнитного поля семян ржи с магнитным полем постоянного магнита. В начале процесса взаимодействия имело место отталкивание одноименных южных магнитных полюсов зерен и южного полюса постоянного магнита. Однако, ввиду того что суммарная напряженность магнитного потока, создаваемого семенами ржи, и напряженность магнитного потока постоянного магнита далеко не соизмеримы, постоянный магнит вызвал «перемагничивание» зерен ржи, находящихся в поле этого магнита. Поэтому и возник эффект притяжения зерен к магниту, имитирующий прибавление веса зерен ржи на 0,06 мг, при общем их количестве около 50 штук. Как видно из графика (рис. 1), вес зерен восстановился на этих весах только после того, как магнит убрали из-под чашечки. Без зерен ржи описанный эффект не имеет места.

Обсуждение полученных результатов и выводы

Экспериментально установлено, что семена растений могут являться источниками магнитного поля. Сухие семена растений могут быть «намагничены», «размагничены» и «перемагничены» при помощи внешнего магнитного поля. Однако семена растений не являются исключением из биологических систем по магнитным полярным свойствам. Так, естественная избирательная ориентация по отношению к магнитному потоку имеет место довольно наглядно и на примере инфузорий— парамеция притягивается именно к южному магнитному полюсу [6]. Таким образом, полярными магнитными свойствами обладают как растения, так и одноклеточные представители животного царства, не говоря уже о том, что магнитными свойствами обладает целый ряд как неорганических, так и органических молекулярных соединений. Однако пока еще не совсем ясно [7], каково значение магнитных свойств биологических систем для процесса жизнедеятельности.

Анатомические и биохимические исследования, а также спектральные анализы золы от опытных и контрольных образцов сухих семян пшеницы и ячменя показали, что магнитные свойства семян зависят от следующих факторов: 1) содержания свободного гетероауксина; 2) парамагнитных элементов железа и никеля; 3) специфичности структуры данной живой системы.

Имеет место закономерное отличие процента зольности (согласно условию ГОСТ) сухих семян пшеницы, подвергнутых поперечному воздействию магнитного потока напряженностью 2000 э, от контрольной группы, т. е. процент зольности меньше, чем у контрольных.

Процент зольности у «намагниченных» семян при расположении зародышевых концов зерен в сторону южного магнитного полюса всег-

და წინააღმდეგობა წინააღმდეგობა. Кроме того, статистически установлено, что процент зольности у «намагниченных» семян всегда больше по сравнению с контрольной группой семян.

Установлено, что сухие семена пшеницы и ячменя после их предварительного «намагничивания» в магнитном поле напряженностью 2000 э в течение 30 минут прорастают явно более интенсивно, чем семена контрольных образцов. Когда семена подвергаются поперечному воздействию магнитного поля, имеет место даже эффект угнетения процесса прорастания. Было замечено, что сухие семена сохраняют в значительно большей степени способность к прорастанию после глубокого охлаждения в жидком азоте или после прогрева до 90°C, если они предварительно обработаны в постоянном магнитном поле.

Понятие о единстве физического механизма магнитных и электрических процессов позволяет нам рассчитывать на возможность установления корреляции биомагнитных и биоэлектрических явлений в живых системах, в том числе и в прорастающих семенах растений.

Явная зависимость магнитных свойств сухих семян от внешнего магнитного поля и зависимость процесса прорастания от этого поля позволяет нам утверждать, что процессом их развития можно целенаправленно управлять, воздействуя на их магнитоэлектрические свойства, которые, видимо, связаны с их процессом дыхания через энзимный механизм.

Дальнейшее изучение механизма биоэлектромагнитных свойств семян уже на молекулярном уровне, очевидно, необходимо связать с магнитохимией [8], с исследованиями химических реакций в твердой фазе [9], а также с принципом энерго-информационного подхода к анализу самоорганизующихся систем [8, 10—12].

Академия наук Грузинской ССР

Институт кибернетики

(Поступило в редакцию 5.7.1967)

კიბერნეტიკა

მ. ხვედელიძე, ს. დუშაძე, მ. ლომსაძე, ნ. დათეაშვილი

მცენარეთა თესლის მართვადი მაგნიტური თვისებები

რეზიუმე

ექსპერიმენტულად დამტკიცებულია ხორბლისა და ჭერის მშრალი თესლის მაგნიტური პოლარობის არსებობა. მცენარეთა თესლის პოლარული მაგნიტური თვისებები დამოკიდებულია მასში თავისუფალი ჰეტეროაუქსინის რა-

ოღენობაზე. პარამაგნიტური მიკროელემენტების—რკინისა და ნიკელის როლდენობაზე, აგრეთვე მთლიანად ამ სისტემის სტრუქტურაზე.

მშრალი თესლის მაგნიტური თვისებების აშკარა ფუნქციონალური დამოკიდებულება გარეშე მაგნიტურ ველზე და მეორე მხრივ ზრდის პროცესის ასეთივე აშკარა დამოკიდებულება გარეშე მაგნიტურ ველზე, უფლებას გვაძლევს ვამტკიცოთ, რომ თესლის მაგნიტური თვისებები და ზრდის პროცესი შეიძლება მიზანდასახულად ვმართოთ.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Крылов. Магнетотропизм у растений. Изв. АН СССР, сер. биол., 2, 1961, 221—227.
2. Ю. И. Новицкий, В. Ю. Стрекова и др. Дальнейшее изучение действия постоянного магнитного поля на растения. Вопросы гематологии, радиобиологии и биологического действия магнитных полей. (Материалы II научной конференции ЦНИЛ). Изд. Томского ун-та, 1965.
3. Ю. А. Холодов, Ю. И. Новицкий. Биологическое действие магнитных полей. Изв. АН СССР, 12, 1966.
4. U. J. Pittman. Growth reaction and magnetropism in roots of winter whent. *Canad. J. Plant Science*, 42, 1962, 4.0—436.
5. U. J. Pittman. Magnetism and Plant Growth I Effecton germination and early growth of cereal seeds. *Canad. J. Plant Science*, 43, 1963, 513—518.
6. А. Б. Коган, Н. А. Тихонова. Действие постоянного магнитного поля на движение парameций. *Биофизика*, 10, 2, 1965.
7. Ю. И. Новицкий. Биомagnetизм и жизнь растений. Изв. АН СССР, сер. биол., 2, 1967, 257—260.
8. П. Селвуд. Магнитохимия. ИЛ, М., 1958.
9. Б. М. Канденаци. Развитие исследований по химическим реакциям в твердой фазе (Всесоюзное совещание в Москве 25—29 октября 1965 г.). Изв. АН СССР, сер. биол., 2, 1966.
10. М. А. Хведелидзе, В. В. Чавчанидзе. К вопросу об управлении в естественных системах. Сообщения АН ГССР, XLVIII, № 3, 1967.
11. М. А. Хведелидзе. Энерго-информационный подход к проблеме самоорганизации. К материалам III Всесоюзного симпозиума по кибернетике. Симпозиум I. Бионические принципы самоорганизации. Изд. АН ГССР, 1967.
12. М. А. Хведелидзе, З. Д. Урушадзе. Энерго-информационный подход к анализу процессов управления в системе растение — внешняя среда. В сб.: «Теоретические вопросы бионики», изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1966.



А. Ф. ХВЕДЕЛИДЗЕ

АЛГОРИТМЫ И СХЕМЫ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ В ДВОИЧНОЙ СИМВОЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КОДИРОВАНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 19.7.1967)

Применение двоичной символической системы кодирования (код Грея) в преобразователях аналоговых величин в цифровые связано с тем, что ошибка кодирования не превышает единицы младшего разряда [1]. При этом последующая обработка поступающих кодов требует дополнительного преобразования в нормальный двоичный код.

Для управления быстротекущими процессами желательно использовать цифровые системы, обрабатывающие информацию непосредственно в коде, получаемом преобразованием аналоговой величины. Это исключает последующее преобразование кодов и в ряде случаев более высокую погрешность дополнительного преобразования [2].

Логические принципы алгоритмов и схем обработки информации, представленной в двоичной символической системе, строятся в соответствии со значениями весов разрядов, являющимися функцией значений старших разрядов кодового слова.

Сравнение по модулю. Для сравниваемых по модулю кодов $a = (a_n, a_{n-1}, \dots, a_1)$ и $b = (b_n, b_{n-1}, \dots, b_1)$ в двоичной символической системе счисления процесс чередующегося поразрядного просмотра, проводимый в сторону старших разрядов таким образом, что от разряда со значением, равным единице, одного кода просматриваются разряды другого, характеризуется переменной $R_i(a; b)$, принимающей два значения — 0 или 1 в соответствии с результатом операции в результате просмотра i младших разрядов. По результату просмотра i разрядов $a \leq b$, если $R_{i-1}(b) = 1$, $b_i = 1$, $R_i(a) = 1$.

В соответствии со значениями истинности для функций $R_i^{(1)}$ и $R_i^{(2)}$, определяющих однозначный результат сравнения, имеем уравнения

$$\begin{aligned} R_0^{(1)}(a) &= R_0^{(2)}(b) = 1, \\ P_i &= R_i^{(1)}(a) \vee R_i^{(2)}(a), \\ Q_i &= R_i^{(1)}(b) \vee R_i^{(2)}(b), \\ i &= 1, 2, \dots, n, \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned}
 P_0 &= Q_0 = 1, \\
 P_i &= \bar{a}_i P_{i-1} \vee b_i Q_{i-1}, \\
 Q_i &= a_i P_{i-1} \vee \bar{b}_i Q_{i-1}, \\
 i &= 1, 2, \dots, n.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Уравнения (1) описывают приводимую на рис. 1 функциональную схему пирамидального дешифратора для сравнения кодов в двоичной символической системе счисления.

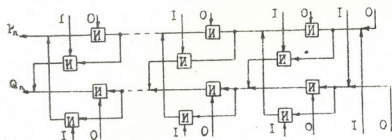


Рис. 1

Сложение. Для получения суммы кодов, представленных в двоичной символической системе счисления, используются определение значений весов разрядов эквивалентного нормального двоичного представления и алгоритмы прибавления 2^i к коду в двоичной символической системе.

В результате последовательного просмотра младших разрядов слагаемых для i -го разряда суммы имеем (+—знак суммы по мод. 2)

$$s_i = a_i + b_i + \sum_{l=i}^n a_l \sum_{l=i}^n b_l + \sum_{k=1}^{i-1} A_k^{(i)},$$

где

$$A_k^{(i)} = s_{i-k-1}^{(i-k-1)} \prod_{l=k+1}^{i-2} \overline{s_{l-k}^{(l-k)}} (a_k + b_k) \sum_{l=k}^n a_l \sum_{l=k}^n b_l,$$

$$k = 1, 2, \dots, i-3,$$

$$A_{i-2}^{(i)} = s_{i-1}^{(i-1)} (a_{i-2} + b_{i-2}) \sum_{l=i-2}^n a_l \sum_{l=i-2}^n b_l,
 \tag{2}$$

$$A_{i-1}^{(i)} = \overline{a_{i-1} + b_{i-1}} \sum_{l=i-1}^n a_l \sum_{l=i-1}^n b_l,$$

а $s_i^{(k)}$ — значение суммы i -го разряда в результате просмотра $k-1$ младших разрядов слагаемых, определяемое рекуррентно:

$$s_i^{(k)} = s_i^{(k-1)} + s_{i-1}^{(k-2)} \prod_{l=i-k+2}^{i-2} \overline{s_{l-i+k-1}^{(l-i+k-1)}} (a_{i-l+1} + b_{i-l+1}) \sum_{j=i-l+1}^n a_j \sum_{j=i-l+1}^n b_j,$$

$$k = 4, 5, \dots, i,$$

$$\begin{aligned}
 s_i^{(3)} &= s_i^{(2)} + s_i^{(1)} (a_{i-2} + b_{i-2}) \sum_{l=i-2}^n a_l \sum_{l=i-2}^n b_l, \\
 s_i^{(2)} &= s_i^{(1)} + (a_{i-1} + b_{i-1}) \sum_{l=i-1}^n a_l \sum_{l=i-1}^n b_l, \\
 s_i^{(1)} &= a_i + b_i + \sum_{l=i}^n a_l \sum_{l=i}^n b_l.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Покажем, что совершенная дизъюнктивная нормальная форма функции

$$p = A_1^{(i)} + A_2^{(i)} + \dots + A_{i-1}^{(i)} \tag{4}$$

имеет вид

$$p = A_1^{(i)} \vee A_2^{(i)} \vee \dots \vee A_{i-1}^{(i)}. \tag{5}$$

Предварительно методом математической индукции докажем равенство

$$s_i^{(k+1)} \prod_{l=i-k}^{i-1} \overline{s_l^{(l-i+k+1)}} = s_i^{(1)} \prod_{l=i-k}^{i-1} \overline{s_l^{(1)}}. \tag{6}$$

$k = 1, 2, \dots, i-2$

Равенство (6) верно для $k = 1$. Пусть (6) верно для $k = j$. Тогда для $k = j + 1$ получим

$$\begin{aligned}
 s_i^{(j+1)} \prod_{l=i-j-1}^{i-1} \overline{s_l^{(l-i+j+2)}} &= \left[s_i^{(j+1)} + s_{i-1}^{(j)} \prod_{l=i-j}^{i-2} \overline{s_l^{(l-i+j+1)}} (a_{i-j-1} + b_{i-j-1}) \times \right. \\
 &\quad \left. \times \sum_{l=i-j-1}^n a_l \sum_{l=i-j-1}^n b_l \right] \prod_{l=i-j-1}^{i-1} \overline{s_l^{(l-i+j+2)}} = \\
 &= s_i^{(j+1)} \left[\overline{s_{i-1}^{(j)}} + s_{i-2}^{(j-1)} \prod_{l=i-j}^{i-3} \overline{s_l^{(l-i+j+1)}} (a_{i-j-1} + b_{i-j-1}) \times \right. \\
 &\quad \left. \times \sum_{l=i-j-1}^n a_l \sum_{l=i-j-1}^n b_l \right] \prod_{l=i-j-1}^{i-2} \overline{s_l^{(l-i+j+2)}} = \\
 &= s_i^{(j+1)} \overline{s_{i-1}^{(j)}} \left[\overline{s_{i-2}^{(j-1)}} + \overline{s_{i-3}^{(j-2)}} \prod_{l=i-j}^{i-4} \overline{s_l^{(l-i+j+1)}} (a_{i-j-1} + b_{i-j-1}) \times \right. \\
 &\quad \left. \times \sum_{l=i-j-1}^n a_l \sum_{l=i-j-1}^n b_l \right] \prod_{l=i-j-1}^{i-1} \overline{s_l^{(l-i+j+2)}} = \dots = \\
 &= \overline{s_{i-1}^{(j+1)}} \overline{s_{i-1}^{(j)}} \dots \overline{s_{i-j}^{(1)}} \overline{s_{i-j-1}^{(1)}} = s_i^{(j+1)} \prod_{l=i-j}^{i-1} \overline{s_l^{(l-i+j+1)}} \overline{s_{i-j-1}^{(1)}},
 \end{aligned}$$

что доказывает формулу (6).

Воспользовавшись соотношением (6), получим

$$A_{i-1}^{(i)} A_{i-2}^{(i)} = \overline{a_{i-1} + b_{i-1}} (a_{i-2} + b_{i-2}) \overline{a_{i-2}} \overline{b_{i-2}} \sum_{l=i-2}^n a_l \sum_{l=i-2}^n b_l = 0;$$

$$A_{i-1}^{(i)} A_{i-2}^{(i)} = \overline{a_{i-1} + b_{i-1}} (a_{i-3} + b_{i-3}) a_{i-2} a_{i-3} b_{i-2} b_{i-3} \sum_{l=i-1}^n a_l \sum_{l=i-1}^n b_l = 0;$$

$$A_{i-1}^{(j)} A_j^{(i)} = \overline{a_{i-1} + b_{i-1}} (a_j + b_j) a_{i-2} \prod_{l=j+1}^{i-3} \bar{a}_l b_{i-2} \times \\ \times \prod_{l=j+1}^{i-3} \bar{b}_l \sum_{l=j}^n a_l \sum_{l=i-1}^n a_l \sum_{l=j}^n b_l \sum_{l=i-1}^n b_l = 0, \\ j = 1, 2, \dots, i-4;$$

$$A_j^{(i)} A_{j-1}^{(i)} = (a_j + b_j) (a_{j-1} + b_{j-1}) \overline{a_{j-1}} \overline{b_{j-1}} s_{i-1}^{(j)} \prod_{l=j}^{i-2} \bar{s}_l^{(j)} \sum_{l=j}^n a_l \sum_{l=j}^n b_l = 0,$$

$$j = 2, 3, \dots, i-2;$$

$$A_j^{(j)} A_{j-2}^{(j)} = (a_j + b_j) (a_{j-2} + b_{j-2}) \times \\ \times a_{j-1} a_{j-2} b_{j-1} b_{j-2} s_{i-1}^{(j)} \prod_{l=j-1}^{i-2} \bar{s}_l^{(j)} \sum_{l=j}^n a_l \sum_{l=j}^n b_l = 0, \\ j = 3, 4, \dots, i-2;$$

$$A_j^{(j)} A_k^{(j)} = (a_j + b_j) (a_k + b_k) a_k b_k a_{j-1} \prod_{l=k+1}^{j-2} \bar{a}_l b_{j-1} \prod_{l=k+1}^{j-2} \bar{b}_l \times \\ \times s_{i-1}^{(j)} \prod_{l=j}^{i-2} \bar{s}_l^{(j)} \sum_{l=j}^n a_l \sum_{l=j}^n b_l = 0, \\ j = 4, 5, \dots, i-2, \\ k = 1, 2, \dots, j-3,$$

т. е. совершенная дизъюнктивная нормальная форма функции (4) имеет вид (5).

Алгоритм для суммирования вместе с (2) и (3) окончательно определяется выражением

$$s_i = a_i + b_i + \sum_{l=i}^n a_l \sum_{l=i}^n b_l + \bigvee_{k=1}^{i-1} A_k^{(i)}. \quad (7)$$

Вычитание. По аналогии с (2), (3) и (7) для алгоритма модуля разности имеем

$$d_i = a_i + b_i + \sum_{l=i}^n a_l \sum_{l=i}^n b_l + \bigvee_{k=1}^{i-1} B_k^{(i)} + p_i, \quad (8)$$

где p_i — единица циклического переноса

$$p_i = d_{i-1} \prod_{l=1}^{i-2} \bar{d}_l \sum_{l=1}^n a_l + \sum_{l=1}^n b_l \bigvee_{k=1}^n B_k^{(n+1)}, \\ i = 3, 4, \dots, n,$$

$$\begin{aligned}
 p_2 &= d_1^{(1)} \sum_{l=1}^n a_l + \sum_{l=1}^n b_l \prod_{k=1}^n B_k^{(n+1)}, \\
 p_1 &= \left(\sum_{l=1}^n a_l + \sum_{l=1}^n b_l \right) \prod_{k=1}^n B_k^{(n+1)}; \\
 B_k^{(i)} &= d_{i-1}^{(i-k-1)} \prod_{l=k+1}^{i-2} \overline{d_l^{(i-k)}} (a_k + b_k) \sum_{l=k}^n a_l \sum_{l=k}^n b_l, \\
 & \quad i = 4, 5, \dots, n+1, \\
 & \quad k = 1, 2, \dots, i-3, \\
 B_{i-2}^{(i)} &= d_{i-1}^{(i-1)} (a_{i-2} + b_{i-2}) \sum_{l=i-2}^n a_l \sum_{l=i-2}^n b_l, \\
 & \quad i = 3, 4, \dots, n+1, \\
 B_{i-1}^{(i)} &= \overline{a_{i-1} + b_{i-1}} \sum_{l=i-1}^n a_l \sum_{l=i-1}^n b_l, \\
 & \quad i = 2, 3, \dots, n, \\
 B_n^{(n+1)} &= (a_n + b_n) \sum_{l=n}^n a_l \sum_{l=n}^n b_l,
 \end{aligned} \tag{9}$$

а $d_i^{(k)}$ определяются рекуррентно по формулам

$$\begin{aligned}
 d_i^{(k)} &= d_i^{(k-1)} + d_{i-1}^{(k-2)} \prod_{l=i-k+2}^{i-2} \overline{d_l^{(i-k-1)}} (a_{i-l+1} + b_{i-l+1}) \sum_{j=i-l+1}^n a_j \sum_{j=i-l+1}^n b_j, \\
 & \quad i = 4, 5, \dots, n, \\
 d_i^{(3)} &= d_i^{(2)} + d_{i-1}^{(1)} (a_{i-2} + b_{i-2}) \sum_{l=i-2}^n a_l \sum_{l=i-2}^n b_l, \\
 & \quad i = 3, 4, \dots, n, \\
 d_i^{(2)} &= d_i^{(1)} + \overline{a_{i-1} + b_{i-1}} \sum_{l=i-1}^n a_l \sum_{l=i-1}^n b_l, \\
 & \quad i = 2, 3, \dots, n, \\
 d_i^{(1)} &= a_i + b_i + \sum_{l=i}^n a_l \sum_{l=i}^n b_l, \\
 & \quad i = 1, 2, \dots, n.
 \end{aligned} \tag{10}$$

На рис. 2 приводится возможная реализация алгоритмов (2), (3), (7) или (8), (9), (10), представляющая схему сумматора [3].

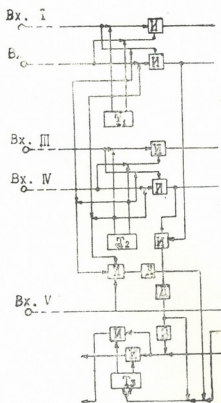


Рис. 2

Схема сумматора на рис. 2 отличается от известных [2] простотой и высоким быстродействием.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт кибернетики

(Поступило в редакцию 19.7.1967)

კიბერნეტიკა

ა. ხვედელიძე

ციფრული ტექნიკის ალგორითმები და სპეციფიკური ორგანიზაციის
 სიმბოლური კოდირების სისტემაში

რეზიუმე

წერილში მოყვანილია ციფრული ტექნიკის ალგორითმები და სქემები მოდულური შედარების ოპერაციის, შეკრებისა და გამოკლების გრეის კოდში განსახორციელებლად. არსებულ სქემებთან შედარებით, თითოეული მიღებული მოქმედებს გაცილებით სწრაფად და მარტივად.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Э. И. Гитис. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. Госэнергоиздат, М.—Л., 1961.
2. А. Д. Чудаков. Построение блоков сложения и вычитания, работающих в невзвешенном коде Грея, из взвешенных модульных ячеек. Автоматика и телемеханика, № 2, 1966.
3. А. Ф. Хведелидзе, Г. А. Мачавариани. Сумматор в коде Грея. Авторское свидетельство СССР № 172131.

Т. М. БИРШТЕИН, Н. З. НАМОРАДЗЕ
ПЕРЕХОД СПИРАЛЬ-КЛУБОК В СОПОЛИМЕРАХ
АМИНОКИСЛОТ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианашвили 5.7.1967)

В последнее время теоретическое исследование переходов спираль-клубок в полипептидах и нуклеиновых кислотах с учетом гетерогенности состава цепи вызывает значительный интерес [1—3]. Данная работа ставит целью исследование кривых плавления сополимеров методом статистического моделирования [4—6] в сочетании с матричным методом одномерной модели Изинга [7]. Такое сочетание (как будет показано ниже) дает возможность в пределах статистических погрешностей и принятой модели получить точные результаты для любых простых марковских цепей [1] и малых значений параметра кооперативности σ [2].

Рассматривается разбавленный раствор гетерогенных полимеров, претерпевающих переход спираль-клубок в отсутствии внешних полей. Для простоты дальнейших расчетов принимается следующая модель:

I. Каждая цепь состоит из двух типов мономеров—1 и 2, общее число которых равно N .

II. Последовательность 1 и 2 в цепи отождествляется с простой однородной цепью Маркова — $\{\gamma_j\}$, где $\gamma_j = 1, 2$ —возможные „состояния“ мономера номера j ($j = 1, \dots, N$); $\gamma_j = 1$ —в случае мономера типа 1, $\gamma_j = 2$ —в случае мономера типа 2. Матрица перехода $\omega_{i \rightarrow j}$ определяется заданием: а) средней доли мономеров в цепи— ω_1 ; б) вероятностью перехода от „состояния“ 1 в „состояние“ 2— $\omega_{1 \rightarrow 2} \equiv a$ и имеет вид

$$\omega_{i \rightarrow j} = \begin{pmatrix} 1-a & a \\ \eta a & 1-\eta a \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $\eta = \omega_1/(1 - \omega_1)$.

III. Каждый мономер номера j ($j = 1, \dots, N$) может находиться в одном из двух состояний $\mu_j = 0, 1$: а) $\mu_j = 0$ —состояние клубка, когда мономер не связан внутримолекулярной водородной связью; б) $\mu_j = 1$ —состояние α —спирали, когда мономер связан водородной связью с предшествующим витком спирали.

IV. Мономеры типов $\gamma_j = 1, 2$ различаются константами равновесия для образования водородных связей, равными s_1 и s_2 соответственно:

$$s_1 = b s_2, \quad (2)$$

где b —заданная постоянная величина.

V. Состояния ближайших соседних мономеров не являются независимыми.

VI. Параметр кооперативности σ , равный константе равновесия для процесса образования одного разрыва в последовательности водородных связей при сохранении общего их числа, является величиной, не зависящей от типа мономера.

В рамках заданной модели статистические характеристики перехода системы считаются по следующему общему алгоритму:

1. Предварительно задаются ω_1 , a , b , σ .

2. Исходя из условий I и II моделируется одна из конкретных последовательностей 1 и 2 в цепи $\{\gamma_j\}_1$.

3. Для последовательности $\{\gamma_j\}_1$ и заданного набора значений параметра s'_l ($l = 1, \dots, L$) на основе допущений I, III, IV, V, VI матричным методом одномерной модели Изинга вычисляются средняя доля мономерных единиц, находящихся в спиральной конформации $\Phi\{\gamma_j\}_1$, b , $s'_l \equiv \Phi_{1l}$, и средняя доля стыков неспиральных и спиральных участков

$$\eta(\{\gamma_j\}_1, b, s'_l) \equiv \eta_{1l}.$$

4. Моделируются возможные последовательности $\{\gamma_j\}_m$ ($m = 1, \dots, M$) и вычисляются Φ_{ml} , η_{ml} . Рассчитываются их средние арифметические $\bar{\Phi}_l$, $\bar{\eta}_l$ ($l = 1, \dots, L$), а также средние длины спиральных и неспиральных участков — $\bar{v}_{\text{связ}}^l$, $\bar{v}_{\text{своб}}^l$.

5. Варьируются параметры ω_1 , a , b , σ .

Исследование возможности реализации изложенного алгоритма на ЭЦВМ сводится к исследованию возможности реализации счета Φ_{ml} и η_{ml} на ЭЦВМ.

Доля мономерных единиц, находящихся в спиральной конформации при учете условия III для заданных $\{\gamma_j\}_m$, s'_l и $\{\mu_j\}$ определяется как [7]

$$\Phi\{\mu_j\} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \delta_{\mu_j 1}. \quad (3)$$

Здесь и в дальнейшем для простоты индексы m , l опускаются. Принимая во внимание гетерогенный состав цепи и следуя общей формуле усреднения скалярных характеристик системы по всем возможным наборам $\{\mu_j\}$ [7], получаем

$$\Phi = \frac{SAE \left(\sum_{j=1}^N \prod_{k=1}^{j-1} G_k Q_j \prod_{k=j+1}^N G_k \right)}{NZ}, \quad (4)$$

где G_k — матрицы состояния коррелирующих между собой мономеров цепи; Q_j — матрицы, элементы которых определяются по формуле

$$(Q_j)_{\alpha\beta} = (G_j)_{\alpha\beta} \delta_{\mu_{j1}} = (G_j)_{\alpha\beta} \delta_{\beta 1}; \quad \alpha, \beta = 0, 1.$$

$Z = SAE \left(\prod_{k=1}^N G_k \right)$ — статистическая сумма цепи. $SAE X$ обозначает сумму по всем элементам матрицы X .

Если ограничиться условиями I, IV, V, VI, то для матриц G_k имеем

$$G_k \equiv G_{\gamma_k} = \begin{cases} G_1, & \text{если } \gamma_k = 1, \\ G_2, & \text{если } \gamma_k = 2, \end{cases}$$

где

$$G_{\gamma_k} = \begin{pmatrix} 1 & \sigma s_{\gamma_k} \\ 1 & s_{\gamma_k} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Аналогично для $Q_j \equiv Q_{\gamma_j}$ получаем

$$Q_{\gamma_j} = \begin{pmatrix} 0 & \sigma s_{\gamma_j} \\ 0 & s_{\gamma_j} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Формула (4) практически не реализуема на эксплуатируемых в настоящее время ЭЦВМ, так как требует большого машинного времени. Применяя идею формального преобразования матриц, предложенную Флори для счета среднеквадратичных моментов цепных макромолекул [8], формулу (4) можно переписать в виде

$$\Phi = \frac{SAE \left(\prod_{k=1}^N A_k \right)_{12}}{N SAE \left(\prod_{k=1}^N A_k \right)_{11}}, \quad (7)$$

где $A_k \equiv A_{\gamma_k}$ — гиперматрицы 4-го порядка, элементами которых являются матрицы 2-го порядка:

$$A_{\gamma_k} = \begin{pmatrix} G_{\gamma_k} & Q_{\gamma_k} \\ 0 & G_{\gamma_k} \end{pmatrix}. \quad (8)$$

$(X)_{11}$, $(X)_{12}$ обозначают соответственно элементы 11, 12 гиперматрицы X .

Аналогично находим

$$\eta = \frac{SAE \left(\prod_{k=1}^N A_k^* \right)_{12}}{N SAE \left(\prod_{k=1}^N A_k^* \right)_{11}}, \quad (9)$$

где

$$A_{\gamma_k}^* = \begin{pmatrix} G_{\gamma_k} & Q_{\gamma_k}^* \\ 0 & G_{\gamma_k} \end{pmatrix}; \quad Q_{\gamma_k}^* = \begin{pmatrix} 0 & \sigma s_{\gamma_k} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

В случае больших N ($\approx 10^3$) формулы (7), (9) также непригодны. Требуется дальнейшее преобразование с целью сокращения числа перемножаемых матриц. $\{\gamma_j\}_m$ выражается в виде регулярной последовательности двух типов участков, которые состоят из мономеров 1 или 2 соответственно:

$$\{\gamma_j\} \rightarrow n(1)n(2)\dots n(k)\dots n(\varphi_m) \equiv \{n(k)\}_m, \quad (11)$$

где $1, 2, \dots, \varphi_m$ нумерует последовательность, φ_m зависит от конкретного вида $\{\gamma_i\}_m$, при фиксированных $\omega_1, a, n(k)$ —число мономеров k -го участка. При этих обозначениях матричное произведение $\prod_{k=1}^N A_k$ заменяется произведением

$$\prod_{k=1}^{\varphi_m} A^{n(k)}, \quad (12)$$

где $A^{n(k)} \equiv [A^{n(k)}]_{1,2} = \begin{cases} A_1^{n(k)}, & \text{если } k\text{-й участок состоит из 1,} \\ A_2^{n(k)}, & \text{если } k\text{-й участок состоит из 2.} \end{cases}$
 $A_{1,2}$ диагонализуются. Тогда произведение (12) принимает вид

$$\prod_{k=1}^{\varphi_m} (VL^{n(k)}V^{-1}), \quad (13)$$

где $V_{1,2}; V_{1,2}^{-1}$ —правые и левые собственные векторы матриц $A_{1,2}, L_{1,2}$ —в нашем случае квазидиагональные матрицы, элементами которых являются собственные числа $\lambda_{1,2}^{1,2}$ матриц $A_{1,2}$ и единицы.

Согласно (13) произведение N матриц сводится к произведению φ_m матриц, где $\varphi_m \approx aN$. При малых a $\varphi_m \ll N$. Аналогично преобразуется и

$$\prod_{k=1}^N A_k^*.$$

Вышеописанный алгоритм был запрограммирован и реализован на БЭСМ-2 Вычислительного центра АН ГССР. Расчеты производились для значений параметров $\omega_1=0,9; 0,5; a=10^{-3}, 2 \cdot 10^{-3}, 10^{-2}, 3 \cdot 10^{-2}, 10^{-1}, 0,5; b=50, 20, 10; \sigma=10^{-4}, 10^{-3}, 4 \cdot 10^{-2}$. Кроме того, с целью проверки математической модели и правильности работы программы рассчитывались предельные случаи: а) $a=1$ ($\omega_1=0,5$). При этом, как известно из теории гомогенных цепей, переход должен быть в точке s_1 , определяемой из условия $(s_1 s_2)^{1/2}=1$. В табл. I и II даны значения $\bar{\varphi}_l$ и $\bar{\eta}_l$ в этих точках и их окрестностях $\pm 5 \sqrt{\sigma}$ для параметров $\sigma=10^{-4}; b=50$ и $b=10$ соответственно. б) $\sigma=1$. Из одномерной теории Изинга вытекает, что в этом случае

$$\bar{\varphi}_l = \omega_1 \frac{s_1^l}{1+s_1^l} + \omega_2 \frac{s_2^l}{1+s_2^l}. \quad (14)$$

В табл. III сопоставлены значения $\bar{\varphi}_l$, рассчитанные на машине по общей программе и непосредственно по формуле (14), для параметров $\omega_1=0,5; a=10^{-2}; b=50$.

Таблица I

s_1^l	$\bar{\varphi}_l$	$\bar{\eta}_l$
6,72	0,008	0,0037
7,07	0,50	0,0070
7,42	0,91	0,0038

Таблица II

s_1^l	$\bar{\varphi}_l$	$\bar{\eta}_l$
3	0,05	0,0022
3,6	0,49	0,0053
3,32	0,93	0,0024

Таблица III

s_1^l	$\bar{\varphi}_l$ маш	$\bar{\varphi}_l$ теорет
0,95	0,253	0,253
3	0,403	0,403
10	0,537	0,538

На рис. 1 и 2 показаны графики кривых перехода для $a=10^{-3}, 3 \cdot 10^{-2}, 10^{-1}$ при фиксированных значениях параметров $\sigma=10^{-4}; \omega_1=0,5; b=10$ и для $a=10^{-3}, 3 \cdot 10^{-2}, 10^{-1}$, при $\sigma=10^{-4}; \omega_1=0,9; b=50$. В обоих случаях интервал перехода расширяется с увеличением a , а точки перехода кривых ($s_1=1$ и $s_2=1$) по мере роста a (т. е. уменьшения количества мономеров в отдельных участках) стремятся к точке $s_1^{\omega_1} s_2^{\omega_2} = 1$.

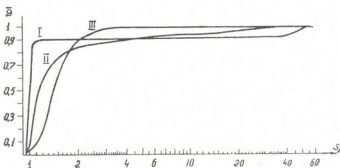


Рис. 1. Зависимость средней доли $\bar{\phi}$ мономерных единиц, находящихся в спиральной конформации, в гетерогенной цепи от константы равновесия s_1 для ряда значений a : I— $a=10^{-3}$, II— $a=3 \cdot 10^{-2}$, III— $a=10^{-1}$. $\sigma=10^{-4}; \omega_1=0,5; b=10$

Таким образом, по предварительным данным проведенного счета $\bar{\phi}_1, \eta_1$

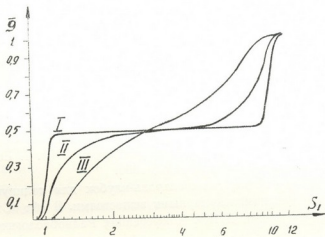


Рис. 2. Зависимость средней доли $\bar{\phi}$ мономерных единиц, находящихся в спиральной конформации, в гетерогенной цепи от константы равновесия s_1 для ряда значений a : I— $a=10^{-3}$, II— $a=3 \cdot 10^{-2}$, III— $a=10^{-1}$. $\sigma=10^{-4}; \omega_1=0,9; b=50$

можно сделать следующие заключения. Вышеописанная модель в предельных случаях совпадает с одномерной моделью Изинга для гомогенных цепей. Учет гетерогенности состава влияет определенным образом на ход кривых плавления, что проявляется, во-первых, в расширении интервала перехода, во-вторых, в существенной зависимости кривых как от относительного количества мономеров 1 и 2 в цепи— ω_1 ; $(1-\omega_1)$, так и от порядка распределения вдоль цепи— a .

Академия наук Грузинской ССР
Институт кибернетики

Академия наук СССР
Институт высокомолекулярных соединений

ბ. ბირნშტეინი, ნ. ნამორადე

ამინომჰაპივებში სოპოლიმერების სპირალური მდგომარეობიდან
დახვეულ მდგომარეობაში გადასვლა

რეზიუმე

წერილში შეისწავლება ამინომჰაპივების სოპოლიმერებში სპირალურა მდგომარეობიდან დახვეულ მდგომარეობაში გადასვლის მოვლენა მონტე კარლოს მეთოდისა და იზინგის ერთგანზომილებიანი მოდელისათვის დამუშავებული მატრიცული მეთოდის გამოყენების გზით. მოცემულია სისტემის მდგომარეობის საშუალო სკალარული მახასიათებლების $\bar{\mu}_l$, $\bar{\eta}_l$ ($l = 1, 2, \dots, L$) თვლის ალგორითმი. $\bar{\mu}_{lm}$, $\bar{\eta}_{lm}$ -თვის მიღებულია ზოგადი ფორმულები, რომელთა რეალიზაცია დასაშვებია ჩქარად მოვლელ მანქანაზე.

მანქანაზე გამოთვლილი საორიენტაციო მონაცემების მიხედვით მიღებულია, რომ ზღვრულ შემთხვევებში განხილული მოდელი თანხვედება ჰომოგენური ჯაჭვებისათვის არსებულ ერთგანზომილებიანი იზინგის მოდელს; ჯაჭვის შედგენილობის ჰეტეროგენობა ელინდება, ჯერ ერთი, გადასვლის ინტეგრალის გაფართოებაში, მეორე, მრუდების სვლის არსებით დამოკიდებულებაში როგორც განსხვავებული ტიპის მონომერების წვლილზე ჯაჭვში, ისე მათ მიმდევრობაზე ჯაჭვის გასწვრივ.

დავოყმეზული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. D. M. Crothers, N. R. Kallenbach, B. H. Zimm. The Melting Transition of Low-Molecular-Weight DNA: Theory and Experiment. *J. Mol. Biol.*, 11, 4, 1965.
2. B. W. Montroll, N. S. Goel. Denaturation and Renaturation of DNA. I. Equilibrium Statistics of Copolymeric DNA. *Biopolymers*, 4, 8, 1966.
3. М. Д. Франк-Каменецкий. Теория перехода спираль-клубок для полинуклеотидов, ДНК и их комплексов с низкомолекулярными веществами. В сб.: «Структура, свойство и генетические функции ДНК». Конференция Радиобиологического отдела ИАЭ, 1966.
4. В. В. Чавчанидзе. Метод случайных испытаний (метод Монте-Карло). Труды Института физики АН ГССР, III, 1955.
5. В. В. Чавчанидзе. Статистико-вероятностное моделирование физических процессов и структур. Труды Института кибернетики, I, 1963.
6. Н. П. Бусленко, Д. И. Голенко, И. М. Соболев, В. Г. Срагович, Ю. А. Шрейдер. Метод статистических испытаний. М., 1962.
7. Т. М. Бирштейн, О. Б. Птицын. Конформации макромолекул. М., 1964.
8. P. J. Flory. Mean-square moments of chain molecules. *Proc., Nat. Clead. Sci. USA*, 51, 6, 1964.

Р. И. ДЖИБУТИ

О РОЛИ ОБМЕННЫХ СИЛ МАЙОРАНА В ЧАСТИЧНО-
 ДЫРОЧНЫХ ДИПОЛЬНЫХ ПЕРЕХОДАХ

(Представлено академиком В. И. Мамасахлисовым 7.7.1967)

1. Как известно, при вычислении вклада зависящих от скорости потенциалов в интегральные сечения принципиальных трудностей не возникает. С помощью правила сумм интегральное сечение ядерного фотопоглощения связывается со средним значением двойного коммутатора ядерного потенциала с координатами нуклонов по волновой функции основного состояния ядра:

$$\sigma_0 = \frac{\pi e^2 h}{\mu c} \left\{ \frac{NZ}{A} - \frac{4\pi^2 \mu}{h^2} \sum_{ij} \langle 0 | | [V, z_i], z_j | | 0 \rangle \right\}, \quad (1)$$

где A , N и Z —массовое число, число нейтронов и протонов ядра; V —ядерный потенциал.

С помощью формулы (1) в любом приближении для волновой функции основного состояния ядра можно вычислить вклады каждого зависящего от скорости члена в потенциале. Они были вычислены рядом авторов с помощью разных волновых функций ядер, не являющихся решениями уравнений Шредингера с зависящими от скорости потенциалами. К сожалению, интегральные сечения, учитывающие эти вклады, дают информацию о структуре ядер лишь в основных состояниях. Информацию о структуре ядер в возбужденных состояниях или о механизмах возбуждения дают полные сечения, связанные с интегральными сечениями σ_0 формулой

$$\sigma_0 = \sum_f \int_0^\infty \sigma_f(W) dW. \quad (2)$$

Полное сечение фотопоглощения определяется матричным элементом дипольного оператора между основным и возбужденным состояниями ядра:

$$\sigma_f(W) \sim |\langle f | \vec{D} \vec{n} | 0 \rangle|^2, \quad (3)$$

где \vec{n} —вектор поляризации γ -кванта, $\vec{D} = \sum_k e_k \vec{r}_k$.

Как известно [1], такую форму для матричного элемента можно получить из следующего равенства:

$$\langle f \left| \frac{1}{\mu} \sum_k e_k \vec{p}_k \vec{n} \right| 0 \rangle + \frac{2\pi i}{h} \langle f \left| \sum_k e_k [V, \vec{r}_k] \vec{n} \right| 0 \rangle = i\omega \langle f \left| \vec{D} \vec{n} \right| 0 \rangle, \quad (4)$$

где \vec{p}_k —импульс k -го нуклона.

Из этой формулы видно, что если волновые функции основного и конечного состояний ядра являются решениями уравнений Шредингера с зависящими от скорости потенциалами, то вычисленный с помощью таких функций матричный элемент дипольного перехода и, следовательно, полное сечение (3) будут содержать и вклад токов, вызванных зависящими от скорости потенциалами. Так как обычно используемые волновые функции ядер не являются точными решениями уравнения Шредингера с зависящими от скорости потенциалами, то при вычислении полных сечений с помощью таких приближенных волновых функций вместо формулы (3) лучше пользоваться формулой

$$\sigma_f(W) \sim \left| \langle f \left| \frac{1}{\mu} \sum_k e_k \vec{p}_k \vec{n} \right| 0 \rangle + \frac{2\pi i}{h} \langle f \left| \sum_k e_k [V, \vec{r}_k] \vec{n} \right| 0 \rangle \right|^2. \quad (5)$$

Преимущество формулы (5) перед формулой (3) заключается в том, что она позволяет учесть в полном сечении вклады зависящих от скорости членов в потенциале нуклон-нуклонного взаимодействия в любом приближении для волновой функции основного и конечного состояний ядер.

В данной работе мы рассматриваем частично-дырочный механизм гигантского резонанса [2]. В качестве зависящего от скорости потенциала берем обменный потенциал Майорана, который, как известно, дает основной вклад в интегральные сечения. Мы ограничиваемся рассмотрением дважды магических ядер.

2. В представлении вторичного квантования гамильтониан системы имеет вид

$$H = H^{(1)} + H^{(2)}, \quad (6)$$

где

$$H^{(1)} = \sum_{ph} a_p^+ (p | t | h) a_h, \quad (7)$$

$$H^{(2)} = \frac{1}{2} \sum_{pp'hh'} a_p^+ a_{p'}^+ (pp' | v_{12} | hh') a_h a_{h'}, \quad (8)$$

причем a^+ и a —операторы рождения частицы и дырки соответственно, $t = \frac{p^2}{2\mu}$ —кинетическая энергия, v_{12} —потенциал двухнуклонного взаимо-

действия. При наличии внешнего электромагнитного поля возникает два члена во взаимодействии излучения с ядром: один—одночастичный, обусловленный кинетическим членом (7), и другой—двухчастичный, обусловленный взаимодействиями между нуклонами. Ограничиваясь обменными силами Майорана, для оператора взаимодействия γ -кванта с ядром из формул (7) и (8) стандартным путем получаем

$$V = V^{(1)} + V^{(2)}, \quad (9)$$

где

$$V^{(1)} = \frac{ieh}{2\pi\mu c} \sum_{ph} a_p^+ \left(p \left| \frac{1 + \tau_3(1)}{2} \frac{\vec{\nabla}_1 \vec{n}}{|\nabla_1 \vec{n}|} \right| h \right) a_h, \quad (10)$$

$$V^{(2)} = \frac{2\pi ie}{hc} k \sum_{pp'h'} a_p^+ a_{p'}^+ \left(pp' \left| \frac{\tau_3(1) - \tau_3(2)}{2} (\vec{r}_{12} \vec{n}) J(r_{12}) P_{12} \right| hh' \right) a_h a_{h'}. \quad (11)$$

В этих формулах $\tau_3(i)$ —третья компонента оператора изоспина i -й частицы, k —коэффициент, определяющий вклад обменных сил Майорана в полный потенциал нуклон-нуклонного взаимодействия, $J(r_{12})$ —ядерный потенциал, P_{12} —оператор перестановки пространственных координат частиц. Наша задача сводится к вычислению вклада взаимодействия $V^{(2)}$ при частично-дырочных дипольных переходах. Для этого необходимо вычислить следующие матричные элементы:

$$M_1 = \langle (J_p J_h^{-1}) J M T M_T | V^{(1)} | 0 \rangle, \quad (12)$$

$$M_2 = \langle (J_p J_h^{-1}) J M T M_T | V^{(2)} | 0 \rangle, \quad (13)$$

где J_p и J_h —полный спин частицы и дырки, J , M и T , M_T —полный спин и его проекция и полный изоспин и его проекция пары частица-дырка.

Волновую функцию состояния частица-дырка берем в виде

$$\begin{aligned} | (J_p J_h^{-1}) J M T M_T \rangle = & \sum_{m_p m_h \tau_p \tau_h} (J_p J_h m_p - m_h | J M) (-1)^{J_h - m_h} \times \\ & \times (1/2 \ 1/2 \ \tau_p - \tau_h | T M_T) (-1)^{1/2 - \tau_h} a_{J_p m_p 1/2 \tau_p}^+ a_{J_h m_h 1/2 \tau_h} | 0 \rangle. \end{aligned} \quad (14)$$

Из формул (10)—(14) окончательно получаем

$$\begin{aligned} D \equiv M_1 + M_2 = & \frac{ieh}{2\pi\mu c} \sqrt{\frac{2}{3}} (-1)^{J_h - 1/2} \sqrt{(2J_p + 1)(2J_h + 1)} \times \\ & \times \left\{ \begin{matrix} J_p & 1 & J_h \\ l_h & 1/2 & l_p \end{matrix} \right\} \left[\frac{(-1)^{l_h}}{2} \sqrt{\frac{3}{4\pi}} (n_h l_h \|\nabla\| n_p l_p) + \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{4\pi^2 \mu V_0}{h^2} k \sum_{\substack{n_c l_c \lambda \lambda' n n' \\ l' p NL}} \langle n_h l_h, n_c l_c, \lambda | n l, N L, \lambda \rangle \times \\
 & \times \langle n' l', N L, \lambda' | n_p l_p, n_c l_c, \lambda' \rangle (-1)^{l-\lambda'-l_c+l'} (2\lambda+1) (2\lambda'+1) \times \\
 & \times \left\{ \begin{matrix} 1 & l' & l \\ L & \lambda & \lambda' \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} 1 & \lambda' & \lambda \\ l_c & l_h & l_p \end{matrix} \right\} \frac{1}{V\sqrt{2}} (nl \| \omega (V\sqrt{2} r) r \| n' l') \Big], \quad (15)
 \end{aligned}$$

где $\left\{ \begin{matrix} J_1 & J_2 & J_3 \\ l_1 & l_2 & l_3 \end{matrix} \right\}$ — $6j$ -символы, $n_p l_p$ и $n_h l_h$ — главное и орбитальное квантовые числа частицы и дырки соответственно, $\langle n_1 l_1 n_2 l_2, \lambda | n l, N L, \lambda \rangle$ — коэффициенты Мошинского [3],

$$\begin{aligned}
 (n_h l_h \| \nabla \| n_p l_p) & = \delta_{l_h, l_p+1} V \sqrt{l_p+1} \int_0^\infty R_{n_h l_h}(r) \left(\frac{d}{dr} - \frac{l_p}{r} \right) R_{n_p l_p}(r) r^2 dr - \\
 & - \delta_{l_h, l_p-1} V \sqrt{l_p} \int_0^\infty R_{n_h l_h}(r) \left(\frac{d}{dr} + \frac{l_p+1}{r} \right) R_{n_p l_p}(r) r^2 dr, \quad (16)
 \end{aligned}$$

$$(nl \| \omega (V\sqrt{2} r) r \| n' l') = \int_0^\infty R_{nl}(r) \omega (V\sqrt{2} r) r^3 R_{n'l'}(r) dr \langle l | Y_1 | l' \rangle, \quad (17)$$

причем $R_{n_p l_p}(r)$ и $R_{n_h l_h}(r)$ — радиальные волновые функции частицы и дырки соответственно, а суммирование по парам (n_c, l_c) происходит по замкнутым оболочкам дважды магического ядра. При выводе формулы (15) было использовано преобразование Мошинского:

$$\bar{r} = \frac{\bar{r}_1 - \bar{r}_2}{V\sqrt{2}}, \quad \bar{R} = \frac{\bar{r}_1 + \bar{r}_2}{V\sqrt{2}},$$

а ядерный потенциал был взят в виде $J(r_{12}) = -V_0 \omega(r_{12})$.

Формула (15) заменяет следующую формулу, применяемую в расчетах по частично-дырочной модели дипольного возбуждения:

$$\begin{aligned}
 D_0 & = i\omega \sqrt{\frac{2}{3}} (-1)^{J_h-1/2} \sqrt{(2J_p+1)(2J_h+1)} \left\{ \begin{matrix} J_p & 1 & J_h \\ l_h & 1/2 & l_p \end{matrix} \right\} \times \\
 & \times \frac{(-1)^{l_h}}{2} (n_h l_h \| r \| n_p l_p). \quad (18)
 \end{aligned}$$

Легко показать, что формула (18) соответствует первому члену формулы (15). Ясно, что для вычисления вклада обменных сил Майорана достаточно вычислить выражение в квадратных скобках в формуле (15). Вклады обменных сил Майорана в интегральные сечения σ_0 для дважды магических ядер были вычислены Левинджером [4] на основе формулы (1). С целью сравнения наших результатов с результатами Левинджера форму и значение параметров ядерного потенциала, а также значения параметров волновой функции берем из работы последнего [4].

Расчеты, проведенные на основе формулы (15), показывают, что при учете обменных сил Майорана вероятность возбуждения частично-дырочной конфигурации $n_h = 0, l_h = 0, n_p = 0, l_p = 1$ в ядре H_e^1 увеличивается на 63%. Соответствующий рост интегрального сечения составляет 56% [4]. Вероятность возбуждения частично-дырочных конфигураций $n_h = 0, l_h = 1, n_p = 0, l_p = 2$ и $n_h = 0, l_h = 1, n_p = 1, l_p = 0$ в ядре O^{16} увеличивается на 39 и 34% соответственно. Соответствующий рост интегрального сечения составляет 50% [4].

Полученные результаты указывают на то, что обменный потенциал Майорана вносит существенный вклад в сечения при частично-дырочных дипольных переходах, так что при вычислении полных сечений по этой модели для дипольного матричного элемента следует пользоваться формулой (15) вместо формулы (18).

Подробнее работа будет опубликована в журнале „Ядерная физика“.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физики

Тбилиси

(Поступило в редакцию 7.7.1967)

ფიზიკა

6. ჯიჯიბი

ნაწილაკოვან-ხვრელურ დიპოლურ გადასვლებში მაიორანას
გავლენითი ძალების როლის შესახებ

რეზიუმე

წერილში განხილულია ნუკლონ-ნუკლონური ურთიერთქმედების პოტენციალში სინქარეზე დამოკიდებული წევრების გავლენა ბირთვების ფოტონთანქმის სრულ კვებებზე. დაწერილებითაა შესწავლილი მაიორანას გაცვლითი ძალების როლი. ნაჩვენებია, რომ მაიორანას გაცვლით პოტენციალს შეაქვს არსებითი წვლილი ნაწილაკოვან-ხვრელურ დიპოლურ გადასვლებში.

დაბეჭდილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. R. G. Sachs. Nuclear Theory. Cambridge, 1953.
2. G. E. Brown, L. Castillejo, J. A. Evans. The dipole state in nuclei. Nuclear Physics, 22, 1961, 1.
3. M. Moshinsky. Transformation brackets for harmonic oscillator functions. Nuclear Physics, 13, 1959, 104.
4. J. S. Levinger. Independent-Particle Model and the Nuclear Photoeffect. II. Phys. Rev., 97, 1955, 122.



Р. Г. БЕТМАН, Л. В. ЛАПЕРАШВИЛИ

УПРУГОЕ π^+p -РАССЕЯНИЕ НА УГОЛ 90° И ВКЛАД Δ -ТРАЕКТОРИЙ РЕДЖЕ В s -КАНАЛЕ

(Представлено академиком В. И. Мамасахлисовым 25.7.1967)

В последнее время делаются попытки описать πp -рассеяние на углы, близкие к 90° , при средних и больших энергиях вкладом последовательности резонансов прямого, а не кроссинг-канала [1]. В ряде работ при вычислении амплитуды πp -рассеяния вклад s -канальных резонансов учитывается в виде суммы брейт-вигнеровских резонансов [1—4]. Однако такая сумма не дает согласующегося с экспериментом [5] экспоненциального падения дифференциального поперечного сечения πp -рассеяния на 90° с ростом энергии, если не прибегать к дополнительным предположениям, не имеющим теоретического обоснования [1]. В настоящей работе реализован иной подход к этой проблеме. Вклад s -канальных резонансов описывается формулой Редже, в которой вместо суммирования по системе дискретных резонансов учитывается вклад всей траектории Редже в виде непрерывного изменения с энергией состояния фермионного реджиона. Аналогичная идея применительно к задаче описания поляризации в процессе перезарядки $\pi^-p \rightarrow \pi^0 n$ использована в недавней работе Дизиан и др. [6], с которой мы ознакомились по окончании работы. Практической трудностью на пути исследования формулы Редже является невозможность теоретического определения энергетической зависимости мнимой части и вычета траектории Редже. В настоящей работе эта трудность обойдена путем эмпирического определения необходимых зависимостей на основании экспериментальных данных о ширинах и упругостях резонансов.

Нами рассматривается упругое π^+p -рассеяние на 90° . Такой выбор связан, во-первых, с тем обстоятельством, что в избранной реакции возможен обмен резонансами, лежащими всего на двух траекториях Редже ($\Delta_2: I = 3/2, P = +, \sigma = -$; $\Delta_3: I = 3/2, P = -, \sigma = +$), в то время как упругое π^-p -рассеяние или процесс перезарядки требует учета четырех траекторий Редже. Кроме того, вклад s -канальных Δ -резонансов в упругое π^+p -рассеяние на основе изотопических соотношений существенно больше, чем в случае остальных двух реакций. В настоящее время для Δ_3 -траектории отсутствует подтверждение рекуррентности полюсов

Редже. Известен всего один резонанс с массой 1690 Мэв ($J=3/2$, $J^P=1/2^-$), принадлежащий этой траектории [2, 7]. В связи с этим, вычисляя амплитуду

$$T(s, z) = f(s, z) + i \frac{\bar{\sigma} |\bar{q} \times \bar{q}'|}{q^2} \tilde{f}(s, z) \quad (1)$$

(\bar{q} и \bar{q}' —3-импульсы в с. ц. м. до и после рассеяния), мы учитываем вначале только вклад Δ_2 -траектории:

$$f_{\Delta_2}(s, z) = - \frac{\pi}{2q} \frac{z(s) + 1/2}{\cos \pi z(s)} r_z(s) [P_{z(s)-1/2}(-z) - P_{z(s)-1/2}(z)], \quad (1)$$

$$\tilde{f}_{\Delta_2}(s, z) = - \frac{\pi}{2q} \frac{r_z(s)}{\cos \pi z(s)} [P'_{z(s)-1/2}(-z) + P'_{z(s)-1/2}(z)]. \quad (2)$$

Здесь $z(s) = \alpha_1(s) + i\alpha_2(s)$ —траектория Редже, $r_z(s)$ —ее вычет, $z = \cos \theta$. Траектория описывается прямой Чью-Фраунчи:

$$\alpha_1(s) = \alpha_1(0) + \alpha'_1 s; \quad \alpha_1(0) = 0,15, \quad \alpha'_1 = 0,9 \text{ Бэв}^{-2}. \quad (4)$$

Вблизи резонансного значения $s = M^2$ (M —масса резонанса), при котором $\text{Re } z(M^2) = J$, соответствующий полюсной вклад в парциальную амплитуду f_J должен с одинаковым успехом записываться в реджевской или брейт-вингеровской форме:

$$f_J = \frac{r_z(s)}{J - z(s)} \approx \frac{r_z(M^2)}{\alpha'_1(M^2 - s) - i\alpha_2(M^2)} = \frac{X}{\epsilon - i}, \quad (5)$$

где $\epsilon = \frac{M^2 - s}{M\Gamma}$, а Γ и X —ширина и упругость резонанса.

Из формулы (5) непосредственно следует

$$\alpha_2(M^2) = \alpha'_1 M\Gamma, \quad (6)$$

$$|r_z(M^2)| = \alpha'_1 M\Gamma X = \alpha_2(M^2) X. \quad (7)$$

Используя последние две формулы, можно определить по экспериментальным данным о параметрах отдельных резонансов частные значения функций $\alpha_2(s)$ и $r_z(s)$ в резонансных точках, после чего вид этих функций устанавливается путем интерполяции. Зависимость $\alpha_2(s) \equiv \alpha'_1 \sqrt{s} \Gamma(s)$ имеет вид

$$\alpha_2(s) = \sqrt{s} (a + bs) = 0,9 \sqrt{s} [(0,0288 \mp 0,0050) + (0,0426 \pm 0,0033)s]. \quad (8)$$

Прямая $\Gamma(s)$ проведена по экспериментальным значениям параметров резонансов, принадлежащих Δ_2 -траектории (возможно, что зависимость $\Gamma = a + bs$ имеет место и для других реджевских траекторий). Интервал возможных значений ширины $\Delta_2(1690)$ [2, 7] также не противоречит зависимости (8). Найденная нами зависимость (8) мнимой части реджевской

траектории от s верна в достаточном отдалении от порога реакции упругого πp -рассеяния и допускает экстраполяцию реальной части траектории прямой Чью—Фраучи (4) в области больших энергий:

$$\alpha(s) = a_0 + b_0 s + \frac{s^2}{\pi} \int_{(m+\mu)^2}^{\infty} \frac{\alpha_2(s') ds'}{s'^2 (s-s')}, \quad (9)$$

откуда

$$\alpha_1(s) = a_0 + b_0 s - \frac{2a}{\pi(m+\mu)} s - \left(\frac{a}{\pi} + \frac{b}{\pi} s \right) \times \\ \times \sqrt{s} \ln \left| \frac{\sqrt{s} - (m+\mu)}{\sqrt{s} + (m+\mu)} \right|. \quad (10)$$

При $\sqrt{s} \gg (m+\mu)$, т. е. вдали от порога, имеем

$$\alpha_1(s) \rightarrow a_0 + \left(b_0 - \frac{2a}{\pi(m+\mu)} \right) s = \alpha_1(0) + \alpha_1' s. \quad (11)$$

Как показывают непосредственные вычисления, зависимость (11) совпадает с прямой Чью—Фраучи (4) уже в области первого Δ_2 -резонанса с массой 1236 Мэв.

К сожалению, существующие в настоящее время наборы упругостей Δ_2 -резонансов [2—4, 7] не позволяют однозначным образом установить зависимость вычета реджевской траектории от s .

В соответствии с графиками функции

$$\ln X(s) \equiv \ln \frac{|r_x(s)|}{\alpha_2(s)}$$

имеем

$$[2]: \quad r_x(s) = \alpha_2(s) e^{0.7-0.16s}, \quad (12)$$

$$[3]: \quad r_x(s) = \alpha_2(s) e^{0.65-0.12s}, \quad (13)$$

$$[4, 7]: \quad r_x(s) = \alpha_2(s) e^{0.15-1.2x_2(s)}. \quad (14)$$

Согласно (2) и (3) энергетическая зависимость сечения упругого π^+p -рассеяния на 90° с учетом вклада только Δ_2 -траектории имеет вид

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \Big|_{90^\circ} = |\tilde{f}_{\Delta_2}(s, 0)|^2 = \frac{\pi}{q^2} \left| \frac{r_x(s)}{\cos \pi z(s)} \frac{\Gamma\left(1 + \frac{\lambda(s)}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1 + \lambda(s)}{2}\right)} \right|^2, \quad (15)$$

где $\lambda(s) = \alpha(s) - 1/2$, а Γ —гамма-функция Эйлера.

Если же предположить существование Δ_β -траектории, то в сечении нужно учесть вклад обеих Δ -траекторий. Учитывая квантовые числа Δ_β -траектории, получаем

$$f_{\Delta_\beta}(s, z) = -\frac{\pi}{2q} \frac{\beta(s) + 1/2}{\cos \pi\beta(s)} r_\beta(s) [P_{\beta(s)-1/2}(-z) + P_{\beta(s)-1/2}(z)], \quad (16)$$

$$\tilde{f}_{\Delta_\beta}(s, z) = -\frac{\pi}{2q} \frac{r_\beta(s)}{\cos \pi\beta(s)} [P'_{\beta(s)-1/2}(-z) - P'_{\beta(s)-1/2}(z)], \quad (17)$$

где $\beta(s) = \beta_1(s) + i\beta_2(s)$, Δ_β -траектория Редже, $r_\beta(s)$ — ее вычет.

Так как $f(s, 0) = f_{\Delta_\beta}(s, 0)$ и $\tilde{f}(s, 0) = \tilde{f}_{\Delta_\beta}(s, 0)$, то дифференциальное поперечное сечение π^+p -рассеяния на 90° с учетом вклада обеих Δ -траекторий примет вид

$$\begin{aligned} \left. \frac{d\sigma}{d\Omega} \right|_{90^\circ} &= |f_{\Delta_\beta}(s, 0)|^2 + |\tilde{f}_{\Delta_\beta}(s, 0)|^2 = \\ &= \frac{\pi}{q^2} \left\{ \left| \frac{r_\beta(s)}{\sin \frac{\pi\mu(s)}{2}} \frac{\Gamma\left(\frac{3}{2} + \frac{\mu(s)}{2}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{\mu(s)}{2}\right)} \right|^2 + \left| \frac{r_\alpha(s)}{\sin \frac{\pi\lambda(s)}{2}} \frac{\Gamma\left(1 + \frac{\lambda(s)}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1+\lambda(s)}{2}\right)} \right|^2 \right\}, \end{aligned} \quad (18)$$

где
$$\mu(s) = \beta(s) - \frac{1}{2}.$$

Предположим, что реальная часть Δ_β -траектории имеет тот же наклон, что и Δ_α -траектория, т. е.

$$\beta_1(s) = \beta_1(0) + 0,9s. \quad (19)$$

Константа $\beta_1(0)$ определяется из условия, что резонанс с массой 1690 Мэв имеет $J = \frac{1}{2}$, тогда $\beta_1(0) = -2,0$.

Далее предположим, что аппроксимация мнимой части и вычета Δ_β -траектории такая же, как у Δ_α -траектории:

$$r_\alpha(s) = r_\beta(s) \equiv r(s), \quad \lambda_2(s) = \mu_2(s) \equiv \alpha_2(s).$$

Возможно, это грубая аппроксимация, но экспериментальные данные показывают, что вычеты различных фермионных траекторий мало отличаются друг от друга.

Используя найденные функциональные зависимости $\alpha_2(s)$ и $r(s)$, можно построить энергетическую зависимость $\left. \frac{d\sigma}{d\Omega} \right|_{90^\circ}$ как с учетом вклада одной Δ_β -траектории, так и с учетом двух Δ -траекторий. Аппроксимация вычета по формуле (14) приводит к убыванию реджевского вклада Δ_β -траектории и обеих Δ -траекторий в $\left. \frac{d\sigma}{d\Omega} \right|_{90^\circ}$ по закону $\exp[-V\sqrt{s}(A + Bs)]$,

причем этот вклад постоянно остается меньше экспериментально измеренного дифференциального поперечного сечения упругого π^+p -рассеяния вблизи 90° в области $p_{\text{анб.}} =$

$$= 2,3 \div 4,0 \frac{\text{БэВ}}{c}. \text{ На рис. 1 указаны экспериментальные значения } \left. \frac{d\sigma}{d\Omega} \right|_{90^\circ}$$

в зависимости от s , взятые из работы [5]. С целью сравнения теории с экспериментом приведен энергетический ход реджевского вклада Δ_6 -траектории в упругое π^+p -рассеяние на 90° (кривые 1 и 2). Кривая 1 соответствует аппроксимации вычета зависимостью (12), кривая 2 — аппроксимации (13). Третья кривая на рис. 1 описывает суммарный вклад Δ_6 - и Δ_3 -траекторий в предположении, что вычет Δ_3 -траектории равен вычету Δ_6 -траектории (выбрана зависимость (13)).

Кривая 3 демонстрирует возможность описания $\left. \frac{d\sigma}{d\Omega} \right|_{90^\circ}$ при более низких энергиях суммарным вкладом Δ -траекторий, если Δ_3 -траектория существует и если ее вычет убывает с энергией быстрее вычета Δ_6 -траектории. Из графиков на рис. 1 видно, что реджевский вклад s -канальных резонансов описывает $\left. \frac{d\sigma}{d\Omega} (\pi^+p) \right|_{90^\circ}$ начиная с $p_{\text{анб.}} = 3,5 \frac{\text{БэВ}}{c}$.

Угловое распределение сечения

$$\left. \frac{d\sigma}{d\Omega} (\pi^+p) \right|_{90^\circ} \text{ начиная с } p_{\text{анб.}} = 3,5 \frac{\text{БэВ}}{c}.$$

Угловое распределение сечения

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f(s, z)|^2 + \sin^2 \theta |\tilde{f}(s, z)|^2 \quad (20)$$

также согласуется вблизи 90° с экспериментальными данными для энергий $p_{\text{анб.}} \cong 3,5 \frac{\text{БэВ}}{c}$. (В передней полусфере велик вклад t -канала). Отметим важное обстоятельство. При больших энергиях угловое распределение π^+p -рассеяния, соответствующее вкладу одной Δ_6 -траектории Редже, несмотря на присутствие в формулах (2) и (3) функций Лежандра с осциллирующими реальной и мнимой частями, в целом описывается гладкой кривой, симметричной относительно $z = 0$ с минимумом в этой точке. Наличие минимума при $z = 0$ характерно для экспериментов при $p_{\text{анб.}} \cong 3,5 \frac{\text{БэВ}}{c}$ [5], т. е. в той области, где кривая на рис. 1 согласуется с экспериментальными данными.

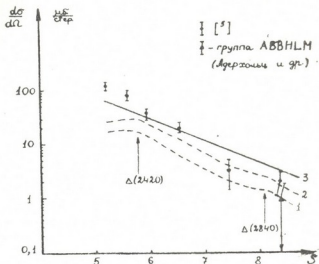


Рис. 1

Согласно формулам (12)—(13) и (15), поведение $\frac{d\sigma}{d\Omega}(\pi^+p)\Big|_{90^\circ}$ при больших энергиях определяется в основном множителем $|r(s)|^2$ вида $\exp(-cs)$. Это обстоятельство привлекает внимание в связи с фактом наличия такого закона убывания с энергией сечения упругого pp -рассеяния на 90° [8].

Академия наук Грузинской ССР
 Институт физики

(Поступило в редакцию 25.7.1967)

ფიზიკა

რ. ბეტმანი, ლ. ლაპერაშვილი

დრეკადი π^+p -გაბნევა 90° -კუთხეზე და რეჟის Δ -ტრაექტორიების
 წვლილი s -არხში
 რეზიუმე

ჩატარებულია თეორიული გამოკვლევა — π^+ -მეზონების დრეკადი გაბნევა პროტონებზე 90° -კუთხეზე, რასაც აღწერთ s -არხის რეზონანსების წვლილით. მაგრამ ბრეიტ-ვიგნერის რეზონანსების ჯამით მათ აღწერას შეუძლებელია, რაც თანხმობაში არაა ექსპერიმენტულ მონაცემებთან. ამ წერილში რეალიზებულია ახალი მიდგომა. ბრეიტ-ვიგნერის წევრების ჯამი შეცვლილია რეჯეს ფორმულით, რაც ერთ წევრში აერთიანებს წვლილს ყველა რეჯეს ტრაექტორიებისა, რაზედაც დევს რეზონანსების მიმდევრობა. შრომაში მხედველობაშია მიღებული წვლილი ორი ტრაექტორიისა — Δ_2 და Δ_3 . ტრაექტორიის ნაშთი და წარმოსახვითი ნაწილი განსაზღვრულია ემპირიული გზით. ნაჩვენებია, რომ დრეკადი π^+p -გაბნევა 90° -კუთხეზე შეიძლება აღწერილ იქნეს საემპირიოდ დიდ ენერგიებზე Δ -ტრაექტორიის წვლილით.

დადოვდავადი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Biaľas, E. Biaľas, O. Czyżewski, A. Kotanski. Regge Recurrences and πp Elastic Scattering at High Momentum Transfers. Nuovo Cimento, 48A, № 4, 1967.
2. V. Barger, M. Cline. Fermion Regge Pole Model for the Structure of Pion-Nucleon Elastic Scattering in the Backward Hemisphere. Phys. Rev., 151, № 5, 1967.
3. F. N. Dikmen. Critique of Regge-Poles Interpretation of Backward $\pi-p$ Elastic Scattering. Phys. Rev. Lett., 18, № 19, 1967.
4. V. Barger, M. Olsson. Interference of Regge p . Exchange with. Direct Channel Fermion Resonances. Phys. Rev., 151, № 4, 1966.
5. C. T. Coffin, N. Dikmen, I. Ettlinger, D. Meyer, A. Saulys, K. Terwillinger, D. Williams. π^+p Elastic Differential Cross Sections from 2.3 to 4.0 GeV/c. Phys. Rev. Lett., 17, № 8, 1966.
6. B. R. Desai, D. T. Gregorich, R. Ramachandran. πN Charge Exchange Polarization and the Baryon Trajectories in the Direct Channel. Phys. Rev. Lett., 18, № 14, 1967.
7. A. H. Rosenfeld. Materials of 13-th International Conference on High Energy Physics. Berkeley, California, 1966.
8. C. W. Akerlof, R. H. Hieber, A. D. Krish, K. W. Edwards, L. G. Ratner, K. Ruddick. Proton-Proton Elastic Scattering at 90° and Structure Within the Proton. Phys. Rev. Lett., 17, № 21, 1966.



УДК 550.3

ГЕОФИЗИКА

Г. Е. ГУГУНАВА

К ВОПРОСУ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСА МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Л. Цагарели 8.7.1967)

В настоящей работе на основе комплекса магнитотеллурических исследований, проведенных Институтом геофизики АН ГССР в 1954 — 1965 гг. [1—5], делается попытка геоэлектрического районирования территории Восточной Грузии.

Прежде всего необходимо определить те геофизические критерии, на основе которых будет проведено это расчленение. Желательно, чтобы эти критерии по своей природе были близки к геотектоническим, ибо далее делается попытка установить корреляцию между схемами геоэлектрического и геотектонического районирования.

Нам кажется, что при магнитотеллурических исследованиях основным критерием может служить совокупность признаков, таких как мощность, геоэлектрические характеристики горных пород и их взаимосвязи.

В совокупности большинство этих признаков будет свидетельствовать о возможности выделения крупных геоэлектрических единиц (зон), в отдельности явятся критериями для выделения подзон.

Первая попытка геоэлектрического районирования на территории Восточной Грузии была проделана в 1962 г. В результате были выделены две геоэлектрические зоны [4]. Материал, накопленный в последующие годы, позволил нам более уверенно оконтурить эти зоны, а также выделить новые геоэлектрические единицы [5]. Настоящая схема представляет собой дальнейшее развитие этих работ.

Анализ геоэлектрических характеристик и их взаимосвязей, таких как $\rho(S)$, полученных вдоль одного субширотного профиля I^{III}, простирающегося от выходов Дзирульского массива (с. Али) до крайне восточной точки наблюдений (с. Кеди), и двух субмеридиональных профилей (рис. 1): I^{II} — Лагодехи — Акстафа и II^{II} — Алибад — Шамхор, показал, что на графиках этих зависимостей выделяются три различные закономерности. Обозначены они на рис. 2 римскими цифрами и характеризуют определенные области.

Комплекс магнитотеллурических данных и отмеченные выше зависимости позволили нам выделить на территории Восточной Грузии пять геоэлектрических зон (рис. 1).

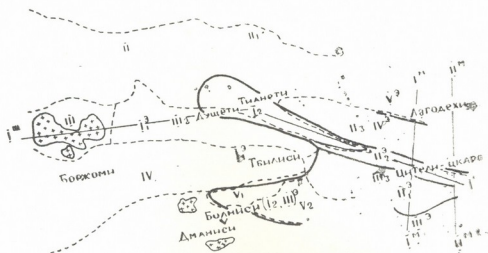


Рис. 1

Складчатая система Южного склона Большого Кавказа

Аджаро-Триалетская складчатая система

Грузинская глыба

Арвино-Болниская глыба

II—Казбеги-Лагодехская зона глинистых сланцев нижней и средней юры

II—Живальско-Гомборская подзона Местийско-Трианетской зоны карбонатного флиша и мела

II—Алазанская подзона погружения Местийско-Трианетской зоны верхней юры и мела

IV—(в пределах Восточной Грузии)

III—Дзиркульская зона поднятия

III—Мухранско-Тирифонская подзона Восточной зоны погружения

III—Внешне-Кахетинская подзона Восточной зоны погружения

V—Тетришкар-Асуретская подзона Болнисской зоны

V—Маднеульская подзона погружения Болнисской зоны

Кавтисхеви-Чатминская промежуточная подзона¹

V³—геоэлектрическая зона

I₁²—первая подзона первой геоэлектрической зоны

II₂²—вторая подзона первой геоэлектрической зоны

IV³—геоэлектрическая зона

I₁¹—первая подзона первой геоэлектрической зоны

II₁²—первая подзона второй геоэлектрической зоны

(I₂³ или III³)—геоэлектрическая зона

III³—геоэлектрическая зона

¹ Кавтисхеви-Чатминская промежуточная подзона соответствует тектоническому районированию Д. А. Булейшвили и О. А. Сепашвили.

Первая геоэлектрическая зона охватывает территорию, в пределах которой имеет место первая геоэлектрическая зависимость (рис. 2), с двумя подзонами I_1^a и I_2^a (рис. 1). Первая подзона (I_1^a) характеризуется малыми значениями суммарной продольной проводимости $S=100-700$ мо и значительными величинами $\rho_l = 12-15$ ом, плавными изменениями глубины залегания кровли кристаллического субстрата (0—5 км). В этой подзоне, в пределах периодов $\sqrt{T}=3-60$ сек $^{1/2}$, мы имеем лишь асимптотическую часть магнитотеллурической кривой. Территориально она соответствует участку Грузинской глыбы, в частности Дзирульской зоне поднятия, части зоны Восточного погружения (молассовой) в пределах Мухранско-Тирифонской подзоны и Аджаро-Триалетской складчатой системы (в пределах Восточной Грузии) тектонической схемы, предложенной П. Д. Гамквелидзе в 1961 г. [6]. Вторая подзона (I_2^a) характеризуется уже значительно большими значениями суммарной продольной проводимости ($S=1500-3000$ мо), величина ρ_l изменяется в пределах 2,8—4,7 ом. Кристаллический субстрат в пределах этой подзоны плавно погружается на глубины 6—8,5 км. Характерным для этой подзоны является появление узкого минимума магнитотеллурической кривой в интервале периодов $\sqrt{T}=6,2-7$ сек $^{1/2}$. Территориально она приблизительно соответствует Жинвальско-Гомборской подзоне складчатой системы Южного склона Большого Кавказа.

Вторая геоэлектрическая зона (II^a), которую можно выделить в самостоятельную единицу, соответствует области, для которой харак-

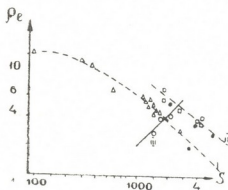


Рис. 2

терна II геоэлектрическая зависимость (рис. 2). Суммарные продольные проводимости в этой зоне достигают своего максимального значения (5500 мо), величина продольного сопротивления ρ_l изменяется в пределах 2,5—4,3 ом, глубины же залегания кровли кристаллического фундамента резко возрастают от 8,5 до 16,5 км. По-видимому, в этой области происходят перераспределения мощностей высокоом-

ных и низкоомных образований. Тектонически эта геоэлектрическая зона соответствует Внешне-Кახетинской подзоне зоны Восточного погружения (молассовой) Грузинской глыбы. Несмотря на то, что в геоэлектрическом отношении эту зону и можно было бы представить как одно целое, тем не менее, по некоторым характерным признакам, таким как глубина залегания кровли кристаллического фундамента и

характер магнитотеллурических кривых, эту зону можно разделить на две геоэлектрические подзоны.

Дело в том, что по всей полосе Кахетинского хребта, вплоть до крайнего восточного пункта наших исследований (с. Кеди), по данным МТЗ, наблюдается резкое погружение кровли кристаллического фундамента до глубин 10—16,5 км, а минимумы кривых становятся широкими и сдвигаются в сторону больших периодов ($\sqrt{T} = 10,5 - 12,5 \text{ сек}^{1/2}$). Всю эту область мы выделяем во вторую подзону (II_2^*) второй геоэлектрической зоны, а территорию, совпадающую со всей остальной частью Внешне-Кахетинской подзоны зоны Восточного погружения Грузинской глыбы, — в первую подзону второй геоэлектрической зоны (II_1^*).

Третья геоэлектрическая зона выделяется на основании III геоэлектрической зависимости (рис. 2), которая резко отлична от всех остальных, что связано с переходом опорного теллурического горизонта с кровли кристаллического фундамента на вышележащие слои мела. Граница этой зоны с геоэлектрической зоной (II_1^*) проходит вдоль контура, разделяющего Грузинскую глыбу и крайне восточную часть Кавтисхеви-Чатминской промежуточной подзоны (по А. Д. Булейшвили и О. А. Сепашвили). Геоэлектрическая зона III^* простирается в южном направлении вплоть до р. Куры. Возможно, что она переходит и на правый берег Куры, но за неизменением данных этот вопрос для нас остается открытым.

Геоэлектрическую зону IV^* мы выделяем на территории Алазанской депрессии на том основании, что геоэлектрические условия этой области резко отличны от других исследованных районов Восточной Грузии. С юга она граничит с геоэлектрической зоной II^* , с севера же ее границу можно было бы провести где-то южнее с. Вардисубани. Севернее этой линии условно (в виду скудности данных) можно выделить геоэлектрическую зону V, для которой характерны малые значения суммарной продольной проводимости ($S = 50 - 500 \text{ мо}$), малые глубины и отсутствие минимума магнитотеллурической кривой.

Тот факт, что эта зона отлична от геоэлектрической зоны IV^* , подтверждает еще одно обстоятельство—резкий поворот большой оси поляризации электромагнитного поля в Лагодехи. И наконец, в юго-западной части планшета (рис. 1) на основании данных электротеллурической съемки можно выделить область, территориально совпадающую с Тетрицкаро-Асуретской и Маднеульской подзонами погружения Болнисской зоны Артино-Болнисской глыбы. По данным теллурической съемки, вся эта область является зоной погружения. Материалы исследований не дают возможности выделить эту область, считая ее либо отдельной геоэлектрической зоной, либо причислить ее к перечислен-

ным выше геоэлектрическим единицам. Поэтому мы не выделяем ее в самостоятельную геоэлектрическую единицу, а просто оконтуриваем ее, условно приписывая ей индексы (I_2^2 и III^2) зоны и подзоны, к которым, возможно, относится эта область.

Результаты геоэлектрического районирования исследованной территории Восточной Грузии нами нанесены на схематически вычерченную карту тектонического строения Грузинской ССР (Восточная Грузия), предложенную П. Д. ГамкRELИДзе в 1961 г. (рис. 1).

Как явствует из рис. 1, в ряде случаев границы крупных тектонических и геоэлектрических единиц в общих чертах достаточно хорошо коррелируются. В некоторых случаях также наблюдается корреляция более мелких тектонических и геоэлектрических единиц. Все это свидетельствует о том, что в дальнейшем, при большем количестве материалов и более усовершенствованной методике, комплекс магнитотеллурических методов сможет служить надежным подспорьем при уточнении границ геотектонических зон.

Для каждой из этих геотектонических единиц, в случае проведения в дальнейшем магнитотеллурических работ, можно предложить рациональный комплекс исследований с целью картирования кровли кристаллического фундамента.

В геоэлектрической подзоне I_1^2 целесообразно проведение работ методами ТТ и МТП в интервале периодов $T=10-1000$ сек.

В геоэлектрической подзоне I_2^2 целесообразно использовать методы ТТ и МТП в длиннопериодном интервале периодов, с опорной сетью МТЗ в интервале периодов $T=5-8000$ сек.

В геоэлектрической подзоне II_1^2 ввиду сложных геоэлектрических условий целесообразно проведение исследований методами МТП в длиннопериодном интервале с опорной сетью МТЗ.

Аналогичный комплекс исследований можно рекомендовать для геоэлектрической подзоны II_2^2 с той лишь разницей, что в этой области необходима более густая сеть МТЗ.

Ввиду малой изученности и очень сложной геоэлектрической ситуации для геоэлектрической зоны III^2 можно рекомендовать проведение лишь МТЗ в необходимом интервале периодов.

В геоэлектрической зоне IV^2 прежде всего необходимо выяснение ее геоэлектрической природы, для чего необходимо развернуть широкую сеть МТЗ, и лишь после выяснения геоэлектрической природы этой области можно будет говорить о применении рационального комплекса методов с целью картирования кровли кристаллического фундамента.

В геоэлектрической зоне V⁹ ввиду невозможности получения полной кривой МТЗ можно ограничиться методом МТП в среднепериодном интервале (T=10—100 сек).

В районе выделяемой нами геоэлектрической зоны, обозначенной индексом (I₂, III⁹), по-видимому, можно будет получить магнитотеллурическую кривую. Поэтому до определения природы опорного теллурического горизонта в этой области необходимо использовать лишь методы МТЗ.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт геофизики

(Поступило в редакцию 8.7.1967)

გეოფიზიკა

ბ. გუგუნავა

აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიის გეოელექტრული
 დარაიონების საკითხისათვის მაგნიტობალურულ ზამოკვლევებთან
 საფუძველზე

რეზიუმე

განხილულია გეოელექტრული კრიტერიუმების კომპლექსი (რაც თავისი ბუნებით უახლოვდება გეოტექტონიკურს) და მის საფუძველზე ჩატარდა აღმოსავლეთ საქართველოს გეოელექტრული დარაიონება. გამოყოფილია ექვსი ზონა და ოთხი ქვეზონა. ხსენებული კრიტერიუმები უფლებას გვაძლევს მოვახდინოთ ამ რაიონის გეოტექტონიკური სქემების ადეკვატური შედარება. სქემის შედარებამ მოგვცა დამაკმაყოფილებელი კორელაცია.

გამოყოფილი გეოელექტრული ზონებისათვის რეკომენდირებულია მაგნიტობალურულ დაკვირვებათა რაციონალური კომპლექსი.

დადოვიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Бухникашвили, В. В. Кебуладзе, Т. Л. Челидзе, Г. Е. Гугунава. Опыт электротеллурической съемки территории Восточной Грузии с использованием длиннопериодных вариаций. Труды Ин-та геофизики АН ГССР, т. XIX, 1960.
2. Г. А. Чернявский, Г. Е. Гугунава. Магнитотеллурические исследования в Грузии. Изв. АН СССР, сер. геофиз. № 1, 1963.
3. А. В. Бухникашвили, Г. Е. Гугунава, В. В. Кебуладзе. О некоторых результатах электротеллурической съемки территории Восточной Грузии. Материалы Всесоюз. конфер. 1961 г. Изд. ЛГУ, 1963.
4. М. Н. Бердичевский, Г. А. Чернявский, А. В. Бухникашвили, Г. Е. Гугунава, В. В. Кебуладзе, А. С. Лашхи. Магнитотеллурические исследования в Восточной Грузии. Разведка и охрана недр, № 4, 1964.
5. А. В. Бухникашвили, Г. Е. Гугунава, В. В. Кебуладзе, А. С. Лашхи. Электротеллурическая съемка и магнитотеллурическое зондирование на территории Восточной Грузии. Монография. Тбилиси, 1968.
6. Геология СССР, т. X. Изд. «Недра», М., 1964.

ო. შალვა

ტყვიულ-შაორის საბადოს ზოგიერთი უზნის ფილტრაციული
ბუნებრივი ელექტრული ველის ინტენსივობის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. დავითაიამ 5.11.1967)

ფილტრაციული ელექტრული ველი წარმოიშობა ქანებში მიწისქვეშა წყლების ფილტრაციით, როცა ადგილი აქვს კაპილარების კედლებზე ელექტროლიტის რომელიმე ნიშნის იონთა ადსორბციას. კაპილარის კვეთში მიიღება საწინააღმდეგო ნიშნის იონთა სიჭარბე, რომლებიც გადაადგილდებიან ადსორბირებული იონების მიმართ, ხსნარის მოძრაობის მიმართულებით. კაპილარის ორივე მხარეს წარმოიქმნება ტოლი და საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტები, რის შედეგადაც აღიძვრება ფილტრაციული ელექტრომამოძრავებელი ძალა. კაპილარის კედლებზე უმეტეს შემთხვევაში უარყოფითად დამუხტული იონების ადსორბცია ხდება. ამიტომ ელექტრომამოძრავებელი ძალის მიმართულება ხსნარის მოძრაობის მიმართულებას არ ემთხვევა. კაპილარებში ელექტროლიტის მოძრაობის ანალოგიურად წარმოებს წყალგამტარ ქანებში ხსნარების ფილტრაციის პროცესი, რაც შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც უამრავ კაპილარებისაგან შემდგარი სისტემა [1].

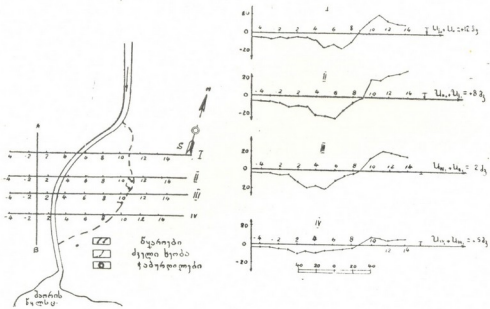
ზოგიერთი მკვლევარის აზრით [2, 3], ფილტრაციული ელექტრული ველი განსაკუთრებით ინტენსიურია იმ ხეობებში, სადაც მდინარეები მიწისქვეშა წყლებით საზრდოობენ, ან პირიქით, მდინარიდან წყალი უხვად გაიჟონება ქანებში. ფილტრაციული ველის ეს თავისებურება ჩვენ შევამოწმეთ საკვლევი რაიონის ზოგიერთ ტიპურ ობიექტზე, რომელთაგანაც ყურადღებას გავამახვილებთ მდ. გორწყალას ხეობაზე.

მდ. გორწყალა შაორის წყალსაცავს ჩრდილო-აღმოსავლეთით ერთვის. ქვემო წელში მას ძველი ნახეობარი აქვს, რაც 200—300 მეტრითაა მოშორებული დღევანდელისაგან. ძველ ხეობაში მცირე დებიტის რამოდენიმე წყარო გამოედინება. მათი გამოსავლების ადგილი ჰიფსომეტრულად უფრო დაბლაა, ვიდრე გორწყალას თანადროული ხეობის ფსკერი. ამიტომ ძველ ხეობაში წყლების გამოდინებაც ბუნებრივია. ძველ და ახალ ხეობას შორის გავრცელებულია მდინარეული ნალექები. აქ ჩვენ გავატარეთ 4 პროფილი, რითაც ორივე ხეობა იკვეთებოდა (ნახ. 1). პროფილებზე ჩავატარეთ გამოკვლევები ბუნებრივი ელექტრული ველის მეთოდით. მიღებული პოტენციალის გრაფიკების განხილვა-ანალიზით შეიმჩნევა შემდეგი კანონზომიერება: იქ, სადაც მდინარიდან წყალი უხვად გაიჟონება ალუვიურ ნალექებში, ვლებულობთ შედარებით ინტენსიური უარყოფითი ნიშნის ბუნებრივ ელექტრულ ველს, რის პოტენცია-



ალთა მნიშვნელობები —20, —25 მვ-ის ფარგლებში იცვლება, ხოლო წყაროების გამოსავლების ადგილებში (იხ. წერტილები 9—12) ბუნებრივი ელექტრული ველი დადებითი ნიშნისაა. მაშასადამე, ფილტრაციული ელექტრული ველის ზემოაღნიშნული თავისებურება აქაც დაცულია. წყაროების გამოდინების ადგილზე დადებითი ნიშნის ინტენსიური ბუნებრივი ელექტრული ველის არსებობას ზოგიერთი მკვლევარი კანონზომიერ მოვლენად თვლის [3]. ამ საკითხის დასაზუსტებლად ჩვენ დაკვირვებები ჩავატარეთ ტყიბულ-შორის რაიონის წყაროების გამოსავლების შემდეგ უბნებზე: თიხნარი, შორისუბანი, მცირე პერევისა და სხვა.

გაზომვების შედეგებიდან მოგვყავს ტიპური მაგალითი, რაც ასახავს წყაროების გამოსავლების ადგილებში ინტენსიური დადებითი ნიშნის ბუნებრივი ელექტრული ველის გამოვლინებას. მაგალითად, მცირე პერევისას წყაროს ირგვლივ რადიალურად განლაგებულ პროფილებზე ვლტებულობთ ინტენსიური დადებითი ნიშნის ბუნებრივ ელექტრულ ველს, რაც 60 მვ-მდე



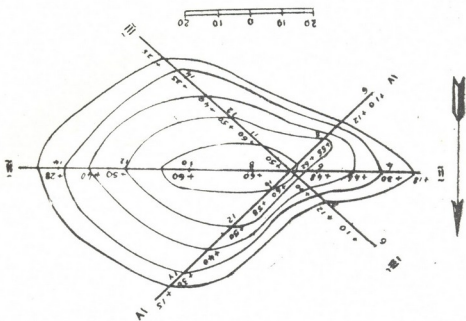
ნახ. 1

აღწევს. ამ უბანზე აგებული იზოპოტენციალთა საზები წაავაგვს წაგრძელებულ ელიფსს, რომელთა დიდი ღერძი წყაროს მიწისქვეშა დინების მიმართულებას უნდა ემთხვეოდეს (ნახ. 2). ანალოგიური შედეგებია მიღებული თიხნარის, საკალმახისა და სხვა წყაროების გამოსავლების ადგილებში. ზოგიერთ წყაროზე (პატიყელი, შორისუბანი და სხვ.) ეს კანონზომიერება ირღვევა: კერძოდ, ამ უბანზე ვლტებულობთ ცვალებადი ნიშნისა და დაბალი ინტენსივობის ბუნებრივ ველს, რაც, ჩვენი აზრით, წყაროების გამოსავლებთან რელიეფის ძლიერი დანაწევრებით უნდა აიხსნას.

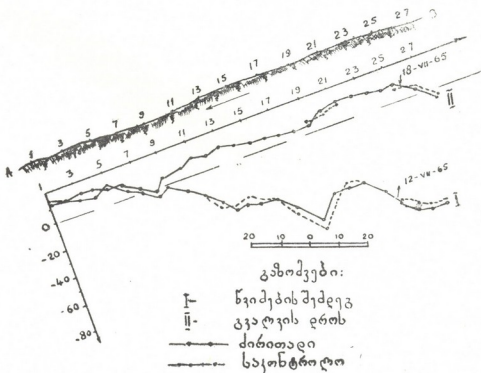
ზოგიერთი მკვლევარის აზრით [2], პოტენციალის უარყოფითი მნიშვნელობა იზრდება მდინარის დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით. ამ

ტყიბულ-შაორის საბაღოს ფილტრაციული ელემენტრული ველის შესახებ

საკითხის შესამოწმებლად გაზომვები ჩაატარეთ ტყიბულ-შაორის ზოგიერთ მდინარეთა ხეობებში (მუხნარი, თეთრწყალა და სხვ.). ამთგან ყურადღებას



ნახ. 2



ნახ. 3

გავამახვილებთ მდ. თეთრწყალას ხეობაზე. ეს მდინარე კარსტული ნაპრალებიდან გამოედინება. იგი რამდენიმე კილომეტრზე ზედაპირული დინების შემდეგ კვლავ ნაპრალებში იკარგება და მიწისქვეშა კარსტული მდინარის სახით შაორის წყალსაცავს უერთდება. ზოგჯერ წყალუხვობის დროს იგი მთლიანად ვერ ეტევა კარსტულ ნაპრალში და წყლის მასის მნიშვნელოვანი ნაწილი ზედაპირზე ჩამოედინება. სავლელ დაკვირვებები წარმოებდა ზაფხულის მშრალ დღეებში, როცა მდინარე ქვემო წელში არსებული კარსტული ნაპრალების საშუალებით უკავშირდებოდა წყალსაცავს. ბუნებრივი ელექტრული ველის პროფილები გავატარეთ მდინარის როგორც მარცხენა, ისე მარჯვენა ნაპირზე, მდინარის კარსტულ ნაპრალში ჩადინებამდე. როგორც პოტენციალის გრაფიკებიდან ჩანს, ბუნებრივი ველი ხასიათდება პოტენციალის დაბალი მნიშვნელობებით და მათ ცვალებადობაში რაიმე კანონზომიერება არ შეიმჩნევა.

უფრო საინტერესოა ის ადგილი, სადაც მდ. თეთრწყალა კარსტული ნაპრალებით უკავშირდება წყალსაცავს. ამ უბანზე მაგისტრალური პროფილის მართობულად განვალაგეთ ბუნებრივი ელექტრული ველის პროფილები, რომელთა შორის მანძილი 30 მეტრია. პროფილების გარკვეულ შუალედებში პოტენციალის გრაფიკებზე მივიღეთ ინტენსიური უარყოფითი ნიშნის ბუნებრივი ველი, რაც ზოგიერთ უბანზე —50, —55 მვ-ს აღწევს. ეს კი მდ. თეთრწყალას მიწისქვეშა დინების მიმართულებას უნდა შეესაბამებოდეს. ამასთანავე, ზოგიერთ პროფილზე მივიღეთ გაორებული ანომალია, რაც, შესაძლებელია, იმაზე მიუთითებს, რომ ხსენებული მდინარე კარსტულ ნაპრალში ჩასვლის შემდეგ რამდენიმე განტოტებას ქმნის.

ბუნებრივი ელექტრული ველი თავისებურ გამოჩატულებას პოულობს აგრეთვე მთიანი რელიეფის პირობებში. იგი გარკვეულ კავშირშია ადგილის გეომორფოლოგიურ თავისებურებებთან [3, 4]. რელიეფის სხვადასხვა პირობებთან დაკავშირებული ფილტრაციის პროცესების ხასიათი შევისწავლეთ ტყიბულის საბადოს ფერადი წყების ზოლში არსებული მეწყერების მაგალითზე. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა გეომორფოლოგიური ხასიათის ფილტრაციული ბუნებრივი ელექტრული ველის ინტენსივობისა და ნალექების რაოდენობასთან დაკავშირებით მისი დროში ცვალებადობის დადგენა. ამ მიზნით შევარჩიეთ სწორზედაპირიანი (30—35° დაქანების), მცენარეულ საფარს მოკლებული ფერდობი. გაზომვები ჩავატარეთ ხანმოკლე წვიმების შემდეგ (12.VII.1965 წ.). პოტენციალის გრაფიკებიდან (ნახ. 3) ჩანს, რომ ფერდობზე აღმასვლისას ადგილი აქვს უარყოფითი ბუნებრივი ელექტრული ველის აბსოლუტური მნიშვნელობის ზრდას (იხ. გრაფიკი I). იგივე პროფილზე უნალექო დღეებში ჩატარებული გაზომვები გვიჩვენებს, რომ ველის ინტენსივობა უმნიშვნელოა (იხ. გრაფიკი II). მაშასადამე, რელიეფის პირობების გავლენა უნდა განვიხილოთ ფილტრაციის პროცესებთან მჭიდრო კავშირში.

ამ კანონზომიერების შემოწმების მიზნით განმეორებითი გაზომვები ჩავატარეთ ბრტყელფსკერიან, სიმეტრიულ ხეობაში (ფერდობების დაქანება 25—30°) (ნახ. 4). ბუნებრივი ველის პროფილების სიგრძეები ისეთნაირად შევარ-

3. ფილტრაციული ველის ინტენსივობის მნიშვნელოვანი ცვალებადობა ზეობის ან მთის რომელიმე კალთაზე შეიმჩნევა დროის მოკლე მონაკვეთში, ატმოსფერული ნალექების მოსვლასთან დაკავშირებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გეოფიზიკის ინსტიტუტი

(რედაქციას მიუვლიდა 5.11.1967)

ГЕОФИЗИКА

О. Б. УКЛЕБА

ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ЕСТЕСТВЕННО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НЕКОТОРЫХ УЧАСТКОВ ТКИБУЛИ-ШАОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Резюме

Как известно, напряженность поля, вызванная фильтрацией подземных вод в горных породах и наблюдающаяся в условиях горного рельефа и в долинах рек, невелика. Она измеряется десятками, реже, сотнями милливольт.

Фильтрационные поля характеризуются относительно медленными изменениями во времени, связанными с изменением гидрогеологических условий местности. Некоторые отклонения от общей закономерности в поведении фильтрационного поля объясняются литологическим составом, неоднородностью рельефа и метеорологическими условиями данной местности.

Увеличение потенциала отрицательного знака против течения реки, как указывали некоторые исследователи, нами не наблюдалось.

Над некоторыми малодобитными восходящими источниками действительно наблюдается повышение положительного потенциала. Однако над источниками, которые выходят с большим дебитом и местность выхода которых на поверхности сильно расчленена, естественное электрическое поле нормальное.

დათვრებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. Я. Литвинов, Л. В. Архаров. Промысловая геофизика. М., 1951.
2. А. Г. Тархов. О геоэлектрическом поле фильтрации. Изв. АН СССР, сер. географ. и геофиз., т. X, № 5, 1946.
3. А. А. Огильви. Геоэлектрические методы изучения карста. М., 1965.
4. А. А. Крзев. Основы геоэлектрики ГИТТЛ, 1951.
5. В. В. Кебуладзе, А. С. Лашхи. О суточных вариациях земных электрических токов... Труды Ин-та геофизики АН ГССР, 12, 1958.
6. А. В. Бухникашвили. Экспериментальные исследования искажения электрического поля... Труды Ин-та физики и геофизики АН ГССР, т. VII, 1941.
7. А. А. Семенов. Электроразведка методом естественного... Изд. ЛГУ, 1955.
8. Г. А. Фалькенгац, Г. Н. Жерман. Основы электрохимии. ОНТИ, 1934, 95.

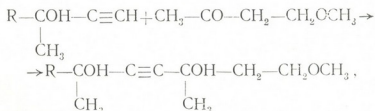
И. М. ГВЕРДЦТЕЛИ, Е. С. ГЕЛАШВИЛИ

СИНТЕЗ И ПРЕВРАЩЕНИЯ НЕКОТОРЫХ НЕСИММЕТРИЧНЫХ МЕТОКСИ- γ - АЦЕТИЛЕНОВЫХ ГЛИКОЛЕЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 26.6.1967)

Среди производных ацетиленов особое место занимают оксипроизводные — спирты и γ -гликоли ацетиленового ряда. Они имеют большое значение как с теоретической, так и с практической точки зрения.

Настоящая работа посвящается вопросу синтеза и некоторых превращений γ -ацетиленовых метоксигликолей. Нами синтезированы [1] два метокси- γ -ацетиленового гликоля: 2,5-диметил-7-метоксигептин-3-диол-2,5 и 3,6-диметил-8-метоксиоктин-4-диол-3,6. Реакция протекает по следующей схеме:



где



Изучено каталитическое гидрирование полученных нами гликолей в присутствии коллоидного палладия и платиновой черни. Замечено, что с увеличением количества катализатора скорость гидрирования заметно увеличивается, притом в присутствии коллоидного палладия 2,5-диметил-7-метоксигептин-3-диол-2,5 гидрируется до образования насыщенного метокси- γ -гликоля, а 3,6-диметил-8-метоксиоктин-4-диол-3,6—до двойной связи. Гидрирование в присутствии платиновой черни обоих метокси- γ -ацетиленовых гликолей идет до конца с образованием насыщенных гликолей. Нужно отметить, что в одинаковых условиях второй гликоль гидрируется значительно медленнее, чем первый.

При дегидратации названных метокси- γ -ацетиленовых гликолей в присутствии бисульфата калия получают соединения типа $\text{R}'=\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OCH}_3$, которые легко полимеризуются.



Формулы и константы полученных соединений приведены в таблице.

№	Содержание	Выход, %	T, кип. P мм	d ₄ ²⁰	n _D ²⁰	MR _D		Найдено, %		Формула	Вычислено, %		ОН %		ОСН ₂	
						най- дено	вычис- лено	С	Н		С	Н	най- дено	вычис- лено	най- дено	вычис- лено
I	2,5-диметил-7-метокси- гепт-3-диол-2,5	63,30	120°/2	0,9917	1,4637	51,71	51,61	64,50	10,08	C ₁₃ H ₁₈ O ₂	64,52	9,67	18,02	18,33	17,5	16,66
II	3,6-диметил-8-метокси- окт-4-диол-3,6	75,07	116—118°/0,5	0,9809	1,4650	56,36	56,29	66,05	10,10	C ₁₄ H ₂₀ O ₂	66,00	10,00	16,79	16,86	15,50	15,85
III	2,5-диметил-7-метокси- гепт-3-диол-2,5	60,00	93—94°/0,5	0,9788	1,4572	52,33	52,89	63,80	10,32	C ₁₃ H ₁₈ O ₂	63,88	10,63	17,40	18,20		
IV	3,6-диметил-8-метокси- окт-4-диол-3,6	61,00	122—123°/3	0,9629	1,4560	57,35	57,54	65,55	11,15	C ₁₄ H ₂₀ O ₂	65,34	10,89	17,08	16,92		
V	2,5-диметил-7-метокси- гепт-3-диол-2,5	65,00	92—94°/2	0,9303	1,4408	53,91	53,36	63,20	11,30	C ₁₃ H ₁₈ O ₂	63,19	11,57	17,67	17,89		
VI	3,6-диметил-8-метокси- окт-4-диол-3,6	60,55	118°/3	0,9595	1,4556	57,74	58,02	64,39	11,63	C ₁₄ H ₂₀ O ₂	64,74	11,76	17,29	16,76		
VII	2,5-диметил-7-метокси- гепт-3-диол-2,5	33,33	65°/3	0,8908	1,4844	48,20	47,61	79,55	9,61	C ₁₀ H ₁₄ O	80,00	9,33	—	—		
VIII	3,6-диметил-8-метокси- окт-4-диол-3,6	50,00	72°/1	0,8914	1,4875	52,94	52,25	80,42	9,83	C ₁₁ H ₁₆ O	80,48	9,75	—	—		

Экспериментальная часть

Для синтеза ацетиленовых метокси- γ -гликолей по методу А. Е. Фаворского [2] конденсацией ацетилена с ацетоном и метилэтилкетонном мы синтезировали соответствующие карбинолы ацетиленового ряда и метоксибутанон методом И. Н. Назарова [3]. Константы полученных исходных соединений совпадают с литературными данными.

Синтез 2,5-диметил-7-метоксигептин-3-диола-2,5 (I). К магнибромэтилену, приготовленному обычным путем из 12 г магния и 55 г бромистого этила, при комнатной температуре и при механическом перемешивании добавлено 21 г диметилацетиленилкарбинола, растворенного в равном объеме эфира. Реакционная масса разделилась на два слоя, время от времени продукт реакции нагревали тепловой водой при 30°. Затем смесь оставили на ночь.

На другой день при охлаждении (-5 — -8°) добавили 25 г метоксибутанона, растворенного в таком же количестве абсолютного эфира. После 24 часов реакционная смесь была обработана обычным путем и экстрагирована эфиром. После отгонки эфира оставшуюся массу подвергли отгонке в вакууме.

Полученный продукт представляет желтоватую густую жидкость. Проба по О. В. Буховцу на тройную связь [4] положительна.

3,6-диметил-7-метоксиоктин-4-диола-3,6 (II) синтезирован аналогично из 12 г магния, 55 г бромистого этила, 24 г метилэтилацетиленилкарбинола и 25 г метоксибутанона.

Каталитическое гидрирование 2,5-диметил-7-метоксигептин-3-диола-2,5 в присутствии коллоидного палладия. Гидрирование проводили с коллоидным палладием, приготовленным по методу Ю. С. Залькинда, М. Н. Вышнякова и Л. М. Морева [5]. Защитным коллоидом был использован пшеничный крахмал. Надо отметить, что в присутствии различного количества коллоидного палладия гидрирование идет до образования предельного метокси- γ -гликоля 2,5-диметил-7-метоксигептадиола-2,5 (V).

Для изучения селективного гидрирования после присоединения молекулы водорода гидрирование было прервано. Выделен соответствующий этиленовый гликоль (III), проба которого по О. В. Буховцу на тройную связь дает отрицательную реакцию, обесцвечивает бромный хлороформ и водный раствор перманганата.

Гидрирование 3,6-диметил-8-метоксиоктин-4-диола-3,6 в присутствии коллоидного палладия в тех же условиях идет до образования этиленового гликоля (IV).

Гидрированием обоих гликолей в присутствии платиновой черни [6] образуются соответствующие предельные гликоли V и VI.

Дегидратация 2,5-диметил-7-метоксигептин-3-диола-2,5 и 3,6-диметил-8-метоксиоктин-4-диола-3,6. Дегидратацию проводили в приборе для вакуумразгонки безводным бисульфатом калия в присутствии дитизона. Получены соединения VII и VIII, которые через несколько дней заполимеризовались.

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 26.6.1967)

ორბანული კიბია

ი. გვერდციტილი, ე. გელაშვილი

ზოგბიერთი არასიმეტრიული მეთოქსი- γ -აცეტილენური გლიკოლების
სინთეზი და ბარდატმები

რ ე ზ ი მ ე

პირველადაა სინთეზირებული არასიმეტრიული მეთოქსი- γ -აცეტილენური გლიკოლები: 2,5-დიმეთილ-7-მეთოქსიპეტინ-3-დიოლი-2,5 და 3,6-დიმეთილ-8-მეთოქსიოქტინ-4-დიოლი-3,6. შესწავლილია მათი კატალიზური პიდრიგება კოლოიდური პალადიუმისა და Pt შავის თანდასწრებით გამოყოფილია შესაბამისი ეთილენური და მეთოქსი გლიკონები.

ჩატარებულია აგრეთვე დეჰიდრატაცია უწყლო KHSO_4 -ის თანდასწრებით. დადგენილია, რომ დეჰიდრატაცია მიდის დიენინური მეთოქსი ნაერთის წარმოქმნით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. К. Тетерин, А. П. Иванов. Синтез спиртов ацетиленового ряда и несимметричных ацетиленовых гликолей. ЖОХ, 7, 1937, 1629.
2. А. Е. Фаворский. Действие едкого калия на смеси кетонов с фенилацетиленом. ЖРФХО, 37, 1905, 643.
3. И. Н. Назаров, С. И. Завьялов, М. С. Бурмистрова, И. А. Гурвич, Л. И. Шмонина. Синтез стероидных соединений и родственных им веществ. ЖОХ, 26, 1956, 441, Zbl. 10924.
4. О. В. Буховец. О качественной реакции на ацетиленовые γ -гликоли. ЖОХ, 11, 1941, 1046.
5. Ю. С. Залькинд, М. Н. Вышнякова, Л. М. Морева. О присоединения водорода к ацетиленовым производным. ЖОХ, 3, 1933, 92.



УДК 665.592

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Х. И. АРЕШИДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР), Е. П. ХЕЧИНАШВИЛИ

УГЛЕВОДОРОДЫ РЯДА ДЕКАЛИНА САЦХЕНИССКОЙ НЕФТИ

В предыдущей работе нами было показано [1], что фракции 150—200 и 200—250°C сацхенисской нефти содержат 14,2 и 10,6% гидроароматических углеводородов. Дальнейшим исследованием [2] было доказано присутствие в них следующих конденсированных ароматических углеводородов: нафталина, 1-метилнафталина, 2-метилнафталина, 1,6-диметилнафталина, 1,7-диметилнафталина, 2,6 и 2,3-диметилнафталина.

Представляло определенный интерес исследовать гидроароматические углеводороды ряда декалина указанных фракций с целью установления возможной генетической связи между конденсированными ароматическими углеводородами и их гидрированными аналогами. Нами была поставлена задача выявить индивидуальную природу углеводородов ряда декалина, присутствующих в сацхенисской нефти, методом дегидрогенизационного катализа Н. Д. Зелинского. Конденсированные гидроароматические углеводороды, входящие в состав бакинской нефти, впервые были исследованы Н. Д. Зелинским и Б. А. Казанским [3]. Установлено, что фракция 170—200°C указанной нефти содержит декалин.

В последующих работах применением того же метода нефти Советского Союза исследовали Л. М. Розенберг [4] и Х. И. Арешидзе с сотрудниками [5]. В данной работе приводятся результаты исследования сацхенисской нефти на содержание в ней гидроароматических углеводородов. В сацхенисской нефти обнаружены α (2-амил)-декалин, β -изоамилдекалин и α -третичноамилдекалин.

Экспериментальная часть

Сацхенисская нефть из скважины № 4, с глубины 1400 м, перегонялась. Были собраны фракции с т. кип. 150—200°C при атмосферном давлении и с т. кип. 200—250°C под вакуумом при остаточном давлении 10 мм рт. ст.

Из этих фракций после соответствующей промывки и сушки были выделены ароматические углеводороды с помощью силикагеля марки КСМ тонной 100—200 меш, активность которого по бензолу равнялась II, I.

Для удаления ароматических углеводородов применяли колонку из молибденового стекла емкостью 550 мл, которую укрепляли вертикально на штативе, и через воронку небольшими порциями насыпали силикагель.

Готовую для работы колонку закрывали с обоих концов для предохранения от действия влаги воздуха и для охлаждения силикагеля пропускали воду в рубашку в течение 40 минут, затем в колонку наливали исследуемую фракцию.

После полного поглощения фракции в колонку добавляли слой свежего силикагеля толщиной 1—2 см, а затем 50 мл деароматизированной фракции сацхенисской нефти с т. кип. 24—60°C.

При поглощении этой фракции в колонку вновь добавляли слой свежего силикагеля толщиной 1—4 см и наливали вытесняющую жидкость — этиловый спирт в количестве 50 мл, а после его поглощения — дистиллированную воду.

После выделения ожидаемой нафтенно-парафиновой части и половины фракции 24—60°C приемник заменялся. Появление ароматики контролировалось формолитовой реакцией по А. М. Настюкову.

Нафтенно-парафиновая часть освобождалась от деароматизированной фракции с т. кип. 24—60°C.

Деароматизированные фракции промывались, высушивались и фракционированием перегонялись над металлическим натрием.

Последующие стадии исследования представляли дегидрирование углеводородов ряда декалина, входящих в состав исследуемой фракции. Для этой цели использовали палладиевый катализатор, приготовленный по методу Н. Д. Зелинского и М. Б. Туровой-Поляк.

Мы отдали предпочтение палладиевому катализатору потому, что в условиях дегидрогенизационного катализа он не вызывает дегидроциклизации парафиновых углеводородов, как это показано Б. А. Казанским и Х. И. Арешидзе [6], а реакция гидрогенолиза циклопентановых углеводородов на том же катализаторе протекает слабее, чем на платиновом катализаторе.

В дальнейших исследованиях, проведенных одновременно и независимо друг от друга Б. А. Казанским, А. Л. Либерманом [7] и Х. И. Арешидзе [8], в реакциях C_6 дегидроциклизации парафиновых углеводородов был испытан катализатор—палладий на активированном угле. Выяснилось, что и в этой реакции он индифферентен. Этими исследованиями было доказано, что на палладиевом катализаторе не имеют места реакции C_6 и C_5 дегидроциклизации, искажающие конечные результаты.

Приготовление катализатора. Активированный уголь предварительно очищали следующим образом: уголь кипятили в тече-

ние 1 часа в 15% растворе едкого калия, после чего промывали горячей дистиллированной водой до удаления щелочи. Затем активированный уголь в течение 1 часа кипятили в 15% растворе азотной кислоты и промывали дистиллированной водой до удаления кислоты. Обработанный таким образом уголь сушили при 100°C. Активность угля по диэтиловому эфиру 40%.

К раствору палладийхлористоводородной кислоты добавляли предварительно откачанный в вакууме активированный уголь с таким расчетом, чтобы получить катализатор, содержащий 10% палладия. Активированный уголь, пропитанный палладийхлористоводородной кислотой, к которому был добавлен формалин, охлаждали до 0°C и к нему осторожно добавляли по каплям 50% раствор едкого калия так, чтобы температура реакционной смеси не превышала 5°C.

Щелочь брали из такого расчета, чтобы на 1 г палладия приходилось 2—3 г едкого калия. После добавления щелочи реакционная смесь нагревалась на водяной бане до 70°C в течение 1 часа, затем оставлялась на ночь. На другой день палладированный уголь переносили на воронку Бюхнера и промывали дистиллированной водой до отрицательной реакции на ион хлора.

Приготовленный таким образом катализатор сушили при 100°C, после чего переносили в каталитическую трубку и восстанавливали в токе водорода постепенным повышением температуры.

Активность катализатора проверяли дегидрогенизацией циклогексана при 300—305°C. Количество бензола, образовавшегося при дегидрогенизации циклогексана в смеси бензол-циклогексан, вычисляли путем определения показателя лучепреломления по Г. С. Павлову [9]. В результате определения было установлено, что катализатор имел 95% активность. Над этим катализатором в слабом токе водорода при температуре 300—305°C пропускали деароматизированные фракции сацхенисской нефти с объемной скоростью 0,1.

Полное дегидрирование гидроароматических углеводородов контролировали определением показателя лучепреломления катализаторов. Дегидрирование проводили до постоянной величины показателя лучепреломления катализата.

Конденсированные ароматические углеводороды, образовавшиеся после дегидрирования соответствующих декагидроароматических углеводородов, выделяли с помощью пикриновой кислоты. С целью сведения до минимума потерь вторичных моноциклических ароматических углеводородов мы сочли нужным провести выделение вторичных конденсированных ароматических углеводородов пикриновой кислотой непосредственно из катализата. Для этого катализаты фракций с т. кип. 150—200 и 200—250°C объединили и 750 мл объединенного катализата

перегоняли в присутствии металлического натрия, в результате чего получали фракции, соответствующие тем или иным конденсированным ароматическим углеводородам.

Для выделения вторичных конденсированных ароматических углеводородов катализаты с т. кип. 180—210, 210—235°C и выше обрабатывали пикриновой кислотой. Исследуемый продукт помещали в колбу Эрленмейера емкостью 300 мл, к нему добавляли пикриновую кислоту и подогревали на водяной бане до его растворения. Пикриновая кислота добавлялась в малых количествах, чтобы ее избыток не перекрывал цвета пикратов и чтобы в связи с этим не создавалось раньше времени впечатление о завершенности выделения пикратов. Затем производили вымораживание пикратов в стакане с охлаждающей смесью (лед+поваренная соль) при постоянном перемешивании.

Выделенные пикраты отделяли от исследуемой фракции фильтрацией на воронке Бюхнера. Фильтраты обрабатывали пикриновой кислотой несколько раз до ее растворения.

Извлечение конденсированных ароматических углеводородов считали законченным тогда, когда при дальнейшем добавлении пикриновой кислоты образование пикратов не имело места. Осадок пикратов оставляли на ночь на фильтровальной бумаге, а затем три раза перекристаллизовывали из спирта и эфира. Для отделения от углеводородной примеси пикраты перекристаллизовывались из этилового спирта. От следов пикриновой кислоты пикраты освобождали обработкой эфиром, последний добавлялся небольшими порциями до полного их растворения. При этом большая часть пикриновой кислоты оставалась в осадке, который отделялся. После удаления эфира пикраты вновь перекристаллизовывались из спирта и обрабатывались эфиром.

Полученные таким путем чистые пикраты переносили в фарфоровую чашку и растворяли в эфире. При медленном испарении эфира происходила дробная кристаллизация пикратов, которые выделялись слоями разных цветов — оранжево-желтого, красновато-оранжевого и коричневатого-красного. Эти слои разделяли, и полученные таким путем одноцветные кристаллы пикратов вновь подвергали дробной кристаллизации. Кристаллы одинакового цвета объединяли и снова перекристаллизовывали, после чего взвешивали и определяли температуру плавления пикратов.

Из фракции 180—210°C было выделено 0,57 г оранжево-желтых кристаллов с т. пл. 105°C, из фракции 210—235°C—1,95 г красновато-оранжевых с т. пл. 105—110°C, а из фракции выше 235°C — 1,64 г коричневатого-красных с т. пл. 110°C.

По цвету и температуре плавления выделенные из первой фракции оранжево-желтые кристаллы соответствуют пикратам α (2-амил)наф-

талина с т. пл. 103—105°C [10], коричневато-красные кристаллы из третьей фракции, — по-видимому, смеси пикратов — β -изоамилнафталина и α -третичного амилнафталина (т. пл. первого 108—109°C, второго 110—112°C), а красновато-оранжевые кристаллы из второй фракции с т. пл. 105—110°, — по всей вероятности, смеси пикратов из первой и третьей фракций.

С целью идентификации конденсированных ароматических углеводородов, полученных дегидрогенизацией декагидроароматических углеводородов, пикраты первых разложили 3% щелочным раствором. Эфирный раствор вторичных конденсированных ароматических углеводородов, выделенных в результате разложения пикратов, промывали 3% щелочным раствором до полного отделения примеси пикриновой кислоты, что определялось по исчезновению желтой окраски промывного щелочного раствора, затем дистиллированной водой до нейтральной реакции. После сушки над хлористым кальцием эфир отделяли перегонкой над металлическим натрием. Оставшиеся после освобождения от эфира 2,5 мл смеси конденсированных ароматических углеводородов перенесли в колбу Клайзена и перегоняли в вакууме при давлении 6 мм рт. ст. Температура кипения приводилась к нормальным условиям.

Несколько капель перегонялось при 295—300°C, а основная масса — при 300—330°C. Ввиду малого количества дистилляты объединялись, и для идентификации вторичных конденсированных ароматических углеводородов изучался инфракрасный спектр объединенного дистиллята¹.

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

(Поступило в редакцию 25.7.1967)

ორბანული კიბია

პრ. არმიშიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი).
 ბ. ხაჩიძე

დეკალინის რიგის ნახშირწყალბადები საცხენისის ნავთობში
 რეზიუმე

შესწავლილია საცხენისის ნავთობში შემავალი დეკალინის რიგის ნახშირწყალბადები დეჰიდროგენული კატალიზით, პიკრატული მეთოდითა და სპექტრალური ანალიზით. კვლევის შედეგად დადგენილია α - (2-ამილ) დეკალინის, α - და β -იზომილდეკალინების არსებობა.

¹ Спектроскопическое исследование выполнено Б. В. Лопатыным в оптической лаборатории ИОХ им. Н. Д. Зелинского АН СССР.

მეორადი კონდენსირებული, არომატული ნახშირწყალბადების გამოყოფა მოხდა პიკრატული მეთოდით. ჩატარდა პიკრატების წილადური კრისტალიზაცია ეთერიდან, რის შედეგად მიღებულია სხვადასხვა ფერის პიკრატები ლღობის ტემპერატურებით: ორანჟისებრ-ყვითელი— 105° , მოწითალო-ორანჟისფერი— $105-110^{\circ}$ და მოყავისფრო-წითელი — 110° .

ორანჟისებრ-ყვითელი ფერის კრისტალები შეესაბამება— α (2-ამილ) ნაფტალენის პიკრატს, ლღობის ტემპერატურით $103-105^{\circ}$, მოყავისფრო-წითელი ფერის კრისტალები, როგორც ჩანს, α - და β -იზომილნაფტალინების პიკრატების ნარევეს წარმოადგენს. პირველის ლღობის ტემპერატურა $108-109^{\circ}$ -ია, მეორისა— $110-112^{\circ}$, ხოლო მოწითალო-ორანჟისფერი კრისტალები ლღობის ტემპერატურით $105-110^{\circ}$ წარმოადგენს α -(2-ამილ) და α - და β -იზომილნაფტალინების პიკრატების ნარევეს.

კონდენსირებული არომატული ნახშირწყალბადების რეგენერირების მიზნით პიკრატები დაიშალა 3%-ანი ტუტის ხსნარით. მეორადი კონდენსირებული არომატული ნახშირწყალბადების ექსტრაქტს მეტალურ ნატრიუმზე გამოხდით მოცილდა ეთერი. მეორადი კონდენსირებული არომატული ნახშირწყალბადება გამოიხადა ვაკუუმში 6 მმ წნევის პირობებში. მიღებული დესტილატი შესწავლილია ინფრაწითელი სპექტრებით, რამაც დაადასტურა კვლევის შედეგები.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. X. ი. არეშიძე და ე. პ. ხეჩინაშვილი. Количественное определение пяти- и шестичленных цикланов сахенинской нефти. Сообщения АН ГССР, 28, 1962.
2. X. ი. არეშიძე და ე. პ. ხეჩინაშვილი. Конденсированные ароматические углеводороды сахенинской нефти. Buletinul Institutului Politehnic Din Iasi, 9, № 3-4, 1964, 174.
3. N. D. Zelinsky, B. A. Kazansky. Die Dehydrogenisations-katalise als eine Methode zur Erforschung der Kohlen-wasserstoffe des Erdöls. Ber., 64, 1931, 2265.
4. Л. М. Розенберг. О декалине и его гомологах в сураханской масляной нефти. ДАН СССР, 80, 1951, 769.
5. X. ი. არეშიძე, ა. ვ. კიკვიძე. Углеводороды ряда декалина в мирзанской нефти. ДАН СССР, 121, 1958, 1025.
6. Б. А. Казанский, X. И. Арешидзе. Исследование катализатора палладия... Сообщения АН ГССР, III, № 9, 1942, 885.
7. Б. А. Казанский, А. Л. Либерман и др. Каталитические превращения углеводородов. Химическая наука и промышленность, № 2, 1957, 172.
8. X. ი. არეშიძე. Исследование псевдения катализатора—палладия на активированном угле... Труды Ин-та химии им. П. Г. Меликишвили АН ГССР, 7, 1958, 129.
9. Г. С. Павлов. К вопросу о зависимости плотностей и показателей преломления бинарных смесей от состава. ЖРХО, 58, 1926, 1309.
10. Е. С. Покровская. Углеводороды ряда нафталина в керосиновых фракциях нефтей. Труды Ин-та нефти АН СССР, т. X, 1957, 50-51.



Т. П. СЫТЕНКО, Г. В. ЦИЦИШВИЛИ (академик АН ГССР),
Т. Г. АНДРОНИКАШВИЛИ

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА КОБАЛЬТСОДЕРЖАЩИХ ЦЕОЛИТОВ ТИПА X

В настоящее время синтетические цеолиты находят широкое применение в процессе адсорбционного разделения [1, 2]. Наши исследования проводились с целью выяснения влияния природы катиона цеолита и способа введения его при хроматографическом разделении адсорбатов разной природы.

Для получения катионообменной формы цеолита, содержащего катион кобальта, нами был взят кристаллический синтетический цеолит типа NaX, изготовленный Грозненским крекинг-заводом. Его химический состав приведен в табл. 1.

Для ионного обмена применялись растворы азотнокислых и хлористых солей кобальта в пределах изменения концентрации от 0,3 до 1,5 н. Образцы получались следующим образом. Свежеприготовленный порошкообразный кристаллический цеолит заливали раствором заданной концентрации соответствующей соли. Перемешивали в течение нескольких минут при температуре 20°C, затем быстро фильтровали и промывали холодной дистиллированной водой до исчезновения в промывных водах иона NO_3^- или Cl^- . Этот процесс повторяли несколько раз. Степень обмена иона Na^+ на ион Co^{+2} зависела от числа обработок и концентрации применяемых растворов. Два образца (№ 6 и 7) были приготовлены иным образом: введение катиона в натриевую форму цеолита проводилось однократно, с применением концентрированных растворов солей. Обмен длился 48 часов при непрерывном механическом перемешивании. Степень обмена Na^+ на Co^{+2} в цеолите определяли по результатам химического анализа.

Хроматографические исследования свойств образцов (фракция 0,6—0,4 мм) проводились на лабораторном хроматографе с высокочувствительным ультразвуковым детектором Г-21 при температуре разделительной колонки (длиной 1 м, $d_{\text{вн}}=6$ мм) в интервале от 20 до 260°C. Для анализа брались смесь водорода, кислорода, метана, азота и окиси углерода и смесь предельных и непредельных углеводородов от C_1 до C_9 . Скорость газоносителя гелия менялась в пределах 40—120 мл/мин. Перед загрузкой в колонку цеолит прокаливался в течение 4 часов при 450°C и после загрузки в колонку просушивался в токе гелия еще 4 часа при 250°C.

Химический состав приготовленных нами образцов с различным содержанием иона Co^{+2} и разными способами введения катиона в цеолит

Таблица 1

№ образцов	Химический состав цеолитов в окисной форме	Удельный удерживаемый объем в $\text{см}^3/\text{г}$ при 22°C			
		O_2	N_2	CH_4	CO
1	0,90 Na_2O 0,25 Al_2O_3 2,57 SiO_2	4,0	6,8	10,7	22,4
2	0,52 Na_2O 0,25 CoO 0,25 Al_2O_3 2,48 SiO_2	2,3	5,2	9,5	41,3
3	0,46 Na_2O 0,33 CoO 0,25 Al_2O_3 2,56 SiO_2	2,2	4,9	8,8	52,6
4	0,40 Na_2O 0,38 CoO 0,25 Al_2O_3 2,62 SiO_2	2,1	5,0	8,9	64,2
5	0,38 Na_2O 0,41 CoO 0,25 Al_2O_3 2,49 SiO_2	2,0	3,9	7,0	58,5
6	0,48 Na_2O 0,34 CoO 0,25 Al_2O_3 2,52 SiO_2	1,9	4,3	8,7	17,0
7	0,39 Na_2O 0,40 CoO 0,25 Al_2O_3 2,58 SiO_2	1,8	4,4	8,4	30,8

приведен в табл. 1.

Сохранность кристаллической структуры и идентичность ее со структурой, характерной для NaX (фожазита), подтверждалась дебаграммами.

На рис. 1 а, б даны хроматограммы разделения модельной смеси на образцах 2 и 4

кобальтсодержащего цеолита с различной степенью замещения иона Na^+ на Co^{+2} . Как видно из рис. 1, природа катиона цеолита оказывает влияние на последовательность вымывания компонентов, эффективность разделения и формы хроматографических пиков. При температуре 22°C на образце 4 (большое содержание кобальта) наблюдается полное разделение модельной смеси, но исправленное время удерживания кислорода, азота и метана уменьшается, а окиси углерода резко увеличивается в сравнении с образцом 2 (малое содержание кобальта). При этом наблюдается изменение формы пика окиси углерода: пик имеет вытянутый хвост.

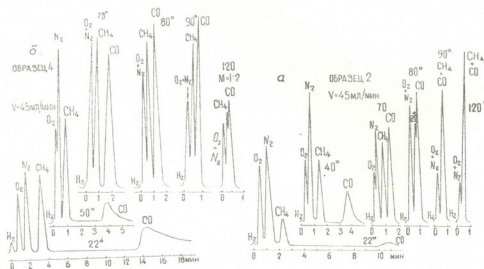


Рис. 1. Хроматограммы разделения модельной смеси на образцах 2 и 4 кобальтсодержащего цеолита типа X

Как видно из хроматограммы на рис. 1 а, б, в зависимости от степени замещения температурный интервал, при котором происходит разделение

метана и окиси углерода различен. На образце 2 смесь метана и окиси углерода разделяется в пределах температуры до 70°C, на образце 4—до 100°C. Исследовалось влияние температуры на асимметричность пиков окиси углерода на исследуемых образцах в зависимости от содержания кобальта в цеолите. В работе [3] показано, что в случае возможности описания хроматографической кривой уравнением типа Гаусса (симметричный пик) отношение ширины пика при основании W_b (определяемой как длина отрезка, полученного двумя касательными, проведенными через точки перегиба пика) к ширине пика на половине высоты W_k есть величина постоянная, равная 1,698. В том случае, если отношение этих ширин отличается от величины 1,698 ($\sim 1,7$),—это является показателем асимметричности пика. Для адсорбентов эта величина постоянно выше теоретической.

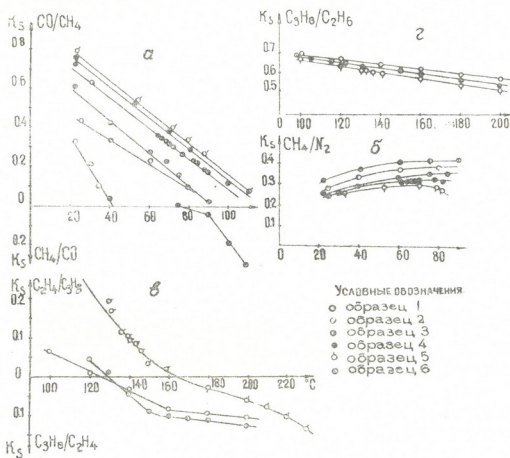


Рис. 2. Температурная зависимость коэффициентов селективности (K_s) различных пар компонентов на образцах кобальтсодержащего цеолита

Как видно из табл. 2, с повышением температуры происходит уменьшение асимметричности пиков окиси углерода на всех образцах, но величина W_1/W_n остается немного больше теоретической.

Таблица 2

№ образ- цов	Асимметричности пиков, определяемые из отношения W_b/W_h при температурах °С								
	22	40	50	70	80	90	100	110	120
1	2,00	1,96	—	1,90	1,86	—	1,82	—	1,76
2	2,50	2,42	—	2,23	2,12	—	—	—	—
4	3,02	—	2,82	2,73	2,64	2,58	2,50	2,42	2,26

При сопоставлении величин W_b/W_h для натриевой и кобальтовой форм заметно сказывается влияние природы катиона цеолита: для натриевой формы при 22°С величина W_b/W_h близка к теоретической, а для образца 4—значительно больше. С увеличением температуры это отклонение несколько уменьшается. Замечено, что с повышением степени обмена катионов отношения W_b/W_h увеличиваются.

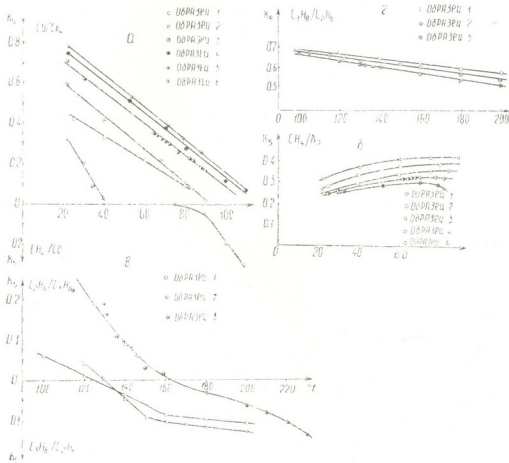


Рис. 3

Хроматограммы различных газов были использованы для вычисления величин, характеризующих природу взаимодействий адсорбент-адсорбат.

Как известно, разделительную способность, зависящую от селективности адсорбента, характеризует коэффициент селективности K_s (определяемый из соотношения $\frac{\Gamma_2 - \Gamma_1}{\Gamma_2 + \Gamma_1}$, где Γ — коэффициент Генри).

На рис. 2 показана зависимость коэффициента селективности различных по электронной структуре молекул на исследуемых образцах от температуры и способа введения катиона в цеолит.

Как видно из рис. 2, а, с увеличением температуры коэффициент селективности для смеси окиси углерода и метана на образцах с повышенным содержанием катиона кобальта более резко уменьшается в сравнении с натриевой формой. Для образца 6 (однократный способ введения) наблюдается изменение последовательности вымывания окиси углерода и метана. На образцах 4,5 (многократный способ введения) с более высокой степенью обмена инверсии порядка вымывания этих компонентов в исследуемом интервале температуры не наблюдалось. Величины коэффициента селективности окиси углерода и метана растут с увеличением степени обмена для образцов 2, 3, 4, 5. Для смеси метана и азота (рис. 2, б) наблюдается рост коэффициента селективности с увеличением температуры нагрева колонки. Из рис. 2, в, г, видно, что на образце 2 имеющая место инверсия последовательности вымывания этилена и пропана по своему характеру близка к инверсии этих же компонентов на натриевой форме, а на образце 5 начало инверсии перемещается в область более высоких температур нагрева колонки. Нами наблюдалось, что до начала инверсии вымывания величины коэффициентов селективности компонентов, разных по электронной структуре (этилен и пропан), значительно увеличиваются с

Таблица 3

Адсорбаты	Теплоты адсорбции в ккал/моль на образцах с различной степенью обмена					
	№ образцов					
	1	2	3	4	5	6
Азот	—	4,2	4,4	4,6	4,7	4,3
Метан	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9
Окись углерода	5,2	7,3	7,9	8,2	8,3	7,4
Этан	6,0	5,4	5,4	5,3	5,2	5,9
Этилен	8,4	8,5	9,2	9,9	11,2	—
Пропан	8,1	7,0	6,9	6,8	6,7	7,4

ростом содержания кобальта в цеолите, а коэффициенты селективности компонентов, одинаковых по электронной структуре (пропана и этана), изменяются незначительно.

Сопоставление величин теплот адсорбции веществ различной природы различными адсорбентами позволяет судить о природе и энергии взаимодействий этих веществ с поверхностью цеолита.

Как видно из табл. 3, величины теплоты адсорбции для одного и того же алканового углеводорода на различных катионообменных формах отличаются незначительно.

Из данных табл. 3 следует, что при переходе от предельных углеводородов к полярным соединениям и к неопределенным теплоты адсорбции увеличиваются на всех исследуемых образцах. Общий характер зависимости одинаков для приведенных цеолитов, но имеются существенные отличия, специфичные для данной катионообменной формы. Величины теплот адсорбции окиси углерода и этилена на образце 5 значительно больше, чем на исходной натриевой форме.

При сопоставлении величин удельных удерживаемых объемов газов модельной смеси (табл. 1) и теплот адсорбции окиси углерода (табл. 3) на образцах 4 и 7 с близкой степенью обмена, но полученных разными способами, замечено, что способ введения катиона в цеолит влияет на его свойства. Для образца 7 (однократный обмен) удельный удерживаемый объем окиси углерода в 2 раза меньше.

Также наблюдается снижение теплоты адсорбции окиси углерода по сравнению с образцом 4. По-видимому, при получении образца 7 происходит частичное ослабление жесткости (целостности) кристаллической решетки, которое незаметно на рентгенограмме.

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

(Поступило в редакцию 19.7.1967)

ფიზიკური ქიმია

ბ. სიტენკო, გ. ციციშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი),
 თ. ანდრონიკაშვილი

კობალტუმცველი X ტიპის ცეოლითების ზოგიერთი თვისება

რეზიუმე

ნახშირწყალბადური აირების, წყალბადის, ქანგბადის, აზოტისა და ნახშირ-ქანგის ნარევების დაყოფის მავალითზე შესწავლილია კობალტუმცველი X ტიპის ცეოლითების ქრომატოგრაფიული თვისებები ნატრიუმის იონის კობალტის იონით ჩანაცვლების ხარისხთან დამოკიდებულებით. ჩატარებულია კვლევა კათიონის ბუნების, ჩანაცვლების ხარისხისა და აგრეთვე კათიონის ცეოლითში შეყვანის მეთოდის გავლენის შესასწავლად სელექტიურობის კოეფიციენტებზე სხვადასხვა კომპონენტთა წყვილებისათვის.

ქრომატოგრაფიული მონაცემებიდან გათვლილია შესწავლილი აღსორბატების აღსორბციის სითბობები ყველა საკვლევი ნიმუშისათვის. შემჩნეულია, რომ კათიონის შეყვანის მეთოდიც ცეოლითში შესამჩნევად ცვლის ცეოლითის ქრომატოგრაფიულ თვისებებს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. М. Дубинин. Молекулярно-ситовые свойства синтетических цеолитов типа А, X и Y в различных ионообменных формах. ДАН СССР, 159, 1964, 166.
2. P. E. Eberly. High-temperature adsorption studies on various ion-exchanged forms of zeolites A and X. J. Phys. Chem., 65, 1962, 812.
3. L. S. Ettre. Possibiliti for using a simple expression for peak symmetry characterization in gas chromatography. J. Chromatography, vol. 11, 2, 1963, 267.



АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Е. Г. ДАВИТАШВИЛИ, М. Е. МОДЕБАДЗЕ, Н. Г. ШЕЛИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСАЛАТА НЕОДИМА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. И. Эристави 21.6.1967)

В ранее опубликованных работах [1, 2] нами сообщалось, что реакция взаимодействия ионов Y^{3+} и Ce^{3+} с $Me_2C_2O_4$ (где Me—щелочной металл) протекает достаточно сложно с образованием, наряду с простыми оксалатами, малорастворимых и растворимых комплексных соединений, условия выделения которых весьма существенно зависят от природы щелочного металла, входящего в состав осаждаемого оксалата, концентрации реагирующих компонентов и pH среды.

Продолжая систематическое изучение оксалатов редкоземельных элементов, мы задались целью выяснить условия образования комплексных оксалатов неодима, а также их некоторые свойства. В литературе имеется очень мало данных относительно комплексных оксалатов неодима. Известно только, что неодим в буферных растворах оксалата натрия и шавелевой кислоты образует комплексные ионы типа $[Nd(C_2O_4)]^+$ и $[Nd(C_2O_4)_2]^-$ [3]. Однако механизм реакции образования, а также влияние щелочного металла, присутствующего в растворе, на состав и свойства образующихся соединений до настоящего времени не изучались.

В настоящей статье приводятся результаты исследования взаимодействия в водном растворе нитрата неодима с оксалатами лития и натрия при 25°C методами растворимости, измерения pH и аналитического определения состава осадка.

Для приготовления исходных растворов применялись продажные реактивы $Nd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (чда), $Li_2C_2O_4$ и $Na_2C_2O_4$ (хч). Титр раствора нитрата неодима устанавливался оксалатным методом. Определение NO_3^- показало стехиометрический состав соли. Концентрации растворов $Li_2C_2O_4$ и $Na_2C_2O_4$ устанавливались титрованием с помощью перманганата калия. Методика работы, выделение твердых фаз для аналитического исследования и методы анализа описаны в работе [4].

Исследование систем $Nd(NO_3)_3 - Li_2C_2O_4 - H_2O$ и $Nd(NO_3)_3 - Na_2C_2O_4 - H_2O$ производилось при постоянной концентрации ионов неодима (0,02 г-ион/л). Молярное отношение $Li_2(Na_2)C_2O_4 : Nd(NO_3)_3 = n$ в исходных рас-

ворах изменялось от 0,25 до 16 в системе с оксалатом лития и от 0,25 до 8 в системе с оксалатом натрия. Конечный объем рабочих смесей составлял 100 мл. Смеси перемешивались в воздушном термостате при 25°C до достижения равновесия (~2 часа).

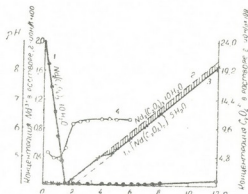


Рис. 1. Изменение концентрации Nd^{3+} (1), $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ (2, 3) и pH (4) в системе $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$ — $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ — H_2O

растворимость указанных соединений в растворах соответствующих щелочных оксалатов различны. Так, в системе с $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (рис. 1) нормальный оксалат неодима количественно выделяется из раствора при $\text{pH}=1,5$. В этой точке в равновесном растворе отсутствуют как ионы Nd^{3+} , так и $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$. Увеличение концентрации $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ до значений $\text{pH}<4$ не приводит к изменению состава твердой фазы; ионы Nd^{3+} в растворе не обнаруживаются, а концентрация свободных ионов $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ растет пропорционально увеличивающемуся избытку $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (рис. 1, пунктирная кривая 2). Анализ равновесного раствора во всех точках, относящихся к интервалу значений pH от 1,5 до 4, показал, что величина отношения $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}:\text{Nd}^{3+}$ в осадке остается постоянной и равна 1,5.

После $\text{pH}=4$ прибавляемый оксалат лития взаимодействует с осадком, образуя сперва в узком интервале значений pH смешанную соль переменного состава, а затем, при $\text{pH}=4,5$, комплексную соль $\text{Li}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (рис. 1, кривая 3), в которой молярное отношение $\text{Nd}^{3+}:\text{Li}^+:\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ равно 1:1:2.

Дальнейшее увеличение в системе количества $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$, отвечающего $\text{pH}=16$, хотя и не приводит к изменениям в составе твердой фазы, но способствует растворению осадка. При $\text{pH}=16$ растворимость оксалата неодима

Результаты исследования этих систем методом растворимости, представленные на рис. 1 и 2, показывают, что реакция взаимодействия нитрата неодима с оксалатами лития и натрия на всем протяжении исследованных концентраций протекает с образованием двух малорастворимых соединений—простого оксалата неодима $\text{Nd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и комплексной соли состава $\text{Li}(\text{Na})[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]\cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Однако ход образования и

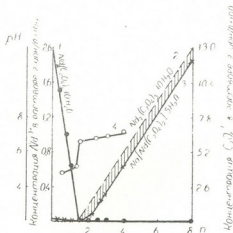


Рис. 2. Изменение концентрации Nd^{3+} (1), $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ (2, 3) и pH (4) в системе $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$ — $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ — H_2O

равна $1,2 \cdot 10^{-3}$ мол/л. Ввиду малой растворимости $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в воде ($\sim 0,4$ мол/л) увеличить n выше 16 было невозможно.

Как видно из рис. 2, в системе с $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ полное осаждение неодима в виде нормального оксалата, так же как и в системе с $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$, заканчивается при $n=1,5$, но область его существования уменьшается почти в 2 раза. В системе с $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ нормальный оксалат неодима существует при значениях $n < 4$ (рис. 1, кривая 2), а в системе с $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ — при $n < 2$ (рис. 2, кривая 2). При значениях $n=2$ начинается взаимодействие между нормальным оксалатом неодима и избытком оксалата натрия, которое при $n=2,25$ заканчивается выделением комплексной соли постоянного состава $\text{Na}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Таким образом, в системе с $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ комплексная соль выделяется почти при стехиометрическом количестве реагирующих компонентов, тогда как в системе с $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ для этого требуется более чем двукратный избыток оксалата лития. Увеличение в системе содержания $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ до $n=8$ не изменяет состав твердой фазы и не способствует растворению осадка. Вследствие малой растворимости $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в воде ($\sim 0,02$ мол/л) увеличить молярное отношение компонентов в исходной смеси выше 8 было невозможно.

Изменение pH равновесных растворов (рис. 1 и 2, кривая 4) показывает скачок только в точке выделения $\text{Nd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Образование комплексной соли не находит отражение на диаграмме. Как показывают результаты химического анализа твердых фаз, выделенных при $n=4,5$ (в системе с $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$) и при $n=2,25$ (в системе с $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$), приведенные в таблице, фактическое содержание компонентов хорошо совпадает с теоретически рассчитанным количеством для $\text{Li}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Данные анализа комплексных оксалатов неодима

Комплексная соль	Nd ³⁺	Me ⁺ (†)	C ₂ O ₄ ²⁻	H ₂ O
Для $\text{Li}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ $n=4,5$ найдено, %: вычислено, %:	34,62	1,71	42,72	20,92
	34,58	1,66	42,18	21,59
Для $\text{Na}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ $n=2,25$ найдено, %: вычислено, %:	33,66	5,10	40,52	20,52
	33,30	5,30	40,62	20,77

(† Me = Li, Na.

Результаты термографического исследования твердых фаз $\text{Li}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ представлены на рис. 3 и 4.

Термограммы с одновременной регистрацией потери веса записывались на пирометре Курнакова с дифференциальной термпарой со скоростью нагрева $\sim 15^\circ\text{C}/\text{мин}$.

На кривой нагревания соли $\text{Li}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (рис. 3) обнаруживаются два эффекта (эндотермический и экзотермический), отвечающие термическому разложению этого соединения.

При нагревании до температуры эндотермического минимума (165°C) соль теряет в весе приблизительно 18%, что соответствует потере четырех молекул воды. Оставшаяся одна молекула H_2O удаляется при нагревании соли до 275°C . Общая потеря веса при этом составляет 21,47%, что отвечает 5 молекулам воды. Разложение оксалата при данной температуре незначительно (определение $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ в остатке дало 41,92% вместо теоретически рассчитанного содержания 42,18%).

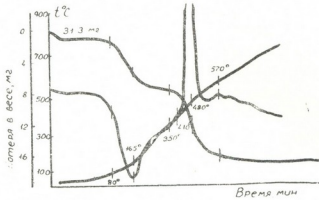


Рис. 3. Кривые нагревания $\text{Li}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$:
 1) простая запись; 2) дифференциальная запись;
 3) потеря в весе

разложение оксалатной группы, сопровождающееся большим экзотермическим эффектом и приводящее к образованию неодимата лития, происходит в интервале температур $350\text{--}570^\circ\text{C}$. Однако полное разложение $\text{Li}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]$ до LiNdO_2 имеет место при 1000°C , когда вес прокаленного продукта равен теоретически рассчитанному количеству для LiNdO_2 .

Термограмма $\text{Na}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (рис. 4) по форме очень сходна с предыдущей и показывает совершенно аналогичные тепловые эффекты. Эндотермический минимум (при 165°C) также связан с дегидратацией соли (потеря в весе 18,75% отвечает четырем с половиной молекулам воды). Полное обезвоживание соли происходит при более высокой температуре ($\sim 200^\circ\text{C}$), что подтверждается уменьшением ее веса на 20,62%, соответствующим потере пяти молекул воды. При последующем повышении температуры до 250°C вес вещества не изменяется. Это указывает на то, что в области температур $200\text{--}250^\circ\text{C}$ существует безводный комплексный оксалат неодима. Экзотермический эффект при температуре $310\text{--}670^\circ\text{C}$ является результатом посте-

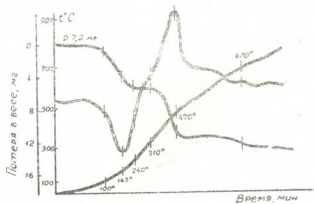


Рис. 4. Кривые нагревания $\text{Na}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$:
 1) простая запись; 2) дифференциальная запись; 3) потеря в весе

пенного разложения $\text{Na}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]$ и образования окиси неодима, которая в чистом виде получается только при прокаливании соли до 1100°C .

Таким образом, сопоставление результатов, полученных при изучении систем $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4 - \text{H}_2\text{O}$ и $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3 - \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 - \text{H}_2\text{O}$, показывает, что на характер взаимодействия между ионами неодима и оксалата оказывает существенное влияние природа щелочного металла в $\text{Me}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Так, в системе с $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ нормальный оксалат неодима выделяется сразу при добавлении незначительных количеств $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и сохраняет постоянный состав до $n < 4$. В дальнейшем, при увеличении количества оксалата лития, отвечающего значениям n от 4 до 4,5, в системе происходит образование комплексной соли типа $\text{Li}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. В системе с $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ нормальный оксалат неодима существует при $n < 2$, а комплексная соль $\text{Na}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — при $n \geq 2,25$. Таким образом, реакция комплексообразования в этом случае протекает в более точном соответствии со стехиометрией реакции образования нерастворимого оксалатного (1:2) комплекса неодима, чем в системе с $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Исследование по ряду щелочных оксалатов продолжается.

Выводы

Установлено, что при взаимодействии $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$ с $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ по мере увеличения количества оксалата щелочных металлов последовательно образуются $\text{Nd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и комплексные соединения $\text{Li}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Оба комплексные соединения характеризуются крайне малой растворимостью в избытке соответствующего оксалата щелочного металла.

Дана термографическая характеристика процесса разложения $\text{Li}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физической и

органической химии

им. П. Г. Меликишвили

Тбилиси

(Поступило в редакцию 21.6.1967)

ანალიზური კიბის

ა. ღავითაშვილი, მ. მოღვაძე, ე. შილია

ნეოდიმის იმსალატის წარმოქმნის რეაქციის შესწავლა

წყალხსნარებში

რეზიუმე

წერილში ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზის მეთოდებით გამოკვლეულია ნეოდიმის ნიტრატის ურთიერთქმედების რეაქცია ლითონისა და ნატრიუმის ოქსალატებთან წყალხსნარებში, მორეაგირე კომპონენტების ფართო ზღვრებში.

ნაჩვენებია, რომ ტუტე მეტალის ოქსალატის კონცენტრაციის გაზრდით სისტემებში თანმიმდევრულად გამოიყოფა ნეოდიუმის ნორმალური და კომპლექსური ოქსალატები, რომელთა არსებობის ზღვრები ძირითადად დამოკიდებულია დამლექავ ოქსალატში შემაჯავალ ტუტე მეტალის ბუნებაზე. ასე, მაგ., ლითიუმის ოქსალატთან სისტემაში ნეოდიუმის ნორმალური ოქსალატი ($\text{Nd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) ინარჩუნებს მუდმივ შედგენილობას $n < 4$ -მდე, ნატრიუმის ოქსალატთან სისტემაში კი $n < 2$ -მდე. ამის შემდეგ იწყება ურთიერთქმედება დამლექავ ოქსალატსა და ნეოდიუმის ოქსალატს შორის მყარ ფაზაში. რაც მთავრდება $n = 4,5$ ($\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -იან სისტემაში) და $n = 2,25$ ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -იან სისტემაში) $\text{Li}(\text{Na})[\text{Nd}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]5\text{H}_2\text{O}$ ტიპის კომპლექსური მარილის გამოყოფით. აღნიშნული კომპლექსური მარილები ხასიათდება მცირე ხსნადობით დამლექავ ოქსალატის სიჭარბეში.

შესწავლილია ორივე კომპლექსური ოქსალატის თერმული დაშლის პროცესი.

დავოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. M. E. მოდებაძე, E. Г. Давиашვილი. Исследование взаимодействия YCl_3 с $\text{Rb}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и $\text{Cs}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в водных растворах. Сообщения АН ГССР, XLII:2, 1966, 333.
2. E. Г. Давиашვილი, С. Г. Қурашвили, H. Г. Шелия, H. А. Джабшишვილი. Комплексные соединения некоторых переходных и редких элементов. Изд. «Мецნიერება», Тбилиси, 1966, 99.
3. C. E. Crouthamel, D. E. Martin. Solubility of the Rare Earth Oxalates and Complex Ion formation in Oxalate solution. II. Neodymium and Cerium (III). J. Amer. Chem. Soc., 73, 1951, 569.
4. E. Г. Давиашვილი, M. E. მოდებაძე. О реакции образования оксалата иттрия. Сообщения АН ГССР, XXXIX:2, 1965, 305.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н. В. МЗАРЕУЛИШВИЛИ, Е. Г. ДАВИТАШВИЛИ

О РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ, СОСТАВЕ И СВОЙСТВАХ
КАРБОНАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГАДОЛИНИЯ

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

В литературе по вопросу изучения реакции образования, состава и свойств карбонатных соединений гадолиния имеются крайне ограниченные сведения.

Известно, что при длительном пропускании CO_2 через водную суспензию гидроокиси гадолиния образуется основной карбонат, который затем переходит в нейтральный карбонат, выделяющийся в виде мелких иголочек — $\text{Gd}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$. Основной карбонат после высушивания при 100°C имеет состав $\text{Gd}(\text{OH})\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

На основании работ последних лет, касающихся состава карбонатов некоторых редкоземельных элементов, было установлено, что при эквимолярном соотношении реагирующих компонентов образуются нормальные карбонаты. Комплексные ионы в растворе почти не исследовались. До сих пор еще не имеется количественных данных по определению их устойчивости, хотя процессы разделения или подразделения на группы основываются именно на различной устойчивости, а не различной растворимости двойных солей [1—3].

Целью настоящей работы являлось изучение реакции взаимодействия в водном растворе $\text{Gd}(\text{NO}_3)_3$ с Na_2CO_3 в широком интервале соотношений реагирующих компонентов.

Исследование проводилось методами растворимости, измерения рН, электропроводности и кажущегося объема осадков; проводился также химический и термографический анализ твердых фаз.

Исходный раствор $\text{Gd}(\text{NO}_3)_3$ готовился растворением препарата квалификации „хч“ в воде. Концентрация раствора определялась анализом по гадолинию (через оксалат) и по ионам NO_3^- (объемным методом после их восстановления в щелочном растворе сплавом Деварда). Полученные данные подтвердили стехиометрическое соотношение в растворе ионов NO_3^- и гадолиния — 3 : 1.

Рабочий раствор Na_2CO_3 готовился растворением препарата квалификации „хч“ в воде. Титр устанавливался объемным методом с применением соляной кислоты.

Содержание натрия определялось пламеннофотометрическим методом.

При исследовании систем методом растворимости готовились смеси, в которых при постоянном исходном содержании $Gd(NO_3)_3$ (0,025 мол/л) количество карбоната натрия в исходной смеси изменялось от $Na_2CO_3 : Gd(NO_3)_3$ (n)=0,5 до 60. После перемешивания смеси при 25° в равновесном растворе определялась содержание (не выпавших в осадок) ионов Gd^{2+} и CO_3^{2-} . На основании количества непрореагировавших ионов, найденных в растворе, производились вычисления состава осадка. Равновесные фильтраты от осадка использовались для определения электропроводности и pH.

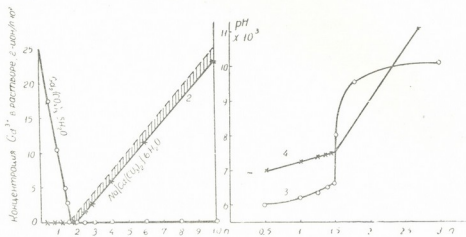


Рис. 1. Изменение концентрации Gd^{2+} (1), CO_3^{2-} (2), pH (3) и удельной электропроводности (4) в системе $Gd(NO_3)_3-Na_2CO_3-H_2O$

На рис. 1 представлены результаты изучения системы $Gd(NO_3)_3-Na_2CO_3-H_2O$ методами растворимости, измерения pH и электропроводности. Из полученных данных следует, что взаимодействие между $Gd(NO_3)_3$ и Na_2CO_3 до значения $n=1,5$ сопровождается образованием нормального карбоната гадолиния. После полного осаждения ($n=1,5$) при дальнейшем добавлении карбоната натрия происходит постепенное внедрение избытка осадителя в осадок нормального карбоната. В связи с этим в интервале $n=1,5-2,0$ твердая фаза представляет собой смесь нормального и комплексного карбонатов гадолиния с постепенно возрастающей долей последнего. При $n=2,0$ заканчивается процесс образования комплексной соли.

В пределах значений n от 3 до 12 состав твердой фазы отвечает формуле $Na[Gd(CO_3)_2] \cdot 6H_2O$.

При значительном избытке осадителя, начиная с точки $n=18$, в растворе появляются ионы гадолиния, количество которых постепенно увеличивается. Появление ионов гадолиния в растворе объясняется растворимостью

образующегося $\text{Na}[\text{Gd}(\text{CO}_3)_2] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ в избытке карбоната натрия. Полное растворение осадка происходит при $n=40$.

Результаты изменения рН и электропроводности довольно четко отражают образование нормального карбоната гадолиния. Резкие перегибы на кривых при $n=1,5$ отвечают составу соединения.

На рис. 2 представлены результаты исследования реакции взаимодействия ионов Gd^{3+} с карбонатом натрия методом измерения кажущегося объема осадков. Как видно из полученных данных, при возрастании n от 0,5 до 2,0 объем осадка постепенно увеличивается и достигает максимального значения в точке $n=2,0$, отвечающей составу комплексного карбоната гадолиния

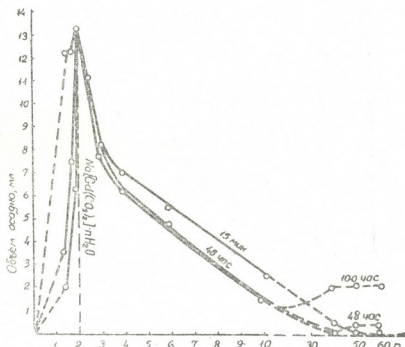


Рис. 2. Изменение кажущегося объема осадка в системе $\text{Gd}(\text{NO}_3)_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{H}_2\text{O}$

$\text{Na}[\text{Gd}(\text{CO}_3)_2] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. Дальнейшее повышение содержания карбоната натрия в системе приводит сначала к уплотнению осадка, а затем при $n > 18$ к постепенному растворению комплексного карбоната гадолиния, вплоть до полного его растворения ($n \geq 40$). Полученный растворимый комплексный карбонат гадолиния $\text{Na}_3[\text{Gd}(\text{CO}_3)_3]$ нестойк, и по истечении 24 часов из раствора начинает выделяться осадок комплексного карбоната гадолиния состава $\text{Na}[\text{Gd}(\text{CO}_3)_2] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$.

Ниже приведены результаты прямого определения состава осадков, выделенных при различных молярных соотношениях реагирующих компонентов.

При $n=1,5$ найдено, %: Gd —53,68; CO_3^{2-} —30,85; H_2O —15,47.

Для $\text{Gd}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ вычислено, %: Gd —53,85; CO_3^{2-} —30,76; H_2O —15,3.

При $n=2,0$ найдено, %: Na —4,89; Gd —40,49; CO_3^{2-} —29,86; H_2O —24,76.

Для $\text{Na}[\text{Gd}(\text{CO}_3)_2] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ вычислено, %: Na —4,93; Gd —40,56; CO_3^{2-} —29,64; H_2O —24,87.

При $n=6,0$ найдено, %: Na —5,75; Gd —38,60; CO_3^{2-} —29,49; H_2O —26,16.

Для $\text{Na}[\text{Gd}(\text{CO}_3)_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ вычислено, %: Na —5,63; Gd —38,51; CO_3^{2-} —29,39; H_2O —26,47.

Проведено также термографическое исследование выделенных соединений.

На рис. 3 приведена термогравиграмма $\text{Gd}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. На кривой

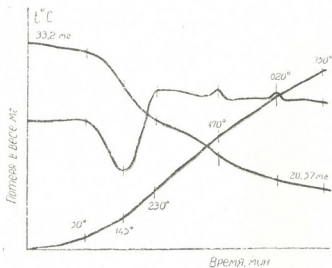


Рис. 3. Термогравиграмма $\text{Gd}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ —1—простая запись; 2—дифференциальная запись; 3—потеря в весе

нагревания эндотермический эффект в интервале температур от 50 до 230° с минимумом при 145° связан с отдачей 3,5 молекул воды. Потеря в весе при этом составляет 10,69%, что хорошо согласуется с теоретически вычисленной величиной—10,67%. При температурах последующих двух экзотических эффектов (470 и 620°) происходит кристаллизация соли с одновременным удалением оставшихся 1,5 молекул воды. При прокаливании пятиводного карбоната гадолиния до 750° происходит полная декарбонизация соли. Общая потеря в весе при этом составляет 38,04%, что близко к теоретически рассчитанной потере (37,98%).

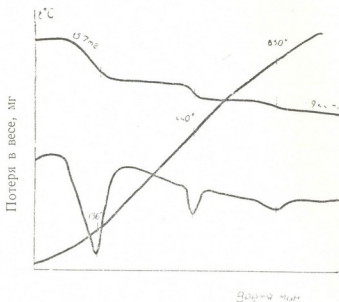


Рис. 4. Термогравиграмма $\text{Na}[\text{Gd}(\text{CO}_3)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: 1—простая запись; 2—дифференциальная запись; 3—потеря в весе

воды с одновременным разложением соли. С повышением температуры до 650° (третий эндотический эффект) происходит дальнейшее разложение образца с

образованием оксисоли гадолиния $Gd_2O_3 \cdot Na_2CO_3$. Общая потеря в весе при этом составляет 39,9%, что хорошо согласуется с теоретически вычисленной величиной (40,1%).

Выводы

Изучено взаимодействие ионов Gd^{2+} с карбонатом натрия методами растворимости, измерения pH, электропроводности, кажущегося объема осадков и анализа твердых фаз.

Показано, что в системе $Gd(NO_3)_3-Na_2CO_3-H_2O$ последовательно образуются нерастворимые соли гадолиния $Gd_2(CO_3)_3 \cdot 5H_2O$, $Na[Gd(CO_3)_2] \cdot 5H_2O$, $Na[Gd(CO_3)_2] \cdot 6H_2O$ и растворимое комплексное соединение $Na_3[Gd(CO_3)_3]$.

Индивидуальность полученных нерастворимых соединений подтверждена методом химического анализа.

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

(Поступило в редакцию 5.7.1937)

ანალიზური კვირა

ბ. შარაბულიძე, დ. დავითაშვილი

გადოლინიუმის კარბონატული ნაერთების წარმოქმნის რეაქციის,
შედეგანილოგისა და თვისებების შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

შესწავლილია $Gd(NO_3)_3$ და Na_2CO_3 შორის ურთიერთქმედების რეაქცია მორეაგირე კომპონენტების ფარდობათა ფართო ზღვრებში.

კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების გამოყენებით დადგენილია, რომ $Gd(NO_3)_3-Na_2CO_3-H_2O$ სისტემაში თანმიმდევრობით წარმოიქმნება გადოლინიუმის უხსნადი კარბონატები $Gd_2(CO_3)_3 \cdot 5H_2O$; $Na[Gd(CO_3)_2] \cdot 5H_2O$; $Na[Gd(CO_3)_2] \cdot 6H_2O$ და ხსნადი კომპლექსური ნაერთი $Na_3[Gd(CO_3)_3]$.

მიღებული უხსნადი ნაერთების ინდივიდუალობა დადასტურებულია მყარი ფაზის ქიმიური და თერმული ანალიზის მეთოდებით.

დაბეჭდილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. С. Скляренко, И. С. Скляренко и Т. М. Чубкова. Применение термogrавиметрии и аналитической химии. Журнал аналитической химии, 4, 1961, 417.
2. Су Чан, Ши Ци. Исследование состава и свойств карбонатных соединений трехвалентного церия. Журнал неорганической химии, V, 2, 1960, 372.
3. Д. И. Рябчиков, М. М. Сенявин, Ю. С. Скляренко. Труды Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Доклады советских ученых, т. 4. Изд. «Главатом», М., 1959.



ა. კახიჯაშვილი

პანგამის მჟავას (ვიტამინი B₁₅) რაოდენობითი
 ქრომატოგრაფიული განსაზღვრა

(წარმოადგინა აკადემიოსმა პ. ქოქოიანმა 20.7.1967)

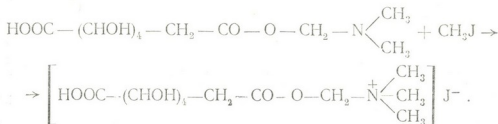
პანგამის მჟავას, როგორც ირკვევა, ვიტამინური მოქმედების უნარი ახასიათებს და ამიტომ ის დიდ ინტერესს იწვევს. ეჭვს გარეშეა, რომ იგი მეტად ფართო გამოყენებას პპოვებს რაციონალურ კვებაში. მაგრამ, ჭერ კიდევ არ შეიძლება იმის მტკიცება, რომ ჩვენი ცოდნა ამ პრეპარატის ბუნების შესახებ დამაკმაყოფილებელია.

პანგამის მჟავას შესწავლას ხელს უშლის ის, რომ დღემდე არ არის დამუშავებული მისი განსაზღვრის რაციონალური მეთოდი. 1965 წელს პორტუგალიელ მკვლევართა მიერ მოწოდებული პოლაროგრაფიული მეთოდი ვერ ქრის ამ პრობლემას [1].

ჩვენ მიზნად დავისახეთ დავემუშავებინა პანგამის მჟავას რაოდენობითი განსაზღვრის მეთოდი, რაც ხელს შეუწყობდა მისი მოქმედების შემდგომ შესწავლას. მუშაობა ჩატარდა პროფ. პ. ქოქოიანის მითითებითა და ხელმძღვანელობით.

მეთოდის პრინციპი

ჩვენი მეთოდის პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ პანგამის მჟავა გამოცალკევდება ქრომატოგრაფიულად ქალაღზე და მასზე წარმოებს მეთილის იოდიდის მოქმედება. პანგამის მჟავას, რომელიც შედგება გლუკონის მჟავასა და დიმეთილგლიცინისაგან, შეუძლია შეიერთოს მეთილის იოდიდი. რეაქციის მსვლელობისას თავისუფლდება იოდის იონი:



წარმოშობილი იოდის იონი კავშირდება ვერცხლის იონთან, ხოლო შემდეგ დითიონით კოლორიმეტრულად ისაზღვრება ვერცხლის იოდიდან მეტალურ სახემდე აღდგენილი ვერცხლი.

საქირო რეაქტივები და მოწყობილობა

1) მეთალის იოდინი, 2) 0,1 N ვერცხლის ნიტრატი, 3) კონცენტრული აზოტმჟავა (15 N), 4) დითიზონის 25 mkM ხსნარი ოთხქლორიან ნახშირბადში, 5) 0,1 N H₂SO₄, 6) სწრაფი ფოტოგამომამქლავებელი CD-26 [2], 7) პანგამის მჟავას სტანდარტული ხსნარი—3 მგ/მლ, 8) სპექტროფოტომეტრი CF-4 ან მგრძნობიარე სპექტროფოტოკოლორიმეტრი, 9) ქაღალდის ქრომატოგრაფიული კამერა (ჩამავალი), 10) წყლის თერმოსტატი მეთილირებისათვის, 11) საზრობი კარადა.

განსაზღვრის მსვლელობა

მზადდება ქსოვილის ტრიქლოროქსიმარმჟავა ექსტრაქტი, სადაც ტრიქლორმჟავას საბოლოო კონცენტრაცია არის 5%. ექსტრაქტი მუშავდება სამჯერ ორმაგი მოცულობის ეთერით ტრიქლოროქსიმარმჟავას მოსაშორებლად. შრება წყლის აბაზანაზე და იხსნება მცირე რაოდენობის წყალში (0,5 მლ).

ქრომატოგრაფიისათვის გამოიყენებოდა FN-11 Niederschlag-ის ქაღალდი. ქაღალდს ექლევოდა მატეისის მიერ რეკომენდებული ფორმა [3].

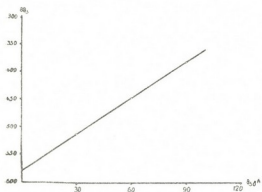
ქაღალდი იჭრება ზომით 55×18 სმ. ამოცანა დაცხება კიდიდან 10 სმ-ის დაშორებით. ქრომატოგრაფია გრძელდება 24—30 საათს, ვიდრე სითხე არ მიღწევს საწყისიდან 50—55 სმ მანძილს. გამხსნელი უნდა ვრცელდებოდეს ქაღალდის ბოჭკოების გასწვრივ.

ქრომატოგრაფიის დამთავრების შემდეგ ქაღალდი შრება თერმოსტატში და სითხის დინება მეორდება ერთხელ. მშრალი ქაღალდი დაიკიდება ჰერმეტიკულ ჭურჭელში, სადაც წინასწარ მოთავსებულია 5 მლ მეთილის იოდინი.

მეთილირება წარმოებს წყლის თერმოსტატში 2 საათის განმავლობაში 45°-ზე. რეაქციის დამთავრების შემდეგ ქაღალდს შორდება ზედმეტი მეთილის იოდინი 100°-ზე გაშრობით 20 წუთის განმავლობაში.

რეაქციის შედეგად წარმოშობილი იოდის იონები კავშირდებიან ვერცხლის იონებით. ამ მიზნისათვის ქაღალდი ამოივლება აბაზანაში, სადაც ჩასხმულია 0,1 N ვერცხლის ნიტრატი. შემდეგ ქაღალდი ზედმიწევნით ირეცხება იმ ვერცხლისაგან, რაც რეაქციაში არ შევიდა, ხოლო რეაქციაში შესული ვერცხლი მქლავნდება ფოტოგამომამქლავებლით. ქაღალდზე ის ვერცხლი გამოიხატება შავი-ნაცრისფერი ლაქების სახით.

ვერცხლის რაოდენობითი განსაზღვრა წარმოებს დითიზონით [4]. ამ მიზნისათვის ვერცხლის ლაქები ამოიჭრება და მუშავდება 2 მლ 15 N აზოტის მჟა-



სურ. 1

ვათი. მკვას ექსტრაქტი ზავდება 10 მლ-მდე და ემატება 10 მლ 0,1 N H₂SO₄; 25 მიკმ 5 მლ დითიზონის ხსნარი; ნარევი ენერგიულად ინჯღრევა გამყოფ ძაბრში და შემდეგ წარმოებს ფერის ინტენსივობის განსაზღვრა CΦ-4-ით 620 მიკ ტალღაზე.

პარალელურად მზადდება პანგამის მკვას მაკალიბრებელი მრული. ამ მიზნისათვის ქაღალდზე თავსდება პანგამის მკვას სტანდარტული ხსნარები, რაკ შეიცავს ამ ნაერთის 10—100 მიკროგრამის რაოდენობით (იხ. კალიბრების მრული).

პანგამის მკვას მოლარული ოპტიკური სიმკვრივის აბსოლუტური სიდიდე დამოკიდებულია ქაღალდის ხარისხზე, გამხსნელის გატარების სიჩქარეზე, ფოტომეტრის მგრძნობიარობაზე და სხვ. ამიტომ არ შეიძლება ცდამი არსებულ პანგამის მკვას რაოდენობის გამოთვლა სხვა პირობებში აგებული მაკალიბრებელი მრუდის საშუალებით.

მიღებული შედეგები

პანგამის მკვას (აღებულ იქნა მისი კალციუმის მარილი) გადაადგილების კოეფიციენტი R_f სხვადასხვა გამხსნელთა ნარევიში ასეთი სიდიდისაა (იხ. ცხრილი 1):

ცხრილი 1

№	სისტემა	R _f
1	ბუთილის სპირტი, n-პროპილის სპირტი, წყალი 12:5:3	0,11
2	ბუთილის სპირტი, მმარმევა, წყალი 4:1:5	0,25
3	ბუთილის სპირტი, მმარმევა, წყალი 40:15:5	0,22
4	ბუთილის სპირტი, მმარმევა, წყალი 75:15:10	0,28
5	ფენოლი წყალში გაჯერებული	0,92
6	ფენოლი, იზოამილის სპირტი, წყალი 1:1:1	0,56

გაყოფის უკეთესი შედეგი მოგვცა ნარევი: ფენოლი—იზოამილის სპირტი—წყალი (1:1:1).

შესწავლილია პანგამის მკვას განაწილება თეთრი ვირთავას ორგანიზმში ცხოველის ვიტამინით წინასწარი დატვირთვის შემდეგ. თეთრი ვირთავების კანქვეშ შეგვყავდა ნატრიუმის პანგამატი 0,43 გ/კგ წონაზე. ვირთავებს ინექციის სხვადასხვა დროის შემდეგ ვზოცავდით და სხვადასხვა ქსოვილში ვსაზღვრავდით ვიტამინ B₁₅-ის რაოდენობას ჩვენ მიერ აღწერილი მეთოდით. მოგვყავს ერთ-ერთი ცდის შედეგი (იხ. ცხრილი 2).

ცხრილი 2

პანგამის მკვას განაწილება ვიტამინებს სხვადასხვა ორგანოში ამ ნაერთით
 წინასწარი დატვირთვის შემდეგ

ქსოვილი	რაოდენობა, გ	ვიტამინის რაოდენობა ინექციიდან სხვადასხვა ორგანოს შემდეგ მკვით				
		15 წუთი	1 საათი	6 საათი	24 საათი	96 საათი
სისხლი	1	280	400	300	60	—
ტვინი	1	75	250	200	75	—
ღვიძლი	1	50	175	188	75	—
კუნთი	1	33	220	198	44	—
თირკმელი	1	120	720	700	210	70

დასკვნა

აღწერილი მეთოდით შესაძლებელია პანგამის მკვას აღმოჩენა 10—15 მკგ-ის რაოდენობით. მეთოდი დამყარებულია პანგამის მკვას თვისებაზე — შეიერთოს მეთილის იოდინი. რეაქციის მსვლელობისას თავისუფლდება იოდის იონი, რომელიც კავშირდება ვერცხლის იონთან. შემდეგ ვერცხლის იოდინიდან მეტალურ სახემდე აღდგენილი ვერცხლი ისაზღვრება კოლორიმეტრიულად დითიზონით.

მეთოდით შესაძლებელია პანგამის მკვას რაოდენობითი განსაზღვრა სისხლსა და შარდში, ტვინის, ღვიძლისა და სხვა ქსოვილთა ექსტრაქტში ორგანიზმის ვიტამინით წინასწარი დატვირთვის შემდეგ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 20.7.1967)

БИОХИМИЯ

А. Л. КЕЧУАШВИЛИ

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАНГАМОВОЙ КИСЛОТЫ (ВИТАМИН В₁₅) ПРИ ПОМОЩИ ХРОМАТОГРАФИИ НА БУМАГЕ

Резюме

Разработан метод количественного определения пангамовой кислоты при помощи хроматографии на бумаге. Метод основан на реакции пангамовой кислоты с йодистым метилом, в результате которой образуется свободный ион йода, связываемый ионом серебра. После восстановления связанное серебро определяется спектрофотометрически дитизином.

Трихлоруксусный экстракт после удаления кислоты эфиром выпаривается досуха, растворяется в малом количестве воды и наносится

на хроматографическую бумагу размером 55×18 см (EN-11 Niederschlag), имеющую форму, предложенную Матнасом. Хроматография нисходящая, продолжается 24—30 часов, растворитель — смесь фенола, изоамилового спирта, воды (1:1:1). После высушивания бумаги хроматографирование повторяется. Высушенная бумага обрабатывается парами йодистого метила при 45° в течение 2 часов.

После полного удаления йодистого метила высушиванием при 100° освободившиеся при реакции с пангамовой кислотой ионы йода связываются с ионами серебра способом опускания бумаги в ванну с $0,1 \text{ N AgNO}_3$. Не вошедшие в реакцию ионы серебра отмываются водой, а связанное серебро восстанавливается фотовосстановителем СД-26 [2]. Производится элюция серебра из бумаги 15 N HNO_3 . В разбавленном кислом экстракте серебро определяется колориметрически дитизином [4] при $620 \text{ м}\mu$.

Метод был проверен при определении содержания пангамовой кислоты в тканевых экстрактах, моче и крови после нагрузки животного витамином. Чувствительность метода 10—15 мкг.

დავითიანი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. I. F. De Vale Serrano, A. M. Roque Do Silva. Notas polarograficas I—Doseamento e identificacio da vitamina B₁₂. Rev. port. farm., vol. 14, 1964, 281—289.
2. В. П. Микулин. Проявители для скоростной обработки. В кн.: «Фоторецентурный справочник», изд. «Искусство», М., 1960, 87.
3. А. А. Ахрем, А. И. Кузнецова. Тонкослойная хроматография. Изд. «Наука», М., 1965, 43.
4. Е. Сендел. Колориметрические методы определения следов металлов. Изд. «Мир», М., 1964, 733.

ა. ზორდუიანი

შაქრებისა და კიტონალოგების გავლენა ალანინისა და
გლუტამინმჟავას ჟანგვით ბარდაქმინებზე ვაზში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ს. ღერმეიძემ 4.8.1967)

ცხოვლით, რომ მოზრდილი ძუძუმწოვრის ტვინი ეფექტურად გარდაქმნის გლუკოზას, ფრუქტოზას და პირუფატს მთელ რიგ ამინომჟავებად. გლუტამინსძევა და ასპარაგინმჟავა ახშობენ გლუკოზის დაქანგვას და თვით განიცდიან ქანგვას. გლუკოზა არ მოქმედებს ალანინიდან CO_2 -ის წარმოქმნაზე [1—3].

ჩვენი სამუშაოს მიზანს შეადგენდა გამოგვეკვლია, აქვს თუ არა ადგილი ასეთ მოვლენებს მცენარეებში. ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნა შაქრებისა და კეტონალოგების გავლენა ალანინისა და გლუტამინმჟავას ჟანგვით გარდაქმნებზე ვაზის სხვადასხვა ორგანოს ანათლებზე.

შთანთქმული ქანგვადის რაოდენობას ელრიცხავდით ვარბურგის მანომეტრული მეთოდით. გამოყოფილი C^{14}O_2 -ის რადიოაქტივობას ვადგენდით $\text{BaC}^{14}\text{O}_3$ -ის რადიოაქტივობის მიხედვით. ანათლების დიამეტრი 0,2—0,5 მმ-ის ფარგლებში მერყეობდა. ფოთლის ანათლებს ვიღებდით 0,5 გ რაოდენობით, ღეროსა და ფესვის ანათლებს — 1 გ რაოდენობით. ცდისათვის ვიყენებდით სხვადასხვა ასაკის აღმონაცენებს. მასალის სტერილიზაციისათვის გამოვიყენეთ სულემის 0,01%-ანი წყალხსნარი.

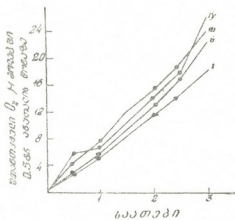
სუნთქვა ისწავლებოდა 30° ტემპერატურაზე. ვხმარობდით ფოსფორის ბუფერულ ხსნარს pH 5,5. კრებსის ციკლის გადაკეტვას ვახდენდით ძმარმჟავა ფტორით (CH_2FCOOH), მისი 0,01 M-ის ხსნარი დამზადებული იყო ფოსფორის ბუფერზე. ცდები მიმდინარეობდა სიბნელეში. თითოეულ ცდაში ვიღებდით 2,8 მლ ფოსფორის ბუფერს, 0,5 მლ საკვლევ ნივთიერებას და 0,3 მლ 30%-ან KOH. რადიოაქტიურ ამინომჟავას ვიღებდით ისეთი წონითი რაოდენობით, რაც შეესაბამებოდა $2\mu\text{Ci}$ რადიოაქტივობას. მას ემატებოდა არარადიოაქტიური ამინომჟავას ისეთი რაოდენობა, რომ $\text{C}^{14} + \text{C}^{12}$ ამინომჟავას საერთო წონითი რაოდენობა 5 მგ ყოფილიყო. თანასუბსტრატთა წონა ყველა შემთხვევაში 5 მგ-ის ტოლი იყო.

შთანთქმული O_2 -ის რაოდენობის აღრიცხვას ყოველ 15 წუთში ვაწარმოებდით. ცდის დაწყებიდან 0,5 საათის შემდეგ მცენარეულ ობიექტს გვერდითა ჭურჭლიდან ემატებოდა სუბსტრატი (ან სუბსტრატი და თანასუბსტრატი). დამატების შემდეგ სუბსტრატებისა და თანასუბსტრატების საბოლოო კონცენტრაციები ცალკეულად შეადგენდა: 1C^{14} -ალანინი— $4,7 \cdot 10^{-4}$ M, $1\text{C}^{14} + \text{C}^{12}$ -ალანინი— $1,3 \cdot 10^{-2}$ M, 5C^{14} -გლუტამინმჟავა— $4,7 \cdot 10^{-4}$ M, $5\text{C}^{14} + \text{C}^{12}$ გლუტამინმჟავა— $7,8 \cdot 10^{-3}$ M, გლუკოზა და ფრუქტოზა (ცალკეულად)— $6,4 \cdot 10^{-3}$ M, პიროყურძენმჟავა— $1,3 \cdot 10^{-2}$ M, α -კეტოგლუტარმჟავა— $7,8 \cdot 10^{-3}$ M.

სუბსტრატის დამატების შემდეგ ცდა 3 საათს გრძელდებოდა. ცდის დამთავრების შემდეგ KOH-ის ხსნარიდან ჩვეულებრივი წესით მიიღებოდა $BaC^{14}O_3$. ნალექს ვაცენტრიფუგებდით 6000 ბრ/წთ.

რადიოაქტივობას ვსაზღვრავდით T-25—БФП-ის მარკის მთვლელზე, რის ეფექტურობა შეადგენს 20%-ს. მოყვანილი ყველა რიცხვობრივი მონაცემი წარმოადგენს ხუთ-ხუთი ცდის გასაშუალებულ სიდიდეს.

$5C^{14}$ -გლუტამინმჟავასთან თანასუბსტრატებად გლუკოზას, ფრუქტოზასა და სახაროზას გამოყენებამ გამოავლინა, რომ ყანგბადის შთანთქმა ვაზის ფოთლებში ყველაზე მაღალია ფრუქტოზას შემთხვევაში. როდესაც ერთადერთ სუბსტრატს $5C^{14}$ -გლუტამინმჟავა წარმოადგენს, ყანგბადის მოხმარება 23,2 μ მოლის ტოლია, ხოლო ამინომჟავასთან ფრუქტოზას თანასუბსტრატობის შემთხვევაში 27 μ მოლს შეადგენს. მაშასადამე, კონტროლთან შედარებით ყანგბადის შთანთქმის ზრდა 11,6%-ს უდრის.



ნახ. 1. გლუტამინმჟავასთან (I) გლუკოზას (II), ფრუქტოზასა (III) და სახაროზას (IV) თანასუბსტრატობის გავლენა ვაზის ღეროს ანათლების მიერ ყანგბადის მოხმარებაზე

ღეროში ყანგბადის შთანთქმის მაქსიმალური მნიშვნელობა მიღწეულია სახაროზას თანასუბსტრატობისას. კონტროლში მთელი ცდის პერიოდში ყანგბადის მოხმარება 16,6 μ მოლს შეადგენს, ხოლო სახაროზას თანამყოფობისას 22,5 μ მოლის ტოლია, რაც ყანგბადის მოხმარების 35,5%-ით ზრდას შეესაბამება.

ფესვის ანათლების სუნთქვისას ყველაზე მეტი ყანგბადი მოიხმარება ფრუქტოზასა და სახაროზას თანასუბსტრატობის დროს. მათი თანამყოფობა იწვევს ანათლების მიერ 13,3 μ მოლი O_2 -ის შთანთქმას, რაც მხოლოდ 3%-ით აღემატება კონტროლს (12,8 μ მოლი).

მაშასადამე, $5C^{14}$ -გლუტამინმჟავასთან აღნიშნული შაქრების თანასუბსტრატობის ყველა შემთხვევაში ანათლების მიერ ყანგბადის მოხმარება იზრდება. უნდა აღინიშნოს, რომ, თუ კონტროლთან შედარებით ეს სხვაობები მკვეთრად ჩანს, თვით ცალკეული შაქრების მიმართ სხვაობა იმდენად მცირეა, რომ ხშირად მათი მხოლოდ აღრიცხვა ხერხდება.

რაც შეეხება $BaC^{14}O_3$ -ის ნალექის საერთო რადიოაქტივობას, იგი ფოთლებსა და ფესვებში ყველაზე მაღალია $5C^{14}$ -გლუტამინმჟავას გარდაქმნისას, ხოლო ღეროში—ფრუქტოზას თანასუბსტრატობის შემთხვევაში. ბარიუმის კარბონ-

ნატის ნალექის რადიექტივობა ნაკლებია ღეროში გლუკოზასა და სახაროზას, ხოლო ფესვში გლუკოზას თანასუბსტრატობის დროს (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

ნიმუშის დასახელება	სუბსტრატი და თანასუბსტრატი	BaC ¹⁴ O ₂ -ის რადიექტივობა 1000 იმპ/წთ	თანასუბსტრატის გავლენით ნალექის რადიექტივობის ცვლილებები %-ით	სხვაობა %-ით ⁽¹⁾
ვაზის ფოთლის ანათალი	5C ¹⁴ -გლუტამინმჟავა	15,8	100	—
	" + გლუკოზა	15,5	98,2	-1,8
	" + ფრუქტოზა	15,5	97,9	-2,1
	" + სახაროზა	14,9	94,3	-5,7
ვაზის ღეროს ანათალი	5C ¹⁴ -გლუტამინმჟავა	10,0	100	—
	" + გლუკოზა	7,3	73,4	-26,6
	" + ფრუქტოზა	10,8	107,8	+ 7,8
	" + სახაროზა	7,2	72,1	-27,9
ვაზის ფესვის ანათალი	5C ¹⁴ -გლუტამინმჟავა	6,7	100	—
	" + გლუკოზა	5,9	87,6	-12,4
	" + ფრუქტოზა	6,4	94,6	- 5,4
	" + სახაროზა	6,3	94,0	- 6

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, შაქრების გავლენით ფოთლის ანათლების მიერ გამოყოფილი C¹⁴O₂-ის რადიექტივობა თითქმის არ იცვლება. ღეროში ფრუქტოზას შემთხვევაში იგი იზრდება, ხოლო გლუკოზასა და სახაროზას გავლენით — მცირდება. გლუკოზა ამცირებს ნალექის რადიექტივობას ფესვის მიმართაც. პროცენტული სხვაობებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ აღნიშნული შაქრები ფოთოლსა და ფესვში არაა 5C¹⁴-გლუტამინმჟავას უანგვის შემცველები და ვერც აქტიურ კონკურენციას უწევენ მათ; ღეროს შემთხვევაში კი 5C¹⁴-გლუტამინმჟავას უანგვას აქტიურ კონკურენციას უწევენ გლუკოზა და სახაროზა. ეს მოვლენა შეიძლება ავხსნათ ვაზის სხვადასხვა ორგანოთა უკრძელების სპეციფიკური განვლადობის უნარით, ან ამ ორგანოთა მიერ შაქრებსა და ამინომჟავებზე განსხვავებული მოთხოვნილებით.

აღინიშნე აღნიშნული თანასუბსტრატების გამოყენებამ ვაზის იმავე ორგანოების ანათლებზე ცხადყო, რომ უანგბადის შთანთქმა ყველა შემთხვევაში ინტენსიურად მიმდინარეობს 1C¹⁴-აღინითან სახაროზას თანასუბსტრატობისას (ნახ. 1). ფოთლებში სახაროზას თანამყოფობა, კონტროლთან შედარებით, უანგბადის მოხმარებას 29,9%-ით ზრდის, ღეროში — 24,7%-ით, ხოლო ფესვში — 31,2%-ით.

გლუკოზას თანასუბსტრატობა უანგბადის მოხმარებას ფოთლებში 2,5%-ით ზრდის, ღეროში — 5,9%-ით, ფესვში — 11,1%-ით, ხოლო ფრუქტოზას თანასუბსტრატობა უანგბადის მოხმარებას ზრდის ფოთლებში 7,8%-ით, ღეროში 14,6%-ით და ფესვში 20%-ით.

(1) მინუსი (—) უჩვენებს ნალექის რადიექტივობის დაქვეითებას, პლუსი (+) კი — რადიექტივობის ზრდას.

სულ სხვა სურათი გვაქვს თანასუბსტრატთა გავლენით ნალექის რადიექტივობათა ცვლილებებში. $BaC^{14}O_3$ ყველაზე რადიექტიურია $1C^{14}$ -ალანინის გარდაქმნის დროს. გლუტოზას, ფრუქტოზასა და სახაროზას ცალკე თანასუბსტრატობა მკვეთრად ამცირებს ნალექის რადიექტივობას, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ აღნიშნული შაქრები აქტიურ კონკურენციას უწევენ $1C^{14}$ -ალანინის ჟანგვას და შესაძლოა ამ ჟანგვის გარკვეულად შემცველებიც არიან (ცხრ. 2).

ცხრილი 2

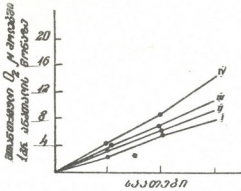
ნიმუშის დასახელება	სუბსტრატი და თანასუბსტრატი	$BaC^{14}O_3$ -ის რადიექტივობა 1000 იმპ/წთ	თანასუბსტრატის გავლენით ნალექის რადიექტივობის ცვლილებები % -ით	სხვაობა % -ით
ვაზის ფოთლის ანათალი	$1C^{14}$ -ალანინი	41,9	100	—
	" + გლუტოზა	26,1	62,3	-37,7
	" + ფრუქტოზა	33,3	79,5	-20,5
	" + სახაროზა	31,8	75,9	-24,1
ვაზის ღეროს ანათალი	$1C^{14}$ -ალანინი	61,2	100	—
	" + გლუტოზა	50,4	82,4	-17,7
	" + ფრუქტოზა	52,9	86,6	-13,4
	" + სახაროზა	43,7	71,6	-28,4
ვაზის ფესვის ანათალი	$1C^{14}$ -ალანინი	48,0	100	—
	" + გლუტოზა	27,7	57,9	-42,1
	" + ფრუქტოზა	31,2	65,1	-44,9
	" + სახაროზა	29,6	63,8	-46,2

ვაზის ფოთლის ანათლებზე $5C^{14}$ -გლუტამინმჟავასთან თანასუბსტრატად α -კეტოგლუტარმჟავას თანამყოფობა არ ცვლის არც ჟანგბადის შეთვისების ინტენსივობას და არც $BaC^{14}O_3$ -ის საერთო რადიექტივობას. სამაგიეროდ $1C^{14}$ -ალანინთან თანასუბსტრატად არარადიექტიური პიროყურძენმჟავას თანასუბსტრატობა ჟანგბადის მოხმარებას 22%-ით ზრდის, ხოლო საერთო რადიექტივობას 19,1%-ით ამცირებს (ნახ. 2). პიროყურძენმჟავა ალანინის ჟანგვის კონკურენტს წარმოადგენს.

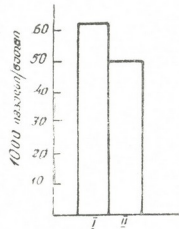
იმის გამოსაკვლევად, თუ როგორი ინტენსივობით მიმდინარეობს $5C^{14}$ -გლუტამინმჟავასა და $1C^{14}$ -ალანინის ჟანგვითი დეკარბოქსილების პროცესი, ჩვენ ვახდენდით კრების ციკლის გადაკეტვას ფტორძმარმჟავით, როგორც ცნობილია, შხამებიდან, რაც არღვევს ამ ციკლს, ფტორძმარმჟავა გამოირჩევა მაღალი აქტივობით და მოქმედების შერჩევითობით [4]. ფრაუშტადტის მონაცემებით, შხამის 0,01 M-ის ხსნარი ოპტიმალურად აზობს α -კეტოგლუტარმჟავას სინთეზს და უჯრედის მიმართ ტოქსიკურობას არ იჩენს [5].

ჩვენი ცდებით დადგინდა, რომ როდესაც ციკლი გადაკეტილია და სუბსტრატი $5C^{14}$ -გლუტამინმჟავაა, ჟანგბადის მოხმარება ფოთლის ანათლების მიერ მცირდება 24,6%-ით, ღეროს ანათლების მიერ — 22%-ით და ფესვის ანათლების მიერ — 20,9%-ით. რაც შეეხება $BaC^{14}O_3$ -ის ნალექის საერთო რადიექტივობას, იგი კრების ციკლის გადაკეტვის ყველა შემთხვევაში მკვეთრად მცირდება: ფოთოლში 3-ჯერ, ღეროში — 2-ჯერ და ფესვში — 1,5-ჯერ.

უანგბადის მოხმარების დაახლოებით ერთნაირი დონით დაქვეითება მიუთითებს ფტორქმარმეავათი ვაზის სხვადასხვა ორგანოში კრების ციკლის ერთნაირი დონით გადაკეტვაზე, ხოლო $BaC^{14}O_3$ -ის რადიაქტივობის სხვადასხვა დონით შემცირება შესაძლოა გამოწვეული იყოს იმით, რომ ფოთოლში, ღეროსა და ფესვში კრების ციკლის გარდა არსებობს $5C^{14}$ -გლუტამინმეავას უანგვის განსხვავებული გზები. როგორც ჩანს, ფოთოლში ამ ამინომეავას არსებითი უანგვის გზად მინც კრების ციკლი უნდა მივიჩნიოთ.



ნახ. 2. უანგბადის მოხმარება ფესვის ანათლების მიერ. I— $1C^{14}$ -ალანინი, II— $1C^{14}$ -ალანინი + გლუტოზა, III— $1C^{14}$ -ალანინი+ფრუქტოზა, IV— $1C^{14}$ -ალანინი+სახაროზა



ნახ. 3. $BaC^{14}O_3$ -ის საერთო რადიაქტივობის დაქვეითება $1C^{14}$ -ალანინთან პიროყურქმეავას თანასუბსტრატობისას. I— $1C^{14}$ -ალანინი, II— $1C^{14}$ -ალანინი + პიროყურქმეავა

ალანინის შემთხვევაშიც ციკლის გადაკეტვა ამცირებს ანათლების მიერ უანგბადის მოხმარებას: ფოთლებში — 31%-ით, ღეროში — 44,3%-ით, ხოლო ფესვში — 35,2%-ით. საგრძნობლად მცირდება $BaC^{14}O_3$ -ის ნალექის საერთო რადიაქტივობაც, ფოთოლში — 1,3-ჯერ, ღეროსა და ფესვში — 1,2-ჯერ.

ამ საკითხთან დაკავშირებით მეტად საინტერესო შედეგი აქვს მიღებულ დ უ ბ ი ნ ი ა ს [6] გოგარის ფესვის სისტემაზე ჩატარებული ცდებით. აღმოჩნდა, რომ კრების ციკლის გადაკეტვა ფტორქმარმეავათი აძლიერებს პიროყურქმეავას ამონიაკით პირდაპირ აღდგენითი ამინორების პროცესს. ჩვენ ცდებში ალანინი უჭრედს გარედან ეწოდებოდა, მაგრამ შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ კრების ციკლის გადაკეტვით უჭრედში ალანინის უანგვით პროცესს ცვლის მისი სინთეზის თუ არა, დავროვების პროცესი მინც. ამაზე მიუთითებს ციკლ-გადაკეტილ ნიმუშებში ნალექის საერთო რადიაქტივობის დაქვეითება.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

მცენარეთა ბიოქიმიის ლაბორატორია

(რედაქციას მოუვიდა 4.8.1967)

М. Ш. ГОРДЕЗИАНИ

ВЛИЯНИЕ САХАРОВ И КЕТОАНАЛОГОВ НА ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ АЛАНИНА И ГЛУТАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЕ

Резюме

Манометрическим методом Варбурга изучено влияние глюкозы, фруктозы и сахарозы, а также α -кетоглutarовой и пировиноградной кислот на окислительные превращения $5C^{14}$ -глутаминовой кислоты и $1C^{14}$ -аланина в срезах, полученных из разных органов виноградной лозы (листьев, стеблей, корней).

Полученные экспериментальные данные указывают, что добавление глюкозы, фруктозы и сахарозы к $5C^{14}$ -глутаминовой кислоте и $1C^{14}$ -аланину ускоряет процесс потребления кислорода срезами.

Радиоактивность осадка $CaC^{14}O_3$ при окислении $5C^{14}$ -глутаминовой кислоты в присутствии отмеченных сахаров не меняется (за исключением стеблей), а при окислении $1C^{14}$ -аланина резко снижается.

Добавление α -кетоглutarовой кислоты к $5C^{14}$ -глутаминовой кислоте не меняет ни потребления кислорода срезами, ни общей радиоактивности осадка $CaC^{14}O_3$.

Добавление пировиноградной кислоты к $1C^{14}$ -аланину вызывает значительное увеличение потребления кислорода срезами и резкое понижение радиоактивности осадка, что указывает на активную конкуренцию пировиноградной кислоты с аланином в процессе окисления последней. Перекрытие цикла Кребса фторуксусной кислотой вызывает понижение процесса окисления $5C^{14}$ -глутаминовой кислоты и $1C^{14}$ -аланина.

დაბიოქიმიკური ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. O. Z. Sellinger, R. Catanzaro, E. V. Chain, F. R. S., F. Pocchiari. The metabolism of glutamate and aspartate in rat cerebral cortical slices. Proceedings of the Royal Society, B, 156, 963, 1962, 148.
2. E. V. Chain, F. R. S., M. M. Cohen, F. Pocchiari. Interrelationship of glucose, glutamate and aspartate metabolism in rat cerebral cortical slices. Proceedings of the Royal Society, B, 156, 963, 1962, 163.
3. Б. Чанс. Количественная сторона регуляции дыхания. В сб.: «Регуляция клеточного обмена», ИЛ, М., 1962.
4. А. Е. Браунштейн. Главные пути ассимиляции и диссимиляции азота у животных. Изд. АН СССР, М., 1957.
5. M. Fraustadt. Flora, 148, 203, 1959.
6. И. М. Дубинина. О путях первичного включения неорганических форм азота и метаболизме корней. Физиология растений. т. 12, вып. 4, 1965, 577.



Э. Г. КИРТАДЗЕ

ВКЛЮЧЕНИЕ РАДИОАКТИВНОГО УГЛЕРОДА НЕКОТОРЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И АМИНОКИСЛОТ В БИОМАССУ ДРОЖЖЕЙ ПРИ ВТОРИЧНОМ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ

(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 15.12.1967)

В изучении биохимических процессов формирования вина, протекающих под действием энзимов дрожжей, особое место занимает спиртовое брожение.

Поставленные в нашей лаборатории опыты с использованием радиоактивных соединений выявили важнейшие стороны превращения продуктов спиртового брожения; изучение превращений основных и вторичных продуктов брожения у дрожжей показало, что вторичные продукты, образованные предшествующими генерациями дрожжей, могут усваиваться и преобразовываться дрожжами как этой, так и последующих генераций [1—3].

Изучение превращений продуктов брожения представляет особый интерес и при вторичном брожении, так как известно, что в этом случае жизнедеятельность дрожжей протекает в среде, где, помимо сахара и других продуктов, существуют соединения, образованные в результате первичного брожения (этанол, глицерин, высшие спирты и др.).

Целью нашей работы являлось изучение возможности включения радиоактивного углерода некоторых органических кислот и аминокислот в биомассу дрожжей и относительное определение их роли в обмене веществ у дрожжей.

Методика

Вторичное брожение проводилось в приготовленной тиражной смеси, куда добавлялись растворы отдельных радиоактивных веществ. При всех опытах радиоактивный углерод вошел в расчет на активность около 0,5 μc в 1 мл вина. Смесь разливали в бутылки и ставили на шампанизацию при температуре 14—16 и 24—26°C. Опытный тираж был заложен в июне 1965 г.



Анализ шампанского для определения радиоактивности дрожжей и выделенного углекислого газа производили через 3 месяца после закладки опытных образцов вин, когда брожение уже закончено, но дрожжи сохраняли свою форму и глубокий автолиз не наблюдался [4].

Для определения радиоактивности выделенного CO_2 был использован специально сконструированный афрометр с краном для выхода газа. Углекислый газ проходил через очищающую систему и поглощался 30% КОН. Для определения радиоактивности оставшегося в вине углекислого газа применяли вакуумный метод [5], слегка измененный применительно к нашим условиям.

Для определения радиоактивности дрожжей и вина нами был применен метод элементарного микроанализа [6, 7]. Углекислый газ улавливался в поглотительном аппарате 30% раствором КОН. Радиоактивность C^{14}O_2 определялась по активности $\text{BaC}^{14}\text{O}_3$ на установке типа «Б» со счетчиком БФЛ-25.

Результаты и их обсуждение

Углерод уксусной кислоты и ацетальдегида, как известно, устойчиво входит в состав биомассы пивных и винных дрожжей [2, 8, 9]; в био-

Таблица 1
Включение меченых углеродов органических кислот и аминокислот в биомассу дрожжей
($t=14-16^\circ\text{C}$)

Соединения, внесенные в тиражную смесь до начала брожения	Первоначальная активность соединения (в тыс. имп/мин)	Количество дрожжей после опыта (в мг)	Удельная активность дрожжей после опыта (в тыс. имп/мин 10 мг)	Суммарная активность выделенного углекислого газа (в тыс. имп/мин)	Радиоактивность дрожжей в % от первоначальной активности	Радиоактивность углекислого газа в % от первоначальной активности
1C^{14} -уксусная кислота	381106	263,4	1540	1050	1,0	0,3
2C^{14} -уксусная "	528889	297,6	462	340	2,6	0,06
1C^{14} -молочная "	353177	280,7	110	4610	0,9	1,3
$1,4\text{C}^{14}$ -янтарная "	337351	264,9	66	613	0,5	0,2
$2,3\text{C}^{14}$ -янтарная "	346364	227,6	132	0	0,9	0
1C^{14} -яблочная "	154862	248,5	15	44940	0,2	29,0
6C^{14} -лимонная "	192706	265,0	4	74640	0,05	28,7
1C^{14} -глицин	304626	265,5	1804	56290	15,7	18,5
2C^{14} -глицин	321630	228,0	66	0	0,5	0
1C^{14} -аланин	189902	278,9	198	42140	2,9	22,2
3C^{14} -серин	212146	277,9	264	690	3,4	0,3
4C^{14} -аспарагиновая кислота	247272	270,2	308	7080	3,3	2,8
5C^{14} -глутаминовая кислота	124016	290,7	174	300	4,1	0,2
1C^{14} -лизин	284800	302,1	1430	2430	15,1	1,2

массу винных дрожжей включаются также этиловый спирт, глицерин, углекислый газ, янтарная и молочная кислоты [1—3]. Радиоактивными оказываются дрожжи при превращении $1C^{14}$ и $2C^{14}$ -аланина, C^{14} -тирозина и $1C^{14}$ -аспарагиновой кислоты в процессе шампанизации вина [10, 11].

Наши эксперименты показывают включение в биомассу дрожжей некоторых органических кислот и аминокислот при вторичном спиртовом брожении.

Как видно из табл. 1, радиоактивный углерод всех приведенных органических кислот с различной интенсивностью включается в биомассу дрожжей. Особенно интенсивно усваивается радиоактивная уксусная кислота, затем идут янтарная, молочная и яблочная кислоты. На последнем месте в этом отношении стоит лимонная кислота.

Включение в биомассу дрожжей $1C^{14}$ и $2C^{14}$ -уксусной кислот указывает на то, что удельная активность дрожжей при усвоении $1C^{14}$ -уксусной кислоты почти в 4 раза больше, чем при усвоении $2C^{14}$ -уксусной кислоты. $2,3C^{14}$ янтарная кислота дает удельную активность дрожжей в 2 раза больше, чем $1,4C^{14}$ -янтарная кислота. По-видимому, углеродные скелеты органических кислот при включении в биомассу дрожжей подвергаются сложным превращениям.

Одним из первых показателей превращения органических кислот является выделение радиоактивного углекислого газа. Суммарная активность выделяемого дрожжами CO_2 представлена в табл. 1. Согласно полученным данным, наибольшее количество CO_2 выделяют лимонная и яблочная кислоты, а затем — молочная кислота.

$1C^{14}$ -уксусная кислота, как и следовало ожидать, дает более радиоактивный углекислый газ, чем $2C^{14}$ -уксусная кислота. Из $2,3C^{14}$ -янтарной кислоты радиоактивный углекислый газ не образуется.

Результаты включения радиоактивного углерода аминокислот в биомассу дрожжей также приведены в табл. 1.

Экспериментальные данные показывают, что разные аминокислоты с различной интенсивностью включаются в биомассу дрожжей. Особенно интенсивно усваиваются глицин и лизин, затем аспарагиновая кислота, серин, глутаминовая кислота и аланин.

Значительное количество радиоактивного углерода карбоксильной группы глицина обнаруживается и в дрожжах.

Включение в биомассу дрожжей аминокислот во всех случаях сопровождается выделением углекислого газа, за исключением $2C^{14}$ -глицина. По количественным превращениям резко выделяются $1C^{14}$ -аланин и $1C^{14}$ -глицин.

Интенсивность включения в биомассу дрожжей органических кислот и аминокислот зависит от температуры; когда брожение прово-

дили с использованием $2C^{14}$ -уксусной, $2,3C^{14}$ -янтарной и $5C^{14}$ -глутаминовой кислот при температуре $24-26^\circ$, удельная активность дрожжей оказалась больше. Возможно, что это связано с проницаемостью клеток, так как повышение температуры способствует проникновению веществ в дрожжевые клетки.

Учитывая количество радиоактивных соединений, внесенных в вино, и содержание соответствующих нерадиоактивных веществ в вине, мы определили количество органических кислот и аминокислот, усвоенного дрожжами.

Результаты определения приведены в табл. 2.

Таблица 2
Количество органических кислот и аминокислот, усвоенных дрожжами

Соединение, внесенное в тиражную смесь до начала брожения	Количество соединения после внесения радиоактивного соединения (в мг/л)	Количество усвоенного дрожжами соединения (в мг/л)
$1C^{14}$ -уксусная кислота	895,8	8,9
$2C^{14}$ -уксусная "	683,9	17,7
$1C^{14}$ -молочная "	980,3	8,8
$1,4C^{14}$ -янтарная "	1227,5	6,1
$2,3C^{14}$ -янтарная "	1283,3	11,5
$1C^{14}$ -яблочная "	1653,8	3,3
$6C^{14}$ -лимонная "	396,2	0,1
$1C^{14}$ -глицин	29,5	4,6
$2C^{14}$ -глицин	1118,0	5,6
$1C^{14}$ -аланин	118,6	3,4
$3C^{14}$ -серин	334,6	11,4
$4C^{14}$ -аспарагиновая кислота	424,5	14,0
$5C^{14}$ -глутаминовая кислота	313,2	12,8
$1C^{14}$ -лизин	46,1	6,9

Как видно из этих данных, органические кислоты усваиваются дрожжами в небольшом количестве, хотя по количеству между отдельными усвоенными кислотами существует заметная разница; если количество усвоенной дрожжами яблочной кислоты принять за единицу, то количество молочной кислоты по сравнению с яблочной будет примерно в 3 раза больше, количество усвоенной янтарной кислоты — в 4 раза больше, а уксусной — даже в 6 раз.

Другая картина наблюдается при включении аминокислот. Значительное количество глицина и лизина, присутствующих в среде, включается в биомассу дрожжей. При этом количество усвоенного лизина больше, чем глицина. Эти данные характеризуют лишь суммарный итог сложных биохимических процессов. Существенные отличия в радиоактивности биомассы дрожжей и в радиоактивности выделенного CO_2 при включении различных метаболитов указывают на разнообразие биохимических процессов, протекающих при вторичном брожении и при последующей выдержке шампанского на дрожжах.



Выводы

1. Радиоактивный углерод органических кислот и аминокислот включается в биомассу дрожжей при вторичном спиртовом брожении с разной интенсивностью. Особенно сильно усваиваются глицин, лизин, уксусная и янтарная кислоты.

2. Включение в биомассу дрожжей органических кислот и аминокислот сопровождается выделением радиоактивного углекислого газа.

По количественным превращениям резко выделяются лимонная и яблочная кислоты, а из аминокислот — глицин и аланин.

3. Интенсивность включения в биомассу дрожжей $2C^{14}$ -уксусной, $2,3C^{14}$ -янтарной и $5C^{14}$ -глутаминовой кислот усиливается с повышением температуры брожения.

Академия наук Грузинской ССР
Лаборатория биохимии растений

(Поступило в редакцию 15.12.1967)

აიოჰიიის

ბ. კირთაძე

ზოგბიერთი ორგანული მჟავასა და ამინომჟავას რადიოაქტიური ნახშირბადის ჩართვა საფუვრის ბიომასაში მეორეული სპირტული დუღილის დროს

რ ე ზ ი მ ე

შესწავლილია ზოგიერთი რადიოაქტიური ორგანული მჟავასა და ამინომჟავას გარდაქმნა მეორეულ სპირტულ დუღილში. დადგინდა, რომ ორგანული მჟავებისა და ამინომჟავების რადიოაქტიური ნახშირბადი სხვადასხვა ინტენსივობით ერთევა საფუვრის ბიომასაში მეორეული სპირტული დუღილის დროს. განსაკუთრებით ძლიერად შეითვისება საფუვრების მიერ გლიცინი, ლიზინი, ძმარმჟავა და ქარვამჟავა.

ორგანული მჟავებისა და ამინომჟავების ჩართვას საფუვრის ბიომასაში თანსდევს რადიოაქტიურ CO_2 -ის გამოყოფა. მნიშვნელოვან ენგვით გარდაქმნება განიცდის ლიმონმჟავა და ვაშლმჟავა. ამინომჟავებიდან — გლიცინი და ალანინი.

$2C^{14}$ -ძმარმჟავას, $2,3C^{14}$ -ქარვამჟავასა და $5C^{14}$ -გლუტამინმჟავას საფუვრის ბიომასაში ჩართვის ინტენსივობა იზრდება დუღილის ტემპერატურის აწევასთან ერთად.

დასოფნობის ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. В. Дурмишидзе. Превращения вторичных продуктов разложения сахара при спиртовом брожении. Сообщения АН ГССР, т. XXIX, № 3, 1962.
2. С. В. Дурмишидзе. Пути превращения основных и вторичных продуктов спиртового брожения. Труды Тбилисского ботанического ин-та АН ГССР, 1962.
3. С. В. Дурмишидзе. О взаимосвязи энергетического и конструктивного обмена веществ в дрожжах при спиртовом брожении. Проблемы эволюционной и технической биохимии. Изд. «Наука», 1964.
4. А. И. Опариц, А. Л. Курсанов, Н. Ф. Саенко, Э. Н. Безингер. Биохимия виноделия, I, 1947.
5. А. С. Вечер, П. Д. Грешнов. Вакуумный способ определения углекислого газа в вине. Виноделие и виноградарство СССР, № 10, 1949.
6. Н. О. Каршун, Н. Э. Гельман. Новые методы элементарного микроанализа. Институт органической химии АН СССР, М., 1949.
7. Б. Бобранский. Количественный анализ органических соединений. Государственное научно-техническое изд. химической литературы, М., 1961.
8. И. Я. Веселов, Н. В. Покровская, С. С. Рылкин. Участие $\text{CH}_3\text{—COOH}$ и CO_2 в биосинтезе пивных дрожжей и образование дрожжами веществ, вызывающих помутнение пива при хранении. Труды Всесоюзного института пивоваренной промышленности, вып. VI, 1957, 141.
9. С. С. Рылкин, Н. В. Покровская. Участие уксусной кислоты в биосинтетических процессах пивных дрожжей. Микробиология, XXVIII, 4, 1959, 586.
10. Н. Н. Глонина, Л. В. Дубинчук. Изучение превращений аланина- C^{14} и аспарагиновой кислоты- C^{14} при шампанизации вина. Прикладная биохимия и микробиология, т. 3, вып. 1, 1967, 78.
11. Н. Н. Глонина. Изучение превращений аминокислот и их влияние на качество вин. Автореферат, М., 1967.

ФАРМАКОХИМИЯ

З. А. ЧИЛАДЗЕ, О. Н. БУДЖИАШВИЛИ, З. В. БИБИЛЕИШВИЛИ,
Г. С. ШОНИЯ

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ТРИС-БУФЕРА ДЛЯ
БОРЬБЫ С АСФИКСИЕЙ ПЛОДА И НОВОРОЖДЕННОГО

(Представлено академиком В. С. Асатиани 15.12.1967)

Одной из ведущих проблем медицинской науки являются антенатальная охрана плода и профилактика перинатальной заболеваемости и смертности.

Проведенные нами в последние годы [1—3] биохимические исследования крови беременных, рожениц и новорожденных (до начала легочного дыхания) указывают на понижение окислительно-восстановительных процессов, наличие дыхательной недостаточности и ацидоза. При этом нами отмечена коррелятивная связь в изменениях изученных ингредиентов в организме матери и плода.

Из работ Л. С. Персианинова [4], Г. М. Савельевой [5] и др. видно, что наличие недоокисленных продуктов в крови плода находит свое отражение в появлении таковых и в крови матери, что, в свою очередь, позволяет контролировать и регулировать обменные процессы у матери и плода.

Исходя из сказанного для нейтрализации недоокисленных продуктов при метаболическом ацидозе, во время начинающейся асфиксии плода, мы применили внутривенное введение специального трис-буфера. Этот же раствор был применен и в борьбе с перинатальной асфиксией новорожденных.

Наш интерес к применению трис-буфера был обусловлен некоторыми отрицательными сторонами применяемого для этих же целей 5% раствора бикарбоната натрия (гемолиз при высоких трансфузиях, увеличение олигурии с последующим уменьшением количества эритроцитов по показателям гематокрита крови, увеличение содержания CO_2 и развитие гиперкапнического состояния при расщеплении бикарбоната).

Трис-буфер — вещество с буферным свойством, регулирующим рН крови и способным удерживать рН в пределах 7,42 (тригидрокси-метиламинометан — ТНАМ, химическая формула $NH_2 = C \equiv (CH_2OH)_3$),

в среде реагирует как амфолит и способен соединять или выделять атом водорода. $\text{AH}^+ + \text{NH}_2 - \text{C} \equiv (\text{CH}_2\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{NH}_3^+ - \text{C} \equiv (\text{CH}_2\text{OH})_3 + \text{A}$, где А—радикал.

При введении трис-буфера в вену в организме не изменяется электролитическое состояние, не меняется резервная щелочность [6]. Трис-буфер предотвращает послеоперационный дыхательный ацидоз, тахикардию, гипотонию.

Бенгаус [7], Гловер [8] и др. изучали содержание Cl, CO_2 , rCO_2 , Са, Р, К, Na и глюкозы в крови с нормальным рН при добавлении к ней трис-буфера и никаких отклонений от нормы не находили. Между тем, при введении в организм бикарбоната натрия при нормальном рН происходит нарушение количественного соотношения отмеченных показателей, что, в свою очередь, приводит к изменению кислотно-щелочного равновесия.

Предложены разные рецепты приготовления буферной смеси. В основу примененного нами специального трис-буфера мы положили рецепт, предложенный Гловер [8], при котором раствор содержит определенные количества К и Na, необходимые для нормального течения родов, так как исследованиями Н. С. Бакшеева и др. [9] показано, что слабость родовой деятельности наблюдается на фоне недостаточного содержания в мышце матки количества К и Na.

Трис-буфер вводили по формуле, употребляемой при введении бикарбонатных растворов, считая активность трис-буфера в нейтрализации эквивалентного количества кислоты равносильной бикарбонатному эффекту:

$$\text{трис-буфер} = \frac{\text{вес} \times 0,3 \times (\text{BE} -) + 1000}{600},$$

где вес—вес тела пациента;
BE—недостача оснований в мэкв/л;
0,3; 1000; 600—постоянные цифры.

По этой формуле роженице необходимо ввести 120—150 мл трис-буфера в вену (капельно 40—50 капель), а новорожденному родившемуся в асфиксии — 10—15 мл в вену пуповины (медленно).

Оценка состояния сердечной деятельности плода в процессе родов велась путем электрокардиографии плода на восьмиканальном поликардиографе фирмы «Galileo».

Изучение кислотно-щелочного равновесия производили по макрометоду Аструпа. Изучены рН, rCO_2 (парциальное давление), BE (избыток или недостаток оснований), SB (стандартные бикарбонаты), TCO_2 .

Все названные параметры получены по номограмме Андерсена [10]. Для этой цели кровь в анаэробных условиях брали из локтевой вены роженицы и из вены пуповины.

В настоящем сообщении приводятся результаты исследования 20 рожениц, у которых нормальное течение родов осложнилось началом асфиксии плода, и семи новорожденных, родившихся в асфиксии.

При физиологическом течении беременности и родов у рожениц отмечается наличие умеренного метаболического ацидоза с респираторным алкалозом. В среднем $pH=7,372$ мэкв/л; $pCO_2=29,0$ мэкв/л; $SB=16,4$ мэкв/л; $TCO_2=17,2$ мэкв/л; $BE=7,0$ мэкв/л.

У новорожденных вне асфиксии в среднем $pH=7,330$ мэкв/л; $pCO_2=30,0$ мэкв/л; $SB=15,1$ мэкв/л; $TCO_2=16,1$ мэкв/л; $BE=9,0$ мэкв/л; а при асфиксии— $pH=7,210$ мэкв/л; $pCO_2=37,2$ мэкв/л; $SB=14,2$ мэкв/л; $TCO_2=15,2$ мэкв/л; $BE=-12,5$ мэкв/л.

Из сказанного явствует, что при асфиксии циркулирующие в крови продукты метаболизма приводят к декомпенсированным сдвигам.

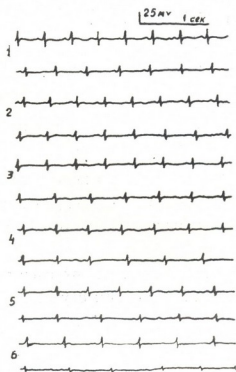


Рис. 1. Отмечаются выраженная синусовая брадикардия, синусовая аритмия, снижение вольтажа ЭКГ, углубление зубца S

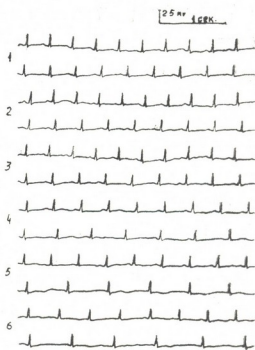


Рис. 2. Отмечается умеренная синусовая брадикардия во втором периоде родов

Поэтому становится необходимым химическое воздействие на кровь для выравнивания КЩР, в результате чего происходят сдвиги

в буферной системе крови, компенсирующие ацидоз, и плод получает возможность перейти на самостоятельное легочное дыхание.

Поэтому при изменении электрокардиографических показателей, указывающих на начало асфиксии плода (рис. 1), с целью нейтрализации ВЕ в локтевую вену роженицы мы вводили специальный трис-буфер, как было указано выше.

При этом мы наблюдали восстановление нормального ритма и частоты сердцебиения на электрокардиограмме (рис. 2) и исчезновение признаков метаболического ацидоза. Средние показатели КЩР были следующими: $pH=7,395$ мэкв/л; $pCO_2=33,8$ мэкв/л; $BE=-3,3$ мэкв/л; $V=20,2$ мэкв/л; $TCO_2=21,0$ мэкв/л. При этом во всех случаях роды закончились самопроизвольно рождением новорожденных вне асфиксии.

В семи случаях, когда новорожденные родились в синей асфиксии продолжительностью от 3 до 5 минут (при этом роженицам во время родов не было произведено внутривенное введение трис-буфера), в вену пуповины было медленно введено от 10 до 15 мл трис-буфера и бы-



Рис. 3 а. Электрокардиограмма до введения трис-буфера



Рис. 3 б. Электрокардиограмма после введения трис-буфера

ли очищены от слизи верхние дыхательные пути. Через некоторое время мы наблюдали покраснение кожных покровов и появление самостоятельного ритмического дыхания с выравниванием показателей электрокардиограммы (рис. 3).

Спустя 2—4 часа после родов покраснение кожных покровов тускло и кожа приобретала нормальный цвет. Ни в одном случае не был отмечен летальный исход или повторение приступов асфиксии.

Выводы

1. Введение специального трис-буфера в количестве 120—150 мл в вену роженицам капельно (40—50 капель в минуту) при появлениях признаков угрожающей или начинающейся асфиксии способствует регулированию обменных процессов у плода и метари и поддержанию необходимого уровня КЩР.

2. При асфиксии новорожденных необходимо введение 10—15 мл трис-буфера в вену пуповины, наряду с применением других методов оживления новорожденных.

Тбилисский государственный институт
усовершенствования врачей

(Поступило в редакцию 15.12.1967)

ფარმაცოლოგია

ზ. ზილაძე, ო. ბუჯიაშვილი, ზ. ბიბილიაშვილი, ბ. შონია

სპეციალური ტრის-ბუფერის გამოყენება ნაყოფისა და ახალშობილის
ასფიქსიასთან საბრძოლველად

რეზიუმე

ნაყოფის ანტინატალური დაცვა, პერინატალური დაავადებისა და სიკვდილიანობის პროფილაქტიკა მედიცინის მეცნიერების ერთ-ერთ წამყვან პრობლემას წარმოადგენს.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნაყოფის დაწყებითი ასფიქსიის დროს, მეტაბოლიტური აციდოზის არსებობისას, დაუქანავი პროდუქტების ნეიტრალიზაციის მიზნით ნახმარია სპეციალური ტრის-ბუფერის მშობიარე ქალის ვენაში შეყვანა. იგივე ხსნარი გამოყენებულია ასფიქსიაში დაბადებული ახალშობილის გამოსაცოცხლებლად, ჰიპლარის ვენაში მისი შეყვანის საშუალებით.

მშობიარობის პროცესში ნაყოფის გულისცემის მდგომარეობის შეფასება ხდებოდა „Galileo“-ს ფორმის რეაგირებულ პოლიკარდიოგრაფზე ელექტროკარდიოგრაფიის საშუალებით.

სისხლში მჟავა-ტუტთანობის წონასწორობის შესწავლა ხდებოდა ასტრუპას მკრომეთოდით.

შესწავლილია pH; pCO₂; SB; BE; TCO₂.

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, ასფიქსიისათვის დამახასიათებელი ნიშნების გამოვლინების დროს ნაყოფისა და დედის ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის პროცესების რეგულირების მიზნით, ამასთან მჟავა-ტუტთანობის წონასწორობის საჭირო დონის შესანარჩუნებლად, საჭიროა მშობიარეს ვენაში შეყვანილ იქნეს სპეციალური ტრის-ბუფერი 120—150 მლ რაოდენობით წვეთობრივად (წუთში 40—50 წვეთი).

ასფიქსიაში დაბადებული ახალშობილის გამოცოცხლების მიზნით, არსებული მეთოდების გამოყენებასთან ერთად, საჭიროა ჰიპლარის ვენაში 10—15 მლ ტრის-ბუფერის შეყვანა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. З. В. Библейшвили. К вопросу активности некоторых ферментов сыворотки крови при беременности. «Сабчота медицина», № 3, 1964.
2. З. В. Библейшвили. К вопросу об изменении количества микроэлементов и активности некоторых ферментов крови женщин. Сообщения АН ГССР, XXXIX, № 3, 1965.
3. З. В. Библейшвили. Материалы клинико-биохимической характеристики родов и послеродового периода. Сообщения АН ГССР, XLII, № 3, 1966.
4. Л. С. Персианинов. Современные достижения в профилактике и терапии асфиксии плода и новорожденного. Акушерство и гинекология, № 5, 1967.
5. Г. М. Савельева. Газовый состав и кислотно-щелочное равновесие крови плода и матери в норме. Акушерство и гинекология, № 6, 1966.
6. Y. R. Hinshow, L. M. Cramer, H. C. Hiller. Tris Buffer. Surgery, 56, 3, 1964.
7. R. Venichous. Rulan actuel oles proprietes du „THAM“. Lyon chir., 58, 4, 1962.
8. G. L. Glomer. Metabolie acidosis in extracorporael circulation. Ann. Surgery, 155, 3, 1962.
9. Н. С. Бакшеев, Е. Т. Михайленко, А. Д. Легун. Влияние витаминного комплекса галаскорбина на содержание электролитов натрия и калия в плазме крови, мышце матки и на клиническое течение родов. Акушерство и гинекология, № 6, 1967.
10. O. S. Anderssen. Blood acid-Base aligument nomogram. Scandinav. J. clin. Yal. Investigation, 15, 1963.



УДК 561 (47.922)

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Н. С. МАМАЦАШВИЛИ

ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ
 II ТЕРРАСЫ р. ИОРИ

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 2.11.1967)

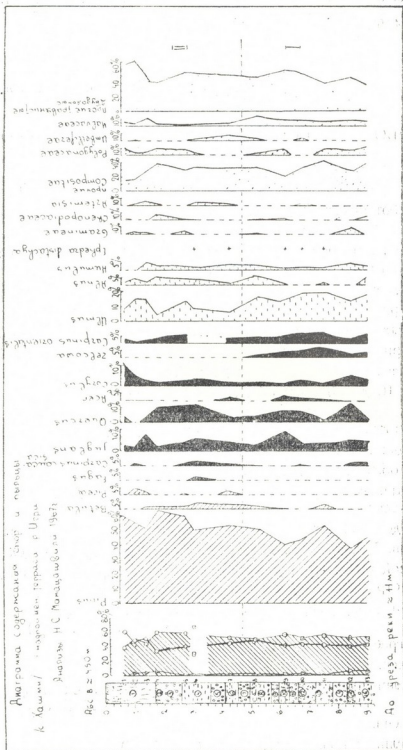
Палеоботанических данных по плейстоценовым отложениям в районах Восточной Грузии в настоящее время еще очень мало. Поэтому изучение истории растительности методом спорово-пыльцевого анализа представляет большой интерес. Нами изучены террасовые отложения р. Иори.

Для достаточно уверенной интерпретации данных спорово-пыльцевого анализа террасовых отложений изучался в небольшом объеме состав спорово-пыльцевых спектров проб современного аллювия. Для этой цели были отобраны три образца современного аллювия р. Иори у с. Тианети: обр. № 1—ил. от поверхности поймы до глубины 10 см; обр. № 2—песок на глубине от 10 до 30 см и обр. № 3—песчанистая глина на глубине от 30 до 42 см.

Результаты анализа этих образцов приведены в табл. 1. Во всех трех образцах преобладает пыльца травянистых растений. Максимальное их количество обнаружено в обр. № 1. Здесь отмечено присутствие представителей большого числа семейств: *Caryophyllaceae*, *Dipsacaceae*, *Malvaceae*, *Plantaginaceae* и др.

Исследовался разрез II террасы у с. Хашми, где было отобрано 13 образцов. II терраса р. Иори здесь имеет высоту 20 м. Образцы взяты из ее верхней части до глубины 9,25 м. Этот разрез имеет следующее геологическое строение (сверху вниз, глубина в м):

1. Почва, сформированная на буром суглинке (с бело-глазкой) (обр. № 1, 2, 3)	0,00—1,70
2. Погребенная почва (обр. № 4)	1,70—1,73
3. Галечник рыхлый	1,73—2,65
4. Суглинок карбонатный с включениями галек (обр. № 5, 6)	2,65—3,65
5. Галечник	3,65—4,15
6. Суглинок коричневого цвета (обр. № 7)	4,15—4,65
7. Галечник рыхлый	4,65—5,05
8. Суглинок с включениями галек (обр. № 8)	5,05—5,75
9. Галечник	5,75—6,05
10. Суглинок песчанистый с линзами галек (обр. № 9)	6,05—6,35
11. Галечник	6,35—6,65



р. Иорп. Анализ Н. С. Мамацашвили, 1967 г.
 11 надпойменной террасы
 с. Хашми

- | | | |
|-----|---|-----------|
| 12. | Погребенная почва черноватого цвета (обр. № 10) | 6,65—7,05 |
| 13. | Суглинок с включениями галек (обр. № 11) | 7,05—7,85 |
| 14. | Галечник | 7,85—8,35 |
| 15. | Погребенная почва (обр. № 12) | 8,35—8,65 |
| 16. | Суглинок (обр. № 13) | 8,65—9,25 |

Результаты спорово-пыльцевого анализа этого разреза приведены на диаграмме (рис. 1). Состав спорово-пыльцевых спектров указывает на то, что во время накоплений II террасы были широко распространены лесные формации.

Таблица 1

Результаты спорово-пыльцевого анализа современных аллювиальных отложений у с. Тианети

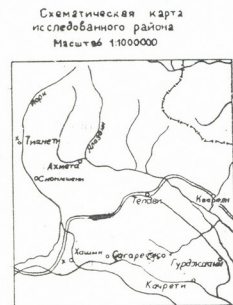
Состав пыльцы и спор	Глубина взятия образцов (в см)					
	0—10		10—30		30—42	
	абс. число	%	абс. число	%	абс. число	%
Общее число подсчитанных пыльцевых зерен и спор	250	100	236	100	229	100
Общий состав						
Пыльца древесных пород	100	14	116	32	100	39
Пыльца травянистых растений	114	84	108	62	107	53
Споры	36	2	12	6	22	8
Пыльца древесных пород						
<i>Pinus</i>	10	10	6	5	3	8
<i>Juglans</i>	5	5	3	3	13	13
<i>Carpinus orientalis</i>	4	4	—	—	—	—
<i>Carpinus caucasica</i>	2	2	3	3	8	8
<i>Corylus</i>	4	4	5	4	14	14
<i>Betula</i>	—	—	1	1	—	—
<i>Fagus</i>	—	—	—	—	5	5
<i>Alnus</i>	67	67	93	80	51	51
<i>Quercus</i>	1	1	—	—	—	—
<i>Ulmus</i>	4	4	5	4	3	3
<i>Tilia</i>	—	—	—	—	4	1
<i>Acer</i>	3	3	—	—	1	1
Пыльца травянистых растений и кустарничков						
<i>Gramineae</i>	22	19	20	19	12	11
<i>Polygonaceae</i>	4	4	4	4	7	6
<i>Caryophyllaceae</i>	1	1	—	—	3	3
<i>Chenopodiaceae</i>	13	11	11	10	13	12
<i>Umbelliferae</i>	3	3	2	1	1	1
<i>Composita</i> (кроме <i>Artemisia</i>)	45	39	46	43	47	45
<i>Artemisia</i>	1	1	2	1	1	1
<i>Labiatae</i>	3	3	6	6	2	2
<i>Plantaginaceae</i>	1	1	—	—	—	—
<i>Dipsacaceae</i>	5	4	—	—	—	—
<i>Malvaceae</i>	1	1	—	—	1	1
Разнотравье	15	18	17	16	20	19
С п о р ы						
<i>Polypodiaceae</i>	33	—	12	—	21	—
Тип <i>Botrychium</i>	3	—	—	—	1	—

По этим данным в данном разрезе следует выделить два горизонта:

I. От 9,25 до 6 м—характеризуется сравнительно небольшим количеством пыльцы сосны, повышением содержания пыльцы *Ulmus*, а также присутствием пыльцы рода *Zelkova*.

II. От 0 да 6 м—характеризуется появлением небольших количеств пыльцы ели и несколько повышенным содержанием пыльцы сосны.

Рассматривая данные по отложениям II террасы можно отметить, что содержание пыльцы древесных пород (от 38 до 60%) значительно больше, чем в современном спектре. Это говорит о том, что во время формирования верхней части отложений II надпойменной террасы роль лесных формаций была значительно больше, чем в настоящее время. В составе лесных ценозов имелись также существенные различия. Споры-пыльцевые спектры древнего аллювия существенно отличаются от современных меньшим содержанием ольхи. Это говорит о резком различии в развитии пойменных лесов.



к - Места взятия проб

Рис. 2.

Из-за большого участия пыльцы *Alnus* в современном аллювии соотношения древесных пород внепойменных участков территории становятся несопоставимыми. Поэтому приводим пересчет современных спектров без участия пыльцы *Alnus* (табл. 2).

Таблица 2

Соотношение пыльцы древесных пород, приуроченных ко внепоймным участкам территории бассейна р. Иори (пересчитанные данные табл. 1)

Состав пыльцы древесных пород	Глубина взятия образцов (в см)					
	0—10		20—30		30—42	
	абс. число	%	абс. число	%	абс. число	%
<i>Pinus</i>	38	56	37	37	33	31
<i>Juglas</i>	22	21	5	5	16	15
<i>Carpinus orientalis</i>	6	6	8	8	—	—
<i>Carpinus caucasica</i>	7	7	3	3	7	7
<i>Corylus</i>	6	6	20	20	14	13
<i>Betula</i>	—	—	4	4	2	2
<i>Fagus</i>	—	—	—	—	7	7
<i>Quercus</i>	7	7	—	—	—	—
<i>Ulmus</i>	11	10	23	23	24	21
<i>Tilia</i>	—	—	—	—	1	1
<i>Acer</i>	7	7	—	—	3	3

Во II горизонте встречается пыльца *Picea*, которая отсутствует в современных аллювиальных отложениях, что говорит о некотором приближении еловых лесов на более близкое расстояние к исследуемому пункту, чем в настоящее время. В этом же горизонте, хотя и единично, но встречается пыльца *Fagus*, которая отмечена также в табл. 2 на глубине от 30—42 см.

В I горизонте хотя и в небольших количествах участие пыльцы *Zelkova* указывает на некоторые черты сходства с современными лесами (у с. Бабанеури, Ахметский район) долины р. Алазани. Здесь были обнаружены две пыльцы *Tilia*.

Можно отметить, что все остальные компоненты встречаются как в отложениях II террасы, так и в современных аллювиальных отложениях.

Полученные данные характеризуют только небольшую часть отложенный II надпойменной террасы, поэтому какие либо палеогеографические и стратиграфические сопоставления в настоящее время были бы преждевременными.

Академия наук Грузинской ССР
Институт географии им. Вахушти

(Поступило в редакцию 2.II.1967)

ფიზიკური გეოგრაფია

ბ. მახაცაშვილი

მდ. ივრის II ტერასული ნალექების პალეობოტანიკური მახასიათებლები

აღმოსავლეთ საქართველოს პლეისტოცენური ნალექების პალეობოტანიკური მონაცემები დღეისათვის თითქმის უცნობია. ამიტომ მცენარეთა განვითარების ისტორიის შესწავლა სპორა-მტერის მეთოდით დიდ ინტერესს იწვევს.

ამ მიზნით ჩვენ შევისწავლეთ მდ. ივრის როგორც თანამედროვე, ისე ძველი ტერასული ხალექები. სოფ. თიანეთთან მდ. ივრის თანამედროვე ალუვიონიდან (ჭალისპირა ტერასა) დამუშავებულ იქნა სამი ნიმუში (იხ. ცხრილი 1). სამივე ნიმუშში ჭარბობს ბალახოვანთა მტვერი.

სოფ. ხაშთან, მდ. ივრის II ტერასის კრილიდან (სიმაღლეზე 9,25 მ) ჩვენ ავიღეთ და დავამუშავეთ 13 ნიმუში. სპორა-მტერის შედგენილობა ნიმუშებში იმაზე მიუთითებს, რომ II ტერასის დალექვის დროს ფართოდ იყო წარმოდგენილი ტყის ფორმაცია, რის საფუძველზეც შეიძლება კრილიში გამოიყოს ორი პორიზონტი:

I. 9,25-დან 6 მ-მდე ხასიათდება ნაძვის მტერის სიჭარბითა და *Ulmus*-ისა და *Zelkova*-ს მტერის გაზრდილი რაოდენობით.

II. 6-დან 0 მ-მდე ხასიათდება ფიჭვის მტერის უმნიშვნელო გამოჩენით და რამდენადმე ნაძვის მტერის გაზრდით.

აქედან გამომდინარე შეიძლება აღვნიშნოთ: II ტერასაში ხემცენარეთა მტერის მარცვლების შემადგენლობა გაცილებით მეტია, ვიდრე თანამედროვე ალუვიონის სპექტრში, რაც მიუთითებს იმ გარემოებაზე, რომ II ტერასულ ნალექების ზედა ნაწილის ჩამოყალიბებისას ტყის ფორმაციის როლი გაცილებით მეტი იყო, ვიდრე ამჟამადაა. ძველი ალუვიონის სპორა-მტერის სპექტრი თანამედროვესაგან ძირითადად განსხვავდება *Alnus*-ის ნაკლები შემცველობით, რაც მიუთითებს ჭალის ტყეების განვითარების სხვადასხვაობაზე.



ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Н. Б. КЛОПОТОВСКАЯ

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
 ПЫЛЬЦЫ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ПОД ПОЛОГОМ ЛЕСА

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 2.11.1967)

Вопросам распространения пыльцы древесных пород в пространстве посвящено большое число исследований. В работах Е. Д. Заглинской [1], Е. А. Мальгиной [2], Р. В. Федоровой [3, 4] и других исследователей рассматриваются многие стороны распространения воздушным и водным путем пыльцы основных для территории СССР лесообразующих пород. В настоящей статье мы остановимся на некоторых закономерностях, характеризующих особенности распределения пыльцы древесных пород под пологом леса. Это явление еще мало освещено в литературе, тогда как важность его изучения для палеофитоценологической интерпретации спектров лесного типа очевидна.

Интересные выводы сделаны румынскими исследователями Попом, Бошкаиу, Ратиу и Диаконяса [5] в работе, посвященной выяснению соотношения между современными пыльцевыми спектрами и растительностью в национальном парке «Ретезат» (Южные Карпаты). Авторы пришли к выводу, что наблюдаемое в условиях буковых и еловых лесов, распространенных на территории парка, полное соответствие между составом спорово-пыльцевых спектров и растительностью объясняется фильтрующим эффектом листвы деревьев, в результате чего перенос легко разносимой пыльцы ветроопыляемых древесных пород в значительной степени ограничивается.

Этот же вопрос мы попытались решить, сопоставив состав спорово-пыльцевых спектров поверхностных проб с окружающей растительностью в условиях елово-соснового леса. Пробы на анализ были взяты в юго-западной Грузии в районе Ахалцихской котловины, на южном залесенном склоне Аджаро-Имеретинского хребта. Горная река Абстуманискали, одна из многих рек, стекающих с Аджаро-Имеретинского хребта, прорезает лесной массив, основными породами которого являются сосна и ель. В качестве незначительной примеси встречаются лихта, ясень, осина, дуб и другие лиственные породы. По берегам растет ольха.

Истоки реки зарождаются на абсолютной высоте 2100 м в поясе нижнеальпийских лугов южнее Зекарского перевала. У верхней опушки леса воды их концентрируются в рр. Алиберсу (Орпири) и Баратхеви. Собственно р. Абастуманисцкали начинается у слияния этих двух рек на абсолютной высоте 1410 м. Здесь находится один из трех пунктов отбора образцов. Второй пункт расположен на территории курорта Абастумани (у развилки центрального шоссе и дороги в обсерваторию), а третий — у впадения р. Курцхана в Абастуманисцкали. Расстояние между первым и вторым пунктами—2,5 км, между вторым и

Спорово-пыльцевые спектры поверхностных проб лесного пояса южного склона Аджаро-Имеретинского хребта

Пункт отбора образца	Первый		Второй		Третий	
	1	2	3	4	5	6
Номер образца						
Генетический тип отложения	Почва	Наилок	Почва	Наилок	Наилок	Дельвий
Общее число подсчитанных зерен	230	258	222	250	291	316
Из них:	Проценты					
пыльца древесных	60	77	90	80	86	79
пыльца недревесных	31	13	8	15	12	16
споры	9	10	2	5	2	5
<i>Pinus</i>	74	30	77	29	42	16
<i>Picea</i>	15	44	18	40	34	82
<i>Abies</i>	—	< 1	2	< 1	—	—
<i>Alnus</i>	6	20	1	18	21	—
<i>Betula</i>	—	< 1	—	2	—	—
<i>Quercus</i>	3	2	1	3	3	< 1
<i>Castanea</i>	1	1	—	2	—	—
<i>Salix</i>	—	—	—	< 1	—	—
<i>Carpinus</i>	—	1	—	—	—	—
<i>Tilia</i>	—	—	—	< 1	< 1	< 1
<i>Juniperus</i>	—	—	—	1	—	—
<i>Corylus</i>	1	< 1	< 1	2	—	—
	Число пыльцевых или споровых зерен					
<i>Compositae</i>	15	2	3	2	4	20
<i>Gramineae</i>	—	5	2	2	—	—
<i>Caryophyllaceae</i>	2	1	—	—	—	—
<i>Chenopodiaceae</i>	2	2	1	—	1	3
<i>Umbelliferae</i>	—	—	1	—	1	2
<i>Ericaceae</i>	—	—	—	—	1	—
<i>Polygonaceae</i>	—	4	—	—	—	—
Разнотравье	53	19	10	34	27	26
<i>Polypodiaceae</i>	18	19	5	6	7	15
<i>Lycopodium</i>	2	5	—	4	—	—
<i>Selaginella</i>	—	1	—	2	—	—

третьим — 4 км. Состав леса в местах взятия образцов не меняется, хотя несколько различна его густота. Так, лес в первом и третьем пунктах относительно разрежен по сравнению со вторым пунктом.

В каждом из указанных пунктов было взято два образца: проба наилка из русла р. Абастуманисскали и поверхностная почвенная проба со склона ущелья. Расстояние между точками отбора образцов в каждом пункте не превышало 50—60 м.

Пробы наилка во всех пунктах взяты непосредственно из русла.

Почвенная проба в первом пункте взята с левого склона ущелья р. Алиберсу в нескольких метрах выше места слияния ее с р. Баратхеви, а во втором — с левого склона ущелья р. Абастуманисскали. Обе пробы взяты в местах с ненарушенным слоем подстилки. В третьем пункте проба отобрана из делювиальной осыпи на левом склоне ущелья р. Абастуманисскали.

Как видно из приведенных в таблице результатов спорово-пыльцевого анализа образцов, все спектры по своему общему составу относятся к лесному типу. Преобладающим компонентом в них является группа древесной пыльцы, содержание которой колеблется в пределах 60—90%. Пыльца травянистых растений представлена в количестве 8—31%, а споры — 2—10%. При сравнении общего состава спектров образцов наилка и образцов со склона в каждом отдельном пункте какая-либо закономерность не обнаруживается (рис. 1, а, б), однако

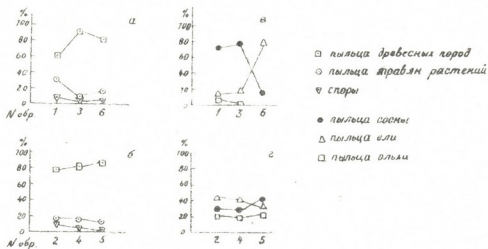


Рис. 1. а, б—Общий состав пыльцы и спор, в, г—содержание пыльцы сосны, ели и ольхи

интересно сопоставление процентных содержаний внутри группы пыльцы древесных пород в пробах наилка (рис. 1, г), в образцах со склона (рис. 1, в), а также в каждой паре, взятых в одном пункте образцов (рис. 1, в, г).

Пробы наилка характеризуются ведущей ролью в составе древесного спектра пыльцы ели, сосны и ольхи. По процентному содержанию пыльцы этих древесных пород очень сходны между собой спектры проб 2 и 4, где пыльца ели преобладает, составляя в среднем 42%. В пробе 5 на первом месте выступает сосна, она представлена здесь также в количестве 42%. В первых двух пробах пыльца сосны содержится в количестве 29—30%, а в образце 5 пыльца ели составляет 34%. Пыльца ольхи в пробах 2, 4 и 5 встречается соответственно в количестве 20, 18 и 21%.

В пробах, взятых со склона ущелья, почти вся древесная пыльца представлена пылью сосны и ели. Пыльца ольхи в спектре практически отсутствует. Сходны по составу образцы 1 и 3, в них резко преобладает пыльца сосны (74 и 77%), а ель встречается в количестве 15 и 18%. В пробе 6 пыльцы сосны всего лишь 16%, а пыльца ели составляет 82%. Высокое содержание этой пыльцы в указанной пробе, по-видимому, связано с фактом преобладания ели на участке близ места взятия образца.

Сильно различаются процентные содержания пыльцы сосны и ели в образцах из русла и со склона в каждом из трех пунктов. По-видимому, это связано с экологическими особенностями этих пород, а именно, с относительной приуроченностью ели к глубоким частям ущелья и преобладанием сосны по склонам на менее влажных освещенных местах. Этот факт свидетельствует о том, что в лесу спорово-пыльцевой спектр формируется из пыльцы близко растущих растений и перераспределение древесной пыльцы очень ограничено, вследствие чего лесные спектры отражают характер растительности небольшого участка леса. Прекрасным подтверждением этого является сравнение цифровых выражений содержания пыльцы ольхи в пробах из наилка и в соответствующих парных образцах по всем трем пунктам.

Как видно из таблицы, содержание пыльцы ольхи в пробах из наилка 20, 18 и 21%, а в соответствующих почвенных образцах — 6, 1% и отсутствует вообще.

Это дает основание заключить, что под кронами деревьев перенос пыльцы ольхи почти не имеет места и, следовательно, нахождение в составе спектров лесного типа этой пыльцы может служить указанием на непосредственное участие ольхи в данной ассоциации.

Указание на малую летучесть пыльцы ольхи было сделано еще в 1951 г. Е. Д. Заклинской. Автор отмечает, что «пыльца ольхи, по-видимому, обладает сравнительно небольшой летучестью, и вся основная масса ее оседает в непосредственной близости от растения. Присутствие значительного количества ольхи в спектре дает право говорить о том, что на данной территории ольха была широко распространена».

В спектре пыльцы древесных пород, по мнению Е. Д. Заклинской, кривая ольхи особенно показательна, она дает значительный максимум в районе притеррасного ольшаника, где наивысшей точкой подъема ее является 21%. В остальных пробах участие ольхи совершенно незначительно.

Приведенные здесь данные о распространении пыльцы ольхи в лесном поясе на южном склоне Аджаро-Имеретинского хребта свидетельствуют о правильности высказанного Е. Д. Заклинской положения о малой летучести пыльцы ольхи и в условиях горного елово-соснового леса (исследования Е. Д. Заклинской проводились в зоне смешанных лесов, в Серпуховском заповеднике).

В пробах, взятых поодаль от русла, всего лишь в 50—60 м, содержание пыльцы ольхи резко падает, а в одном образце зерна ее не обнаружены вообще. Это явление наблюдается в условиях глубоковрезанного ущелья горной реки, свидетельствуя о крайне ограниченном распространении пыльцы ольхи под пологом леса на соседнем склоне.

Поскольку в пробах речного наноса отражается растительность узкой прирусловой полосы, то данные их не могут быть использованы для характеристики растительности прилегающих склонов. Следовательно, значительное содержание пыльцы ольхи в ископаемой пробе речного наноса нельзя связывать со значительным распространением ольхи в стороне от берега. Это в полной мере касается и других компонентов спектров образцов наилка.

Подытоживая вышеизложенное, приходим к выводу, что спектр каждого взятого под пологом леса образца весьма точно отражает характер растительности сравнительно ограниченного участка леса. Различия в степени летучести пыльцы отдельных видов древесных пород под пологом леса почти не проявляются.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт географии им. Вахушти

(Поступило в редакцию 2.11.1967)

ფიზიკური გეოგრაფია

ბ. კლოტოვსკაია

ტაშუმი ხემცენარეთა მტვრის გავრცელების ზომიერო
 თავისებურებათა შესახებ

რეზიუმე

მდ. აბასთუმნისწყლის ნაძვნარ-ფიჭვნარით შემოსილ ხეობაში, სამ ადგილას სპორა-მტვრის ანალიზისათვის აღებული იქნა ორ-ორი ზედაპირული ნიმუში — ნიადაგიდან და კალაპოტის ლამიდან. ყოველ პუნქტში ნიმუშები აღებულია 50—60 მ დაცილებით ერთმანეთისაგან.

მიღებულ სპორა-მტერის სპექტრებში გამოვლინებულმა შედგენილობით-
 და განსხვავებამ და სპექტრების დაპირისპირებამ გარემომცველ მცენარეულ სა-
 ფართან ვეჩვენა, რომ ტყის სპორა-მტერის სპექტრი მხოლოდ ირგვლივმდებარე
 მცენარეულ საფარს შეესატყვისება. სხვადასხვა სახეობის ხემცენარეთა
 მტერის ფრენადობის ხარისხის განსხვავება ტყეში თითქმის არ ვლინდება.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Д. Заклинская. Материалы к изучению состава современной растительности и ее спорово-пыльцевых спектров для целей биостратиграфии четвертичных отложений (широколиственный и смешанный лес). Труды Ин-та геол. наук, вып. 127, сер. геол. № 48, М., 1951.
2. Е. А. Мальгина. Опыт сопоставления распространения пыльцы некоторых древесных пород с их ареалами в пределах Европейской части СССР. Труды Ин-та геогр., вып. 46, № 3, М., 1950.
3. Р. В. Федорова. Распространение пыльцы и спор текучими водами. Труды Ин-та геогр., вып., 52, № 7, М., 1952.
4. Р. В. Федорова. Количественные закономерности распространения пыльцы древесных пород воздушным путем. Труды Ин-та геогр., вып. 52, № 7, М., 1952.
5. E. Pop, N. Boscaiu, F. Ratiu and B. Diaconeasa. Correlation between the Recent Pollen Spectra and the Vegetation of National Park of „Retezat“. Revue roumaine de Biologie, Bot., vol. 10, n°3, 1965.

И. В. КВАНТАЛИАНИ, Т. Ю. НАЗАРИШВИЛИ

К СТРАТИГРАФИИ АПТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ АБХАЗИИ

(В МЕЖДУРЕЧЬЕ ГАЛИЗГА И ИНГУРИ)

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Л. Цагарели 24.11.1967)

Изучение нижнего мела Абхазии имеет более чем столетнюю историю. Особого внимания заслуживают работы [1—6] выполненные за последние 50 лет.

Отложения нижнего мела Абхазии особенно тщательно исследуются в послевоенные годы. М. С. Эристави [6, 7] разработал детальную стратиграфическую схему для нижнемеловых отложений Абхазии. Последующие работы [8—10] значительно уточняют схему М. С. Эристави.

Летом 1967 г. авторы настоящей работы изучали отложения апта междуручья Гализга и Ингури (Восточная Абхазия) на протяжении более чем 50 км. Был составлен ряд разрезов, среди которых разрезы по рр. Эрисцкали и Олори изучались впервые. В названных, а также в ранее известных разрезах по рр. Окуми и Ингури был собран новый фаунистический материал (в основном неизвестные ранее аммониты), позволяющий более убедительно обосновать возраст вмещающих пород.

Отложения апта от р. Гализга до р. Ингури представлены в основном мергелистыми известняками и мергелями серого, иногда красного и розового цветов.

По р. Гализга, на ее левом берегу, нами был составлен разрез аптских отложений. Нижняя часть апта охарактеризована аммонитами *Chelonicer as cornuelianum* (d'Orb.) ([6], стр. 151), *Costidiscus sp. ind.* и *Pseudohoplaceras sp.* Стратиграфически выше следуют:

Cr₁ap₂ 1. Тонкослопые оскольчатые мергелистые известняки с *Epicheloniceras martini caucasica* (Anth.) ([6], стр. 151). На 4,0 м выше подошвы из прослоя полуметрового известняка нами были извлечены *Colombiceras cf. tobleri* (Jac. et Tobl.)¹, а из кровли *Neohibolites inflexus* Stoll. . . . 6,0 м.

¹ Аммониты определены И. В. Кванталиани, белемниты—Т. Ю. Назаришвили.



$Cr_1ap_3^1$ 2. Слоистые мергели и мергелистые известняки серого цвета с *Nodosohoplites multispinatus* (Anth.), *Acanthohoplites aschiltzensis* (Anth.) и *Mesohibolites brevis* Schw. ([6], стр. 151). Нами было найдено несколько обломков *Acanthohoplites sp.* 6,0 м.

$Cr_1ap_3^2$ 3. Те же породы с ауцеллинами 4,0 м.

Cr_1al_1 4. Глинистые мергели темно-серого и черного цветов, содержащие многочисленные *Aucellina caucasica* Buch., *A. aptiensis* (d'Orb.), *A. cf. nassibiantzi* Sok., *A. sp.* 5,0 м.

Выше следует полный разрез остальной части альба. Мощность апта по р. Гализга равна 25,0—30,0 м, альба — 50—60 м.

В приведенном разрезе пачка 1 на основании фауны относится к среднему апту (гаргаз). Пачка 2 содержит аммониты, характерные для нижней части клансея (подзона *nolani*). Пачка 3 по своему стратиграфическому положению условно относится к верхней части клансея (подзона *jacobi*). Пачка 4 содержит ауцеллины нижнеальбского возраста.

По р. Окуми нами составлен следующий восходящий разрез:

Cr_1ap_1 1. Тонкослоистые плотные известняки серого цвета с *Mesohibolites uhligi* Schw. Видимая мощность > 2,0 м.

$Cr_1ap_2^+ap_3(?)$ 2. Мергелистые известняки серого цвета, в средней части содержащие фауну *Colombiceras cf. subpeltoceroideis* (Sinz.) *Colombiceras sp.*, а в верхней, в прослое

брекчиевого известняка—*N. inflexus* Stoll., *Aucellina aptiensis* (d'Orb.). Еще выше, в кровле пачки был найден *Mesohibolites brevis* Schw. . 1,5—2,0 м.

3. Глина с зеркалами скольжения . 0,05 м.

Cr_1al 4. Глины черного цвета, содержащие в нижней части *Aucellina caucasica* Buch., *A. aptiensis* (d'Orb.), *A. pompekyi* Pavl., *A. nassibiantzi* Sok., в средней части нами были найдены

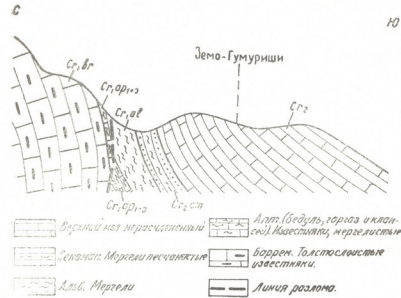


Рис. 1. Схематический геологический разрез меловых отложений на левом берегу р. Окуми, у с. Земо-Гумуриши

Neohibolites minimus List., *N. stylioides* Renng., а в верхней—*Neohibolites subtilis* Krim. 20,0 м.

В приведенном разрезе пачка 1 на основании фауны датируется нижним аптом. Пачка 2 относится к гаргазу, к зоне *Colombiceras tobleri*. Самая верхняя часть пачки 2, не более нескольких сантиметров, возможно, относится к клансею, так как вид *Mesoholites brevis* Schw. в Грузии известен в клансейских отложениях. Такое резкое сокращение мощностей клансейских отложений, видимо, — результат разрыва между отложениями апта и альба. Пачка 4 должна соответствовать всему альбу, от нижнего до верхнего включительно; она согласно перекрывается песчанистыми мергелями черного цвета, содержащими *Liostrrea delectrei* (Coq) и *Neoholites ultimus* (d'Orb.) сеноманского возраста. Мощность апта в этом разрезе не более 10,0 м, альба—20,0 м.

Несколько восточнее вышеописанного разреза, севернее с. Саберио, у истоков р. Эрисскали, имеются довольно хорошие обнажения аптских и альбских отложений. Здесь, снизу вверх, нами был составлен следующий восходящий разрез:

Cr₁ap₂ 1. Мергелистые брекчиевые известняки светло-серого цвета, в кровле содержащие белемниты *Neoholites inflexus* Stoll., *N. sp.* >3,0 м.

Cr₁ap₃ 2. Чередование пестроцветных тонкослоистых мергелей с мергелистыми брекчиевыми известняками, содержащие белемниты *Neoholites wollemanni* Stoll. и многочисленные *Aucellina caucasica* Buch., *A. aptiensis* (d'Orb.). В средней части пачки, из прослоя мергелистого известняка красного цвета собраны *Acanthohoplites ex. gr. bigoureti* (Seun.). Пачка заканчивается пластом брекчиевидного известняка мощностью 0,10—0,15 м . . . 1,2 м.

3. Песчанистые мергели черного цвета. В основании пачки собраны *Neoholites minor* Stromb. >1,0 м.

В этом разрезе отложения гаргаза (пачка 1) охарактеризованы исключительно белемнитами. Пачка 2 датируется клансею, пачка 3—нижним альбом.

Рассматриваемые отложения почти непрерывно прослеживаются и далее на восток. В окрестностях с. Пахулани, у истоков р. Олори, правого притока р. Ингури, нами был составлен следующий восходящий разрез.

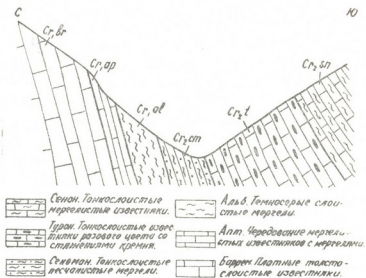


Рис. 2. Схематический геологический разрез по р. Эрисскали



Cr₁ap₂ 1. Плотные оскольчатые известняки серого цвета с многочисленными белемнитами. В верхней части найден *Neohibolites clava* Stoll. Азимут падения 160° < 40—45° 1,0 м.

2. Тонкослойные мергелистые известняки светло-серого цвета; в средней части пачки найдены *Epicheloniceras cf. subnodosocostatum* (Sinz.), *Ep. sp.*, стратиграфически выше обнаружены *Colombiceras cf. tobleri* (Jac. et Tobl.), *C. sp.* и *Neohibolites inflexus* Stoll. 5,0 м.

Cr₁ap₃ 3. Красные мергели и мергелистые пелитоморфные известняки, в которых найден *Mesohibolites moderatus* Schw. и обломок *Acanthohoplites sp.* 1,0 м.

4. Прослой брекчиевого известняка, содержащий *Nodosohoplites cf. subplanatus* Eg. 0,15—0,2 м.

5. Красные мергели, содержащие *Mesohibolites brevis* Schw., *Neohibolites wollemanni* Stoll. 1,0 м.

Cr₁al 6. Мергели серого цвета, в нижней части обильно содержащие *Aucellina caucasica* Buch., *A. aptiensis* (d'Orb.), а еще выше среднеальбские *Neohibolites minimus* List. Выше следует остальная часть мергелей альба, общая мощность которой не должна превышать 30,0 м.

В описанном разрезе пачка 1 и нижняя часть пачки 2 (2—2,5 м) относятся к нижней зоне гаргаза *Epicheloniceras subnodosocostatum*, а верхняя часть пачки 2—к зоне *Colombiceras tobleri*; пачки 3—5—к клансею и, наконец, пачка 6—к альбу.

Еще восточнее аптские отложения хорошо обнажаются в ущелье р. Ингури. Северо-западнее с. Джвари, на левом берегу р. Ингури на-

ми был составлен восходящий разрез:

Cr₁ap₂ 1. Мергелистые известняки и мергели, содержащие белемниты, неопределимые аммониты и многочисленные двустворчатые. Среди них *Aucellina caucasica* Buch., *A. aptiensis* (d'Orb.), *Plicatula sp.*, *Neohibolites inflexus* Stoll. . . > 3,0 м.

Cr₁ap₃ 2. Комковатые мергелистые известняки серого цвета. В основании пачки найден отпечаток клансейского аммонита *Acanthohoplites cf. nolani* (Seun.). Несколько выше был найден обломок *Acanthohoplites sp. ind.* 2,0—2,5 м.

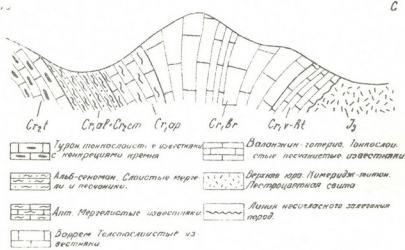


Рис. 3. Схематический геологический разрез по р. Магана (правый берег), левый приток р. Ингури (с севернее с. Джвари)

ми был составлен восходящий разрез:

С₁а₁ 3. Мергели черного цвета. На 10,0 м выше подошвы найден белемнит *Neohibolites stylioides* Renng. > 10,0 м.

В данном разрезе пачка 1 относится к гаргазу. Пачка 2, на основании фауны, относится к клансею, а пачка 3 должна быть нижнеальбского возраста, так как на 10,0 м выше согласно сменяется мергелями темно-серого цвета, содержащими среднеальбскую форму *Neohibolites stylioides* Renng. Общая мощность апта в этом разрезе около 20,0 м; альба—30,0 м.

Анализируя описанные выше разрезы, можно констатировать, что в междуречье Гализга и Ингури впервые, на основании аммонитовой фауны, обосновывается нижняя зона гаргаза *Epicheloniceras subnodosotatum* и верхняя—*Colombiceras tobleri* и также впервые (по разрезам рр Ингури, Олори, Эрисцкали и Окуми) устанавливается нижняя подзона клансейского подъяруса—*Acanthohoplites nolani*, неизвестная ранее ([6], стр 152), за исключением разреза р. Гализга. Мощность клансейских отложений от рр. Гализга и Ингури в сторону р. Окуми значительно уменьшается. Кроме того, в разрезах рр. Олори и Эрисцкали встречаются прослои брекчиевых известняков.

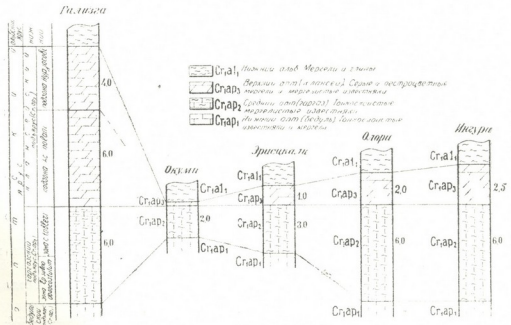


Рис. 4. Схема сопоставления гаргазских и клансейских отложений Восточной Абхазии (в междуречье Гализга и Ингури)

Уменьшение мощности и появление прослоев брекчиевых известняков должны указывать на омеление моря в конце аптского (клансей) времени в окрестностях с. Земо-Гумуриши.

Омеление клансейского моря нами связывается с преднижнеальбскими движениями, на существование которых в Абхазии указывалось В. В. Друщицем и др. [8], а также И. В. Кванталиани и Е. И. Девдариани [10].

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

(Поступило в редакцию 24.11.1967)

გეოლოგია

ი. კვანტალიანი, თ. ნაზარშვილი

ალმოსავლეთ აფხაზეთის აბტური ნაღებების სტრატობრაფიისათვის.

რეზიუმე

წერილში მოცემულია აბტური (განსაკუთრებით გარგაზული და კლანსეური) და ნაწილობრივ ალბური ნაღებების კრილების აღწერა მდ. ლალიძგასა და მდ. ენგურს შორის.

ამონიტორი ფაუნის საფუძველზე პირველად დგინდება შუა აბტური (გარგაზი) ქვესართლის ზონები: ა) *Epicheloniceras subnodocostatum*, ბ) *Colombiceras tobleri* და კლანსეური ქვესართლის ქვედა ქვეზონა. პირველდაა აღწერილი აღნიშნული ნაღებების კრილები მდ. ერისწყლისა და მდ. ოლორის სათავეებში. აღნიშნება სიმძლავრეების შემცირება მდ. ოქუმის მიმართულებით, რაც სოფ. ზემო-გუმურიშის მიდამოებში ზღვის გამარჩნებაზე უნდა მიუთითებდეს.

დადოებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАНИЕ ЛИТЕРАТУРА

1. М. С. Швецов Нижнемеловые белемниты Абхазии. Ежегодник по геол. и минер. Росс., т. XV, вып. 2—3, 1913.
2. С. Л. Докторович-Гребницкий. Заметка о меловых отложениях Черноморского побережья Кавказа. Изв. Геол. ком., т. 32, № 7, СПб, 1913.
3. А. Л. Козлов. Предварительный отчет о геологических исследованиях в бывшем Сухумском уезде в 1929 г. Изв. геол. ком-та, т. I, вып. 63, 1932.
4. И. В. Качарава. Геология Ткварчельского района. Вестник Грузинского геол. ин-та, т. I, ч. 2, 1933.
5. Т. А. Мордвилко. Геология окрестностей Гагр. Междунар. XVII геол. конгр. Экскурсия по Кавказу. Черноморское побережье. 1937.
6. М. С. Эристави. Грузинская глыба в нижнемеловое время. Труды Геол. ин-та АН ГССР, сер. геол., т. VI (XI), 1952.
7. М. С. Эристави. Подразделение нижнего мела Альпийской зоны. Геол. ин-т АН ГССР, Монографии, № 11, 1962.
8. В. В. Друщиц и др. Новые данные по стратиграфии нижнего мела Центральной Абхазии. Изв. вузов, Геология и разведка, № 8, 1959.
9. Э. В. Котетишвили. Новые данные по стратиграфии нижнемеловых отложений Абхазии (на груз. яз.). Изв. геол. о-ва АН ГССР, т. III, вып. 2, 1964.
10. И. В. Кванталиани, Е. И. Девдариани. О взаимоотношении аптских и альбских отложений Западной Абхазии (в междуречье Бзыбь и Псоу). Сообщения АН ГССР, XLVIII:2, 1967.

Д. А. КАСРАДЗЕ

К МИНЕРАЛОГИИ СУЛЬФИДНЫХ РУД АРДЖЕВАН- ГУДЖАРЕТСКОГО РУДНОГО УЗЛА

(Представлено академиком Г. С. Дзюенидзе 15.12.1967)

Арджеван-Гуджаретский рудный узел по своему значению является весьма перспективным объектом в пределах Южного рудного пояса Аджаро-Триалетской складчатой системы, однако специальные исследования в области изучения вещественного состава руд данного узла не имеются.

На основании детальных полевых наблюдений и микроскопического изучения рудных образцов автору данной статьи удалось обнаружить ряд новых, неизвестных до настоящего времени на рудном узле минералов, расшифровать их взаимоотношение, выделить парагенетические группы и дать схему процесса минералообразования.

Оруднение с морфогенетической точки зрения представлено двумя типами: жильными телами и минерализованными зонами. Такое различие обусловлено структурным фактором, так как вмещающие породы и физико-химические условия рудообразования для обоих типов были одинаковы. Первые представляют собой трещины выполнения, вторые же — типичные метасоматические образования, которые не имеют четких границ и характеризуются постепенными переходами руд во вмещающие туфогенные породы, представленные авгит-андезиновыми порфиритами и их пирокластолитами.

В зависимости от соотношения между главными сульфидами и содержания металлов выделяются следующие типы руд: 1) медные, 2) полиметаллические и 3) серноколчеданные (все выделенные типы руд являются золотоносными). В пространственном размещении выделенных типов руд намечается закономерность в приуроченности двух первых к жильным телам, а последнего к минерализованным зонам.

Минеральный состав и последовательность формирования руд приводятся в таблице.

Зона окисления хотя и представлена довольно разнообразным минеральным парагенезисом, но имеет малую мощность (2—5 м).

В эндогенных рудах устанавливаются следующие текстуры: полосчатая, вкрапленная, брекчиевая и массивная. Для жильных тел наиболее характерной является полосчатая текстура, а для минерализованных зон — вкрапленная.

№ п/п	Стадии → Минералы I	II сульфидная						III поздн. безрудная	Супергенные минералы
		I кварц- пиритовая							
1	Кварц	1						2	22. Гетит*
2	Пирит	3	4	5		6		6	23. Гидрогетит*
3	Серицит								24. Ковеллин
4	Хлорит								25. Халькозин
5	Карбонат	7					7	7 и 8	26. Борнит
6	Золото самор.								27. Малахит
7	Халькопирит								28. Азурит
8	Сфалерит								29. Смитсонит
	а) клейофан*								30. Церусит
	б) марматит*								31. Англезит
9	Гринокит*								32. Медь самор.*
10	Тетраэдрит*								33. Куприт*
11	Фаматинит*								34. Тенорит*
12	Канфилдит*								35. Сера самор.*
13	Броньардит*								
14	Галенит								
15	Борнит*								
16	Халькозин*								
17	Мельниковит*								
18	Марказит*								
19	Кобальт-никель-пирит*								
20	Бисмутоплагнионит*								
21	Гематит*								

Примечание: отмеченные индексом (*) минералы на рудном узле впервые диагностированы автором.

Пояснения к таблице. Разновидности минералов: I кварц—1) кристаллический, 2) хальцедоновидный, II пирит—3) зернисто-кристаллический, 4) фестончатый, 5) прожилковый, 6) метакристаллический; III карбонат—7) кальцит, 8) сидерит.

В процессе гипогенной минерализации выделяются три стадии. Первая — кварц-пиритовая стадия [1] — проявляется весьма широко, и не только в связи с рудной минерализацией, но и изолированно от нее. Именно циркуляция ранних растворов обусловила в основном гидротермальный метаморфизм рудовмещающих пород (окварцевание, серицитизация, карбонатизация, эпидотизация, хлоритизация и пиритизация).

Главнейшей в рудообразовании является вторая, сульфидная, стадия, в продолжение которой проявлялись внутрирудные тектонические подвижки.

Процесс минерализации заканчивается безрудной карбонатной стадией.

Остановимся на кратком описании рудослагающих минералов.

Кварц и карбонат (кальцит) являются жильными минералами, а также присутствуют в сложении минерализованных зон. Их ранние выделения имеют зернисто-кристаллическое строение. В конце процесса выпадают хальцедоноподобный кварц и колломорфный карбонат (кальцит и сидерит). Кроме кварца и карбоната, из нерудных минералов отмечаются серицит, гидросерицит, эпидот и хлорит.

Халькопирит является главным рудным минералом жильных тел. В незначительном количестве присутствует в минерализованных зонах. Образует несколько морфогенетических разновидностей, отложение которых происходило в разные моменты сульфидной стадии: 1) сплошные крупнозернистые выделения; 2) неправильной формы, в виде реликтов в сфалерите и тетраэдрите; 3) пластинчатые включения в борните; 4) мелкие прожилки в сфалерите и марказите.

Сфалерит присутствует двух видов: светлый — типа клейофана и темный — типа марматита; последний каймообразно нарастает на светлый сфалерит. Граница между ними четкая, без признаков постепенного перехода. Это обстоятельство, а также их разная пространственная ориентировка, указывают на то, что образование темного сфалерита происходило позже светлого. Однако поведение полисинтетических двойников показывает картину непрерывного продолжения двойника из мармитов в клейофан. Таким образом, разновозрастные выделения сфалерита ведут себя как одно зерно. Это явление, видимо, нужно объяснить последующей перекристаллизацией сфалерита.

Вторую парагенетическую группу образуют сульфосоли меди и серебра: тетраэдрит — фаматинит — канфильдит. Последние две образуют неправильные включения в массе первой. Канфильдит является редчайшим минералом и диагностирован сначала под микроскопом (цвет серый с розово-коричневым оттенком, отражательная способность около 25%, анизотропный, со слабым цветным эффектом, двутражение слабое, внутренних рефлексов нет, мягкий, по твердости 1 группы).

Наличие вышеотмеченных редких минералов подтверждается рентгеновским и спектральным анализами.

Вышеотмеченные минералы пронизаны мелкими прожилками броньардита, а в их межзерновое пространство проникает поздний галенит.

Следующая по времени парагенетическая группа, представленная ассоциацией борнит-халькопирит-халькозин, характеризуется наличием структур распада твердых растворов. Халькопирит образует пла-

стинчатые, петельчатые выделения в борните. Халькозин образует обособленные выделения и представлен синей изотропной разновидностью, так называемым неодигенитом [2].

Гипогенность этих минералов доказывается наличием структур распада твердого раствора, ассоциацией этих минералов с типичными гипогенными минералами и отсутствием всяких признаков гипогенного изменения в исследованных образцах руды.

Парагенетическая группа дисульфидов железа представлена пиритом, марказитом, мельниковитом и кобальт-никель-пиритом.

Пирит является проходящим минералом через все стадии минерализации и представлен следующими морфогенетическими разновидностями: 1) зернисто-кристаллический пирит, катаклазированный и залеченный поздними сульфидами, 2) пирит в виде неправильной формы выделений в зонах пиритизации; 3) фестоначтые выделения пирита; 4) метакристаллический пирит и 5) прожилки пирита. Первые две являются наиболее ранними образованиями: фестоначтый пирит, по видимому, выпал совместно с халькопиритом I; а последние две — в конце процесса.

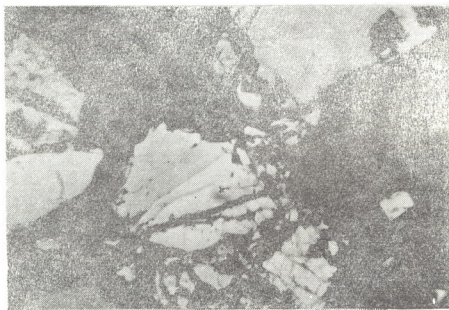


Рис. 1. Зональный кобальт-никель-пирит. Шл. 1214 отв. св., $\times 140$ —Nic

В конце сульфидной стадии отлагаются также марказит, мельниковит и кобальт-никель-пирит, который трактуется как промежуточный член тройной изоморфной системы, состоящей из пирита, вно-

ლარიტა და კატნიერტა [3]. В გუჯარეტურ რუდებში აღმოჩენილია ადგილობრივი ზონალური მშენებლობა, რომელიც დამახასიათებელია დაბალი ტემპერატურის რუდებისათვის.

Выводы

1. პროცესი რუდების ფორმირებისა არჯევან-გუჯარეტურ რუდის კვანძის მხრივ ხასიათდება სამი ეტაპის მინერალიზაციის. В открытым трещинах образовывались жильные тела, а в зонах смятия и дробления — минерализованные зоны с признаками метасоматоза.

2. В продолжение процесса рудообразования намечается определенная смена режима ионов серы и кислорода в растворах, с повышением в конце процесса роли кислорода (появление гематита). Последовательность изменения кислотности гидротермальных растворов, видимо, была следующей: кислый—щелочной—кислый.

3. Температура образования руд колеблется в пределах 270—300° (темноокрашенный сфалерит, распад твердого раствора халькопирит-борнит и некоторые другие критерии) до почти холодных (колломорфные и зональные структуры, низкотемпературные карбонаты и др.).

4. Основная масса руд образовалась из истинных растворов. Проявление колломорфных минеральных агрегатов в конце процесса, видимо, указывает на отложения незначительной части рудного вещества в виде коллоидного осадка.

5. Формирование руд происходило в условиях, переходных от умеренных к малым глубинам.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

(Поступило в редакцию 15.12.1967)

შეჯამება

ჯ. პასრაძე

არჯევან-გუჯარეტის მადნეული კვანძის სულფიდური მადნების მინერალოგიისათვის

რეზიუმე

არჯევან-გუჯარეტის მადნეული კვანძის ფარგლებში გამოიყოფა ოქროს-შემცველი კვარც-კარბონატულ-სულფიდური სხეულები და მინერალიზებული ზონები. მათი ჩამოყალიბება ხდება კვარც-პირიტული, სულფიდური და გვიანი კარბონატული სტადიების განმავლობაში.

სულფიდური სტადიის მთავარი მადნეული მინერალებია: პირიტი, ქალკობირიტი, სფალერიტი, გალერიტი და ტეტრაედრიტი. გარდა ამისა, მიკროსკოპული, რენტგენული და სპექტრალური კვლევის საფუძველზე დადგენილია და აღწერილია იშვიათი მინერალები: სპილენძის, ვერცხლისა და ტყვიის სულფომარილები (ფამატინიტი, კანფილდიტი, ბრონიარდიტი, ბისმუტოპლაგიონიტი), ჰიპოგენური ბორნიტი, ქალგოზინი და გრინოკიტი; აგრეთვე ნიკელ-კობალტ-პირიტი, ოქრო და სხვა.

დასოფნაბუღი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Т. В. Иваницкий. Геология, минералогия и геохимия свинцово-цинковых и полиметаллических месторождений Грузии. Труды Геол. ин-та, монографии, 10, изд. АН ГССР, Тбилиси, 1963.
2. П. Рамдор. Рудные минералы и их сростания. ИЛ, М., 1962.
3. P. F. Kerr. Gattierite and vaesite: new Co—Ni minerals from the Belgian Congo. Amer. Miner., № 7—8, 1945

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

О. И. КАЦИТАДЗЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
СТЕРЖНЕЙ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННЫХ СИЛОВЫХ
ВОЗМУЩЕНИЯХ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 4.8.1967)

Рассматривается проблема продольной устойчивости стержней при кратковременном динамическом силовом воздействии с учетом различных физических факторов данного процесса.

1. При учете поперечных колебаний

Изменение поперечных прогибов колеблющегося тонкого стержня, нагруженного продольной кратковременной силой, выражается уравнением вынужденных поперечных колебаний:

$$EJ \frac{\partial^4 y}{\partial z^4} + P \frac{\partial^2 y}{\partial z^2} + m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0. \quad (1)$$

Учитывая граничные условия, вытекающие из шарнирного закрепления концов стержня:

$$\begin{aligned} y(0, t) = y(l, t) = 0, \\ \frac{\partial^2 y(0, t)}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 y(l, t)}{\partial z^2} = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

и задаваясь формой собственных колебаний, удовлетворяющих условиям

$$v(z) = \sin \frac{n\pi z}{l}, \quad (3)$$

можно представить общее решение уравнения (1) в форме собственных колебаний [1—3]:

$$y(z, t) = v(z) \cdot e^{i\Omega t}. \quad (4)$$

Тогда после соответствующих преобразований получаем, что

$$P_{кр} = \frac{T_0}{\tau} \cdot P_3 \quad (5)$$

при

$$0 \leq \tau \leq T_0.$$

2. С учетом продольных упругих волн и поперечного изгиба

В процессе продольного удара ударяемый конец стержня испытывает продольное перемещение от изгиба и ударного сжатия:

$$S = z + \delta, \quad (6)$$

т. е.

$$S = \frac{1}{2} \int_0^l \left(\frac{\partial y}{\partial z} \right)^2 \cdot dz + u(0, t). \quad (7)$$

Рассматривая условия поперечного равновесия, получаем дифференциальное уравнение

$$EJ \frac{\partial^4 y}{\partial z^4} + \rho \frac{\partial^2 y}{\partial z^4} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} [y \cdot P(z, t)] = 0. \quad (8)$$

Так как на стержень дополнительно действует продольная упругая волна сжатия, то, согласно волновой теории удара,

$$a^2 \cdot \frac{\partial^2 u(z, t)}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 u(z, t)}{\partial t^2}. \quad (9)$$

Совместное решение уравнений (8) и (9) с учетом начальных и граничных условий позволит представить напряжение в общем виде:

$$\sigma(0, t) = \frac{M \cdot \dot{f}(0)}{F} \left[t \cdot \frac{\partial^2 u(0, t)}{\partial t^2} + 2 \frac{\partial u(0, t)}{\partial t} \right].$$

Найденные корни уравнений (8) и (9) одновременно должны удовлетворять начальным условиям, согласно которым в уравнениях останутся масса ударника M , скорость удара v_0 , которая будет критической в момент потери устойчивости.

В приведенных уравнениях неизвестным останется также число полуволн n , которое необходимо определить теоретическим или экспериментальным путем.

3. С учетом изгибно-крутильных колебаний

Изучая только работу стержня и пренебрегая продольными волновыми процессами, можно воспользоваться уравнениями изгибно-крутильных колебаний В. З. Власова:

$$\begin{aligned} EJ_x y^{IV} + Py'' + \rho \ddot{y} &= 0, \\ EJ_\omega \Theta^{IV} + r^2 P \Theta'' - GJ_d \Theta'' + \rho r^2 \ddot{\Theta} &= 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Учитывая граничные условия

$$y = \Theta = y'' = \Theta'' = 0 \quad (11)$$

при

$$z = 0 \quad \text{и} \quad z = l,$$

после соответствующих математических преобразований можно получить величину критической кратковременной силы:

$$P_{(\tau)\text{ккр}} = \left(\frac{T_0}{\tau} \right)^2 \cdot P_{\text{ккр}}, \quad (12)$$

где

$$0 < \tau < T_0, \quad \text{а} \quad P_{\text{ккр}} = \frac{\pi^2 EJ_x}{l^2}.$$

4. При учете вращения поперечных сечений

В результате более точного исследования колебательных процессов высших тонов впервые Релей [4] пришел к необходимости учета влияния инерции вращения совместно с поперечными колебаниями стержня. Дифференциальное уравнение принимает вид

$$EJ_x \frac{\partial^4 y}{\partial z^4} + P \frac{\partial^2 y}{\partial z^2} + \rho_0 F \ddot{y} - \rho_0 J_x \frac{\partial^2 \ddot{y}}{\partial z^2}. \quad (13)$$

Принимая подстановку вида

$$y = A \cdot e^{i\Omega t} \cdot \sin \frac{n\pi z}{l}, \quad (14)$$

после соответствующих математических преобразований получаем значение кратковременной критической силы:

$$P_{\text{ккр}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi \cdot T_0}{\lambda_x \cdot \tau} \right)^2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4 \lambda_x^4}{\pi^4} \left(\frac{\tau}{T_0} \right)^2} \right] \cdot P_{\text{э}}. \quad (15)$$

При весьма малом промежутке τ выражение (15) можно упростить:

$$P_{\text{ккр}} = \left(\frac{\pi \cdot T_0}{\lambda_x \cdot \tau} \right)^2 \cdot P_{\text{э}}, \quad (16)$$

а при пренебрежении единицей в квадратных скобках оно получит вид

$$P_{\text{ккр}} = \frac{T_0}{\tau} \cdot P_{\text{э}}, \quad (17)$$

т. е. аналогичный (5).

5. Учет вращения и деформации сдвигов

Необходимость учета сдвига при импульсивных нагрузках была указана в работе [5]. С целью более точного решения аналогичной задачи впервые С. П. Тимошенко [6] дал решение с учетом вращения и сдвигов.

Следуя автору [6], можно составить более точное дифференциальное уравнение поперечных колебаний стержня, сжатого кратковременной силой:

$$EJ_x \frac{\partial^4 y}{\partial z^4} + P \frac{\partial^2 y}{\partial z^2} + \rho_0 F \ddot{y} - \rho_0 J_x \frac{\partial^2 \ddot{y}}{\partial z^2} - \rho_0 J_x \frac{kE}{G} \frac{\partial^2 \ddot{y}}{\partial z^2} + \frac{kJ_x \rho_0^2}{G} \ddot{y} = 0. \quad (18)$$

В работе [6] доказано, что пренебрежение последним членом уравнения (18) не приводит к чувствительной ошибке и, следовательно, можно решать (18) в более упрощенной форме, имеющей окончательный результат вида

$$P_{кр} = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi T_0}{\lambda_c \tau} \right)^2 \left(1 + k \frac{E}{G} \right) \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4 \lambda_x^4 \left(\frac{\tau}{T_0} \right)^2}{\pi^4 \left(1 + k \frac{E}{G} \right)^2}} \right] \cdot P_{Э}. \quad (19)$$

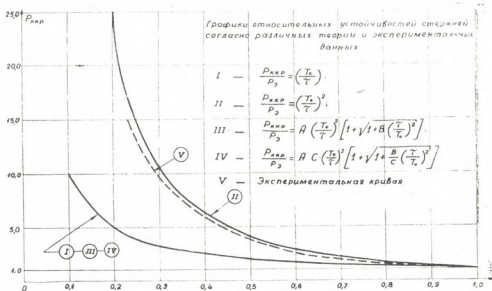


Рис. 1

Как видно из анализа выражений (5), (12), (15) и (19), для определения критических кратковременных сил существуют различные функцио-

нальные зависимости, отличающиеся друг от друга в определенных пределах¹.

С целью проверки, какая из приведенных теорий наиболее точно отображает действительную картину изучаемого процесса, были проведены соответствующие эксперименты и в дальнейшем сопоставлены между собой.

Сравнение этих результатов (см. рис. 1) наглядно показывает, что экспериментальные результаты наиболее близко подходят к полученным теоретическими исследованиями, проведенными с учетом изгибно-крутильных колебаний, т. е.

$$P_{\text{кр}} = \left(\frac{T_0}{\tau} \right)^2 \cdot P_{\text{Э}} \quad (20)$$

Тогда число полуволн, как это становится очевидным из формулы (20), будет

$$n = \frac{T_0}{\tau} \quad (21)$$

Результаты, полученные согласно формулам (20) и (21), очень хорошо согласуются с данными экспериментальных исследований тонких стержней на продольные ударные возмущения.

Всесоюзный и.-и. институт метрологии

Тбилисский филиал

(Поступило в редакцию 4.8.1967)

საზოგადოებრივი მეცნიერებათა
 აკადემიის ტექნიკური ცენტრი

მ. კაციტაძე

ღეროების გრძივი მდგრადობის თეორიული და ექსპერიმენტული
 გამოკვლევა მათი ხანმოკლე ძალოვანი დატვირთვის
 შემთხვევებში

რეზიუმე

წერილში მოყვანილია ღეროების გრძივი მდგრადობის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების შედეგები მათი ხანმოკლე ძალოვანი დატვირთვის შემთხვევებში.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მიღებულია ხანმოკლე კრიტიკული ძალების საანგარიშო ფორმულები, რომელთა გამოყენებაც შესაძლებელია სხვადასხვა სახის შესაბამისი საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტის შემთხვევებში.

¹ Численные расчеты критических кратковременных сил, согласно различным теориям, были произведены Вычислительным центром АН ГССР.

დაამუშავებულ ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Колоушек. Динамика строительных конструкций. М., 1965.
2. Г. Н. Размадзе. Инженерное решение вопроса о распространении изгибных и крутильных волн в тонкостенных стержнях. Труды ГИСХ, т. VII—VIII, Сухуми, 1963.
3. Г. Н. Размадзе, О. И. Кацитадзе. Инженерные методы определения критической силы при кратковременном продольном нагружении тонкого стержня. Сообщения АН ГССР, XLIII, № 2, 1966.
4. Релей. Теория звука, 1894.
5. W. Flügge. Z. angew. Math. und Mech., 22, 1942.
6. С. П. Тимошенко. Теория упругости. ОНТИ, М.—Л., 1937.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Г. К. ГАБРИЧИДZE

РАСЧЕТ АРОЧНЫХ ПЛОТИН ПО СТЕРЖНЕВОЙ СХЕМЕ
 МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

(Представлено академиком О. Д. Свиашвили 2.10.1967)

В настоящее время самым распространенным методом расчета арочных плотин является стержневой метод. Согласно этому методу, сплошное тело плотины заменяется перекрестной стержневой решеткой, что с математической точки зрения равносильно расчленению системы дифференциальных уравнений в частных производных на систему обыкновенных дифференциальных уравнений.

При расчете арочной плотины по стержневой схеме, по сути дела, реализуется принцип, который в строительной механике известен как метод сил. Отбрасывая лишние связи, получают основную систему, затем взамен отброшенных связей прикладывают усилия взаимодействия, которые определяются из условий совместности [1]. Наиболее близкое сходство между классическим методом расчета стержневых систем методом сил и стержневой схемой расчета арочных плотин обнаруживается в тех случаях, когда внутренние усилия взаимодействия при расчетах арочных плотин рассматриваются сосредоточенными в узлах [2, 3]. В работе [1] поставлен вопрос о целесообразности

применения к стержневой схеме расчета арочных плотин метода перемещений. В настоящей статье приводится алгоритм и схематическое описание программы (МП-1) для машины БЭСМ-2М, реализующей такой расчет. Расчетная схема арочной плотины представ-

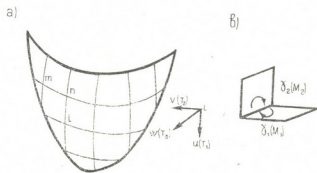


Рис. 1

лена на рис. 1, а в виде взаимопересекающихся арок и консолей. Она принципиально не отличается от схемы, приведенной в работе [2]. На каждый узел пересечения арок с консолями накладываем внешние связи, закрепляя их в пространстве против пяти перемещений. Положительные направления перемещений и усилий в наложенных связях выбраны как показано на рис. 1, б.

- u, T_1 —перемещение и усилие в вертикальном направлении;
 v, T_2 —перемещение и усилие, касательное к оси горизонтальной арки;
 ω, T_3 —перемещение и усилие в радиально-горизонтальном направлении;
 γ_1, M_1 —угол поворота и момент в горизонтальной плоскости;
 γ_2, M_2 —угол поворота и момент в вертикально-радиальной плоскости.

Арочная плотина между узлами аппроксимируется в горизонтальном направлении арками с постоянным радиусом, а в вертикальном направлении—стержнями с толщиной, изменяющейся по линейному закону. Упругое опирание на скалу принимается по Фохту—Буссинеску. Ниже приведится блок-схема программы и ее подробное описание:

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 A_1 & P_2 & K_3 & P_4 & O_5 & P_6 & C_7 & R_8 & Y_9 & H_{10} \\
 \uparrow & \downarrow & \uparrow & \downarrow & \uparrow & \downarrow & & & & \\
 2 & 1 & 4 & 3 & 6 & 5 & & & &
 \end{array}$$

Здесь операторы имеют следующий смысл:

A_1 —засылаются параметры горизонтальной арки (рис. 2, а);

R —радиус арки;

h —толщина;

φ_0 —центральный угол;

E_0 —модуль упругости бетона.

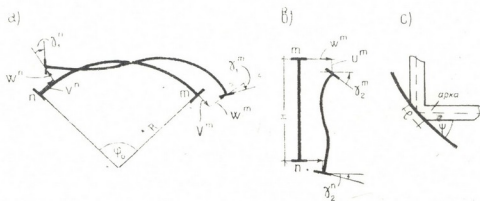


Рис. 2

Кроме того, вводятся номера (m, n) узлов левой и правой пят арки. Вычисляются реакции во внешних связях от единичных перемещений: $u^m = 1, v^m = 1, w^m = 1, \gamma_1^m = 1, \gamma_2^m = 1$; $u^n = 1, v^n = 1, w^n = 1, \gamma_1^n = 1, \gamma_2^n = 1$ и от внешней нагрузки.

Значения реакции засылаются (с суммированием засылаемых величин) в соответствующие ячейки матрицы системы алгебраических уравнений. Система размещается на магнитных барабанах.

- P_2 —проверка количества обработанных арок;
- K_3 —засылаются параметры вертикального стержня (рис. 2, б);
- h^m —толщина стержня по верху;
- h^n —толщина по низу;
- H —расстояние между узлами;
- E_6 —модуль упругости бетона;
- m, n —номера узлов.

Вычисляются реакции в связях от единичных перемещений и от внешней нагрузки, и засылаются в соответствующие ячейки матрицы системы с суммированием результатов.

- P_4 —проверка количества обработанных стержней;
- O_5 —засылаются характеристики упругого основания по Фохту—Буссинеску, угол наклона основания плотины по отношению к горизонтальной плоскости (ψ), толщина (h) и длина (l) участка примыкания узла к скале, номер (m) узла (рис. 2, с).

Вычисляются реакции в связях от единичных перемещений, и засылаются в соответствующие ячейки матрицы системы с суммированием результатов.

- P_6 —проверка количества обработанных точек упругого основания;
- C_7 —проверка симметричности полученной системы алгебраических уравнений;
- R_8 —решение системы алгебраических уравнений⁽¹⁾ и вывод на печать поля перемещений;
- Y_9 —вычисление и вывод на печать поля усилий;
- H_{10} —конец программы.

На сдвигающие и крутящие усилия стержни рассчитываются с учетом их работы как элементов сплошного тела [1]. На обработку одного стержневого элемента требуется

10 секунд машинного времени, так что составление системы алгебраических уравнений происходит в относительно короткое время. Основное время уходит на решение системы уравнений, но здесь имеются большие резервы для сокращения времени счета. Дело в том, что при расчетах арочных плотин по стержневой схеме методом перемещений каждый узел соединен максимум с четырьмя соседними узлами; следовательно, при лю-

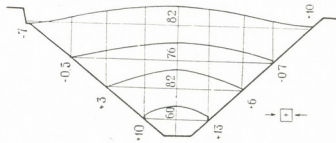


Рис. 3

а при расчетах арочных плотин по стержневой схеме методом перемещений каждый узел соединен максимум с четырьмя соседними узлами; следовательно, при лю-

(¹ Решение системы происходит методом Гаусса с выбором главного элемента по программе, разработанной Н. А. Папунашвили в Вычислительном центре Академии наук Грузинской ССР.

бой густоте расчетной сетки, при учете пяти видов перемещений узлов каждое уравнение в системе алгебраических уравнений будет содержать не более 25 членов. Таким образом, в матрице системы большое количество членов получается нулевым. Если не вводить в машину нулевые члены матрицы и не производить операции над ними, получим большую экономию

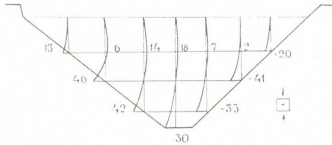


Рис. 4

памяти машины и времени счета. Одним из возможных путей решения этой задачи является учет ленточной структуры систем.

Программа МП-1 была использована для расчета одного из вариантов Ингурской арочной плотины.

Плотина трехцентровая с утолщениями к пятам. Из-за ограниченности возможностей машины брали четыре арки и семь консолей. Учитывалось четыре вида перемещений узлов (исключалось вертикальное перемещение).

В качестве иллюстрации приводятся некоторые результаты расчета плотины на гидростатическое давление. На рис. 3 представлены кольцевые напряжения по верхней поверхности плотины, а на рис. 4—консольные напряжения на той же поверхности.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт строительной механики
 и сейсмостойкости

(Поступило в редакцию 2.10.1967)

საგონებლო მექანიკა

ბ. ზაბრიძე

თაღოვანი კაშხლების ანგარიში ღეროვანი სქემით გადაადგილების
 მეთოდის გამოყენებით

რეზიუმე

წერილში მოცემულია გადაადგილების მეთოდის გამოყენებით თაღოვანი კაშხლების ღეროვანი სქემით ანგარიშის ალგორითმი და პროგრამის ბლოკ-სქემური აღწერა. მოყვანილია ამ პროგრამით ენგურის თაღოვანი კაშხლის ერთ-ერთი ვარიანტის ანგარიშის ზოგიერთი რეზულტატი.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. К. Габричидзе. Некоторые вопросы расчета арочных плотин по стержневой схеме. Труды Ин-та строительной механики и сейсмостойкости АН ГССР, Тбилиси, изд. «Мециერება», 1967.
2. А. П. Финн. Расчет пространственных конструкций типа системы перекрестных связей... Исследования по строительной механике (сборник трудов), вып. 190, ЛИНЖТ, Л., 1962.
3. Ан. А. Лосабериძე. Новый метод расчета арочных плотин. «Строительство и архитектура», информационный сборник Госстроя ГССР, № 3, Тбилиси, 1963.

Ю. М. ГОГИБЕРИДЗЕ, Т. И. ДЖИНЧАРАДЗЕ, Ш. М. МИКНАШВИЛИ

ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДА И СЕРЫ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ СТАЛИ ШХ15

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 27.6.1967)

Опубликованные в литературе значения поверхностного натяжения шарикоподшипниковой стали ШХ15 весьма различны [1—5]. Причиной этого надо считать неодинаковое содержание в исследуемых сталях поверхностно-активных примесей, прежде всего кислорода и серы, а также отсутствие экспериментальных данных о плотностях.

Влияние кислорода на поверхностное натяжение стали ШХ15 в литературе не освещено, а в отношении серы в единичных исследованиях имеются указания на ее снижающее действие [1, 3].

Настоящая работа посвящена исследованию в отдельности влияния кислорода от 0,0027 до 0,0046% при постоянном содержании серы 0,013% и серы от 0,007 до 0,013% при постоянном содержании кислорода 0,0025% на плотность и поверхностное натяжение стали ШХ15 состава: 1,02% С, 0,32% Si, 0,31% Mn, 1,46% Cr, 0,018% P, 0,14% Ni и 0,10% Cu.

Поверхностное натяжение (σ) и плотность (ρ) определялись методом „большой капли“ [6] при помощи таблиц [7].

Эксперименты проводились в высокотемпературной вакуумной печи в температурном интервале 1773—1923 К в атмосфере высококислотного гелия, содержащего менее 0,001% кислорода. Гелий напускался в печь после ее вакуумирования до $4-5 \cdot 10^{-7}$ н/м². Для подложки применялись чашки диаметром около $13 \cdot 10^{-3}$ м из окиси алюминия, в которые помещались образцы исследуемой стали весом $7,0-7,5 \cdot 10^{-3}$ кг. Температуру измеряли с точностью ± 10 градусов с помощью вольфрамовой термопары, горячий спай которой находился вблизи от вершины капли.

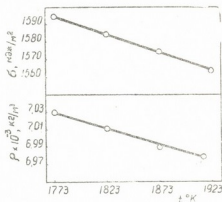


Рис. 1. Температурная зависимость плотности (ρ) и поверхностного натяжения стали ШХ15

Фотографирование капли металла осуществлялось специальной оптической системой, позволяющей получать изображения с увеличением в 5,2 раза [8]. Необходимые для расчета σ и ρ размеры капли определялись на негативной пластинке с точностью 0,5%. Методика эксперимента подробнее была описана ранее [8, 9].

Результаты определения плотности и поверхностного натяжения стали ШХ15 с содержанием кислорода 0,0027% и серы 0,013% представлены на рис. 1, из которого видно, что плотность и поверхностное натяжение с повышением температуры падают прямолинейно. Так, например, при температуре 1773°К плотность равна $7,03 \cdot 10^3$ кг/м³, поверхностное натяжение— 1595 мдж/м², а при температуре 1923 К они составляют $6,98 \cdot 10^3$ кг/м³ и 1560 мдж/м² соответственно.

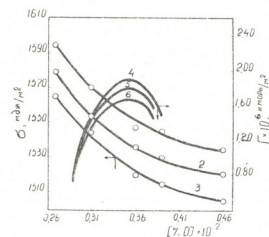


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения (σ) и адсорбции (Γ) от концентрации кислорода: 1 и 4—при 1773°К, 2 и 5—при 1823°К, 3 и 6—при 1873°К

надо объяснить, очевидно, высоким содержанием кислорода в исследуемых сталях, которое не было учтено авторами.

Увеличение содержания кислорода в стали вызывает интенсивное падение поверхностного натяжения (рис. 2). Экстраполяция этих данных при температуре 1873°К до содержания 0,0068% кислорода приводит к значению поверхностного натяжения, равному 1490 мдж/м², которое совпадает с величиной σ , полученной в работе [4] для стали ШХ15 с таким же содержанием кислорода.

Сера также интенсивно снижает поверхностное натяжение стали ШХ15 (рис. 3). Полученные нами данные качественно согласуются с данными, полученными в работе [1]. Экстраполяция кривой 2 (рис. 3) до содержания 0,016% серы соответствует значению поверхностного натяжения, равному 1520 мдж/м², что на 60 мдж/м² выше значений, полученных в работе [1] для

Температурный коэффициент поверхностного натяжения $\frac{d\sigma}{dT}$ исследуемой ста-

ли с содержанием кислорода 0,0027% равен $-0,23$ мдж/м²·град. Наблюдается увеличение абсолютного значения этого коэффициента с ростом поверхностно-активной примеси кислорода и при содержании 0,0046% кислорода в стали $\frac{d\sigma}{dT} = -0,30$ мдж/м²·град. В среднем

для стали ШХ15 температурный коэффициент составляет $-0,26$ мдж/м²·град. Полученное в работе [2] высокое абсолютное значение $\frac{d\sigma}{dT}$ (-4 мдж/м²·град)

стали ШХ15 с таким же содержанием серы. Это расхождение, по-видимому, надо объяснить сравнительно низким содержанием кислорода (0,0025%) в исследуемых нами сталях, а также тем, что при расчетах σ в работе [1] использовалась плотность железа, содержащего 1,0% углерода, равная $7,07 \cdot 10^3$ кг/м³, что выше действительного ее значения для шарикоподшипниковой стали, плотность которой, по нашим экспериментальным данным, при температуре 1823°K составляет $7,01 \cdot 10^3$ кг/м³.

Интенсивное падение поверхностного натяжения наблюдается при увеличении концентрации кислорода до 0,0035%, после чего влияние его на σ ослабевает (рис. 2). Ослабление влияния серы на поверхностное натяжение наблюдается при концентрациях ее, превышающих 0,009% (рис. 3).

С повышением температуры от 1773 до 1873°K σ шарикоподшипниковой стали, содержащей 0,013% серы (рис. 3), падает на 20 мдж/м², а стали, содержащей 0,0046% кислорода (рис. 2), - на 30 мдж/м². Влияние кислорода на поверхностное натяжение стали по сравнению с серой оказывается более сильным. Так, например, каждому добавляемому 0,0001% кислорода в интервале концентраций 0,0027—0,0035% кислорода соответствует падение поверхностного натяжения примерно на 9 мдж/м², тогда как добавление такого же количества серы в интервале концентрации 0,007—0,009% влечет за собой понижение σ на 3 мдж/м².

Характер хода полученных изотерм поверхностного натяжения объясняется заполненностью адсорбционного слоя поверхностно-активными элементами.

Из-за отсутствия данных об активностях кислорода и серы в шарикоподшипниковой стали адсорбцию рассчитывали без учета их активностей по формуле Гиббса:

$$\Gamma = - \frac{C}{RT} \frac{d\sigma}{dC},$$

где C —концентрация поверхностно-активных элементов.

На рис. 2 и 3 представлено изменение адсорбции кислорода и серы в зависимости от содержания их в металле.

Как видно, кислород, растворенный в стали ШХ15, адсорбируется на ее поверхности и максимальная адсорбция, соответствующая заполненности адсорбционного слоя, достигается при концентрации кислорода 0,0035%. До

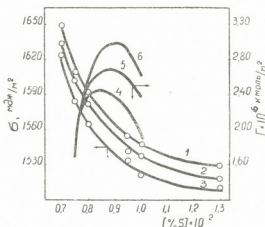


Рис. 3. Зависимость поверхностного натяжения и адсорбции от концентрации серы: 1 и 4—при 1773°K, 2 и 5—при 1823°K, 3 и 6—при 1873°K

этой концентрации поверхность жидкой стали непрерывно обогащается поверхностно-активным элементом, чему и соответствует интенсивное снижение поверхностного натяжения. После достижения максимальной адсорбции влияние его на поверхностное натяжение ослабевает.

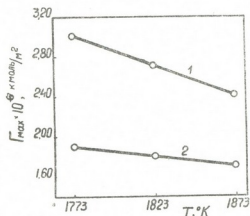


Рис. 4. Температурная зависимость максимальной адсорбции серы (1) и кислорода (2)

Такой же характер имеют изотермы адсорбции серы с той лишь разницей, что в этом случае заполнение адсорбционного слоя происходит при объемной концентрации серы, соответствующей 0,009%.

Поверхностная активность кислорода $\left(\frac{d\sigma}{dC_{[O]}}\right)$ в 3 раза больше поверхностной активности серы $\left(\frac{d\sigma}{dC_{[S]}}\right)$ до концентраций, соответствующих максимальным адсорбциям. Выше этих концентраций соотношение

$\frac{d\sigma}{dC_{[O]}} / \frac{d\sigma}{dC_{[S]}}$ уменьшается и становится равным 1,5.

На рис. 4 представлена зависимость экстремальных значений адсорбции кислорода и серы от температуры. Как видно, вышеуказанные зависимости имеют прямолинейный характер с температурным коэффициентом $\frac{d\Gamma_{\max}^{[O]}}{dT} = -2,47 \cdot 10^{-9}$ кмол/м²·град и $\frac{d\Gamma_{\max}^{[S]}}{dT} = -6,16 \cdot 10^{-9}$ кмол/м²·град. Это явление, очевидно, обусловлено возрастанием растворимости кислорода [10] и серы в металле с повышением температуры.

Графическая экстраполяция полученной зависимости максимальной адсорбции от температуры показывает, что кислород при температуре 2643°K и сера при температуре 2298°K становятся неактивными в шарикоподшипниковых сталях.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт металлургии
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 27.6.1967)

მეცნიერებათა

ი. ზოგიბერიძე, თ. ჯინჯარაძე, შ. ვიციანთაძე

ქანგბადისა და გოგირდის გავლენა ფოლადი ШХ15 ზედაპირულ
 დაჰიმულეობაზე

რეზიუმე

„დიდი წვეთის“ მეთოდით შესწავლილია ფოლად ШХ15-ის სიმკვრივე, ზედაპირული დაჰიმულეობა და ქანგბადისა და გოგირდის აღსორბეცა 1773—1923°K ტემპერატურულ ინტერვალში.

დადგენილია, რომ 1773°K ამ ფოლადის სიმკვრივე $\rho = 7,03 \cdot 10^{-3}$ კგ/მ³, ხოლო ზედაპირული დაჭიმულობა $\sigma = 1595$ მ. ჯოულ/მ². ტემპერატურის ზრდა იწვევს σ და ρ სწორხაზობრივ დაცემას. ფოლადში ქანგბადის კონცენტრაციის გაზრდით ზედაპირული დაჭიმულობის ტემპერატურული კოეფიციენტის აბსოლუტური მნიშვნელობა თანდათანობით იზრდება და $\frac{d\sigma}{dT}$ საშუალოდ ტოლია $0,26$ მ. ჯოულ/მ²·გრად.

ქანგბადის ზედაპირული აქტივობა სამჯერ მეტია, ვიდრე გოგირდისა, იმ შემადგენლობებამდე, რაც შეესაბამება მათ მაქსიმალურ ადსორბციებს. ქანგბადისა და გოგირდის კონცენტრაციების შემდგომი ზრდა ნაკლებ გავლენას ახდენს ШХ15 ფოლადის ზედაპირულ დაჭიმულობაზე და მათი ზედაპირული აქტივობის შეფარდება 1,5-ის ტოლი ხდება.

თხევადი ლითონის ტემპერატურის გაზრდა იწვევს ქანგბადისა და გოგირდის ზედაპირული აქტივობის შემცირებას და შესაბამისად 2643 და 2298°K ტემპერატურებზე ისინი ინაქტიურნი ხდებიან.

დასოფნებაული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. И. Попель, А. А. Дерябин. Поверхностное натяжение шарикоподшипниковой стали ШХ15 и ее адгезия к шлакам. Известия вузов, ЧМ, № 9, 1963.
2. О. С. Бобкова, В. С. Петухов. Роль поверхностных явлений при перемешивании стали с синтетическими шлаками. В сб.: «Поверхностные явления в расплавах и процессах порошковой металлургии». Изд. АН УССР, Киев, 1963.
3. О. С. Бобкова, В. С. Петухов. Влияние серы на межфазное взаимодействие стали со шлаками системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$. В сб.: «Поверхностные явления в расплавах и возникающих из них твердых фазах», Нальчик, 1965.
4. А. М. Якушев, В. Д. Смоляренко, Ф. П. Еднерал. Межфазное натяжение жидкой стали на границе с белым шлаком электроплавки. Известия вузов, ЧМ, № 11, 1966.
5. С. К. Чучмарев, О. А. Есин, В. Н. Камышов. Адгезия нитридов к стали и шлаку. Известия вузов, ЧМ., № 1, 1967.
6. Ю. В. Найдич, В. Н. Еременко. Метод «большой капли» для определения поверхностного натяжения и плотности расплавленных металлов при высоких температурах. Физика металлов и металловедения, т. II, вып. 6, 1961.
7. Ю. Н. Иващенко, Б. Б. Богатыренко, В. Н. Еременко. К вопросу о расчете поверхностного натяжения жидкости по размерам лежащей капли. В сб.: «Поверхностные явления в расплавах и процессах порошковой металлургии», изд. АН УССР, Киев, 1963.

8. Ю. М. Гогиберидзе, Т. И. Джинчарадзе, Ш. М. Микишвили. Установка для определения поверхностного натяжения металлов и межфазного натяжения на границе раздела жидкого мегалла и шлака. В сб.: «Поверхностные явления в расплавах», Свердловск, 1966.
9. Ю. М. Гогиберидзе, М. А. Кекелидзе, Ш. М. Микишвили. Влияние фосфора на поверхностное натяжение и плотность железа. Сообщения АН ГССР, т. XXXI, I, 1963.
10. В. В. Аверин, А. Ю. Поляков, А. М. Самарин. Растворимость и активность кислорода в металлических расплавах. Труды IV конференции по физико-химическим основам производства стали, М., 1960.

Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик АН ГССР), М. А. НАБИЧВРИШВИЛИ,
В. А. ПИРЦХАЛАИШВИЛИ

СТРУКТУРА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ ХРОМ-МАРГАНЕЦ-АЗОТ И РАСТВОРИМОСТЬ В НИХ АЗОТА

Работы по изучению диаграммы состояния системы хром-марганец, проведенные на сплавах, выплавленных на воздухе, нельзя считать полноценными, поскольку в этом случае происходит сильное загрязнение сплавов азотом [1]. Лишь исследования, проведенные на весьма чистых сплавах, выплавленных в атмосфере водорода, легли в основу современной диаграммы состояния системы хром-марганец [2—4].

Вопрос растворимости азота в сплавах системы хром-марганец имеет теоретическое и прикладное значение.

При создании азотистых лигатур следует уделять внимание следующим факторам:

1. Азотсодержащая лигатура должна обладать определенными прочностными показателями, для того чтобы в процессе транспортировки максимально уменьшать процент перехода лигатуры в порошкообразную форму.

2. Желательно, чтобы лигатура содержала в твердом состоянии такое количество азота, которое не превышало бы растворимости азота в ней в жидком состоянии; это условие, видимо, в какой-то степени влияет на усвояемость азота хромомарганцевой сталью.

Этим двум требованиям удовлетворяют азотсодержащие лигатуры на базе сплавов системы хром-марганец.

Методика эксперимента

Исходными материалами для плавки служили: электрелитические хром и марганец, и азотированные электрелитические хром и марганец с 6% азота в каждом.

Сплавы выплавлялись в высокочастотной индукционной печи в корундовых тиглях под слоем основного шлака эвтектического состава: 47,7% Al_2O_3 ; 46% CaO и 6,3% MgO.

Образцы для исследования приготавливались насыщением расплавленного металла в разогретые фарфоровые трубки.

Сплавы изучались в закаленном и отожженном состояниях. Термообработка производилась в вакуированных кварцевых ампулах. Закалка осуществлялась в воде после выдержки в течение 5 часов при 1200°C, а отжиг на условно равновесное состояние производился в продолжение 45 часов с 1200°C по ступенчатому режиму, а после 700°C сплавы охлаждались вместе с печью.

Для определения структурных составляющих сплавов и уточнения границы фазовых областей использовались микроструктурный и рентгеноструктурный анализы, методы твердости, микротвердости и электросопротивления.

Результаты исследования

В сводной таблице приведены результаты химического анализа сплавов системы хром-марганец-азот, количество вводимого в сплавы азота (%N⁰), условный коэффициент усваиваемости азота ($k = \%N / \%N^0$) и характеристики плавки.

Таблица

Химический анализ сплавов и характеристика плавки

№ сплава	Вес. % Cr	Вес. % Mn	Вес. % N	Вес. % N ⁰ по шихте	$k = \frac{\%N}{\%N^0}$	Характеристика плавки
1	9,9	89,5	0,52	0		Искрения нет
2	12,5	84,1	1,54	1	1,54	" "
3	12,3	84,0	1,86	2	0,93	Искрение "
4	10,0	85,3	2,54	3	0,85	Искрение сильное
5	13,6	84,0	2,35	4	0,58	Искрение очень сильное
6	10,2	86,5	2,35	6	0,39	" "
7	24,7	72,7	0,16	0		Искрения нет
8	25,4	72,0	1,63	1	1,63	" "
9	24,8	71,0	1,98	2	0,99	" "
10	26,0	70,9	2,56	3	0,85	Искрение слабое
11	28,0	69,0	2,67	4	0,67	Искрение сильное
12	26,5	70,5	2,93	6	0,49	Искрение очень сильное
13	48,0	50,4	0,74	0		Искрения нет
14	49,7	48,7	1,54	1	1,54	" "
15	44,6	53,6	1,89	2	0,95	" "
16	48,7	49,0	2,30	3	0,77	Искрение слабое
17	52,3	44,1	3,08	4	0,77	" "
18	49,7	46,5	3,72	6	0,62	" "
19	70,5	28,6	0,5	0		Искрения нет
20	70,5	25,2	1,50	1	1,50	" "
21	72,9	24,0	1,81	2	0,90	" "
22	72,0	23,1	2,56	3	0,85	" "
23	71,0	26,0	3,0	4	0,75	" "
24	71,7	23,0	4,03	6	0,66	" "

Растворимость азота в сплавах системы хром-марганец оценивались по появлению искрения в процессе плавки, вызванного интенсивным удалением азота из расплава, и по химическому анализу.

Согласно данным, характеризующим плавку, и результатам химического анализа построена приближенная диаграмма растворимости азота в жидких сплавах системы хром-марганец при нормальном атмосферном давлении (рис. 1).

Кроме того, по этим данным составлено приближенное эмпирическое

уравнение, связывающее растворимость азота в жидких сплавах системы хром-марганец с концентрацией в них хрома: $(\%N) = 2 + 0,03 (\%Cr)$.

Если эти данные проэкстраполировать до чистого хрома и чистого марганца, то получим 5,1 и 2,0%, что соответствует растворимости азота в чистом хrome при 1745°C [5] и в чистом марганце при 1400°C [6].

Построенная для закаленного состояния по данным металлографического анализа и других методов схема структурной диаграммы системы хром-марганец-азот свидетельствует о большом влиянии на расположение фазовых областей азота, находящегося как в твердом растворе, так и в виде нитрида хрома (рис. 2).

Образование нитрида хрома Cr_2N приводит к существенному смещению фазовых областей в сторону более высоких концентраций хрома из-за перераспределения легирующих элементов между структурными составляющими. Поэтому наблюдаемое до 28% хрома в системе хром-марганец соединение CrMn_3 , возникает в системе хром-марганец-азот даже в сплавах, содержащих 80% хрома при 4% азота (рис. 2).

В свою очередь, азот, находящийся в твердом растворе, существенно расширяет область γ -Mn в сторону богатых хромом сплавов и снижает температуру фазового превращения γ -Mn \rightarrow β -Mn.

Структура отожженных сплавов системы хром-марганец-азот чрезвычайно сложна и в данном случае далека от равновесной, поэтому построенная диаграмма

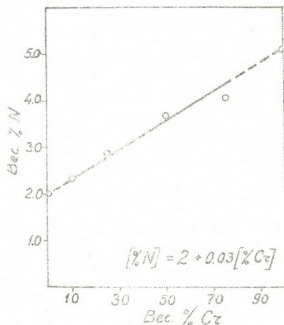


Рис. 1. Растворимость азота в сплавах системы хром-марганец

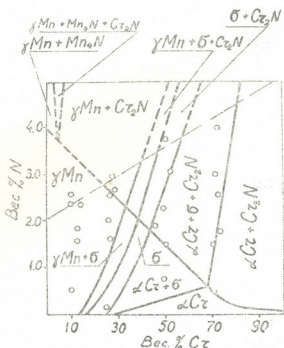


Рис. 2. Структурная диаграмма закаленных с 1200°C сплавов системы хром-марганец-азот

(рис. 3), несмотря на ряд экспе-

რიმენტальных данных, носит сильно упрощенный характер. Но все же она наглядно свидетельствует, что формирование фазовых областей в системе

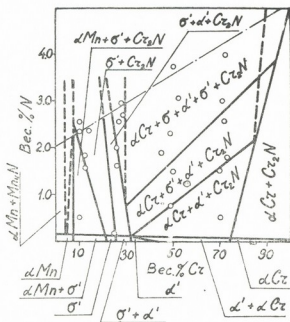


Рис. 3. Структурная диаграмма отожженных сплавов системы хром-марганец-азот стабилизации в ней под действием азота некоторых фаз.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт металлургии
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 25.7.1967)

შემაჯავრობა

ფ. თავაძემ (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), მ. ნაბიჯვრიშვილმა,
 ვ. ფირცხალაიშვილი

ქრომ-მანგანუმ-აზოტის სისტემის შენადნობების სტრუქტურა
 და მათში აზოტის ხსნადობა

რეზიუმე

მიკროსტრუქტურული და რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის, სისალის, მიკროსისალისა და ელექტროწინალობის მეთოდების საფუძველზე პირველადაა აგებული ქრომ-მანგანუმ-აზოტის სისტემის შენადნობების სტრუქტურული დიაგრამები.

გარდა ამისა, აგებულია ამ სისტემის შენადნობებში აზოტის ხსნადობის დიაგრამა და გამოყვანილია სათანადო ემპირიული ტოლობა.

хром-марганец-азот, т. е. смещение одних областей в сторону, богатую марганцем, а других в сторону, богатую хромом, вызвано наличием нитрида Cr_2N и соединений $CrMn_3$ и $CrMn_2$, приводящих к перераспределению элементов между твердым раствором и другими структурными составляющими.

Очевидно, что для более точного построения диаграммы состояния хром-марганец-азот нуждаются в решении вопросы растворимости азота в фазовых составляющих этой системы и

დადოვიანი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. U. Zwicker. Das System Mangan-Chrom. Z. Metallkunde, 40, 1949, 377.
2. S. Carlile, J. Christian, W. Hume-Rothery. The Equilibrium Diagram of the System Chromium-Manganese. J. Inst. Metals, 76, 1949, 169.
3. W. Pearson, W. Hume-Rothery. The Constitution of Chromium-Manganese Alloys. J. Inst. Metals, 81, 1952, 311.
4. А. Т. Григорьев. Сплавы железа с хромом и марганцем. М., 1952.
5. Ж. Умбер, Дж. Эллиотт. Растворимость азота в жидких сплавах Fe—Cr—Ni. Проблемы современной металлургии, 1, 3, 1961.
6. И. Б. Бараташвили, Исследование процессов получения азотированного марганца. Автореферат, М., 1962.

Б. И. ПАРЦХАЛАДЗЕ

К ВОПРОСУ БЕЗОПОРНОЙ ВИБРАЦИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. С. Тавхелидзе 20.12.1967)

В практике машиностроения принято связывать упругий элемент с общей системой, учитывая соображения конструирования. Такой подход зачастую приводит к излишней переоценке значения опор. Однако во многих случаях целесообразно поставить вариационную задачу подбора опор из оптимальных условий их работы. Например, ставится задача создания вибрационной системы, работающей в условиях наличия опор, воспринимающих только собственный вес системы.

Ниже исследованы собственные колебания безопорной балки в двух случаях распределения масс. Разработана методика подбора расчетных параметров балки, определения формы стоячей волны и расположения узлов.

1. Рассмотрим свободную от опор, колеблющуюся однородную балку с симметричными массами длины $2l$, модулем упругости E , площадью поперечного сечения S и моментом инерции этой площади относительно нейтральной оси J . Ось ox расположим вдоль балки и начало координат поместим посередине (рис. 1).

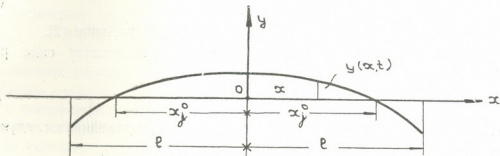


Рис. 1

Как известно [1], отклонение $y(x, t)$ от положения равновесия сечения x при свободных колебаниях балки удовлетворяет

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} + a^2 \frac{\partial^4 y(x, t)}{\partial x^4} = 0,$$

где

$$a = \sqrt{\frac{EJ}{\rho S}}.$$

Если искать решение этого уравнения методом разделяющихся переменных

$$y(x, t) = Y(x) \sin kt,$$

для определения формы стоячей волны $Y(x)$ получаем уравнение

$$\frac{d^4 Y}{dx^4} - \nu^4 Y = 0, \quad (1.1)$$

где положено

$$\nu^4 = \frac{k^2}{a^2}, \quad k = \nu^2 \sqrt{\frac{EJ}{\rho S}}. \quad (1.2)$$

Задача сводится к определению $Y(x)$ и ν . Общее решение дифференциального уравнения (1.1) имеет вид

$$Y(x) = A \operatorname{ch} \nu x + B \operatorname{sh} \nu x + C \cos \nu x + D \sin \nu x. \quad (1.3)$$

Краевые условия для балки таковы:

1) На концах балки $x = \pm l$ изгибающий момент равен нулю, т. е.

$$Y''(\pm l) = 0. \quad (1.4)$$

2) В сечениях $x = x_j$, где расположены сосредоточенные массы, задана перерезывающая сила Q , т. е.

$$EJ [Y'_{x \rightarrow x_j+0}(x_j) - Y'_{x \rightarrow x_j-0}(x_j)] = Q. \quad (1.5)$$

3) Посередине балки $x=0$ при симметричных колебаниях касательная к ней параллельна оси x , т. е.

$$Y'_{(0)} = 0, \quad (1.6)$$

а при антисимметричных колебаниях в этой точке располагается узел, т. е.

$$Y_{(0)} = 0. \quad (1.7)$$

4) Узлы $x = \pm x_j^0$ расположены на оси x , т. е.

$$Y(\pm x_j^0) = 0. \quad (1.8)$$

II. Рассмотрим случай отсутствия сосредоточенных масс [2].

В этом случае на концах балки $x = \pm l$ перерезывающая сила равна нулю, т. е. краевое условие (1.5) принимает вид

$$Y'_{(\pm l)} = 0. \quad (2.1)$$

Удовлетворяя краевым условиям (1.4) и (2.1), приходим к следующей однородной системе уравнений:

$$\begin{aligned} A \operatorname{ch} \alpha + B \operatorname{sh} \alpha - C \cos \alpha - D \sin \alpha &= 0, \\ A \operatorname{ch} \alpha - B \operatorname{sh} \alpha - C \cos \alpha + D \sin \alpha &= 0, \\ A \operatorname{sh} \alpha + B \operatorname{ch} \alpha + C \sin \alpha - D \cos \alpha &= 0, \\ -A \operatorname{sh} \alpha + B \operatorname{ch} \alpha - C \sin \alpha - D \cos \alpha &= 0, \end{aligned} \quad (2.2)$$

где положено $\alpha = \nu l$.

Поскольку балка колеблется, постоянные A, B, C, D не могут быть одновременно равны нулю, т. е. определитель системы (2.2) должен быть равен нулю:

$$\Delta = A(\alpha) \cdot B(\alpha) = 0.$$

Здесь [2]

$$A(\alpha) = \operatorname{ch} \alpha \cdot \sin \alpha + \operatorname{sh} \alpha \cdot \cos \alpha = 0 \quad (2.3)$$

— уравнение частот симметричных колебаний балки, а

$$B(\alpha) = \operatorname{ch} \alpha \cdot \sin \alpha - \operatorname{sh} \alpha \cdot \cos \alpha = 0 \quad (2.4)$$

— уравнение частот ее антисимметричных колебаний.

Из этих уравнений легко найти возможные значения $\alpha = \alpha_i$. Например, наименьшие не равные нулю корни уравнений (2.3) и (2.4) соответственно будут $\alpha_1 = 2,3650$ и $\alpha_2 = 3,9266$.

Значения ν_i и k_i выражаются через α_i :

$$\nu_i = \frac{\alpha_i}{l}, \quad k_i = \frac{\alpha_i^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{\rho S}}. \quad (2.5)$$

Подставляя найденные значения $\alpha = \alpha_i$ в систему (2.2), находим

$$C_i = A_i \frac{\operatorname{ch} \alpha_i}{\cos \alpha_i}, \quad D_i = B_i \frac{\operatorname{sh} \alpha_i}{\sin \alpha_i}.$$

Нетрудно доказать, удовлетворяя крайевым условиям (1.6) и (1.7), что при симметричных колебаниях $D_i = B_i = 0$, а при антисимметричных колебаниях $A_i = C_i = 0$. Например, форма стоячей волны основного тона колебаний (симметричные колебания, $\alpha = \alpha_1$) будет

$$Y(x) = A_1 \frac{\cos \alpha_1 \cdot \operatorname{ch} \xi + \operatorname{ch} \alpha_1 \cos \xi}{\cos \alpha_1}, \quad (2.6)$$

где введена безразмерная координата

$$\xi = \alpha \frac{x}{l}. \quad (2.7)$$

Краевое условие (1.8) позволяет найти положение узлов стоячей волны. Например, узлы основного тона колебаний определяются координатами

$$x_j^0 = \pm 0,55 l. \quad (2.8)$$

Рассмотрим теперь случай основного тона колебания балки. В этом случае

$$k_1 = 2 \pi f, \quad (2.9)$$

где f —частота колебаний вибратора.

Форма стоячей волны (2.6) и положение узлов (2.8) остаются прежними, а постоянная A_1 , от которой зависит амплитуда колебаний, определяется как мощностью вибратора, так и общими потерями в системе.

По условию даны значения f и α_1 .

Задаемся величинами E , ρ , S и J .

Тогда из соотношения

$$2 \pi f = \frac{\alpha_1^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{\rho S}} \quad (2.10)$$

можно найти необходимую длину балки

$$l = \alpha_1 \sqrt[4]{\frac{EJ}{4 \pi^2 f^2 \rho S}}. \quad (2.11)$$



Мы считаем колеблющуюся балку безопорной с динамической точки зрения. Однако опоры необходимы для восприятия собственного веса системы. Очевидно, если опоры расположить в узлах, то им будет передаваться только собственный вес системы, а динамическое воздействие на такие опоры равно нулю.

III. Рассмотрим теперь случай, когда посередине балки имеется сосредоточенная масса M [3].

В этом случае на правой половине балки

$$Y_{1(x)} = A_1 \operatorname{ch} \nu x + B_1 \operatorname{sh} \nu x + C_1 \cos \nu x + D_1 \sin \nu x \quad (0 \leq x \leq l),$$

а на левой половине балки

$$Y_{2(x)} = A_2 \operatorname{ch} \nu x + B_2 \operatorname{sh} \nu x + C_2 \cos \nu x + D_2 \sin \nu x \quad (-l \leq x \leq 0).$$

Краевые условия на концах балки дают

$$Y''_{1(l)} = 0, \quad Y'''_{1(l)} = 0, \quad Y''_{2(-l)} = 0, \quad Y'''_{2(-l)} = 0. \quad (3.1)$$

Посередине балки имеем

$$Y_{1(0)} = Y_{2(0)}, \quad Y'_{1(0)} = Y'_{2(0)}, \quad Y''_{1(0)} = Y''_{2(0)}. \quad (3.2)$$

Наконец, краевое условие (1.5) посередине балки дает

$$EJ [Y'''_{1(0)} - Y'''_{2(0)}] = MY_{1(0)} k^2.$$

Последнее краевое условие целесообразно записать в виде

$$Y'''_{1(0)} = Y'''_{2(0)} + 4p \frac{\alpha^4}{j^3} Y_{1(0)}, \quad (3.3)$$

где положено

$$p = \frac{M}{4j^3}, \quad \mu = \rho Sl. \quad (3.4)$$

Удовлетворяя крайним условиям (3.2) и (3.3), получаем

$$A_1 + C_1 = A_2 + C_2, \quad B_1 + D_1 = B_2 + D_2, \quad A_1 - C_1 = A_2 - C_2, \\ B_1 - D_1 = B_2 - D_2 + 4p\alpha(A_1 + C_1),$$

откуда

$$A_2 = A_1, \quad C_2 = C_1, \quad B_2 = B_1 - 2p\alpha(A_1 + C_1), \quad D_2 = D_1 + 2p\alpha(A_1 + C_1). \quad (3.5)$$

Граничные условия (3.1) дают

$$A_1 \operatorname{ch} \alpha + B_1 \operatorname{sh} \alpha - C_1 \cos \alpha - D_1 \sin \alpha = 0, \\ A_1 \operatorname{sh} \alpha + B_1 \operatorname{ch} \alpha + C_1 \sin \alpha - D_1 \cos \alpha = 0, \\ A_2 \operatorname{ch} \alpha - B_2 \operatorname{sh} \alpha - C_2 \cos \alpha + D_2 \sin \alpha = 0, \\ -A_2 \operatorname{sh} \alpha + B_2 \operatorname{ch} \alpha - C_2 \sin \alpha - D_2 \cos \alpha = 0. \quad (3.6)$$

В результате подстановки значений (3.5) в соотношения (3.6), приходим к следующей системе уравнений:

$$A_1 [\operatorname{ch} \alpha + p\alpha (\operatorname{sh} \alpha + \sin \alpha)] + C_1 [-\cos \alpha + p\alpha (\operatorname{sh} \alpha + \sin \alpha)] = 0, \\ A_1 [\operatorname{sh} \alpha + p\alpha (\operatorname{ch} \alpha + \cos \alpha)] + C_1 [\sin \alpha + p\alpha (\operatorname{ch} \alpha + \cos \alpha)] = 0, \quad (3.7) \\ A_1 p\alpha (\operatorname{sh} \alpha + \sin \alpha) + C_1 p\alpha (\operatorname{sh} \alpha + \sin \alpha) - B_1 \operatorname{sh} \alpha + D_1 \sin \alpha = 0, \\ A_1 p\alpha (\operatorname{ch} \alpha + \cos \alpha) + C_1 p\alpha (\operatorname{ch} \alpha + \cos \alpha) - B_1 \operatorname{ch} \alpha + D_1 \cos \alpha = 0.$$

Определитель этой системы уравнений равен нулю

$$\Delta = B(\alpha) [A(\alpha) + 2p\alpha E(\alpha)] = 0.$$

Здесь

$$A(\alpha) + 2p\alpha E(\alpha) = A(\alpha) + 2p\alpha (\operatorname{ch} \alpha \cdot \cos \alpha + 1) = 0 \quad (3.8)$$

— уравнение частот симметричных колебаний балки, а

$$B(\alpha) = 0 \quad (3.9)$$

— уравнение частот ее антисимметричных колебаний.

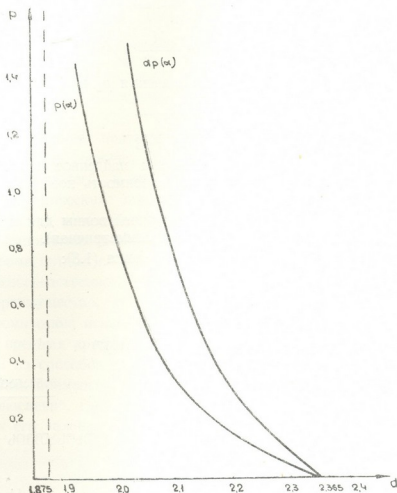


Рис. 2

Заметим, что уравнения (3.9) и (2.4) тождественны.

Это вытекает из того, что при антисимметричных колебаниях масса M неподвижна.

Уравнение (3.8) определяет значение p как функцию параметра α :

$$p = - \frac{A(\alpha)}{2\alpha E(\alpha)}. \quad (3.10)$$

Нас интересует только основной тон симметричных колебаний.

Он соответствует следующим значениям параметров:

$$1,875 \leq \alpha \leq 2,365, \quad \infty \geq p \geq 0.$$

На рис. 2 приведен график зависимости (3.10), соответствующий основному тону колебаний. Здесь же построена зависимость

$$p\alpha = -\frac{A(\alpha)}{2E(\alpha)}. \quad (3.11)$$

Допустим дано значение f . Задаемся величинами E , ρ , S , J и M . Из соотношений (2.5) и (3.4) вытекает

$$2\pi f = \left(\frac{\alpha}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{EJ}{\rho S}}, \quad \frac{\alpha}{l} = \sqrt[4]{\frac{4\pi^2 f^2 \rho S}{EJ}},$$

$$p\alpha = \frac{M}{4\rho S} \frac{\alpha}{l}, \quad p\alpha = \frac{M}{4\rho S} \sqrt[4]{\frac{4\pi^2 f^2 \rho S}{EJ}}.$$

Пользуясь графиком $p\alpha$, находим значения p_1 и α_1 .

Тогда искомая длина балки будет

$$l = \alpha_1 \sqrt[4]{\frac{EJ}{4\pi^2 f^2 \rho S}}. \quad (3.12)$$

Для нахождения формы стоячей волны найденное α_1 подставляем в уравнения (3.7), из которых определяем зависимость коэффициентов B_1 , C_1 и D_1 от A_1 .

Это дает возможность найти форму стоячей волны для правой половины балки. (Для левой половины картина симметричная).

Искомые узлы находим из краевого условия (1.8):

$$Y_1(x_j^0) = 0.$$

Грузинский политехнический институт
им. В. И. Ленина

(Поступило в редакцию 20.12.1967)

განაწილებულია

ბ. შარტავაძე

უსაყრდენო ვიბრაციის საკითხისათვის

რეზიუმე

წერილში გამოკვლეულია უსაყრდენო ძელის საკუთარი რხევები მასების განაწილების ორი შემთხვევისათვის. შემუშავებულია ძელის საანგარიშო პარამეტრების შერჩევის მეთოდიკა. განსაზღვრულია დამდგარი ტალღის ფორმა და კვანძების განლაგება.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. П. Тимошенко. Теория колебаний в инженерном деле. Гостехиздат, 1934.
2. И. В. Ананьев. Справочник по расчёту собственных колебаний упругих систем. Гостехиздат, 1946.
3. К. Т. Шаталов. Поперечные колебания и критические скорости. Сборник I. Изд. АН СССР, 1951.



УДК 621.43.05

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Г. А. ХАНТАДЗЕ, Т. Г. ЖГЕНТИ, В. Д. ЧХЕНДЗЕ

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТА «ИОНОСВЕЧИ»

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Г. Абелишвили 6.12.1967)

Улучшению процесса сгорания с помощью электромагнитных факторов посвящен целый ряд исследований теоретического и экспериментального характера.

Эти исследования подтверждают возможность воздействия электромагнитных полей на горючие свойства топлив, на скорость сгорания бензино-воздушных смесей в трубе и в открытых пламенах [1], улучшения мощностно-экономических показателей двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с помощью ионизации как межэлектродного зазора свечи [2], так и одного из компонентов топливной смеси [3].

Электромагнитные способы интенсификации процесса сгорания, являясь методами непосредственного воздействия на процесс сгорания, имеют определенное преимущество, так как при этом не только улучшаются мощностно-экономические показатели двигателя, но и одновременно уменьшается количество вредных примесей в выхлопных газах двигателя.

Одним из способов такого воздействия на процесс сгорания в ДВС можно считать применение особой конструкции электрической свечи зажигания — «ионосвечи», где увеличены геометрические размеры центрального электрода и его головке придана дискообразная форма (рис. 1).

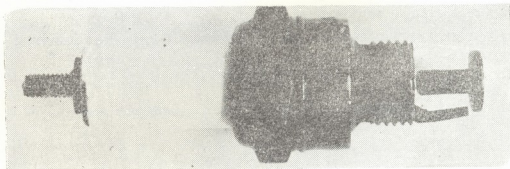


Рис. 1

Стендовые испытания автомобильного двигателя ЗИЛ-120 показали, что при применении «ионосвечи» мощность и экономичность двигателя уве-

личивается в среднем на 6%, при одновременном уменьшении количества вредных примесей в выхлопных газах.

В настоящей статье сделана попытка теоретически обосновать эффект „поносвечи“.

Электрическую часть системы зажигания двигателя, после распределителя, можно представить в виде колебательного контура (рис. 2), где R —активное сопротивление токопроводящих проводов, L —индуктивность электропроводов.

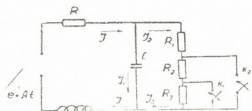


Рис. 2

Свеча зажигания представлена в виде эквивалентных параметров с помощью идеальной емкости C и последовательно включенных активных сопротивлений R_1 , R_2 и R_3 .

Питание схемы представлено только передним нарастающим фронтом существующего импульса $e = At$.

В начальный момент действия импульса, например при $t = t_1$ и $e(t_1) = U_1$, сопротивление R_0 максимально и равно

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3.$$

В момент ионизации горючей смеси при $t = t_2$ (рис. 3), когда $e(t_2) = U_2$, величина активного сопротивления уменьшается до значения $R_0 = R_1 + R_3$. Этот процесс на схеме осуществляется условно, с помощью замыкания ключа K_1 .

В момент $t = t_3$, когда $e(t_3) = U_3$, величина сопротивления уменьшается до величины $R_0 = R_1$, что осуществляется замыканием ключа K_2 , когда происходит проскакивание искры.

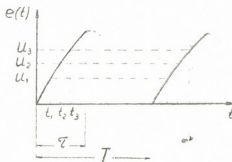


Рис. 3

Для схемы, показанной на рис. 2, составим контурные уравнения

$$J = J_1 + J_2, \quad (1)$$

$$RJ + \frac{1}{c} \int J_1 dt + L \frac{dJ}{dt} = At, \quad (2)$$

$$\frac{1}{c} \int J_1 dt = J_2 (R_1 + R_2 + R_3). \quad (3)$$

Из этих уравнений путем простых преобразований для силы тока можно получить дифференциальное уравнение второго порядка:

$$\frac{d^2 J}{dt^2} + \left\{ \frac{R}{L} + \frac{1}{c(R_1 + R_2 + R_3)} \right\} \frac{dJ_1}{dt} + \frac{1}{Lc} \left\{ 1 + \frac{R}{R_1 + R_2 + R_3} \right\} J_1 = \frac{A}{L}. \quad (4)$$

Решение уравнения [4] дает

$$J_1(t) = \frac{A}{L(a^2 + \omega^2)} \left\{ 1 - e^{-at} \left(\cos \omega t + \frac{a}{\omega} \sin \omega t \right) \right\}. \quad (5)$$

С помощью уравнений (3) и (5) находим силу тока

$$J_2(t) = \frac{A}{R_0 c L (a^2 + \omega^2)} \left\{ t - \frac{e^{-at}}{a^2 + \omega^2} [(\omega - a) \sin \omega t - (a - \omega) \cos \omega t] + \frac{a + \omega}{a^2 + \omega^2} \right\}, \quad (6)$$

где

$$a = \frac{1}{2} \left(\frac{R}{L} + \frac{1}{cR_0} \right)$$

и

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{cL} \left(1 + \frac{R}{R_0} \right) - \frac{1}{4} \left(\frac{R}{L} + \frac{1}{R_0 c} \right)^2}.$$

Оценка числовых значений коэффициентов a и ω до момента ионизации и в момент перескакивания искры соответственно дает

$$a(t_1) \approx 10^5 \frac{1}{\text{сек}}; \quad a(t_2) \approx 10^{11} \frac{1}{\text{сек}} \quad \text{и} \quad \frac{a + \omega}{a^2 + \omega^2} \approx 0.$$

Ясно, что в обоих случаях при $t \neq 0$ будем иметь $e^{-at} \approx 0$ и, следовательно, из-за незначительности последнего члена выражения для практического использования формулу (6) можно представить в виде

$$J_2(t) = \frac{At}{R_0 c L (a^2 + \omega^2)}. \quad (7)$$

Подставляя значения a и ω , окончательно получаем

$$J_2(t) = \frac{At}{R_0 + R}. \quad (8)$$

Данное выражение устанавливает, что напряжение и сила тока, обеспечиваемые передним нарастающим фронтом импульса, в случае применения «ионосвечи» увеличиваются, так как из-за увеличения геометрических раз-

меров электрода момент проскакивания искры наступает позже. Это является преимуществом „ионосвечи“.

Для подтверждения данного преимущества „ионосвечи“ рассмотрим характер распределения плотности заряда на электродах свечей.

Для определения закона распределения электричества на поверхности центрального электрода „ионосвечи“ представим взаимное расположение электродов как диска и точечного заряда.

Распределение электричества на дисковую поверхность центрального электрода в данном случае можно подсчитать по формуле закона распределения электричества на „диске, помещенном в поле точечного заряда q , находящегося на оси диска на расстоянии h от его поверхности“ [5].

Данное распределение изображено на рис. 4 и показывает, что максимальная плотность, получаемая в центре диска, напротив точечного заряда, уменьшается к перифериям диска.

Конструктивное оформление электрода „ионосвечи“ отличается от рассмотренного случая, так как точечный заряд (боковой электрод) смещен от центра центрального электрода и находится против края диска. Следовательно, при этом эпюра плотности будет иметь вид, изображенный пунктиром на рис. 4.

В обычных свечах зажигания поперечное сечение цилиндрического стержня центрального электрода представляет собой окружность с диаметром ≈ 2 мм; так как его поверхность полностью перекрыта стержнем бокового электрода, эпюра распределения электричества на его поверхность будет иметь цилиндрическую форму.

Возможность проскакивания искры в межэлектродном зазоре свечи h при этом обеспечивается необходимой плотностью σ_0 электрического заряда q_0 .

Следовательно, $\sigma_0 = \frac{q_0}{S_0}$, где S_0 —поверхность поперечного сечения центрального электрода обычной свечи.

В случае „ионосвечи“ ($S > S_0$) плотность, получаемая при том же заряде $\sigma_1 = \frac{q_0}{S} < \sigma_0$, будет недостаточной для проскакивания искры. Сле-

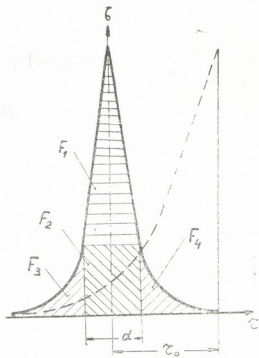


Рис. 4

დოვათელი, იскრა ვზამენ მონენა t_3 (რის. 3) პოყვითყ ს ოპოზდანიემ, კოგდა ზყრდ ბუდეთ ობესეჩივითყ ნეობხოდიმოყ პლოთნოყ პროთივ ბოკოვოგო ელექტროდო.

В случае „ионосвечи“ для дсдостижения несобхოდимой плотности против бокового электрода потрбуется несолько бошьий ზყრდ, ჭემ в случае обычной свечи.

Следовательно, ზა სღეთ დувеличения времени დувеличитყ величина тоკო $J_2(t)$ в момент прсскაკивания искры, т. е. искრა получается при бошьем напряжении импульса.

Кроме того, следует отметить, ჭო при постოянстве величины меж-электродногო зоро в случае обычной свечи დувеличивать напряжение, ნეობხოდიმოე დля искры, ნე прედставляется возмозжным (ბეზ დувеличения зоро), тогდა კაკ при том же зоре в „ионосвече“ из-ზа бошьოი повер-хности центрального электрода искრა პოყვითყ при бооее высокoм напря-жении.

Эффект „ионсвечи“ логически мжно обьяснить следуюющим образом: в обычных свечох центральный электрод выступает из изолятора незначит-ельно, он в оснoвном экранирован боковым электродом и корпусом свечи; поэтому ზამыкание силовых линий в данном случае ограничено и при этом ოხвачენ мөншьий ობъем камеры сгорания.

В случае „ионсвечи“ დувеличенный по размерам и вдвинутый бооее глубоко в камеру сгорания центральный электрод, силовые линии кото-рого свободно пронизывают значительную часть ობъема камеры сгорания, იონიზირует გორიოყ სმесь.

Следовательно, с применением „ионсвечи“, გდე დувеличена плoщадь поверхности центрального электрода путем придания его головке дискооб-разной формы, значительно улущаются мсцностные и эконоμические пок-азатели двигателя, ჭო при условии неизменных остальных параметров обьяс-няется интенсификацией процесса сгорания ზа სღეთ დувеличения прედварит-ельной ионизации.

Грузинский сельскохозяйственный
институт

(Поступило в редакцию 15.12.1967)

ელექტროტექნიკა

ბ. ხანთაძე, თ. შოენი, ვ. ჩხიძე

იონოსანთლის ეფექტის საკონსტრუქციო

რეზიუმე

წერილში მოცემულია ავტოსატრაქტორო ძრავებში სპეციალური კონსტ-რუქციის ელექტროსანთლის — „იონოსანთლის“ — გამოყენების შედეგები და ამ სანთლის უპირატესობისა და ეფექტის თეორიული დასაბუთების ცდა.

დასაწყისი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. У. Салимов, М. Т. Балабеков, А. М. Багдасаров. Некоторые вопросы теории электрического распыливания жидкостей. Ташкент, 1966.
2. Н. И. Загрязкин, Г. Н. Мещеряков. Межэлектродная свеча зажигания с предварительной ионизацией газового промежутка. Труды Ин-та двигателей АН СССР, вып. 6, 1962, 102—109.
3. В. В. Юдкин. Безмоторная установка для исследования процессов сгорания ионизированных горючих смесей. Сборник аспирантских работ, Институт механизации сельского хозяйства, вып. 40, Саратов, 1967.
4. С. Г. Гинзбург. Методы решения задач по переходным процессам в электрических цепях. Изд. «Советское радио», М., 1954.
5. Н. Н. Миролюбов, М. В. Настенко и др. Методы расчета электрических полей. Госиздат «Высшая школа», М., 1963.



И. Г. ЗЕДГИНИДZE

О ПОДГОНКЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
 К ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 5.11.1967)

Математическая модель технологических процессов, полученная статистическими методами описания поверхностей отклика [1, 2], эффективно может быть использована как для прогнозирования течения технологических процессов, так и для автоматического управления ими.

Эффективность такого использования статистической зависимости во многом зависит от того, насколько близко описывает она экспериментальные данные.

За критерий близости может быть принята величина

$$S^2 = \sum_{u=1}^N (y_u^0 - \widehat{y}_u)^2, \quad (1)$$

т. е. сумма квадратов отклонений экспериментально наблюдаемых откликов процесса и данных, предсказанных для того же набора $x_{1u}, x_{2u}, \dots, x_{ku}$ ($u = 1, 2, \dots, N$) условий экспериментирования оцененной статистической зависимостью:

$$\widehat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=i}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \sum_{j=i}^k \sum_{l=j}^k b_{ijl} x_i x_j x_l + \dots \quad (2)$$

Естественно, что чем меньше величина S , тем точнее описывает модель рассматриваемый реальный процесс.

Для удобства изложения целесообразно заменить члены второго и высшего порядка в (2) линейными, положив

$$x_1^2 = x_{h+1}, x_2^2 = x_{h+2}, \dots, x_k^2 = x_{2h};$$

$$x_1 x_2 = x_{2h+1}, \dots, x_1 x_2 \dots x_d = x_{k'}.$$

и рассматривать вместо (2) следующее линейное уравнение:

$$\widehat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_{k'} x_{k'}. \quad (3)$$

В дальнейшем для простоты штрихи при k' будем опускать.



Расчет шагов круглого восхождения для \bar{S}

	b_0	b_1	...	b_k	\bar{S}
1. Основной уровень	$b_0^{(0)}$	$b_1^{(0)}$	...	$b_k^{(0)}$	
2. Интервал варьирования, p_l	p_0	p_1	...	p_k	
3. Изменение отклика на закодированную единицу, a_l	a_0	a_1	...	a_k	
4. Изменение исходной единицы $b_l - a_l p_l$	$a_0 p_0$	$a_1 p_1$	...	$a_k p_k$	
5. Изменение отклика на единичное изменение $b_0 - r$	r	$\frac{a_1 p_1}{a_0 p_0} \cdot r$	...	$\frac{a_k p_k}{a_0 p_0} \cdot r$	
Шаги					
1	$b_0^{(1)} = b_0^{(0)} + r$	$b_1^{(1)} = b_1^{(0)} + \frac{a_1 p_1}{a_0 p_0} \cdot r$	...	$b_k^{(1)} = b_k^{(0)} + \frac{a_k p_k}{a_0 p_0} \cdot r$	$S^{(1)}$
2	$b_0^{(2)} = b_0^{(0)} + 2r$	$b_1^{(2)} = b_1^{(0)} + \frac{a_1 p_1}{a_0 p_0} \cdot 2r$	...	$b_k^{(2)} = b_k^{(0)} + \frac{a_k p_k}{a_0 p_0} \cdot 2r$	$S^{(2)}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$l-1$	$b_0^{(l-1)} = b_0^{(0)} + (l-1) \cdot r$	$b_1^{(l-1)} = b_1^{(0)} + \frac{a_1 p_1}{a_0 p_0} (l-1) \cdot r$	...	$b_k^{(l-1)} = b_k^{(0)} + \frac{a_k p_k}{a_0 p_0} (l-1) \cdot r$	$S^{(l-1)}$
	$b_0^{(l)} = b_0^{(0)} + l \cdot r$	$b_1^{(l)} = b_1^{(0)} + \frac{a_1 p_1}{a_0 p_0} l \cdot r$	...	$b_k^{(l)} = b_k^{(0)} + \frac{a_k p_k}{a_0 p_0} l \cdot r$	$S^{(l)}$

торного пространства $[(x_{1u}, x_{2u}, \dots, x_{ku}); u = 1, 2, \dots, N]$, можно последовательно определить математические ожидания значений выходов $\widehat{y}_{u\omega}$ ($u = 1, 2, \dots, N$) и вычислить величину

$$S_{\omega} = \sum_{u=1}^N (\widehat{y}_u^0 - \widehat{y}_{u\omega})^2, \quad \omega = 1, 2, \dots, N. \quad (5)$$

По полученным $\omega = 2^{k+1}$ величинам S_{ω} ($\omega = 1, 2, \dots, 2^{k+1}$), исходя из полного факторного эксперимента (табл. 1), оцениваются параметры модели

$$\widehat{S} = a_0 + a_1 z_1 + \dots + a_k z_k, \quad (6)$$

где z_i — закодированные согласно

$$z_i = \frac{b_i - b_i^{(0)}}{p_i} \quad (7)$$

величины уровней коэффициентов регрессии, равные $+1$ или -1 , а коэффициенты

$$a_i = \frac{\sum_{\omega=1}^{2^{k+1}} S_{\omega} z_{i\omega}}{2^{k+1}}, \quad i = 0, 1, \dots, k. \quad (8)$$

Найдя (6), осуществляем крутое восхождение по правилам, изложенным в [4]. Расчет шагов крутого восхождения и координаты последовательных шагов приведены в табл. 2.

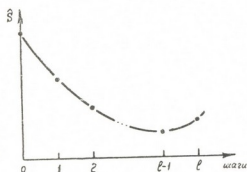


Рис. 1. Шаговая минимизация величины \widehat{S}

Для каждого шага, используя соответствующие ему величины коэффициентов b_i ($i = 0, 1, 2, \dots, k$), вычисляются по аналогии с вышесказанным соответствующие величины \widehat{S} (см. столбец \widehat{S} табл. 2).

Шаговое продвижение производится до тех пор, пока величина S не достигнет минимального значения. На рис. 1 переходная область от уменьшения S к его увеличению была обнаружена на l -м шаге.

В $(l-1)$ -й точке линии крутого восхождения, давшей минимальную величину $S^{(l-1)}$, вновь переопределяется направление крутого восжде-

ნია ი რეალიზуются вдоль него шаги. Эта процедура повторяется до тех пор, пока расхождение между минимальными величинами S , достигнутыми на p -м и $(p - 1)$ -м циклах крутого восхождения, станет незначимым. Для проверки значимости расхождения следует применять F -критерий [5].

В качестве окончательного варианта модели следует выбрать модель с коэффициентами, минимизирующими величину S на p -м цикле крутого восхождения.

Естественно, что громоздкие, но однообразные операции вычисления, необходимые в процессе подкорректировки, целесообразно проводить лишь при применении ЭЦВМ.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт неорганической химии
 и электрохимии

(Поступило в редакцию 5.11.1967)

ავტობიოგრაფია და ბელაშეხიანი

ი. ზაფგინიძე

მათემატიკური მოდელის ექსპერიმენტულ მონაცემებთან
 მიახლოების შესახებ

რეზიუმე

წერილი ეხება ტექნოლოგიური პროცესების მათემატიკური აღწერის, კერძოდ, სტატისტიკური მოდელების დაზუსტებისა და მათი ექსპერიმენტულ მონაცემებთან მიახლოების საკითხებს.

მოდელების დაზუსტება ხორციელდება მათი კოეფიციენტების კორექტირების მეშვეობით უსწრაფესი ასვლის მეთოდის გამოყენებით. ასეთი მიდგომა ამცირებს კორექტირებისათვის საჭირო გამოთვლით დროს და ოპტიმალურად აუმჯობესებს რეალურ პირობებთან მოდელის შესაბამისობის ხარისხს.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. O. L. Davies (editor). Design and analysis of industrial experiments. Oliver and Boyd, London and Edinburgh, 1954.
2. И. Г. Зедгинидзе, Н. Н. Ломинадзе, Н. Р. Момцелидзе. Вопросы оптимального планирования эксперимента. Труды Грузинского политехнического института, № 7, 1966.

3. W. G. Cochran, G. M. Cox. Experimental designs, 2d ed., John Wiley and Sons, New York, 1957.
4. И. Г. Зедгинидзе, Н. Р. Момцелидзе, Н. Н. Ломинадзе. О статистической оптимизации сложных технологических процессов. Сообщения АН ГССР, XLIII, № 1, 1966.
5. В. В. Налимов. Применение математической статистики при анализе вещества. Физматгиз, М., 1960.

Э. К. НАКАИДZE

О ПРИЧИНАХ СОЛОНЦЕВАТОСТИ ПОЧВ РАВНИННОЙ ТЕРРИТОРИИ ВНУТРЕННЕЙ КАРТЛИ

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 10.11.1967)

Переменно-влажный климат, равнинный рельеф и наличие оросительных систем создают благоприятные условия для интенсивного использования почв Внутренней Картли под различные ценные сельскохозяйственные культуры.

Для почв Внутренней Картли характерно значительное содержание карбонатов, а также широкое распространение явлений солонцеватости. Причиной солонцеватости почв этой территории некоторые исследователи считают поливные воды, содержащие натрий. Однако наши исследования дали другую картину.

Сложное геологическое строение, пестрота почвенного покрова, связанная с вертикальной зональностью, а также различная литология коренных пород обуславливают разнообразие химического состава и минерализацию речных, родниковых и грунтовых вод Внутренней Картли. Прослеживаются некоторые особенности химизма и минерализации речных вод, связанные с вертикальной зональностью, а также с литологией речной долины.

В высокогорном и среднегорном поясах, где распространены горнолуговые и бурые лесные почвы, где коренными породами в основном являются палеозойские, юрские и меловые породы, песчаники, сланцы и мергели, речные воды слабо минерализованы. Содержание растворенных веществ не превышает 0,25 г/л. Эти воды очень мягкие, и их жесткость колеблется от 5,04 до 9,99 мг-экв/л.

В районе равнинной территории Внутренней Картли минерализация речных вод несколько повышается. Различный литологический состав пород, слагающих предгорья (третичные — известняки, лессовидные суглинки, конгломераты, песчаники, сланцы и др.), влияет на повышение минерализации речных вод (до 0,46 г/л) и увеличение их жесткости (до 12,4 мг-экв). Воды эти пресные бикарбонатно-кальциевые. В отношении хозяйственного использования они характеризуются весьма положительными химическими качествами и пригодны для орошения.

Солевой состав родниковых вод (%/мг-экв) верхнесарматских песчано-глинистых сланцев и конгломератовой свиты:

многлоцена*

3 6 1 3 5 9 2 0
3 0 2 2 0 1 0 9 3 3

Геологический возраст отложений	Местоположение родника	Плотный остаток г/а	Сумма, %/мг-экв	CO ₂	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na+K	SiO ₂ г/а	R ₂ O ₃ г/а	
Верхнесармат песчано-глинистых сланцев	Калоубани	0,68	0,762	0,031	0,443	0,028	0,060	0,101	0,026	0,073	0,014	0,002	
			20,76	1,05	7,27	0,80	1,26	5,05	2,15	3,18			
	Схалтбский хребет	0,53	0,622	0,009	0,334	0,014	0,101	0,081	0,019	0,061	0,016	0,009	
			16,58	0,31	5,48	0,40	2,10	4,04	1,58	2,67			
	Надарбазеви	0,89	0,902	0,010	0,497	0,019	0,145	0,123	0,032	0,075	не определ.		
			24,16	0,34	8,15	0,55	3,04	6,15	2,65	3,28			
Многлоцена конгломератовой свиты	Схалтбский хребет	0,44	0,487	0,050	0,295	0,007	0,008	0,081	0,031	0,006	0,013	0,002	
			13,78	1,68	4,84	0,20	0,17	4,04	2,58	0,27			
	Наози	0,48	0,499	0,025	0,283	0,028	0,034	0,089	0,021	0,019	0,016	0,002	
			14,00	0,84	4,64	0,80	0,72	4,44	1,72	0,84			
Меджврисхеви	0,46	0,463	0,013	0,321	0,007	0,008	0,093	0,012	0,009	0,015	0,008		
			12,10	0,42	5,26	0,20	0,17	4,64	1,00	0,41			

* Анализы вод проводились А. Мазнишвили и М. Кебуладзе в химической лаборатории „Грузгеокаптажминвод“.

Минерализация речных вод меняется по сезонам [1]: падает во время половодья и паводков и возрастает в межпаводочные периоды и зимой. Пробы вод на анализы нами брались в межпаводочные периоды. Родники, выходящие из третичных пород (конгломераты, суглинки, песчаники, лессовидные суглинки), в отличие от речных вод имеют повышенную минерализацию и отличаются по своему солевому составу. Химический анализ вод, связанных с песчано-глинистыми сланцами надхорской свиты и конгломератами миоценона, показал, что минерализация их доходит до 0,68 г/л (табл. 1).

По химическому составу воды принадлежат к типу бикарбонатно-кальциевых (для родников верхнесарматских песчано-глинистых сланцев) со значительным содержанием сульфатных и натриевых солей. Родниковые воды, связанные с конгломератами, относятся к типу бикарбонатных кальциево-магниевых по катионной части.

Таким образом, на солевой состав родниковых вод оказывают влияние породы, слагающие склоны гор, окружающие равнину. Эти породы содержат в различном количестве легкорастворимые соли. Весьма показательны в этом отношении лессовидные суглинки. Для характеристики химического состава данных грунтов в табл. 2 приведены водные вытяжки двух образцов из южной периферии Внутренне-Картлийской равнины. Из приведенных данных видно, что образцы характеризуются значительным содержанием растворимых веществ (0,88—0,98 г/л) и высокой жесткостью (23,85—27,35 мг-экв). Полученные из лессовидных суглинков водные вытяжки можно отнести к натриево-сульфатному типу. Процессами засоления охвачены некоторые бессточные депрессии ложбины (озеро Надарбазеви, озеро близ Джвари и др.), питающиеся атмосферными осадками с собственного небольшого водосбора. Солями эти озера обогащаются из сарматских пород.

Таблица 2

Солевой состав водных вытяжек образцов лессовидных суглинков (%/мг-экв)

Местоположение	Плотный остаток, г/л	Сумма, %/мг-экв	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na
Южная периферия Мухранской котловины	0,98	1,029	0,562	0,066	0,136	0,168	0,022	0,074
		27,35	9,21	1,90	2,83	7,80	2,44	3,20
Южная периферия Горийской равнины	0,88	0,906	0,531	0,042	0,097	0,152	0,017	0,067
		23,85	8,70	1,21	2,02	7,61	1,41	2,90

Несомненно, что все эти породы оказывают влияние на химизм грунтовых вод Внутренне-Картлийской равнины. Грунтовые воды из

описываемой территории широко развиты, они проявляются в галечниках, песках, суглинисто-песчаных четвертичных отложениях. Подпор для грунтовых вод здесь создают галечник, реже суглинки, цементированные карбонатами. Глубина их залегания сильно варьирует. Наиболее распространенная глубина — в пределах 0,5—3 м. Глубок ее уровень в периферийной области равнин у предгорий. Проведенные нами полевые наблюдения вдоль всей Мухранской равнины показали, что глубина грунтовых вод зависит от залегания водоупорного слоя, ввиду чего часто на более возвышенных участках грунтовая вода выходит на поверхность, а в относительно нижележащих территориях уходит далеко вглубь. Основными источниками питания грунтовых вод на территории Внутренне-Картлийской равнины являются воды атмосферных осадков и оросительных каналов, которые под гидростатическим давлением инфильтруются в почвенные толщи и поддерживают уровень грунтовых вод; определенную роль играют также воды рек. Минерализация грунтовых вод колеблется в пределах от 0,58 до 1,02 г/л.

Минерализация и химический состав грунтовых вод прежде всего зависят от их сточности и испарения, а также от родниковых, внутрипочвенных вод, инфильтрующихся через древний делювий, конгломераты и другие соленосные породы. Наиболее высокая степень минерализации грунтовых вод была отмечена на участках, не имеющих хорошего стока (дренажа), где расход воды происходит преимущественно путем испарения. Хорошим примером является участок в центральной части Мухранской котловины (с. Чалистави), где распространены солонцеватые почвы [2].

Необходимо отметить, что, за немногим исключением, современные оросительные системы Восточной Грузии сооружаются и функционируют в грунте без гидроизоляции. Оросительные каналы распределяют на поля огромное количество воды. Поэтому коэффициент полезного действия большинства оросительных систем невысокий. Почвы равнинной территории Внутренней Картли недостаточно обеспечены дренажем, а на участках, где имеются дренажные сооружения, они запущены и работают плохо.

В. А. Ковда и др. [3, 4] отмечают, что основным фактором, управляющим соленакоплением в грунтовых водах, кроме химизма источников питания грунтовых вод, реакций между солями и водовмещающей породой, является испарение грунтовых вод через поверхность почвы и транспирация их растительностью. Расход грунтовых вод, в особенности на испарение, возрастает в тем большей степени, чем ближе они залегают к поверхности и чем хуже их отток.

Нами были проведены наблюдения над влиянием проточности грунтовых вод на засоление лугово-коричневых почв в различных районах

Емкость поглощения и солевой состав водных вытяжек лугово-коричневых почв

% /мг-экв

Местоположение и номер разреза	Глубина, см	Емкость поглощения	Na	Na% от суммы	Плотный остаток, %	Сумма, %/мг-экв	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na
		мг-экв/100 г сухой почвы										
Внутренняя Кахетия, с. Великие 59	0—10	29,9	0,6	2	0,110	0,106	0,046	0,007	0,025	0,024	0,005	0,009
						2,946	0,756	0,201	0,516	0,684	0,394	0,395
	55—65	21,8	0,7	3	0,129	0,126	0,053	0,009	0,031	0,016	0,005	0,012
						3,540	0,875	0,251	0,644	0,796	0,447	0,524
Мухранская равнина, ниже с. Дзалиси, 63	0—10	25,3	2,2	8	0,279	0,270	0,058	0,010	0,123	0,017	0,005	0,057
						7,608	0,951	0,296	2,557	0,849	0,452	2,503
	50—60	24,6	1,6	7	0,248	0,244	0,051	0,012	0,108	0,019	0,003	0,051
						6,847	0,836	0,342	2,259	0,957	0,255	2,215
	130—140	17,7	0,4	2	0,286	0,122	0,050	0,009	0,079	0,013	0,007	0,034
						5,446	0,824	0,254	1,645	0,653	0,574	1,496
Горьйская равнина, с. Карели 95	0—10	26,1	2,0	7	0,270	0,266	0,048	0,010	0,131	0,016	0,009	0,052
						7,598	0,796	0,282	2,721	0,805	0,728	2,265
	40—50	20,7	1,3	6	0,244	0,241	0,058	0,009	0,123	0,017	0,004	0,059
						7,526	0,951	0,254	2,558	0,848	0,329	2,585
	140—150	20,0	0,2	1	0,239	0,233	0,048	0,010	0,124	0,016	0,007	0,051
						7,826	0,782	0,282	2,579	0,843	0,576	2,224

Восточной Грузии. Из табл. 3 видно, что количество воднорастворимых солей в лугово-коричневых почвах с хорошо проточными грунтовыми водами невелико и в связи с этим они относятся к несолонцеватым (разрез 59). Лугово-коричневые почвы со слабо проточными грунтовыми водами в профиле значительно больше воднорастворимых солей и поглощенного Na (разрезы 63 и 95) и относятся к солонцеватым почвам. Величина плотного остатка в этих почвах не превышает 0,279%. Соли представлены в основном бикарбонатами и сульфатами кальция и натрия.

Выводы

1. Территория Внутренне-Картлийской равнины представляет собой область бикарбонатно-кальциевого засоления грунтовых вод.

2. На химизм этих вод оказывают влияние третичные и четвертичные соленосные осадочные породы предгорий.

3. Наиболее высокая степень минерализации грунтовых вод отмечается в отрицательных формах рельефа, не имеющих хорошего стока.

4. Для предупреждения засоления почв Внутренне-Картлийской равнины необходимо изменить баланс грунтовых вод с испарительного на проточный тип. Для этого необходимо расширить дренажную сеть, а имеющуюся — привести в пригодное состояние.

Академия наук Грузинской ССР

Институт географии им. Вахушти

(Поступило в редакцию 10.11.1967)

ენიდაგამცოდნეობა

მ. ნაკაიძე

შიდა ქართლის ვაკის ნიდაგამცის დამლაშების მიზანმიმართული რეკონსტრუქციის რეკონსტრუქცია

შიდა ქართლის დაბლობის ტერიტორია წარმოადგენს გრუნტის წყლების ბიკარბონატულ-კალციუმიან დამლაშებათა ზონას. გრუნტის წყლების ქიმიზმზე გავლენას ახდენს მთისწინების მესამეული და მეოთხეული მარილიანი დანალექი ქანები. გრუნტის წყლების მაღალი მინერალიზაციის ხარისხი აღინიშნება რელიეფის ისეთ უარყოფით ფორმებზე, რასაც არა აქვს კარგი დრენაჟი.

შიდა ქართლის დაბლობზე დამლაშების გამაფრთხილებელი ღონისძიებებისათვის საჭიროა შეცვლილ იქნეს გრუნტის წყლების ბალანსი ძირითადად გამდინარე წესით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Е. Иогансон, Л. А. Владимиров и др. Реки. В кн.: «Кавказ», М., 1966.
2. М. Н. Сабашвили. Почвы Грузии. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1948.
3. В. А. Ковда. Геохимия пустынь СССР. М., 1954.
4. В. А. Ковда и др. Опыт построения легенды к почвенной карте мира. Доклад на Московском заседании консультативного комитета ФАО, ЮНЕСКО. Изд. МГУ, 1966.



УДК 632.116(47.922)

აოტონიკა

ზ. ჭიჭიანი

შრომის ბალახნარის ნალექშემკვებლობა ვაშლოვანის ნაკრძალში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. კეცხოველმა 15.11.1967)

ბალახოვანი საფარის ეროზიასაწინააღმდეგო მნიშვნელობის შესახებ სამეცნიერო ლიტერატურაში ერთი საერთო აზრია გატარებული: ბალახოვანი საფარი მნიშვნელოვნად ანელებს ზედაპირულ დენას და ნიადაგის ჩამორეცხვას [1—4], მცირე დაქანების ფერდობებზე იგი სავსებით სპობს ეროზიულ პროცესებს [3], ხელს უწყობს ნიადაგის სტრუქტურის შექმნას, რითაც აუმჯობესებს მის წყალგამტარობას [5] და თავისი უხვად დაქსელილი ჰორიზონტალური ფესვთა სისტემით მტკიცედ ამკვრებს ნიადაგის ზედაპირული ჰორიზონტის ნაწილაკებს. ამით იგი წარმატებით ეწინააღმდეგება ჩამონადენი წყლის მექანიკურ მოქმედებას [2, 6, 7].

ბალახოვანი საფარის ეროზიასაწინააღმდეგო მნიშვნელობა განსაკუთრებით დიდია იქ, სადაც გარემო პირობები ხელს უშლის ტყის განვითარებას [1, 4, 7—9]. ბალახოვანი საფარის ეროზიასაწინააღმდეგო როლის გამოსავლინებლად დიდი მნიშვნელობა აქვს მისი ნალექშემკვებელი უნარის შესწავლას. ამ საკითხზე მკვლევართა მიერ სხვადასხვა მეთოდია შემუშავებული.

აღსანიშნავია ვ. რუტკოვსკის [10] ცდები მისივე ორიგინალური მეთოდით. მაგრამ მისი მეთოდი წმინდა ბალახნარისათვის ნაკლებ მისაღებია, ვინაიდან ბალახნარის მოჭრისა და საცერზე გადატანისას ირღვევა მათი ღეროფოთლების სივრცეში განლაგების ხასიათი, რაზედაც დიდათაა დამოკიდებული ნალექშემკვებლობა.

ცნობილია აშშ-ში (ბერკლში) ჩატარებული ცდები. მაგრამ აქ მხედველობაში არაა მიღებული ნალექების ის რაოდენობა, რაც ღეროების საშუალებით ჩაედინება ნიადაგში და, როგორც მკვლევარი აღნიშნავს [11], ღეროთა სიმრავლის გამო ბალახნარში ასეთი ჩადინება მცირე არ უნდა იყოს.

ვაშლოვანის სახელმწიფო ნაკრძალში ველისა და ნახევარუდაბნოს ტიპის ბალახნარის ნალექშემკვებლობის შესასწავლად შევიმუშავეთ საკუთარი მეთოდი, რაც შემდეგში მდგომარეობს: წინასწარ შერჩეულ ფერდობზე დავდგით წვიმსაზომი. მის ახლოს სათანადო ბალახნარში მოვზომეთ 0,25 მ² ფართობი (50×50 სმ) და ამავე ზომის მუყაოს ან ფანერის დაფაზე დავხაზეთ მასში მოქ-

ცეულ მცენარეთა ჰორიზონტალური პროექცია. ნიადაგის ზედაპირიდან ფრთხილად ავიღეთ ბალახოვნების მკვდარი ნაშთი (წინა წლების ხმელი ღეროები) და დავაწყეთ დაფაზე ზუსტად ისე, როგორც ნაკვეთშია განლაგებული. ამის შემდეგ დავაფარეთ ამავე ზომის დაფა და ფრთხილად მოვუქირეთ თოკი.

უხეში ჯაგრის ფუნჯით მცენარეთა ღეროებს შორის, ფესვის ყელთან, მოვაცილეთ ნიადაგის ფხვიერი ნაწილაკები და გადავიტანეთ ნაკვეთის გარეთ. თხელი დანის პირით ან სპეციალური საფხეკით დავტკეპნეთ და მოვასწორეთ ნიადაგის ზედაპირი. ამის შემდეგ აღნიშნული ნაკვეთის გარშემო გარედან ამოვჭერთი 5 სმ სიღრმის ღარი, რაშიც ჩავდგით წინასწარ შემზადებული ხის ჩარჩო 25 სმ სიმაღლის კედლებით. ჩარჩოს ქვედა კუთხე ამოჭრილია და მიკრულია თუნუქის ღარი. ჩარჩო და ღარი კარგადაა შეღებილი ზეთოვანი საღებავით. მასი გარე და შიგა კედლების გასწვრივ ნიადაგი დავტკეპნეთ. ქვედა კუთხესთან, საიდანაც ღარი გარეთ გამოდის, ამოვთხარეთ ორმო იმ ანგარიშით, რომ შიგ თავისუფლად მოთავსებულყო თუნუქის კასრი. ორმოს გარშემო შემოვავლეთ ხის ზღუდე და გავუკეთეთ სახურავი. რათა ჭურჭელში არ მოხვედრილიყო გარეშე ნალექი.

ნაკვეთის დასამუშავებლად ავიღეთ ნელთბილი წებოს ხსნარი და წავუსვით ნიადაგის ზედაპირს. კარგია, თუ კორდებში, ღეროებს შორის, წებოს შევიტანთ „შპრიცით“ და ფუნჯით გავასწორობთ. ეს ოპერაცია მეტად ფრთხილად და გულდასმით ჩავატარეთ, მცენარის ფოთლები რომ არ დასვრილიყო.

როდესაც წებო გაშრა, ავიღეთ ნათელი ფერის (თეთრი, ცისფერი, ყვითელი და ა. შ.) ზეთოვანი საღებავი და დავიწყეთ ნაკვეთის შეღებვა. პირველ რიგში საღებავი შევიტანეთ კორდებში, ღეროებს შორის ფუნჯით, შემდეგ კორდებს შორის ნიადაგზე წავუსვით თანაბარ ფენად.

საღებავის ნათელი ფერი მუქ ფონზე საშუალებას იძლევა დაუმუშავებელი არ დარჩეს ნიადაგის არც ერთი წერტილი. 48 საათის შემდეგ, რაც საჭიროა ზეთოვანი საღებავის გასაშრობად, ნიადაგი დავფარეთ მოყავისფრო ზეთოვანი საღებავის კიდევ ერთი ფენით; მისი გაშრობის შემდეგ კი ნაკვეთზე გადავიტანეთ მკვდარი საფარი და დავალაგეთ მცენარეთა შორის ისე, როგორც მისი აღების დროს იყო განლაგებული, ამის შემდეგ ნაკვეთი მზად იყო დაკვირვებისათვის.

ნალექების აღრიცხვა ხდებოდა წვიმის შეწყვეტისთანავე. წვიმსაზომის ვედროს ფართი 200 სმ²-ია, რაც 12,5-ჯერ მცირეა ნაკვეთის ფართზე. წვიმსაზომის ვედროში მოხვედრილი ნალექის რაოდენობა გამრავლებული 12,5-ზე გვაძლევს ნაკვეთზე მოსული ნალექების მთელ რაოდენობას, ხოლო მისი სხვაობა შემკრებ ჭურჭელში ჩასული ნალექების რაოდენობასთან იძლევა ნალექების იმ ნაწილს, რაც შეაკავა ნაკვეთზე მოქცეულმა ბალახოვანმა საფარმა. შემდეგ ეს ნონაცემები შეიძლება გადავიანგარიშოთ პროცენტულად.

ამგვარად შემზადებული ნაკვეთი ვარგისია მხოლოდ ერთი სპეციალური პერიოდის განმავლობაში. მეორე წლისათვის აუცილებელია ახალი ნაკვეთის შემზადება.

თუ შემთხვევით დამუშავებულ ნაკვეთში წარმოიშვა ბზარები, რაც იშვიათად ხდება, იგი უნდა ამოვასოთ საგოზავით და შემდეგ შევლებოთ ზემოთ განხილული წესით.

აღნიშნული მეთოდით 1963—1964 წლებში ვაშლოვანის ნაკრძალში შევისწავლეთ უროს ბალახნარის (*Andropogonetum*) ნალექშემკავებელი უნარი.

უროს ბალახნარის ედიფიკატორი ურო (*Andropogonischaenum* L.) საკმაოდ ნაირგვარ ეკოლოგიურ პირობებს ეგუება და ნაკრძალში სხვადასხვა ექსპოზიციის ფერდობებზე, ურთიერთისაგან განსხვავებულ ნიადაგობრივ პირობებშია გავრცელებული.

ჩვენ დასაკვირვებლად შევარჩიეთ და შევამზადეთ ორი ნაკვეთი: 1. ურო-იახი ჩრდ. აღმოსავლეთ ფერდობებზე: დაქანება — 18—20°; ბალახნარის პროექციული დაფარულობა — 80—100%; ბალახნარის სიმაღლე — 30—100 სმ. სეზონების მიხედვით აქ უროს გარდა მონაწილეობენ: *Stipa Lessingianna* Trin et Rupr., *S. capillata* L., *S. pulcherrima* C. Koch., *Festuca sulcata* Hack., *Koeleria gracilis* Pers., *Galium verum* L., *Potentilla recta* L., *Veronica arceutobia* G. Wor..

2. უროიანი სამხრეთ ფერდობზე: დაქანება—23—25°, ბალახნარის პროექციული დაფარულობა—50—60%; სიმაღლე—25—80 სმ. სეზონის მიხედვით უროს გარდა დაჯგუფებაში მონაწილეობენ: *Diplachne bulgarica* I. Born., *Bromus japonicus* Thunb., *Scorsonera lanata* M. B., *Onobrychis Komarowii* Grossh., *Thimus tiftlisiensis* Klok., *Daucus carota* L.

ორივე ნაკვეთი შევამზადეთ ზემოხსენებული მეთოდით. ნალექებს ვზომავდით წვიმის შეწყვეტისთანავე.

შესწავლის შედეგად ნათელი გახდა, რომ უროიანი ბალახნარის ნალექშემკაველობა საკმაოდ მაღალია ჩრდ.-აღმოსავლეთ ფერდობზე 10 მმ-მდე ნალექებისას; მის ზევით იგი საგრძნობლად კლებულობს და 20 მმ-ზე ზევით საშუალოდ 1,9% არ აღემატება.

მსგავსი სურათი გვაქვს სამხრეთ ფერდობზეც; აქ ნალექების შეკავება დამაკმაყოფილებელია 5 მმ-მდე წვიმებისას; მის ზევით კი იგი შესამჩნევად ეცემა (იხ. ცხრილი).

ნალექები (მმ-ით)	უროს ბალახნარის ნალექშემკაველობა პროცენტობით					
	ჩრდ.-აღმ. ფერდობზე			სამხრეთ ფერდობზე		
	1963	1964	საშ.	1963	1964	საშ.
1<	44,2	41,0	42,6	32,7	28,5	30,6
1—5	21,9	16,3	19,1	12,8	9,6	11,2
5—10	10,6	8,6	9,6	5,4	4,0	4,7
10—15	4,5	4,6	4,5	2,3	2,0	2,1
15—20	3,4	3,2	3,3	1,9	1,4	1,6
20>	2,0	1,9	1,9	1,2	1,0	1,1
			13,5			8,5

როგორც ეპიზოდური დაკვირვებები გვიჩვენებს, წვიმის ინტენსივობა არსებით გავლენას ახდენს ნალექშემკავებლობაზე. დროს რაც უფრო მცირე მონაკვეთში მოდის ნალექი, მით უფრო ნაკლებია ნალექების შეკავება ბალახნარის მიერ. მაგ., 1963 წლის 10 ივლისს ერთჯერადად მოსული 2,2 მმ ნალექებისას, რაც 0,2 წუთს გაგრძელდა, უროს ბალახნარმა სამხრეთ ფერდობზე 13,8%-ით შეაკავა ნალექი, ჩრდ.-აღმოსავლეთ ფერდობზე—22%-ით. ამავე წლის 31 ოქტომბერს ასეთივე რაოდენობის ნალექებისას, რაც 1 საათსა და 23 წუთს გაგრძელდა, სამხრეთ ფერდობზე 14,5%, ხოლო ჩრდ.-აღმოსავლეთ ფერდობზე 29,2% შეაკავა მოსული ნალექებიდან. ასევე 1963 წლის 23 სექტემბერს მოსული 5,1 მმ ნალექისას, რომელიც 1,0 წუთს გაგრძელდა, ბალახნარმა სამხრეთ ფერდობზე შეაკავა ნალექის 7,1%, ხოლო ჩრდ.-აღმოსავლეთ ფერდობზე 14,6%. ამავე წლის 25 ოქტომბერს, დაახლოებით ასეთივე სიდიდის ნალექისას (5,0 მმ), რაც 4,5 საათს გაგრძელდა, ბალახნარმა სამხრეთ ფერდობზე 6,4%-ით, ხოლო ჩრდ.-აღმოსავლეთ ფერდობზე 12,8%-ით შეაკავა ნალექი. ინტენსივობის მიხედვით ნალექშემკავებლობის ასეთი განსხვავება კარგად ჩანს მცირე ოდენობით მოსული ნალექებისას და რაც უფრო მეტია იგი, მით უფრო მცირეა განსხვავება.

ვაშლოვანის სახელმწიფო ნაკრძალი
 წითელწყაროს რაიონი

(რედაქციას მოუვიდა 15.11.1967)

БОТАНИКА

З. Г. КЕБАДЗЕ

ЗАДЕРЖАНИЕ ОСАДКОВ БОРОДАЧЕВЫМ ТРАВСТОЕМ В ВАШЛОВАНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Резюме

Одним из важных противоэрозионных свойств травяного покрова является задержание осадков вегетативными частями растений. Среди различных методов изучения осадкозадержания травостоем особого внимания заслуживают исследования, проводимые в г. Беркли (США), а у нас — опыты В. И. Рутковского, отличающиеся методиками. Для условий степей и полупустынь нами был разработан оригинальный метод изучения осадкозадержания, заключающийся в следующем. В изучаемом травостое ставится дождемер, рядом с кото-

рым на выбранном участке вбивается в почву (до 5 см) окрашенная масляной краской деревянная рама площадью 0,25 м² (50×50 см), высотой стенок до 30 см. Вдоль стен рамы с обеих сторон плотно трамбуется почва, а в одном из углов рамы, в вырезанном отверстии прикрепляется жестяной желоб, открывающийся в водосборный сосуд. Последний находится в яме рядом с рамой и закрыт крышкой. Поверхность почвы внутри площадки обрабатывается теплым раствором столярного клея, затем после высыхания его окрашивается масляной краской светлого цвета, а через 48 часов, необходимых для просушки масляной краски, наносится второй, более густой слой темного тона, причем промежутки между стеблями внутри дернин также закрашиваются при помощи «шприца» густой краской.

Количество осадков, измеренное дождемером и умноженное на 12,5, дает количество осадков, выпавших на опытном участке, а разница его с количеством осадков, попавших в водосборный сосуд, показывает ту часть осадков, которую задерживает травяной покров.

Упомянутый метод был применен автором в Вашлованском заповеднике (Восточная Грузия) для изучения задержания осадков бородачевым травостоем. Работа велась в течение 2 лет (1963—1964 гг.) на южном и северо-восточном склонах приблизительно одинаковой крутизны.

В результате исследования выяснилось, что на северо-восточном склоне бородачевый травостой с проекционным покрытием 90—100% задерживает 13,5% поступивших осадков, а на южном склоне с покрытием 50—60% осадкозадержание не превышает 8,5%. Выяснилось также, что задержание осадков зависит не только от количества осадков, но и от интенсивности их: интенсивные осадки задерживаются меньше.

დამონუმბული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Д. Брауде. Горная эрозия и борьба с ней. Гослесбумиздат, М., 1950.
2. Ф. К. Кочерга. Улучшение водного режима, борьба с эрозией почв и селевыми потоками и повышение производительности горных территорий Союза ССР. Материалы совещания по борьбе с эрозией почв и селевыми потоками. Тезисы докладов. Ташкент, 1960.
3. Д. В. Манджavidze. Роль леса в борьбе с эрозией почв в горных условиях Грузии. Изв. Батумского ботанического сада, № 11, 1962.
4. К. А. Алекперов, М. Ю. Халилов. Процессы эрозии в горно-луговой зоне Куткашенского района и меры борьбы с ними. Изв. АН АзССР, сер. биол., № 3, 1964.
5. В. Р. Вильямс. Почвоведение. Сельхозгиз, М., 1936.
6. А. М. Семенова-Тян-Шанская. Роль растительности в развитии эрозионных процессов Приволжской возвышенности. Изв. АН СССР, Геоботаника, VII, М.—Л., 1951.

7. М. Ю. Халилов. К изучению противозерозионной роли корневых систем древесно-кустарниковой растительности в горно-лесной зоне Куткашенского района. Изв. АН АзССР, сер. биол., № 3, 1964.
8. Т. М. Мамедов. Горная эрозия в Азербайджане и меры борьбы с ней. Лесное хозяйство, № 12, 1958.
9. Ф. А. Амиров. Борьба с эрозией почв на высокогорных пастбищах. Вестник сельскохозяйственной науки, № 12, 1960.
10. В. И. Рутковский. Исследование задержания осадков травяным и моховым покровом. Метеорология и гидрология, № 11, 1936.
11. Дж. Китредж. Влияние леса на климат, почвы и водный режим, ИЛ, М., 1951.

И. И. ШАТИЛОВА

РАСЧЛЕНЕНИЕ ВЕРХНЕГО ПЛИОЦЕНА И ПЛЕЙСТОЦЕНА ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ ПО ДАННЫМ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

(Представлено академиком Л. Ш. Давиташвили 16.11.1967)

При решении вопросов геохронологии отложений верхнего плиоцена и плейстоцена Западной Грузии большое значение имеют результаты палинологического анализа. Присутствие пыльцы в слоях, лишенных макроскопических органических остатков, а также возможность послойного изучения пород позволяют проследить развитие флоры и растительности на протяжении всего отрезка этого времени и получить данные об отложениях, считавшихся ранее немymi.

Палинологический анализ показал, что куяльницким, гурийским и чаудинским отложениям присущи определенные характерные спорово-пыльцевые комплексы. Эти комплексы отражают растительность соответствующих веков, ее состав и развитие.

Для лесных группировок понта и киммерия характерны богатый флористический состав и наличие большого числа вечнозеленых родов. Переход от киммерия к куяльнику ознаменовался резким обеднением флоры. Вымерло множество вечнозеленых растений, остатки которых в более молодых отложениях плиоцена уже не встречаются. После киммерия субтропическая растительность на территории Западной Грузии не восстановилась и развитие флоры протекало без резких скачков. Но даже при довольно стабильной флоре в течение позднего плиоцена и плейстоцена значительные изменения происходили в составе лесных ценозов; поэтому главный критерий, который может быть положен в основу расчленения отложений верхнего плиоцена и плейстоцена, это история лесов.

В куяльницкое время на территории Западной Грузии были распространены широколиственные леса из дуба, дзельквы и гикори. Это были светлые леса с богатым травяно-папоротниковым покровом.

При одном и том же флористическом составе леса гурийского времени значительно отличались от куяльницких. Разница заключалась в увеличении роли мезофильных элементов—таксодиевых, туги, ореха, граба, бука и падуба.

При переходе от гурийского века к чауде из состава флоры Западной Грузии выпало четыре элемента — *Cyathaceae*, *Magnolia*, *Cinnamomum*, *Platanus*. Однако это настолько редкие компоненты гурийского комплекса, что на основании отсутствия их в спектрах трудно судить о возрасте отложений. Здесь опять-таки надо руководствоваться характером преобладающих лесных цезозов. Тенденция к увеличению роли мезофильных элементов в плиоценовых лесах Западной Грузии привела к их полному господству в чаудинское время.

От всех изученных нами чаудинских отложений по составу пыльцевого комплекса резко отличаются слои Цвермагала. В них отсутствует пыльца тсуги, таксодиевых, кедра, ногоплодника и ниссы. В данном случае состав флоры является хорошим показателем возраста этих слоев, которые можно отнести к верхней части чаудинского горизонта.

Таким образом, в течение куяльника, гурийского века и чауды на территории Западной Грузии происходила следующая смена древостоя: дубово-дзельково-гикориевые леса куяльника в гурийское время сменились дубово-ореховыми группировками, которые в чаудинское время уступили место буковым лесам.

Значительно сложнее обстоит дело с расчленением отложений, перекрывающих чаудинский горизонт. При их изучении мы пользовались материалом буровых скважин. Из всех проанализированных образцов лишь в одном на глубине 111 м были встречены остатки *Scrobicularia plana*, которая считается руководящей для карангатской террасы Эвксина [1]. Таким образом, единственный горизонт плейстоцена, кроме чаудинского, для которого был получен руководящий комплекс, это карангатский.

Поскольку в настоящее время неразрешенным остается вопрос о границе между плиоценом и плейстоценом, то естественно, неразрешенным остается и вопрос об объеме плейстоцена. Некоторые исследователи делят его на три, а некоторые — на две части. Исследователи четвертичных отложений Кавказа Д. В. Церетели и П. В. Федоров делят плейстоцен на три части, проводя нижнюю границу по подошве чауды. По палинологическим данным, плейстоцен Западной Грузии также можно разделить на три части: нижнюю, среднюю и верхнюю. В основу такого деления положены три этапа развития растительности — ранне-, средне- и позднеплейстоценовый.

Раннеплейстоценовая растительность — это растительность чаудинского века. Перекрывающие чауду слои выделяются по большому содержанию в них пыльцы таксодиевых и кипарисовых. Эти основные компоненты чаудинского комплекса, отсутствующие в слоях Цвермагала, в большом количестве вновь появляются в вышележащих отло-

жениях до карангата, в котором было встречено лишь одно зерно таксодиума. Выше они исчезают. Растительность среднеплейстоценового времени по своему составу ближе стояла к чаудинской, чем к современной. В ценозах этого отрезка плейстоцена еще преобладали представители таксодиевых и кипарисовых. Широколиственные леса главным образом состояли из бука, каштана, граба и дуба. Орех и гикори — основные эдификаторы позднеплиоценовых лесов — составляли лишь небольшую примесь. Комплекс среднеплейстоценовых отложений дает хороший критерий для проведения границы между ними и чаудой. Присутствие большого количества пыльцы таксодиевых и кипарисовых отличает их от слоев Цвермагала. С другой стороны, именно этот признак сближает среднеплейстоценовый комплекс с нижнечаудинским, от которого он, однако, четко отличается отсутствием пыльцы тсуги, ниссы, ногоплодника, кедра, а также более низким процентным содержанием ореха и гикори.

О позднеплейстоценовой растительности позволяют судить спорово-пыльцевые комплексы карангатских отложений. За исключением таксодиума и гикори, в их составе не было встречено ни одного элемента, чуждого современной флоре Колхиды. Несмотря на это, растительность карангатского времени отличалась как от голоценовой, так и от современной. Разница заключалась в сокращении роли мезофильных пород.

Итак, в течение позднего плиоцена и плейстоцена на территории Западной Грузии происходила постепенная смена лесных ценозов. Даже при одном и том же флористическом составе леса различных отрезков времени отличались составом древостоя, который подвергался постоянным изменениям. Флора изменялась значительно медленнее.

После киммерия можно назвать несколько моментов, когда с территории Западной Грузии исчезли те или иные компоненты флоры. Один — при переходе от гурийского века к чауде. К этому времени можно приурочить вымирание камфорного дерева, магнолии и платана. После этого флора Западной Грузии оставалась почти неизменной, вплоть до времени отложения слоев Цвермагала. На этом рубеже исчезли тсуга, кедр, ногоплодник и нисса. Наконец, третьим моментом можно считать карангатское время, после которого вымерли гикори, таксодиевые и кипарисовые. К голоцену флора Западной Грузии приняла современный облик. Отмеченные изменения были, по-видимому, отзвуком тех явлений, которые происходили в Европе и на Русской равнине. В карпатах резкое обеднение флоры произошло между мизерной и тегеленом. Как отмечает В. Шафер [2], перелом в составе флоры в комплексе мизерна II/III является очень характерным и существенным. Экзотические элементы сразу и навсегда теряют свое преобладающее значение, отступают и вскоре совсем исчезают. Пос-

ледный век, флора которого, по его мнению, имела еще плиоценовый облик, — это мизерна II. В Голландии перелом произошел между ревером, флора которого характеризуется присутствием таких родов, как секвоя, таксодиум, нисса, ликвидамбар, гикори и тсуга, и тегеленом [3]; а на Русской равнине — между киммерием и куяльником [4]. Приблизительно к этому же рубежу приурочено резкое обеднение флоры и в Западной Грузии. Но если в Европе в это время вымирают в основном североамериканские и восточноазиатские роды и преобладающими элементами флоры становятся панголарктические, то в Колхиде исчезают лишь тропические и субтропические, после чего господство переходит к североамериканским и восточноазиатским, которые в позднем плиоцене достигают наивысшего расцвета, продолжавшегося почти до голоцена. Тем не менее эти изменения как для западно-грузинской, так и для европейской флоры были равноценны. В обоих случаях они оказались необратимыми — в Колхиде не восстановилась субтропическая флора, а в Европе — плиоценовая. Таким образом, и в Европе и в Западной Грузии этот рубеж был переломным в развитии флоры.

Такая же картина отмечается и в северной Италии. Здесь вымирание субтропического ядра флоры произошло между ранним и поздним виллафранком [5]. После этого основными компонентами растительного покрова в Италии стали те же породы, что и в Колхиде, — гикори, орех, лапина и дуб; а среди хвойных — сосна, ель, пихта, тсуга и кедр. В целом североитальянская флора конца плиоцена и начала плейстоцена была несколько беднее западногрузинской. Ф. Лена [6] указывает на присутствие лишь единичных сомнительных зерен таксодиевых и кипарисовых в отложениях, соответствующих дунайской и гюнцевской эпохам, когда в Западной Грузии они были основными лесообразующими породами. Несколько раньше, нежели в Западной Грузии, вымерли и другие плиоценовые элементы итальянской флоры — кедр, тсуга и гикори. Гикори, которая в Колхиде существовала до карангата, в Италии вымерла после второй стадии гюнца, а тсуга и кедр — после третьей. Во время кромера, соответствующего гюнц-миндельскому межледниковью, а в Черноморской области — приблизительно ранней чауде, когда тсуга и гикори были основными компонентами лесных ценозов, в Италии их уже нет.

В Болгарии обеднение флоры субтропическими элементами произошло между моментами отложения слоев Подгумер и Курило. Флора Подгумер, датируемая нижним левантитом, ближе всего стоит к флоре киммерия, хотя и значительно беднее. Сближает их присутствие таких родов, как *Benzoin*, *Oreodaphne*, *Persea*. В слоях Курило их уже нет, и по своему составу эта флора похожа на куяльницкую и гурий-

скую. Дальше обеднение флоры Болгарии идет несколько быстрее, чем в Западной Грузии. Флора Лозанец, которую Б. Стефанов [7] относит к верхнему плиоцену, а В. Китанов [8] — к нижнему плейстоцену, почти не содержит североамериканских и восточно-азиатских элементов.

Другим отличительным признаком плейстоценовой растительности Колхиды является преобладание в лесных группировках бука, остатки которого в плейстоцене Европы и России встречаются крайне редко. Как отмечает А. Сьродонь [9], его отсутствие в отложениях рисс-вюрма и сомнительные следы и в миндель-риссе являются характерной и вместе с тем интересной чертой европейского плейстоцена. Последний горизонт, в котором В. Шафер [2] отмечает присутствие растительных остатков бука,—мизерна II, флора которого, по его мнению, имеет еще плиоценовый облик. В Италии в отложениях дунай-гюнца Ф. Лена [6] были встречены единичные зерна бука, которые после второй стадии гюнца исчезают. Остатков этой породы нет и в нижнеплейстоценовых отложениях Болгарии. Следовательно, после плиоцена, когда, по данным Б. Стефанова [7], бук имел в Европе очень широкое распространение, произошло сокращение его ареала и в плейстоцене он сохранился лишь в некоторых местах, одним из которых была Колхида.

Из сказанного видно, что флора Западной Грузии уже с плиоцена была значительно богаче соответствующих ей по времени флор Европы. Эта разница делается еще более резкой при переходе к более молодым отрезкам геологического времени. Даже в Болгарии, плиоценовая растительность которой была очень близка к одновременной ей растительности Колхиды, обеднение флоры произошло гораздо раньше. По словам Б. Стефанова [7], вымирание третичных элементов и замена третичной флоры обедненной и однообразной современной произошли в юго-западной Европе задолго до конца третичного времени. В Западной Грузии процессы вымирания плиоценовых компонентов и становления современного флористического комплекса закончились гораздо позднее — к концу плейстоцена. По-видимому, это было обусловлено своеобразными физико-географическими и климатическими условиями Колхиды в плейстоценовое время, благоприятствовавшими медленному обеднению флоры и сохранению в ее составе плиоценовых элементов почти до голоцена.

Академия наук Грузинской ССР

Институт палеобиологии

(Поступило в редакцию 16.11.1967)

ი. შატილოვა

დასავლეთ საქართველოს ზედაკლიოცენური და პლეისტოცენური
 ნალექების დანაწილება კალინოლოგიური ანალიზის
 მონაცემების მიხედვით

რეზიუმე

დასავლეთ საქართველოს პლიოცენური ფლორების განვითარების ისტორიაში მკვეთრი გარდატეხა შეიმჩნევა კიმერიულიდან კუილნიკურ საუკუნეზე გადასვლის დროს. ამ დროისათვის გადაშენდა სითბოსმოყვარული მარადმწვანე მცენარეების დიდი ნაწილი. კიმერიული საუკუნის შემდეგ სუბტროპიკული ფლორა დასავლეთ საქართველოში აღარ აღდგენილა. ზედა პლიოცენისა და პლეისტოცენის განმავლობაში ფლორის განვითარება შედარებით ნელი ტემპით მიმდინარეობდა. ცვალებადობას განიცდიდა ძირითადად ტყის ცენოზები. იცვლებოდა მათი შედგენილობა და სტრუქტურა. ამიტომ მთავარი კრიტერიუმი, რაც შეიძლება საფუძვლად დაედოს ზედაპლიოცენური და პლეისტოცენური ნალექების დანაწილებას, არის ტყის განვითარების ისტორია.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Эберзин. Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода, вып. 6—7, 1940, 136.
2. W. Szafer. Pliocenska flora okolic Czerstyna i yey stosunek do Plejstocenu. Warszawa, 1954.
3. W. Zagwijn. Aspects of the Pliocene and Early Pleistocene vegetation in the Netherlands. Maastricht, 1960.
4. В. П. Гричук. Нижняя граница четвертичного периода и ее стратиграфическое положение на Русской равнине. Труды Ин-та географии, вып. 77, 1959.
5. С. Венцо. Граница между плиоценом и плейстоценом в Италии. Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода, № 29, 1964.
6. F. Lona. Contributi alla Storia della vegetazione e del clima nella val Padana. Analisi Pollinica del Giacimento Villafranchiano di Lefte (Bergamo). Milano, 1950.
7. B. Stefanoff, D. Jordanoff. Studies upon the Pliocene flora of the Plain of Sofia (Bulgaria), 1934.
8. В. Китанов. Върху типа плиоценската в Софийско и възраста на лозе анемжата наслაги. Изв. на Бот. ин-та при БАН, кн. V, 1956.
9. A. Srodon. W Sprawie interglacjlu w Szelagu pod Poznaniem. Z Badan Czwartorzedu w Polsce, Instytut Geologiczny Biuletyn, 100, vol. 7, 1956.



УДК 612.112.3

МИКРОБИОЛОГИЯ

Н. В. ГОГЕБАШВИЛИ

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ВНУТРИКЛЕТОЧНОГО
 ПЕРЕВАРИВАНИЯ ФАГОЦИТИРОВАННЫХ МИКОБАКТЕРИЙ
 ТУБЕРКУЛЕЗА МЕТОДОМ ФЛЮОРЕСЦИРУЮЩИХ АНТИТЕЛ

(Представлено академиком И. Я. Татишвили 24.11.1967)

Согласно имеющимся данным, при туберкулезе роль нейтрофилов сводится к изоляции и фиксации поглощенных микобактерий туберкулеза. Что же касается заключительной фазы фагоцитарной реакции, то она до настоящего времени остается предметом научных дискуссий. Наблюдаемые морфологические изменения фагоцитированных микобактерий в цитоплазме фагоцитов (деформация бацилл, распад на фрагменты, зерна, изменения тинкториальных свойств и т. д.) некоторые исследователи [1—3] рассматривали как изменения формы поглощенных палочек в связи с морфологическими особенностями микобактерий туберкулеза, допускающими возможность их разрушения без нарушения жизнедеятельности.

Применение фазовоконтрастной и люминесцентной микроскопии позволило выявить ряд особенностей фагоцитарного процесса [4, 5]. Вместе с тем, цитологическое исследование метаболизма фагоцитов вскрывает биохимические особенности процесса переваривания фагоцитированных бактерий [6, 7]. Таким образом, для решения вопроса о завершенности фагоцитоза необходимо комплексное изучение морфологических и функциональных показателей как фагоцитированных микробов, так и самих фагоцитов. При этом особый интерес приобретает выявление в цитоплазме фагоцитов антигенов поглощенных микробов, поскольку они могут быть меткой (ввиду их специфичности) и дают возможность проследить судьбу поглощенных микробов.

Исходя из этого мы решили изучить методом флюоресцирующих антител Кунса длительность нахождения антигенов микобактерий туберкулеза и, для сравнения, клеток вакцины БЦЖ в цитоплазме фагоцитов в процессе фагоцитоза.

Результаты иммунофлюоресцентного анализа сопоставлялись с интенсивностью фагоцитарного процесса, а также с морфологическими изменениями фагоцитов при этом.

Морским свинкам внутрибрюшинно вводили по 10 мл стерильного вазелинового масла и через 8 часов брали экссудат, богатый нейтрофилами (78,2%), содержащий также примесь моноцитов (6,2%), лимфоцитов (8,4%) и ретикулярных клеток (7,2%). Экссудат трижды отмывали в растворе Рингера и изучали фагоцитарный процесс с 3-недельной культурой $H_{37}Rv$ и вакциной БЦЖ по методу Райта. Через 1, 2, 3 и 4 часа после прибавления культуры готовили мазки, часть которых окрашивали по Циль—Нильсену, часть фиксировали парами формалина, а часть — метиловым спиртом.

Выявление антигена в цитоплазме фагоцитов проводилось по непрямому методу Кунса с соответствующими контролями. Антителом служила антитуберкулезная сыворотка; она была приготовлена по описанной нами методике [8].

Флюоресцирующая сыворотка против глобулинов кролика была получена из Института эпидемиологии и микробиологии им. Н. Ф. Гамалеи (серия 256, рабочее разведение 1:32).

Препараты исследовались в флюоресцентном микроскопе МЛ-2 при освещении объектов сверху синие-фиолетовыми лучами (светофильтры ФС-1 и СЭС-7). Фотографировали на пленку РФ-3 с помощью фотонасадки МФН-10.

Для количественной характеристики интенсивности фагоцитарного процесса в мазках, окрашенных по Циль—Нильсену, определяли фагоцитарное число и показатель фагоцитарной активности (соотношение процента фагоцитирующих клеток с общим процентом данных клеток).

Морфологические изменения фагоцитов изучали обычной световой микроскопией в мазках, окрашенных по Райт—Романовскому, а также фазовококонтрастной и люминесцентной микроскопией в мазках, фиксированных парами формалина.

В процессе фагоцитоза микобактерий туберкулеза отмечаются резкие морфологические изменения как фагоцитов, так и микробных клеток. Эти изменения наиболее четко выявляются при исследовании препаратов фазовококонтрастной микроскопией. Через час после прибавления микробов вокруг фагоцитов образуется базофильная субстанция белковой природы, которая спустя 2 часа резко увеличивается и принимает вид древовидных образований. Наряду с увеличением базофильной субстанции, сглаживаются контуры цитоплазмы фагоцитов и все чаще встречаются мелкие гранулы. Эти изменения наиболее ярко выражены к 4-му часу. В этот период все поля зрения заполнены мелкими гранулами из остатков ядерного хроматина, протоплазматической субстанции и частиц фагоцитированных бактериальных клеток (рис. 1—1, 2, 3).

Параллельное исследование клеток перитонеального экссудата (фиксированных парами формалина) в люминесцентном микроскопе выявило резкое уменьшение интенсивности свечения фагоцитов в процессе фагоцитоза; при этом постепенно сглаживалась контрастность свечения клетки и люминесценция принимала диффузный мелкозернистый характер, что объясняется разрушением клеток и выходом про-

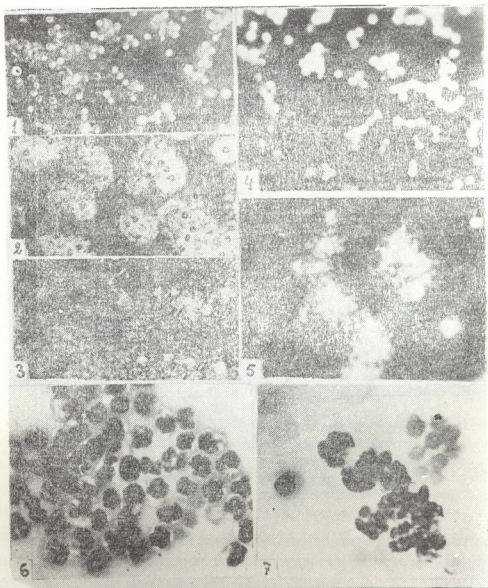


Рис. 1. 1,2,3—фазово-контрастная микроскопия клеток перитонеального экссудата: до прибавления микобактерий, через час и 4 часа после прибавления микобактерий туберкулеза; 4, 5—люминесценция клеток перитонеального экссудата, фиксированных парами формалина: до прибавления микобактерий и через 4 часа; 6, 7—клетки перитонеального экссудата, окрашенные по Райт—Романовскому до прибавления микобактерий и через 4 часа

топлазматической субстанции, хроматина и частиц разрушенных микобактерий туберкулеза в окружающую среду (рис. 1—4,5).

В препаратах, окрашенных по Райт—Романовскому, в первые 2 часа после прибавления микробов уловить особых морфологических изменений фагоцитов не удалось (они располагались скоплениями, окруженными общей базофильной субстанцией). К 3 часам ядра полинуклеаров разбухали, хроматин расплавлялся и сглаживались контуры протоплазмы. Описанные дегенеративные изменения резко усиливались к 4-му часу (рис. 1—6, 7).

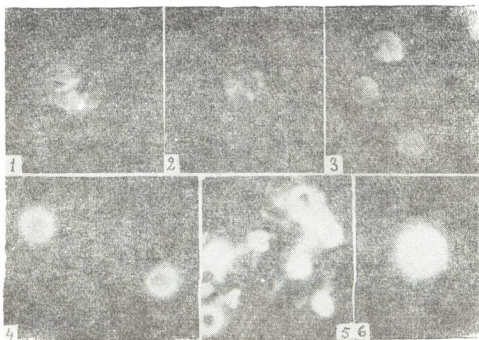


Рис. 11. Клетки перитонеального экссудата, окрашенные по непрямому методу Кунса: 1, 2—специфическое свечение поглощенных микобактерий туберкулеза или их зерен; 3—специфическое свечение антигенной массы туберкулезных палочек в цитоплазме полинуклеаров; 4—специфическое свечение антигенной массы микобактерий туберкулеза в лимфоцитах; 5, 6—специфическое свечение антигенной массы в окружающей среде и вокруг фагоцитов

Иммунофлуоресцентное исследование клеток перитонеального экссудата выявило резкие морфологические изменения поглощенных микобактерий туберкулеза с последующей деструкцией микробных клеток. Если в первый час фагоцитоза в цитоплазме фагоцитов еще отмечается специфическое свечение цельных микробных клеток и их зерен (рис. 11—1, 2), то со 2-го часа полинуклеары и ретикулярные клетки насыщены антигенами микобактерий туберкулеза, о чем свидетельствует увеличение интенсивности специфического свечения. В последующие сроки протоплазмы полинуклеаров, ретикулярных клеток и макрофа-

гов дают равномерное диффузное свечение за счет перенасыщения цитоплазмы антигенами микобактерий туберкулеза (рис. II—3). Специфическое свечение антигенов отмечается также в лимфоцитах (рис. II—4). Предполагается, что лимфоциты накапливают антигены за счет пиноцитоза [9, 10]. По мере разрушения полинуклеаров антигенная субстанция выходит из клеток в окружающую среду. Антигены микобактерий туберкулеза выявляются в окружающую среду в виде гомогенной светящейся массы, окружающей фагоциты ярким ореолом или древоподобными образованиями, контуры которых постепенно сглаживаются (рис. II—5, 6).

Вышеописанные явления, характеризующие фагоцитарный процесс микобактерий туберкулеза, наблюдаются и при фагоцитозе микробных клеток вакцины БЦЖ.

Сопоставление течения фагоцитоза вирулентной культуры ($H_{37}Rv$) и клеток вакцины БЦЖ показало, что процесс поглощения клеток вакцины БЦЖ выражен более интенсивно, чем вирулентной культуры, однако в процессе фагоцитоза клеток вакцины БЦЖ наблюдаемые изменения фагоцитов выражены в меньшей степени. Эта разница наиболее часто проявляется при исследовании нативных препаратов фазово-контрастной микроскопией. Более резкие морфологические изменения фагоцитов в процессе фагоцитоза вирулентной культуры ($H_{37}Rv$) следует объяснить токсическим действием корд-фактора, освобождающегося при разрушении микобактерий туберкулеза. В результате проведенных исследований можно заключить, что процесс фагоцитоза микобактерий туберкулеза или клеток вакцины БЦЖ сопровождается морфологическими изменениями как бактериальных клеток, так и фагоцитов, особенно в более поздние сроки. В этот период отмечается выраженное дегенеративное изменение нейтрофилов с последующим расплавлением ядра, нарушением целостности протоплазмы и выходом всей субстанции клетки, наряду с антигенами поглощенных микробных клеток, в окружающую среду. Исходя из этого можно предположить, что, поглощая микобактерии туберкулеза или продукты их жизнедеятельности, макрофаги могут распространить их по организму и тем самым способствовать обсеменению тканей организма антигенами микобактерий туберкулеза и передаче антигенной информации иммунокомпетентным клеткам.

Институт туберкулеза
Минздрава Грузинской ССР
Тбилиси

(Поступило в редакцию 24.11.1967)

6. გოგობაშვილი

ფაგოციტირებადმი მიკობაქტერიების უჯრედშიდა მონაწილის
 პროცესის შესწავლა იმუნოფლორომის ცენტრული მეთოდით

რეზიუმე

ტუბერკულოზის მიკობაქტერიების, ან ვაქცინა ბცშ უჯრედების ფაგოციტოზის პროცესი ხასიათდება როგორც ბაქტერიალური უჯრედების, ისე ფაგოციტების მორფოლოგიური ცვლილებებით. ფაგოციტების მორფოლოგიური ცვლილებები იზრდება ფაგოციტოზის პროცესის ხანგრძლივობასთან ერთად და განსაკუთრებით მკვეთრად ვლინდება ვირულენტური კულტურის ფაგოციტოზის დროს. ნეიტროფილების დეგენერატიულ ცვლილებებს (ბირთვის გაღობას, ციტოპლაზმის მთლიანობის დარღვევას და სხვ.) თან ხდევს ფაგოციტირებული მიკობაქტერიების ანტიგენების გადასვლა გარემომცველ გარემოში.

ტუბერკულოზის ჩხირების ან მათი ცხოველყოფილობის პროდუქტების ფაგოციტოზის პროცესში ნეიტროფილური ლეიკოციტები ხელს უწყობს მიკობაქტერიების ანტიგენების გავრცელებას ორგანიზმში და იმუნოკომპეტენტური ორგანოებისათვის ანტიგენური ინფორმაციის გადაცემას.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Baatz. Zur Frage der Auflösung von Tuberkelbacillen durch spezifische Immunstoffe. Zbl. J. Orig., 84, N 2, 1920, 81.
2. В. Любарский, А. Коржанская, Б. Мигунов. Дальнейшие исследования в области механизма иммунитета к тбк. Эксп. биол., 7, 18, 1927.
3. Ф. Л. Шпапир. Механизм иммунитета при туберкулезе в связи с проблемой разрушения бацилл Коха. Одесса, 1936.
4. Н. С. Мотовкина и М. П. Ховрина. Люминесцентно-микроскопический метод оценки завершенности фагоцитарной реакции. ЖМЭИ, 100, 2, 1966.
5. G. James, M. D. Hirsch. Cinemicrophotographie observations on granule lysis in polymorphonuclear leucocytes during phagocytosis. J. exptl. med., 29, 1962, 116.
6. О. С. Шерстенева. Зависимость фагоцитарной реакции лейкоцитов от их углеводного обмена. БЭМ, 67, 3, 1958.
7. А. И. Брауде, Н. И. Брауде, Э. А. Зажнягина. Активность кислой фосфатазы макрофагов в связи с особенностями их функционального состояния. ДАН СССР, 677, 1962, 145.
8. Н. В. Гогобашвили и М. М. Авербах. Возможность применения метода люминесцирующих антител в иммунологических исследованиях при туберкулезе. БЭМ, 71, 9, 1967.
9. R. Robineaux, J. Pinet. An in vitro study of some mechanism of antigen uptake by cells. Ciba found Sympos. Cellular aspects of immunity. London, 1960.
10. H. Felton, C. Pomerant. Antigen-antibody reaction to pinocytosis. I Cell injury and repair following staphyloc. toxin and antiserum. Exp. cell. Res., 280, 2, 27, 1962.



УДК 595.132+632.651

ЗООЛОГИЯ

И. Я. ЭЛИАВА

НОВЫЕ ВИДЫ НЕМАТОД ИЗ РОДА *EUDORYLAIMUS* ANDRASSY, 1959 (NEMATODA: DORYLAIMOIDEA)

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. П. Каландадзе 31.3.1967)

В 1965 г. доктор биологических наук Е. С. Кирьянова любезно предоставила мне возможность ознакомиться с коллекцией нематод из надсемейства *Dorylaimoidea* (de Man, 1876) Thorne, 1934, хранящейся в отделении нематод и нематодообразных червей Зоологического института АН СССР.

В изученном материале среди других форм оказались новые виды из рода *Eudorylaimus*, которые и описываются ниже.

Eudorylaimus turkestanicus Eliava n. sp. (рис. 1). 1 ♀; 1,58 мм; $a=24$; $b=4$; $c=16,5$; $v=44,7\%$.

Небольшая плотная нематода. Кутикула слоистая на всем протяжении тела, с заметной продольной исчерченностью, толщина — 3—4 μ , поперечная полосатость заметна лишь при иммерсии, особенно в хвостовом отделе.

Лабияльная область резко отделена, губы ясно разобщены, папиллы хорошо заметны; ширина лабиальной области равна $1/4$ диаметра тела у основания пищевода. Длина копыя немного больше лабиальной ширины (17 μ), толщина достигает $1/5$ лабиальной ширины и в 2 раза превышает толщину кутикулы на его уровне; отверстие копыя занимает $1/3$ его длины. Амфиды чашевидные, их ширина соответствует $1/2$ лабиальной ширины.

Пищевод длиной в $1/4$ длины тела, расширяется перед серединой; ширина базальной части пищевода равна $1/2$ соответствующего диаметра тела. Кардия коническая, ее длина достигает лишь $1/2$ ширины, вершина раздвоена.

Гонады парные, симметричные; половые трубки загнутые, вершина яичника почти достигает вульвы; расстояние от вульвы до загиба соответствует трем диаметрам тела; яйца крупные, длина немного больше диаметра тела (59—65×25—26 μ), по одному яйцу в матке. Вульва преэкваториальная, губы выдаются; длина влагалища равна $1/2$ диаметра тела.

Длина ректума в 1,5 раза превышает анальный диаметр, преректум в 1,5 раза длиннее ректума. Перед анальным отверстием заметен кутикулярный бугор.

Хвост конический, загнут вентрально, *carteri*-образный; длина хвоста равна трем анальным диаметрам.

Самцы неизвестны.

Описываемый вид близок к *Eudorylaimus carteri* (Bastian, 1865) Andrassy, 1959 [1], отличается от него рядом признаков: лабиальный отдел очень резко выделен, губы угловатые; амфиды шире; вершина яичников достигает вульвы, яйца длиннее; тело более плотное; хвост немного длиннее.

Новый вид *Eudorylaimus turkestanicus* n. sp. был обнаружен во мху с бревна из речки, заповедник Гурлаш, Туркестанский хребет, 27.VII. 1944, сборы А. И. Янковской (препарат

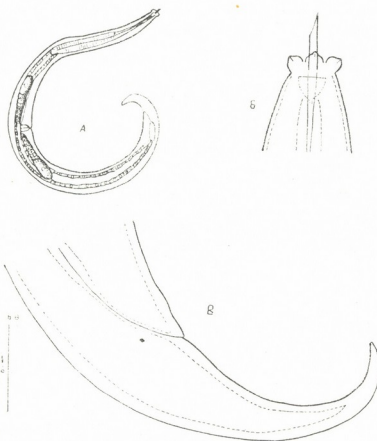


Рис. 1. *Eudorylaimus turkestanicus* n. sp.: А—общий вид, Б—головной отдел, В—хвостовой отдел

№ 18242, Отделение нематод и нематодообразных червей, Зоологический институт АН СССР).

Eudorylaimus curvicaudatus Eliava n. sp. (рис. 2). 1 ♀; 2,08 мм; $a=27,4$; $b=4,4$; $c=24,2$; $v=47,5\%$.

Довольно плотная нематода. Кутикула с продольной исчерченностью, поперечные полосы заметны лишь при иммерсии, толщина 3—4 μ .

Лабиальный отдел хорошо обособлен, ясно выделен сужением; губы угловатые, хорошо заметны, губные папиллы выдаются. Копье тонкое, его толщина соответствует $1/6$ лабиальной ширины, длина (18 μ) немного больше ширины лабиального отдела; отверстие занимает $1/3$

его длины. Амфиды чашевидные, их ширина немного больше 1/2 лабиального диаметра. Ведущее кольцо простое.

Пищевод довольно резко расширяется за серединой, ближе к задней трети; ширина его базальной части равна 1/2 соответствующего диаметра тела и в 2 раза больше ширины лабиального отдела. Кардия удлиненная, пищевод и кишечник заметно разобщены (влияние фиксации?).

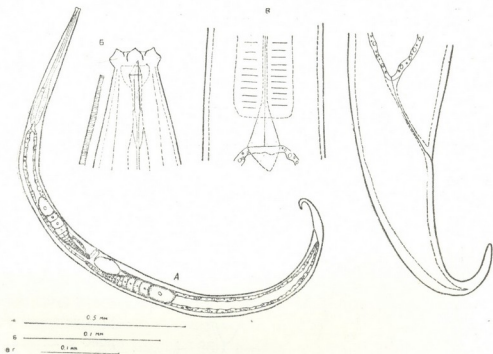


Рис. 2. *Eudorylaimus curvoicaudatus* n. sp.: А—общий вид, Б—головной отдел, В—кардиальный отдел, Г—хвостовой отдел

Гонады парные, симметричные. Половые трубки загнуты, вершина яичников достигает области вульвы; длина половой трубки от вульвы до загиба соответствует четырем диаметрам тела; вульва слабо склеротизирована; длина влагалища меньше 1/2 диаметра тела.

Длина ректума равна анальному диаметру; преректум в 2,5 раза длиннее ректума. Хвост крючковидный, сильно загнут вентрально, его длина в 2,5 раза больше анального диаметра.

Самцы неизвестны.

Описываемый вид близок к *Eudorylaimus alleni* Brzeski, 1962 [2], *E. bokori* (Andrassy, 1959) Andrassy, 1959 [3], *E. curvatus* (Thorne et Swanger, 1936) Andrassy, 1959 [1], *E. lindbergi* Andrassy, 1960 [4].

Отличается: от *E. alleni* — большей величиной, обособленной лабиальной областью, широкой амфидой, расширяющимся у последней

трети пищеводом, немного более длинным хвостом; от *E. bokori* — большей величиной, узким и относительно коротким копьем, более широкими амфидами, расширяющимися у последней трети пищеводом, более крючковидным хвостом; от *E. curvatus* — значительно большей величиной, более длинным копьем, относительно коротким хвостом; от *E. lindbergi* — меньшей величиной, отсутствием внутреннего круга губ, более склеротизированными губами вульвы, более коротким хвостом.

Новый вид *Eudorylaimus curvicaudatus* n. sp. был обнаружен в пробах ила и песка дна р. Хатаяги (приток р. Колю), Коми АССР, 12.VII. 1955, проба № 13, сборы Э. И. Поповой (препарат № 10974, Отделение нематод и нематообразных червей, Зоологический институт АН СССР).

Eudorylaimus aquaticus Eliava n. sp. (рис. 3). 7 ♀; 2,57 (2,39–2,92) мм; $a=41,2$ (35–48,7); $b=4,8$ (4,4–5,4); $c=27,2$ (21,7–33,1); $v=51,8$ (49,6–57,2) %.

Довольно крупные, стройные нематоды. Кутикла тонкая, со сла-

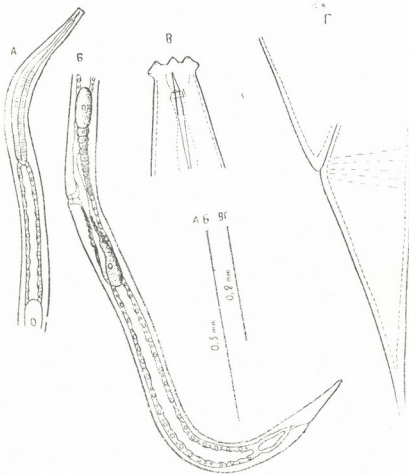


Рис. 3. *Eudorylaimus aquaticus* n. sp.: А, Б—общий вид, В—головной отдел, Г—хвост

бой продольной исчерченностью; ее толщина на уровне копия равна 1/2 его ширины. Лабиальный отдел ясно обособлен сужением; губы разделены, угловатые, папиллы ясно заметны. Ширина лабиального отдела соответствует 1/3 диаметра тела у основания пищевода.

Длина копия 26—28 μ , чуть больше лабиальной ширины; толщина около 1/7 лабиальной ширины; отверстие занимает 1/3 длины копия. Амфиды чашевидные, их ширина достигает 1/2 лабиальной ширины. Ведущее кольцо сложное, *Doryloimus*-образное.

Пищевод плавно расширяется в первой трети; ширина пищевода у основания около 1/2 соответствующего диаметра тела. Кардия небольшая, куполовидная, ее длина равна ширине. Клетки кишечника с очень крупными ядрами. Ректум равен или немного больше анального диаметра тела, а преректум в 2 раза больше.

Гонады парные, симметричные; половые трубки загнуты, вершина яичников достигает, а иногда заходит за вульву; расстояние от вульвы до места сгиба соответствует почти пяти диаметрам тела; ядра зооцитов и яиц крупные; длина яиц в 2,6 раза больше диаметра тела ($148 \times 50 \mu$); в матках синхронно по одному яйцу. Вульва заметно склеротизирована; длина влагалища около 1/2 диаметра тела.

Хвост удлиненно конический, постепенно суживающийся, не загнут вентрально, прямой; его длина равна трем анальным диаметрам; терминус узко-пальцевидный, на конце тонко закруглен.

Самцы неизвестны.

Описанный вид близок к *Eudorylaimus frigidus* (Steiner, 1916) Andrassy, 1959, *E. diadematus* (Cobb in Thorne et Swanger, 1936) Andrassy, 1959, *E. acutus* (Thorne et Swanger, 1936) Andrassy, 1959 [1].

Отличается: от *E. frigidus* выделенной лабиальной областью, разделенными губами, более длинным хвостом; от *E. diadematus* — более крупным телом, меньшим отверстием копыя, относительно более длинным хвостом; от *E. acutus* — угловатыми губами, меньшим отверстием копыя, расширяющимся в первой трети пищеводом, значительно более длинным хвостом.

Голотип: ♀ 2,92 мм; $a=38$; $b=4,9$; $c=25,3$; $v=52,1\%$. Препарат № 11076 ж.

Новый вид *Eudorylaimus aquaticus* n. sp. обнаружен в пробах песка, гальки и гравия у берега р. Хатаяги, ниже устья р. Колва, Коми АССР, 15.VII.1955, сборы Э. И. Поповой (препараты № 11074, 11075, 11076, 11077, Отделение нематод и нематодообразных червей, Зоологический институт АН СССР).

Академия наук Грузинской ССР

Институт зоологии

ზოოლოგია

ი. ელიაშვილი

ნემატოდის ახალი სახეობები გვარადან *EUDORYLAIMUS* ANDRASSY, 1959 (*NEMATODA: DORYLAIMOIDEA*)

რეზიუმე

სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტის კოლექციების დამუშავების შედეგად აღწერილია სამი ახალი სახეობა: *Eudorylaimus turkestanicus* n. sp., *E. curvicaudatus* n. sp., *E. aquaticus* n. sp.

პირველი მათგანი რეგისტრირებულია თურქესტანის ქედზე, გურლაშის ნაკრძალში, წყალში მოტივტივე მორიდან ჩამოცლილ ხავსში; მეორე — კომის ავტონომიურ რესპუბლიკაში, მდ. ხატაიავის ფსკერიდან ამოღებული ქვიშისა და ლანის სინჯში; მესამე — იქვე ნაპირზე ქვიშისა და ხრეშის სინჯში.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. G. Thorne, H. H. Swanger. A monograph of the nematode genera *Dorylaimus* Dujardin, *Aporcelaimus* n. g., *Dorylaimoides* n. g. and *Pungentus* n. g. *Capita Zool.*, v. 6 (4), 1956.
2. M. Brzeski. *Eudorylaimus alleni* n. sp. (*Nematoda, Dorylaimoidea*). *Opuscula Zool. Budapest.*, т. IV, F. 2—4, 1962.
3. I. Andrassy. Nematoden aus der Tropfsteinhöhle „Bardala“ bei Aggtelek (Ungarn), nebst einer Übersicht der bisher aus Höhlen bekannten freilebenden Nematoden—Arten. *Acta Zoologica Acad. Sci. Hungaricae*, т. IV, F. 3—4, 1959.
4. I. Andrassy. Einige nematoden aus Afganistan. *Opuscula Zool. Budapest.*, т. IV, F. 1, 1960.



УДК 591.513

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

И. М. АИВАЗАШВИЛИ

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРИОДА ОТСРОЧКИ У СОБАК
 ПРИ СЛУХОВОМ ВОСПРИЯТИИ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ПИЩИ

(Представлено академиком И. С. Бериташвили 4.8.1967)

И. С. Бериташвили и сотрудниками [1—3] было установлено, что максимальный период отсрочки адекватной пищевой реакции на натуральный условный звуковой сигнал (стук миски) у собак достигает 3—5 мин. Причем установление данного максимума периода отсрочки происходит путем постепенного перехода от первоначальных коротких отсрочек (1—2 мин) к более продолжительным (2—3 мин), а затем и к максимальным (5—6 мин).

Однако в этих работах продолжительность периода отсрочки в ответ на натуральное условное звуковое раздражение устанавливалась без связи ее с конкретным условием опыта. При изучении продолжительности периода отсрочки у животных на основании одного только зрительного или комплексного восприятия местонахождения пищи было показано, что продолжительность периода отсрочки адекватной пищевой реакции сильно зависит от характера постановки опыта [4].

Исходя из этого в данной работе мы задались целью установить продолжительность периода отсрочки при восприятии натурального условного звукового сигнала (стук миски) в различных условиях эксперимента.

Опыты проводились на четырех собаках в условиях большой экспериментальной комнаты по методу свободного передвижения животных. До начала опытов собаку приучали к экспериментальной комнате, а затем — спокойно находиться в закрытой клетке, которая стояла у задней стены комнаты. В процессе приспособления к данным опытам животных кормили из алюминиевой миски, одновременно постукивая ею об пол. После нескольких таких подкармливаний стук миски становился условным натуральным звуковым сигналом пищевого поведения. И после этого, если где-либо за укрытием раздавался стук миски, собака подбегала к месту стука и начинала отыскивать пищу. Изучение продолжительности отсрочки на стук миски производилось следующим образом: собаку сажали в закрытую клетку (рис. 1),

спереди ставили большие непрозрачные щиты, которые прикрывали все поле зрения собаки; по углам комнаты расставляли несколько одинаковых маленьких ширм. Экспериментатор бесшумно заходил за одну из этих ширм, постукивал миской об пол и снова возвращался на свое место. Миску с пищей оставляли на месте постукивания или убирали для исключения запаховых следов. Собаку после стука миски задерживали в клетке до определенного периода (отсрочки), после чего клетку открывали и животному предоставляли свободу для отыскания места стука.

В процессе опытов устанавливался максимум периода отсрочки, т. е. максимум того времени, после истечения которого собака могла безошибочно пойти к месту стука.

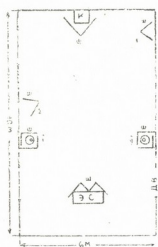


Рис. 1. Обстановка опытов первой серии. Большая экспериментальная комната. ЭС—стол экспериментатора; I и II—кормушки, прикрытые ширмами; 1 и 2—ширмы, за которыми производился стук миски; К—клетка, обычное местонахождение животного во время опытов, спереди прикрытая большими щитами

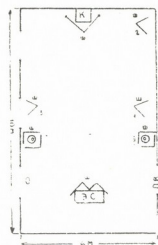


Рис. 2. Обстановка второй серии опытов. Обозначения те же, что и на рис. 1

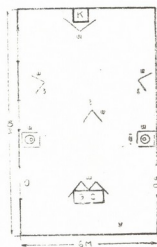


Рис. 3. Обстановка третьей серии опытов. Обозначения те же, что и на рис. 1. Расстояние между ширмами 1, 2 и 3 составляло 2,5 м

Нами были проведены три серии опытов. В каждой серии ширмы, за которыми производилась проба натурального условного звукового сигнала (стук миски), расставлялись в комнате по-разному. В первой серии две ширмы были расставлены справа и слева от животного на большом расстоянии друг от друга (рис. 1). Во второй серии количество ширм составляло три и они были расставлены на расстоянии

4—5 м друг от друга (рис. 2). В третьей серии все три ширмы находились вперед от животного на расстоянии 4 — 5 м от клетки. Расстояние между ширмами 2,5 м (рис. 3).

Во всех трех сериях постукивание миской об пол продолжалось не более 6—8 сек. Проба звукового раздражения с отсрочкой производилась за ширмами с нерегулярной очередностью, что исключало возможность установления какой-либо закономерности относительно того, за какой ширмой будет слышен стук миски в данный момент. Поэтому животное должно было определить место стука лишь на основании того следа, который оставался у него в центральной нервной системе после прекращения постукивания. В частности, для правильного отреагирования необходимо было точное сохранение в памяти направления и местонахождения источника стука.

Следует отметить, что в условиях наших опытов для успешного осуществления отсроченной реакции на звуковое раздражение необходимо было животному не только сохранить в памяти правильное направление местонахождения источника звука, но и проецировать его за ширмой. Экспериментами на свежих собаках мы убедились, что иногда животные в первых пробах хорошо запоминали лишь направление стука миски: после отсрочки они точно доходили до ширмы, за которой производился стук миски, но не делали обходное движение за ширмой, а начинали производить поисковые реакции около ширмы, и если случайно не заворачивали за ширму, то вообще теряли ориентацию. Для того чтобы животное проецировало стук миски именно за ширмами, до начала изучения отсроченных реакций мы несколько раз производили кормление собаки в сопровождении непрерывного стука, т. е. продолжали стучать миской за ширмой до тех пор, пока собака, выпущенная из клетки, не доходила до места стука и не заворачивала за ширму.

Во всех трех сериях были получены различные результаты. Наиболее высокий результат в смысле продолжительности периода отсрочки был получен в опытах первой серии. В первых пробах наблюдались небольшие отсрочки (4—5 мин), но уже скоро в результате непродолжительной работы (3—4 недели, по 5 — 6 проб за каждый опытный день) собаки при отсрочке 15—18 мин в большинстве случаев давали правильные ответы: точно шли за ту ширму, откуда давался стук миски. Следует отметить также, что в этих условиях опыта некоторые собаки обнаруживали большую отсрочку (10 — 12 мин) при первых же пробах.

Мы часто экстренно меняли обстановку опыта. Ширму 1 переносили вперед от животного на 4 м, а ширму 2 — в угол комнаты на уровне клетки. При перестановке ширм расстояние между ними не меня-

лось. Несмотря на такие резкие изменения условий опыта, собаки все-таки успешно осуществляли пищевую реакцию с отсрочкой 15—18 мин.

В этой серии опытов отсроченные реакции изучались в крайне упрощенной обстановке. Две ширмы были расставлены справа и слева от животного на большом расстоянии друг от друга. Поскольку характерной чертой этой серии опытов было то, что направление и местонахождение одного источника звука резко отличалось от другого, то возможно, что именно благодаря этому обстоятельству и была получена большая отсрочка. По-видимому, когда источники звука локализируются справа и слева от животного и под большим углом от средней линии, тем самым создается благоприятное условие не только для точного восприятия направления и местонахождения источника звука в пространстве, но и для длительного сохранения воспринятого в памяти. Другим фактором, который также обуславливал длительную отсрочку в данной серии опытов, возможно, было то, что животным приходилось делать выбор лишь между двумя ширмами. Эти объяснения находят свое подтверждение в последующих сериях экспериментов.

Во второй серии опытов продолжительность отсрочки оказалась в 2—3 раза меньше, чем в предыдущей серии. Несмотря на систематическую работу в течение 2 месяцев (по 5—6 проб за каждый опытный день), максимальная продолжительность отсрочки, после которой собака была способна точно пойти к месту стука без предварительных поисковых реакций, достигала всего 5—6 мин. Характерно, что при более длительных отсрочках собака давала точные ответы лишь в тех случаях, если стук миски производился за ширмами 2 и 3. В случае пробы стука за ширмой 1 собака после отсрочки 6—7 мин, иногда и при меньших отсрочках, как правило, шла сначала за ширму 2, а затем уже к месту стука. Иначе говоря, выходя из клетки, после отсрочки она брала правильное направление, но не была способна сразу точно локализовать место стука и поэтому сначала посещала близлежащую ширму, после чего направлялась к месту стука.

В третьей серии опытов ширмы были расставлены еще ближе друг от друга. Расстояние между ними было 2,5 м. У собаки в этих условиях сохранилось в памяти точное направление и местонахождение источника звука при отсрочке 5—6 минут, если стук миски производился за крайними ширмами 1 и 3. При тех же отсрочках собаки почти всегда ошибались, если стук миски пробовался за ширмой 2, средней в ряду. Мы специально выработали прямое хождение собаки на стук миски за ширму 2. И после этого при отсрочке 4—5 мин собака могла уже правильно пойти после стука за ширму 2. Но стоило за-

тем один раз попробовать стук миски за ширмами 1 или 3, как собака после этого при постукивании за ширмой 2 снова начинала ошибаться: выпущенная из клетки даже через 1—2 мин после прекращения стука за ширмой 2 собака подбегала сначала за ширму 1 или 3 и затем только, не найдя там пищи, направлялась к месту стука.

Таким образом, во второй и третьей сериях опытов увеличение количества ширм, за которой производился стук миски, а также уменьшение между ними расстояния обусловили значительное сокращение продолжительности периода отсрочки.

В целом из опытов можно сделать следующие заключения: а) изучаемые нами отсроченные реакции в ответ на натуральное условное звуковое раздражение (стук миски) отображают собой длительность сохранения в памяти у животного направления и местонахождения источника звука, т. е. памяти о том, откуда действовал в данный момент стук миски; б) продолжительность памяти направления и местонахождения источника звука является краткосрочной, она сильно колеблется в зависимости от характера постановки опыта; в) при упрощенной обстановке опыта, когда проба звукового раздражения с отсрочкой производится попеременно справа и слева, из двух различных мест экспериментальной комнаты, удаленных на большое расстояние друг от друга, продолжительность памяти достигает наиболее высокой величины (15—18 мин); г) в сложных условиях опыта, когда проба звукового раздражения с отсрочкой производится попеременно из трех различных мест комнаты, пространственно находящихся близко друг от друга, продолжительность памяти сильно укорачивается.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физиологии

(Поступило в редакцию 4.8.1967)

სოციალური ფიზიოლოგია

О. აივაზაშვილი

ნატურალურ პირობით გზებით გამღიზიანებელზე ცხოველის
დაყოვნებული რეაქციების ხანგრძლივობის შესწავლა

რეზიუმე

ცდებს ვატარებდით დიდ საექსპერიმენტო ოთახში თავისუფალი მოძრაობის მეთოდით. ნატურალურ ბგერით გამღიზიანებლად ვიყენებდით ჭამის კუქს. დაყოვნების ხანგრძლივობის შესწავლას ვაწარმოებდით შემდეგი წესით: ძალს წინასწარ ვაჩვენებდით დახურულ გალიაში ყოფნას. გალიის წინ ვდგამდით დიდ შირმებს, რაც მთლიანად ფარავდა ცხოველის მხედველობის არეს. გალიისაგან 4—5 მეტრის დაშორებით ვათავსებდით მცირე ზომის შირ-

მებს. ერთ-ერთი შირმის უკან 10—15 წამის განმავლობაში ეაკუუნებდით ჯამით იატაკზე, კაკუნის შეწყვეტიდან გარკვეული დროის შემდეგ ცხოველს გალიიდან ვუშვებდით. იზომებოდა დროის ის მონაკვეთი, რის განმავლობაში ცხოველი ზუსტად იმახსოვრებდა იმ ადგილს, საიდანაც ვაკუუნებდით. ცდებს ვატარებდით სამ სერიად. თითოეული სერიის ცდებში შირმების რაოდენობა და მათი სიგრძეში განლაგება განსხვავებული იყო.

ჩატარებული ცდების შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ პირობით ნატურალურ ბგერით გამლიზიანებელზე შესწავლილი დაყოფილი რეაქციები ასახავს ცხოველის უნარს გარკვეული დროის განმავლობაში დაიმახსოვროს ბგერის წყაროს მიმართულება და მისი ადგილი. ცხოველებში ბგერის წყაროს მიმართულებისა და ადგილის დამახსოვრების ხანგრძლივობა ხანმოკლე დროით განისაზღვრება. იგი ძალზე ცვალებადია და ძლიერაა დამოკიდებული ცდის პირობებზე. თუ ბგერითი გამლიზიანებელი ცხოველზე მოქმედებს ერთმანეთისაგან დიდ მანძილზე დაშორებული მარჯვენა ან მარცხენა შირმიდან, მაშინ დამახსოვრების ხანგრძლივობა მაქსიმალურ სიდიდეს აღწევს (15—18 წუთი), ხოლო თუ ბგერითი გამლიზიანებელი ხანგამოშვებით სამი სხვადასხვა შირმიდან მოქმედებს და მათ შორის მანძილი შედარებით მცირეა, მაშინ ცხოველის მიერ ბგერის მიმართულებისა და ადგილის დამახსოვრების სიდიდე მკვეთრად კლებულობს.

დავოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Бериташвили. Нервные механизмы пространственной ориентации высших позвоночных животных. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1959.
2. И. С. Бериташвили. Нервные механизмы поведения высших позвоночных животных. Изд. АН СССР, М., 1961.
3. И. С. Бериташвили, И. М. Айвазашвили, Ц. А. Орджоникидзе. Характеристика и происхождение отсроченных реакций у животных. В сб.: «Современные проблемы деятельности и строения ц. н. с.», изд. АН ГССР, 1965.
4. И. С. Бериташвили, И. М. Айвазашвили. Изучение памяти у собак при комплексном восприятии местонахождения пищи. Физиологический журнал СССР, 53, 1967.

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

К. Ш. НАДАРЕЙШВИЛИ, Д. И. ДЖОХАДЗЕ, Э. Д. КАХИАНИ

ИЗУЧЕНИЕ ОСМОТИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ МЕМБРАН
ИЗОЛИРОВАННЫХ ЯДЕР, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ
ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Н. Бакурадзе 3.10.1967)

Ранее нами было показано, что изолированные ядра астроцитов разрушаются в гипотонической и щелочной среде значительно быстрее, чем ядра нейронов и олигодендроглицитов [1]. Учитывая роль ядерных мембран в нормальной жизнедеятельности клеток и в развитии некоторых патологических процессов [2, 3], представляло интерес изучить осмотическую стойкость мембран изолированных ядер, выделенных из клеток, различающихся функциональной активностью, дифференциацией и специализацией.

Методика

Изолированные ядра выделялись одним и тем же способом из мозга (без мозжечка), печени, селезенки и коркового вещества почек. Описание методики выделения очищенных изолированных ядер и критериев оценки осмотической стойкости их мембран было дано ранее [1]. Препараты, использованные в данной работе, перед началом опыта подвергались дополнительной промывке и фракционированию при низких значениях g . На рис. 1, А представлена микрофотография свежеекрашенного метиленовой синью препарата изолированных ядер из печени крыс. Ядра слегка сплющены, а некоторые из них вовсе разрушены из-за придавливания ровным стеклом. Фазово-контрастная микрофотография суспензии того же препарата в камере Горяева представлена на рис. 1, Б. Из рисунка видно, что хроматин и ядрышки благодаря более высокой оптической плотности создают впечатление наличия крупной зернистости и даже дольчатости мембран ядер. Поверхность изолированных ядер с равномерным распределением хроматина в оптическом микроскопе выглядела гладкой и на них четко выделяются контуры ядрышек. На рис. 2 в качестве примера представлена фазово-контрастная микрофотография изолированных ядер, выделенных из мозга крыс.

Кинетика осмотического разрушения ядер определялась как микроскопически, так и на полуавтоматической установке, собранной на базе аппарата «Целлоскоп 101» [1], а также фотокolorиметрически [4]. 2 мл сахарозной суспензии, содержащей в среднем $2-2 \cdot 10^6$ на 1 мл очищенных изолированных ядер, наливали в кювету фотокolorиметра ФЭК-М, разбавляли в 5 раз гипотоническим раствором NaCl (0,25%; pH—7,3) и непрерывно перемешивали на магнитной мешалке при комнатной температуре. Измерение величины экстинкции и микроскопический подсчет количества ядер проводили с интервалами 5—20 мин. Для каждого препарата проводили параллельное определение кинетики осмотического кариолиза в 3—4 пробах. Всего исследовано 24 препарата, в том числе семь из мозга, семь из печени, шесть из селезенки и четы-

31. „მეცნიერება“, XLIX, № 2, 1968

ре из коркового вещества почек. Каждый препарат готовили из соответствующих органов 3—5 крыс 4-недельного возраста весом 60—80 г.

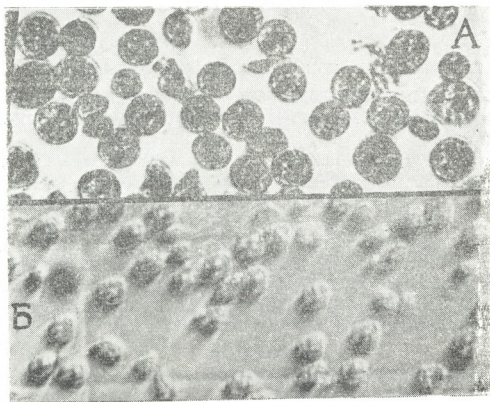


Рис. 1. Микрофотографии окрашенной метиленовой синью (А) и неокрашенной суспензии препаратов изолированных ядер печени крыс в фазовом контрасте (Б)

С целью выяснения принадлежности изолированных ядер к определенной разновидности или популяции клеток данного органа каждый препарат перед началом опыта подвергали тщательному микроскопическому обследованию. Размеры ядер определялись при помощи компаратора ИЗА-1 на серийных фазово-контрастных микрофотографиях свежеприготовленных неокрашенных ядер. Фотографирование производилось в камере Горяева, что позволило избежать деформации ядер, а также проводить документальную регистрацию кинетики гипотонического кариолиза. Кроме того, были изучены окрашенные *ex tempore* суспензии ядер на обычных микрофотографиях. В зависимости от формы ядер их объемы рассчитывались по результатам измерений на компараторе или как для сферы или для эллипсоида вращения.

Для количественного анализа были обработаны результаты визуального изучения и измерения 786 ядер на микрофотографиях всех препаратов мозга, 524 — печени, 380 — селезенки и 258 — коркового вещества почек. С целью измерения объемов большого числа ядер ранее описанная методика полуавтоматического дискриминированного счета [1] была дополнена. Пропорциональные объемам ядер электрические импульсы с формирующего каскада целлоскопа подавались на осциллограф «Коссор» и фотографировались на движущейся киноленте. Фрагмент такой записи, суперпозированный на фазово-контрастную микрофотографию ядер мозга, представлен на рис. 2. После тщательной калибровки заснятое изображение увеличива-

лось на проекционной установке и при помощи специальной шкалы определялась их амплитуда.

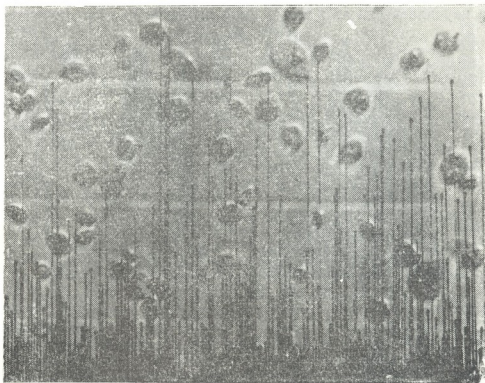


Рис. 2. Фазовоконтрастная микрофотография суспензии изолированных ядер мозга крыс. Увеличение $800\times$. На кадр микрофотографии суперпозирован фрагмент записи электрических импульсов, соответствующих по амплитуде объемам ядер того же препарата. Объяснение в тексте

Результаты и их обсуждение

Микроскопическое изучение показало, что наиболее однородными, с точки зрения принадлежности изолированных ядер к определенной популяции клеток в наших условиях, получались препараты печени и селезенки. В первом из них 87—94% составляли ядра купферовских клеток, а во втором 82—92%—ядра лимфоидных клеток. В препаратах изолированных ядер, полученных из мозга, содержались все типы ядер, клетки которых представлены в ткани головного мозга крыс. Однако их количественные отношения колебались в значительных пределах. Более или менее постоянным оставалось лишь отношение ядер нейронов и ядер глиальных клеток всех типов, которое составляло 1:8 — 1:10. При длительном хранении препарата это отношение достигало 1:5 — 1:6, преимущественно за счет разрушения астроцитарных ядер, содержащих по нескольку ядрышек. На рис. 3 представлены гистограммы распределения изолированных ядер по объемам и диаметрам в препаратах печени (А), селезенки (Б) и мозга (В). Ядра из по-

чек, ввиду сложности установления их принадлежности к определенным клеточным элементам коркового вещества почек, не были изучены достаточно подробно. Кинетика гипотонического кариолиза этого препарата изучалась для всех типов ядер *an mass*.

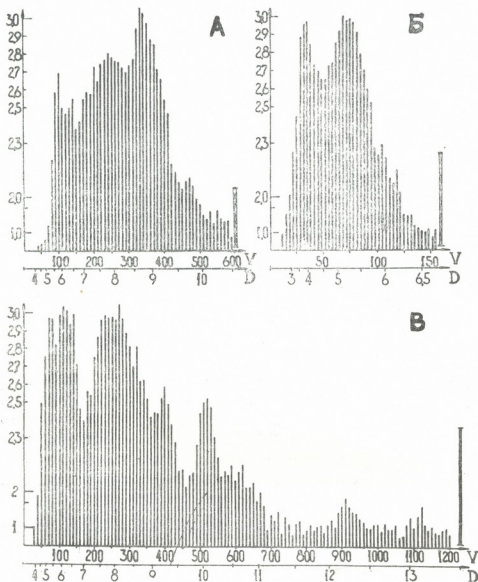


Рис. 3. Гистограммы распределения по объемам (V) и диаметрам (D) ядер в препаратах печени (А), селезенки (Б) и мозга (В) крыс. По оси ординат — логарифм абсолютного количества ядер

На рис. 4,А представлены данные кинетики гипотонического лизиса изолированных ядер из различных органов, полученные фотоколометрическим путем. Подобные же данные, полученные микроскопическим путем, приведены на рис. 4,Б. Из данных, приведенных на рис. 4, видно, что наиболее высокой осмотической стойкостью обладают ядра олигодендроглиоцитов, а наименее устойчивы изолированные ядра,

выделенные из почек, хотя в последнем случае мы могли судить лишь о суммарной кинетике распада всех типов ядер.

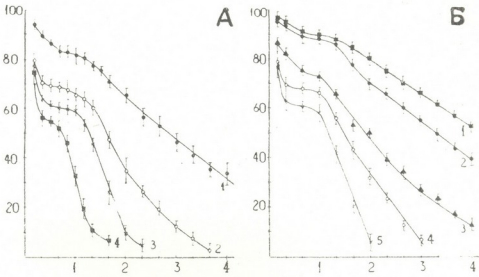


Рис. 4. А. Кинетика гипотонического кариолиза по фотокориметрическим данным: 1 — препарат мозга, 2 — печени, 3 — селезенки, 4 — коркового вещества почек. По оси ординат—экстинция. За 100% принято исходное значение, за 0 — 4-кратное повторение результата и микроскопическое определение отсутствия ядер. По оси абсцисс — время в часах. Б. Кинетика гипотонического кариолиза по микроскопическим данным: 1 — ядра олигодендроглицитов, 2 — ядра нейронов, 3 — ядра астроцитов, 4 — ядра купферовских клеток, 5 — ядра лимфоидных клеток. По оси ординат — количество ядер в % к исходному. По оси абсцисс — время в часах

Обращает на себя внимание и тот факт, что в абсолютно идентичных условиях ядра астроцитов значительно уступают по осмотической стойкости ядрам олигодендроглицитов и по этому критерию ближе стоят к ядрам купферовских и лимфоидных клеток, чем к другим ядрам из ткани мозга (рис. 4,Б). Хотя механизм этого факта еще требует специального изучения, по морфологическим признакам его можно связать с большим содержанием хроматина, с наличием нескольких ядрышек и полиплоидией в ядрах, менее устойчивых к изменениям осмотического давления в суспензионной среде. Это в полной мере справедливо и для препарата изолированных ядер, выделенного из коркового вещества почек. Функционально это может быть связано с более интенсивными процессами переноса веществ через ядерные мембраны и, следовательно, с особенностями их ультраструктуры и химизма транспорта.

Выводы

1. В гипотонической среде (0,25% NaCl) осмотическая стойкость изолированных ядер изученных нами различных популяций клеток уменьшается в следующей последовательности: ядра олигодендроглиоцитов, нейронов, астроцитов, купферовских клеток, лимфоидных клеток и, наконец, все типы ядер в препарате почек. Среднее время полового разрушения в этих условиях соответственно равняется 250, 200, 110, 96, 72 и 44 мин.

2. Механизм вышеуказанных различий, по-видимому, связан с различиями в проницаемости ядерных мембран и, следовательно, с различиями в ультраструктуре, возможно, в количестве и размерах пор в ядерных мембранах и в молекулярной организации так называемых поровых комплексов.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физиологии

(Поступило в редакцию 3.10.1967)

ნორმალური ფიზიოლოგია

კ. ნადარეიშვილი, დ. ჯოხაძე, ე. კახიანი

სხვადასხვა ორგანოებიდან და ქსოვილებიდან გამომდინარე
 იზოლირებული ბირთვების ოსმოსური გამძლეობის შესწავლა

რეზიუმე

თეთრი ვირთაგვების თავის ტვინის, ღვიძლის, ელენთისა და თირკმლებიდან გამოყოფილი სუფთა ბირთვების დაშლის სიჩქარე განისაზღვრებოდა მიკროსკოპისა და ელექტრონული ხელსაწყოების საშუალებით.

გამოირკვა, რომ ჰიპოტონურ არეში სხვადასხვა უჯრედებიდან გამოყოფილი ბირთვების დაშლის სიჩქარე კლებულობს შემდეგი თანმიმდევრობით: ოლიგოდენდროციტების, ნეირონების, კუბურის უჯრედების, ლიმფოციტური ელემენტებისა და თირკმლის ეპითელიალური უჯრედების ბირთვები. ამ პირობებში ნახევრად დაშლის დრო შესაბამისად შეადგენს საშუალოდ 250, 200, 110, 96, 72 და 44 წუთს. ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ აღნიშნული ფაქტი პირობადებულია იზოლირებული ბირთვების განვლადობის შესატყვის ზრდასთან.

დასაწყობებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. К. Ш. Надарейшвили, Э. Д. Кахиани, Д. И. Джохадзе. Изучение кариолиза изолированных ядер нервных и глиальных клеток в гипотонической и щелочной среде. Сообщения АН ГССР, XLVIII, 1967, 467—472.
2. А. С. Трошин. Проницаемость клеточного ядра. Цитология, 5, 1963, 602, 614.
3. W. R. Loewenstein (Ed.) Biological membranes. Ann. N. Y. Acad. Sci., 1966, 137, art. 2.
4. А. М. Кузин, К. С. Тринчер. Изменение радиочувствительности эритроцитов. Биофизика, 5, 1960, 533—538.

ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Ц. И. АБАКЕЛИЯ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ПЕРЕВИВАЕМОГО ЛЕЙКОЗА У СПЛЕНЭКТОМИРОВАННЫХ МЫШЕЙ ЛИНИИ АКР

(Представлено академиком К. Д. Эристави 21.9.1967)

Проведенные в течение 1965—1966 гг. наблюдения показали нам, что удаление селезенки у мышей высоколейкозной линии АКР вслед за перевивкой этим мышам лейкозного материала ускоряет развитие лейкозного процесса, особенно на ранних его стадиях.

Литературные данные по этому вопросу весьма малочисленны и разноречивы. Так, Н. М. Фертукова и В. П. Рещиков [1] после удаления селезенки наблюдали удлинение срока жизни мышей при перевиваемом лейкозе; Дюплан [2] отмечал уменьшение частоты радиационных миелоидных лейкозов у мышей после удаления селезенки, а по данным В. М. Бергольца и Н. В. Румянцева [3] спленэктомия вообще не оказывает влияния на частоту развития лейкоза у мышей при введении пассажного вируса Гросса.

Учитывая значение выявления роли селезенки в развитии перевиваемого лейкоза, а также разноречивость и скудность литературных данных, решено было более подробно изучить подмеченный нами факт. С этой целью был произведен следующий опыт: 60 мышам высоколейкозной линии АКР в двухмесячном возрасте была сделана перевивка лейкозного материала от мыши той же линии, заболевшей спонтанным лейкозом — гемоцитобластозом-ретикулезом. 30 мышам на второй день после перевивки была сделана спленэктомия, остальным — пробная лапаротомия. Для того чтобы уловить разницу между опытной (спленэктомированной) и контрольной группами мышей в самые ранние сроки развития перевиваемого лейкоза, начиная с 4-го дня после перевивки, забивали ежедневно по три мыши из каждой группы, предварительно изучив у них количественный и качественный состав лейкоцитов крови. При забивке у мышей из бедренной кости брали костный мозг и делали отпечатки органов (печени, тимуса, лимфоузлов, а также селезенки в контрольной группе мышей). Эти же органы клали в формалин для гистоморфологического исследования.

Как показали проведенные наблюдения, за 13 дней, в течение которых забивались подопытные мыши, как клинические, так и гематологические явления перевиваемого лейкоза полностью развились у спленэктомированных животных, тогда как в контрольной группе мышей за этот же срок характерные для экспериментального лейкоза признаки не успели проявиться.

Разница в изучаемых показателях опытной и контрольной групп мышей выявилась с самого начала наблюдения. Так, число лейкоцитов в периферической крови спленэктомированных мышей с первых же дней исследования (4—5-й день после перевивки) колебалось на более высоком уровне, чем у контрольных. Уже на 8—9-й день после перевивки количество их достигло характерного для перевиваемого лейкоза мышей высокого уровня, тогда как у контрольных мышей оно колебалось в этот же период в пределах нормы и слегка повысилось к 11—13-му дню наблюдения, так и не достигнув за эти 13 дней высоких лейкозных показателей (табл. 1).

Таблица 1

Изменения числа лейкоцитов в динамике развития перевиваемого лейкоза у спленэктомированных и контрольных мышей

Статистические показатели	На 4—5-й день после перевивки		На 6—7-й день после перевивки		На 8—9-й день после перевивки		На 11—13-й день после перевивки	
	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль
M	20750	9550	22250	12750	32250	16000	28400	20000
$\sigma \pm$	302,7	2002	4500	2061	6551	4830	12136	3674
m \pm	151,3	1001	2250	1030	3275	2415	5442	1647
t	11,06		3,83		3,99		1,47	
P	<0,001		<0,01		<0,01		>0,5	

Первые недифференцированные клетки — гемоцитобласты появились в крови спленэктомированных мышей уже на 6-й день после перевивки, правда, в незначительном количестве (в среднем $0,62\% \pm 0,23$). Затем изо дня в день оно возрастало, достигнув к концу исследования $14\% \pm 2,1$ (в абсолютных цифрах 3679 ± 680). В контрольной группе мышей гемоцитобласты в количестве $2,8\% \pm 0,76$ появились только в последние дни наблюдения.

В костном мозгу эти же клетки в количестве, несколько превышающем нормальные показатели, отмечались у спленэктомированных мышей на 4—5-й день после перевивки, у контрольных же мышей в этот срок наблюдения они или вовсе не обнаруживались, или колебались в пределах нормы. В незначительном количестве ($0,68\% \pm 0,23$) отмеча-

лись гемоцитобласты у этих мышей на 6—7-й день исследования, тогда как у спленэктомированных животных количество их все возрастало, достигнув $38,6\% \pm 9,3$ к 11—13-му дню наблюдения. К этому сроку число гемоцитобластов в костном мозгу контрольных мышей составляло $13,45\% \pm 0,95$.

Разница в сроках появления первых очагов экстрамедуллярного кроветворения была обнаружена и в отпечатках изучаемых органов мышей. Так, единичные или небольшие группы крупных недифференцированных клеток — гемоцитобластов отмечались в отпечатках печени, тимуса, лимфоузлов спленэктомированных мышей с первых же дней наблюдения, т. е. на 4—5-й день после перевивки лейкозного материала, тогда как в отпечатках органов мышей контрольной группы первые очаги экстрамедуллярного кроветворения были обнаружены только на 8—9-й день после перевивки. В дальнейшем разница в степени выявления экстрамедуллярного кроветворения в отпечатках органов опытных и контрольных мышей уменьшилась и к концу наблюдения, т. е. к 12—13-му дню после перевивки, просмотр отпечатков показал почти полное замещение основной ткани органа (печени, тимуса, лимфоузла, селезенки) недифференцированными клетками — гемоцитобластами как у спленэктомированных, так и у контрольных мышей.

Таким образом, проведенные нами подробные наблюдения наглядно продемонстрировали ранее подмеченный нами факт: удаление селезенки, произведенное вслед за перевивкой мышам лейкозного материала, ускоряет развитие перевиваемого лейкоза, особенно на ранних его стадиях. Полученные в этой серии опытов данные еще раз убедительно показали, что недифференцированные клетки, составляющие патогенетическую сущность лейкозного процесса, появляются в крови, костном мозгу и кроветворных органах спленэктомированных животных в более ранние сроки, чем у контрольных мышей. Создается впечатление, что удаление селезенки оказывает определенное стимулирующее влияние на появление недифференцированных клеток в крови и кроветворных органах опытных мышей. Учитывая этот факт, было интересно провести сравнительную оценку пролиферативной способности костного мозга опытных и контрольных мышей в процессе развития перевиваемого лейкоза.

Решено было подсчитать митотический индекс костномозговых клеток, в частности индекс миелоидного ряда клеток. По условиям данного опыта забивка мышей производилась ежедневно, и это давало возможность проследить за изменением этого индекса в динамике.

Прежде чем перейти к оценке полученных нами данных нужно отметить, что митотический индекс костномозговых клеток миелоидного ряда двухмесячных мышей высоколейкозной линии АКР, подверг-

нутых спленэктомированию, в среднем составляет 9‰ (с колебаниями в пределах 6—13‰), такой же индекс у мышей той же линии, подвергнутых пробной лапаротомии, соответствует 6‰ (с колебаниями в пределах 4—9‰).

У контрольных мышей митотический индекс в первые дни наблюдения (4—7-й день после перевивки) колебался в пределах, несколько превышающих нормальные показатели (9—15‰), в среднем составляя $11‰ \pm 0,9$, слегка повысился в последующие дни (13—20‰) и резко возрос в последние дни наблюдения, т. е. на 11—13-й день после перевивки лейкоза ($25—44‰$), в среднем составляя $34‰ \pm 4$ (табл. 2).

Таблица 2

Изменения митотического индекса у спленэктомированных и контрольных мышей в динамике развития перевиваемого лейкоза

Статистические показатели	На 4—5-й день после перевивки		На 6—7-й день после перевивки		На 8—9-й день после перевивки		На 11—13-й день после перевивки	
	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль
M	33	11	45	9	40	12	49	34
$\sigma \pm$	9	1,8	10,3	4,2	8,8	6,2	2,2	8
m \pm	4,5	0,9	5,1	2,1	4,4	3,1	1,1	4
t	4,8		6,58		5,214		3,658	
P	<0,01		<0,001		<0,01		<0,02	

У спленэктомированных мышей митотический индекс с первых же дней наблюдения был заметно повышен ($33‰ \pm 4,5$ на 4—5-й день после перевивки) и в дальнейшем еще несколько повышался, достигнув к концу наблюдения (на 11—13-й день после перевивки) в среднем $49‰ \pm 1,1$.

Таким образом, полученные нами данные выявили резкую разницу в пролиферативной активности миелоидных клеток костного мозга опытной и контрольной группы мышей. Интересно отметить, что разность в показателях митотической активности соответствует разнице в сроках проявления перевиваемого лейкоза у спленэктомированных и контрольных мышей. Так, у контрольных животных в первые дни развития перевиваемого лейкоза, когда в костном мозгу и отпечатках кровяных органов нет недифференцированных клеток или они только появляются, пролиферативная активность костномозговых клеток несколько превышает нормальные показатели, но колеблется на низких цифрах и резко повышается к моменту массового появления недифференцированных клеток в костном мозгу, отпечатках и первого их появления в периферической крови.

У спленэктомированных же мышей митотическая активность костномозговых клеток повышена с первых же дней наблюдения. К этому сроку у этих мышей уже отмечается повышение числа лейкоцитов в периферической крови, а также появление первых недифференцированных клеток в костном мозгу и отпечатках органов. Следует предположить, что именно это повышение пролиферативной активности костного мозга обуславливает развитие заметного лейкоцитоза у спленэктомированных мышей с первых же дней развития лейкоза и размножение недифференцированных клеток в более ранние сроки, чем у контрольных мышей.

Резюмируя все полученные нами данные, можно заключить, что подмеченный нами ранее факт о развитии у спленэктомированных мышей перевиваемого лейкоза в более ранние сроки, чем у контрольных, в какой-то мере может быть объяснен усилением пролиферативной активности костномозговых клеток у мышей после удаления селезенки. Тут же надо оговориться, что усиление это особенно проявляется на фоне перевивки лейкозного материала, так как сама по себе спленэктомия, произведенная у мышей той же линии и того же возраста, лишь незначительно активирует пролиферативную активность костномозговых клеток по сравнению с нормой. Как видно, механизм повышения пролиферативной активности костномозговых клеток у спленэктомированных мышей в процессе развития перевиваемого лейкоза довольно сложен и объяснить его исчезновением только так называемого «тормозящего» влияния селезенки на костный мозг невозможно.

Институт экспериментальной и
клинической хирургии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 21.9.1967)

კათოლოგიური ფიზიოლოგია

ც. აბაქელია

ბალანსირებული ლეიკოზის განვითარების დინამიკის შედარებითი
შეფასება AKR ხაზის სპლენექტომირებულ თაგვებში

რეზიუმე

1965—1966 წლების განმავლობაში ჩატარებული დაკვირვებებით დადგინდა, რომ ელენთის ამოკვეთა მაღალლეიკოზურ AKR ხაზის თაგვებში აჩქარებდა გადანერგილი ლეიკოზის განვითარებას ამ თაგვებში, განსაკუთრებით განვითარების ადრეულ სტადიებში.

ამ ფაქტის დაწვრილებითი შესწავლის მიზნით მაღალლეიკოზური AKR ხაზის 60 თაგვს ორი თვის ასაკში გადაენერგა ლეიკოზური მასალა სპონტანურა

ლეიკოზით დაავადებულ ამავე ხაზის თავისაგან. გადანერგვის მეორე დღეს 30 თავეს (საცდელი ჯგუფი) გაუქეთდა სპლენექტომია, 30-ს კი (საკონტროლო ჯგუფი) — საცდელი ლაპაროტომია. გადანერგილი ლეიკოზის განვითარების აღრეულ სტადიაში განსხვავების გამომჟღავნების მიზნით გადანერგვის მესამე დღიდან ყოველდღიურად იკვლებოდა 3-3 თავეი საცდელი და საკონტროლო ჯგუფებიდან სისხლის შემადგენლობის წინასწარი გამოკვლევის შემდეგ. თავების მოკვლისას ვიღებდით ძვლის ტვინისა და სისხლწარმოქმნელი ორგანოების ანაბეჭდებს.

გამოკვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ლეიკოზის გადანერგვის შემდეგ წარმოებული სპლენექტომია აჩქარებს გადანერგილი ლეიკოზის განვითარებას. არადიფერენცირებული უჯრედები, რომლებიც ლეიკოზური პროცესის პათოგენურ არსს წარმოადგენენ, სპლენექტომირებული ცხოველების სისხლში, ძვლის ტვინსა და სისხლწარმოქმნელ ორგანოებში ჩნდება გაცილებით უფრო ადრე, ვიდრე საკონტროლო ცხოველებში. სპლენექტომირებულ თავეებში პროლიფერაციული ინდექსის მატების საფუძველზე გამოვქვეყნებ მოსაზრებას, რომ გადანერგილი ლეიკოზის ნაადრევ ვადებში განვითარება ამ თავეებში დაკავშირებულია ძვლის ტვინის უჯრედების პროლიფერაციული აქტივობის გაძლიერებასთან.

დასოფიგზული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. М. Фертукова, В. П. Решиков. Значение факторов селезенки в патогенезе лейкозов. Тезисы докл. XLI пленума учен. совета, ЦОЛИПК, 1964, 56.
2. Дюплан. Лучевая лейкемия у человека и в эксперименте. Медицинская радиология, 7, 2, 1962, 36—42.
3. В. М. Бергольц, Н. В. Румянцев. Сравнительная патология и этиология лейкоза человека и животных. М., 1966, 227.

ИСТОРИЯ ИСКУССТВ

Б. А. ГУЛИШАВИЛИ

ЧИСТЫЙ СТРОЙ ВОСТОКА

(Представлено академиком Г. С. Ахвледиани 15.12.1967)

До недавних пор считалось, что чистый строй в музыке был создан в XVI веке итальянскими учеными Фольяни и Царлино, но исследование среднеазиатских трактатов по музыке привело меня к выводу, что в действительности чистый строй был создан на пять столетий раньше, в XI веке, и автором его является великий мыслитель Средней Азии Абу-Али Хусейн Ибн-Абдаллах Ибн-Сина, известный на Западе под именем Авиценны [1, 2].

Чистый строй, созданный Ибн-Сина, отличается от чистого строя, получившего широкое распространение в средневековой Европе. Различие чистого строя Востока от чистого строя Запада заключается в том, что, кроме интервалов, которые встречаются в чистом строе Запада, чистый строй Востока включает дополнительно целый ряд основных и промежуточных интервалов. Как известно, в музыке народов Востока часто встречаются интервалы, занимающие промежуточное положение между основными интервалами [3—7].

В основе чистого строя Востока лежит обертоновый ряд до 18-го тона, так как выше расстояние между соседними тонами становится менее 5 центов что на слух неразлично. Этот необходимый минимум был установлен опытным путем [8, 9]. Чистый строй Востока включает и те тоны, которые не совпадают с чистым строем Запада, как например 7, 11, 13, 14 и 17-й тон.

Величину интервалов обертонового ряда можно выразить в интервальных коэффициентах или в центах (рис. 1).

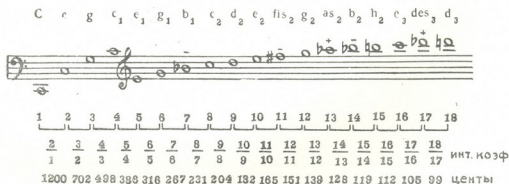


Рис. 1

Известны способы перевода интервальных коэффициентов в центы [3, 9, 10]. Я предлагаю следующую формулу расчета интервалов в центах, исходя из интервальных коэффициентов:

$$C = 100 \log_{\frac{m}{n}} \frac{m}{V_2},$$

где C — величина интервала в центах, $\frac{m}{n}$ — интервальный коэффициент.

Интервалы чистого строя Востока от малой секунды до октавы, выраженные в центах, помещены в составленной мною таблице (рис. 2).

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1200																
2		702	1200														
3			898	888	1200												
4				386	702	969	1200										
5					316	581	815	1018	1200								
6						267	898	702	884	1049	1200						
7							211	418	817	782	911	1072	1200				
8								204	386	551	702	841	969	1088	1200		
9									182	347	498	637	765	884	996	1101	1200
10										168	318	456	581	702	815	919	1018
11											151	290	418	537	649	754	851
12												139	267	386	498	603	702
13													128	247	359	464	563
14														118	231	336	435
15															112	212	316
16																105	204
17																	99

Рис. 2

Таблица эта служит для определения размера интервалов в центах по интервальным коэффициентам. Поместив наверху, по горизонтали, числители интервальных коэффициентов, а слева, по вертикали, знаменатели, мы получим на пересечении линий величину интервала в центах. Числа в сплошных кружках соответствуют основным интервалам, встречающимся в чистом строе как Востока, так и Запада; числа в пунктирных кружках — основным интервалам, встречающимся

ся только в чистом строе Востока; неокруженные числа — промежуточным интервалам, встречающимся также в чистом строе Востока.

Между соседними тонами обертонового ряда мы имеем следующие интервалы: октаву $2/1$ — 1200 центов, квинту $3/2$ — 702 цента, кварту $4/3$ — 498 центов, большую терцию $5/4$ — 386 центов, малую терцию $6/5$ — 316 центов, промежуточные интервалы $7/6$ — 267 центов и $8/7$ — 231 цент между малой терцией и большой секундой, большие секунды $9/8$ — 204 цента и $10/9$ — 182 цента, промежуточные интервалы $11/10$ — 165 центов, $12/11$ — 151 цент и $13/12$ — 139 центов между большой и малой секундой, называемые нейтральными секундами, и малые секунды $14/13$ — 128 центов, $15/14$ — 119 центов, $16/15$ — 112 центов, $17/16$ — 105 центов и $18/17$ — 99 центов.

Если какой-либо звук интервала выходит за пределы 18 тонов, то этот интервал рассчитывается методом обращения. Как известно, при обращении интервала числитель интервального коэффициента становится знаменателем, а знаменатель удваивается и становится числителем [9], а для того чтобы получить величину обращенного интервала в центах, надо определить количество центов, остающихся до октавы.

Чистый строй Востока, так же, как и чистый строй Запада, включает ряд интервалов, встречающихся и в более древнем пифагоровом строе.

Ибн-Сина усовершенствовал настройку арабской лютни [7]. Он ввел в звукоряд этого инструмента ряд интервалов чистого строя Востока. Мы встречаем на арабской лютне, например, малую секунду в 112 центов, малую терцию в 316 центов, тритон в 610 центов, малую сексту в 814 центов и большую септиму в 1108 центов, являющихся характерными интервалами чистого строя как Востока, так и Запада; встречаем также малую терцию в 294 цента, кварту в 498 центов, квинту в 702 цента, большую сексту в 906 центов, малую септиму в 996 центов и октаву в 1200 центов, являющихся интервалами как чистого, так и пифагорова строя; наконец, встречаем нейтральную секунду в 139 центов, промежуточный интервал в 637 центов между тритоном и квинтой, нейтральную сексту в 841 цент и промежуточный интервал в 1135 центов между большой септимой и октавой, являющихся характерными интервалами чистого строя Востока.

Для лучшей ориентации в большом количестве различных интервалов чистого строя предлагаю установить четыре группы интервалов. 1-я группа — интервалы, одинаково характерные для чистого строя Востока и Запада и не встречающиеся в пифагоровом строе, 2-я группа — интервалы, встречающиеся как в чистом строе Востока

и Запада, так и в пифагоровом строе; 3-я группа — интервалы, встречающиеся только в чистом строе Востока и являющиеся основными интервалами; 4-я группа — интервалы, встречающиеся только в чистом строе Востока и являющиеся промежуточными интервалами.

Интервалы чистого строя встречаются не только на арабской люте, но и на многих народных музыкальных инструментах в Средней Азии. Известны, например, звукоряды узбекских народных музыкальных инструментов [3, 4, 11]. В этих звукорядах мы находим интервалы чистого строя.

Из интервалов 1-й группы встречаем малую секунду в $1\frac{1}{2}$ центов на духовом инструменте нае, большую секунду в 182 цента на духовых инструментах курае, кошнае и сурнае и на струнных инструментах танбуре и кануне, малую терцию в 316 центов на курае, кошнае и сурнае и на струнном инструменте дутаре, малую сексту в 773 цента на кануне.

Из интервалов 2-й группы встречаем большую секунду в 204 цента на курае, кошнае, сурнае, дутаре и танбуре, малую терцию в 294 цента на дутаре, кварту в 498 центов на курае, нае, кошнае, сурнае, дутаре и танбуре, квинту в 702 цента на курае, кошнае, сурнае, дутаре, танбуре и кануне, большую сексту в 906 центов на дутаре и танбуре и малую септиму в 996 центов на дутаре и танбуре.

Из интервалов 3-й группы встречаем малые секунды в 99 и 105 центов на курае, малые секунды в 119 и 128 центов на нае, тритон в 597 центов на курае и тритон в 603 цента на танбуре.

Из интервалов 4-й группы встречаем нейтральную секунду в 139 центов на нае и танбуре, нейтральную секунду в 165 центов на танбуре, промежуточный интервал в 231 цент между большой секундой и малой терцией на курае, нае, кошнае и сурнае, промежуточный интервал в 267 центов между большой секундой и малой терцией на кошнае и сурнае, нейтральную терцию в 359 центов на нае, промежуточный интервал в 435 центов между большой терцией и квартой на курае, промежуточный интервал в 663 цента между тритоном и квинтой на танбуре, нейтральную сексту в 841 цент на дутаре и танбуре и промежуточный интервал в 933 цента между большой секстой и малой септимой на курае, кошнае и сурнае.

Интервалы чистого строя встречаются и на многих музыкальных инструментах других народов. Известны, например, звукоряды грузинских народных музыкальных инструментов [5, 6]. В этих звукорядах мы также находим интервалы чистого строя.

Из интервалов 1-й группы встречаем, большую секунду в 182 цента на духовых инструментах саламури и соннари, малую терцию в

316 центов на саламури и на струнном инструменте пандури и большую терцию в 386 центов на соинари.

Из интервалов 2-й группы встречаем большую секунду в 204 цента на саламури, малую терцию в 294 цента на соинари, кварту в 498 центов на саламури, соинари и пандури, квинту в 702 цента на саламури и пандури и малую септиму в 996 центов на пандури.

Из интервалов 3-й группы встречаем малую секунду в 105 центов на пандури, малую терцию в 210 центов на соинари, тритон в 583 цента на духовом инструменте хавали, тритон в 597 центов на пандури, большую сексту в 919 центов на пандури и малую септиму в 983 цента на пандури.

Из интервалов 4-й группы встречаем нейтральную секунду в 139 центов на соинари, промежуточный интервал в 231 цент между большой секундой и малой терцией на саламури, соинари и хавали, промежуточный интервал в 267 центов между большой секундой и малой терцией на соинари и хавали, нейтральную терцию в 347 центов на соинари, промежуточные интервалы в 435 и 446 центов между большой терцией и четвертой на соинари, промежуточный интервал в 537 центов между четвертой и тритоном на пандури, промежуточный интервал в 754 цента между квинтой и малой секстой на соинари, промежуточный интервал в 933 цента между большой секстой и малой септимой на саламури и пандури, промежуточный интервал в 969 центов между большой секстой и малой септимой на хавали и нейтральную септиму в 1035 центов на пандури.

Еще чаще в звукорядах народных музыкальных инструментов встречаются интервалы, приближающиеся к чистым. Во многих случаях это приближение не превышает 4 центов, что на слух неразличимо, т. е. и эти интервалы звучат, как чистые. Примеры звукорядов курая, ная, кошная, сурная и танбура [4] показывают, что все интервалы на этих инструментах являются или интервалами чистого строя, или отличаются от них менее чем на 5 центов, т. е. практически в основе этих инструментов лежит чистый строй Востока. Исследование музыкального творчества различных народов привело меня к выводу, что строй большей частью приближается к чистому [12].

Чистый строй Востока основан на физических закономерностях музыкального звука. Включая полный обертоновый ряд, он богаче чистого строя Запада, который можно считать частным случаем чистого строя Востока.

Изучение чистого строя Востока дает нам возможность глубже проникнуть в особенности структуры музыкального творчества народов Средней Азии, Закавказья и стран зарубежного Востока.

Тбилисская государственная консерватория

(Поступило в редакцию 15.12.1967)

ხელოვნების ისტორია

ბ. გულისაშვილი

აღმოსავლეთის სუფთა წყობა

რეზიუმე

სუფთა წყობა პირველად შექმნა XI საუკუნეში შუა აზიაში იბნ-სინამ. აღმოსავლეთის სუფთა წყობა შეიცავს ინტერვალების ოთხ ჯგუფს: 1) ინტერვალები, რომლებიც ერთნაირად დამახასიათებელია როგორც აღმოსავლეთის, ისე დასავლეთის სუფთა წყობისათვის და რომლებიც არ გვხვდება პითაგორის წყობაში; 2) ინტერვალები, რომლებიც გვხვდება როგორც აღმოსავლეთისა და დასავლეთის სუფთა წყობაში, ისე პითაგორის წყობაშიც; 3) ინტერვალები, რომლებიც გვხვდება მხოლოდ აღმოსავლეთის სუფთა წყობაში და რომლებიც არიან ძირითადი ინტერვალები; 4) ინტერვალები, რომლებიც გვხვდება მხოლოდ აღმოსავლეთის სუფთა წყობაში და რომლებიც არიან შუალედური ინტერვალები. სუფთა წყობის ინტერვალები გვხვდება ბევრ ხალხურ მუსიკალურ საკრავზე შუა აზიასა და ამიერკავკასიაში.

დადოებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Гулисашвили. К вопросу о своеобразности теории музыки Ибн-Сина. Сообщения АН ГССР, т. XIV, № 3, 1953.
2. Б. А. Гулисашвили. Ибн-Сина и создание чистого строя. В сб.: «Искусство и иностранные языки», Алма-Ата, 1964.
3. В. М. Беляев. Руководство для обмера народных музыкальных инструментов. М., 1931.
4. В. М. Беляев. Музыкальные инструменты Узбекистана. М., 1933.
5. В. М. Беляев. К вопросу изучения грузинских музыкальных инструментов. Тбилиси, 1936.
6. В. К. Стещенко-Курфтина. Древнейшие инструментальные основы грузинской народной музыки. I. Флейта Пана. Тбилиси, 1936.
7. H. Farmer. The lute scale of Avicenna. The journal of the Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland. London, april 1937.
8. Н. А. Гарбузов. Звонкая природа звуковысотного слуха. М.—Л., 1948.
9. В. А. Багадуров, Н. А. Гарбузов, П. Н. Зимин, С. Г. Корсунский и А. А. Рождественский. Музыкальная акустика. М., 1954.
10. А. В. Рабинович. Краткий курс музыкальной акустики, М., 1930.
11. Е. Е. Романовская. Узбекская инструментальная музыка. Ташкент, 1948.
12. Б. А. Гулисашвили. Чистый строй и народное музыкальное творчество. Сообщения АН ГССР, т. XVII, № 4, 1956.



В. М. МАМЕДАЛИЕВ

ОБ ОСНОВНЫХ ФОРМАХ СПРЯЖЕНИЯ ГЛАГОЛА В АРАБСКОМ ЯЗЫКЕ

(Представлено академиком Г. В. Церетели 15.12.1967)

Вопрос о функциях и значениях основных форм глагола в арабском языке (المضارع و الماضي) считается недостаточно изученным.

Специалисты высказывают различные мнения по этому вопросу. Почти все арабские грамматисты считают, что основные формы спряжения глагола выражают время [1]. Что касается европейских и советских арабистов, то они расходятся в мнениях о функциях основных форм глагола в арабском языке. Некоторые из них считают эти формы видовыми [2, 3], некоторые же — временными [4—6].

По мнению А. А. Ковалева, основные формы спряжения арабского глагола в классический период развития языка были видовыми, а на современном этапе развития языка являются временными [7].

Вместе с тем, большинство специалистов считает, что сложные (аналитические) формы глагола в арабском языке являются видо-временными. Следовательно, спор идет о простых (синтетических) формах спряжения арабского глагола.

Если разобраться в этом вопросе детально, становится ясным, что все эти расхождения возникают из-за различного подхода к функциям и значениям основных форм глагола в арабском языке. Форма الماضي „прошедшее время“ в классическом арабском языке выражает завершенное действие, предшествующее моменту высказывания. Действие, выраженное этой формой, иногда относится к настоящему и будущему времени. А форма المضارع „подобная имени“ выражает незаконченное действие в настоящем, прошедшем и будущем времени. Именно это и дало многим языковедам основание считать, что основные формы спряжения глагола в арабском языке являются видовыми.

Что касается авторов, считающих эти формы временными, то они отмечают, что форма الماضي в большинстве случаев относится к прошедшему, а форма المضارع к настоящему и будущему времени.

Известно, что время и вид — две неразрывно связанные между собой категории [8].

Напрашивается вопрос: которая из этих категорий более четко выражена в основных формах глагола в арабском языке?

Для правильного ответа на этот вопрос необходимо представить анализ фактического языкового материала.

В первом письменном памятнике арабского языка Коране (VII в. н. э.), форма الماضي в большинстве случаев выражает завершённое действие, которое произошло до момента высказывания. Например:

(XVIII, 10) إذا أرى الفتية الكهف فقالوا

„Вот юноши спрятались в пещеру и сказали“.

Видовая завершённость действия, выраженного этой формой, в классическом арабском языке наблюдается и в так называемых „желательных“ предложениях, в которых действие, выраженное этой формой, относится к будущему времени:

„Да поможет тебе Аллах!“ ساعدك الله

Если имеется в виду неосуществление какого-нибудь действия или состояния, то в таких случаях употребляется не частица ما, характерная для отрицания действия, выраженного формой прошедшего времени, а частица لا, которая категорически отрицает совершение действия в настоящем и будущем времени:

„Да не откроется рот твой!“ لا قصى فوك

Когда форма الماضي употребляется в пословицах и поговорках, она выражает расширенное время (настоящее афористическое время):

من حفر بئراً لآخيه وقع فيها

„Тот, кто роет яму своему брату, сам в нее попадет“.

Иногда форма الماضي обозначает будущее время. Например:

أنا اعطيناك الكوش

„Мы тебе дадим эль-Кяусар“ (название райской реки).

В таких предложениях действие, выраженное формой الماضي, с точки зрения вида завершено.

Как видно из вышеуказанных примеров, форма الماضي в классическом арабском языке не имеет достаточно четко выраженной временной характеристики. Маргинальная функция формы الماضي в классическом арабском заключается в том, что она обозначает завершённое действие, предшествующее моменту речи, с оттенком результативности.

Форма المضارع выражает незаконченное действие в настоящем, прошедшем и будущем времени:

(XCVIII, 11) يقولون بالسنتهم ما لىسى فى قلوبهم

„Говорят они своими языками, чего нет в их сердцах“.

(XII, 16) و جاؤوا اباهم يكون

„И пришли они к своему отцу плача“.

(XVI, 7) و تحمل اثقالكم الى بلد لم تكونوا بالقيه الا بشقا الانفس

„И приносят они ваши грузы в страну, которой вы бы не достигли без утомления самих себя“.

Эта форма при употреблении в пословицах и поговорках обозначает настоящее афористическое время:

اي قميصي لا يصلح للعريان

„Какая рубаха не годится для голого“.

Иногда в классическом арабском языке к форме настояще-будущего времени добавляется частица *س* или *سوف* для выражения будущего времени, не связанного с моментом высказывания. Например:

(XCVIII—12) سيقول لك المخلفون من الأعراب

„Скажут тебе оставшиеся позади из арабов“.

Но следует отметить, что в Коране будущее время в большинстве случаев выражается формой настояще-будущего времени. Частицы *س* и *سوف* в классическом языке употребляются спорадически ([7], стр. 98). В современном арабском литературном языке будущее время в основном образуется путем добавления одной из этих частиц к форме *المضارع*.

Наряду с этим, формы *الماضي* и *المضارع* в различных конструкциях употребляются вместе.

В таких случаях форма *الماضي* предшествует форме *المضارع* и оба глагола служат для выражения одного понятия. Сюда входят в основном глаголы начинательности (*بدأ*, *أخذ*, *جعل*, *طفق*, *هب*, *أصبح*), глаголы, обозначающие продление действия основного значимого глагола (*ما فتئ*, *ما انفك*, *ما زال* и др.), и глаголы приближения действия (*كرب*, *أوشك*, *كاد* и др.).

Во всех этих аналитических конструкциях основная функция служебных глаголов (*أخذ*, *كاد*, *ما زال*) заключается в том, что они указывают на время. Что касается основных значимых глаголов, выраженных формой *المضارع*, то они служат здесь для выражения незавершенности действия.

Таким образом, подводя итог вышесказанному о функциях основных форм спряжения глагола в классический период развития арабского языка, следует отметить, что в указанный период в *الماضي* и *المضارع* понятие вида получило более четкое выражение. Обе формы могут обозначать настоящее, прошедшее и будущее время. Но различие здесь сводится к тому, что

форма الماضي выражает действие с оттенком результативности, а المضارع — незаконченное действие. Особенность основных форм спряжения глагола в классическом арабском языке заключается в том, что ими передается в первую очередь противоположность между действием, которое в какой-то момент завершилось (или завершится), и действием незавершенным, незакончившимся. Однако эти формы служат в то же время и для выражения временных отношений. Поскольку завершенное действие мыслится в основном, в прошлом, а незавершенное действие — во всех временах, форма الماضي выражает в большинстве случаев прошедшее время, а форма المضارع относится к настоящему, прошедшему и будущему времени. Таким образом, как справедливо считает академик Г. В. Церетели, в классическом арабском языке основные формы спряжения глагола в одно и то же время выражают и вид и время, т. е. имеют бифункциональный характер.

Видовые отношения в современном арабском литературном языке выражаются различными лексическими и лексико-синтаксическими средствами. Видовая завершенность (или незавершенность) действия, выраженного формой الماضي, во многих случаях определяется в зависимости от контекста. Здесь весьма важную роль играют семантика глагола, породы и различные частицы. Так, например, имеется определенная группа глаголов, которые в зависимости от контекста выражают завершенное или незавершенное действие:

رجع „согласиться“ — „соглашаться“, حَظَّ „чертить“ — „начертать“, اتفق „вернуться“ — „возвращаться“, حب „полюбить“ — „любить“, وقع „упасть“ — „падать“, وقف „остановиться“ — „останавливаться“, عاين „свидетельствовать“, — „освидетельствовать“, غرق „затонуть“ — „тонуть“, عَضَى „опустить“ — „опускать“, همس „шепнуть“ — „шептать“, جلس „сесть“ — „сидеть“ и др. ([5], стр. 45—50).

Существует много глаголов, выражающих длительное состояние. Например: أصل „быть знатного происхождения“, ألم „чувствовать“ (боль), и др. ([5], стр. 45—50).

В глаголах умственного и чувственного восприятия форма прошедшего времени имеет перфектное значение, т. е. результат действия, происшедшего в прошлом, существует в настоящем времени. Например: عرفت „я знаю“ (т. е. я знал и до сих пор знаю), رضيت „я доволен“, مهمت „я понимаю“. Эта форма имеет перфектное значение также и в глаголах, которые употребляются в сказках и рассказах. Например: زعم الناس „люди полагают“, قيل „говорят“, روى حكي، „рассказывают“, جاء في „сообщается“, „говорится“.

В указании характера протекания действия играют определенную роль глагольные производные формы, так называемые „породы“, которые выра-

жают видоизменение действия или состояния по количеству, качеству или направлению ([9], стр. 31).

Известно, что вторая порода глагола отличается от четвертой тем, что она выражает действие, совершенное более длительным характером и обозначает повторимость (итеративность) действия ([9], стр. 123—129). Например: جَوَّلَ „объезжать страну“, „странствовать“ от جال „обходить“; طَوَّفَ „многokrратно обойти“ от طاف „обойти кругом“.

То же самое наблюдается и в других глагольных породах. Например: وَاثَرُ „следовать друг за другом с небольшими промежутками“ от وَاثَرَ „действовать с промежутками“; تَنَاطَرُ „постоянно осыпаться“ (о листьях) от نثر „рассыпать“, „опадать“ и др.

Когда форма الماضي употребляется с частицей قد, это означает, что действие уже совершилось до момента речи и иногда связывает результат завершенного действия с настоящим временем. Например: قد قرأت هذا الكتاب „я уже прочитал эту книгу“.

Частица قد в классическом арабском языке с формами давнопрошедшего (كان قد فعل) и будущего перфектного времени (يكون قد فعل) употребляется редко. В силу того, что в классический период развития арабского языка значение вида в форме الماضي было очень сильно, не было необходимости в систематическом употреблении этой частицы. А в современном арабском языке эти конструкции в большинстве случаев употребляются с частицей قد, что объясняется ослаблением видового оттенка завершенности действия, выраженного формой الماضي. Именно поэтому появилась потребность в дополнительном языковом средстве для подчеркивания завершенности действия. Ибо давнопрошедшее и будущее перфектные времена выражают совершение одного действия (в прошлом или будущем) раньше, чем другого действия с оттенком завершенности.

Следовательно, если форма الماضي в классическом арабском языке в основном выражала завершенное действие с оттенком результативности, то в современном арабском литературном она обозначает действие, предшествующее моменту речи. А видовая завершенность (или незавершенность) действия, выраженного этой формой, во многих случаях определяется в контексте и зависит от общей ситуации.

В современном арабском литературном языке, в отличие от классического периода развития языка, понятие вида в основных формах спряжения глагола ослабло, а понятие времени значительно усилилось, в то время как в классическом арабском языке категория вида в основных формах спряжения глагола была выражена четче категориями времени.

Академия наук Грузинской ССР

Институт востоковедения

(Поступило в редакцию 15.12.1967)

3. მამედალიანი

არაბული ზმნის უღვლილებრი, ძირითადი ფორმების შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

ზმნის ძირითადი ფორმები არაბულში ბიფუნქციონალური ხასიათისაა. იგი გამოხატავს როგორც ასპექტის, ასე დროის კატეგორიას. მაგრამ ასპექტისა და დროის კატეგორიას სხვადასხვა ეპოქაში განსხვავებული ხვედრითა წონა ჰქონდა: კლასიკურ არაბულში წინა პლანზე ასპექტის კატეგორია იყო წამოწეული, ხოლო თანამედროვე არაბულ სალიტერატურო ენაში დროის კატეგორიამ მოიპოვა უპირატესობა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Sibawaihi. al-Kitáb, Búráq, 1317 || 1899; Ḥasan 'Abbás, an-Nahḥ al-úaffi, al-Qáhira, 1963.
2. И. В. Юшманов. Грамматика литературного арабского языка. Л., 1928.
3. М. Cohen. Le systeme verbal sémitique et l'expression du temps. Paris 1924.
4. Y. Kapliwatzky. Arabic Language and grammar. Yerusalem, 1942.
5. K. Aartun. Zur Frage altarabischer Tempora. Oslo, 1963.
6. В. С. Храковский. Видо-временные отношения в системе личных форм глагола в арабском языке. АКД, Л., 1964.
7. А. А. Ковалев. Выражение категории времени в современном арабском литературном языке. АКД, М., 1951.
8. Р. А. Будагов. Введение в науку о языке. М., 1965.
9. Б. М. Гранде. Курс арабской грамматики в сравнительно-историческом освещении. М., 1963.

მთ. რედაქტორი — საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
აკადემიკოსი რ. დვალის

Гл. редактор — академик Академии наук Грузинской ССР
Р. Р. Двали

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 16.2.1968; შვევ. № 2142; ანაწყოების ზომა 7×11; ქაღალდის ზომა 70×108; ფიზიკური ფურცელი 16; სააღრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 18,0; ნაბეჭდი ფურცელი 22,5; უე 01223; ტირაჟი 1500

Подписано к печати 16.2.1968; зак. № 2142; размер набора 7×11; размер бумаги 70×108; физический лист 16; уч.-издательский лист 18,0; печатный лист 22,5; УЭ 01223; тираж 1500

გამომცემლობა „მეცნიერება“, თბილისი, 60, კუტუზოვის ქ., 15
Издательство «Мецниереба», Тбилиси, 60, ул. Кутузова, 15

გამომცემლობა „მეცნიერების“ სტამბა, თბილისი, 60, კუტუზოვის ქ., 15
Типография Издательства «Мецниереба», Тбилиси, 60, ул. Кутузова, 15

УТВЕРЖДЕНО
Президиумом Академии наук
Грузинской ССР
28.3.1963

ПОЛОЖЕНИЕ О «СООБЩЕНИЯХ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР»

1. В «Сообщениях Академии наук Грузинской ССР» публикуются статьи научных работников Академии наук Грузинской ССР и других ученых, содержащие сжатое изложение основных результатов их исследований.

2. «Сообщениями» руководит редакционная коллегия, избираемая общим собранием Академии наук Грузинской ССР.

3. «Сообщения» выходят ежемесячно отдельными выпусками приблизительно в объеме 16 печатных листов каждый. Выпуски каждого квартала (три выпуска) составляют один том.

4. Статьи должны быть представлены на двух языках: на грузинском и русском. На одном из них, по желанию автора,—полный текст, а на другом—краткое изложение основного текста.

5. Объем статьи, включая иллюстрации, не должен превышать 15 000 типографских знаков (шесть страниц журнала). Разделение статьи на отдельные части для опубликования в разных выпусках «Сообщений» не допускается.

6. Статьи действительных членов и членов-корреспондентов Академии наук Грузинской ССР сдаются непосредственно в редакцию «Сообщений» для опубликования, а статьи других авторов публикуются только по представлению действительных членов или членов-корреспондентов Академии. Статьи, поступившие без представления, направляются редакцией одному из действительных членов или членов-корреспондентов Академии на рассмотрение, с тем чтобы в случае положительной оценки статья была представлена для опубликования.

7. Статьи должны быть представлены автором в двух экземплярах, в совершенно готовом для печатания виде. Формулы должны быть четко вписаны в текст от руки. Текстовые части на иллюстрациях должны быть выполнены на обоих языках. Никакие исправления и добавления после принятия к печати не допускаются.

8. Данные о цитированной литературе должны быть по возможности полными: необходимо указать полное заглавие статьи, название журнала, в котором опубликована статья, серию, том, выпуск, год издания; если имеется ссылка на книгу, то необходимо указать полное наименование книги, место и год издания.

9. Цитируемая литература должна приводиться в конце статьи в виде списка. При ссылке на литературу в тексте статьи или в подстрочных примечаниях следует указывать номер по списку, закрывая его в квадратные скобки.

10. В конце текста статьи автор на соответствующем языке должен указать название и местонахождение того научного учреждения, где выполнена работа.

Статья датируется днем поступления ее в редакцию.

11. Автору предоставляется одна корректура в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или напечатать ее без визы автора.

12. Автор получает бесплатно 10 оттисков своей статьи.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: ТБИЛИСИ, 60, ул. КУТУЗОВА, 15

Телефоны 7-22-16, 7-93-42

Условия подписки: на 1 год—12 руб., на 6 месяцев—6 руб.



და 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 გამოკლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოამბეს“ ხელშედაწვანილობის სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბეს“ გამოცემის თვეში ერთხელ, ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 16 ბეჭდური თაზახი. 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 გადმოცემა.
5. წერილის მოცულობა (ორივე ტექსტისა), ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 15.000 სისტემაში ნიშანს (ყურნალის 6 გვერდს); არ შეიძლება წერილის დაუფთა 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 ავტორმა უნდა წარმოადგინოს ორ ცალად, დასაბეჭდად საესებით 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 შექმნილია გვარად სრულ უნდა იყოს: საჭიროა აღინიშნოს წერილის სრული სათაური, სახელწოდება ყურნალისა, რომელშიც დაბეჭდილია წერილი, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი; თუ დამოწმებულია წიგნი, საედიტებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის ადგილისა და წელის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის სია წერილს ერთვის ბოლოში. ლიტერატურის მისათითებლად ტექსტში თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იქნეს შესაბამისი ნომერი სის 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 ვალგეა 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.

კ ი მ დ ა მ ტ ი ი ს მ ი ს ა მ ა მ ა ტ ი: თ ბ ი ლ ი ს ი, 68, კ უ ბ უ რ ვ ი ს ნ ქ. 15

ტელეფონები: 7-22-16, 7-93-42

ხელმოწერის პირობები: 1 წლით—12., 6 თვით—6 მან.



შიხსაარსი — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENTS

მათემატიკა — МАТЕМАТИКА — MATHEMATICS

Ш. Е. Микеладзе (академик АН Грузинской ССР). Численное решение задач о собственных значениях для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами	257
* შ. შიქელიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). საკუთრივ მნიშვნელობათა ამოცანების ამოხსნა ჩვეულებრივ წრფივ ცვალებადყოფიერებებთან დიფერენციალურ განტოლებათათვის	261
Р. С. Исаханов. Об одной граничной задаче теории аналитических функций	263
* რ. ისახანოვი. ანალიზურ ფუნქციათა თეორიის ერთი სასაზღვრო ამოცანის შესახებ	268
И. И. Филимонова. Уравнение Бельтрами на замкнутой римановой поверхности	269
* ი. ფილიმოнова. ბელტრამის განტოლება რიმანის ჩაკეტილ ზედაპირზე	274
О. П. Джanelidze. Сингулярные операторы в пространстве...	275
* ო. ჯანელიძე. სინგულარული ოპერატორები... სივრცეში	280
М. А. Алексидзе, Н. М. Арвеладзе, Н. Л. Лекишвили, К. В. Пертая. О решении граничных задач с помощью неортогональных рядов	281
* მ. ალექსიძე, ნ. არველაძე, ნ. ლეკიშვილი, კ. პერტაია. სასაზღვრო ამოცანათა ამოხსნა არაორთოგონალური მწკრივებით	286

კიბერნეტიკა — КИБЕРНЕТИКА — CYBERNETICS

М. А. Хведелидзе, С. И. Думбадзе, М. Ш. Ломсадзе, Н. А. Датебашвили. Управляемые магнитные свойства семян растений	287
* მ. ხვედელიძე, ს. დუმბაძე, მ. ლომსაძე, ნ. დათეზაშვილი. მცენარეთა თესლის მართვადი მაგნიტური თვისებები	291
А. Ф. Хведелидзе. Алгоритмы и схемы цифровой техники в двоичной символической системе кодирования	293
* ა. ხვედელიძე. ციფრული ტექნიკის ალგორითმები და სქემები ორობითი სიმბოლური კოდირების სისტემაში	298

ფიზიკა — ФИЗИКА — PHYSICS

Т. М. Бирштейн, Н. З. Наморадзе. Переход спираль-клубок в сополимерах аминокислот	299
* ტ. ბირშტეინი, ნ. ნამორაძე. ამინომჟავების სოპოლიმერებში სპირალური მდგომარეობიდან დახვეულ მდგომარეობაში გადასვლა	304

* 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.

Р. И. Джибути. О роли обменных сил Майорана в частично-дырочных дипольных переходах 305

*რ. ჯიბუტი. ნაწილობრივ-ბრუნვითი დიპოლური გადასვლებში მაიორანის გაცვლითი ძალების როლის შესახებ 309

Р. Г. Бетман, Л. В. Лаперашвили. Упругое $\pi+p$ -рассеяние на угол 90° и вклад Δ -траекторий Редже в s -канале 311

*რ. ბეტმანი, ლ. ლაპერაშვილი. დრეკადი $\pi+p$ -გაბნევა 90° -კუთხეზე და რეჯეს Δ -ტრაექტორიების წვლილი s -არხში 316

გეოფიზიკა—ГЕОФИЗИКА—GEOPHYSICS

Г. Е. Гугунава. К вопросу геоэлектрического районирования территории Восточной Грузии на основе комплекса магнитотеллурических исследований 317

*გ. გუგუნავა. აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიის გეოელექტრული დარაიონების საკითხისათვის მაგნიტოტელურულ გამოკვლევათა საფუძველზე 322

ო. უკლება. ტყბულ-შაორის საბადოს ზოგიერთი უბნის ფილტრაციული ბუნებრივი ელექტრული ველის ინტენსივობის შესახებ 323

*ო. ბ. უკლეба. Об интенсивности фильтрационного естественно-электрического поля некоторых участков Ткибули-Шаорского месторождения 328

ორგანული ქიმია—ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ—
ORGANIC CHEMISTRY

И. М. Гвердцители, Е. С. Гелашвили. Синтез и превращения некоторых несимметричных метокси- γ -ацетиленовых гликолей 329

*ი. გვერდციტილი, ე. გელაშვილი. ზოგიერთი არასიმეტრიული მეთოქსი- γ -აცეტილენური გლიკოლების სინთეზი და გარდაქმნები 332

Х. И. Арешидзе (член-корреспондент АН ГССР), Е. П. Хечинашвили. Углеводороды ряда декалина сахенинской нефти 333

*ქრ. არეშიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ე. ხეჩინაშვილი. დეკალინის რიგის ნახშირწყალბადები საცხენისის ნეთობში 337

ფიზიკური ქიმია—ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ—
PHYSICAL CHEMISTRY

Т. П. Сытенко, Г. В. Цицишвили (академик АН ГССР), Т. Г. Андроникашвили. Некоторые свойства кобальтсодержащих цеолитов типа X 339

*ტ. სიტენკო, გ. ციციშვილი (საქართველოს სსრ მეც. აკადემიის აკადემიოსი), თ. ანდრონიკაშვილი. კობალტშემცველი X ტიპის ცეოლიტების ზოგიერთი თვისება 344

ანალიზური ქიმია—АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ—
ANALYTICAL CHEMISTRY

Е. Г. Давиташвили, М. Е. Модебадзе, Н. Г. Шелия. Исследование реакции образования оксалата неосима в водных растворах 345

*ე. დავითაშვილი, მ. მოდებაძე, ნ. შელია. ნეოდიუმის ოქსალატის წარმოქმნის რეაქციის შესწავლა წყალხსნარებში 349

Н. В. Мзареулишвили, Е. Г. Давиташвили. О реакции образования, составе и свойствах карбонатных соединений гадолиния	351
*ნ. მზარეულიშვილი, ე. დავითაშვილი. გადოლინიუმის კარბონატული ნაერთების წარმოქმნის რეაქციის, შედგენილობისა და თვისებების შესახებ	355

ბიოქიმია—БИОХИМИЯ—BIOCHEMISTRY

ი. კეჩხუაშვილი. პანგამის მკვას (ვიტამინი B ₁₂) რაოდენობითი ქრომატოგრაფიული განსაზღვრა	357
*А. Л. Кечухашвили. Количественное определение пангамовой кислоты (витамина В ₁₂) при помощи хроматографии на бумаге	360
მ. გორდეზიანი. შაქრებისა და კეტონანალოგების გველენა ალანინისა და გლუტამინ-მკვასს ქანგვით გარდაქმნებზე ვაზში	363
*М. Ш. Гордезиани. Влияние сахаров и кетоналогов на окислительные превращения аланина и глутаминовой кислоты в виноградной лозе	368
Э. Г. Киртадзе. Включение радиоактивного углерода некоторых органических кислот и аминокислот в биомассу дрожжей при вторичном спиртовом брожении	369
*ე. კირთაძე. ზოგიერთი ორგანული მკვასისა და ამინომკვასის რადიოაქტიური ნაშრობადის ჩართვა საფუერის ბიომასაში მეორეული სპირტული დუღილის დროს	373

ფარმაკოქიმია—ФАРМАКОХИМИЯ—PHARMACEUTICAL CHEMISTRY

З. А. Чиладзе, О. Н. Буджиашвили, З. В. Бибилейшвили, Г. С. Шония. Применение специального трис-буфера для борьбы с асфиксией плода и новорожденного	375
*ზ. ქილაძე, ო. ბუჯიაშვილი, ზ. ბიბილეიშვილი, გ. შონია. სპეციალური ტრის-ბუფერის გამოყენება ნაყოფისა და ახალშობილის ასფიქციასთან საბრძოლველად	379

ფიზიკური გეოგრაფია—ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ—PHYSICAL GEOGRAPHY

Н. С. Мамацашвили. Палеоботаническая характеристика отложений II террасы р. Иори	381
*ნ. მამაცაშვილი. მდ. იორის II ტერასული ნალექების პალეობოტანიკური დაბანსიათება	385
Н. Б. Клопотовская. О некоторых особенностях распространения пыльцы древесных пород под пологом леса	387
*ნ. კლოპოტოვსკაია. ტყეში ხემცენარეთა მტერის გაერეულუბის ზოგიერთ თავისებურებათა შესახებ	391

გეოლოგია—ГЕОЛОГИЯ—GEOLOGY

И. В. Кванталиани, Т. Ю. Назаришвили. К стратиграфии аптекских отложений Восточной Абхазии	393
*ი. კვანტალიანი, თ. ნაზარიშვილი. აღმოსავლეთ აფხაზეთის აპტური ნალექების სტრატოგრაფიისათვის	398

პეტროგრაფია—ПЕТРОГРАФИЯ—PETROGRAPHY

Д. А. Касрадзе. К минералогии сульфидных руд Арджеван-Гуджаретского рудного узла	399
*ჭ. კასრაძე. არჯვეან-გუჯარეთის მადნეული კვანძის სულფიდური მადნების მინერალოგიისათვის	403

სამშენებლო მექანიკა—СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА—
STRUCTURAL MECHANICS

О. И. Кацитадзе. Теоретические и экспериментальные исследования продольной устойчивости стержней при кратковременных силовых возмущениях	405
*ო. კაციტაძე. ღეროების გრძივი მდგრადობის თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევა მათი ხანმოკლე ძალოვანი დატვირთვის შემთხვევებში	409
Г. К. Габричидзе. Расчет арочных плотин по стержневой схеме методом перемещений	411
*გ. გაბრიჩიძე. თაღოვანი კაშხლების ანგარიში ღეროვანი სქემით გადაადგილების მეთოდის გამოყენებით	414

მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY

Ю. М. Гогиберидзе, Т. И. Джинчарадзе, Ш. М. Мкиашвили. Влияние кислорода и серы на поверхностное натяжение стали ШХ15	415
*ი. გოგიბერიძე, თ. ჯინჭარაძე, შ. შიქიაშვილი. ჟანგბადისა და გოგირდის გავლენა ფოლადი ШХ15 ზედაპირულ დაჭიმულობაზე	418
Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР), М. А. Набичвришвили, В. А. Пирцхалайшвили. Структура сплавов системы хром-марганец-азот и растворимость в них азота	421
*ფ. თავაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), მ. ნაბიჭვირიშვილი, ვ. ფირცხალაიშვილი. ქრომ-მანგანუმ-აზოტის სისტემის შენადნობების სტრუქტურა და მათში აზოტის ხსნალობა	424

მანქანათმშენებლობა—МАШИНОВЕДЕНИЕ—MECHANICAL ENGINEERING

Б. И. Парцхаладзе. К вопросу безопорной вибрации	427
*ბ. ფარცხალაძე. უსაყრდენო ვიბრაციის საკითხისათვის	432

ელექტროტექნიკა—ЭЛЕКТРОТЕХНИКА—ELECTROTECHNICS

Г. А. Хаитадзе, Т. Г. Жгенти, В. Д. Чхеидзе. К вопросу эффекта „ионовечич“	433
*გ. ხაითაძე, თ. ჟღენტი, ვ. ჩხეიძე. იონოსანთლის ეფექტის საკითხისათვის	437

ავტომატიკა და ტელემეხანიკა—АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА—
AUTOMATICS AND TELEMCHANICS

И. Г. Зедгинидзе. О подгонке математических моделей к экспериментальным данным	439
*ი. ზედგინიძე. მათემატიკური მოდელების ექსპერიმენტულ მონაცემებთან მიახლოების შესახებ	443

ნიკლაგავროდნობა—ПОЧВОВЕДЕНИЕ—SOIL SCIENCE

Э. К. Накаидзе. О причинах солонцеватости почв равнинной территории Внутренней Картли	445
*ე. ნაკაიძე. შიდა ქართლის ვაკის წიაღვების დამლაშების მიზეზები	450

ბოტანიკა—БОТАНИКА—BOTANY

ზ. ქებაძე. უროს ბალახნარის ნალექშემკავებლობა ვაშლოვანის ნაყრაქალში	451
*З. Г. Кебадзе. Задержание осадков бородачевым травостоем в Вашлованском заповеднике	454

პალეობიოლოგია—ПАЛЕОБИОЛОГИЯ—PALAEOBIOLOGIA

И. И. Шатилова. Расчленение верхнего плейсцена и плейстоцена Западной Грузии по данным палинологического анализа	457
*ი. შათილოვა. დასავლეთ საქართველოს ზედაპლიოცენური და პლეისტოცენური ნალექების დანაწილება პალინოლოგიური ანალიზის მონაცემების მიხედვით	462

მიკრობიოლოგია—МИКРОБИОЛОГИЯ—MICROBIOLOGIA

Н. В. Гогебашвили. Изучение процесса внутриклеточного переваривания фагоцитированных микобактерий туберкулеза методом флюоресцирующих антител	463
*ნ. გოგებაშვილი. დაგოციტირებული მიკობაქტერიების უჯრედშიდა მონელების პროცესის შესწავლა იმუნოფლუორესცენტული მეთოდით	468

ზოოლოგია—ЗООЛОГИЯ—ZOOLOGIA

И. Я. Элиава. Новые виды нематод из рода...	459
*ი. ელიავა. ნემატოდის ახალი სახეობები გვარიდან...	473

ნორმალური ფიზიოლოგია—НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ—
NORMAL PHYSIOLOGY

И. М. Айвазашвили. Продолжительность периода отсрочки у собак при слуховом восприятии местонахождения пищи	475
*ი. აივაზაშვილი. ნატურალურ პირობით ბგერით გამოიზიანებულზე ცხოველის დაყოვნებული რეაქციების ხანგრძლივობის შესწავლა	479
К. Ш. Надарейшвили, Д. И. Джохадзе, Э. Д. Кахиани. Изучение осмотической стойкости мембран изолированных ядер, выделенных из различных органов и тканей	481
*კ. ნადარეიშვილი, დ. ჯოხაძე, ე. კახიანი. სხვადასხვა ორგანოებიდან და ქსოვილებიდან გამოყოფილი იზოლირებული პირთების ოსმოსური გამძლეობის შესწავლა	489

პათოლოგიური ფიზიოლოგია—ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ—
PATHOLOGIC PHYSIOLOGY

Ц. И. Абакелия. Сравнительная оценка динамики развития перевиваемого лейкоза у спленектомированных мышей линии AKR	487
*ც. აბაკელია. გადნერგული ლეიკოზის განვითარების დინამიკის შედარებითი შეფასება AKR ხაზის სპლენექტომირებულ თავებსში	491

ხელოვნების ისტორია—ИСТОРИЯ ИСКУССТВ—
HISTORY OF ART

Б. А. Гулисашвили. Чистый строй Востока	493
*ბ. გულისაშვილი. აღმოსავლეთის სუფთა წყობა	498

ენათმეცნიერება—ЯЗЫКОЗНАНИЕ—LINGUISTICS

В. М. Мамедалиев. Об основных формах спряжения глагола в арабском языке	499
*ვ. მამედალიევი. არაბული ზმნის უღვლილების ძირითადი ფორმების შესახებ	504

6. 30/2



ՅՉԵՆ 1 ՅՉԵ.
ЦЕНА 1 РУБ.

ИНДЕКС 76181