

524
1967



საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა ე ბ ე



48

СООБЩЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР



BULLETIN
OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR



XLV, № 2

თბილისი 1967 ФЕВРАЛЬ

Ш. Е. МИКЕЛАДЗЕ
(академик АН ГССР)

НОВЫЙ ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

1. В настоящей работе дается общая формула для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений каких угодно порядков и систем таких же уравнений, линейных и нелинейных.

Эта формула применима в различных вариантах к решению краевых задач, задач о собственных значениях, а также задачи Коши.

10.358.
Нам в дальнейшем понадобится интерполяционная формула со значениями искомого интеграла и его производных в дискретных точках (узлах), вообще неравноотстоящих, расположенных на наименьшем прямолинейном отрезке A , содержащем все эти точки. Таким отрезком мы будем считать в дальнейшем отрезок, на котором искомое решение существует и единственно.

Поэтому рассмотрим последовательность чисел

$$0 < t_1 < t_2 < \dots < t_m = m \quad (1)$$

и множество узлов $a + ht$, (для произвольных a , $h = \frac{A}{m}$ и t , ($v = 1, 2, \dots, m$)), расположенное на отрезке A с концами, совпадающими с a и $a + ht_m$.

Допустим теперь, например, что дано дифференциальное уравнение n -го порядка, записанное в нормальной форме

$$y^{(n)} = f(x, y, y', \dots, y^{(n-1)}), \quad (2)$$

и рассмотрим численное решение задачи Коши для этого уравнения с условиями $y(a), y'(a), \dots, y^{(n-1)}(a)$. Пусть правая часть (2) непрерывна по всем переменным в замкнутой области G $(n+1)$ -мерного евклидова пространства и удовлетворяет в ней относительно $y, y', \dots, y^{(n-1)}$ условию Липшица с постоянной L , т. е. при изменении $x (= a + ht)$ в промежутке $[a, a + ht_m]$, не выходящем из G , имеют место неравенства

3.06 სსრ სსრ სსრ
საქართველოს
აკადემიის

$$|f(x, \bar{y}, \bar{y}', \dots, \bar{y}^{(n-1)}) - f(x, y, y', \dots, y^{(n-1)})| \cong \\ \cong L(|\bar{y} - y| + |\bar{y}' - y'| + \dots + |\bar{y}^{(n-1)} - y^{(n-1)}|)$$

для любых двух точек $(x, \bar{y}, \bar{y}', \dots, \bar{y}^{(n-1)})$ и $(x, y, y', \dots, y^{(n-1)})$ из G .

Во всем дальнейшем мы будем считать, что решение задачи Коши для (2) принадлежит классу $C^{m+n}(M; A)$ с некоторой константой M , т. е. что само решение $y(x)$ имеет на замкнутом отрезке A непрерывные производные до $(m+n-1)$ -го порядка включительно и непрерывную (кусочно-непрерывную) производную $(m+n)$ -го порядка, удовлетворяющую на A неравенству $M \cong |y^{(m+n)}(a+ht)|$.

Мы изучим в этой статье случай непрерывных $y^{(m+n)}(x)$; случай кусочно-непрерывных производных будет рассмотрен отдельно.

Ограничения, наложенные на f при изменении x справа от a , в некоторых случаях могут выполняться слева от нее. В таком случае выводимые ниже формулы для отрезка A могут быть использованы и в некотором промежутке слева от точки a , если в них заменить h на $-h$.

Заметим, что для $y^{(k)}(a+ht_\beta)$ ($k=0, 1, \dots, n-1$), где $y^{(0)}$ — производная нулевого порядка (т. е. значение самой функции y в точке $a+ht_\beta$), справедливо разложение ([1], стр. 307):

$$y^{(k)}(a+ht_\beta) = \sum_{\lambda=0}^{n-k-1} (t_\beta - t_\alpha)^\lambda \frac{h^\lambda}{\lambda!} y^{(k+\lambda)}(a+ht_\alpha) + \\ + \frac{h^{n-k}}{(n-k-1)!} \int_{t_\alpha}^{t_\beta} (t_\beta - t)^{n-k-1} y^{(n)}(a+ht) dt \quad (0 \leq k \leq n-1), \quad (3)$$

где a, h, t_α, t_β — произвольные числа.

Подставив теперь в (3) вместо $y^{(k)}(a+ht)$ ее ньютоновское разложение, использующее разделенные разности $y^{(n)}(a+ht_1, a+ht_2, \dots, a+ht_\nu)$, найдем, что

$$y^{(k)}(a+ht_\beta) = \sum_{\lambda=0}^{n-k-1} (t_\beta - t_\alpha)^\lambda \frac{h^\lambda}{\lambda!} y^{(k+\lambda)}(a+ht_\alpha) + \\ + \sum_{\nu=1}^m A_{k,\nu} y^{(n)}(a+ht_1, a+ht_2, \dots, a+ht_\nu) + \\ + R_{m,k}^{t_\alpha, t_\beta} \quad (k=0, 1, \dots, n-1), \quad (4)$$

где

$$A_{k,\nu} = \frac{h^{n+\nu-k-1}}{(n-k-1)!} \int_{t_\alpha}^{t_\beta} (t_\beta - t)^{n-k-1} P_{\nu-1}(t) dt \quad (\nu=1, 2, \dots, m),$$

$$R_{m, k}^{t_\alpha, t_\beta} =$$

$$= \frac{h^{m+n-k}}{(n-k-1)!} \int_{t_\alpha}^{t_\beta} (t_\beta - t)^{n-k-1} P_m(t) y^{(n)}(a + ht, a + ht_1, \dots, a + ht_m) dt,$$

и многочлен $P_m(t)$ определяется равенствами

$$P_0(t) = 1, \quad P_r(t) = (t - t_1)(t - t_2) \dots (t - t_r) \quad (r \cong 1).$$

Из формулы (4) мы ниже выводим общую формулу с неравноотстоящими узлами, позволяющую решать задачу Коши.

В других работах, которые будут опубликованы в дальнейшем, я предполагаю изложить новые методы численного решения краевых задач и задач о собственных значениях.

2. Идея метода в применении к решению задачи Коши для уравнения (2) с условиями $y(t), y'(a), \dots, y^{(n-1)}(a)$ состоит в следующем.

Выразим в (4) разделенные разности $y^{(n)}(a + ht_1, a + ht_2, \dots, a + ht_m)$ как суммы ν функций вида

$$y^{(n)}(a + ht_p) : h^{\nu-1} \prod_{\substack{\mu=1 \\ \mu \neq p}}^{\nu} (t_p - t_\mu),$$

отбросим остаточные члены $R_{m, k}^{t_\alpha, t_\beta}$ и примем во внимание зависимости

$$y^{(n)}(a + ht_p) = f(a + ht_p, y(a + ht_p), y'(a + ht_p), \dots, y^{(n-1)}(a + ht_p))$$

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

Подберем теперь t_α и t_β так, чтобы в полученных выше приближенных равенствах фигурировали только лишь значения $y^{(k)}(a + ht_\nu)$ ($k = 0, 1, \dots, n-1$) в m дискретных точках $a + ht_\nu$ ($\nu = 1, 2, \dots, m$) отрезка A . О выборе t_α и t_β более подробно будет сказано несколько позже.

Для каждой такой пары различных значений t_α и t_β (числом n) получится соответствующее приближенное уравнение с m неизвестными значениями

$$y(a + ht_\nu), y'(a + ht_\nu), \dots, y^{(n-1)}(a + ht_\nu) \quad (\nu = 1, 2, \dots, m).$$

Мы получим таким образом систему, вообще нелинейную, состоящую из nm уравнений с nm неизвестными $y^{(k)}(a + ht_\nu)$ ($k=0, 1, \dots, n-1; \nu = 1, 2, \dots, m$). После того как эта система будет решена, получим решение интересующей нас задачи.

Таким образом, новый метод ограничивается рассмотрением точных систем уравнений, состоящих из равенств вида

$$y^{(k)}(a + ht_\beta) = \sum_{\lambda=0}^{n-k-1} (t_\beta - t_\alpha)^\lambda \frac{h^\lambda}{\lambda!} y^{(k+\lambda)}(a + ht_\alpha) +$$

$$+ h^{n-k} \sum_{\nu=1}^m A_{k, \nu}^* y^{(n)}(a + ht_\nu) + R_{m, k}^{t_\alpha, t_\beta} \quad (5)$$

и приближенных равенств

$$\begin{aligned}
 Y^{(k)}(a + ht_{\beta}) &= \sum_{\lambda=0}^{n-k-1} (t_{\beta} - t_{\alpha})^{\lambda} \frac{h^{\lambda}}{\lambda!} y^{(k+\lambda)}(a + ht_{\alpha}) + \\
 &+ h^{n-k} \sum_{\nu=1}^m A_{k, \nu}^{*} Y^{(n)}(a + ht_{\nu}), \quad (6)
 \end{aligned}$$

полученных из (5) отбрасыванием остаточного члена. Здесь $Y^{(n)}(a + ht_{\alpha})$ означает приближенное значение $y^{(n)}(a + ht_{\alpha})$ в точке $a + ht_{\alpha}$, $A_{k, \nu}^{*}$ — численные коэффициенты. Единственность интерполяционных формул, использованных для конструирования формул (5), обеспечивает единственность их [формул (5)]. Равенства (5), (6) могут быть модифицированы различными приемами для решения задачи Коши. Мы ограничимся рассмотрением одного из простых приемов. Он может быть получен, если считать $t_{\alpha} = 0$, что переводит значения $y^{(k+\lambda)}(a + ht_{\alpha})$ в начальные значения Коши. Зафиксируем теперь h и t_{β} . Это делает известным численное значение первых сумм правых частей (5), (6). После этого возникает вопрос выбора таких значений t_{β} , которые годились бы для получения из (6) nm уравнений с nm неизвестными $Y(a + ht_{\nu})$, $Y'(a + ht_{\nu})$, ..., $Y^{(n-1)}(a + ht_{\nu})$ ($\nu = 1, 2, \dots, m$). Это возможно для каких угодно h из промежутка $(0, e^{-1})$, если взять в качестве t числа t_{μ} ($\mu = 1, 2, \dots, m$), соответствующие точкам $a + ht_{\nu}$ ($\nu = 1, 2, \dots, m$) отрезка A .

Таким путем находим

$$\begin{aligned}
 y^{(k)}(a + ht_{\mu}) &= \sum_{\lambda=0}^{n-k-1} \frac{(ht_{\mu})^{\lambda}}{\lambda!} y^{(k+\lambda)}(a) + \\
 &+ h^{n-k} \sum_{\nu=1}^m A_{k, \nu}^{*} y^{(n)}(a + ht_{\nu}) + R_{m, k}^{0, t_{\mu}}. \quad (7)
 \end{aligned}$$

Ниже будет показано, что при неограниченном возрастании m остаточный член (7) $R_{m, k}^{0, t_{\mu}}$ неограниченно убывает по абсолютному значению, и мы приходим к разложению в ряд

$$y^{(k)}(a + ht_{\mu}) = \sum_{\lambda=0}^{n-k-1} \frac{(ht_{\mu})^{\lambda}}{\lambda!} y^{(k+\lambda)}(a) + h^{n-k} \sum_{\nu=1}^{\infty} A_{k, \nu}^{*} y^{(n)}(a + ht_{\nu}),$$

сходящемуся очень быстро и, по-видимому, имеющему применение на практике.

Взяв m достаточно большим, мы можем как угодно увеличить точность приближенных равенств

$$\begin{aligned}
 Y^{(k)}(a + ht_{\mu}) &= \sum_{\lambda=0}^{n-k-1} \frac{(ht_{\mu})^{\lambda}}{\lambda!} y^{(k+\lambda)}(a) + h^{n-k} \sum_{\nu=1}^m A_{k, \nu}^{*} Y^{(n)}(a + ht_{\nu}) \quad (8) \\
 (\mu &= 1, 2, \dots, m; \quad k = 0, 1, \dots, n-1).
 \end{aligned}$$

Из только что полученного результата вытекает одно полезное следствие.

Следствие. Если функция $y^{(n)}(x)$, принадлежащая классу $C^{m+n}(M, A)$, не имеет нулей на отрезке A или имеет там лишь конечное число их, то, начиная с некоторого индекса ν , коэффициенты $A_{\nu, k}^$ по абсолютному значению становятся меньше любого наперед заданного положительного числа ε и остаются такими же при дальнейшем изменении (возрастании) ν .*

Для доказательства достаточно вспомнить, что общий член $A_{\nu, k}^* y^{(n)}(a + ht_\nu)$ нашего абсолютно сходящегося ряда стремится к нулю при $\nu \rightarrow \infty$, откуда для достаточно больших ν будет $|A_{\nu, k}^*| < \varepsilon$, где ε — произвольно малое положительное число.

Систему уравнений типа (8) можно решить просто с помощью метода последовательных приближений.

3. Вернемся к формуле (8) и заменим в ней $Y^{(n)}$ через f . Начальные приближения искомого корня можно принять равными

$$\bar{Y}^{(k)}(a + ht_\mu) = \sum_{\lambda=0}^{n-k-1} \frac{(ht_\mu)^\lambda}{\lambda!} y^{(k+\lambda)}(a) \quad (k = 0, 1, \dots, n-1; \mu = 1, 2, \dots, m).$$

Поскольку f непрерывна по всем переменным $x, y, y', \dots, y^{(n-1)}$ и удовлетворяет условию Липшица относительно $y, y', \dots, y^{(n-1)}$ в G , мы можем взять h столь малым, чтобы в окрестности m -мерной точки $\bar{Y}_\mu, \bar{Y}'_\mu, \dots, \bar{Y}^{(n-1)}_\mu$ ($\mu = 1, 2, \dots, m$) удовлетворялось условие, достаточное для сходимости метода итерации (см., например, [2], § 85). Подстановки приведут к таблицам приближенных значений $Y, Y', \dots, Y^{(n-1)}$.

4. Обозначим через $\eta^{(k)}$ абсолютное значение разности $y^{(k)}(a + ht_\mu) - Y^{(k)}(a + ht_\mu)$ ($k = 0, 1, \dots, n-1; \mu = 1, 2, \dots, m$) и оценим, насколько будут близки производные $Y^{(k)}$ к точным значениям производных $y^{(k)}$ задачи Коши в соответствующих точках отрезка A .

Оценим для этого сначала ошибки от отбрасывания остаточных членов

$$R_{m, k}^{0, t_\mu} = \frac{h^{m+n-k}}{(n-k-1)!} \int_0^{t_\mu} (t_\mu - t)^{n-k-1} P_m(t) y^{(n)}(a + ht, a + ht_1, \dots, a + ht_m) dt$$

для произвольных m , выбирая t_μ равными t_1, t_2, \dots, t_m .

В каждом промежутке, ограниченном двумя последовательными точками, принадлежащими совокупности точек (1), многочлен $P_m(t)$ принимает экстремальные значения; присоединим к ним значение $P_m(0)$ и обозначим через T точную верхнюю границу абсолютных значений $P_m(0)$ и этих экстремальных значений.

Прежде чем перейти к оценкам остаточных членов, заметим, что все отрезки, ограниченные любыми двумя точками последовательности

t, t_ν ($\nu = 1, 2, \dots, m$), одной из которых является t , содержатся в замкнутом отрезке $[0, t_m]$. Следовательно, длина каждого из таких отрезков $|t - t_\nu|$ не превышает $t_m = m$. А так как число этих отрезков равно m , то мы можем написать, что в промежутке $[0, t_m]$

$$T < m^m.$$

Поскольку на отрезке A справедливо неравенство

$$|y^{(n)}(a + ht, a + ht_1, \dots, a + ht_m)| \leq \frac{1}{m!} \max |y^{(m+n)}(a + ht)|$$

для какого угодно числа точек (1), а $P_m(t)$, $y^{(m+n)}(a + ht)$ и $(t_\mu - t)^{n-k-1}$ непрерывны в замкнутых промежутках $[0, t_\mu]$ ($\mu = 1, 2, \dots, m$), причем $(t_\mu - t)^{n-k-1}$ сохраняет знак в этих промежутках, при помощи теоремы о среднем оценки для остаточных членов мы можем записать следующим образом:

$$\left| R_{m, \frac{t_\mu}{k}}^0 \right| < \frac{M}{(n-k)!} \left(\frac{t_\mu}{m} \right)^{n-k} \frac{A^{m+n-k}}{m!} \quad (k=0, 1, \dots, n-1; \mu=1, 2, \dots, m). \quad (9)$$

С другой стороны, используя формулу Стирлинга для числа m , находим

$$\left| R_{m, \frac{t_\mu}{k}}^0 \right| < c (eh)^{m+1/2},$$

где

$$c = \frac{M}{\sqrt{2e\pi}} \frac{A^{n-k-1/2}}{(n-k)!}$$

— некоторая положительная константа, не зависящая от m (единая для всех μ и k на отрезке A).

Следовательно, беря m достаточно большим, можно сделать остаточные члены сколь угодно малыми.

Далее, с помощью не более сложных рассуждений, чем проведенные выше, мы можем оценить абсолютное значение разности

$$y^{(k)}(a + ht_\mu) - Y^{(k)}(a + ht_\mu) = h^{n-k} \sum_{\nu=1}^m A_\nu^* [y^{(n)}(a + ht_\nu) - Y^{(n)}(a + ht_\nu)] + R_{m, \frac{t_\mu}{k}}^0,$$

обозначаемой в дальнейшем через $\eta_{\mu}^{(k)}$; она немедленно получается при помощи почленного вычитания равенств (7) и (8).

Покажем теперь, что можно найти верхние границы для значений $\eta_{\mu}^{(k)}$. Из последнего равенства, если использовать условие Липшица, вытекает неравенство

$$\eta_{\mu}^{(k)} \leq \delta L h^{n-k} \sum_{\nu=1}^m (\eta_{\nu}^{(0)} + \eta_{\nu}^{(1)} + \dots + \eta_{\nu}^{(n-1)}) + \left| R_{m, \frac{t_\mu}{k}}^0 \right|, \quad (10)$$

где δ — наибольшее из чисел $|A_\nu^*|$. Для дальнейших целей полезно упростить полученное неравенство; это делается следующим образом.

Положим в неравенстве (10) $k = 0, 1, \dots, n-1$ и сложим полученные неравенства. Находим

$$\begin{aligned} & \eta_{\mu}^{(0)} + \eta_{\mu}^{(1)} + \dots + \eta_{\mu}^{(n-1)} \cong \\ & \cong \delta L (h + h^2 + \dots + h^n) \sum_{\nu=1}^m (\eta_{\nu}^{(0)} + \eta_{\nu}^{(1)} + \dots + \eta_{\nu}^{(n-1)}) + \sum_{k=0}^{n-1} [R_{m, k}^{0, t_{\mu}}]. \end{aligned}$$

Теперь положим в последнем неравенстве $\mu = 1, 2, \dots, m$ и просуммируем найденные неравенства. Мы придем таким образом к неравенству, которому удовлетворяет сумма

$$\sum_{\mu=1}^m (\eta_{\mu}^{(0)} + \eta_{\mu}^{(1)} + \dots + \eta_{\mu}^{(n-1)}); \quad (11)$$

разрешая его относительно (11) и учитывая неравенства (9) и (10), получаем

$$\eta_{\mu}^{(k)} \cong \left\{ \frac{A^{n-k}}{(n-k)!} \left(\frac{t_{\mu}}{m} \right)^{n-k} + \tau \delta L h^{n-k} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{A^{n-k}}{(n-k)!} \left[\left(\frac{t_1}{m} \right)^{n-k} + \dots + \left(\frac{t_m}{m} \right)^{n-k} \right] \right\} M \frac{A^m}{m!}, \quad (12)$$

где $\tau = [1 - \delta L A (1 + h + h^2 + \dots + h^{n-1})]^{-1}$, причем для всяких значений A, L, δ и h должно удовлетворяться неравенство

$$\delta L A < \frac{1-h}{1-h^n}.$$

Это условие удовлетворяется само собой при достаточно больших значениях m , так как в пределе $\delta \rightarrow 0$ вместе с m^{-1} , тогда как правая часть последнего неравенства при неограниченном возрастании m имеет пределом 1.

Так как при любых значениях ν произведение $t_{\nu} m^{-1} \cong 1$, то оценку (12) можно представить в виде строгого неравенства

$$\eta_{\mu}^{(k)} < \left[\frac{A^{n-k}}{(n-k)!} + \tau \delta L A h^{n-k-1} \sum_{\lambda=1}^n \frac{A^{\lambda}}{\lambda!} \right] M \frac{A^m}{m!},$$

которое на основе формулы Стирлинга для факториала числа m приобретает вид

$$\eta_{\mu}^{(k)} < M \sqrt{\frac{A}{2\pi e}} \left[\frac{A^{n-k-1}}{(n-k)!} + \tau \delta L h^{n-k-1} \sum_{\lambda=1}^n \frac{A^{\lambda}}{\lambda!} \right] (eh)^{m+1/2}. \quad (13)$$

Полученная оценка имеет место при любых значениях $\mu=1, 2, \dots, m$ и $k=0, 1, \dots, n-1$. Поэтому формулы (8) приложимы к численному решению уравнений (2) при изменении h в промежутке $0 < h < e^{-1}$. В этом случае можно не сомневаться, что при неограниченном возрастании m все погрешности $\eta_{\mu}^{(k)}$, наверное, стремятся к нулю с быстротой $(eh)^{m+1/2}$, поскольку величина, стоящая в квадратных скобках в правой части неравенства (13), при $h \rightarrow 0$ ограничена.

Это показывает, что нет никаких других приближенных решений системы (8), отличных (при $h \rightarrow 0$) в точках $a + ht_{\nu}$ от соответствующих значений интеграла дифференциального уравнения (2), определенного начальными условиями Коши $y(a), y'(a), \dots, y^{(n-1)}(a)$.

Таким образом, мы получаем теорему.

Теорема 1. Если для уравнения (2) с m различными интерполяционными узлами $a + ht_v$ ($v = 1, 2, \dots, m$), лежащими на отрезке A и с условиями Коши $y(a), y'(a), \dots, y^{(n-1)}(a)$, существует решение, принадлежащее классу $C^{m+n}(M, A)$, то тогда система уравнений (8) имеет единственное решение и последовательности $\{Y_n^{(k)}\}$ ($k = 0, 1, \dots, n-1$) могут быть построены при помощи метода итерации, причем оценка для погрешностей $\eta_v^{(k)} = |y_v^{(k)} - y^{(k)}|$ ($k = 0, 1, \dots, n-1$) имеет вид (13).

Аналогичным образом можно построить систему решений нормальных систем дифференциальных уравнений (не обязательно первого порядка). Мы не будем заниматься здесь этими построениями за неимением места.

Наконец, можно сконструировать другие интерполяционные формулы для численного решения задачи Коши при помощи интерполяционной формулы (10) § 135 книги [1], полагая в ней, например, $r = m$, $a = ht_m$ и $t_s = -t_m$.

5. Формулы, которые мы установили выше (для рассмотренных там уравнений и систем уравнений), могут быть использованы без изменения для решения уравнений, не разрешенных относительно старшей производной (старших производных).

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

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 4.8.1966)

მათემატიკა

შ. მიქელაძე

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)

ჩვეულებრივ დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნის
ახალი რიტყვიანი მეთოდი

რეზიუმე

გამოყვანილია ზოგადი ფორმულა (5) უტოლო ბიჯით, რომელიც გამოდგება (2) დიფერენციალურ განტოლებისა და ამგვარ განტოლებათა სისტემების ამოხსნისათვის (სასაზღვრო, საკუთრივ მნიშვნელობათა და კომის ამოცანებისათვის).

ნაშრომში განხილულია კომის ამოცანის ამოხსნის საკითხი, რაც შეეხება სასაზღვრო და საკუთრივ მნიშვნელობათა ამოცანებს, მათი განხილვა განზრახულია ახლო მომავალში.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ш. Е. Микеладзе. Численные методы математического анализа. ГИТТЛ, М., 1953.
2. Ш. Е. Микеладзе. Решение численных уравнений. Изд. „Мецნიერება“, Тбилиси, 1965.



Дж. Г. САНИКИДЗЕ

О ТОЧНЫХ ОЦЕНКАХ ПРИБЛИЖЕНИЯ КВАДРАТУРНЫХ
 ФОРМУЛ ПРИ ИНТЕГРИРОВАНИИ НЕОГРАНИЧЕННЫХ ФУНКЦИЙ

(Представлено академиком Ш. Е. Микеладзе 21.4.1966)

В работе [1] были рассмотрены некоторые формулы для приближенного вычисления сингулярных интегралов

$$\int_{-1}^{+1} \frac{f(t)}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} dt \quad (-1 < x < 1)$$

и

$$\int_{-1}^{+1} \frac{f(t)}{t-x} dt \quad (-1 < x < 1),$$

существующих в смысле главного значения по Коши. Целью настоящей статьи является получение точных оценок погрешности таких квадратурных формул для функций f некоторых классов (определение класса помещено ниже).

В основу таких оценок положен метод представления остатка приближенной квадратуры в виде интегрального функционала, применяемый в монографиях [2] и [3] для решения ряда важных задач теории численных квадратур.

Мы будем подробно рассматривать вопрос для интеграла

$$\int_{-1}^{+1} \frac{f(t)}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} dt, \text{ вычисляемого по квадратурным формулам}$$

$$\int_{-1}^{+1} \frac{f(t)}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} dt \approx \sum_{i=1}^n A_i f(t_i, x), \quad (1)$$

$$\int_{-1}^{+1} \frac{f(t)}{t-x} dt \approx \sum_{i=1}^n \alpha_i(x) f(t_i), \quad (2)$$

точным, когда f — многочлен некоторой степени. Здесь A_i — численные коэффициенты, $f(t_i, x)$ — разделенные разности первого порядка, а $\alpha_i(x)$ — определенные многочлены от x .

Рассмотрим сначала формулу (1) и дадим точное выражение ее остатка

$$R(f; x) = \int_{-1}^{+1} \frac{f(t)}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} dt - \sum_{i=1}^n A_i f(t_i, x)$$

для функций f , имеющих на отрезке $[-1, +1]$ непрерывные производные до $(r-1)$ -го порядка включительно и кусочно-непрерывную производную r -го порядка, удовлетворяющую на этом отрезке неравенству $|f^{(r)}(t)| \leq M$,

где M — константа. Этот класс и является одним из классов, формулировку которых мы обещали в начале настоящего параграфа. Обозначим его через $W^{(r)}(M; -1, +1)$ (см. [2], стр. 15).

Разложим разделенную разность $f(t, x)$ относительно переменной t по формуле Тейлора с остаточным членом в интегральной форме, и применим к каждому члену разложения правило дифференцирования разделенной разности. В результате получим

$$f(t, x) = \sum_{m=0}^{r-2} (t+1)^m f(\underbrace{-1, \dots, -1}_{m+1}, x) + R_{r-1} \quad (r \geq 2), \quad (3)$$

где

$$R_{r-1} = (r-1) \int_{-1}^t (t-\zeta)^{r-2} f(\underbrace{\zeta, \dots, \zeta}_r, x) d\zeta.$$

Отсюда будем иметь

$$f(t) = f(x) + (t-x) \sum_{m=0}^{r-2} (t+1)^m f(\underbrace{-1, \dots, -1}_{m+1}, x) + (t-x)R_{r-1}. \quad (4)$$

Очевидно, что последнее соотношение есть не что иное, как интерполяционная формула Ньютона для узлов $x, \underbrace{-1, \dots, -1}_{r-1}$ с остаточным членом в вышеуказанной интегральной форме.

Для получения остатка в виде, удобном для дальнейших рассуждений, представим входящую в выражение R_{r-1} разделенную разность $f(\underbrace{\zeta, \dots, \zeta}_r, x)$ в несколько ином виде. С этой целью разложим $f(x)$

по формуле Тейлора в окрестности точки ζ :

$$f(x) = \sum_{p=0}^{r-1} \frac{(x-\zeta)^p}{p!} f^{(p)}(\zeta) + R_r^*$$

$$R_r^* = \frac{1}{(r-1)!} \int_{\bar{\zeta}}^x (x-u)^{r-1} f^{(r)}(u) du.$$

С другой стороны, полученное разложение можно рассмотреть как интерполяционную формулу Ньютона с совокупностью узлов, слившихся в один узел кратности r . Поэтому остаточный член R_r^* можно записать и так:

$$R_r^* = (x-\zeta)^r f \left(\underbrace{\zeta, \dots, \zeta}_r, x \right).$$

Сравнение дает представление интересующей нас разности в следующем виде:

$$\begin{aligned} & f \left(\underbrace{\zeta, \dots, \zeta}_r, x \right) = \\ &= \frac{1}{(r-1)! (x-\zeta)^r} \int_{\bar{\zeta}}^x (x-u)^{r-1} f^{(r)}(u) du \left(f \left(\underbrace{\zeta, \dots, \zeta}_r, x \right)_{x=x} = \frac{f^{(r)}(x)}{r!} \right). \end{aligned} \quad (5)$$

Таким образом,

$$R_{r-1} = \frac{1}{(r-2)!} \int_{-1}^{+1} \left[\frac{E_{r-2}(t-\zeta)}{(x-\zeta)^r} \int_{\bar{\zeta}}^x (x-u)^{r-1} f^{(r)}(u) du \right] d\zeta,$$

где функция E_{r-2} определена следующим образом:

$$E_p(\xi) = \begin{cases} \xi^p, & \xi \geq 0; \\ 0, & \xi < 0. \end{cases}$$

Принимая во внимание, что рассматриваемые квадратурные формулы должны быть верными для многочленов степени $r-1$, соотношения (3) и (4) позволяют представить остаток $R(f; x)$ в следующей форме:

$$R(f; x) = \frac{1}{(r-2)!} \int_{-1}^{+1} d\zeta \int_{\bar{\zeta}}^x K_r(\zeta) \frac{(x-u)^{r-1}}{(x-\zeta)^r} f^{(r)}(u) du, \quad (6)$$

где ядро $K_r(\zeta)$ имеет вид

$$K_r(\zeta) = \int_{\bar{\zeta}}^1 \frac{(t-\zeta)^{r-2}}{\sqrt{1-t^2}} dt - \sum_{i=1}^n A_i E_{r-2}(t_i - \zeta).$$

Полученное представление верно при $r \geq 2$ для всех $x \in (-1, +1)$.

Если f принадлежит к классу $L_p^{(r)}$ функций, имеющих на $[-1, +1]$ абсолютно непрерывную производную порядка $r-1$ и производную r -го порядка, суммируемую со степенью $p \geq 1$, то формула (6) для нее также имеет место. Однако с целью получения точных оценок для функций этого класса нам понадобится несколько другое представление ос-

таточного члена. Для получения его заменим в формуле (5) r на $r - 1$ и воспользуемся формулой интегрирования по частям. Получим

$$\begin{aligned} f(\underbrace{\zeta, \dots, \zeta}_{r-1}, x) &= \frac{1}{(r-2)!(x-\zeta)^{r-1}} \int_{\zeta}^x (x-u)^{r-2} f^{(r-1)}(u) du = \\ &= \frac{f^{(r-1)}(\zeta)}{(r-1)!} + \frac{1}{(r-1)!(x-\zeta)^{r-1}} \int_{\zeta}^x (x-u)^{r-1} f^{(r)}(u) du \end{aligned}$$

или, что то же самое,

$$f(\underbrace{\zeta, \dots, \zeta}_{r-1}, x) = \frac{f^{(r-1)}(x)}{(r-1)!} - \frac{1}{(r-1)!} \int_{\zeta}^x \left[1 - \left(\frac{x-u}{x-\zeta} \right)^{r-1} \right] f^{(r)}(u) du.$$

Если теперь заменим в (3) и (4) r на $r - 1$, после несложных вычислений получим второе представление остатка квадратурной формулы (1):

$$R(f; x) = \int_{-1}^{+1} d\zeta \int_{\zeta}^x F_r(\zeta) \left[1 - \left(\frac{x-u}{x-\zeta} \right)^{r-1} \right] f^{(r)}(u) du, \quad (7)$$

где

$$F_r(\zeta) = -\frac{1}{(r-2)!} \left\{ \int_{\zeta}^1 \frac{(t-\zeta)^{r-3}}{\sqrt{1-t^2}} dt - \sum_{i=1}^n A_i E_{r-3}(t_i - \zeta) \right\}.$$

Очевидно, что полученное представление верно при условии $r \geq 3$.

Получение точного выражения погрешности $R^*(f; x)$ квадратурной формулы (2) возможно на основании аналогичных рассуждений. Только в этом случае нет необходимости в привлечении формулы (3). Окончательно будем иметь

$$R^*(f; x) = \frac{1}{(r-2)!} \int_{-1}^{+1} d\zeta \int_{\zeta}^x H_r(\zeta, x) \frac{(x-u)^{r-1}}{(x-\zeta)^r} f^{(r)}(u) du \quad (r \geq 2), \quad (8)$$

где

$$H_r(\zeta, x) = \int_{\zeta}^1 \frac{(t-\zeta)^{r-2}}{\sqrt{1-t^2}} dt - \sum_{i=1}^n (t_i - x) \alpha_i(x) F_{r-2}(t_i - x).$$

Воспользуемся теперь полученными соотношениями для точной оценки погрешности рассматриваемых квадратурных формул. С этой целью вернемся к формуле (6). Пусть функция принадлежит к классу

$W^{(r)}(M; -1, +1)$. Разделим входящий в эту формулу интеграл на два интеграла:

$$R(f; x) = \frac{1}{(r-2)!} \left\{ \int_{-1}^x d\zeta \int_{\zeta}^x K_r(\zeta) \frac{(x-u)^{r-1}}{(x-\zeta)^r} f^{(r)}(u) du - \int_x^1 d\zeta \int_x^{\zeta} K_r(\zeta) \frac{(x-u)^{r-1}}{(x-\zeta)^r} f^{(r)}(u) du \right\}.$$

Нетрудно убедиться, что к полученным интегралам применима теорема Фубини, вследствие чего мы получим

$$R(f; x) = \frac{1}{(r-2)!} \left\{ \int_{-1}^x f^{(r)}(u) (x-u)^{r-1} \int_{-1}^u \frac{K_r(\zeta)}{(x-\zeta)^r} d\zeta du - \int_x^1 f^{(r)}(u) (x-u)^{r-1} \int_u^1 \frac{K_r(\zeta)}{(x-\zeta)^r} d\zeta du \right\}.$$

Отсюда вытекает следующая оценка остатка при любом фиксированном x из $(-1, +1)$:

$$|R(f; x)| \leq \frac{M}{(r-2)!} \left\{ \int_{-1}^x (x-u)^{r-1} \left| \int_{-1}^u \frac{K_r(\zeta)}{(x-\zeta)^r} d\zeta \right| du + \int_x^1 (u-x)^{r-1} \left| \int_u^1 \frac{K_r(\zeta)}{(x-\zeta)^r} d\zeta \right| du \right\}.$$

В полученном соотношении имеем знак равенства для всякой функции f , r -я производная которой определена следующим образом:

$$f^{(r)}(u) = \begin{cases} M \operatorname{sign} \int_{-1}^u \frac{K_r(\zeta)}{(x-\zeta)^r} d\zeta, & -1 \leq u \leq x; \\ (-1)^r M \operatorname{sign} \int_u^1 \frac{K_r(\zeta)}{(x-\zeta)^r} d\zeta, & x \leq u \leq 1. \end{cases}$$

Таким образом, мы можем написать

$$\sup_{f \in W^{(r)}(M; -1, +1)} |R(f; x)| = \frac{M}{(r-2)!} \left\{ \int_{-1}^x (x-u)^{r-1} \left| \int_{-1}^u \frac{K_r(\zeta)}{(x-\zeta)^r} d\zeta \right| du + \int_x^1 (u-x)^{r-1} \left| \int_u^1 \frac{K_r(\zeta)}{(x-\zeta)^r} d\zeta \right| du \right\}.$$

Впрочем, заметим, что

$$\begin{aligned}
 \sup_{f \in W^{(r)}(M; -1, +1)} |R(\bar{f}; x)| &\cong \frac{M}{(r-2)!} \left\{ \int_{-1}^x (x-u)^{r-1} \int_{-1}^u \frac{|K_r(\zeta)|}{(x-\zeta)^r} d\zeta du + \right. \\
 &+ \int_x^1 (u-x)^{r-1} \int_u^1 \frac{|K_r(\zeta)|}{(\zeta-x)^r} d\zeta du = \frac{M}{(r-2)!} \left\{ \int_{-1}^x d\zeta \int_z^x |K_r(\zeta)| \frac{(x-u)^{r-1}}{(x-\zeta)^r} du - \right. \\
 &\left. - \int_x^1 d\zeta \int_x^z |K_r(\zeta)| \frac{(x-u)^{r-1}}{(x-\zeta)^r} du \right\} = \frac{M}{r(r-2)!} \int_{-1}^{+1} |K_r(\zeta)| d\zeta
 \end{aligned}$$

равномерно относительно x .

Точные оценки остаточного члена для функций класса $L_p^{(r)}$ могут быть получены из формулы (7). Для этого, аналогично вышеизложенному, разделим входящий в эту формулу интеграл на два интеграла и воспользуемся теоремой Фубини. Окончательно будем иметь

$$R(f; x) = \int_{-1}^x \psi_1(u, x) f^{(r)}(u) du + \int_x^1 \psi_2(u, x) f^{(r)}(u) du, \quad (9)$$

где

$$\psi_1(u, x) = \int_{-1}^u F_r(\zeta) \left[1 - \left(\frac{x-u}{x-\zeta} \right)^{r-1} \right] d\zeta$$

и

$$\psi_2(u, x) = - \int_u^1 F_r(\zeta) \left[1 - \left(\frac{x-u}{x-\zeta} \right)^{r-1} \right] d\zeta.$$

Пусть на множестве функций $f \in L_p^{(r)}$ имеет место равенство

$$\left\{ \int_{-1}^{+1} |f^{(r)}(u)|^p du \right\}^{1/p} \cong M \quad (p > 1). \quad (10)$$

Тогда, применяя неравенство Гельдера, из (9) для любого фиксированного $x \in (-1, +1)$ получаем

$$|R(f; x)| \cong M (|\psi_1|_{L_q} + |\psi_2|_{L_q}),$$

где

$$\begin{aligned}
 |\psi_1|_{L_q} &= \left\{ \int_{-1}^x |\psi_1|^q du \right\}^{1/q}, \quad |\psi_2|_{L_q} = \left\{ \int_x^1 |\psi_2|^q du \right\}^{1/q} \\
 &\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1 \right).
 \end{aligned}$$

Функция f , для которой

$$f^{(r)}(u) = \begin{cases} M \left\{ \int_{-1}^x |\psi_1|^q du \right\}^{-1/p} |\psi_1|^{q/p} \operatorname{sign} \psi_1, & -1 \leq u \leq x; \\ M \left\{ \int_x^1 |\psi_2|^q du \right\}^{-1/p} |\psi_2|^{q/p} \operatorname{sign} \psi_2, & x \leq u \leq 1, \end{cases}$$

принадлежит указанному выше множеству и для нее в полученном неравенстве имеем знак равенства. Таким образом, полученная оценка на множестве функций $L_p^{(r)}$, удовлетворяющих условию (10), является точной:

$$\sup_{f \in L_p^{(r)}} |R(f; x)| = M(|\psi_1|_{L_q} + |\psi_2|_{L_q}).$$

Напомним, что данная оценка справедлива при $r \geq 3$.

Нетрудно получить также точную оценку при $p = 1$ (для функций класса $L_1^{(r)}$).

Как уже было отмечено, рассмотренные выше оценки непригодны для классов функций $W^{(1)}(M; -1, +1)$, $L_p^{(1)}$ и $L_p^{(2)}$. Ниже мы покажем, что, несколько изменив рассуждения, можно получить точные оценки для функций классов $W^{(1)}(M; -1, +1)$ и $L_p^{(2)}$.

Заметим прежде всего, что для функций класса $W^{(1)}(M; -1, +1)$ имеет место очевидное равенство

$$\int_{-1}^{+1} \frac{f(t)}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} dt = - \int_{-1}^x dt \int_t^x \frac{f'(\zeta)}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} d\zeta + \int_x^1 dt \int_x^t \frac{f'(\zeta)}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} d\zeta.$$

Функция $\frac{1}{(t-x)\sqrt{1-t^2}}$ сохраняет постоянный знак для любого фиксированного $x \in (-1, +1)$ в промежутках $[-1, x]$ и $[x, 1]$. Отсюда легко приходим к заключению справедливости теоремы Фубини для интегралов, стоящих в правой части последнего равенства:

$$\int_{-1}^{+1} \frac{f(t)}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} dt = - \int_{-1}^x d\zeta \int_{-1}^z \frac{f'(\zeta)}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} dt + \int_x^1 d\zeta \int_z^1 \frac{f'(\zeta)}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} dt.$$

Пусть x произвольно фиксировано. Для узлов, удовлетворяющих неравенству $t_i \geq x$, имеем

$$f(t_i, x) = \frac{1}{t_i - x} \int_x^{t_i} f'(\zeta) d\zeta = \frac{1}{t_i - x} \int_x^1 E(t_i - \zeta) f'(\zeta) d\zeta,$$

где

$$E(u) = \begin{cases} 1, & u > 0; \\ 0, & u \leq 0. \end{cases}$$

Таким же образом

$$f(t_i, x) = -\frac{1}{t_i - x} \int_{t_i}^x f'(\zeta) d\zeta = -\frac{1}{t_i - x} \int_{-1}^x E(\zeta - t_i) f'(\zeta) d\zeta$$

для совокупности узлов меньше x .

С помощью полученных соотношений для функций класса $W^{(1)}(M; -1, +1)$ получается следующее представление остатка при данном фиксированном x :

$$R(f; x) = \int_{-1}^x K(\zeta, x) f'(\zeta) d\zeta + \int_x^1 K^*(\zeta, x) f'(\zeta) d\zeta, \quad (11)$$

где

$$K(\zeta) = -\int_{-1}^{\zeta} \frac{dt}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} dt + \sum_{t_i \leq x} A_i \frac{E(\zeta - t_i)}{t_i - x},$$

$$K^*(\zeta) = \int_{\zeta}^1 \frac{dt}{(t-x)\sqrt{1-t^2}} - \sum_{t_i \geq x} A_i \frac{E(t_i - \zeta)}{t_i - x}.$$

Получение же выражения точной оценки из (11) не представляет труда.

Точное выражение остатка $R(f; x)$ для функций класса $L_p^{(1)}$ может, быть получено из (11), если применить формулу интегрирования по частям и принять во внимание, что квадратурная формула (1) точна, если f — линейная функция. После этого получение точной оценки возможно на основании применения неравенства Гельдера.

Аналогичные результаты могут быть получены и для квадратурной формулы (2). Например, для получения точных оценок для класса $W^{(r)}(M; -1, +1)$ при каком-нибудь фиксированном $x \in (-1, +1)$ следует обращаться к формуле (8). Из-за соображения краткости мы опускаем подробности, относящиеся к этому вопросу.

Полученные оценки в дальнейшем будут использованы автором при численном решении сингулярных интегральных уравнений. Они будут использованы также для оценки погрешности некоторых формул интерполирования и численного дифференцирования.

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 21.4.1966)

მათემატიკა

ჯ. სანიკიძე

კვადრატურულ ფორმულათა ცდომილების ზუსტი შეფასება
 შემოუსაზღვრელი ფუნქციების ინტეგრებისას

რეზიუმე

შრომში მიღებულია (1) და (2) სახის კვადრატული ფორმულების ცდომილების ზუსტი შეფასებანი სხვადასხვა კლასის f ფუნქციებისათვის.

დასოფავალი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Г. Саникидзе. О приближенном вычислении сингулярных интегралов. Сообщения АН ГССР, XL: 3, 1965.
2. С. М. Никольский. Квадратурные формулы. М., 1958.
3. В. И. Крылов. Приближенное вычисление интегралов. М., 1959.



В. М. КОКИЛАШВИЛИ

О ПРИБЛИЖЕНИИ ФУНКЦИЙ СРЕДНИМИ РЯДОВ
 УОЛША—ФУРЬЕ

(Представлено академиком В. Д. Купрадзе 24.5.1966)

Пусть $\{\Psi_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ — система функций Уолша в модификации Р. Пэ-
 ли [1]. Она определяется следующим образом: пусть $\{\varphi_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ — сис-
 тема Радемахера

$$\varphi_0(x) = 1 \quad \left(0 \leq x < \frac{1}{2} \right), \quad \varphi_0(x) = -1 \quad \left(\frac{1}{2} \leq x < 1 \right),$$

$$\varphi_0(x+1) = \varphi_0(x), \quad \varphi_n(x) = \varphi_0(2^n x) \quad (n = 1, 2, \dots),$$

тогда

$$\Psi_0(x) \equiv 1, \quad \Psi_n(x) = \varphi_{n_1}(x) \varphi_{n_2}(x) \dots \varphi_{n_r}(x)$$

для

$$n = 2^{n_1} + 2^{n_2} + \dots + 2^{n_r},$$

где

$$n_{i+1} < n_i.$$

Известно, что $\{\Psi_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ — полная ортонормированная система [1].

Каждой периодической (с периодом 1), суммируемой на (0,1) функции $f(x)$ сопоставим ряд Уолша—Фурье

$$f(x) \sim \sum_{k=0}^{\infty} c_k \Psi_k(x),$$

где

$$c_k = \int_0^1 f(x) \Psi_k(x) dx.$$

В настоящей статье для функций $f(x) \in L_p$ ($1 \leq p \leq +\infty$) даются оценки уклонений различными линейными операторами, построенными на базе их рядов Уолша—Фурье.

Для тригонометрических рядов Фурье решению аналогичной зада-
 чи посвящен целый ряд работ.

Число

$$\rho_n(f) = \inf_{\substack{c_i \\ c_{n-1} \neq 0}} \|f(x) - \sum_{k=0}^{n-1} c_k \Psi_k(x)\|$$

будем называть наилучшим приближением посредством полиномов
 Уолша порядка $n - 1$. Известно, что $\lim_{n \rightarrow \infty} \rho_n = 0$.

Справедлива

Теорема 1. Пусть $f(x) \in C(0,1)$. Тогда для уклонений средними арифметическими частных сумм ее ряда Уолша—Фурье справедлива оценка

$$\|f(x) - \sigma_{n-1}(f, x)\|_C \cong \frac{A}{n} \sum_{\nu=1}^n \rho_{\nu}(f), \quad (1)$$

где A —абсолютная константа.

Пусть метод суммирования определен треугольной матрицей $\{a_{nk}\}$, $k = 0, 1, 2, \dots, n$, со следующими условиями:

- 1) $\sum_{k=0}^n a_{nk} = 1 \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$,
- 2) $\lim_{k \rightarrow \infty} a_{nk} = 0$,
- 3) $a_{nk} \cong a_{n, k+1} > 0 \quad (k = 0, 1, 2, \dots, n-1)$.

Далее, при помощи матрицы $\{a_{nk}\}$ образуем оператор

$$u_n(s_k, x) = \sum_{k=0}^n a_{nk} s_k(f, x),$$

где $s_n(f, x)$ —частная сумма ряда Уолша—Фурье.

Справедлива

Теорема 2. Пусть $f(x) \in C(0,1)$. Тогда

$$\|f(x) - u_n(s_k; x)\|_C \cong B \sum_{k=0}^n a_{nk} \rho_{k+1}(f). \quad (2)$$

Из теоремы 2 вытекают оценки для $(C \cdot \alpha)$ средних Чезаро $\alpha \geq 1$, средних Гельдера порядка r , $r \geq 1$ и др.

Следствие. Если $f(x) \in C(0,1)$, то тогда при $\alpha > 1$ справедлива оценка

$$\|f(x) - \sigma_{n-1}^{\alpha}(f, x)\|_C \cong \frac{B}{A_n^{\alpha}} \sum_{\nu=0}^n A_{\nu-1}^{\alpha-1} \rho_{\nu+1}(f).$$

Следовательно,

$$\|f(x) - \sigma_{n-1}^{\alpha}(f, x)\|_C \cong \frac{B_1}{n} \sum_{\nu=1}^n \rho_{\nu}(f).$$

Аналогичные оценки справедливы в пространствах L_p ($1 \leq p < \infty$).

Пусть $C(\alpha)$ —класс непрерывных функций $f(x)$ с периодом 1, для которых

$$\rho_n(f) \cong \alpha_n \quad (n = 1, 2, \dots)$$

и

$$\mathcal{E}_{u_n}[C(\alpha)] = \sup_{f(x) \in C(\alpha)} \|f(x) - u_n(s_k; x)\|_C.$$

Теорема 3. Для любого класса $C(\alpha)$

$$u_n(\alpha_{n+1}) \equiv \mathcal{E}u_n[C(\alpha)] \equiv B_1 u_n(\alpha_{n+1}). \quad (3)$$

Следствие. Для

$$\mathcal{E}_n[C(\alpha)] = \sup_{f(x) \in C(\alpha)} \|f(x) - \sigma_{n-1}(f, x)\|_c$$

имеем

$$\frac{1}{n} \sum_{\nu=1}^n \alpha_\nu \equiv \sup_{f(x) \in C(\alpha)} \|f(x) - \sigma_{n-1}(f, x)\|_c \equiv \frac{B_1}{n} \sum_{\nu=1}^n \alpha_\nu. \quad (4)$$

Для средних арифметических частных сумм тригонометрических рядов Фурье оценки типа (1) и (4) при $\alpha = 1$ были установлены С. Б. Стечкиным [2].

Для методов суммирования с условиями 1), 2) и 3) оценки типа (2) и (3) выведены в работе [3].

П. Л. Ульянов [4] показал, что если ортонормированная система $\{\Phi_n(x)\}_{n=0}^\infty$ является базисом в L_p для некоторого $p \in [1, \infty)$, а $T = \|a_{nk}\|$ —регулярный метод суммирования с условием

$$\sum_{k=1}^{\infty} a_{nk} = 1 \quad (n \equiv 1),$$

то

$$\|\tau_n(f, x) - f(x)\|_p \equiv B(p, \{\Phi\}) \sum_{k=1}^{\infty} |a_{nk}| E_k(f, \{\Phi\})_p, \quad (5)$$

где

$$\tau_n(x, f) = \sum_{k=1}^{\infty} a_{nk} s_k(f, x) \quad (n = 1, 2, \dots),$$

$$E_k(f, \{\Phi\})_p = \inf_{\{c_i\}} \|f(x) - \sum_{i=1}^k c_i \Phi_i(x)\|_p.$$

Приведенные ниже результаты показывают, что относительно ортонормированной системы Уолша можно получить более точные оценки, чем (5).

Теорема 4. Пусть $f(x) \in L_p(0,1)$, $1 < p < +\infty$, тогда для уклонений средними Чезаро порядка α , $\alpha > 0$, справедливы оценки

$$\begin{aligned} \frac{A_p}{n} \left\{ \sum_{\nu=1}^n \nu^{\beta-1} \rho_\nu^\alpha(f)_p \right\}^{1/\beta} &\equiv \|f(x) - \sigma_n^\alpha(f, x)\|_p \equiv \\ &\equiv \frac{B_p}{n} \left\{ \sum_{\nu=1}^n \nu^{\gamma-1} \rho_\nu^\gamma(f)_p \right\}^{1/\gamma}, \end{aligned} \quad (6)$$

где $\beta = \max(2, p)$, $\gamma = \min(2, p)$.

Теорема 5. Пусть $f(x) \in L_p(0,1)$, $1 < p < +\infty$, тогда для уклонений средними Зигмунда справедливы оценки

$$\begin{aligned} \frac{A_p}{n^r} \left\{ \sum_{\nu=1}^n \nu^{r\beta-1} \rho_{\nu}^{\beta}(f)_p \right\}^{1/\beta} &\equiv R_n \left[f, 1 - \left(\frac{k}{n+1} \right)^r \right] \equiv \\ &\equiv \frac{B_p}{n^r} \left\{ \sum_{\nu=1}^n \nu^{r\gamma-1} \rho_{\nu}^{\gamma}(f)_p \right\}^{1/\gamma}, \end{aligned} \quad (7)$$

где

$$R_n \left[f, 1 - \left(\frac{k}{n+1} \right)^r \right] = \| f(x) - \sum_{k=1}^n \left[1 - \left(\frac{k}{n+1} \right)^r \right] a_k \Psi_k(x) \|_p$$

$$\beta = \max(2, p), \quad \gamma = \min(2, p).$$

Теорема 6. Пусть $f(x) \in L_p(0, 1)$, $1 < p < +\infty$, тогда для уклонений суммами Абеля—Пуассона справедливы оценки

$$\begin{aligned} \frac{A_p}{n} \left\{ \sum_{\nu=1}^n \nu^{\beta-1} \rho_{\nu}^{\beta}(f)_p \right\}^{1/\beta} &\equiv \| f(x) - u(r, x) \|_p \equiv \\ &\equiv \frac{B_p}{n} \left\{ \sum_{\nu=1}^n \nu^{\gamma-1} \rho_{\nu}^{\gamma}(f)_p \right\}^{1/\gamma}, \end{aligned} \quad (8)$$

где

$$u(r, x) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k \Psi_k(x) r^k,$$

$$n = \left[\frac{1}{1-r} \right], \quad \beta = \max(2, p), \quad \gamma = \min(2, p).$$

Аналогичные оценки относительно тригонометрических рядов Фурье выведены в работе [5].

При дополнительной информации о характере стремления к нулю коэффициентов Уолша—Фурье вышеприведенные оценки можно уточнить.

Пусть

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

где

$$u(f, x, \lambda) = a_0 + \sum_{\nu=0}^n \lambda_{\nu} a_{\nu} \Psi_{\nu}(x),$$

$\{\lambda_{\nu}\}$ —некоторая треугольная матрица.

Справедлива

Теорема 7. Пусть $f(x) \in L_p(0, 1)$,

$$f(x) \sim \sum_{\nu=0}^{\infty} c_{\nu} \Psi_{\nu}(x)$$

с тем условием, что $n^{-\tau} c_n \downarrow 0$ ($c_n > 0$) для некоторого $\tau > 0$.

Тогда если существует число $r > 0$ и постоянная B такие, что

$$|1 - \lambda_{n\nu}| \equiv B \frac{\nu^r}{n^r},$$

то будет справедлива следующая оценка:

$$R_n(f, \lambda) \cong \frac{D_p}{n^r} \left\{ \sum_{v=1}^n v^{pr-1} \rho_v^p(f) \right\}^{1/p} \quad (9)$$

для всех p , $1 < p < 2$.

Теорема 8. Пусть $f(x) \in L_p(0,1)$, $1 < p < +\infty$, существует такое число $\tau > 0$, что $n^{-\tau} c_n \downarrow 0$ ($c_n > 0$), тогда

$$\|f(x) - \sigma_n^{\tau}(f, x)\|_p \sim \frac{A_p}{n} \left\{ \sum_{v=1}^n v^{p-1} \rho_v^p(f)_p \right\}^{1/p} \quad (10)$$

Теорема 9. Пусть $f(x) \in L_p$, $1 < p < +\infty$, существует такое число $\tau > 0$, что $n^{-\tau} c_n \downarrow 0$, ($c_n > 0$), тогда

$$R_n \left[f, 1 - \left(\frac{k}{n+1} \right)^r \right] \sim \frac{B_p}{n} \left\{ \sum_{v=1}^n v^{rp-1} \rho_v^p(f)_p \right\}^{1/p} \quad (11)$$

Теорема 10. Пусть $f(x) \in L_p(0,1)$, $1 < p < +\infty$, существует такое число $\tau > 0$, что $n^{-\tau} c_n \downarrow 0$, ($c_n > 0$), тогда справедлива оценка

$$\|f(x) - u(r, x)\|_p \sim \frac{C_p}{n} \left\{ \sum_{v=1}^n v^{p-1} \rho_v^p(f)_p \right\}^{1/p} \quad (12)$$

Для тригонометрических рядов Фурье оценки типа (9)—(12) установлены нами в работе [6]. Доказательство теорем 5 и 6 проводится аналогично, следует лишь применить оценку наилучших приближений полиномами Уолша через коэффициенты Уолша—Фурье, установленную нами в работе [7].

Теперь приведем одну теорему, носящую общий характер. $L_M^{\alpha}(0,1)$ будет обозначать пространство Орлича. Норму будем понимать в смысле Орлича [8].

Теорема 11. Пусть $f(x) \in L_M^{\alpha}(0,1)$. $L_M^{\alpha}(0,1)$ — рефлексивное пространство Орлича с тем условием, что функция $M(u^{1/\alpha})$ выпукла для некоторого α , $1 < \alpha \leq 2$.

Тогда для произвольной треугольной матрицы чисел $\{\lambda_v^{(n)}\}$ ($\lambda_0^{(n)} = 1$, $\lambda_v^{(n)} = 0$ при $v > n$; $n = 0, 1, \dots$) справедлива оценка

$$\begin{aligned} & \|f(x) - \sum_{v=0}^n \lambda_v^{(n)} a_v \Psi_v(x)\|_M \cong \\ & \cong A_M(\lambda) \left\{ \left[\sum_{v=0}^n \rho_{2^v-1}^{\alpha} (f)_M \cdot \delta_{2^v-1}^{\alpha} (n) \right]^{1/\alpha} + \rho_n(f)_M \right\}, \end{aligned}$$

где

$$2^m \leq h < 2^{m+1}, \quad \delta_{2^m}(n) = \sum_{v=2^m}^{2^m-1} |\lambda_{v+1}^{(n)} - \lambda_v^{(n)}| + |1 - \lambda_{2^m}^{(n)}|,$$

$\rho_f(\cdot)_M$ — наилучшее приближение полиномами Уолша в $L_M^{\alpha}(0,1)$.

Аналогичная теорема в L_M^* $(0, 2\pi)$ справедлива и для тригонометрических рядов Фурье. Для конкретных методов суммирования соответствующие оценки приведены нами ранее в работе [9].

Подробные доказательства будут опубликованы отдельно.

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

(Поступило в редакцию 24.5.1966)

მათემატიკა

3. კოკილაშვილი

უოლუ—ფურეის მწკრივის საზუალოებით ფუნქციონატა
 მიახლოების შესახებ

რეზიუმე

შრომაში დადგენილია L_p $(1 \leq p \leq +\infty)$ კლასის ფუნქციებიდან შესაბამისი უოლუ—ფურეის მწკრივის ბაზაზე აგებული წრფივი ოპერატორებით გაღაბრის რიგი.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

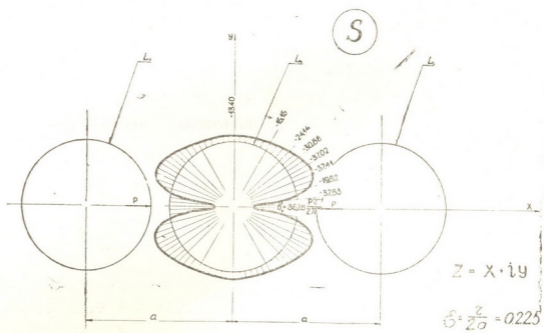
1. С. Качмаж, Г. Штейнгауз. Теория ортогональных рядов. М., 1958.
2. С. Б. Стечкин. О приближении периодических функций суммами Фейера. Труды Математ. ин-та им. В. А. Стеклова, 1961, 48—60.
3. Р. Н. Ковальчук. Об одной задаче С. Б. Стечкина. Вопросы математической физики и теории функций, Киев, 1964.
4. П. Л. Ульянов. О приближении функций. Сибирский математический журнал, т. V, № 2, 1964.
5. М. Ф. Тиман. Наилучшее приближение функции и линейные методы суммирования рядов Фурье. Изв. АН СССР, сер. математ., 29, 1965, 587—604.
6. В. М. Кокिलाшвили. О приближении периодических функций некоторыми линейными операторами. Сообщения АН ГССР, XLIII, № 2, 1966.
7. В. М. Кокिलाшвили. О наилучших приближениях функций полиномами Уолша и коэффициентах Уолша—Фурье. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. sci. astr. math. e phys., vol. XIII, № 6, 1965.
8. М. А. Красносельский, Я. Б. Рутцкий. Выпуклые функции и пространства Орлича, Физматгиз, 1958.
9. V. Kokilashvili. On approximations of periodic functions in Orlicz spaces, Bull. Acad. Polon. Sci. Ser. math., vol. XIV, № 2, 1966.

М. З. НАРОДЕЦКИЙ

ДЕЙСТВИЕ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ СИЛ НА БЕСКОНЕЧНУЮ ПЛАСТИНКУ С ТРЕМЯ КРУГОВЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ

(Представлено академиком Н. И. Мухелишвили 16.11.1965)

В настоящей статье с помощью специальных функций изучается поле напряжений в бесконечной пластинке, ослабленной тремя одинаковыми круговыми отверстиями, под действием сосредоточенных сил. Начало и направление осей координат плоскости $z = x + iy$, в которой расположена пластинка, схема нагружения, а также некоторые обозначения, указаны на фигуре.



Введем две пары комплексных функций напряжений $\varphi_{j0}(z)$ и $\psi_{j0}(z)$ ($j = 1, 2$). Пусть первая пара функций решает граничную задачу для бесконечной пластинки, ослабленной отверстием L_1 , под действием сжимающей силы P , приложенной к точке $t = a - r$ окружности L_1 , а вторая—для бесконечной пластинки, ослабленной отверстием L_2 , под действием сжимающей силы P , приложенной к точке $t = -a + r$ окружности L_2 .

Решения этих вспомогательных задач могут быть получены путем соответствующего переноса начала координат и предельного перехода в задаче Н. И. Мусхелишвили [1] об упругом равновесии бесконечной пластинки, ослабленной эллиптическим отверстием, под действием равномерно распределенного давления, приложенного к участку обвода отверстия. Отбросив некоторые постоянные, будем иметь

$$\begin{aligned} \varphi_{j0}(\zeta) &= (-1)^{j+1} \frac{P}{2\pi} \left(\ln(\zeta + (-1)^j (a-r)) - \frac{\alpha}{1+\alpha} \ln(\zeta + (-1)^j a) \right), \\ \psi_{j0}(\zeta) &= (-1)^j \frac{P}{2\pi} \left(\ln(\zeta + (-1)^j (a-r)) - \frac{1}{1+\alpha} \ln(\zeta + (-1)^j a) - \right. \\ &\quad \left. - (-1)^j \frac{a-r}{\zeta + (-1)^j (a-r)} - \frac{\alpha}{1+\alpha} \left(\frac{r}{\zeta + (-1)^j a} \right)^2 - \right. \\ &\quad \left. - (-1)^j \left(1 - \frac{1}{2\epsilon} \frac{\alpha}{1+\alpha} \right) \frac{r}{\zeta + (-1)^j a} \right) \quad (j = 1, 2). \end{aligned} \quad (1)$$

Функции $\varphi(\zeta)$ и $\psi(\zeta)$, решающие поставленную задачу, будем искать в виде

$$\varphi(\zeta) = \varphi_{1\cdot0}(\zeta) + \varphi_{2\cdot0}(\zeta) + \varphi_1(\zeta), \quad \psi(\zeta) = \psi_{1\cdot0}(\zeta) + \psi_{2\cdot0}(\zeta) + \psi_1(\zeta), \quad (2)$$

где $\varphi_1(\zeta)$ и $\psi_1(\zeta)$ — функции, регулярные в области S , занятой пластинкой, и определяемые из граничных условий

$$\overline{\varphi_1(t)} + \bar{t} \varphi_1'(t) + \psi_1(t) = \overline{f_j(t)} + G_j \quad \text{на } L_j \quad (j = 0, 1, 2), \quad (3)$$

причем G_j — некоторые вещественные постоянные, подлежащие определению, и

$$\begin{aligned} \overline{f_0(t)} &= - \sum_{j=0}^2 (\overline{\varphi_{j0}(t)} + \bar{t} \varphi_{j0}'(t) + \psi_{j0}(t)), \\ \overline{f_1(t)} &= - \overline{\varphi_{2\cdot0}(t)} - \bar{t} \varphi_{2\cdot0}'(t) - \psi_{2\cdot0}(t), \\ \overline{f_2(t)} &= - \overline{\varphi_{1\cdot0}(t)} - \bar{t} \varphi_{1\cdot0}'(t) - \psi_{1\cdot0}(t). \end{aligned} \quad (4)$$

Приняв направление обхода контуров L_j в положительном направлении относительно области S , составим для функции $\varphi_1(\zeta)$ функциональные уравнения

$$\frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\overline{\varphi_1(t)} + \bar{t} \varphi_1'(t)}{t - \zeta} dt = \sum_{j=0}^2 \frac{1}{2\pi i} \int_{L_j} \frac{\overline{f_j(t)}}{t - \zeta} dt - G_j \quad (5)$$

внутри L_j ($j = 0, 1, 2$), причем $L = L_0 + L_1 + L_2$.

Введем в рассмотрение функции

$$\alpha_{j, k-1} = \frac{a_{j, k-1}}{a_{j, k-1} + (\zeta - a)}, \quad \beta_{j, k-2} = \frac{b_{j, k-2}}{b_{j, k-2} + \zeta},$$

$$\vartheta_{j, k-1} = \frac{a_{j, k-1}}{a_{j, k-1} - (\alpha + a)}, \quad (6)$$

$a_{j, k-1} = r \mu'_{j, k-1}$, $b_{j, k-2} = r \mu_{j, k-2}$ ($j = 1, 2, 3; k = 1, 2, \dots$);
где μ'_{jk} и μ_{jk} — цепные дроби, определяемые по формулам

$$\mu'_{j, 3k-2} = (0,5 \varepsilon^{-1} - \mu_{j, 2k-3})^{-1}, \quad \mu'_{j, 3k-1} = (0,5 \varepsilon^{-1} + \mu_{j, 2k-3})^{-1}, \quad (7)$$

$$\mu'_{j, 3k} = (\varepsilon^{-1} - \mu'_{j, k-1})^{-1},$$

$$\mu'_{j, 2k-1} = (0,5 \varepsilon^{-1} - \mu'_{j, k-1})^{-1}, \quad \mu_{j, 2k} = -\mu_{j, 2k-1},$$

$$\mu'_{1,0} = \mu_{1,-1} = 2\varepsilon, \quad \mu'_{2,0} = \varepsilon, \quad \mu'_{3,0} = \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}, \quad \mu_{2,1} = \frac{2\varepsilon}{1-2\varepsilon}.$$

Далее обозначим

$$\xi_{j, k-1}^{-1} = -\mu'_{j, k-1} \cdot \mu'_{j, 3k}, \quad \xi_{j, 2k-3}^{-1} = -\mu_{j, 2k-3} \cdot \mu'_{j, 3k-2},$$

$$\xi_{j, 2k-2}^{-1} = \mu_{j, 2k-3} \cdot \mu'_{j, 3k-1}, \quad \xi_{j, k-1}^{\prime\prime -1} = -\mu'_{j, k-1} \cdot \mu_{j, 2k-1}. \quad (8)$$

Пусть α_k , β_k и ϑ_k — функции, содержащие в качестве параметров цепные дроби μ'_k и μ_k . Последние могут быть определены из формул (7), если отбросить в них индексы i и заменить в правых частях k на $k+1$. Соответственно для величин ξ'_k , ξ_k и ξ''_k будем иметь

$$\xi_k^{-1} = -\mu'_k \cdot \mu'_{3k}, \quad \xi_{2k-1}^{-1} = -\mu_{2k-1} \cdot \mu'_{3k-2}, \quad \xi_{2k}^{-1} = \mu_{2k-1} \cdot \mu'_{3k-1},$$

$$\xi_k^{\prime\prime -1} = -\mu'_k \cdot \mu_{2k-1}. \quad (9)$$

Очевидно, функции α_{jk} и ϑ_{jk} , а также α_k и ϑ_k регулярны соответственно вне L_1 и L_2 , а функции β_{jk} и β_k — вне L_0 .

В области регулярности функций (6) возможны представления

$$\beta_{j, 2k-3}^m = \lambda_{j, 2k-3}^m \sum_{k_1=m}^{\infty} C_{-m}^{k_1-m} \nu_{j, 2k-3}^{k_1-m} \beta_1^{k_1}, \quad \beta_{j, 2k-2}^m = \lambda_{j, 2k-3}^m \times$$

$$\times \sum_{k_1=m}^{\infty} C_m^{k_1-m} \nu_{j, 2k-3}^{k_1-m} \beta_2^{k_1},$$

$$\alpha_{j, 3k-2}^m = \lambda_{j, 3k-2}^m \sum_{k_1=m}^{\infty} C_{-m}^{k_1-m} \nu_{j, 3k-2}^{k_1-m} \alpha_1^{k_1},$$

$$\alpha_{j, 3k-1}^m = \lambda_{j, 3k-1}^m \sum_{k_1=m}^{\infty} C_{-m}^{k_1-m} \nu_{j, 3k-1}^{k_1-m} \alpha_2^{k_1}, \quad (10)$$

$$\alpha_{j, 3k}^m = \lambda_{j, 3k}^m \sum_{k_1=m}^{\infty} C_{-m}^{k_1-m} \nu_{j, 3k}^{k_1-m} \alpha_2^{k_1} \quad (j = 1, 2, 3; k = 1, 2, \dots);$$

в которых введены обозначения

$$\lambda_{j, 2k-3} = \frac{\mu_{j, 2k-3}}{\mu_1}, \quad \lambda_{j, 3k-2} = \frac{\mu'_{j, 3k-2}}{\mu_1}, \quad \lambda_{j, 3k-1} = \frac{\mu'_{j, 3k-1}}{\mu_2},$$

$$\lambda_{j, 3k} = \frac{\mu'_{j, 3k}}{\mu_2}, \quad (11)$$

$$\nu_{j, 2k-3} = 1 - \lambda_{j, 2k-3}, \quad \nu_{j', 3k-2} = 1 - \lambda_{j', 3k-2},$$

$$\nu_{j', 3k-1} = 1 - \lambda_{j', 3k-1}, \quad \nu_{j', 3k} = 1 - \lambda_{j', 3k}.$$

Аналогичным образом функцию $\alpha_{1,0}$ будем представлять в форме бесконечного ряда по степеням α_1 , а функции $\alpha_{2,0}$ и $\alpha_{3,0}$ —по степеням α_2 .

Опустив в формулах (10) индексы j и заменив в первых двух формулах k на $k+1$, получим формулы разложения для соответствующих функций α_k и β_k .

Заменив в формулах (10) функции α с соответствующими индексами на функции β с такими же индексами, получим аналогичные формулы разложения для функций $\beta_{j,k}$ и β_k .

Функцию $\varphi_1(\zeta)$ будем искать в виде

$$\varphi_1(\zeta) = \frac{P}{2\pi} \left\{ \chi(\zeta) + \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^s (A_{km}(\alpha_k^m - \beta_k^m) + A_{3k, m}(\alpha_{3k}^m - \beta_{3k}^m) + B_{2k-1, m}(\beta_{2k-1}^m - \beta_{2k}^m)) \right\}, \quad (12)$$

где $\chi(\zeta)$ —функция, регулярная в S , A_{km} и B_{km} —вещественные коэффициенты, подлежащие определению, а s' —некоторое фиксированное число.

Заменим в уравнении (5) функцию $\varphi_1(\zeta)$ ее выражением из равенства (12) и вычислим интегралы, содержащиеся в его левой части, считая точку ζ расположенной внутри L_2 и $L_0^{(1)}$. Отбросив некоторые постоянные, получим

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^s \left\{ ((-\xi_k)^m \sum_{k_1=m}^s C_{k_1}^m A_{k, k_1}) \beta_k + F_{2k-1, m} \beta_{2k-1}^m + \right. \\ & + F_{2k, m} \beta_{2k}^m - f_{6k, m}' (\beta_{6k-1}^m - \beta_{6k}^m) + ((-\xi_k)^m \sum_{k_1=m}^s C_{k_1}^m A_{3k, k_1} + F_{k, m}') \alpha_k + \\ & \left. + F_{3k, m}' \alpha_{3k}^m - f_{3k, m}' \alpha_{9k}^m \right\} - \sum_{m=1}^s (f_{3m} \alpha_4^m - f_{4, m} \alpha_5^m) = \quad (13) \\ & = \sum_{j=0}^2 \frac{1}{2\pi i} \int_{L_j} \frac{2\pi}{P} \frac{\overline{f_j(t)} - \overline{\chi(t)} - \overline{i\chi'(t)}}{t - \zeta} dt + \delta' \frac{r}{\zeta - a} + \varepsilon'' \frac{r}{\zeta} \end{aligned}$$

внутри L_2 ,

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^s \left\{ ((-\xi_k)^m \sum_{k_1=m}^s C_{k_1}^m B_{2k-1, k_1} + F_{k, m}'') (\alpha_k^m - \beta_k^m) + \right.$$

(† В силу геометрической и силовой симметрии достаточно воспользоваться лишь двумя уравнениями (5).

$$\begin{aligned}
 & + F''_{3k,m} (\alpha_{3k}^m - \vartheta_{3k}^m) - f''_{3k,m} (\alpha_0^m - \vartheta_0^m) \} - \sum_{m=1}^s (f_{3,m} (\alpha_4^m - \vartheta_4^m) - \\
 & - f_{4,m} (\alpha_5^m - \vartheta_5^m)) = \sum_{j=0}^2 \frac{1}{2\pi i} \int_{L_j} \frac{2\pi \overline{f_j(t)} - \overline{\chi(t)} - \overline{fX'(t)}}{t - \zeta} dt + \\
 & + \delta' \left(\frac{r}{\zeta - a} + \frac{r}{\zeta + a} \right) \quad \text{внутри } L_0, \quad (14)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta' = \sum_{k=1}^2 (\mu_k' g_{k-1}' + 2\mu_3' f_{k-1}' + \mu_3' g_{3k-1}' + 2\mu_9' f_{3k-1}' + \\
 + \mu_{3k-2}' f_{2k-1-1}' - \mu_{3k-1}' f_{2k-1}'), \quad (15)
 \end{aligned}$$

$$\delta'' = \sum_{k=1}^2 (\mu_{2k-1} f_{k-1} + \mu_{6k-1} f_{3k-1} + \mu_{2k-1}^{-1} \sum_{m=1}^s m B_{2k-1,m}).$$

Введем в левые части функциональных уравнений (14) и (15) разложения для функций α_k , β_k и ϑ_k ($k \neq 1, 2$), а интегралы их правых частей представим в форме

$$\begin{aligned}
 & \sum_{j=0}^2 \frac{1}{2\pi i} \int_{L_j} \frac{2\pi \overline{f_j(t)} - \overline{\chi(t)} - \overline{fX'(t)}}{t - \zeta} dt = \\
 & = \begin{cases} \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^{\infty} (\Delta'_{km} \beta_k^m + \Delta_{3k,m} \alpha_k^m) + \Delta' \frac{r}{\zeta - a} + \Delta'' \frac{r}{\zeta} \\ \text{внутри } L_2, \\ \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^{\infty} \Delta_{2k-1,m} (\alpha_k^m - \vartheta_k^m) + \Delta' \left(\frac{r}{\zeta - a} + \frac{r}{\zeta + a} \right) \\ \text{внутри } L_0. \end{cases} \quad (16)
 \end{aligned}$$

Сопоставим теперь в обеих частях функционального уравнения (13) выражения при одинаковых α_k^m и β_k^m , а в уравнении (14)—при одинаковых двучленах $\alpha_k^j - \vartheta_k^m$. Положив, далее,

$$\begin{aligned}
 A_{km} = \sum_{j=0}^{\infty} A_{k,m}^{(j)}, \quad A_{3k,m} = \sum_{j=0}^{\infty} A_{3k,m}^{(j)}, \quad B_{2k-1,m} = \sum_{j=0}^{\infty} B_{2k-1,m}^{(j)} \\
 (k = 1, 2; \quad m = 1, 2, \dots, i), \quad (17)
 \end{aligned}$$

получим для искомым коэффициентов рекуррентные формулы

$$- \xi_1^m \sum_{k=m}^s (a_{km} A_{1,k}^{(j)} + b_{k,m} B_{1,k}^{(j)}) = \sum_{k=1}^m C_{-k}^{m-k} (-F_{3,k}^{(j-1)}) \lambda_3^k \gamma^{m-k} + q_k^{*(j-1)},$$

(¹ Здесь и в дальнейшем сохранены обозначения, принятые в работе [2].

$$(-\xi_1)^m \sum_{k=m}^s (b_{km} A_{1,k}^{(j)} + a_{k,m} B_{1,k}^{(j)}) = \sum_{k=1}^m C_{-k}^{m-k} f_{3k}^{(j-1)} \lambda_4^k \nu_4^{m-k}; \quad (18)$$

$$(-\xi_2)^m \sum_{k=m}^s C_k^m A_{2,k}^{(j)} + F_{1,m}^{(j)} = - \sum_{k=1}^m C_{-k}^{m-k} (F_{4k}^{(j-1)} \lambda_3^k \nu_3^{m-k} + q''_{k,m}^{(j-1)}),$$

$$(-\xi_1')^m \sum_{k=m}^s C_k^m A_{2,k}^{(j)} + F_{1,m}^{(j)} = \sum_{k=1}^m C_{-k}^{m-k} f_{3k}^{(j-1)} \lambda^k \nu_4^{m-k}; \quad (19)$$

$$\begin{aligned} (-\xi_2')^m \sum_{k=m}^s C_k^m A_{6,k}^{(j)} + F_{2,m}^{(j)} + \sum_{k=1}^m C_{-k}^{m-k} F_{3k}^{(j)} \lambda^k \nu_3^{m-k} = \\ = \sum_{k=1}^m C_{-k}^{m-k} (-F_{6k}^{(j-1)} \lambda_6^k \nu_6^{m-k} + q'_{k,m}^{(j-1)}), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (-\xi_5')^m \sum_{k=m}^s C_k^m B_{3,k}^{(j)} + F_{2,m}^{(j)} + \sum_{k=1}^m C_{-k}^{m-k} F_{3k}^{(j)} \lambda^{m-k} \nu^{m-k} = \\ = \sum_{k=1}^m C_{-k}^{m-k} (-F_{6k}^{(j-1)} \lambda_6^k \nu_6^{m-k} + q'_{k,m}^{(j-1)}) \end{aligned} \quad (20)$$

$$(j = 1, 2, \dots; m = 1, 2, \dots, s).$$

При $j = 0$ необходимо заменить правые части формул (18) ÷ (20), равные в этом случае нулю, соответствующими коэффициентами разложения (18).

При $m = 1$ левые части формул (18) равны друг другу, поэтому при $j = 0$ должно выполняться условие

$$\Delta'_{1,1} = \Delta_{1,1}. \quad (21)$$

Далее, из равенства правых частей формул (18) при $m = 1$ вытекают еще два условия

$$\mu_6'^{-1} \sum_{k=1}^s k A_{6,k}^{(j)} - \mu_6' f_{2,1}^{(j)} - \mu_9' f_{3,1}^{(j)} - \mu_{18} f_{6,1}^{(j-1)} = 0, \quad (22)$$

$$\mu_3'^{-1} \sum_{k=1}^s k B_{3,k}^{(j)} - \mu_3' f_{2,1}^{(j)} - \mu_5' f_{3,1}^{(j)} - \mu_{11} f_{6,1}^{(j-1)} = 0 \quad (j = 1, 2, \dots).$$

Для того чтобы условия (22) соблюдались при $j = 0$, необходимо, чтобы коэффициенты разложения удовлетворяли следующим равенствам:

$$\mu_1 (\Delta_{1,1} + \Delta'_{2,1} - \Delta'_{3,1}) + \mu_2' \Delta'_{6,1} = 0, \quad \Delta'_{6,1} = \Delta_{3,1}. \quad (23)$$

Выполнение условий (21) и (23) обеспечивается соответствующим выбором формы представления функции $\chi(\zeta)$.

Из эквивалентности формул (20) при $m = 1$ следует, что для определения коэффициентов $A_{1,1}^{(j)}$ и $B_{1,1}^{(j)}$ имеется лишь одно уравнение.

Поэтому можно оставить, например, коэффициент $A_{1,1}^{(0)}$ неопределенным, а все остальные коэффициенты $A_{1,1}^{(j)}$ ($j = 1, 2, \dots$) определять из условия, налагаемого на второе уравнение (22) при $m = 2$, а именно

$$F''_{2,2}^{(j)} + \sum_{k=1}^2 C_{2,2}^{-k} (F''_{2,1}^{(j)} \lambda_{2,2}^k \nu_{2,2}^{2-k} + F''_{0,k}^{(j-1)} \lambda_{0,k}^k \nu_{0,k}^{2-k} - q'_{k,2}^{(j-1)}) = 0. \quad (24)$$

Функцию $\chi(\chi)$ будем искать в виде

$$\begin{aligned} \chi(\chi) = & \sum_{j=1}^2 A_{j,0} (\alpha_{j,0} - \vartheta_{j,0}) + 2A_{2,0} (\beta_{1,-1} - \beta_{1,0}) + \\ & + A_{0,1}^* (\alpha_6 - \vartheta_6) + B_{3,1}^* (\beta_3 - \beta_4) + \frac{1}{1+\chi} \ln \frac{(\chi+a) \vartheta_{2,3} \beta_{2,2}}{(\chi-a) \alpha_{2,3} \beta_{2,1}} + \\ & + \frac{\chi}{1+\chi} \ln \frac{\alpha_{1,1} \vartheta_{1,2}}{\alpha_{1,2} \vartheta_{1,1}} + \ln \frac{(\chi-a) \alpha_{2,2} \alpha_{3,0} \beta_{2,-1} \vartheta_{2,1}}{(\chi+a) \vartheta_{2,2} \vartheta_{3,0} \beta_{2,0} \alpha_{2,1}} - \\ & - (1 - \mu_{2,0}^2) (\alpha_{3,0} - \vartheta_{3,0}) - (1 - \mu_{2,-1}^2) (\beta_{2,-1} - \beta_{2,0}), \end{aligned} \quad (25)$$

где $A_{j,0}$ ($j = 1, 2$), $A_{0,1}^*$ и $B_{3,1}^*$ — вещественные коэффициенты, подлежащие определению. Из условий (21) и (23) находим, что

$$\begin{aligned} A_{2,0} &= \frac{1}{2} A_{1,0} - \varepsilon \mu_1 (2 \Delta_{1,1}^{(0)} - \Delta_{1,1}^{(0)'} + \Delta_{2,1}^{(0)'} - \Delta_{3,1}^{(0)'}) - \varepsilon \mu_2 (2 \Delta_{0,1}^{(0)} - \Delta_{0,1}^{(0)'}), \\ A_{0,1}^* &= - \frac{\mu_0'}{1 - \xi_{0,2}'} (\mu_{2,3} A_{2,0} \xi_{2,0}^{-1} + \mu_1 (\Delta_{3,1}^{(0)'} - \Delta_{1,1}^{(0)} - \Delta_{2,1}^{(0)'}) - \mu_2 \Delta_{3,1}^{(0)}), \\ B_{3,1}^* &= - \mu_3 (\mu_{2,1} A_{2,0} \xi_{2,0}^{-1} + \mu_{1,1} A_{0,1}^* \xi_{0,1}^{-1} - \\ & - \mu_1 (\Delta_{1,1}^{(0)} + \Delta_{3,1}^{(0)'}) - \mu_2 (2 \Delta_{3,1}^{(0)} - \Delta_{0,1}^{(0)'})^2. \end{aligned} \quad (26)$$

Содержащийся в последних формулах коэффициент $A_{1,0}$, а также неопределенный пока коэффициент $A_{1,1}^{(0)}$ находятся из совместного решения уравнений

$$\delta' + \Delta' = 0, \quad \delta'' + \Delta'' = 0. \quad (27)$$

Эти соотношения непосредственно вытекают из сопоставления выражений при $\frac{r}{\chi-a}$ и $\frac{r}{\chi}$ в функциональном уравнении (13) и в равенстве (16).

В таблице приведены значения коэффициентов A_{km} и B_{km} , вычисленные при $\frac{r}{a} = 0,45$ для случая, когда в выражениях (19) удерживаются первые три приближения. В ней введены замены $A_{0,1} \rightarrow A_{0,1} + A_{0,1}^*$ и $B_{3,1} \rightarrow B_{3,1} + B_{3,1}^*$.

Численные расчеты показывают, что все приближения, начиная от $j = 2$, оказывают незначительное влияние на величины искомых коэф-

([†] Коэффициенты $\Delta_{km}^{(0)'}$ и $\Delta_{k'n}^{(0)}$ найдем после замены функции $\chi(\chi)$ в равенстве (16) пятью последними слагаемыми равенства (25).

ფიციენტოვ და იმი მკნო პრენებრეჩ დამე ვ ნაიბოლე ნებლაგოპრიატნოხ სლუჩაიხ, კოგდა გრანიცი ვესმა ბლიკი დრუგ კ დრუგუ.

m	$A_{1 \cdot m}$	$B_{1 \cdot m}$	$A_{2 \cdot m}$
1	2,296505	-2,175118	3,295199
2	$-6,03924 \cdot 10^{-1}$	$4,57855 \cdot 10^{-1}$	$-3,28898 \cdot 10^{-1}$
3	$-1,44324 \cdot 10^{-2}$	$6,07225 \cdot 10^{-3}$	$-1,18906 \cdot 10^{-1}$
4	$-1,01879 \cdot 10^{-3}$	$2,50603 \cdot 10^{-3}$	$7,46941 \cdot 10^{-2}$
5	$-2,38255 \cdot 10^{-4}$	$7,19054 \cdot 10^{-5}$	$-8,47094 \cdot 10^{-4}$
6	$-1,03576 \cdot 10^{-4}$	$4,68126 \cdot 10^{-6}$	$5,38714 \cdot 10^{-5}$
7	$-2,12,02 \cdot 10^{-5}$	$7,17889 \cdot 10^{-5}$	$-3,58343 \cdot 10^{-6}$

m	$A_{3 \cdot m}$	$A_{6 \cdot m}$	$B_{6 \cdot m}$
1	-2,156036	$-6,19161 \cdot 10^{-1}$	-2,211333
2	$5,04114 \cdot 10^{-1}$	$7,93936 \cdot 10^{-2}$	$-5,74757 \cdot 10^{-2}$
3	$-2,34026 \cdot 10^{-2}$	$-2,92322 \cdot 10^{-2}$	$1,07822 \cdot 10^{-2}$
4	$4,3002 \cdot 10^{-3}$	$-1,83184 \cdot 10^{-4}$	$-1,57292 \cdot 10^{-3}$
5	$-2,15390 \cdot 10^{-5}$	$-1,76487 \cdot 10^{-6}$	$-3,20236 \cdot 10^{-4}$
6	$-1,2498 \cdot 10^{-7}$	$-6,92190 \cdot 10^{-8}$	$-1,67181 \cdot 10^{-5}$
7	$-1,73260 \cdot 10^{-8}$	$-2,07451 \cdot 10^{-9}$	$-3,13934 \cdot 10^{-6}$

ნა ფიგურე დანა ეპორა σ_0 ვ ტოქაჲ კონტურა L_0 , იკ ვოჯოი ვიდი-ნო, ჭო ვ ტოქაჲ $t = \pm r$ იმეეტ მესო ზნიჩიტელნა კონცენტრაცია ნა-პრიაჲნიეი, ბოუსლოვლენნა ბლიკოხტოუ გრანიცი ხარაქტერო ვნეშნიხ ნა-გრუკო.

Всесоюзный научно-исследовательский
конструкторско-технологический институт
подшипниковой промышленности

(Поступило в редакцию 16.11.1965)

დრეკადობის თეორია

8. ნაროდეკი

მეშუსსული ქალების მოკმედება სამი წრიული ხვრელის
მკონემ უსასრულო ფირფიტაზე

რეზიუმე

კომპლექსური ცვლადის ფუნქციითა თეორიის აპარატით გამოკვლეულია დაძაბული ველი სამი ერთნაირი ზომის წრიული ხვრელით შესუსტებულ დრეკად უსასრულო ფირფიტაში, როცა ორი კიდურა ხვრელის საზღვარზე შეყურსული ძალები მოქმედებს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Мухелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1954.
2. М. З. Народецкий. Симметричное нагружение пластинки, ослабленной тремя круговыми отверстиями. Сообщения АН ГССР, XL:2, 1965.

ГИДРОМЕХАНИКА

С. В. МЕУНАРГИЯ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОЛЬНОГО ОСУШИТЕЛЬНОГО
КАНАЛА ПРИ КОНЕЧНОЙ ГЛУБИНЕ ВОДОНОСНОГО
ПЛАСТА

(Представлено членом-корреспондентом Академии П. Г. Шенгелия 21.6.1966)

Метод гидродинамических аналогий (ЭГДА) широко применяется при решении различных технических задач.

Вопросы применения этого метода при решении задач фильтрации подробно рассмотрены в работах [1, 2].

В настоящей работе нами изложена методика определения некоторых характеристик фильтрационного потока при моделировании задач притока грунтовых вод к каналу (руслу) произвольного поперечного сечения на электропроводной бумаге и интеграторе ЭГДА-9/60, дано решение числового примера.

Пусть требуется решить плоскую задачу о притоке грунтовых вод к каналу произвольного поперечного сечения. Канал проложен в однородном грунте конечной толщины, подстилаемом горизонтальным водоупором. Координаты точек профиля канала и водоупора даются в таблице (рис. 1).

Для функции потенциала скорости φ и функции тока ψ имеем следующие граничные условия: на линии смоченного периметра канала (3—8) $\varphi=0\%$; на линиях СА и ВМ $\varphi=100\%$. Функция потенциала скорости на кривых депрессии СД и КМ равна $\varphi=\kappa u$.

На электропроводной бумаге в определенном масштабе наносим карандашом профиль канала так, чтобы ось его поперечного профиля была совмещена с вертикальной осью симметрии модели грунта (рис. 1). Разность между уровнем воды в канале и дневной поверхностью H делим на 10 равных частей и проводим вспомогательные линии. По живому сечению канала (3—4—5—6—7—8) наклеиваем тонкую медную пластинку при помощи специального электропроводного клея ([3], § 4).

Вдоль бортов канала (1—3) в (8—11) оставляем полосы шириной 2,5 см для расстановки проволочных шин, а остальную часть поперечного профиля канала вырезаем. На оставленных полосках горизонтально наклеиваем тонкие медные проволоки, прикладывая к ним потенциалы

так, чтобы дневной поверхности соответствовало $\varphi=100\%$, а уровню воды в канале $\varphi=0\%$ (рис. 1).

Таким образом, вдоль бортов канала 1—3 и 8—11 потенциал принудительно распределяется по линейному закону от $\varphi=100\%$ до 0% , как это необходимо для построения кривых депрессии.

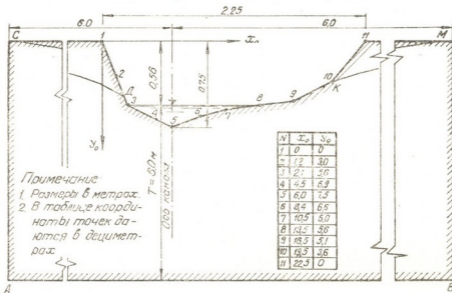


Рис. 1

Так как кривые депрессии CD и KM наперед неизвестны, то бумагу вырезаем так, чтобы искомые линии CD и KM были внутри вырезанной из бумаги модели.

В начале опыта на модели определяем кривые депрессии CD и KM . В качестве нулевого приближения берем горизонтальную линию, совпадающую с дневной поверхностью. Затем на построенных прямых ($\varphi=90\%$ от H , $\varphi=80\%$ от H и т. д.) находим точки, имеющие потенциал $\varphi=90\%$, $\varphi=80\%$ и т. д. После этого, обрезав модель несколько выше отмеченных точек, отступая от них примерно на 3—4 мм, вновь производим те же операции до тех пор, пока все точки $\varphi=90\%$, $\varphi=80\%$, $\varphi=10\%$ не разместятся на пересечении кривых депрессии со вспомогательными линиями.

Точки пересечения кривых депрессий с бортами канала D и K являются точками выхода, а расстояния $D-3$ и $8-K$ — промежутками высачивания (рис. 1).

Далее строим обычным способом линии равного потенциала (совпадающие с линиями равного напора) через 10% , а также определяем эквипотенциаль φ_m , имеющую точку разветвления M на линии водоупора (рис. 2).

В данном примере $\varphi_m=72.2$. Эквипотенциаль φ_m разграничивает два различных типа эквипотенциалей: эквипотенциали, начинающиеся на ли-

ниях депрессии и заканчивающиеся на линии водоупора, и эквипотенциали, начальная и конечная точки которых лежат на линиях депрессии. Точка *M* является особой точкой грунтового потока.

Полный фильтрационный расход воды, поступающий в канал, определяем из данной модели посредством подключения стандарта к нулевой шине (см. рис. 2) и измерения потенциала.

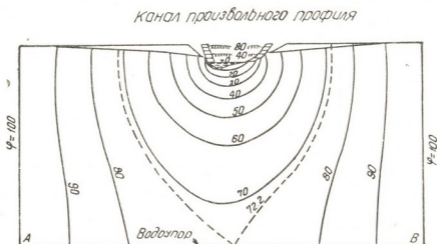


Рис. 2. Модель произвольного канала с нанесением эквипотенциалей

Стандарт изготавливается из той же электропроводной бумаги, что и модель.

После определения полного фильтрационного расхода воды переходим к построению линий тока, предварительно изготовив модель грунта для обращенной задачи.

Граничных линий тока в данном случае будет три: линии депрессии *CD*, *KM* и линия водоупора *AB*.

По линии водоупора в обращенной задаче устанавливаем металлические шины, а вдоль кривых депрессии наклеиваем тонкую медную проволоку. Далее, по граничным эквипотенциалам $\varphi=0\%$ и $\varphi=100\%$ (см. рис. 2) обрезаем бумагу, в результате чего устанавливаем изоляцию.

Так как полный фильтрационный расход воды протекает между кривыми депрессии *CD* и *KM*, поэтому на шину *KM* подаем значение $\varphi=100\%$, на шину *CD*— $\varphi=0\%$, а шину *A—M—B* вначале оставляем не подключенной к питающему устройству интегратора (рис. 1 и 3).

Ввиду того что в обращенной задаче линия тока *A—M—B* реализована при помощи металлической шины, то вдоль нее функция будет иметь постоянное значение. В нашем примере оно оказалось равной $\psi_m=48,3\%$.

В самой области движения грунтовых вод одна из линий тока будет иметь то же самое значение $\psi = \psi_m$. Эта линия должна выходить из особой точки M перпендикулярно к линии $A-M-B$. Таким образом, линия тока (см. рис. 3) должна состоять из линии водоупора и ортогонального к ней криволинейного участка, выходящего из точки M .

Канал произвольного профиля

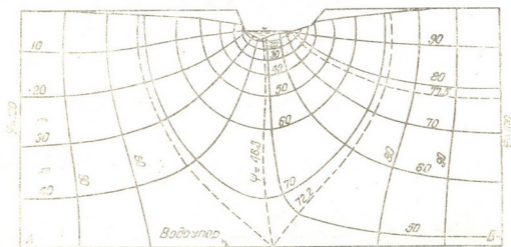


Рис. 3. Гидродинамическая сетка движения грунтовых вод для произвольного профиля канала

Линия $\psi = \psi_m$ делит поток грунтовых вод на две части, первая из которых попадает в левую часть поперечного сечения канала, а вторая — в правую часть сечения канала.

Численное значение ψ_m характеризует величину этих потоков.

В данном примере (рис. 2) поток, поступающий в канал от левого контура питания, составляет 48,3% от полного расхода Q , поступающего в канал.

Построив затем обычным путем остальные линии тока и совместив их с линиями равного потенциала, получим гидродинамическую сетку движения грунтовых вод к каналу, представленную на рис. 2.

„В точке M поток грунтовых вод разветвляется. При этом ортогональность гидродинамической сетки в точке M нарушается: две ветви линии тока, проходящие через точку M , образуют с эквипотенциалью (для которой является угловой точкой углы в 45° , а не прямые, как это имеет место в любой точке потока“ ([2], § 102).

При заданных размерах поперечного сечения произвольного канала и однородного водоносного пласта (рис. 1) определяем значение полного фильтрационного расхода воды, поступающего в канал, и вместе

систем выясняем, какой процент от полного расхода будет поступать в канал через поверхности высачивания.

Изготовив опытную модель по данным примера (рис. 1), приступаем к построению линии депрессии указанным выше способом.

Полный фильтрационный расход, отнесенный к 1 п. м. длины канала, определяем по формуле ([2], § 98)

$$Q = \frac{ak_{ст}H}{l} \frac{\varphi_0}{100 - \varphi_0}, \quad (1)$$

где a и l — стороны стандарта; $k_{ст}$ — коэффициент фильтрации; H — напор; φ_0 — потенциал на нулевой шине, выраженный в процентах. При $a = l$ формула упрощается.

Для уменьшения погрешности, вызванной неоднородностью самого стандарта при определении расхода по данной формуле, мы измеряли потенциал на четырех стандартах и в качестве окончательного значения брали среднее арифметическое (см. таблицу).

№ стандарта	I	II	III	IV	Среднее значение
Значение потенциала, %	54,9	52,1	55,0	51,5	53,38

Подставляя в формулу (1) среднее значение потенциала на нулевой шине и полагая, что $k_{ст} = 1$ м/сут, получаем:

$$Q = \frac{\varphi_0}{100 - \varphi_0} \cdot 0,560 = \frac{53,38}{100 - 53,38} \cdot 0,56 = 0,638 \text{ м}^2/\text{сут},$$

Здесь $H = 0,56$ м (см. рис. 1). Полный фильтрационный расход, который поступает в канал при $a = l$, равняется $Q = 0,6384 \text{ м}^2/\text{сут}$.

Определим, какой процент полного расхода поступает в канал через поверхности высачивания ($D-3$) и ($K-8$).

Для этого в обращенной задаче измерительную иглу устанавливаем в точке (3), записав значение потенциала, иглу переставляем в точку (8) и отмечаем величину потенциала. Помножив значение потенциала в процентах на полный фильтрационный расход, получим расход воды, поступающий в канал через поверхность высачивания.

Так, например, с левого борта канала через поверхность высачивания поступает 10% от полного расхода (рис. 2), что составляет

$$q_л = 0,6384 \times 0,10 = 0,0638 \text{ м}^2/\text{сут},$$

а с правого борта канала поступает

$$q_п = (1 - 0,775) \cdot 0,6384 = 0,1436 \text{ м}^2/\text{сут}.$$

Таким образом, на 1 п. м. длины канала через поверхности высачивания поступает расход, равный

$$q_n + q_n = 0,0638 + 0,1436 = 0,2074 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Тбилисский государственный
 университет

(Поступило в редакцию 21.6.1966)

ჰიდრომეხანიკა

ს. მეუნარგია

ნებისმიერი ამომზრობი აკანის მოდელირება წყალშონადი
 პლასტის სასრულო ჩაღრმავებისას

რეზიუმე

ჩვენ მიერ შემუშავებული მეთოდიკა ფილტრაციული ნაკადის ზოგიერთი პახსიათებლის განსასაზღვრავად სწორკუთხა კვეთის ამომზრობი არხებისათვის [1, 2] განვანოვადეთ ნებისმიერი პროფილის მქონე არხის მოდელირების შემთხვევისათვის. კონკრეტულ მაგალითში თანმიმდევრულად ნაჩვენებია ამომზრობ არხში ჩაქონილი ფილტრაციული ნაკადის ხარჯის ანგარიში.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. В. Меунаргия. Моделирование притока грунтовых вод к открытым каналам прямоугольного профиля при наличии промежутка высачивания. Сообщения АН ГССР, XXXV, 2, 1964.
2. П. Ф. Фильчаков. Теория фильтрации под гидротехническими сооружениями. т. 2. Изд. АН УССР, 1960.
3. П. Ф. Фильчаков, В. И. Панчишин. Моделирование потенциальных полей на электропроводной бумаге. Изд. АН УССР. Киев, 1961.

Ш. Л. БЕБИАШВИЛИ, О. М. НАМИЧЕИШВИЛИ

КОНТРОЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ФОРСИРОВАННОМ РЕЖИМЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианашвили 2.7.1966)

Проведение испытаний изделий на надежность в эксплуатационных условиях связано со значительными затратами времени и материальных средств. Кроме того, получаемая в результате подобных испытаний информация может потерять свою ценность из-за несвоевременности ее получения. Указанные обстоятельства ставят задачу проведения ускоренных испытаний на надежность, т. е. испытаний в форсированном режиме, более жестком сравнительно с эксплуатационными условиями. При этом режим можно рассматривать в виде некоторого вектора \vec{R} , компонентами которого являются электрическая и механическая нагрузки, температура окружающей среды, влажность воздуха и т. п. Для достижения желаемой степени ускорения на практике обычно бывает достаточным форсирование режима лишь по некоторым из указанных компонент, выступающих в качестве определяющих. Кроме того, для ускорения процесса испытаний на надежность могут использоваться динамические режимы [1], а также специальные методы математической статистики, позволяющие получить достаточно достоверную информацию о надежности тех или иных изделий по анализу отказов небольшого количества испытываемых образцов за малый промежуток времени.

При проведении форсированных испытаний встают две проблемы, разрешение которых имеет исключительно важное значение. Форсирование режима по той или иной компоненте сверх некоторого критического значения может привести к возникновению таких отказов, которые в эксплуатационных условиях вовсе не наблюдаются. Определение этого критического значения компоненты, по которой происходит форсирование режима, составляет содержание первой проблемы, успешно решаемой в работе [2]. Вторая же касается установления однозначной связи между данными испытаний в форсированном режиме и эксплуатационных условиях.

Наиболее целесообразными представляются форсированные испытания элементов систем, поскольку испытания самих систем связаны с



большими материальными затратами. При этом, зная характеристики надежности отдельных элементов, полученные путем форсированных испытаний, можно будет оценить и надежность всей системы, составленной из данных элементов.

Задача форсированных испытаний исключительно сложна и весьма далека от полного решения, хотя ей и посвящено значительное число работ.

Ниже дается методика проведения грубых контрольных испытаний типовых элементов в форсированном режиме в предположении, что выбраны определяющая компонента режима и ее количественная мера R , определено понятие отказа, а физическая картина его не зависит от условий испытаний.

Берутся n выборок однотипных изделий объемом m_i ($i = \overline{1, n}$) каждая и ставятся на испытание в режимах $R_{\Phi 1}, R_{\Phi 2}, \dots, R_{\Phi n}$.

Если R_0 характеризует эксплуатационные условия, то должны иметь место следующие соотношения:

$$R_{\Phi i} > R_0, \quad (1)$$

где

$$i = \overline{1, n}.$$

Предполагается, что математическое ожидание T_0 времени безотказной работы испытываемых элементов есть функция режима R :

$$T_0 = T_0(R). \quad (2)$$

Для форсированных режимов $R_{\Phi i}$ ($i = \overline{1, n}$) получают следующие значения математического ожидания времени безотказной работы изделия:

$$\left. \begin{aligned} T_0^{(1)} &= T_0(R_{\Phi 1}), \\ T_0^{(2)} &= T_0(R_{\Phi 2}), \\ &\dots \\ &\dots \\ T_0^{(n)} &= T_0(R_{\Phi n}). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Задача ускоренных испытаний, т. е. задача нахождения значения $T_0(R_0)$ по данным $T_0(R_{\Phi i})$ ($i = \overline{1, n}$), может ставиться и решаться как задача экстраполяции, иными словами, как задача отыскания функции $T_0(R)$ вне области G по конечному числу n заданных значений $T_0(R_{\Phi 1}), T_0(R_{\Phi 2}), \dots, T_0(R_{\Phi n})$ внутри области G .

Для решения этой задачи искомую функцию $T_0(R)$ можно экстраполировать в виде некоторого полинома

$$t_0(R) = \sum_{k=0}^M A_k \cdot (R_{\Phi 1} - R)^k, \quad (4)$$

где степень экстраполирующего полинома выбирается по соотношению

$$M \leq n - 1, \quad (5)$$

Коэффициенты же A_k ($k = \overline{0, M}$) находятся из следующей системы $M + 1$ уравнений:

$$\begin{array}{l}
 A_0 = T_0(R_{\Phi 1}), \\
 \sum_{k=0}^M A_k \cdot (-h)^k = T_0(R_{\Phi 2}), \\
 \sum_{k=0}^M A_k \cdot (-2h)^k = T_0(R_{\Phi 3}), \\
 \dots \\
 \sum_{k=0}^M A_k \cdot [-(M-1)h]^k = T_0(R_{\Phi M}), \\
 \sum_{k=0}^M A_k \cdot (-Mh)^k = T_0(R_{\Phi M+1}),
 \end{array} \quad (6)$$

где h является постоянным „шагом“ экстраполирования и определяется соотношением

$$h = R_{j+1} - R_j \quad (7)$$

для любого значения индекса j ($j = \overline{1, n-1}$).

Найденный таким образом экстраполяционный полином $t_0(R)$ будет совпадать с искомой функцией $T_0(R)$ в точках $R_{\Phi i}$ ($i = \overline{1, n}$). В остальных же точках, вообще говоря, $t_0(R)$ может отклоняться от $T_0(R)$, что обуславливает погрешность самого метода экстраполирования. Оценить ее не представляется возможным, поскольку аналитический вид функции $T_0(R)$ не известен. Поэтому только экспериментальные исследования могут выявить пригодность излагаемого метода.

Другая ошибка связана с неточностью определения значений $T_0(R_{\Phi i})$. Для оценки погрешности в определении последних можно воспользоваться распределением Стьюдента

$$\varphi(T) = \frac{\Gamma\left(\frac{l+1}{2}\right)}{\sqrt{l\pi} \cdot \Gamma\left(\frac{l}{2}\right)} \cdot \left(1 + \frac{T^2}{l}\right)^{-\frac{l+1}{2}}, \quad (8)$$

где l —число степеней свободы.

Пусть $\tau(R_{\Phi i})$ —истинное значение математического ожидания времени безотказной работы испытываемых изделий, а ε_i —абсолютная погрешность в определении $\tau(R_{\Phi i})$ по выборке объема m_i . Тогда достоверность экспериментального результата $T_0(R_{\Phi i})$ определяется вероятностью

$$\alpha_i = B_{\Phi} \{ \tau(R_{\Phi i}) - \varepsilon_i \leq T_0(R_{\Phi i}) \leq \tau(R_{\Phi i}) + \varepsilon_i \}. \quad (9)$$

Если $T_{\alpha i}$ есть решение уравнения

$$\alpha_i = \int_{-T_{\alpha i}}^{+T_{\alpha i}} \varphi(T) dT, \quad (10)$$

а S_i —выборочное среднее квадратическое отклонение, то

$$\varepsilon_i = T_{\alpha i} \cdot \frac{S_i}{\sqrt{m_i}}. \quad (11)$$

Значение $T_{\alpha i}$ для $l = m_i - 1$ и α_i протабулированы [8]:

$$T_{\alpha i} = T_{\alpha i}(\alpha_i, m_i - 1), \quad (12)$$

так что окончательно имеем

$$\varepsilon_i = T_{\alpha i}(\alpha_i, m_i - 1) \cdot \frac{S_i}{\sqrt{m_i}}. \quad (13)$$

Выборочное смещенное среднее квадратическое отклонение S_i определяется по формуле

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{m_i - 1} \cdot \sum_{j=1}^{m_i} [T_j(R_{\Phi i}) - T_0(R_{\Phi i})]^2}. \quad (14)$$

В соотношении (13) ε_i характеризует интервал доверия результата о $T_0(R_{\Phi i})$, а α_i —уровень достоверности этого интервала.

Чтобы выявить пригодность изложенного метода контрольных испытаний типовых элементов в форсированном режиме, были проведены экспериментальные исследования, цель которых состояла в сравнении величины среднего времени безотказной работы изделия, получаемой по соотношению (4) для эксплуатационных условий со средним временем его безотказной работы, наблюдаемым в опыте. Для этого в качестве испытываемых элементов нами были взяты лампы типа 6 Н 2 П, принадлежащие одной партии. В качестве определяющей компоненты режима R была выбрана величина напряжения накала U_n , а в качестве критерия безотказности—нахождение анодного тока J_a лампы в пределах от 1,80 до 2,70 ма. Испытания проводились в нормальном ($R_3 = 6,3$ в) и форсированных режимах при напряжениях накала $R_{\Phi 1} = 6,8$ в; $R_{\Phi 2} = 7,2$ в; $R_{\Phi 3} = 7,6$ в; $R_{\Phi 4} = 8,0$ в. „Шаг“ форсирования был выбран равным $\Delta = 0,4$ в. Объем каждой из четырех выборок ($n = 4$) ламп, испытывав-

шихся в форсированных режимах, составлял 10 ($m_i = 10$; $i = \overline{1, 4}$). В нормальном же режиме испытанию подвергалась выборка ламп объемом в 40 штук.

Как в нормальном, так и в форсированных условиях лампы испытывались в рабочем режиме в схеме мультивибратора. При этом анодное напряжение U_a было стабилизировано, равно как и напряжение накала, и составляло 250 в.

При выбранном критерии среднее время безотказной работы составило 5 870 часов в нормальном режиме, 1 800 часов при напряжении накала $R_{\Phi 1} = 6,8$ в, 550 часов при напряжении накала $R_{\Phi 2} = 7,2$ в, 350 часов при напряжении накала $R_{\Phi 3} = 7,6$ в и, наконец, 95 часов при напряжении накала $R_{\Phi 4} = 8,0$ в. Эти результаты приведены на рис. 1—3.

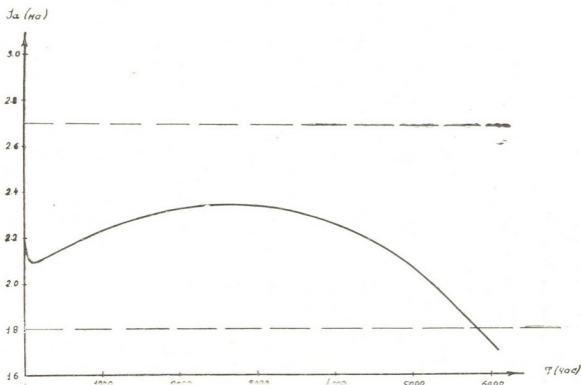


Рис. 1. Изменение анодного тока лампы 6Н2П во времени при напряжении накала 6,3 в (усреднено по результатам испытаний 40 ламп)

С вероятностью $\alpha = 0,95$ доверительные интервалы для полученных в эксперименте средних времен безотказной работы при различных напряжениях накала соответственно составляли ± 150 часов, ± 200 часов, ± 25 часов, ± 13 часов и ± 3 часов.

Степень экстраполирующего полинома M была выбрана равной трем ($M = n - 1$). По данным испытаний в форсированных режимах вычисления согласно соотношениям (4) и (5) для среднего времени безотказ-

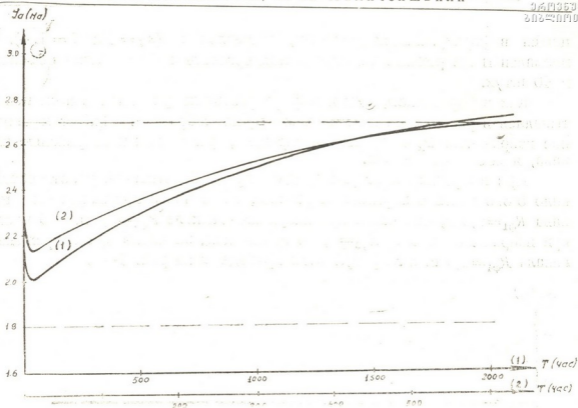


Рис. 2. Изменение анодного тока лампы 6Н2П во времени (усреднено по результатам испытаний 10 ламп): 1— $U_H=6,8$ в; 2— $U_H=7,2$ в

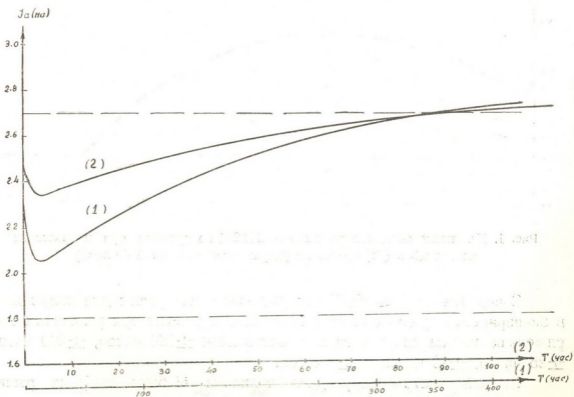


Рис. 3. Изменение анодного тока лампы 6Н2П во времени (усреднено по результатам испытания 10 ламп): 1— $U_H=7,6$ в; 2— $U_H=8$ в

ной работы в нормальных условиях при выбранном критерии безотказности дали значение 6 360 часов. Погрешность этого результата составляла $\pm 1\,070$ часов. Сюда не включаются ошибки самого метода экстраполяции, которые не представляется возможным оценить.

В пределах указанных погрешностей экспериментальные исследования дают удовлетворительное согласие с теоретически предсказываемым средним временем безотказной работы триода 6 Н 2 П в нормальных условиях по данным испытаний в форсированных режимах. Поэтому изложенная методика может быть рекомендована для контрольных испытаний типовых элементов ускоренно. Результаты ее экспериментальной проверки интерпретированы графически на рис. 4.

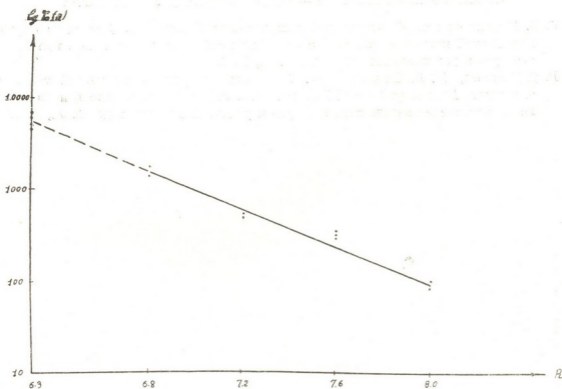


Рис. 4. Зависимость среднего времени безотказной работы лампы 6 Н 2 П от напряжения накала (критерий безотказности—нахождение анодного тока в пределах от 1,80 до 2,70 ма)

Когда $R_{\text{фт}} - R_0 \gg h$, для повышения точности экстраполирования ему следует придать „скользящий“ характер.

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 2.7.1966)

ა. ბაზიაშვილი, ო. ნამიჩეიშვილი

ტიპობრივ ელემენტთა საკონტროლო გამოცდები
 ფორსირებულ რეჟიმში

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ტიპობრივი ელემენტების საკონტროლო გამოცდების მეთოდოლოგია ფორსირებულ რეჟიმში და მოყვანილია ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები, რომლებიც მის გამოსადეგობაზე მოწმობენ.

ღამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Р. Матвиенко. Форсирование испытания на надежность. Доклад на Первой Всесоюзной межвузовской конференции по проблемам повышения надежности электро- и радиотехнических изделий. Л., 1966.
2. Л. Я. Пешес, М. Д. Степанова. Методика ускоренных испытаний типовых элементов. Доклад на Первой Всесоюзной межвузовской конференции по проблемам повышения надежности электро- и радиотехнических изделий. Л., 1966.



В. Р. БЕРЕЗОВСКИЙ, Ш. Ш. ГВАТУА, Р. Н. КУХАРСКИЙ,
 В. В. МУМЛЯДЗЕ

ПОДАВЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МОД В ИЗЛУЧЕНИИ РУБИНОВОГО ЛАЗЕРА

(Представлено академиком В. И. Мамасахлисовым 11.10.1965)

Целью работы было исследование характеристики оптического квантового генератора, составленного из отдельных кусков. Такой лазер может быть получен, если соединить вместе несколько лазерных стержней с плоскопараллельными концевыми поверхностями.

В ряде работ [1, 2] даны теоретические результаты и предварительные экспериментальные данные, касающиеся поведения многоэлементного лазера.

Как известно, генерация оптических квантовых генераторов на твердом теле состоит из ряда типов колебаний (мод), возбуждающихся во всем объеме кристалла. Вероятнее всего, что эти моды являются аксиальными, удовлетворяющими условию

$$2L\mu = l\lambda, \tag{1}$$

где

- L —расстояние между зеркалами резонатора,
- μ —показатель преломления активного вещества,
- λ —длина волны генерации,
- l —целое число.

Нами сравнивались спектры излучения квантовой генерации лазера, составленного из отдельных кусков, со спектром излучения лазера, состоящего из одного куска.

Так как поверхность раздела между элементами лазера служит частичным отражателем света, то в случае излучения многоэлементного лазера появляется возможность отбора отдельных типов колебаний вплоть до получения одной моды, в то время как в сплошном стержне это практически невозможно [3].

Рабочим веществом был выбран рубиновый стержень. Сплошной стержень имел длину 75 мм и диаметр 6,5 мм, многоэлементный состоял из пяти кусков, каждый длиной 15 мм, диаметром 6,5 мм, так что общая длина активного вещества многоэлементного лазера равнялась дли-

не сплошного стержня. Для резонатора употреблялись внешние плоские зеркала с диэлектрическими покрытиями, коэффициенты отражения которых равнялись 74 и 97% соответственно.

Спектры излучения изучались с помощью эталона Фабри—Перо за один импульс накачки „интегрально“. Расстояние между зеркалами интерферометра выбиралось равным 4 мм. Интерференционная картина

регистрировалась на фотопленке, помещенной в фоновальной плоскости фотокамеры с фокусным расстоянием $f=270$ мм.

На рис. 1, 2, 3 даются интерференционные картины трех случаев: 1) от сплошного рубина, 2) от пяти кусков, расположенных вплотную друг к другу, 3) от пяти кусков, между которыми выдерживалось расстояние 0,02 мм.

Интерференционная картина (рис. 1) получена от сплошного лазера. Случаи *a*, *b* соответствуют пороговому значению „накачки“, а *c* и *d*—превышению порога в 1,2 раза. Здесь присутствует большое число

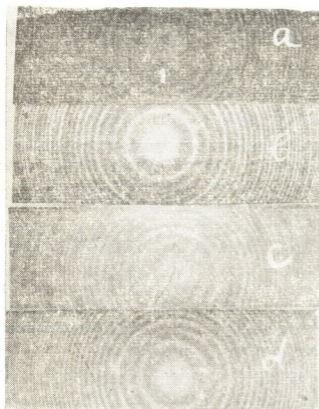


Рис. 1

мод, причем длина волны, измеренная в этом случае, равняется $6945 \text{ \AA} \pm 7 \text{ \AA}$, а полуширина линии излучения $\delta\nu = 1,12 \text{ см}^{-1} \pm 0,01$. На рис. 2 даны интерференционные картины для второго случая. Случаи *a* и *b* соответствуют пороговому значению „накачки“, *c*, *d*—превышению порога в 1,2 раза. Как видно из интерференциограммы, число мод значительно уменьшается. Однако с увеличением энергии „накачки“ число мод возрастает.

Длина волны излучения $\lambda = 6941 \text{ \AA} \pm 7 \text{ \AA}$, а полуширина линии излучения $\delta\nu = 0,745 \text{ см}^{-1} \pm 0,01$.

На рис. 3 приведены интерференциограммы для случая пятиэлементного лазера с расстоянием между элементами 0,02 мм. Случай *a* соответствует пороговому значению „накачки“, а *b* и *c*—превышению порога в 1,2 раза. В этом случае присутствует только одна мода, но



Рис. 2

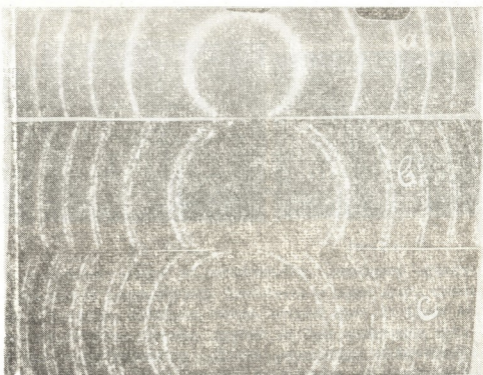


Рис. 3

при превышении порога наблюдается увеличение их числа до трех. Длина волны излучения в этом случае $\lambda = 6942 \text{ \AA} \pm 7 \text{ \AA}$, а полуширина линии излучения $\delta\nu = 0,19 \text{ см}^{-1} \pm 0,02 \text{ см}^{-1}$.

Таким образом, наблюдается тенденция уменьшения числа мод при переходе от сплошного лазера к многоэлементному и соответственное уменьшение полуширины линии излучения.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт кибернетики
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 11.10.1965)

ფიზიკა

მ. ბერეჟოვსკი, შ. შ. გვათუა, რ. კუხარსკი, რ. მუმლაძე

ზოგიერთი მოღებვის ჩახშობა რუბინის ლაზერის
 ბამოსხივებაში

რ ე ზ ი უ მ ე

ამ შრომაში ნაჩვენებია, რომ რუბინის რამდენიმე ელემენტისაგან შემდგარი ლაზერი ვენერირებს ნაკლებ მოღებს, ვიდრე მთლიანი. ეს განსაკუთრებით მკვეთრად ჩანს, როდესაც ლაზერის ელემენტებს შორის დაცულია 0,02 მმ-ის ტოლი მანძილი. გამოსხივების სპექტრის ხაზის სიგანის გაზომვის შედეგად აღმოჩნდა, რომ მრავალელემენტური ლაზერის შემთხვევაში ხაზის ნახევარი სიგანე მცირდება.

დამოწმებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАНИЈА ЛИТЕРАТУРА

1. H. Starz, C. L. Tang. Multimode Oscillations in Solid-State Masers. J. Appl. Phys., 35, 5, 1964.
2. R. Pratesi, G. Toraldo di Francia, L. Ronchi. Many-Element Lasers. Nuovo Cimento. XXXIV, 1, 1964. 40.
3. C. L. Tang, H. Statz, G. de Mars. Spectral Output and Spining Behavior of Solid-State Lasers. J Appl. Phys., 34, 8. 1963.

ФИЗИКА

Г. А. ГОЛЬДШТЕИН, А. А. МИКАБЕРИДЗЕ, В. В. МУМЛАДЗЕ,
 Н. В. ЦОЦХАЛИШВИЛИ

НАБЛЮДЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТИПОВ
 КОЛЕБАНИЙ В He-Ne ЛАЗЕРЕ

(Представлено академиком В. И. Мамасахлисовым 11.10.1965)

Как известно, резонансные частоты колебаний лазера являются функцией длины резонатора Π . Целью работы было исследование периодических изменений типа колебаний, происходящих в связи с непрерывным увеличением длины резонатора. Для этого были применены два He-Ne лазера типа „ЛАК“,

генерирующих на волне $\lambda = 6328 \text{ \AA}$. Резонатор состоял из плоского и вогнутого зеркал с радиусом кривизны 1 м, расстояние между которыми равнялось 0,5 м. Диаметр газоразрядной трубки 3 мм. Зеркала и трубка были укреплены на чугунном кронштейне. Анод питался постоянным током. Для большей стабилизации накачки накал катода осуществлялся от аккумулятора. В этом слу-

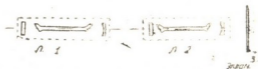


Рис. 1



Рис. 2 а

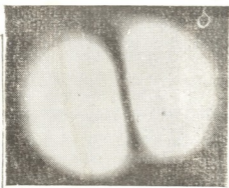


Рис. 2 б

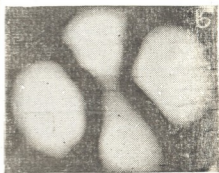


Рис. 2 в

чае измеренная пульсация лазера по интенсивности равнялась приблизительно 1%. Два лазера располагались относительно друг друга таким образом, чтобы луч одного проходил сквозь второй (рис. 1). Один из лазеров находился в рабочем режиме, другой не был включен и представлял собой пассивный резонатор. Длина резонатора включенного лазера менялась непрерывно из-за нагрева кронштейна от газоразряд-



ной трубки. По подсчетам нагрев кронштейна на $0,06^{\circ}\text{C}$ должен был вызвать изменение длины резонатора на $\lambda/2$ ($\lambda = 6328 \text{ \AA}$).

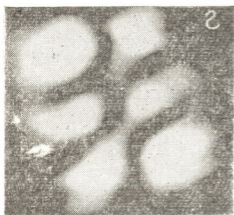


Рис. 2 г

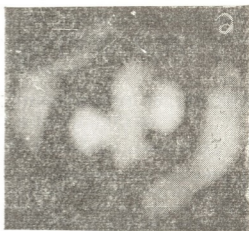


Рис. 2 д

На экране наблюдалось пятно со структурой определенной моды. Интенсивность его постоянно нарастала, затем убывала до нуля.

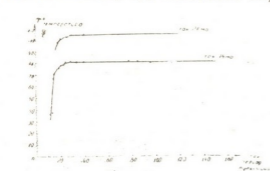


Рис. 3

Спустя некоторое время пятно вновь появлялось, но с другой конфигурацией—другая мода и т. д. После определенного числа чередующихся мод (обычно 5—8) цикл повторялся.

На рис. 2 даны фотографии пяти чередующихся мод, наблюдаемых при одной из настроек пассивного резонатора и резонатора лазера. Число мод в цикле и сами моды сильно зависят от угла между осями лазера и от настройки резонатора. Это чередование мод не зависит от расстояния между резонаторами 1 и 2.

На рис. 3 представлена зависимость периода пульсации мод от температуры поверхности газоразрядной трубки при постоянном токе разряда, а на рис. 4—зависимость температуры газоразрядной трубки от

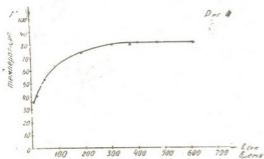


Рис. 4

времени. При постоянном режиме работы трубки ее температура со временем достигает насыщения. Очевидно, что такое же насыщение температуры и у чугунного основания, что и вызывает резкое увеличе-

ნე პერიოდა პულსაციი, ნაბლუდაემოე ნა რის. 3 პრი სტაბილიზაციი ტემპერატურის.

Таким образом, присутствие второго лазера, который представляет собой пассивный резонатор, пропускающий лишь определенные моды, позволяет выявить процесс чередования мод, происходящий в лазере в связи с непрерывным изменением длины резонатора. Без пассивного резонатора глаз наблюдает усредненную картину и не замечает этих изменений. Меняя настройку пассивного резонатора, можно получить разные группы чередующихся мод и вести визуальный контроль стабильности работы лазера.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт кибернетики
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 11.10.1965)

ფიზიკა

ბ. გოლდშტეინი, ა. მიჩაბერიძე, ვ. მუხლაძე, ნ. ცოცხალიშვილი

მოღებვის პერიოდული ცვლილება გაზურ ლაზერში He—Ne
 ნარეზში

რ უ ზ ი უ მ ე

დაკვირვებულ იქნა მოღებვის პერიოდული ცვლილება გაზურ ლაზერში პასიური რეზონატორის საშუალებით. ეს ცვლილება გამოწვეული იყო ლაზერის რეზონატორის ზომების ცვლილებით მისი გათბობის გამო. პასიური რეზონატორი გვაძლევს ლაზერის სამუშაო რეჟიმის სტაბილობის გამოკვლევის საშუალებას.

დავოწმებულ ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. W. R. Bennet. Gaseous Optical Masers. Appl. Optics, Suppl. n^o1 on Opt. Masers, 1962, 24—62.



ФИЗИКА

Р. И. ДЖИБУТИ

ФОТОЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ НА ЯДРЕ Li^6 С ВЫХОДОМ
 СЛОЖНЫХ ЧАСТИЦ

(Представлено академиком В. И. Мамасахлисовым 30.5.1966)

Изучение структуры и динамических свойств ядра Li^6 привлекает внимание многих исследователей. В настоящее время существуют три модели этого ядра: 1) оболочечная модель, в которой для нуклонов s и p оболочек берутся самосогласованные поля одного типа (один и тот же осцилляторный параметр) или двух типов (различные осцилляторные параметры); 2) двухчастичная модель, в которой ядро Li^6 представляется состоящим из двух кластеров; 3) трехчастичная модель, в которой Li^6 рассматривается в виде трех тел $\alpha + n + p$. Во многих теоретических работах [1 — 3] указывается на преимущество второй модели для основного состояния ядра Li^6 . Наиболее вескими аргументами в пользу этой модели являются слабая связь дейтрона с α -частицей и относительно большая величина приведенной ширины конфигурации $\alpha + d$ для основного состояния.

В последнее время проведены экспериментальные исследования [4, 5] по фотодезинтеграции ядра Li^6 с целью проверки второй модели. Исключительный интерес представляют результаты по реакциям $Li^6(\gamma, d)He^4$ и $Li^6(\gamma, H^3)He^3$, так как они, согласно заключению авторов работы [5], находятся в резком противоречии с двухчастичной моделью ядра Li^6 . Целью настоящей работы является качественное рассмотрение этих реакций. Показано, что результаты работы [5] можно объяснить на основе известного предположения о зависимости приведенной ширины двухчастичной конфигурации от энергии возбуждения.

Основными результатами работы [5], противоречащими чистой модели $\alpha + d$ для основного состояния ядра Li^6 , являются своеобразный спектр фотодейтронов из реакции $Li^6(\gamma, d)He^4$ и большая величина сечения реакции $Li^6(\gamma, H^3)He^3$ в области энергии $20 \text{ Mev} \cong E_\gamma \cong 30 \text{ Mev}$. Рассмотрим их в отдельности.

Заключение о резком противоречии между теорией и экспериментом для спектра фотодейтронов из реакции $Li^6(\gamma, d)He^4$ было сделано на основе сравнения экспериментальных данных с теоретическим спек-

ром, полученным в борновском приближении. Поэтому представляет интерес прежде всего провести расчет с учетом взаимодействия продуктов реакции. Ниже мы покажем, что учет последнего эффекта не устраняет противоречия между теорией и экспериментом.

1. На важность эффекта взаимодействия в конечном состоянии в реакциях кулоновского возбуждения и электродезинтеграции ядра Li^6 при низких энергиях возбуждения было указано в работе [6]. В этой работе возбужденные состояния 3^+ (2,18 Mev), 2^+ (4, 52 Mev) и 1^+ (5, 5 Mev) ядра Li^6 считаются дискретными состояниями кластерного типа, волновые функции которых отличаются от волновой функции основного

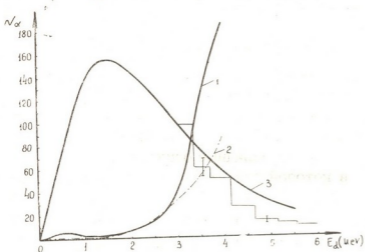


Рис. 1. Спектр фотодейтронов из реакции $\text{Li}^6(\gamma, d)\text{He}^4$. Кривые 1 и 2—теоретические спектры, вычисленные в пункте 2, кривая 3—теоретический спектр, вычисленный в пункте 3. Экспериментальные точки взяты из работы [5]

2^+ и 1^+ ядра Li^6 никак не удовлетворяют этому требованию.

В реакциях кулоновского развала основной вклад дает переход на уровень 3^+ и поэтому проведенное в работе [6] разделение вкладов резонансного и нерезонансного переходов можно считать оправданным. В экспериментальной же работе [5] спектр фотодейтронов изучен в той области энергии ($E_d \cong 3$ Mev), где играют роль состояния 2^+ и 1^+ и вышеотмеченное разделение уже не будет корректным. Корректным можно считать лишь такое рассмотрение, когда в качестве волновой функции конечного состояния используется функция, описывающая $\alpha - d$ -рассеяние. Конечно, эта волновая функция будет содержать все резонансные состояния.

2. Ограничиваясь квадрупольным и магнитным дипольным членами в операторе взаимодействия γ -кванта с системой $\alpha + d$ (дипольный член равен нулю) и опуская постоянные множители, сечение реакции $\text{Li}^6(\gamma, d)\text{He}^4$ с учетом взаимодействия продуктов реакции в конечном состоянии получаем в виде

состояния лишь угловой частью. В таком приближении сечение возбуждения этих уровней просто добавляется к сечению кулоновского развала ядра Li^6 с переходом в непрерывный спектр. Но ясно, что такое разделение резонансных и нерезонансных вкладов в сечении более или менее оправдано лишь в том

случае, когда уровни ядра достаточно узки. Если и можно уровень 3^+ считать узким, но уровни

$$\sigma(F_\gamma) \sim q^3 E_\gamma \sum_{J=1}^3 (2J+1) \left| \int_0^\infty R_{2J}(r) \frac{dR(r)}{dr} r^3 dr \right|^2, \quad (1)$$

где \vec{q} —волновой вектор вылетающего дейтрона; E_γ —энергия подающего γ -кванта; J —полный спин конечного состояния; $R_{2J}(r)$ —радиальная волновая функция конечного состояния с орбитальным моментом $l = 2$ и спином J ; $R(r)$ —радиальная волновая функция начального состояния.

Радиальную волновую функцию конечного состояния берем в виде

$$R_{2J}(r) = \exp[i\delta_{2J}] [\cos \delta_{2J} J_2(qr) - \sin \delta_{2J} n_2(qr)], \quad (2)$$

где δ_{2J} —фаза рассеяния дейтрона на He^4 ; $J_2(qr)$ и $n_2(qr)$ —сферические функции Бесселя и Неймана.

Как известно, функция (1) правильно описывает состояние лишь вне области действия ядерных сил, но мы ее распространяем и вовнутрь этой области, так как вклад последней не является существенным из-за наличия сильного обрезывающего множителя ($r^4 \div r^6$) в подынтегральном выражении.

Расчеты показывают, что результаты не очень чувствительны к выбору вида радиальной волновой функции начального состояния. Однако резонансы в спектре фотодейтронов более четко выражены в случае таких волновых функций начального состояния, которые сосредоточены в основном около поверхности ядра. Такое свойство имеет, например, функция кластерного типа [3]

$$R(r) \sim r^2 \exp \left[-\frac{2}{3} \beta r^2 \right]; \quad \beta = 0,329 f^{-2}. \quad (3)$$

Используя формулы (1), (2) и (3), можно вычислить спектр фотодейтронов из реакции $\text{Li}^6(\gamma, d)\text{He}^4$. Результат расчета представлен на рис. 2 в виде кривой 1 вместе с экспериментальными данными из работы [6]. Фазы рассеяния дейтрона на He^4 взяты из работы [7]. Низкий максимум на кривой 1 при $E_d \sim 0,7$ Мев обусловлен резонансным поведе-

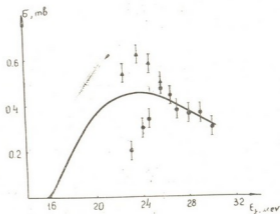


Рис. 2. Сечение реакции $\text{Li}^6(\gamma, H^3)\text{He}^6$. Сплошная кривая—теоретическое сечение, Экспериментальные точки взяты из работы [5]: \blacktriangle —максимальное значение сечения, полученное без учета вклада реакции $\text{Li}^6(\gamma, dp)\text{H}^3$; \triangle —минимальное значение сечения, полученное с учетом этого вклада

нием фазы δ_{22} , а быстрый подъем кривой при $E_d > 3$ Mev—резонансным поведением фаз δ_{22} и δ_{21} . Кривая 2 на рис. 1 дает спектр фотодейтронов в борновском приближении. Сравнение этой кривой с экспериментальными данными указывает на большое расхождение между теорией и экспериментом, а сравнение кривой 1 с экспериментальными данными показывает, что учет взаимодействия в конечном состоянии не приводит к улучшению согласия между экспериментом и теорией.

Теперь рассмотрим реакцию $\text{Li}^6(\gamma, H^3)\text{He}^3$. На основе модели $\alpha + d$ эту реакцию можно представить протекающей согласно механизму: α -частица поглощает γ -квант, вследствие чего происходит развал $\gamma + \text{He}^4 \rightarrow H^3(\text{He}^3) + p(n)$. Далее, на второй стадии реакции протон (нейтрон), освобожденный из α -частицы, подхватывает дейтрон и получаются конечные продукты реакции. Легко видеть, что такой механизм даст значительно меньшее значение для сечения, чем это наблюдается в эксперименте ($\sigma_{\text{max}}^{\text{эсп}} = 0,4 \div 0,6$ mb) [5].

3. Так как преобладание кластерной конфигурации $\alpha + d$ для основного состояния ядра Li^6 подтверждается многочисленными результатами как экспериментального, так и теоретического характера, то представляется правдоподобным искать объяснение результатов работы [5] как по реакции $\text{Li}^6(\gamma, d)\text{He}^4$, так и по реакции $\text{Li}^6(\gamma, H^3)\text{He}^3$, оставаясь в рамках двухчастичной модели этого ядра и лишь вводя дополнительное предположение о том, что приведенная ширина кластерной конфигурации в ядре является функцией энергии возбуждения, иными словами, принимая во внимание, что разные энергетические состояния допускают разные кластерные представления [8—10]. На основе этого предположения легко объяснить аномально большие величины сечения реакций различных двухчастичных каналов в разных областях энергии γ -квантов. Действительно, в рамках двухчастичной модели влновую функцию начального и конечного состояния ядра следует представить в виде

$$\psi_i = \sum_{\lambda} (C_{\lambda}^i)^{1/2} A \{ \Phi_{\lambda}^i(\vec{R}) \varphi_{1\lambda}^i \varphi_{2\lambda}^i \chi_{\sigma}^{\lambda i} \}, \quad (4)$$

$$\psi_f = \sum_{\lambda} [C_{\lambda}^f(E^*, \varepsilon_{\lambda})]^{1/2} A \{ \Phi_{\lambda}^f(\vec{R}) \varphi_{1\lambda}^f \varphi_{2\lambda}^f \chi_{\sigma}^{\lambda f} \}, \quad (5)$$

где C_{λ}^i —приведенная ширина двухчастичной конфигурации в канале λ для основного состояния ядра; $C_{\lambda}^f(E^*, \varepsilon_{\lambda})$ —приведенная ширина двухчастичной конфигурации в канале λ для возбужденного состояния ядра с энергией возбуждения E^* ; ε_{λ} —порог канала λ ; $\Phi_{\lambda}^i(\vec{R})$ и $\Phi_{\lambda}^f(\vec{R})$ —волновые функции относительного движения кластеров в канале λ в начальном и конечном состояниях; $\varphi_{1\lambda}$ и $\varphi_{2\lambda}$ —внутренние волновые функции

кластеров; $\chi_{\sigma\tau}$ —спин-изоспиновая функция; A —означает полную антисимметризацию.

Анализ довольно многочисленных экспериментальных данных показывает, что большое количество уровней ядра с большими ширинами расположено в основном вблизи порогов двухчастичного развала [10]. Исходя из этого факта естественно предположить, что функция $C_{\lambda}^i(E^*, \epsilon_{\lambda})$ принимает максимальное значение при $E^* \sim \epsilon_{\lambda}$.

Применительно к ядру Li^6 вышесказанное означает, что при энергии возбуждения $E^* \sim \epsilon_d$ ($\epsilon_d = 1,5$ Mev—порог реакции $\text{Li}^6(\gamma, d)\text{He}^4$) будет преобладать конфигурация $4 + 2$, а при энергии возбуждения $E^* \sim \epsilon_t$ ($\epsilon_t = 15,7$ Mev—порог реакции $\text{Li}^6(\gamma, H^3)\text{He}^3$)—конфигурация $3 + 3$. Поэтому хотя $C_{4+2}^i \gg C_{3+3}^i$, но в процессе фоторасщепления ядра Li^6 при $E_{\gamma} \sim 16 \div 30$ Mev $C_{3+3}^f(E_{\gamma}, \epsilon_t) \gg C_{4+2}^f(E_{\gamma}, \epsilon_d)$ и в этой области энергии естественно ожидать большой выход тритонов.

На основе рассмотренного механизма сечения реакций $\text{Li}^6(\gamma, d)\text{He}^4$ и $\text{Li}^6(\gamma, H^3)\text{He}^3$ можно рассчитать по аналогии с сечением фоторасщепления дейтрона. При этом следует осторожно подходить к выбору вида волновых функций основного и конечного состояния. Дело в том, что если в качестве волновых функций основного и конечного состояний берутся собственные функции не одного и того же гамильтониана, то при расчете сечения фоторасщепления ядер, например, в дипольном приближении получаются совершенно различные результаты в зависимости от того, берем ли мы в качестве матричного элемента перехода выражение $(\vec{J} \vec{A})_{if}$ или $(\vec{E} \vec{D})_{if}$ (\vec{J} и \vec{D} —ток и дипольный момент нуклона в ядре; \vec{A} и \vec{E} —вектор-потенциал и электрический вектор γ -кванта) [11]. Исходя из этого можно ожидать, что неудовлетворительный результат, полученный в пункте 2 для реакции $\text{Li}^6(\gamma, d)\text{He}^4$, частично вызван неортогональностью волновых функций (2) и (3).

Идя по аналогии с проблемой фоторасщепления дейтрона и учитывая вышеотмеченное обстоятельство, можно допустить, что между кластерами действует центральный потенциал с нулевым радиусом действия [12]. Тогда волновые функции относительного движения кластеров в начальном и конечном состояниях будут иметь вид

$$\Phi_{\lambda}^i(\vec{R}) = \sqrt{\frac{\gamma_{\lambda}}{2\pi}} \frac{\exp\{-\gamma_{\lambda} R\}}{R}, \quad \gamma_{\lambda} = \left(\frac{2\mu_{\lambda}\epsilon_{\lambda}}{\hbar^2}\right)^{1/2}, \quad (7)$$

$$\varphi_{\lambda}^f(\vec{R}) = \exp\{i\vec{q}\vec{R}\} + \frac{1}{i q - \gamma_{\lambda}} \frac{\exp\{-i\gamma_{\lambda} R\}}{R}, \quad (8)$$

где μ_{λ} —приведенная масса в канале λ ; \vec{q} —волновой вектор относительного движения в конечном состоянии.

Волновые функции (7) и (8) ортогональны. Легко показать, что результаты, полученные при использовании матричных элементов $(\vec{J} \vec{A})_{ij}$ и $(\vec{E} \vec{D})_{ij}$, совпадают друг с другом.

На основе формул (4), (5), (7) и (8) легко вычислить спектр фотодейтронов из реакции $\text{Li}^6(\gamma, d)\text{He}^4$. Опуская постоянные множители для спектра в приближении $E \gg M_1$, получаем

$$\sigma(E_d) \sim \frac{E_d^{3/2}}{(E_d + \varepsilon_d)^3} C_{i+2}^f(E_d + \varepsilon_d, \varepsilon_d), \quad (9)$$

где E_d —энергия дейтрона в с. ц. м. Аналогично, принимая, что $\varphi_{1\lambda}^i = \varphi_{1\lambda}^f$ и $\varphi_{2\lambda}^i = \varphi_{2\lambda}^f$, для сечения реакции $\text{Li}^6(\gamma, H^3)\text{He}^3$ в приближении $E \gg M_1$ получаем

$$\sigma(F_\gamma) = \frac{8\pi}{9} \frac{e^2}{hc} \frac{h^2}{M} C_{s+3}^i C_{s+3}^f(E_\gamma, \varepsilon_t) \frac{\varepsilon_t^{1/2} (F_\gamma - \varepsilon_t)^{3/2}}{E_\gamma^3}. \quad (10)$$

В формулы (9) и (10) входят две неизвестные величины: функция C_λ^f в области энергии $E_\gamma \cong \varepsilon_\lambda$ и величина C_λ^i . Никаких теоретических соображений не существуют для определения этих величин. Можно попытаться определить их только из сравнения с экспериментальными данными. Вид функции C_λ^f можно подобрать таким образом, чтобы получить соответствующие эксперименту форму и местонахождение максимума сечения, а величину C_λ^i —определить из абсолютного значения сечения. Но, как известно [13], приближение нулевого радиуса действия ядерных сил в теории фоторасщепления в количественном отношении не является хорошим приближением.

По аналогии с теорией фоторасщепления дейтрона можно попытаться улучшить волновую функцию (7) введением нормировочного множителя $(1 - \gamma_\lambda r_0^\lambda)^{-1/2}$, где r_0^λ —эффективный радиус в канале λ . Тогда из сравнения теории с экспериментом для величины C_{s+3}^i и для эффективного радиуса триплетного взаимодействия тритона с He^3 в S -состоянии получаются разумные значения $C_{s+3}^i \cong 0,1$ и $r_0^t \cong 10^{-13}$ см. Однако следует указать, что данная оценка этих величин имеет лишь качественный характер, так как приближение нулевого радиуса действия ядерных сил является довольно грубым, особенно для реакции $\text{Li}^6(\gamma, H^3)\text{He}^3$. Из сравнения теории с экспериментом более надежно можно определить вид функции $C_\lambda^f(E_\gamma, \varepsilon_\lambda)$.

Приведенные на рис. 1 и 2 теоретические кривые для спектра фотодейтронов из реакции $\text{Li}^6(\gamma, d)\text{He}^4$ (кривая 3 на рис. 1) и для сечения реакции ${}^6_2\text{Li}^6(\gamma, H^3)\text{He}^3$ (сплошная кривая на рис. 2) построены при $C_\lambda^f(F_\gamma, \varepsilon_\lambda) = \exp\left(-\frac{|E_\gamma - \varepsilon_\lambda|}{\varepsilon_\lambda}\right)$. Спадающий характер функции C_λ^f находится в согласии с общим требованием и его можно связать с

фактом увеличения влияния других двухчастичных каналов, порог которых выше порога данного канала.

В данной работе мы рассмотрели возможности объяснения новых экспериментальных фактов [5] по фоторасщеплению ядра Li^6 в рамках модели нуклонных ассоциаций. Не исключено, что эти же факты можно понять и на основе других моделей ядра Li^6 . В этом отношении значительный интерес представляют результаты работы В. В. Балашова и Р. А. Эрамжяна [14], в которой на основе модели оболочек показано, что большой выход фототритонов из ядра Li^6 ожидается при энергии 17 — 18 Mev. На опыте же значительный выход фототритонов наблюдается при энергии 20—30 Mev. Это разногласие указывает на необходимость учета сильного эффекта смешивания конфигураций, обусловленного нуклонными корреляциями.

В заключение следует отметить, что рассмотренный в настоящей работе механизм реакции учитывает лишь такие возбужденные состояния ядра, энергия которых выше порога испускания нуклонной ассоциации и которые живут по отношению к испусканию данной ассоциации гораздо короче, чем, например, по отношению к испусканию γ -кванта.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт физики

(Поступило в редакцию 30.5.1966)

ფიზიკა

რ. ჯიბუბი

ფოტობირთვული რეაქციები Li^6 ბირთვზე ოთვლი
 ნაწილაკების გამოცვლით

რეზიუმე

ჩატარებულია $Li^6(\gamma, d)He^4$ და $Li^6(\gamma, H^3)He^3$ რეაქციების თეორიული განხილვა. ნაჩვენებია, რომ საბოლოო მდგომარეობაში ურთიერთქმედების ჩართვა არ აუმჯობესებს თანხმობას ექსპერიმენტსა და თეორიას შორის ფოტონდებიტრონების სპექტრისათვის $Li^6(\gamma, d)He^4$ რეაქციისაგან. ნაჩვენებია, რომ ცდებზე დაკვირვებული $Li^6(\gamma, d)He^4$ და $Li^6(\gamma, H^3)He^3$ რეაქციების ზოგიერთი განსაკუთრებულება, რაც წინააღმდეგობაშია Li^6 ბირთვის $\alpha + d$ მოდელთან, შეიძლება აიხსნას იმ დაშვებით, რომ ორნაწილაკოვანი კონფიგურაციის დაყვანილი სივანე ბირთვის აღგზნების ენერჯიის ფუნქციაა.

დამოწმიბული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Ш. Вашакидзе, Г. А. Чилашвили. Фотоэлектрическое расщепление ядра Li^6 . ЖЭТФ, 26, 1954, 254.
2. Т. И. Копалейшвили, И. Ш. Вашакидзе, В. И. Мамасахлисов, Г. А. Чилашвили. Альфа-дейтронная модель ядра Li^6 . ЖЭТФ, 38, 1960, 1758.

3. Y. C. Tang, K. Wildermuth, L. D. Pearlstein. Cluster Model Calculation on the Energy Levels of the Lithium Isotopes. *Phys. Rev.*, 123, 1961, 548.
4. S. Costa, S. Ferroni, V. Wataghin, R. Malvano. On the Photo-disintegration of Li^6 . *Phys. Lett.*, 4, 1963, 308.
5. G. Manuzion, R. Malvano, G. Ricco, M. Sanzone. Charged Photoparticles from Li^6 . *Nuovo Cimento*, 40, 1965, 300.
6. J. M. Hansteen, H. W. Wittern. Coulomb Disintegration of Li^6 . *Phys. Rev.*, 137, 1965, B 524.
7. L. S. Senhouse, Jr. and T. A. Tombrello. Excited states of Li^6 observed through $\text{He}^4 (d, d) \text{He}^4$. *Nucl. Phys.*, 57, 1964, 624.
8. В. И. Мамасахлисов. О некоторых особенностях в распределении изотопов атомных ядер. *ЖЭТФ*, 24, 1953, 190.
9. G. C. Phillips, T. A. Tombrello. A two-body Cluster Model of the Nucleus. *Nucl. Phys.*, 19, 1960, 555; 20, 1960, 648.
10. А. И. Базь. Некоторые вопросы теории легких ядер. Ядерные реакции при малых и средних энергиях. Изд. АН СССР, М., 1962.
11. Р. И. Джибути, В. И. Мамасахлисов, Т. С. Мачарадзе. К теории фоторасщепления легчайших ядер. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 29, 1965, 1141.
12. Л. Н. Розенцвейг, А. Г. Ситенко. Расщепление релятивистского дейтрона в электрическом поле ядра. *ЖЭТФ*, 30, 1956, 427.
13. Г. Бете, Ф. Моррисон. Элементарная теория ядра. ИЛ, М., 1958, 99.
14. В. В. Балашов, Р. А. Эрамжян. Гигантский резонанс фоторасщепления ядра Li^6 . Тезисы III Всесоюзной конференции по теории элементарных частиц. Ужгород, 1961. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 28, 1964, 1181.

Г. А. НАКАШИДЗЕ, С. М. АБРАМОВ, Б. Г. БЕДЕНАШВИЛИ,
Н. П. МАЧКАЛОВА, Л. М. КУТАЛАДЗЕ, И. Н. САГИНАШВИЛИ

О СПЕКТРАХ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ДИОДОВ НА ОСНОВЕ ФОСФИДА ГАЛЛИЯ

(Представлено академиком В. И. Мамасялисовым 13.6.1966)

Электролюминесценция диодов, изготовленных на основе фосфида галлия, была описана многими авторами [1—5].

Было установлено, что при электролюминесценции $p-n$ -переходов, смещенных в прямом направлении, наблюдается полосатый спектр излучения с ярко выраженными максимумами, тогда как при обратном смещении спектр излучения характеризуется одной сплошной полосой, которая охватывает зеленую и красную области спектра.

Электролюминесценция $p-n$ -переходов, смещенных в прямом направлении, может быть разделена на три части по длинам волн излучения: зеленую, красную и более длинноволновую область, которая вызвана рекомбинацией через глубокие уровни.

Группа полос в красной области с главным максимумом около 7000Å объясняется рекомбинацией свободного электрона с дыркой на акцепторных уровнях, обусловленных присутствием кислорода отдельно или вместе с несколькими акцепторами [3, 5].

В зеленой области спектра наблюдается несколько полос, обусловленных присутствием в кристаллах вакансий фосфора и галлия, цинка, серы, кремния и др.

Детальное исследование края полосы излучения при $T=42$ и 78°K было проведено в работах [6—8]. В исследованиях Гершензона и др. было показано, что механизм электролюминесценции в прямом смещении при низких температурах в диодах фосфида галлия может быть отождествлен с механизмом фотолюминесценции. Было установлено, что спектр электролюминесценции, также как и фотолюминесценции, при 42°K является наложением нескольких независимых спектров, которые обуславливаются распадом связанных экситонов, дающих множество резких линий, рекомбинацией донорно-акцепторных пар и широкополосной донорно-акцепторной рекомбинацией через глубокие уровни. Было также замечено, что тонкая структура становится менее заметной как при сильном легировании материала, так и при повышении температуры.

Влияние различных примесей на электролюминесцентные свойства инжекционных диодов детально не исследовалось. Были высказаны некоторые предположения, что цинк [5], кремний, сера [2, 3], вакансии фосфора и галлия влияют на электролюминесцентные свойства фос-

фида галлия. Результаты, полученные разными исследователями о роли примесей, были противоречивыми. Поэтому исследование вышеупомянутых примесей представляет интерес для выявления уровней, создаваемых ими в запрещенной зоне.

Нами было исследовано влияние различных примесей (серы, кислорода, теллура, вакансий фосфора и галлия) на электролюминесценцию диодов фосфида галлия, а также изучалась зависимость спектров электролюминесценции этих диодов от плотности тока, проходящего через $p-n$ -переход.

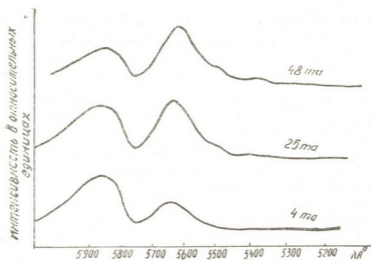


Рис. 1

Диоды изготовлялись методом диффузии цинка в нелегированный исходный фосфид галлия n -типа или легированный, в отдельных случаях, теллуrom, серой и кислородом. Спектры электролюминесценции регистрировались спектрофотометром ИСП-51, в котором приемником излучения служил фотоумножитель ФЭУ-17а, а также фотографировались.

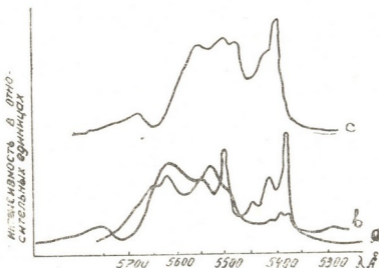
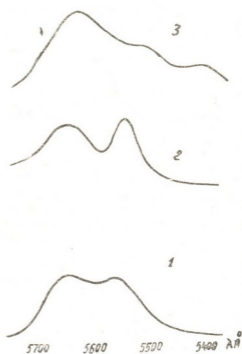


Рис. 2

Нами была изучена зеленая краевая электролюминесценция при 78°К. Как показали наши исследования, спектр электролюминесценции диодов, изготовленных на основе как легированного, так и нелегированного фосфида галлия, сильно зависит от плотности тока, проходящего через $p-n$ -переход в прямом направлении. Если при малых плотностях тока спектр электролюминесценции состоит из широких полос с максимумами около 5830Å и 5640Å (рис. 1), то при увеличении инжекции через $p-n$ -переход появляются узкие полосы, ярко выраженными максимумами в коротковолновой части спектра (рис. 2,а), а в некоторых кристаллах наблюдается линейчатая электролюминесценция (рис. 2,в). С увеличением плотности тока интенсивность этих коротковолновых полос начинает значительно возрастать по сравнению с интенсивностью длинноволновых полос.

На рис. 2,в показан спектр электролюминесценции диодов, созданных на основе нелегированного фосфида галлия. Спектр был снят при плотности тока, равной 5 а/см². При таких плотностях тока в коротковолновой области появляется главная полоса с максимумами 5376, 5420 и 5452Å. Эти узкие полосы повторяются в спектре с интервалом совпадающим в пределах ошибок с энергией фотона.

Рис. 3. Спектры электролюминесценции диодов на основе легированного серой (1), нелегированного (2) и легированного теллуром (3) исходного фосфида галлия



На рис. 3 показаны спектры электролюминесценции диодов, изготовленных на основе исходного материала: нелегированного, легированного серой, легированного теллуром. На рис. 3 видно, что теллур способствует росту интенсивности полосы с максимумом 5640Å, а легирование серой вызывает сглаживание полос с максимумами 5640Å и 5550Å. Если сравнить спектр 1 со спектром 2, то в спектре диодов с нелегированным исходным материалом отчетливо можно видеть две

полосы, тогда как в спектрах диодов с исходным материалом, легированным серой, эти полосы проявляются менее резко.

На рис. 2, с показан спектр электролюминесценции диода, исходным материалом которого служил фосфид галлия, легированный кислородом. Плотность тока, проходящего через диод, такого же порядка, как и в диодах, спектр электролюминесценции которых показан на рис. 3. Как видно, в этом спектре появились дополнительные полосы с максимумами 5505, 5430 и 5375Å. Кроме того, необходимо отметить, что в этих диодах наблюдается рост интенсивности красной электролюминесценции с максимумом 7000Å.

Отличие спектров электролюминесценции диодов фосфида галлия с различным исходным материалом нельзя объяснить только присутствием легирующей примеси, так как из-за отсутствия совершенной технологии изготовления кристаллов фосфида галлия не исключено присутствие различного рода неконтролируемых примесей, а также разной концентрации вакансий фосфора и галлия. Нами было замечено влияние давления паров фосфора как при выращивании кристаллов, так и при термообработке на электролюминесцентные свойства и на электропроводность фосфида галлия.

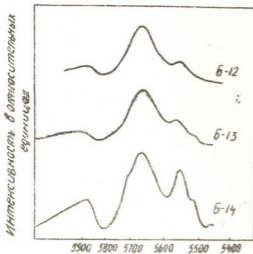


Рис. 4. Спектры электролюминесценции диодов на основе фосфида галлия (Б-12, Б-13, Б-14), выращенного из расплава с различным процентным содержанием атомов фосфора в расплаве галлия соответственно (9 ат. % фосфора, 7 ат. % фосфора, 5 ат. % фосфора)

При термообработке кристаллов в парах фосфора электропроводность значительно падает. Так, например, при термообработке в течение 2 часов электропроводность уменьшается на 4—5 порядков. На рис. 4 показаны три спектра диодов на основе фосфида галлия, выращенного из расплава раствора фосфора в галлии с разным процентным содержанием атомов фосфора в каждом расплаве. Материал Б-12 содержит 9 ат. % фосфора, Б-13—7 ат. % фосфора и Б-14—5 ат. % фосфора. Можно полагать, что с уменьшением количества атомов фосфора в расплаве галлия концентрация центров, обусловленных вакансиями фосфора, растет, с чем, по-видимому, и связан рост интенсивности полосы с максимумом 5550Å (рис. 4).

Таким образом, несмотря на то, что наблюдается изменение спектров электролюминесценции диодов фосфида галлия с использованием разного исходного материала, нельзя утверждать, что спектры электро-

люминесценции целиком зависят от примесей и не зависят от условия выращивания самого фосфида галлия.

Сравнивая спектры, показанные на рис. 2, б и 2, с, можно предположить, что легирование исходного фосфида галлия кислородом не приводит к каким-нибудь существенным изменениям спектров электролюминесценции по сравнению со спектром электролюминесценции диодов, с нелегированным исходным материалом, но наблюдается, как мы отмечали выше, рост интенсивности красной электролюминесценции с максимумом 7000Å . Легирование исходного материала серой и теллуrom увеличивает концентрацию центров, ответственных за электролюминесцентные полосы с максимумами 5640 и 5550Å . Проявление зеленой краевой электролюминесценции связано с увеличением тока через $p-n$ -переход. Для проявления зеленой краевой электролюминесценции диодов с исходным фосфидом галлия, легированным серой и теллуrom, требуется большая плотность тока, тогда как в диодах с исходным фосфидом галлия, нелегированным или легированным кислородом, зеленая краевая электролюминесценция проявляется при значительно малых плотностях тока.

Для полного изучения влияния различного рода примесей на электролюминесценцию диодов на основе фосфида галлия требуется дальнейшее исследование.

Академия наук Грузинской ССР

Институт кибернетики

(Поступило в редакцию 13.6.1966)

ფიზიკა

ბ. ნაკაშიძე, ს. აბრამოვი, ბ. ბაღინაშვილი, ნ. მაჩალოვა, ლ. კუტალაძე,
ი. საბინაშვილი

გალიუმის ფოსფიდის დიოდების ელექტროლუმინესცენციის სპექტრების შესახებ

რეზიუმე

განხილულია სხვადასხვა მინარკვების (თუთია, გოგირდი, სილიციუმი, ტელური, ფოსფორისა და გალიუმის ვაკანსიები) გავლენა გალიუმის ფოსფიდის დიოდების ელექტროლუმინესცენციაზე, აგრეთვე გამოკვლეულია ელექტროლუმინესცენციის სპექტრების დამოკიდებულება $p-n$ გადასვლაში გამაველდენის სიმკვრივისაგან.

გოგირდით და ტელურით საწყისი მასალის ლეგირება ადიდებს იმ ცენტრების კონცენტრაციას, რომლებიც განაპირობებენ ელექტროლუმინესცენტურ ზოლებს მაქსიმუმებით 5640 და 5550Å . ეანგზადით ლეგირება არ იძლევა ელექტროლუმინესცენციის სპექტრების არსებით ცვლილებას არალეგირებული GaP-ს დიოდების სპექტრებთან შედარებით, გარდა იმისა, რომ შეინიშნულია წითელი ლუმინესცენციის (მაქსიმუმით 7000Å) ინტენსივობის ზრდა. დენის სიმკვრივის 5 ა/სმ^2 -მდე გაზრდისას სპექტრის მოკვცთალოვან მხარეს ჩნდება ლუმინესცენციის მთავარი ზოლი მაქსიმუმებით 5376Å , 5420Å .

23. „მოამბე“, XLV, № 2, 1967

და 5452 ო. დენის შემდგომი ზრდისას ამ ზოლების ინტენსივობის ზოლი მნიშვნელოვნად მატულობს გრძელტალღოვანი ზოლების ინტენსივობის ზრდასთან შედარებით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. H. G. Grimmeiss, A. Rabenau, H. Koelmans. Some properties of p-n junction in GaP. *J. Appl. Phys., Supplement.*, 32, 1961, 2123.
2. M. Gershenzon, R. M. Mikulyak. Electroluminescence on p-n junction in gallium phosphide. *J. Appl. Phys.*, 32, 1961, 1338.
3. M. Gershenzon, R. M. Mikulyak. Electroluminescence of gallium phosphide diodes. *Solid-State Electron*, 5, 1962, 313.
4. J. W. Allen, M. E. Moncaster, J. Starkiewicz. Electroluminescent devices using carrier injection in gallium phosphide. *Solid-State Electron*, 6, 1962, 95.
5. J. Starkiewicz, J. W. Allen. Electrical properties of gallium phosphide. *J. Phys. Chem. Solids*, 23, 1962, 881.
6. M. Gershenzon, R. M. Mikulyak, R. A. Logan, P. W. Foy. Electroluminescent recombination near the energy gap in GaP diodes. *Solid-State Electron*, 7, 1964, 113.
7. Е. Ф. Гросс, Д. С. Недзвецкий. Закономерно-сходящаяся линейчатая люминесценция в кристаллах GaP. *ДАН СССР*, т. 154, № 1, 1964, 64.
8. Е. Ф. Гросс, Д. С. Недзвецкий. Резонансное и нерезонансное излучение центров в кристалле GaP и их взаимодействие с фононами решетки. *ДАН СССР* т. 146, № 5, 1962, 1047.

ФИЗИКА

И. Д. КИРВАЛИДZE

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ФОТО-Э.Д.С. В БАРИЕВО-СТРОНЦИЕВОМ ОКСИДНОМ СЛОЕ

(Представлено академиком Э. Л. Андроникашвили 27.1.1966)

Оксидное покрытие бариево-стронциевого термоэлектронного катода в неактивированном состоянии является диэлектриком.

При активации термокатода в оксидном покрытии образуются свободные атомы бария, которые играют роль металлической примеси и являются донорами. Таким образом, оксидный слой термокатода в результате активации из диэлектрика превращается в примесный полупроводник. Бариево-стронциевый оксидный слой как примесный полупроводник является сложной и интересной системой с малоизученной структурой.

Эмиссионные свойства оксидного катода зависят как от свойств самого оксидного слоя, так и от свойств его поверхности.

В настоящей работе изучается температурная зависимость фото-э.д.с. в оксидном слое из смеси окислов бария и стронция.

Применяемый нами метод измерения фото-э.д.с. основан на наблюдении изменения анодного тока в термоэлектронном триоде, в котором управляющий электрод (сетка) заменен исследуемым образцом. По изменению анодного тока, замеренного до и после освещения поверхности исследуемого образца, можно судить как о знаке, так и об абсолютном значении фото-э.д.с. [1—4].

Если изменение анодного тока ΔJ ($\Delta J = J - I_0$), где I_0 —анодный ток до освещения поверхности исследуемого образца, а J —анодный ток после освещения)—положительная величина, тогда, согласно вольтамперной характеристике термоэлектронного триода данной конфигурации, поверхность исследуемого образца заряжается положительно. В случае же, если $I_0 > J$, т. е. в результате освещения поверхности образца изменение анодного тока ΔJ —отрицательная величина, поверхность заряжается отрицательно [1].

Преимущество этого метода в том, что, помимо того что он позволяет обойтись без пропуска тока и наложения электродов, он еще удобен для изучения той части фотоэлектрических процессов, которая

обусловлена диффузией носителей тока из тонкого поверхностного слоя в глубь образца при освещении поверхности сильнопоглощаемым светом.

Схема установки для измерения температурной зависимости фото-э. д. с. дается на рис. 1, где:

- 1—нить накала термоэлектронного триода,
- 2—анод,
- 3—исследуемый оксидный слой,
- 4—термопара,
- 5—нагреватель из молибденовой проволоки,
- 6—двухканальная фарфоровая трубка,
- 7—никелевый стаканчик,
- 8—никелевая фольга.

Смесь окислов бария и стронция (с 50% SrO) наносилась на никелевую фольгу обычным способом без применения биндера. Источником ультрафиолетового света служила ртутно-кварцевая лампа типа СВД-120 А.

Измерения проводились в металлической камере, снабженной стеклянными шлифами с электродами в вакууме $2 \div 5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст.

Освещение поверхности исследуемого оксидного слоя производилось через 1,5-миллиметровое кварцевое окошко. Нагреватель исследуемого образца отключался от системы питания, и измерения проводились при охлаждении образца.

Характерные результаты наблюдений приведены на рис. 2. По оси абсцисс отложена температура в градусах Цельсия, по оси ординат— величина измерения анодного тока в микроамперах. Кривая *A* получена после нагревания оксидного покрытия до 650°C (без активации). После снятия кривой *A* производилась активация оксидного покрытия при температуре 900°C с отбором тока.

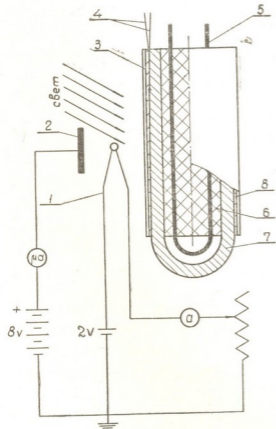


Рис. 1. Схема установки для измерения температурной зависимости фото-э. д. с. оксидного покрытия

Результаты трех последовательных измерений показаны на кривых *B*, *C* и *D*.

Если поверхность оксидного слоя до активации при освещении ультрафиолетовым светом заряжается положительно и с понижением температуры потенциал заряжения падает (кривая *A*), то после активации оксидного покрытия наблюдается значительно более сложная зависимость фото-э.д.с. от температуры — выше $400 \div 450^\circ\text{C}$ в результате освещения поверхность заряжается отрицательно, а ниже 400°C — положительно (кривые *B*, *C* и *D*).

Наблюдается заметное увеличение крутизны графика при каждом последующем опыте.

Можно предположить, что появление отрицательной фото-э.д.с. в активированном оксидном покрытии определяется условиями в приконтактном слое между оксидным покрытием и поверхностной пленкой атомов и ионов бария, которая образуется в результате активации.

Причиной, направляющей электроны из глубины оксидного покрытия в верхний слой, может быть приконтактное электрическое поле.

На поверхности оксидного покрытия до активации поверхностная пленка, обогащенная барием, не существует и приконтактное электрическое поле не образуется. В результате свободного перемещения фотоэлектронов (из-за отсутствия приконтактного электрического поля) с поверхности в глубь оксидного слоя по направлению градиента света появляется положительная поверхностная фото-э.д.с. (эффект Дембера). Тот факт, что ниже $400 \div 450^\circ\text{C}$ отрицательная фото-э.д.с. переходит в по-

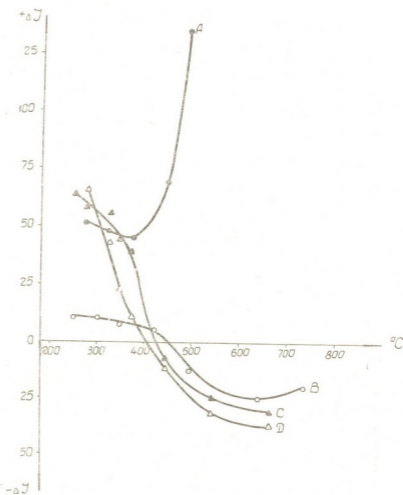


Рис. 2. Кривые температурной зависимости фото-э.д.с. После активации оксидного покрытия измерения были повторены 3 раза, чему соответствуют кривые *B*, *C* и *D*.

ложительную, говорит о том, что при понижении температуры над отрицательной фото-э.д.с. начинает превалировать эффект Дембера.

Не исключено, что наблюдаемая нами отрицательная фото-э.д.с. в активированном оксидном покрытии является градиентно-рекомбинационной фото-э.д.с. из-за неравномерного распределения примесей бария, кислорода и др. по направлению градиента света [5, 6].

Академия наук Грузинской ССР

Институт физики

Тбилиси

(Поступило в редакцию 27.1.1966)

ფიზიკა

ი. კირვალიძე

ბარიუმ-სტრონციუმის ოქსიდურ ფენაში ფოტო-
ელექტრომიომოდრავებელი ძალის ტემპერატურული
დამოკიდებულება

რეზიუმე

სტატიაში შესწავლილია აქტივაციის გავლენა ოქსიდურ ფენის ფოტო-ელექტრომიომოდრავებელი ძალის ტემპერატურულ დამოკიდებულებაზე. ნაჩვენებია, რომ 400—450° ტემპერატურულ არეში ფოტო-ელექტრომიომოდრავებელი ძალა იცვლის ნიშანს (იხ. სურ. 2, გრაფიკები B, C და D).

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Д. Кирвалидзе. Метод определения потенциала заряжения диэлектриков и нижняя граница вторичной электронной эмиссии от монокристалла NaCl. ДАН СССР, т. 26, № 7, 1940.
2. И. Д. Кирвалидзе. Фотогальванический эффект у металлов. ДАН СССР, т. 32, № 6, 1946.
3. И. Д. Кирвалидзе. Новая характеристика термоэлектронного триода и возможность его применения для определения знака и абсолютного значения потенциала заряжения поверхности диэлектриков. ЖЭТФ, т. 16, вып. 10, 1946.
4. И. Д. Кирвалидзе. О влиянии термообработки на фото-э.д.с. в записи меди. ФТТ, т. 2, вып. 6, 1960.
5. В. М. Буймистров. Теория фотодиффузионного эффекта, вызванного неравномерным распределением рекомбинационной примеси. ФТТ, т. 5, вып. 2, 1963.
6. Н. Ф. Ковтонок. Градиентно-рекомбинационные фото-э.д.с. в полупроводниках. ФТТ, т. 7, в. 5, 1965.

Т. Г. ГАБРАШВИЛИ

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА НА РОСТ КРИСТАЛЛА ЛЬДА

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианшвили 2. 3. 1966)

Известно, что частицы осадков всех видов, особенно ледяные, несут на себе электрические заряды. Величины этих зарядов могут достигать больших значений в грозовых облаках.

Представляет интерес изучение влияния электрических зарядов и полей на рост кристаллов льда. Этот вопрос стали изучать в основном в последнее время.

В. И. Арабаджи в своих опытах исследовал электроосаждение льда в коронном разряде [1]. Он показал, что при температуре окружающего воздуха минус $10 \div 15^\circ\text{C}$ на заземленном электроде происходило образование инея, чего не наблюдалось на положительном электроде, заряженном до 9 кв. Автор полагает, что эффект электроосаждения обусловлен коронным разрядом. Однако им не рассмотрен подробно механизм наблюдаемого явления.

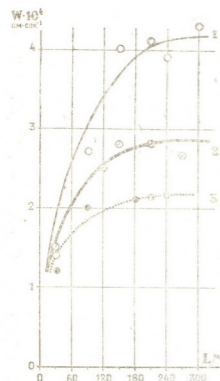
В. М. Мучник и Ю. С. Рудько наблюдали интенсивный рост веточек инея на поверхности замерзших капель в электрическом поле [2]. Результаты нескольких работ проанализированы в обзорной статье Пруппахера [3]. Эти эксперименты показали сильную зависимость скорости роста и формы кристалла от электрических полей. Опыты, выполненные в облачных камерах, показали, что скорость роста ледяного кристалла во внешнем электрическом поле с напряженностью несколько сотен вольт на 1 см составила 1 мм/сек. Формы кристаллов были игольчатые и не зависели от температуры окружающей среды.

В последнее время Д. Бертлеттом, А. Гейвелем и Б. Мейсоном [4] были обнаружены три характерные формы кристаллов льда, растущих во внешнем электрическом поле. К первой из них относится типичная игла, растущая вдоль оси C . Вторая форма „электрического“ кристалла обнаруживает много общего с дендритом, растущим в отсутствие электрического поля при температуре -12°C ; вместе с тем она отличается от обычного дендрита тем, что образует боковые ответвления под углом 90° к главной оптической оси, тогда как этот угол в обычных условиях составляет 60° . Третья форма „электрической“ иглы проявляет интересное свойство: в электрическом поле растет параллельно оси (1010), что никогда не наблюдается в ее отсутствие.

Авторы выдвигают два возможных механизма, объясняющих наблюдаемый быстрый рост ледяных кристаллов под влиянием электрического поля. Один из них заключается в том, что скорость роста может увеличиться в связи с наличием поблизости от растущего кристалла заряженных частиц. Благодаря их присутствию увеличился бы приток водяного пара ко льду. Авторы провели специальные опыты, результаты которых сделали сомнительной эту гипотезу. Согласно второму механизму, кристаллы растут за счет наращивания нейтральных молекул.

Авторы предполагают возможность существования зависимости между электрическим внешним полем и расстоянием миграции молекулы на поверхности кристалла. С целью более полного понимания механизма наблюдаемого явления они отмечают необходимость проведения экспериментов для исследования скорости изменения массы кристаллов при наличии электрического поля и без него.

На специальной лабораторной установке [5] был проведен эксперимент по изучению влияния электрических зарядов на скорость роста игольчатых кристаллов льда в водяном паре. В соответствии с поставленной задачей в малую диффузионную камеру с использованием методики работ [6, 7] были внесены некоторые конструктивные изменения. В нижней центральной части камеры был помещен сосуд, наполненный водой. На дне сосуда был смонтирован электронагреватель мощностью 1,8 Вт. С его помощью подогревался поверхностный слой воды. Температура испаряющей поверхности измерялась термопарой и регулировалась изменением силы тока в нагревателе. Нужный режим пересыщения устанавливался путем манипуляции температур поверхностного слоя воды и воздуха в камере. Температура в непосредственной близости от растущего кристалла t_k °C была функцией температуры испаряющей поверхности воды t_n °C и температуры фреоновых испарителей камеры, регулируемой электронным автоматическим мостом ЭМП-209М1.



Фиг. 1. Изменение скорости роста игольчатого кристалла вдоль главной оси при разных значениях подаваемого потенциала. Кривые: 1 — $v = -3000$ в, 2 — $v = -1000$ в, 3 — $v = 0$

Тонкая проволока, продетая в фарфоровую трубочку, вводилась в камеру с помощью кремалероного держателя. Трубка закреплялась в

таком положении, что весь оголенный конец проволоки длиной 0,5 см провисал в центре камеры на высоте 4,4 см от поверхности воды. На проволоке можно было подавать как положительный, так и отрицательный потенциал до 5 кв. Корпус камеры был заземлен.

Перед подачей потенциала термопара, измеряющая температуру кристалла, отодвигалась на несколько сантиметров с целью устранения возможности возникновения искровых или коронных разрядов.

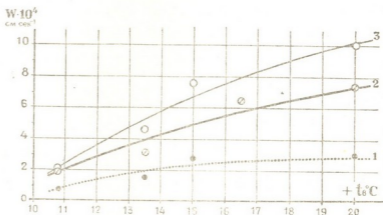
Во время опытов на проволоке имели место капельная конденсация и последующее замерзание микрокапелек. На них, как на подложках, возникали и развивались кристаллы льда. Среди них превосходящими в процентном отношении являлись иглы и дендриты, образовавшие пучок кристаллов.

В первую очередь был исследован характер изменения скорости роста игольчатых кристаллов вдоль главной оси в зависимости от их длины и значения подаваемого потенциала. Результаты этих опытов приведены на графиках фиг. 1, которые показывают, что в начальной стадии кристалл растет ускоренно и тем быстрее, чем больше подаваемый отрицательный потенциал.

По достижении длины 120 μ скорость роста стабилизируется. Длина кристалла, при которой стабилизируется скорость его роста, мало зависит от значения потенциала. Характерно, что с увеличением потенциала стабилизация скорости наступает при больших ее значениях: при $V = 0$ скорость роста $W = 2$ μ /сек; при $V = 1000$ в $W = 2,7$ μ /сек; при $V = 3000$ в $W = 4$ μ /сек. Возрастает и значение установившейся скорости роста кристалла.

Данные эксперименты позволили выбрать такие участки длины кристалла, где ускорение практически равно нулю. Именно на этих участках имеет смысл исследовать влияние различных факторов на процесс роста ледяных игл.

При заряджении кристалла положительно увеличение скорости роста не наблюдалось.



Фиг. 2. Зависимость скорости роста игольчатого кристалла от концентрации водяного пара при разных значениях приложенного потенциала. Кривые 1 — $v = 0$, 2 — $v = -2000$ в, 3 — $v = -3000$ в

Кривые на фиг. 2 показывают увеличение нормальной скорости роста кристалла льда с возрастанием концентрации водяного пара. Кривая 1 показывает, что в отсутствии электрического потенциала установившаяся скорость роста кристалла, при которой температура поддерживалась постоянной ($t_k = -12,6^\circ\text{C}$), с увеличением температуры испаряющей поверхности воды хотя и возрастает, но незначительно.

Если в тех же условиях на кристалл подается отрицательный потенциал (кривые 2 и 3 фиг. 2), влияние увеличения концентрации водяного пара сказывается резче и тем значительнее, чем больше абсолютное значение V .

Можно предположить, что при заряджении кристалла льда отрицательно, электрическое поле поверхности будет стремиться ориентировать адсорбированные молекулы водяного пара с их протонами перпендикулярно к поверхности. Следовавшие за ними молекулы воды со своей ОН-линией образуют с отрицательными полюсами кислорода водородную связь, создавая в целом тетраэдриальную координацию молекул H_2O , что благоприятствует встраиванию молекул пара в кристаллическую структуру льда.

В случае заряджения кристалла положительным зарядом адсорбированные молекулы пара будут ориентированы относительно поверхности кислородным атомом и для участия в росте кристалла им необходимо будет перестраиваться.

Электрическое поле поверхности E будет в состоянии ориентировать дипольную молекулу с моментом P в том случае, если энергия молекулы воды $3kT < 2PE$ [8]. Если форму верхней части игольчатого кристалла аппроксимировать с вытянутым эллипсоидом вращения и положить, что

$$x = a, \quad \frac{a}{b} = n \gg 1,$$

то из формулы [9]

$$\sigma = \frac{q}{4\pi ab^2} \left(\frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2 + z^2}{b^4} \right)^{-1/2},$$

где δ —плотность зарядов, q —полный заряд кристалла, a , b —полуоси вытянутого эллипсоида вращения, и из уравнения вытянутого эллипсоида вращения

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2 + z^2}{b^2} = 1$$

получим выражение для напряженности электрического поля у поверхности вершины игольчатого кристалла

$$E = \frac{4\pi}{\mathcal{E}} \sigma = \frac{q}{\mathcal{E}b^2},$$

где $q = CV$, емкость [9]

$$C = \frac{V a^2 - b^2}{\ln \frac{a + \sqrt{a^2 - b^2}}{b}} = \frac{bn}{\ln 2n},$$

V —электрический потенциал, приложенный к кристаллу.

Окончательно получим

$$E \frac{nV}{\mathcal{E} b \ln 2 n}.$$

В условиях нашего эксперимента входящие в эту формулу величины имеют следующий порядок: $V = 10 \text{ CGSE}$, $b = 10^{-4} \text{ см}$, $n = 10$, $\mathcal{E} = 1$. Для интервала температур $t_k \text{ } ^\circ\text{C} = -10 \div -20 \text{ } ^\circ\text{C}$ будет выполняться неравенство

$$3kT < 2PE.$$

Теперь попытаемся показать возможную связь между ориентацией молекул пара на грани кристалла и величиной поверхностной миграции этих же молекул. Считают, что одной из причин увеличения коэффициента поверхностной диффузии являются взаимодействия между диполями адсорбированных молекул и ее электрических изображений [10]. Сила взаимодействия между ними дается выражением

$$F = \frac{3\beta^2}{(2r)^4} (1 + \cos^2 \beta), \quad (1)$$

где $2r$ —расстояния между средними точками диполя и его зеркального изображения, β —угол между осью диполя и линией, соединяющей средние точки.

Коэффициент поверхностной диффузии

$$D = D_0 \left(\frac{2F}{NkT} - 1 \right), \quad (2)$$

где N —поверхностная концентрация адсорбированных молекул, D_0 —коэффициент диффузии при $N=0$.

Среднее расстояние миграции молекул на поверхности кристалла описывается уравнением [11]

$$a^2 = 4D\tau_0 \exp(u/km), \quad (3)$$

где τ_0 —период колебания молекулы, u —энергия активации молекулы.

Анализ выражений (1), (2), (3) показывает, что расстояние миграции увеличивается почти в 2 раза при наличии ориентации адсорбированных молекул водяного пара (при изменении β от 0 до $\frac{\pi}{2}$).

При больших концентрациях адсорбированных молекул, когда расстояния между вертикально ориентированными диполями H_2O станут достаточно малыми для возникновения больших сил отталкивания между ними $F \sim P^2 N^{5/2}$ [10], миграционное расстояние увеличится более чем в 2 раза. Резюмируя вышеизложенное, можно предположить, что рост кристалла активизируется лишь при отрицательном заряде его поверхности, создавая необходимые условия для образования водородных связей между адсорбированными молекулами. С увеличением E возрастает число ориентированно-адсорбированных молекул и степени их ориента-

ცი. В результате увеличивается коэффициент поверхностной диффузии, что вызывает расширение миграционной области, а это, как известно [11], является важным фактором в увеличении скорости роста.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт геофизики

(Поступило в редакцию 2.3.1966)

გეოფიზიკა

თ. გაბარაშვილი

ელექტრული მუხტის გავლენა ყინულის კრისტალის ზრდაზე

რეზიუმე

სტატიამი განხილულია ელექტრული მუხტის გავლენა ყინულის კრისტალის ზრდაზე წყლის ორთქლში. ნაჩვენებია, რომ ყინულის კრისტალის ზრდა აქტიურდება უარყოფითი მუხტის გავლენით—მუხტის გადიდებით კრისტალის ზრდის სიჩქარე მატულობს. ამავე დროს, დადებითი მუხტი უარყოფით გავლენას ახდენს ყინულის ზრდაზე.

მოცემულია ამ მოვლენის ფიზიკური მექანიზმის შესაძლო სქემა.

შეფარებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Арабаджи. Об электроосаждении льда в коронном разряде. Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 4, 1961.
2. В. М. Мучник, Ю. С. Рудько. Образование иея на замерзших каплях воды в электрическом поле. Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 10, 1962.
3. H. Pruppacher. The Effects of Electric Fields on Cloud Physical Processes. ZAMP, vol. 14, 1963.
4. J. Bartlett, A. Neuval, B. Mason. The Growth of Ice crystals in an Electric Field. ZAMP, vol. 14, 1963.
5. Т. Т. Габарашвили, А. И. Карцивадзе. Установка для изучения элементарных процессов эволюции облачных частиц. Труды Ин-та геофизики АН ГССР, т. 25, 1, 1966.
6. Н. В. Глики, Г. Д. Шнырев, Е. А. Храмова. Кристаллизационная камера для исследования под микроскопом процессов образования атмосферного льда. Труды ГГО, вып. 156, 1964.
7. U. Nakaya. The formation of ice crystals. Compendium of Meteorology. Amer. Met. Soc., Boston, 1951, 207.
8. Я. И. Френкель. Собрание избранных трудов, т. III, изд. АН СССР, 1959.
9. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. Госиздат, 1957.
10. Р. Беррер. Диффузия в твердых телах. ИЛ, 1948.
11. А. Варма. Рост кристаллов и дислокация. ИЛ, 1958.

Л. С. ЧАНТУРИШВИЛИ

О ПРИРОДЕ СТАНОВЛЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
 ТОКА И ЧАСТОТНОЙ ЗАВИСИМОСТИ
 ПРОВОДИМОСТИ СРЕДЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирянашвили: 22.3.1966)

Согласно А. Н. Тихонову [1], становление тока в однородном проводящем полупространстве определяется следующей функцией:

$$F(\Theta) = \Phi\left(\frac{1}{\sqrt{\Theta}}\right) - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\Theta}} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{\Theta}\right\}, \quad (1)$$

где Φ —функция вероятности; $\Theta = \frac{t}{t_0}$; t —время; $t_0 = \frac{x}{4a^2}$; x —расстояние от источника до точки наблюдения; $\frac{1}{a^2} = \frac{4\pi\sigma\mu}{C^2}$; σ —проводимость; μ —магнитная проницаемость. Запаздывание тока объясняется электромагнитной индукцией в среде.

Покажем, что функцию, аналогичную (1), можно получить исходя из других предположений.

При пропускании тока в горной породе, включающей рудные компоненты, определенный объем последней можно уподобить химической ячейке. Тогда изменение силы пропускаемого тока аналогично изменению диффузионного электрического тока.

Если в некоторой точке $x = 0$ в электролит опущена пластинка и подключена к аноду, тогда в химической ячейке должно выполняться условие

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, \quad (2)$$

где C —концентрация электролита; D —коэффициент диффузии. Предполагается, что через пластинку проходит настолько слабый ток, что конвективной слагающей, т. е. $v_x \frac{\partial C}{\partial x}$, пренебрегаем.

Решение уравнения (2) надо искать при следующих граничных условиях:

- когда $x = 0$ и $t = 0$, $C = C_0$;
- когда $x = \infty$ и $t \geq 0$, $C = C_0$;
- когда $x = 0$ и $t > 0$, $\frac{\partial C}{\partial x} = \text{const.}$

Последнее условие означает, что плотность диффузионного тока на поверхности электрода останется постоянной.

Решение уравнения (2), удовлетворяющее перечисленным граничным условиям, дается Зандом [2] и имеет вид

$$C = C_0 - \frac{2j}{(nF)} \sqrt{\frac{t}{\pi D}} \exp\left\{-\frac{x^2}{4Dt}\right\} + \frac{2jx}{(nF)D\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{\sqrt{4Dt}}} \exp\{-\zeta^2\} d\zeta, \quad (3)$$

где n —валентность электролита; F —число Фарадея; j —плотность тока. Плотность диффузионного тока в ячейке

$$j_{\text{дифф}} = (nF)D \frac{\partial c}{\partial x}. \quad (4)$$

Если продифференцировать уравнение (3) и подставить в (4), получится

$$j_{\text{дифф}} = j \left[1 - \Phi\left(\frac{x}{\sqrt{4Dt}}\right) + \frac{x}{\sqrt{\pi Dt}} \exp\left\{-\frac{x^2}{4Dt}\right\} \right]. \quad (5)$$

Легко заметить, что переменная часть выражения (5) идентична функции $F(\theta)$. Было бы, по-видимому, ошибочным считать, что становление постоянного электрического поля определяется только диффузионными процессами на контакте твердой среды с электролитом.

Однако очевидно, что диффузия является существенным фактором в становлении постоянного электрического тока.

Представляет большой интерес разложение функции становления по спектру частот. Но прежде представим выражение (5) в несколько ином виде. Допустим, и это вполне логичное допущение, что проводимость среды (6) меняется аналогично плотности тока. Тогда можем написать

$$\sigma = \sigma_0 \left[1 - \Phi\left(\frac{x}{\sqrt{4Dt}}\right) + \frac{x}{\sqrt{\pi Dt}} \exp\left\{-\frac{x^2}{4Dt}\right\} \right]$$

или, если следовать А. Н. Тихонову и обозначить $\alpha = \frac{x}{\sqrt{t}}$,

$$\sigma = \sigma_0 \left[1 - \Phi\left(\frac{\alpha}{\sqrt{4D}}\right) + \frac{\alpha}{\sqrt{\pi D}} \exp\left\{-\frac{\alpha^2}{4D}\right\} \right]. \quad (6)$$

Переменная α умножается на единичную постоянную, размерность которой $\frac{\text{длина}}{(\text{время})^{1/2}}$.

Найдем спектральное представление σ . Как известно, спектральное представление $S(\omega)$ от некоторой функции $f(\alpha)$

$$S(\omega) = \frac{a(\omega)}{2} - i \frac{b(\omega)}{2},$$

где $a(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\alpha) \cos \omega \alpha d\alpha$ и $b(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\alpha) \sin \omega \alpha d\alpha$.

В наше случае

$$a(\omega) = \frac{\sigma_0}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[1 - \Phi \left(\frac{\alpha}{2\sqrt{D}} \right) + \frac{\alpha}{\sqrt{\pi D}} \exp \left\{ -\frac{\alpha^2}{4D} \right\} \right] \cos \omega \alpha d\alpha,$$

$$b(\omega) = \frac{\sigma_0}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[1 - \Phi \left(\frac{\alpha}{2\sqrt{D}} \right) + \frac{\alpha}{\sqrt{\pi D}} \exp \left\{ -\frac{\alpha^2}{4D} \right\} \right] \sin \omega \alpha d\alpha.$$

Но функция Φ четная. Поэтому для $a(\omega)$ будем иметь

$$a(\omega) = \frac{2\sigma_0}{\pi} \int_0^{\infty} \left[1 - \Phi \left(\frac{\alpha}{2\sqrt{D}} \right) \right] \cos \omega \alpha d\alpha. \quad (7)$$

По тем же причинам для $b(\omega)$ получим

$$b(\omega) = \frac{2\sigma_0}{\pi} \int_0^{\infty} \alpha \exp \left\{ -\frac{\alpha^2}{4D} \right\} \sin \omega \alpha d\alpha. \quad (8)$$

Значение $a(\omega)$ найдем следующим образом.

Запишем правую часть выражения (7) в виде

$$a(\omega) = \frac{2\sigma_0}{\pi} \int_0^{\infty} \left[1 - \Phi \left(\frac{\alpha}{2\sqrt{D}} \right) \right] e^{i\omega\alpha} d\alpha - \\ - i \frac{2\sigma_0}{\pi} \int_0^{\infty} \left[1 - \Phi \left(\frac{\alpha}{2\sqrt{D}} \right) \right] \sin \omega \alpha d\alpha.$$

Но $\int_0^{\infty} e^{i\omega\alpha} d\alpha = \pi$ как площадь единичного круга.

Второй интеграл, т. е. $\int_0^{\infty} \Phi \left(\frac{\alpha}{2\sqrt{D}} \right) e^{i\omega\alpha} d\alpha$, является представлением Лапласа от функции Φ :

$$L \left[-\Phi \left(\frac{\alpha}{2\sqrt{D}} \right) \right] = \frac{i}{\omega} [1 - \Phi(i\omega\sqrt{D})] \exp \{-\omega^2 D\}.$$

Наконец, третий интеграл находится по таблицам ([3], стр. 665):

$$\int_0^{\infty} \left[1 - \Phi \left(\frac{\alpha}{2\sqrt{D}} \right) \right] \sin \omega \alpha d\alpha = \frac{1}{\omega} (1 - \exp \{-\omega^2 D\}).$$

Окончательно для $a(\omega)$ получим

$$a(\omega) = 2\sigma_0 - \frac{2\sigma_0}{\pi} \frac{i}{\omega} \Phi(i\omega\sqrt{D}) \exp\{-\omega^2 D\} + i \frac{4\sigma_0}{\pi\omega} (1 - \exp\{-\omega^2 D\}).$$

Значение интеграла (8) дано в таблицах [3]:

$$b(\omega) = \frac{16\sigma_0}{V\pi} D^{3/2} \omega \exp\{-\omega^2 D\}.$$

Тогда спектральное представление σ будет

$$S(\omega) = \sigma_0 - \frac{\sigma_0}{\pi} \frac{i}{\omega} \Phi(i\omega\sqrt{D}) \exp\{-\omega^2 D\} + i \frac{2\sigma_0}{V\pi} \frac{1}{\omega} \left(\frac{1}{V\pi} - \frac{\exp\{-\omega^2 D\}}{V\pi} - 4D^{3/2} \omega^2 \exp\{-\omega^2 D\} \right). \quad (9)$$

С другой стороны, комплексное значение проводимости

$$\bar{\sigma} = \sigma_1(\omega) + i\sigma_2(\omega). \quad (10)$$

Сравнивая выражения (9) и (10), для активной σ_1 и реактивной σ_2 проводимости получаем соответственно следующие значения:

$$\sigma_1(\omega) = \sigma_0 - \frac{\sigma_0}{\pi} \frac{i}{\omega} \Phi(i\omega\sqrt{D}) \exp\{-\omega^2 D\},$$

$$\sigma_2(\omega) = \frac{2\sigma_0}{V\pi} \frac{1}{\omega} \left(\frac{1}{V\pi} - \frac{\exp\{-\omega^2 D\}}{V\pi} - 4D^{3/2} \omega^2 \exp\{-\omega^2 D\} \right). \quad (11)$$

Исследуем полученные значения σ_1 и σ_2 .

Для весьма больших частот, а также для нулевой частоты

$$\sigma_1(\infty) = \sigma_1(0) = \sigma_0,$$

т. е. среда имеет омическую проводимость.

Если разделить первое уравнение на второе в (11), получим

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1 - \frac{i}{\pi\omega} \Phi(i\omega\sqrt{D}) \exp\{-\omega^2 D\}}{\frac{2}{V\pi} \frac{1}{\omega} \left(\frac{1}{V\pi} - \frac{\exp\{-\omega^2 D\}}{V\pi} - 4D^{3/2} \omega^2 \exp\{-\omega^2 D\} \right)},$$

где δ — угол потерь.

Мы не будем приводить хорошо известную векторную диаграмму плотности токов и напряженности поля в диэлектрике ([4], стр. 341). Достаточно отметить, что полученные условия для проводимости при $\omega \rightarrow \infty$ и $\omega \rightarrow 0$ повторяются, вернее, дают основание аналогичной трактовке для $\operatorname{tg} \delta$.

Для двух предельных значений частоты $\operatorname{tg} \delta = \infty$, т. е. $\delta = 90^\circ$. Физически это означает, что исследуемая среда имеет сквозную проводимость. Теперь изучим поведение диэлектрической проницаемости. Комплексная диэлектрическая проницаемость

$$\epsilon = \epsilon_1 - i\epsilon_2,$$

где

$$\epsilon_1(\omega) = \frac{\sigma_2(\omega)}{\omega} \quad \text{и} \quad \epsilon_2(\omega) = \frac{\sigma_1(\omega)}{\omega}.$$

Подставим значение $\sigma_1(\omega)$, очевидно, без омической проводимости. Тогда

$$\varepsilon_2(\omega) = -\frac{\sigma_0}{\pi} \frac{i}{\omega^2} \Phi(i\omega V\bar{D}) \exp\{-\omega^2 D\}.$$

Обычно ε_2 называют коэффициентом потерь. Из полученного выражения для ε_2 видно, что $\varepsilon_2 \rightarrow \infty$, когда $\omega \rightarrow 0$; то же относительно ε_1 .

О существовании аномально высоких значений диэлектрической проницаемости на ультранизких частотах упоминается в работах [5—7].

В заключение как следствие проведенного анализа отметим следующее. Поскольку исходной в наших рассуждениях является химическая ячейка, где к металлу подводится электрический ток, очевидно, полученные результаты проливают свет на так называемый „электродный эффект“. Частотная зависимость среды в основном будет определяться электродным эффектом, если реакция на контакте электрода с образцом больше, чем реакция электролита с включениями внутри образца.

И второе замечание. С самого начала мы пренебрегли конвективной слагающей в уравнении (2). Для этого (как отмечается в работе [8], стр. 236) надо подводить ток к ячейке через большие сопротивления.

Но в лабораторных измерениях, как правило, в образец пропускается сильный ток и не учитывается конвективная компонента, которая, как известно, снижает эффект становления тока и вызванной поляризации.

В полевых условиях также пропускают сильный ток, вследствие чего становление тока наблюдается обычно на больших расстояниях между питающими электродами, когда на последних $\frac{\partial c}{\partial x} = \text{const.}$

Академия наук Грузинской ССР
Институт геофизики

(Поступило в редакцию 22.3.1966)

ბაკოფიზიკა

ლ. ხანტუაშვილი

მუდმივი ელექტრული დენის დამყარება და გარემოს
ელექტროგამტარებლობის სიხშირეზე
დამოკიდებულების ხასიათი

რეზიუმე

ელექტრული დენის ძალა ჩართვის მომენტიდან გარკვეული კანონით უახლოვდება მუდმივ მნიშვნელობას. ამ პროცესს დენის დამყარების რეჟიმი ეწოდება, რაც ა. ტიხონოვის აზრით, გამოიხატება $F(\Theta)$ ფუნქციით (1)

მსგავსი ფუნქცია შეგვიძლია მივიღოთ, თუ დამყარების ფიზიკურ საფუძველად მივიღებთ არა ინდუქციას, როგორც ეს ა. ტიხონოვს აქვს მიღებულ-
24. „მოამბე“, XLV, № 2, 1967

ლი, არამედ წარმოვიდგენთ, რომ დამყარება დაკავშირებულია ორმაგ ფენში არსებულ დიფუზურ მოვლენებთან.

მიღებულია გარკვეული დაშვებები. ქანს პირველი მიახლოებით ვამსგავსებთ ქიმიურ უჯრედს. მეორე დაშვება გამოდის იმ დებულებიდან, რომ ენერჯის დისიპაციის სხვადასხვა ფორმა საბოლოოდ დიელექტრიკში დენის ძალის ცვლილებით ხასიათდება; ეს უკანასკნელი კი მთლიანად დამოკიდებულია გარემოს ელექტროგამტარებლობაზე. ბოლოს, მესამე დაშვება ეხება თვით დიფუზიის პროცესს. ნაგულისხმევია, რომ ქიმიურ უჯრედში ვატარებთ სუსტ ელექტრულ დენს, რომელსაც არ შეუძლია იონების კონვექტური გადანაცვლება და ამრიგად განიხილება მხოლოდ დიფუზური პროცესი.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებენ, რომ მუდმივი დენის დამყარება ნამდვილად შეგვიძლია მივამსგავსოთ ტიხონოვისეულ გამოსახულებას (ფორმულა 5). გამტარებლობისათვის ვდებულობთ გამოსახულებებს (11).

ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გამტარებლობისა და დიელექტრული შეღწევალობის მიღებული გამოსახულებები აკმაყოფილებენ ცნობილ პირობებს სასაზღვრო სიხშირეების დროს.

კვლევა გვიჩვენებს, რომ დიფუზური მოვლენები ინდუქციასთან ერთად უდავოდ განაპირობებენ დენის დამყარების სახეს.

გამოთქმულია მოსაზრება, რომ ელექტრული პროცესი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს გაზომვებში და ამ ე. წ. ელექტროდულ ეფექტს ყოველთვის უნდა მიეჭყეს ჯეროვანი ყურადღება ლაბორატორიულ და სავლე დაკვირვებებში.

დასოფნაზული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Тихонов. О становлении электрического тока в однородном и проводящем полупространстве. Изв. АН СССР, т. X, № 3, 1946.
2. Sand. Phil Mag., 1. 45, 1900.
3. И. С. Градштейн и И. М. Рыжик. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. ГФМЛ, М., 1963.
4. Г. И. Сканава. Физика диэлектриков. ГТТЛ, М.—Л., 1949.
5. В. Т. Howell and R. H. Licastro. Dielectric behavior of rocks and minerals American Mineralogist, vol. 46, № 3—4, 1961.
6. Н. Евлев. Theory and practice of low frequency electromagnetic exploration. Geophysics, vol. 13, № 4, 1948.
7. Т. Л. Челидзе. К вопросу о зависимости электрических характеристик горных пород от частоты поля. Автореферат, Тбилиси, 1963.
8. В. Г. Левич. Физико-химическая гидродинамика. Изд. АН СССР, М., 1952.

Г. В. ЦИЦИШВИЛИ (академик АН ГССР), М. С. ШУАКРИШВИЛИ

АДСОРБЦИОННО-СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА АСКАНГЛИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ РАЗЛИЧНЫМИ АЗОТСОДЕРЖАЩИМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Весьма актуальным представляется исследование химической природы поверхности глинистых минералов, оказывающей существенное влияние на их свойства. Одним из способов этого исследования является химическое модифицирование последних, которое интересно как с теоретической, так и с практической точки зрения, ибо приводит к возникновению новых специфических свойств, не характерных для природных глин. Химическое модифицирование поверхности адсорбентов осуществляется путем присоединения радикалов, замещения функциональных групп, окисления и других методов. В частности, при изучении адсорбции органических соединений и их солей на монтмориллоните установлено, что реакция между бентонитами и солями органических оснований относится к типу ионообменных процессов [1—3].

Замещение в монтмориллоните неорганических катионов некоторыми органическими ионами значительно увеличивает его адсорбционную способность по отношению к неполярным молекулам, и монтмориллонит становится органофильным. Внедрение крупных органических ионов (радикалов) в кристаллическую решетку монтмориллонита приводит к расщеплению пластинчатых кристаллов, вследствие чего его способность адсорбировать органические вещества повышается.

При изучении реакции этерификации поверхности монтмориллонита диазометаном некоторые исследователи [4] считают, что ими получены органические производные монтмориллонита со связью $R-O-Si$ и что им удалось заменить гидроксильные группы в монтмориллоните метильными группами. Исходя из этого, делается заключение, что в процессе модифицирования участвует водород гидроксила, атомы которого расположены на вершинах силикатного тетраэдра.

Анализ литературных данных показывает, что хотя многие исследователи и занимались модифицированием поверхности глин, однако механизм этого процесса все еще окончательно не установлен. Дальнейшее изучение механизма модифицирования поверхности глин позволит уточнить структуру монтмориллонитовых глин и природу влияния химического состава.

Нами проведено исследование влияния модифицирования поверхности природной асканглины на ее адсорбционные свойства и роли природы поверхности в адсорбционном процессе. В качестве модификаторов были применены некоторые неорганические, галогенкремнеорганические и азотсодержащие органические соединения. В настоящей работе изложены некоторые результаты, полученные при исследовании адсорбционных свойств природной асканглины, модифицированной некоторыми азотсодержащими соединениями.

Получение модифицированных образцов асканглины. 5% водная суспензия асканглины обрабатывалась водными и спиртовыми растворами азотсодержащих органических соединений: 0,1, 0,2, 0,4 и 1% растворами йодистого тетраметиламмония, 2% растворами этиламина, триэтиламина и диаминов в две стадии: при температуре 50°C в течение 1 часа с перемешиванием и последующим взбалтыванием суспензии при комнатной температуре в течение 1 часа. Осадок обработанной асканглины промывался дистиллированной водой до удаления ионов галоидов. Модифицированная асканглина сушилась при 70—100°C. При обработке суспензии асканглины азотсодержащими органическими соединениями наблюдалось укрупнение частиц асканглины. Условные обозначения модифицированных образцов природной асканглины и концентрации растворов, взятых для модифицирования, даны в табл. 1.

Таблица 1
Условные обозначения модифицированных образцов природной асканглины

Обозначение образцов	Модификатор	Концентрация раствора, %
A1	$(\text{CH}_3)_4\text{NJ}$	0,1
A2	"	0,2
A3	"	0,4
A4	"	1
A5	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	2
A6	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 \cdot 2\text{HCl}$	2
A7	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{N}$	2
A8	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$	2
A9	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2 \cdot 4\text{HCl}$	"
A10	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_9\text{NH}_2$	"
A11	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_9\text{NH}_2 \cdot 4\text{HCl}$	"
A12	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_{10}\text{NH}_2$	"
A13	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_{10}\text{NH}_2 \cdot 4\text{HCl}$	"
A14	Активированная асканглина, обработанная $(\text{CH}_2)_4\text{NJ}$	0,4

Адсорбционно-структурные свойства асканглины, модифицированной азотсодержащими органическими соединениями. Для изучения влияния химического модифицирования на адсорбционные свойства асканглины нами был исследован процесс адсорбции веществ, существенно различных по строению молекул и физико-химическим свойствам. В качестве таких веществ были взяты *n*-гептан, бензол и вода. Исследование адсорбции и десорбции паров на образцах природной и модифицированной асканглины производилось на сорбционной установке с кварцевыми микровесами [5]. Адсорбенты эвакуировались при температуре 100°C до достижения вакуума 10^{-6} мм рт. ст. Сорбция и десорбция изучались при 20°C.

Изотермы адсорбции паров бензола на образцах модифицированной асканглины A3, A5, A6, A7 представлены на рис. 1. Изотермы адсорбции паров бензола на природных и модифицированных образцах выража-

ются S-образной кривой с гистерезисом. Начальные участки кривых в области низких относительных давлений паров бензола соответствуют процессу мономолекулярной адсорбции. При более высоких значениях относительных давлений вплоть до единицы происходит капиллярная конденсация паров бензола в более крупных переходных порах, на что указывают гистерезисные петли. При сорбции паров углеводородов получалось несовпадение адсорбционных и десорбционных ветвей изотермы при малых относительных давлениях, что является следствием замедления процесса десорбции.

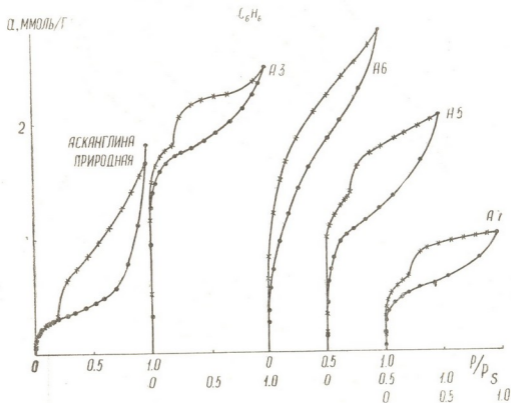


Рис. 1. Изотермы адсорбции (·) и десорбции (x) паров бензола при 20°C

Модифицирование природной асканглины азотсодержащими органическими соединениями (образцы АЗ, А5, А6, А7) приводит к увеличению адсорбции паров бензола. Изотермы поднимаются довольно круто в области малых и средних относительных давлений и располагаются значительно выше изотерм для природной асканглины. Максимальной адсорбционной способностью обладает асканглина, обработанная 0,4% раствором йодистого тетраметиламмония. Повышенной адсорбционной способностью характеризуются также образцы асканглины А5 и А7, обработанные 2% растворами аминов.

Увеличение адсорбционной способности асканглины в области низких и средних давлений при модифицировании ее первичными аминами больше, чем при воздействии на нее третичными аминами. Еще больше повышается адсорбционная способность асканглины по парам бензола при обработке ее раствором хлористого этиламина (табл. 2), так как в этом случае, видимо, достигается увеличение доступной поверхности сорбента.

Изменение адсорбционных свойств асканглины происходит и при обработке ее диаминами и их солями (образцы А8—А13), причем оно зависит от числа углеводородных групп в диамине и приводит к уменьшению адсорбции в связи с увеличением углеводородных цепей. Мо-

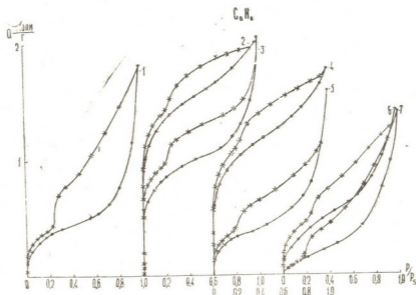


Рис. 2. Сорбция (·) и десорбция (x) паров бензола при 20°C: 1—природная асканглина; 2—А9; 3—А8; 4—А11; 5—А10; 6—А13; 7—А12

дифицированные асканглины 2% раствором гексаметилендиамина увеличивает адсорбцию паров бензола при $P/P_s=0,2$ в 2,5 раза (рис. 2).

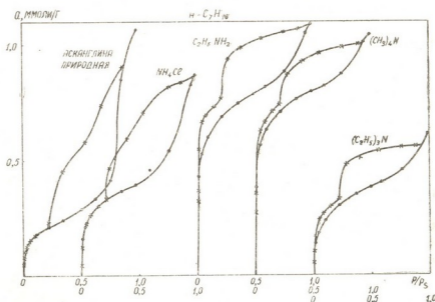


Рис. 3. Сорбция (·) и десорбция (x) паров н-гептана при 20°C

Изучение адсорбции паров н-гептана на образцах асканглины А3, А5, и А7 показало, что при модифицировании поверхности значительно увеличивается адсорбция паров н-гептана (рис. 3 и табл. 2).

Адсорбция паров воды на образцах модифицированной асканглина А7, А8, А10, А12 меньше, чем на природной во всей области относительных давлений (табл. 2 и рис. 4). Она тем меньше, чем длиннее углеводородная цепь диаминов. Наименьшей адсорбционной способностью по парам воды обладает образец А12.

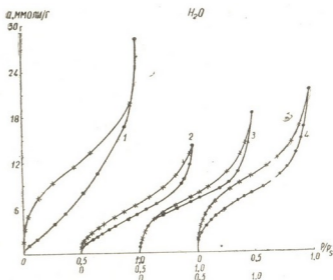


Рис. 4. Изотермы адсорбции (·) и десорбции (x) паров воды при 20°C: 1—природная асканглина; 2—А7; 3—А4; 4—А5

На рис. 4 показано, что модифицированные образцы асканглина А3 и А5 проявляют в области низких давлений большую способность адсорбировать пары воды, чем природная асканглина. Изотермы адсорбции имеют S-образную форму и характеризуются выпуклой кривой в области малых и средних давлений. Если при адсорбции паров воды на природной аскангине гистерезис наблюдается вплоть до очень малых относительных давлений, то на образце А3 петля гистерезиса замыкается при $P/P_s=0,2$. Для всех остальных модифицированных образцов асканглина площадь гистерезиса значительно меньше, чем в случае природной асканглина.

Обработка природной асканглина растворами йодистого тетраметиламмония, этил- и триэтиламина (образцы А3, А5 и А7) приводит к изменению ее адсорбционной способности по всем изученным паробразным веществам. Адсорбционный объем значительно увеличивается для малых давлений. Сравнение величин предельных сорбционных объемов W_s для бензола и воды показывает, что они значительно изменяются при переходе от природной к модифицированной асканглина.

Представляло интерес изучить влияние модифицирования на адсорбционные свойства 10% серной кислоты активированной асканглина. Поскольку адсорбционные свойства природной асканглина в наибольшей степени изменяются при обработке ее поверхности растворами йодистого тетраметиламмония, постольку модифицирование поверхности активированной асканглина проводили 0,4% раствором йодистого тетраметиламмония. При модифицировании активированной асканглина ее адсорбционная способность увеличивается в области низких давлений в результате увеличения доступной удельной поверхности. На основании изотерм адсорбции и десорбции паров бензола тер-

модинамическим методом [6] рассчитана удельная поверхность адсорбционных пленок $S_{пл}$ модифицированных образцов асканглины. Емкость монослоя $a_m \frac{\text{ммоль}}{\text{г}}$ рассчитана по методу БЭТ (табл. 2). Из данных табл. 2 следует, что в результате модифицирования азотсодержащими органическими соединениями удельная поверхность адсорбционной пленки природной асканглины несколько изменяется.

Таблица 2

Адсорбционная способность модифицированных образцов асканглины

Адсорбент	Адсорбционный объем, см ³ /г			По бензолу	
	по н-гептану при $P/P_s =$ $=0,129$	по бензолу при $P/P_s =$ $=0,17$	по воде при $P/P_s =$ $=0,40$	$a_m \frac{\text{ммоль}}{\text{г}}$	$S_{пл} \frac{\text{м}^2}{\text{г}}$
Природная асканглина	0,026	0,029	0,103	0,28	50
A1	—	0,108	—	1,08	34
A2	—	0,124	—	1,20	33
A3	0,100	0,148	0,111	1,36	30
A4	—	0,133	—	1,31	33
A5	0,095	0,092	0,129	0,88	45
A7	0,039	0,041	0,079	0,43	32
A8	—	0,074	0,032	0,76	36
A9	—	0,119	—	1,10	48
A10	—	0,028	0,027	0,34	50
A11	—	0,088	—	0,71	37
A12	—	0,011	0,016	0,18	46
A13	—	0,030	—	0,34	37
Активированная асканглина	—	0,120	0,141	1,52	69
A14	—	0,191	—	1,83	101

На основании экспериментального материала по адсорбции бензола построены структурные и дифференциально-структурные кривые. Такое модифицирование приводит к увеличению объема переходных пор с размерами 20—70 Å и к существенному увеличению эффективного среднего радиуса пор сравнительно с наблюдаемым для природной асканглины.

Изменение адсорбционной способности природной асканглины после обработки азотсодержащими органическими соединениями является в основном результатом изменения химической природы поверхности. Но в некоторой степени изменяется и пористая структура адсорбента, о чем свидетельствует изменение величин предельного сорбционного объема пор у модифицированных образцов.

Процесс модифицирования природной асканглины зависит от природы модификатора, обуславливающей характер процесса: модифицирование сопровождается ионным обменом или адсорбцией модификаторов на поверхности адсорбента. При обработке природной асканглины азотсодержащими органическими соединениями следует допустить два возможных механизма модифицирования поверхности. Обработка

природной асканглины солями азотсодержащих органических соединений (образцы А1, А2, А3, А4), по-видимому, сводится к типу ионообменных реакций, о чем свидетельствует наличие катионов кальция в фильтрате.

Модифицирование природной асканглины растворами аминов и диаминов (образцы А5, А7, А8, А10, А12) не сопровождается процессами ионного обмена. Это, в частности, подтверждается и тем, что при обработке глины катионы кальция в фильтрате не были обнаружены. При таком модифицировании имеет место адсорбция упомянутых веществ на поверхности асканглины. Молекулы триэтиламина (А7) адсорбируют на поверхности асканглины посредством ион-дипольного взаимодействия, молекулы этиламина и диаминов (А5, А8, А10, А12) — посредством водородной связи.

Замена ионов кальция на ионы азотсодержащих органических соединений в природной асканглине приводит к гидрофобизации ее поверхности и увеличению адсорбционной способности по отношению к неполярным молекулам. При этом не исключен эффект повышения адсорбционных потенциалов в более мелких порах адсорбента—он достаточно ясно выражен при адсорбции на образцах А1, А2, А3, А4, А6.

Наши экспериментальные данные показывают, что образцы асканглины, модифицированные азотсодержащими органическими соединениями, слабее адсорбируют пары воды, чем природная асканглина. При обработке асканглины диаминами молекулы последних, по-видимому, внедряются в межслоевое пространство и связывают силикатные слои посредством поперечной связи, ограничивая адсорбцию паров воды и препятствуя набуханию.

При обработке природной асканглины 2% раствором этиламина (образец А5) его молекулы, вероятно, адсорбируются на поверхности глины путем водородной связи, причем у молекул этиламина остается еще один «реакционноспособный» атом водорода. Поэтому на поверхности модифицированной асканглины возникают новые активные адсорбционные центры, чем и можно объяснить повышенную адсорбцию паров воды в мономолекулярной области.

Повышение адсорбции паров воды в области низких относительных давлений на асканглине, модифицированной растворами йодистого тетраметиламмония (А3), по-видимому, обусловлено высоким средством тетраметиламмониевой группы и его алкилзамещенных к воде.

Выводы

1. Установлено, что обработка природной асканглины солями четверезамещенного аммония и диамина значительно увеличивает ее адсорбционную способность по отношению к парам *n*-гептана и бензола. Адсорбция паров воды на асканглине, модифицированной азотсодержащими органическими соединениями (образцы А7, А8, А10, А12), во всей области изменения относительного давления ниже, чем на исходной глине.

2. При модифицировании природной асканглины изученными соединениями характер кривых распределения переходных пор с размерами 20—70 Å практически не меняется. Наблюдается лишь небольшое увеличение объема этих пор.

3. Модифицирование природной асканглинны почти не меняет ее пористую структуру. Изменение адсорбционной способности природной асканглинны при модифицировании обусловлено в основном изменением химической природы ее поверхности.

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

(Поступило в редакцию 14.7.1966)

შინა

ბ. ციციშვილი (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), მ. შუაქრიშვილი

აზოტფემცველი ორგანული ნაერთებით მოდიფიცირებაში
 გუნებრივი ასკანთიხის აღსორბციულ-სტრუქტურული თვისებები

რეზიუმე

შესწავლილია ნ-გეტანის, ბენზოლისა და წყლის ორთქლის აღსორბცია 0,1, 0,2, 0,4, 1% იოდოვანი ტეტრამეთილ-ამონიუმისა და 2% ეთილამინის, ტრიეთილამინის, გეკსა-, ნონა-, დეკამეთილენდიამინის ხსნარებით მოდიფიცირებულ ასკანთიხაზე.

ნაჩვენებია, რომ აზოტფემცველი ორგანული ნაერთებით დამუშავებული ასკანთიხის აღსორბციული თვისებები მნიშვნელოვნად იცვლება. მოდიფიცირების შედეგად იზრდება ნ-გეტანისა და ბენზოლის აღსორბცია ასკანთიხაზე. მაქსიმალური აღსორბციული თვისებებით ხასიათდება 0,4% იოდოვანი ტეტრამეთილ ამონიუმის ხსნარით მოდიფიცირებული ასკანთიხა.

გამოკვლეულია, რომ ტრიეთილამინის, გეკსა-, ნონა- და დეკამეთილენდიამინის ხსნარებით დამუშავებული ასკანთიხა, ბუნებრივთან შედარებით, ხასიათდება წყლის ორთქლის დაბალი აღსორბციული უნარით შეფარდებითი წნევების მთელ ინტერვალში. ეთილამინისა და იოდოვანი ტეტრამეთილამონიუმის ხსნარებით დამუშავებული ასკანთიხის ნიმუშები დაბალი შეფარდებითი წნევების არეში წყლის ორთქლის მიმართ ბუნებრივ ასკანთიხასთან შედარებით ამჟღავნებენ მაღალ აღსორბციულ უნარიანობას.

ასკანთიხის აღსორბციული თვისებების შეცვლა მოდიფიცირებით ძირითადად გაპირობებულია ზედაპირის ქიმიური ბუნების ცვლილებით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. R. M. Barrer, D. Mac-Laud. Activation of montmorillonite by ion Exchange and sorption complexes of tetra-alkyl ammonium montmorillonites. *Trans. Far. Soc.*, 51, 9, 1955, 1290.
2. R. M. Barrer, J. Reay. Sorption and intercalation by Methyl-ammonium montmorillonites. *Trans Far. Soc.*, 9, 53, 1957, 1253.
3. R. M. Barrer, G. Perry. Sorption of Mixtures, and Selectivity in Alkylammonium montmorillonites. *J. Chem. Soc.*, 1961, 842.
4. H. Deuel, G. Huber, R. Iberg. Organische gerivate von tonmineralien. *Helv. Chem. Acta*, 35, 1952, 1779.
5. М. М. Дубинин, К. В. Чмутов. Физико-химические основы противогазового дела. М., 1939.
6. А. В. Киселев. Новые адсорбционные методы определения поверхности адсорбентов. *Успехи химии*, 14, 1945, 367.



ХИМИЯ

П. В. ГОГОРИШВИЛИ, Е. Г. ДАВИТАШВИЛИ,
 М. В. КАРКАРАШВИЛИ, Ш. А. НАДАРЕИШВИЛИ

ОБ ОДНОМ МЫШЬЯКОВОМ ПРЕПАРАТЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 24. 4. 1966)

В ветеринарной практике в качестве антигельментика применяются различные соединения мышьяка. Среди указанного класса соединений своей высокой эффективностью выделяется препарат, синтезированный в Зоотехнико-ветеринарном институте [1, 2] и выпускаемый в заводском масштабе.

Этот препарат широко применяется в ветеринарной практике как у нас, в Советском Союзе, так и за рубежом [3—8]. Однако вопрос состава полученного соединения и валентности в нем мышьяка по сей день является спорным.

Некоторые авторы [1, 2] считают, что в полученном соединении мышьяк является трехвалентным, и приписывают ему следующую эмпирическую формулу: $\text{Sn}_3(\text{AsO}_3)_2\text{Na}[\text{SnO}_2\text{Cl}] + 2\text{H}_2\text{O}$. Другие исследователи [7, 9] доказывают, что в данном соединении мышьяк является пятивалентным и выражают его формулой SnHAsO_4 .

В 1960 г. Институту физической и органической химии им. П. Г. Меликишвили АН ГССР было поручено изучить состав и установить валентность мышьяка в вышеуказанном соединении. В связи с этим институту были предоставлены две пробы.

Первая проба синтезирована на кафедре неорганической и аналитической химии Зоотехнико-ветеринарного института ГССР под руководством М. Г. Джаниашвили [10], а вторая проба—на производстве химико-терапевтических и биологических препаратов того же института под руководством кандидата химических наук А. Гегенава (регламент производства мышьяковокислого олова).

Приводим исходные вещества, применяемые для получения указанного мышьякового препарата по I и II схеме:

I	II
Na_2HAsO_4 (1 молярн. р-р) + $+\text{SnCl}_2$ (4,13 молярн. р-р) + соляная к-та. По данным автора, выпадает осадок состава— $\text{Sn}_3(\text{AsO}_3)_2 \cdot \text{Na}[\text{SnO}_2 \cdot \text{Cl}] + 2\text{H}_2\text{O}$ [10].	$\text{As}_2\text{O}_3 + \xrightarrow[\text{H}_2\text{O}]{\text{H}_2\text{O}_2} \text{H}_3\text{AsO}_4$ (7—8% р-р) + $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (1 кг SnCl_2 на 1 л. воды). Выпадает осадок состава SnHAsO_4 [9].

Как видно, технология получения препарата по I и II схеме неодинакова.

Анализ проб показан в табл. 1.

При проведении анализов пользовались некоторыми известными, но усовершенствованными в институте методами.

Таблица 1

Химический анализ препаратов, полученных по схеме I и II

№ п/п	Наименование составных компонентов	I %	II %
1	Общее кол-во мышьяка (As)	29,58	31,08
2	Трехвалентный мышьяк (As ³⁺)	1,96	0,31
3	Пятивалентный " (As ⁵⁺)	27,62	30,77
4	Общее кол-во олова (Sn)	39,18	42,02
5	Кол-во воды (H ₂ O)	2,17	2,45
6	pH раствора (суспензия)	2,3	2,35

Олово в обеих пробах в основном двухвалентное. Как видно из данных анализа, обе пробы в основном содержат пятивалентный мышьяк (As⁵⁺) с небольшой примесью трехвалентного мышьяка (As³⁺).

Повышенное количество последнего в первой пробе, вероятно, объясняется добавлением соляной кислоты к исходным веществам [10]. Соотношение Sn:As около

1:1, и состав соединения приближается к формуле SnHAsO₄. Присутствие ионов водорода в составе соли подтверждается низким значением pH (2, 3) соединения. Количество воды в этом препарате составляет приблизительно 1/2 H₂O.

В 1962 г. институту химии вновь было поручено провести исследование заводской партии того же препарата— SnHAsO₄ полученного по второй схеме, для установления воз-

Таблица 2
 Результаты химического анализа мышьяково-кислого олова

№ серии	As общее	As ³⁺ %	As ⁵⁺ %	Sn общее %	Sn ²⁺ %	Sn ⁴⁺ %	SnHAsO ₄ %
Порошок							
14—	28,01	0,23	27,78	—	—	—	95,89
18—	28,16	0,26	27,90	—	43,35	—	96,31
26—	28,01	0,22	27,79	—	43,35	—	95,93
28—	28,19	0,26	27,93	44,18	43,35	0,83	96,41
32—	28,19	0,26	27,93	—	43,35	—	96,41
42—	28,01	0,26	27,74	—	42,85	—	95,76
44—	28,10	0,19	27,91	44,22	43,35	0,87	96,34
46—	28,18	0,25	27,93	—	42,85	—	96,41
50—	28,18	0,23	27,95	—	43,75	—	93,48
54—	28,15	0,20	27,95	—	42,85	—	95,48
56—	28,12	0,25	27,87	—	43,35	—	96,20
58—	28,15	0,26	27,89	—	43,35	—	96,27
60—	28,17	0,25	27,88	—	—	—	96,24
62—	28,00	0,18	27,82	—	—	—	96,03
64—	28,04	0,15	27,89	—	—	—	96,27
66—	28,12	0,22	27,90	—	—	—	96,31
68—	28,15	0,25	27,90	—	—	—	96,31
Таблетки							
8—	22,83	0,20	22,63	35,75	34,85	0,95	78,11
10—	23,40	0,19	23,21	—	—	—	83,11
30—	22,83	0,18	22,65	—	—	—	78,18

можности применения препарата в ветеринарной практике, без проведения биологических опытов.

Для этой цели заводом были предоставлены институту 40 образцов различных серий мышьяковокислого олова, из которых для проведения анализов было отобрано 20.

Из данных анализов (табл. 2) видно, что содержание трехвалентного мышьяка в пересчете на металл в среднем не превышает 0,2—0,26%, что намного меньше, чем это допускается по техническим требованиям, составленным Зоотехнико-ветеринарным институтом ГССР. Низкое содержание As^{3+} тем более важно, что, по данным некоторых авторов [7—8], более токсичными являются именно соединения As^{3+} .

Содержание пятивалентного мышьяка почти во всех пробах одинаково и равно 27,8—27,9%.

Препараты содержат также до 1% четырехвалентного олова.

Содержание последнего в препарате зависит как от чистоты исходного сырья— $SnCl_2$, так и от условий и продолжительности хранения готового продукта.

Ниже приводится средний состав препарата:

Найдено, %:

As^{5+} —27,92, 28,14,

As^{3+} —0,22,

Sn^{2+} —43,35, 44,20,

Sn^{4+} —0,85.

Вычислено для $SnHAsO_4 \cdot 1/2 H_2O$ %:

As^{5+} —27,99,

Sn^{2+} —44,35.

Как видно, совпадение данных анализов с высчитанными для технического препарата хорошее.

Изучение указанной соли показало, что она содержит половину молекулы кристаллизационной воды.

Таким образом, в $SnHAsO_4 \cdot 1/2 H_2O$ содержание $SnHAsO_4$ не может превышать 96,65%.

Исследованием еще раз доказано, что препарат, выпускаемый как институтом, так и заводом, имеет стабильный химический состав, является кислой солью олова ортомышьяковой кислоты с формулой $SnHAsO_4 \cdot 1/2 H_2O$, с примесью 0,2—0,26% трехвалентного мышьяка и до 1% четырехвалентного олова.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что приведенная в работе [1, 2] формула $Sn_3(AsO_3)_2 \cdot Na[SnO_2Cl] + 2 H_2O$ и соображения о трехвалентности мышьяка в нем являются необоснованными.

Ввиду того, что составные компоненты препарата как качественно, так и количественно устанавливаются достаточно точно химическими методами, то исключается необходимость биологической проверки данного препарата.

Выводы

Исследован химический состав препарата мышьяковистокислого олова. Установлено, что препарат в основном содержит пятивалентный мышьяк и имеет формулу $\text{SnHAsO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физической и
органической химии

им. П. Г. Меликишвили

Тбилиси

(Поступило в редакцию 24.4.1956)

კიბია

პ. გოგორიშვილი, ე. დავითაშვილი, მ. ყარყარაშვილი,
შ. ნადარეიშვილი

დარიშხანის მართი პრეპარატის შესახებ

რეზიუმე

1. შესწავლილია დარიშხანის შემცველი ანტიპელმენტოკური პრეპარატის ქიმიური შედგენილობა.
2. დადგენილია, რომ პრეპარატი ძირითადად შეიცავს ხუთვალენტობიან დარიშხანს და მისი შედგენილობა გამოიხატება ფორმულით $\text{SnHAsO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$.
3. დადგენილია, რომ აღნიშნული პრეპარატის შედგენილობა ზუსტად შეიძლება განისაზღვროს ქიმიური მეთოდებით; ამის შედეგად გამოირიცხებოდა პრეპარატის ბიოლოგიური შემოწმების აუცილებლობა.

დამოუკიდებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Г. Джаниашвили. Мышьяковистокислородное олово (арсенид олова). Научно-производственный журнал, ветеринария, т. XXXVI, № 1, 1959, 68.
2. М. Г. Джаниашвили. Физико-химические свойства мышьяковистокислородного олова. ЖНХ, т. VII, вып. 12, 1962, 2818.
3. И. Т. Чубабрия. Новый антигельминтик — мышьяковистокислородное олово и результаты внедрения его в ветеринарную практику при мониезиозе. Труды Грузинского ин-та животноводства и ветеринарии, т. XX, 1958.
4. Г. И. Годердзишвили. Результаты испытания мышьяковистокислородного олова при некоторых гельминтозах собак. Труды Грузинского ин-та животноводства и ветеринарии, т. XX, 1958, 58.
5. И. Т. Чубабрия, Г. И. Годердзишвили, Н. С. Гугунишвили. Испытание некоторых соединений мышьяка при разных гельминтозах птиц. Труды НИИ животноводства и ветеринарии, т. XX, 1958, 29.
6. Н. С. Гугунишвили. Опыт групповой дегельминтации кур с применением мышьяковистокислородного олова. Материалы Научной сессии гельминтологов республик Закавказья по вопросам гельминтофауны и борьбы с гельминтозами человека, сельскохозяйственных животных и растений. Тбилиси, 1963.
7. P. Castel, M. Graber, O'Ras, G. et Chhay-Hancheng. Action de l'arseniate d'etain sur guelgues cestodes. hewwat des du poulet. Reue d'Elevege et de Meg. Weterin ar, des paus tropicaux, XIV, № 4, 1960, 281-295.
8. H. Rauch, N. Rossow. Zur Therapie der Schafmonieose mit einer Zinnarsenatverbindung. Monatshefte für Weterinar Medizin - 16, Leipzig, 1961, 625.
9. И. Т. Чубабрия. Широко внедрить опыт применения мышьяковистокислородного олова против мониезиоза овец. Тбилиси, 1961.
10. М. Г. Джаниашвили. Мышьяковистокислородное олово (арсенид олова). Сб. трудов Тур. зоовет. ин-та, т. X, 1958, 255.



Г. Д. ЧАЧАНИДЗЕ, В. С. ВАРАЗШВИЛИ, Н. Г. ЛЕЖАВА

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОНОФЕРРИТОВ НИКЕЛЯ И КОБАЛЬТА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 1.4.1965)

Влияние чистоты ферритов на их электрические, магнитные, тепловые и другие свойства общеизвестно. Получение чистых ферритов освещено в литературе недостаточно, и каждый из существующих методов дает удовлетворительные результаты лишь для определенных видов этих соединений. Кинг получил ферриты никеля и кобальта с малым содержанием силиция, однако детали изготовления он не указал [1], рекомендации же, приведенные в работе [2], на практике не оправдали себя.

Данная работа посвящается подбору метода получения ферритов никеля и кобальта, пригодных для калориметрических исследований.

Моноферриты никеля и кобальта синтезированы керамическим способом, методом совместного разложения солей и их комбинированием. Исходными веществами при этом служили CaO марки «ч», TiO , Fe_2O_3 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ марки „чда“. Как известно, эти кристаллогидраты являются неустойчивыми и их составы часто не соответствуют указанным формулам. Для получения отвечающих точной стехиометрии исходных смесей кристаллогидраты подвергались термической обработке с целью их полного обезвоживания или диссоциации до окислов. Поскольку литературные данные по этому вопросу скудны и противоречивы, соответствующие температуры уточнялись термографическим путем.

Термографически исследовались как исходные, так и окончательные продукты реакций. Проведение термографического анализа представляло интерес для выявления возможностей его использования при исследовании магнитных превращений, поскольку такие данные в литературе отсутствуют.

Кривые нагревания исследуемых образцов снимались на фоторегистрирующем пирометре ФП К-59 методом совместного нагрева печи и навески с постоянной скоростью. Контроль режима нагрева печи производился амперметром, характеризующим силу тока в нагревательной обмотке печи, а градуировка термопар—по реперным точкам плавления металлов. Эталонном служил прокаленный при 800°C кобунд. Сопротивление в цепи дифференциальной термопары равнялось 5000Ω .

Термограммы вышеуказанных продуктов приводятся на рис. 1—6.

На термограмме высушенного при 180°C образца NiO (рис. 1) отклонение дифференциальной кривой в начале опыта (наблюдающееся на большинстве термограмм) вызвано различной теплопроводностью материала и эталона, причем эта разница оказывается ощутимой при сравнительно низких температурах, выше же она уменьшается. Максимум отклонения при 525°K соответствует антиферромагнитному превращению NiO и полностью согласуется с литературными данными. Этот эффект обнаруживается также на кривой зависимости теплосодержания от температуры [1]. На термограмме отдельно не отмечается указанное в литературе превращение при 565°K [1, 3].

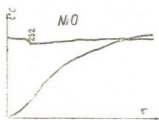


Рис. 1

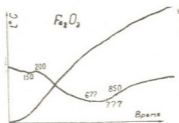


Рис. 2

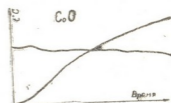


Рис. 3

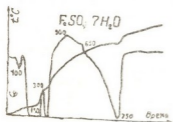


Рис. 4

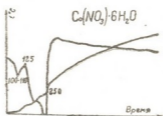


Рис. 5

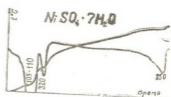


Рис. 6

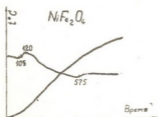


Рис. 7

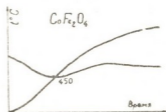
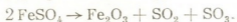


Рис. 8

На рис. 2 приводится термограмма окиси железа Fe_2O_3 . Согласно литературным данным, окись железа имеет два превращения — при $677-670^{\circ}\text{C}$ и $777-780^{\circ}\text{C}$ [3, 4], причем первое — антиферромагнитное и второе — полиморфное. Эндотермический эффект, имеющий место при 150°C , можно отнести к удалению плотно адсорбированной влаги, о чем свидетельствует соответствующая потеря веса образца. Далее кривая дифференциальной записи начинает все резче отклоняться в правую сторону, достигая максимума в области $677-777^{\circ}\text{C}$. Это отклонение соответствует суммарному эффекту антиферромагнитного и полиморфного превращений окиси железа.

Нагревание закиси кобальта (рис. 3) не характеризуется никакими тепловыми эффектами, что указывает на отсутствие каких-либо превращений, обнаруживающихся термографически.

На термограмме семиводного сульфата железа (рис. 4) зафиксировано четыре эндотермических эффекта. Первый, сравнительно слабый, при 100°C отвечает удалению гигроскопической влаги, второй при 150°C — удалению шести молекул воды и третий с максимумом при 300°C — удалению последней молекулы воды. В интервале 650—750°C наблюдается большой эндотермический эффект, соответствующий термической диссоциации препарата, который в атмосфере воздуха, согласно работе [5], протекает по уравнению



Поскольку температуры полного обезвоживания и диссоциаций далеки друг от друга, указанный препарат по надобности легко можно обезвоживать без разложения.

Точных данных относительно температур обезвоживания и диссоциации для шестиводного нитрата кобальта в литературе не имеется. Есть указание лишь о том, что препарат плавится при 53°C, затем теряет воду и наконец распадается с образованием закиси кобальта CoO [6].

На термограмме препарата (рис. 5) наблюдаются два эндотермических эффекта. Первый при 100—110°C объединяет процессы плавления, кипения и удаления кристаллизационной воды, второй с максимумом при 250°C соответствует диссоциации препарата до CoO , причем температуры указанных процессов настолько близки, что не представляется возможным обезвоживать препарат без заметного разложения. Поэтому для получения соответствующих ферритов в качестве кобальтсодержащего сырья следует брать окончательный продукт термического разложения — CoO .

На термограмме семиводного сульфата никеля (рис. 6) наблюдаются три ясно выраженных эндотермических эффекта. Первый при 105—110°C соответствует удалению шести молекул воды, второй с максимумом при 320°C — удалению последней молекулы воды и третий при 850°C — диссоциации препарата по уравнению



На термограмме видно, что температуры удаления последней молекулы воды и начала термической диссоциации далеки друг от друга, поэтому для изготовления соответствующих ферритов семиводный сульфат железа прокаливается при 300—400° до образования безводного препарата (светло-желтая масса).

Конкретные условия изготовления ферритов никеля и кобальта приводятся в таблице. Чистота полученных продуктов проверялась рентгеноструктурным и химическим анализами, проведенными в аналитической лаборатории Института неорганической химии и электрохимии АН ГССР, причем никель определялся по весовому методу с диметилглиоксимом. Точки Кюри определялись термографическим и баллистическим методами. Баллистические измерения выполнены в Грузинском институте металлургии. Из таблицы видно, что результаты хорошо согласуются между собой, а также с литературными данными.



№ образца	Способ изготовления феррита	Данные рентгено-структурного анализа	Точки Кюри по экспериментальным данным, °С	Точки Кюри по литературным данным, °С	Примечания
1	Керамический Стехиометрическая смесь из NiO и Fe ₂ O ₃ прессуется и спекается в силитовой печи при t=250°C 3 часа в атмосфере кислорода. Остывание вместе с печью с постепенным уменьшением тока кислорода	В основном линии Fe ₂ O ₃ и NiO и незначительное количество линий NiFe ₂ O ₄	570		Хрупкий материал, магнитные свойства обнаруживаются. Точка Кюри определена термографическим методом
2	Смесь та же. Спекание таблеток в атмосфере воздуха при 700—900°C 4 часа повторным размолотом, прессованием и спеканием при 1350°C 5 часов в токе кислорода	Равные количества линий NiFe ₂ O ₄ , Fe ₂ O ₃ и NiO	575		Материал тверже, чем 1. Точка Кюри определена баллистическим методом
3	Смесь та же. Таблетки спекались предварительно при 1000—1100°C 6 часов в атмосфере воздуха, затем размалывались, изготовлялись таблетки с добавлением этилового спирта (8% от веса), спекались в токе кислорода при 1350°C 6 часов повторным размолотом, прессованием и спеканием при 1350°C 6 часов	Добавочных линий в этом образце меньше, чем в предыдущем	575		Материал тверже, чем 2. Точка Кюри определена термографическим методом
4	Размолотый и спрессованный под давлением 500 кг/см ² образец № 3 спекали в токе кислорода при 1300°C 12 часов	Чистый NiFe ₂ O ₄ (наилучший образец)	575	575—590 [7—8]	Материал очень твердый с стальным блеском. Точка Кюри определена термографическим методом



5	Совместное разложение солей			
	<p>Стехиометрическая смесь из $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и NiSO_4 в присутствии небольшого количества воды нагревалась при $t=300-350^\circ\text{C}$ до полного обезвоживания, затем масса размалывалась, прессовались таблетки под давлением 500 кг/см^2 и обжигались при $t=900^\circ\text{C}$ 6 часов с повторным размолом, прессованием с этиловым спиртом и спеканием при $t=1300-1350^\circ\text{C}$ 6 часов в атмосфере воздуха. Остывание вместе с выключенной печью</p>	<p>В основном линии NiFe_2O_4 и заметное количество линий Fe_2O_3</p>		<p>Точка Кюри не определялась из-за наличия заметного количества добавочных линий</p>
6	<p>Смесь и последовательность операций та же, за исключением последней стадии, вместо 6 часов образец обжигался 14 часов</p>	<p>Добавочных линий меньше, чем в предыдущем образце</p>	<p>575°</p>	<p>Точка Кюри определена термографическим методом</p>
7	Комбинированный			
	<p>Стехиометрическая смесь из $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и CoO, полученная термическим разложением $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ при $t=300^\circ$, нагревалась в присутствии небольшого количества воды при $t=350^\circ$ 6 часов, полученная масса размалывалась, прессовались таблетки под давлением 900 кг/см^2 и спекались при $t=1000^\circ\text{C}$ 6 часов</p>	<p>В основном линии CoFe_2O_4 и незначительное количество линий Fe_2O_3 и CoO</p>	<p>520°</p>	<p>Хрупкий материал черного цвета, магнитные свойства обнаруживаются. Точка Кюри определена термографическим методом</p>
8	<p>Размолотый и спрессованный под давлением 900 кг/см^2 образец № 7 обжигался в платиновом тигле при $t=1350^\circ$ 14 часов в атмосфере воздуха</p>	<p>Чистый CoFe_2O_4 (наилучший образец)</p>	<p>520° 500-520 по [7-9]</p>	<p>Материал очень твердый со стальным блеском. Точка Кюри определена термографическим и баллистическим методами</p>

Дебаеграммы, снятые на аппарате УРС-70 К1 с использованием излучения $Fe\ K\alpha$ (диаметр кассеты 57,3 см, диаметр образца 0,4 см), показали, что образец № 4 феррита никеля и образец № 8 феррита кобальта являются практически однофазными и, следовательно, пригодными для калориметрических исследований. По данным химического анализа, ферриты никеля и кобальта содержат соответственно 48,22% Fe^{3+} , 25,37% Ni и 47,30% Fe^{3+} , 25,26% Co, т. е. вполне соответствуют стехиометрическому составу.

Моноферриты никеля и кобальта имеют кристаллическую структуру браунерной шпинели, описываемой формулой $Fe[MeFe]O_4$, и являются, как известно, веществами, характеризующимися нескомпенсированным антиферромагнетизмом.

На рис. 7 и 8 приводятся термограммы моноферритов никеля и кобальта, снятые при максимальной чувствительности дифференциального гальванометра.

На термограмме феррита никеля (рис. 7) отклонение дифференциальной кривой от нулевого положения начинается примерно со $120^\circ C$ (незначительное отклонение, имеющее место до 120° , объясняется суммарным эффектом, вызванным удалением адсорбированной влаги и различием теплопроводности материала и эталона, и частично подтверждается уменьшением веса образца) и достигает максимума при 575° , что соответствует магнитному переходу. Аналогичный ход кривой наблюдается на всех термограммах различных образцов феррита никеля.

В отличие от моноферрита никеля, на термограмме феррита кобальта (рис. 8) эндоотклонение дифференциальной записи имеет место с самого начала, причем максимум отклонения (450°) лежит несколько ниже точки Кюри для данного вещества ($500-520^\circ C$). Таким образом, как и следовало ожидать, эффекты антиферромагнитных превращений в нескомпенсированных магнитных материалах (моноферриты никеля и кобальта), так же как аналогичные превращения в обычных ферромагнетиках (закись никеля, окись железа), не характеризуются резко вычерченной конфигурацией эндотермического эффекта, а растянуты в широком интервале температуры с охватом точки Кюри.

Такая характерная форма кривой дифференциальной записи может оказаться весьма полезной при термографическом изучении кристаллических веществ с целью обнаружения в них соответственно ферро- и антиферромагнитных превращений.

Выводы

1. Керамическим методом, методом совместного разложения солей и их комбинированием синтезированы моноферриты никеля и кобальта с проведением рентгеноструктурного и химического анализов. Установлено, что наилучшие по составу и пригодные для калориметрических исследований образцы моноферритов никеля и кобальта можно получить соответственно керамическим и комбинированным методами.

2. Точки Кюри этих образцов, проверенные термографическим и баллистическим методами, хорошо согласуются между собой, а также с литературными данными.

3. Проведенные исследования указывают на возможность использования термографического метода для установления наличия ферро- и антиферромагнитных превращений в кристаллических веществах.

Академия наук Грузинской ССР
Институт неорганической химии
и электрохимии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 1.4.1966)

ჰიზი

ბ. ჩახანიძე, ვ. ვარაზაშვილი, ნ. ლეჟავა

ნიკელისა და კობალტის მონოფერიტების დამზადება
და მათი თერმობრაფიული გამოკვლევა

რეზიუმე

სინთეზირებულია ნიკელისა და კობალტის მონოფერიტები კერამიკული მეთოდით, მარილების ერთად დაშლის მეთოდით და მათი კომბინირებით.

ქიმიურმა და რენტგენოსტრუქტურულმა ანალიზებმა გვიჩვენა, რომ კალორიმეტრული შესწავლისათვის გამოსადეგი ნიკელისა და კობალტის მონოფერიტების ნიმუშები შეიძლება მიღებულ იქნეს შესაბამისად კერამიკული და კომბინირებული მეთოდებით.

ამ ნიმუშების კიურის წერტილები შემოწმებულია თერმოგრაფიული და ბალისტიკური მეთოდებით. მიღებული შედეგები კარგად შეესაბამება ლიტერატურულ მონაცემებს.

თერმოგრაფიულად შესწავლილ იქნა ყველა გამოსავალი და მიღებული პროდუქტები. ჩატარებული გამოკვლევები უჩვენებენ, რომ შესაძლებელია თერმოგრაფიული მეთოდის გამოყენება ფერო- და ანტიფერომანტიური გარდაქმნების არსებობის შესამოწმებლად კრისტალური ნაერთებისათვის.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. E. G. King. Heat capacities at low temperatures and entropies of five spinel minerals. *J. Phys. chem.*, 60, 4, 1956, 411.
2. E. В. Гортер. Намагниченность насыщения и кристаллохимия ферромагнитных окислов. *Успехи физических наук*, т. VII, вып. 2, 1955.
3. K. K. Kelley. *Bureau of mines Bull.*, 1960, 584.
4. O. Kubaschewski, E. Evans. *Metallurgical Thermochemistry*, 1958.
5. Jacobson. *Encyclopedia of chemical Reactives.*, vol. IV, 91, 1959.
6. Ю. В. Карякин. Чистые «химические реактивы». М., 1955.
7. Я. Смит, Х. Вейн. Ферриты. ИЛ, М., 1962.
8. Ю. Ситидзе, Х. Сато. Ферриты. Изд. «Мир», 1964.
9. Г. А. Смоленский. Неметаллические ферромагнетики—ферриты. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 16, М., 1952, 728.



ХИМИЯ

Е. Н. ЗЕДЕЛАШВИЛИ, М. И. ШАНШИАШВИЛИ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ α -НИТРОНАФТАЛИНА И НАФТАЛИНА

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 29. 4. 1966)

Изучение радикалов, образованных при действии излучения на ароматические соединения, методом ЭПР [1, 2] показывает, что многие производные бензола, содержащие в качестве заместителей полярные группы (ОН, NH₂, NO₂, -N=N- и др.), в отличие от алкилпроизводных, характеризуются повышенной стабильностью ароматического кольца. Такие заместители как бы берут на себя поглощенную молекулой энергию, отщепляются от ароматического ядра с образованием радикалов последнего и тем самым защищают ядро от дальнейшего разрушения.

Однако приведенный выше механизм радиационно-химического превращения молекул не исключает процессов с раскрытием ароматического кольца, приводящих к образованию фрагментов исходной молекулы. Выход последних зачастую бывает значительным [3].

Образование под действием излучения радикалы (типа C₆H₅, C₆H₇ для бензольных производных) могут взаимодействовать друг с другом или с другими фрагментами молекул и образовывать новые соединения, характеризующиеся повышенным молекулярным весом, по сравнению с исходным. Такая ассоциация радикалов приводит к образованию продуктов радиолиза с интересными специфическими свойствами — с повышенной электропроводностью [4], полупроводниковыми свойствами [5], люминесценцией [6, 7], термостойкостью [5] и др.

Таким образом, исследование природы конечных продуктов радиационно-химического превращения ароматических соединений представляет значительный интерес с точки зрения установления механизма превращений и синтеза молекул со специфическими свойствами. Наряду с индивидуальными соединениями, заслуживает внимания исследование радиационно-химического превращения высокомолекулярных ароматических углеводородов нефти, обладающих интересными люминесцентными свойствами [7].

В настоящей работе приведены результаты исследований продуктов радиационно-химического превращения кристаллического нафталина и α -нитронафталина.

Экспериментальная часть

Очистка исходных веществ. α -нитронафталин марки «хч» очищался хроматографически на окиси алюминия. Температура плавления очищенного таким путем вещества составляла 60,8°C. Нафталин марки «ч» очищался многократной сублимацией. Температура плавления 80°C.

Условия облучения образцов. Образцы очищенного α -нитронафталина и нафталина облучались смешанным (n, γ)-излучением на реакторе ИРТ-2000 Института физики АН ГССР при свободном доступе кислорода воздуха в кварцевых пробирках с открытым концом. Доза излучения составляла $3,5 \times 10^{12}$ н/см²:сек, а время облучения 100 часов.

Методы разделения. Для выделения продуктов радиационно-химического превращения исследуемых образцов использовались методы селективной экстракции различными органическими растворителями и адсорбционной хроматографии на окиси алюминия.

Окончательная очистка выделенных продуктов производилась методом тонкослойной хроматографии на незакрепленном слое окиси алюминия.

Методы исследования. Электронные спектры поглощения снимались на кварцевом спектрофотометре СФ-4. В качестве растворителей использовались гексан и этиловый спирт.

Инфракрасные спектры поглощения получались на спектрометре ИКС-14 (с призмой из хлористого натрия) и ИКС-12 (с призмой из фтористого лития). Спектры снимались в растворе четыреххлористого углерода.

Результаты эксперимента и их обсуждение

При радиоллизе кристаллического α -нитронафталина под действием (n, γ)-излучения реактора наблюдается углубление его окраски: исходный светло-желтый порошок превращается в коричневый. Обработка облученной массы различными растворителями показывает присутствие в ней плохо растворимого темно-коричневого порошка и нескольких окрашенных, а также бесцветных веществ.

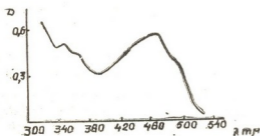


Рис. 1. Электронный спектр поглощения продукта радиолиза α -нитронафталина с оранжевой флуоресценцией

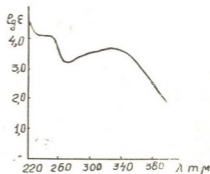


Рис. 2. Электронный спектр поглощения γ -нитронафталина

После отделения от облученной массы непревращенного исходного вещества были выделены три продукта, которые характеризуются голубым, желтым и оранжевым свечением. Эти флуоресцирующие вещества являются вязкими, некристаллизующимися жидкостями.

Электронный спектр вещества с оранжевой флуоресценцией (рис. 1) сильно смещен в красную сторону, по сравнению со спектром α -нитронафталина (рис. 2), и максимум его длинноволновой полосы поглощения появляется около 470 м μ . Наблюдаемое сильное bathochromное смещение спектра этого вещества (около 140 м μ) указывает, вероятно, на значительное укрупнение исходной молекулы. Такое представление подтверждается также его эмпирической формулой $C_{16}H_{18}N$, полученной из данных элементарного анализа (С 85,33%; Н 8,11%; N 5,96%).

Интересные результаты получены при исследовании ИК-спектров поглощения вещества с оранжевой флуоресценцией. В области валентных колебаний С—Н-связей обнаруживаются полосы при 2851, 2958 и 2923 cm^{-1} . Несомненно, эти полосы должны быть приписаны группам CH_2 (2851 и 2923 cm^{-1}) и CH_3 (2958 cm^{-1}). При этом интенсивность полос групп CH_2 значительно выше, чем CH_3 , что указывает на преимущественное содержание первых в молекуле.

Существование в продукте с оранжевой люминесценцией групп CH_2 и CH_3 , по-видимому, можно связать с механизмом радиационно-химического превращения α -нитронафталина, предусматривающим раскрытие ароматического кольца и гидрирование образованной боковой цепи атомами водорода, выделенными в первичном акте действия ионизирующего излучения. Данные элементарного анализа указывают также на повышение отношения количества атомов водорода к количеству атомов углерода (Н/С) в молекулах продуктов радиационно-химического превращения α -нитронафталина, по сравнению с исходным веществом.

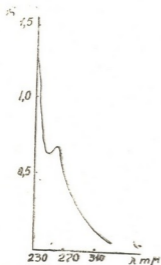


Рис. 3. Электронный спектр поглощения продукта радиолитического превращения α -нитронафталина с голубой люминесценцией

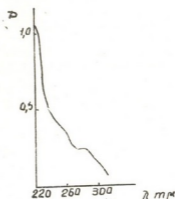


Рис. 4. Электронный спектр поглощения продукта радиолитического превращения α -нитронафталина с желтой флуоресценцией

Особенно высокое отношение Н/С найдено для вещества с голубой люминесценцией¹ (1,8 вместо 0,7 для α -нитронафталина).

¹ Данные элементарного анализа вещества с голубой люминесценцией: С 84,15% Н 12,88%; О 2,97%; эмпирическая формула $C_{20}H_{22}O$.

В соответствии с этим в ИК-спектре этого вещества наблюдаются очень интенсивные линии групп C-H_2 и C-H_3 с преимущественным проявлением метиленовых групп. Электронные спектры поглощения вещества с голубой люминесценцией показывают ниспадающую в сторону длинных волн ветвь полосы с максимумом около 260 $\text{m}\mu$ (рис. 3). Длинноволновой край этой полосы кончается около 310 $\text{m}\mu$, в то время как для α -нитронафталина поглощение распространяется примерно до 400 $\text{m}\mu$.

Исходя из данных электронных и колебательных спектров поглощения, а также из элементарного анализа, по-видимому, следует предположить, что продукт превращения α -нитронафталина, обладающий голубой флуоресценцией, богат боковыми насыщенными цепями и содержит меньшее число сопряженных связей, чем вещество с оранжевым свечением. На это указывает также характер адсорбции вещества с голубой флуоресценцией в процессе тонкослойной хроматографии — оно слабо адсорбируется на окиси алюминия и уходит со старта с растворителем. Это, вероятно, является доказательством обрамления молекул описываемого вещества радикалами насыщенного ряда.

Продукт радиационно-химического превращения α -нитронафталина, характеризующийся желтой флуоресценцией, в процессе хроматографирования обнаруживает свойства, близкие к свойствам рассмотренного выше вещества, флуоресцирующего голубым цветом. Это сходство проявляется также в электронных спектрах поглощения (рис. 4). Есть основание предполагать, что эти продукты являются родственными и отличаются в основном числом или расположением боковых цепей. Выход этого продукта мал и изучить его свойства пока не удалось.

Раскрытие ароматического кольца при радиолизе α -нитронафталина нами было проверено на примере нафталина—голяядерного аналога α -нитронафталина.

Хроматограммы облученного нафталина и α -нитронафталина по характеру проявления полос сходны, разница заключается лишь в перераспределении ширины и интенсивности полос, светящихся разным цветом. В хроматограмме облученного α -нитронафталина преобладает оранжевая флуоресценция, а в случае нафталина—голубая. Специальной проверкой показано, что R_f (отношение расстояния между стартовой линией и центром пятна к расстоянию от стартовой линии до линии фронта) веществ с одноцветной флуоресценцией, проявленных в облученном нафтале и α -нитронафтале, равны.

Из облученного нафталина выделены два вещества, характеризующиеся голубой (I) и желтой (II) флуоресценцией. Первое представляет собой белые пластинки с температурой плавления 182°C, а второе—некристаллизующееся маслянистое вещество.

Электронный спектр поглощения вещества I (рис. 5, кривая а) имеет хорошо выраженную структуру с интенсивной полосой поглощения при 250 $\text{m}\mu$ и более слабую полосу в области 300 $\text{m}\mu$.

Электронный спектр вещества II (рис. 5, кривая б) сильно напоминает спектр исследованного продукта с желтой флуоресценцией, выделенного из α -нитронафталина. Схожи и их ИК-спектры поглощения

в области валентных колебаний групп CH_2 и CH_3 . Однако в случае вещества II, кроме указанных групп, ясно проявляются также полосы при 3020 и 3042 см^{-1} , относящиеся к C—H -связям (рис. 6). Приписать эти полосы ароматическим или алкеновым группам пока не представляется возможным.

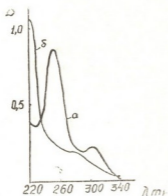


Рис. 5. Электронные спектры поглощения продуктов радиолитического разложения нафталина: а — с голубой флуоресценцией; б — с желтой флуоресценцией

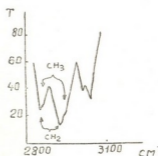


Рис. 6. ИК-спектры поглощения продукта радиолитического разложения нафталина с желтой флуоресценцией

Таким образом, исследование радиационно-химического превращения нафталина и α -нитронафталина показывает, что продукты их радиолитического разложения имеют сходную природу. Это дает возможность предположить общий характер радиационно-химического превращения нафталина и α -нитронафталина, заключающийся в раскрытии ароматического кольца и гидрировании образованной боковой цепи атомами водорода, выделенными в первичном акте действия ионизирующего излучения.

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

(Поступило в редакцию 29.4.1966)

ჰიზია

ა. ჯაფარიძე, ა. შანთიაძე

α -ნიტრონაფტალინისა და ნაფტალინის რადიაციულ-ქიმიური გარდაქმნის შესწავლა

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია კრისტალური α -ნიტრონაფტალინისა და ნაფტალინის (n, γ) -რადიაციულ-ქიმიური გარდაქმნის შედეგად მიღებული ზოგიერთი პროდუქტის კვლევის შედეგები.

რადიოლიზის პროდუქტების დაყოფა და მათი ქიმიური შედგენილობის დადგენა წარმოებდა ადსორბციული ქრომატოგრაფიისა და ქიმიური ელემენტარული ანალიზის მეთოდების საშუალებით, ხოლო პროდუქტების თვისებების შესწავლა — სპექტრალური ანალიზით.

რადიოლიზის თხევადი პროდუქტების კვლევის შედეგად მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემები მიუთითებენ ნაფტალინისა და α -ნიტრონაფტალინის რადიაციულ-ქიმიური გარდაქმნის პროცესის მსგავსებაზე და ვარაუდზე, რომ აღნიშნულ ნაერთთა რადიოლიზისას ადგილი აქვს არომატული ბირთვის გახსნასა და გვერდითი ჯაჭვის ჰიდრირებას.

დასოფიზებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. К. Васильев, И. И. Чхеидзе. Исследование низкотемпературного радиолиза некоторых ароматических соединений методом ЭПР и масс-спектрометрии. Кинетика и катализ, 5, № 5, 1964, 802.
2. И. И. Чхеидзе, В. И. Трофимов, Н. Я. Бубен. О радикалах, образующихся при радиолизе некоторых производных бензола. Журнал структурной химии, 5, № 4, 1964, 624.
3. I. Loeff, G. Stein. Aromatic Ring Opening in the Presence of Oxygen in Irradiated Solutions. Nature, 184, № 4590, suppl. № 12, 1959, 901.
4. Sakayucili Kiyokasu. Действие излучения на электрические свойства кристаллов нафталина. 4-th Japan Conf. Radioisotopes, 1961; РЖ. хим., 1963, № 4, 4Б, 555.
5. E. Н. Зеделашвили. Исследование физико-химических свойств продукта радиолиза кристаллического О-нитроанилина. ДАН СССР, 164, № 2, 1965, 334.
6. Г. В. Цицишвили, Г. Д. Багратишвили, М. К. Чарквиани, Н. И. Ониашвили. Спектроскопическое исследование радиационно-химического превращения нафталина. Сообщения АН ГССР, XXXIV, № 2, 1964, 331.
7. С. В. Стародубцев. Изменение оптических свойств бензола, облученного γ -лучами. ДАН СССР, 129, 1959, 307.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

И. Г. ХИЗАНИШВИЛИ, Г. Г. ГАПРИНДАШВИЛИ

ФАРФОРО-ФАЯНСОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ ИЗ ПЕРЛИТОСОДЕРЖАЩИХ
МАСС

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 22.2.1966)

В производстве керамических изделий в качестве флюсующего материала обычно используется полевой шпат или пегматит, завозимый из Карелии, где находится основное месторождение Советского Союза [1—2].

Поставляемый на заводы полевой шпат и пегматит ручной сортировки не удовлетворяют требованиям технических условий, и потребители вынуждены снова его сортировать, теряя при этом 30—40% сырья. Общие потери на месторождении и предприятиях достигают 70—75% [1—2].

Общий дефицит и высокая стоимость полевого шпата и пегматита, а также ограниченность запасов и низкое качество вызывают необходимость изыскания их заменителей. В ряде зарубежных стран использование заменителей превышает добычу полевого шпата и пегматита. В Советском Союзе до настоящего времени заменители в промышленном масштабе не используются [3—4].

Учитывая создавшееся положение в керамической промышленности, мы проводили исследования по выявлению возможности использования перлита в качестве заменителя полевого шпата и пегматита в керамических массах [5].

Основанием для выбора этого материала послужили характерные особенности перлита, а именно: повышенное содержание в нем щелочей, сравнительно малое содержание окрашивающих окислов, природная стекловидная структура минерала, почти аналогичный с пегматитом химический состав и идентичная с ним же температура плавления.

Объектом исследования был взят перлит Арагацского месторождения (Армянская ССР), залегаемый у ст. Арагац ЗКВ ж. д., как наиболее чистый из известных месторождений перлита.

Перлит представляет собой изверженную кремнеземистую горную породу, состоящую в основном из вулканического стекла, с включениями плагиоклазов, полевых шпатов, кварца и других минералов. Перлит характеризуется концентрической скорлуповатой структурой, в связи с чем вся порода кажется состоящей из сцементированных между собой тонких скорлуп. Перлит раскалывается по концентрическим трещинам. Получающиеся при этом шарики имеют перламутровую поверхность, напоминающую жемчуг, откуда они и получили свое название.

Под микроскопом основная масса представлена прозрачным вулканическим стеклом кислого состава. Стекломасса имеет флюидальную

структуру, в которой параллельно расположенные пузыри имеют вытянутую форму по течению лавы. Форма пор вытянутая, круглая или неправильная.

В составе перлитового сырья находится вода (до 6—8%), растворенная в твердой стекловидной массе. Этим и объясняется его технологическое свойство — способность вспучиваться при высоких температурах. При высокой температуре порода размягчается, вода в ней переходит в пар, вспучивая размягченную массу материала. Учитывая, что перлит представляет собой не кристаллическое вещество, а стекловидную массу, при нагревании он становится пластичным в процессе размягчения, а затем уже переходит в жидкое состояние по аналогии с плавлением обычного стекла.

Химический состав проб перлитов Арагацского месторождения, по данным Н. Н. Кольнова и А. Н. Мерзляка [6], характеризуется следующими показателями (в % по весу): SiO_2 72,2—74,76; Al_2O_3 13,3—14,76; Fe_2O_3 0,14—1,41; CaO 0,1—1,1; MgO 0,33—0,61; SO_3 0,19—0,34; R_2O 4,79—8,21; влага 0,34—0,78, п. п. п. 2,33—4,51.

Объемный вес 1,6—2,0 г/см³. Удельный вес 2,3—2,4 г/см³. Водопоглощение 2,5—6,1. Температура плавления 1250°C.

Рентгенографическое исследование перлита показало, что он характеризуется стеклообразной структурой и содержит в достаточном количестве примеси, находящиеся в коллоидно-дисперсном состоянии. Рентгеноструктурный анализ этих примесей затруднен, так как имею-

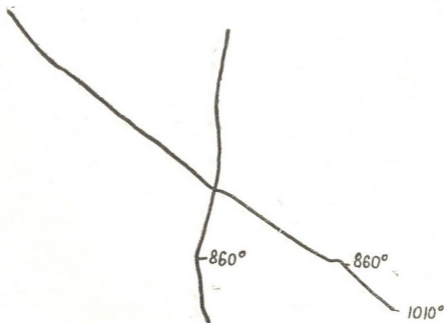


Рис. 1. Термограмма Арагацкого перлита

щиеся линии на рентгенограмме сильно диффузные, вследствие чего определение периода кристаллической решетки не удается.

Как показало термографическое исследование (рис. 1), при нагревании перлита до 1000°C на термограмме не наблюдается какого-либо термического эффекта достаточной величины, лишь при 860° замечает-

ся очень малый эндотермический эффект, что нужно объяснить выделением химически связанной воды.

В результате проведенного полуколичественного спектрального анализа установлено наличие в перлите, помимо известных по химическому анализу окислов, следующих элементов: Mg от 0,1 до 1,0%; Mn, T от 0,01 до 0,1%; Zr, Cu, Pb от 0,001 до 0,01%.

Как известно, образование различных видов фарфора обусловлено физико-химическим взаимодействием глинистого вещества, кварца и полевого шпата. При этом полевой шпат создает условия для развития стеклсфазы, обуславливая растворение других составных частей масс, связывая их в единое целое и обеспечивая стойкость изделий против деформативных усилий.

При применении перлита образование стеклофазы происходит при более пониженной температуре, что связано со стекловидным состоянием природного перлита и отсутствием необходимости распада структуры минерала.

Указанное положение было подтверждено при проведении лабораторных и промышленных испытаний по получению белых облицовочных фаянсовых плиток. Введение в плиточную массу перлита в количестве 20—22% в основном за счет песка и других составных обеспечило снижение температуры утильного обжига с 1250 до 950—980° при сохранении всех основных показателей, характеризующих качество белых облицовочных фаянсовых плиток. Полученные глазурованные плитки характеризовались необходимой прочностью, гладкой блестящей поверхностью и другими показателями, удовлетворяя все требования действующего ГОСТа [7].

Аналогичное явление было установлено при использовании перлита вместо пегматита и некоторых других составных в полуфарфоровых массах [8].

Из серии пробных составов, по которым были проведены опытные работы, был подобран состав перлитосодержащей массы, давшей наилучшие результаты. Полученный состав массы с сопоставлением с массой, на которой ранее работал Тбилкерамкомбинат, приводится в табл. 1.

Таблица 1

Наименование сырых компонентов	Состав массы, % по весу	
	Масса на основе перлита	Масса на основе пегматита
Глина новохвейцарская	—	12,5
Глина часоваярская	25,0	12,5
Каолин просьяновский	25,0	30,0
Пегматит чушинский	—	9,0
Перлит арагацкий	50,0	—
Кварцевый песок	12,0	26,0
Череп	10,0	10,0

Результаты испытаний образцов указанных масс приводятся в табл. 2.



Полученные данные подтверждают положительные результаты промышленного испытания. При введении перлита в полуфарфоровую массу температура обжига снижается на 100—120°. К этому следует

Таблица 2

Наименование показателей	Величина показателей	
	Масса на основе перлита	Масса на основе пегматита
Температура обжига, °С	1140—1180	1290—1300
Воздушная линейная усадка, %	4,80	5,42
Общая линейная усадка, %	11,50	12,39
Водопоглощение, %	4,70	5,20
Прочность при сжатии, кг/см ²	3,403	3,364
Объемный вес, г/см ³	2,50	2,29

добавить экономическую эффективность от применения перлита. Стоимость 1 т перлита на месте у ст. Арагац ЗКВ ж. д. составляет 3 руб. 65 коп., тогда как стоимость обычно применяемого чупинского пегматита, завозимого из Карелии из зоны вечной мерзлоты, составляет 18 руб. 70 коп.

Указанное новшество внедрено на Тбилкерамкомбинате и Ереванском фарфоровом заводе, в настоящее время его внедрение осуществляется и на других заводах Советского Союза.

Полученные положительные результаты при использовании перлита в фарфоровых и полуфарфоровых массах послужили основанием для дальнейших исследований по установлению возможности применения перлита в фарфоровых массах.

Таблица 3

Наименование сырых материалов	Наименование испытываемых масс и их сырьевой состав, % по весу				Производственная масса
	M=1	M=2	M=3	M=4	
Каолин просьяновский	38,4	38,4	39,2	37,8	35,0
Глина веселовская	4,2	4,2	11,9	12,5	2,0
Глина трушковская	9,5	9,5	—	—	9,0
Кварц чупинский	26,6	21,3	27,2	20,1	26,0
Перлит арагацкий	23,3	26,6	21,7	29,6	—
Полевой шпат чупинский	—	—	—	—	20,0
Череп молотый	—	—	—	—	5,0
Череп утильный	—	—	—	—	3,0

В ходе экспериментальных работ в лабораторных и промышленных условиях были проведены исследования масс твердого и мягкого фарфора с использованием перлита, а также определены основные свойства обожженного черепка с сопоставлением полученных показателей с показателями фарфоровых масс на полевым шпате.

Для окончательного суждения о пригодности перлита как составного компонента фарфоровых масс были проведены промышленные испытания на Дулевском фарфоровом заводе. Оптимальные сырьевые составы испытуемых масс в сравнении с составом производственной массы приводятся в табл. 3.

Основные керамические свойства испытуемых перлитосодержащих фарфоровых масс в сравнении со свойствами полевошпатовой производственной массы приведены в табл. 4.

Таблица 4

Наименование показателей	Величина показателей				Производственная масса
	M=1	M=2	M=3	M=4	
Нормальная формовочная влажность, %	23,8	23,4	—	—	23,8
Линейная усушка при 110°, %	5,2	5,4	4,4	5,0	5,3
Общая усадка при обжиге 1350°, %	14,6	15,2	13,2	14,8	14,9
Механическая прочность на излом, кг/см ²					
а) сухих образцов	41,9	36,9	30,9	31,06	39,0
б) обожженных образцов при 900°	86,3	108,0	74,4	82,2	112,0
в) обожженных образцов при 1350°	1114	935	1034	853	938
Удельный вес черепков, обожженных при 1350°, г/см ³	2,42	2,44	—	—	2,45
Водопоглощение образцов, обожженных при 900°, %	18,6	19,4	19,9	19,5	19,2
То же при 1350°, %	0,085	0,12	0,11	0,15	0,10

Полученные показатели подтверждают, что замена полевого шпата перлитом не оказывает заметного влияния на керамические свойства фарфоровых масс.

В результате проведенных испытаний образцов на термическую стойкость в соответствии с требованиями РТУ РСФСР 413—58 получены положительные показатели. Образцы выдержали испытания при нагреве до 250°.

Коэффициент термического расширения образцов фарфора, обожженных при 1330—1350°, находится в интервале $(4-5,5) \cdot 10^{-6}$ и удовлетворяет предъявленным требованиям.

Белизна образцов из перлитовых масс несколько ниже белизны образцов из масс на полево шпате. На несколько пониженную белизну изделий из перлитосодержащих масс влияет степень загрязненности перлитового сырья окрашивающими окислами железа. Учитывая, что при проведении настоящих исследований был использован перлит Арагацкого месторождения с разрабатываемого участка, применяемый для целей вспучивания, для которого количественное содержание железа не имеет какого-либо значения, необходимо провести дополнительные поисковые геологоразведочные работы по месторождению, выявить участки наиболее чистых разновидностей перлита и оконтурить их с последующим закреплением этих участков для фарфоровой промышленности.

Петрографический анализ черепков из опытных масс показал общую для фарфора картину состава и структуры. Указанные образцы

отличаются от образцов из полевошпатовой массы более однородной и более активной муллитизацией черепка.

Использование перлита в фарфоровых массах не требует изменений в технологии производства и связанных с ним дополнительных капиталовложений, наоборот, технология производства фарфоровых изделий упрощается в связи с исключением промывки и предварительного дробления, которые необходимы для полевого шпата, а мягкая ее структура позволяет сократить время помола на 15—20%.

Тбилисский государственный научно-исследовательский институт стройматериалов

(Поступило в редакцию 5.3.1966)

ქიმიური ტექნოლოგია

ი. ხიზანიშვილი, გ. გაპრინდაშვილი

ფაიფურ-ფაიანსის ნაკეთობანი პერლიტის შემცველი მასებისაგან რეზიუმე

სტატიაში შესწავლილია ვულკანური მთის ჯიშის პერლიტის ძირითადი თვისებები და დადგენილია მისი გამოყენების შესაძლებლობა მინდვრის შპატის ნაცვლად ფაიფურ-ფაიანსის მასებში როგორც აქტიური მალღობელი.

პერლიტის შეყვანით ფაიანსის მასებში მიღებულია დაბალ ტემპერატურაზე გამომწვარი სრულფასოვანი მოქიქურებული მოსაპირკეთებელი თეთრი ფილები. დადგენილია, რომ პერლიტის გამოყენება ფაიფურისა და ნახევარ ფაიფურის მასებში მინდვრის შპატის, პეგმატიტისა და ზოგიერთი სხვა მასალის შეცვლით, საგრძნობლად აუმჯობესებს ქანის ზოგიერთ ძირითად თვისებას და მისი გამოყენება მრეწველობაში იძლევა დიდ ტექნოლოგიურ და ეკონომიურ ეფექტს. აღნიშნული სიახლე დანერგულია მრეწველობაში.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Августиник. Керамика. Промстройиздат, М., 1957.
2. П. П. Будников, А. С. Бережной и др. Технология керамики и огнеупоров. Госстройиздат, М., 1959.
3. Г. Зальмаг. Физико-химические основы керамики. М., 1959.
4. К. С. Кутателадзе, И. Г. Хизанишвили, В. К. Чарგиевშვილი, Г. Г. Гапринდაшვილი. Способ изготовления фарфоро-фаянсовых изделий. Бюллетень изобретений и товарных знаков, № 16, 1965.
5. В. И. Магидович. Полевошпатовое сырье, его генетические типы и принципы оценки. М., 1964.
6. Н. Н. Кольнов и А. Н. Мерзляк. Вермикулит и перлит—пористые заполнители для теплоизоляционных изделий и бетонов. Госстройиздат, М., 1961.
7. И. Г. Хизанишвили и А. И. Шушанишвили. Фаянсовые облицовочные плитки низкотемпературного обжига. Стекло и керамика, № 5, 1965.
8. И. Г. Хизанишвили. Перлит как составная полуфарфоровых и фаянсовых масс. Техн. информация, вып. 8, М., 1965.

В. Н. ЧИКВАИДZE

ОБ ОКИСЛЕНИИ ГАММА-АМИНОМАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ МИТОХОНДРИЯМИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

(Представлено академиком П. А. Кометиани 6.6.1966)

По поводу использования гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК) в качестве окислительного материала в головном мозгу в литературе приводятся противоречивые сведения. В ряде исследований, проведенных в лаборатории Тоуера, показано, что эта аминокислота хорошо используется как субстрат окисления [1]. С другой стороны, имеются данные, которые не подтверждают вышеизложенное положение. Доказывается, что ГАМК или вовсе не используется, или же она имеет малый эффект на потребление кислорода тканью мозга [2, 3].

Выяснению этого посвящено данное исследование.

Методика

Опыты были проведены на митохондриях головного мозга крыс. Животное декапитировалось, быстро извлекался мозг и отделялась кора. Гомогенизирование производилось на холоду в продолжении 2 минут. Готовился 10% гомогенат в растворе 0,32 М сахарозы. Ядра и крупные клеточные обломки отделяли центрифугированием на холоду при 1000 g в течение 10 минут. Митохондриальная фракция выделялась центрифугированием при 16000 g в течение 15 минут. Осадок митохондрий промывали холодным раствором сахарозы и под конец, суспендировали в таком количестве солевого раствора, чтобы 1 мл содержал митохондрии, полученные от 0,5 г свежей ткани. Инкубационная среда в конечной концентрации имела следующий состав: калиевый фосфатный буфер (pH—7,4)—10 мМ, трис (pH—7,4)—20 мМ, NaF—10 мМ, KCl—50 мМ, MgCl₂—8 мМ, глюкоза—20 мМ, АТФ—2 мМ, гексокиназа 2 мМ (Sigma typ. III), субстраты—10 мМ. Продолжительность инкубации—30 минут при 27° С. После инкубации добавлялся холодный раствор трихлоруксусной кислоты, осадок отделялся центрифугированием и в надосадочной жидкости определялся неорганический фосфор по Фиске—Суббароу. Потребление кислорода и неорганического фосфора выражалось в микроатомах и рассчитывалось на 100 мг свежей ткани.

Полученные данные и их обсуждение

В нашем более раннем исследовании было показано, что добавление ГАМК при инкубации как срезов, так и гомогенатов головного мозга крыс оказывает небольшой, но статистически достоверный положительный эффект на потребление кислорода [4]. При этом было обнаружено, что пиридоксальфосфат усиливает эффект ГАМК. Особенно наглядно было усиление потребления кислорода в присутствии ГАМК, когда вместе с пиридоксальфосфатом добавлялись кетокислоты

(оксало-ацетат или α -кетоглутарат). Отсюда было сделано заключение, что ГАМК должна принимать участие в энергетическом обмене головного мозга в условиях обеспечения ее дезаминирования. Наши опыты с митохондриями полностью подтвердили это положение.

Были поставлены опыты инкубации митохондриальных препаратов коры головного мозга крыс. В качестве субстрата окисления была взята ГАМК в отдельности и в комбинации с α -кетоглутаровой, щавелевоуксусной и янтарной кислотами. Для сравнения было изучено влияние глутамата и аспартата на окислительное фосфорилирование.

На рис. 1 приведены величины поглощения кислорода и использования неорганического фосфора в синтезе макроэргов при инкубации митохондрий в присутствии аминокислот. Полученные данные показывают, что ни ГАМК, ни аспартат не оказывают положительного эффекта на окислительное фосфорилирование в митохондриях. Значительно усиливаются потребление кислорода и устранение неорганического фосфора в присутствии глутамата. При этом увеличивается также эффективность фосфорилирования, которая выражается отношением Р/О.

Как и следовало ожидать, компоненты лимоннокислого цикла: α -кетоглутарат, сукцинат и оксалоацетат—проявили себя как эффективные субстраты в окислительном фосфорилировании. Это сказывается не только в усилении потребления кислорода и в эстерификации неорганического фосфора, но и в высоких Р/О.

В дальнейшем было изучено влияние ГАМК на окислительное фосфорилирование в митохондриях головного мозга в присутствии компонентов лимоннокислого цикла и пиридоксальфосфата. Как выясняется, в этих условиях ГАМК значительно стимулирует окислительное фосфорилирование. Во всех случаях заметен положительный эффект ГАМК на потребление кислорода по сравнению с опытами, где были взяты только кетокислоты и сукцинат. По нашим данным, эффективность окислительного фосфорилирования максимального значения достигает в опытах совместного присутствия α -кетоглутарата или оксалоацетата с ГАМК.

Таким образом, полученные нами данные позволяют утверждать, что ГАМК может быть использована в окислительном фосфорилировании после дезаминирования. В результате дезаминирования получаемый полуальдегид янтарной кислоты, по-видимому, является лучшим субстратом окисления, чем кетокислоты и янтарная кислота.

В следующей серии опытов была поставлена задача выяснить влияние фармакологических веществ на потребление ГАМК в окислительном фосфорилировании. Исследование было проведено в двух направлениях. В одной части опытов заранее крысам вводили интраперитоннально фармакологические вещества в таком количестве, которое вызывало стойкий эффект. Затем животного обезглавливали, готовили препарат митохондрий и изучали изменение окислительного фосфорилирования сравнительно с контролем. В другой части опытов испытуемые вещества добавлялись непосредственно в инкубационную среду. Изучалось воздействие: нембутала, аминазина, хлоралгидрата, семикарбазида, метразола и фенамина. В качестве субстрата окисления были взяты, ГАМК, глутамат, α -кетоглутарат, оксалоацетат и сукцинат.

Было выяснено, что в опытах добавления фармакологических веществ непосредственно в инкубационную среду обнаруживаются более

резкие сдвиги. В случае аминазина, нембутала и хлоралгидрата это выражается в значительном уменьшении потребления кислорода и эстерификации неорганического фосфора и в сильном снижении коэффициента окислительного фосфорилирования. При одновременном добавлении ГАМК эффект отрицательного влияния вышеупомянутых веществ не меняется. Метразол, семикарбазид и фенамин оказали значительно меньший отрицательный эффект на окислительное фосфорилирование. В особенности это касается метразола.

Таблица

Окислительное фосфорилирование в препаратах митохондрий мозга, полученных из 100 мг свежей ткани

Субстраты	О микроатомы	P микроатомы	P/O
ГАМК	1,215	1,123	0,92
ГАМК+пиродоксальфосфат	1,290	1,900	1,47
α -кетоглутаровая кислота	2,880	6,411	2,22
ГАМК+ α -кетоглутаровая кислота+ пиродоксальфосфат	2,900	6,880	2,37
Глютаминовая кислота	1,873	3,236	1,73
ГАМК+глютаминовая кислота	1,995	3,877	1,94
Щавелевоуксусная кислота	2,003	4,321	2,15
ГАМК+щавелевоуксусная кислота	3,073	7,406	2,40
Янтарная кислота	3,586	6,732	1,88
ГАМК+янтарная кислота	3,553	6,621	2,03
Аспарагиновая кислота	0,497	0,468	0,94
ГАМК+аспарагиновая кислота	0,536	0,418	0,78

Фосфатный буфер pH 7,4. Инкубация 30 минут. Выход митохондриальной фракции составляет 20—24 мг белка из 1 г свежей ткани мозга.

Более сложные взаимоотношения были получены в опытах, где животным предварительно вводились фармакологические вещества. Отрицательный эффект аминазина, нембутала и хлоралгидрата обнаруживается только в опытах с α -кетоглутаратом и в опытах, где вместе с α -кетоглутаратом добавлялась ГАМК. В этих условиях наблюдаются снижение интенсивности эстерификации фосфора, а также увеличение потребления кислорода, что вызывает уменьшение P/O. Этот факт указывает на то, что дыхание становится мало эффективным. Метразол и семикарбазид в опытах с α -кетоглутаратом усилили потребление кислорода и в месте с тем оказали положительный эффект на коэффициент P/O.

Противоположная картина наблюдается в опытах, когда в качестве субстрата использовался глютамат. В данном случае аминазин, нембутал и хлоралгидрат оказали положительный эффект на окислительное фосфорилирование. Хотя потребление кислорода при этом снижается, но зато значительно стимулируется эстерификация фосфора. ГАМК в этих условиях не вносит особых изменений в общую картину. Метразол, семикарбазид и фенамин в отличие от депрессантов заметно снижают коэффициент P/O, хотя потребление кислорода, как и в опытах их непосредственного добавления в инкубационную среду, заметно усиливается. Опыты с щавелевоуксусной и с янтарной кислотами в общем повторяют те же сдвиги, но изменения не так резки, как в опытах с α -кетоглутаратом и глютаматом.

Отрицательное влияние аминазина, нембутала и хлоралгидрата на процесс окислительного фосфорилирования, видимо, является результатом подавления ими дыхания мозговой ткани [4, 5]. Метразол, который не оказывает воздействия на потребление кислорода тканью мозга [4, 6], не влиял и на окислительное фосфорилирование.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физиологии

(Поступило в редакцию 6.6.1966)

ბიომედიც

3. ჩიკვაიძე

თავის ტვინის მიტოქონდრიუმის მიერ გამა-ამინომარბოს მუშავის დაქანების შესახებ

რეზიუმე

ვირთავის თავის ტვინის მიტოქონდრიუმზე ჩატარებულ იქნა ცდები გამა-ამინომარბოს მუშავის გამოყენების შესაძლებლობის გასარკვევად ქანგვით ფოსფორილირებაში. შეისწავლეს აგრეთვე ამ პროცესზე ფარმაკოლოგიური ნივთიერების გავლენა სხვადასხვა ქანგვის უნარის მქონე სუბსტრატის თანდასწრებისას.

გამორკვეა, რომ თავის ტვინის ქსოვილს შეუძლია გამოიყვანოს გამა-ამინომარბოს მუშავა ქანგვით ფოსფორილირებაში მხოლოდ მისი დეზამინირების პირობებში. გამა-ამინომარბოს მუშავის დადებითი ეფექტი ქანგვით ფოსფორილირებაზე მქლავნდება გლუტამინის, α -კეტოგლუტარის, ქარვისა და განსაკუთრებით, მქაუნ-ძმრის მქავეების თანდასწრებისას.

ამინაზინი, ნემბუტალი, ქლორალჰიდრატი და ფენამინი ძლიერ აქევენენ ქანგვით ფოსფორილირებას. საინქუბაციო არეში დასაქანგვავ სუბსტრატთან ერთად გამა-ამინომარბოს მუშავის დამატება არ ცვლის საერთო სურათს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. G. M. Mc Khan, R. W. Albers, L. Sokoloff, O. Mickelson, a. D. Tower. The quantitative significance of the gamma-aminobutyric acid pathway in cerebral oxidative metabolism. In: Inhibition in the central nervous system and gamma-aminobutyric acid. (Ed. by Roberts, E. Pergamon press), 1960, 164.
2. Г. Х. Бунятян, В. Б. Егян, Г. Н. Тушян. Влияние гамма-аминомасляной кислоты на дыхание мозговой ткани и на некоторые стороны углеводного обмена веществ. Вопросы биохимии мозга, 1, Ереван, 1974, 27.
3. S. Lutrup. The subcellular localisation of glutamic decarboxylase in rat brain. J. Neurochem., 8, 1961, 245.
4. В. Н. Чикваидзе. Окислительный обмен гамма-аминомасляной кислоты в препаратах головного мозга и его влияние на распределение аминокислот. Украинский биохимический журнал, 38, № 1, 1966, 62.
5. R. Balázs, K. Magyar a. D. Richter. The operation of the tricarboxylic acid cycle in brain mitochondrial preparations. In: Comparative Neurochemistry. (Ed. by Richter. Pergamon press), 1964, 225.
6. M. J. E. Erasting, W. F. Kofke, W. Th. Nauta, N. K. Oosterhuis a. C. De Waart. Biochemical studies on psychotropic drugs I. The effect of psychotropic drugs on gamma-aminobutyric acid and glutamic acid in brain tissue. J. Neurochem., 5, 1960, 5.

Ц. И. КАРТОЗИЯ

БЕЛКОВЫЕ ФРАКЦИИ СЫВОРОТКИ КРОВИ, ТИПЫ ГАПТОГЛОБИНА И ФРАКЦИИ ГЕМОГЛОБИНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ ЖЕЛТУХИ У ДЕТЕЙ

(Представлено академиком В. С. Асатиани 18.7.1966)

За последнее время особенно возросло внимание исследователей к изучению вопросов физиологии и патологии периода новорожденности.

Среди заболеваний периода новорожденности значительное место, несомненно, занимают заболевания, протекающие с желтушным синдромом, своевременная дифференцировка которых является важным фактором для дальнейшего нормального развития ребенка.

Патогенез заболеваний, протекающих у новорожденных с желтушным синдромом, весьма разнообразен. Современные достижения биологической химии (исследования, проведенные на молекулярном уровне) дали возможность направить внимание педиатров на то, что основным патогенетическим фактором желтухи новорожденных является недостаточность печени в процессах превращения и выделения билирубина, обусловленная незрелостью.

Достижением современных методов исследования является также выявление у детей различных форм желтухи, в патогенезе которых значительная роль принадлежит гемоглобинсвязывающим белковым веществам.

Таким образом, изучение вопросов функциональной зрелости печени является одним из важных факторов, объясняющих механизмы возникновения желтухи у новорожденных детей.

Как известно, почти все биологически активные вещества синтезируются в печени, а о нормальном течении этих процессов можно судить по присутствию или по отсутствию этих веществ в крови.

Одним из основных биологически активных веществ являются белки и их производные (углеводно-белковые комплексы), функции которых для организма очень важны и многообразны.

Работы по изучению состояния общего белка и белковых фракций сыворотки крови при желтухе у детей немногочисленны, а существующие данные зачастую противоречивы.

По литературным данным [1—3], общий белок сыворотки крови при гемолитических заболеваниях новорожденных почти не меняется и в среднем мало отличается от такового у здоровых детей. Что касается белковых фракций сыворотки крови, то данные авторов по этому направлению расходятся. По мнению одних [4], количество α -глобулинов

при гемолитической желтухе понижено, а по мнению других [2, 3], наоборот, увеличено. Расходятся мнения авторов и о содержания β и γ -глобулинов при гемолитических заболеваниях новорожденных.

Разноречивость данных по этим вопросам, по-видимому, усугубляется тем, что, как показывают исследования (среди них и наши), белковые фракции сыворотки крови в детском возрасте (особенно в периоде новорожденности) испытывают самые разнообразные изменения и значительные индивидуальные различия [5].

Не менее важное значение имеют для организма сложные белки (углеводно-белковых комплексов). Из этой группы на сегодняшний день внимание исследователей привлекают гемоглиносвязывающие вещества — гаптоглобины. Они представляют собой сложные биологически активные вещества, которым принадлежит важная роль в обмене веществ. Сывороточные белки способны необратимо связываться с гемоглином и обладают электрофоретической подвижностью α_2 -глобулина. При помощи электрофореза выявлено три типа гемоглиносвязывающих белков.

Исследования многих авторов [6] указывают, что в синтезе гаптоглобина главная роль принадлежит печени.

Представляет несомненный интерес вопрос синтеза гаптоглобина в онтогенезе. Установлено [7], что в пуповинной крови имеется гаптоглобин, состоящий из половины молекулы нормального гаптоглобина.

Многие вопросы способностей собственного синтеза гаптоглобина у новорожденных и изменения их типов при патологии этого периода еще не изучены, поэтому литературные данные нередко противоречивы.

Очевидно, играет роль и методика исследования. Предполагается, что применение тонких, усовершенствованных методов исследования даст возможность сравнительно лучшего изучения обмена этих биологически активных веществ в физиологических и патологических условиях.

Таким методом мы выбрали электрофорез на крахмальном геле.

Предыдущие наши работы касаются белковых фракций сыворотки крови, типов гаптоглобина и фракций гемоглобина у новорожденных детей в норме. Настоящая же работа посвящена изучению этих веществ при различных формах желтухи у детей.

Всего изучено 48 детей, из них: 25—физиологической желтухой, 11—желтухой недоношенных и 12—тяжелой формой желтухи.

В табл. 1 представлены процентные данные наличия белковых фракций сыворотки крови при различных формах желтухи. Для интерпретации данных, полученных при патологии, в каждой параллельной графе приводятся разработанные нами соответствующие данные в норме.

Путем электрофореза на крахмальном геле из нормальной сыворотки крови выделяется 10—17 фракций. В наших случаях имеет место выделение максимально 13 фракций. Их терминология окончательно еще не установлена. Для идентификации полученных фракций мы пользовались схемой Груши, по которой почти всегда бывают две преальбуминовые фракции, альбумины, одна или две так называемые постальбуминовые фракции, α_1 , β , пост- β , $\alpha_1\beta$, α_2 , γ и пре- γ -глобулины.

Табл. 1 дает возможность сопоставить данные (по горизонтали) наличия белковых фракций сыворотки крови при различных формах желтухи (I, II, III группы) с нормой и сопоставить их (по вертикали) между собой.

Физиологическая желтуха новорожденных характеризуется следующей белковой картиной: преальбуминовые фракции белка в процентном случае выделяются больше, чем в норме, однако понижается выделение постальбуминовых фракций. α_1 -Глобулины выделяются в 100% случаев, причем в двух случаях резко выражены. Особенно наглядно в этой группе понижение синтеза пост- β , $\alpha\beta$, α_2 и пре- γ -глобулиновых фракций белка. Таким образом, при физиологической желтухе новорожденных отмечается снижение синтеза таких иммунологических белков, как белки группы α , β и γ -глобулинов.

При желтухе недоношенных отмечается следующее: отсутствуют или почти отсутствуют преальбуминовые фракции белка, понижен также синтез постальбуминовых фракций. Пост- β -глобулины отсутствуют, $\alpha\beta$ -глобулины появляются очень редко, понижен синтез α_2 и пре- γ -глобулинов. Подытоживая данные этой группы, можно отметить, что желтухи недоношенных характеризуются отсутствием или понижением как альбуминовых фракций белка, так и α , β , $\alpha\beta$ и пре- γ -фракций глобулинов.

Данные, полученные при тяжелой форме желтухи, значительно отличаются от данных в предыдущих группах. Постальбуминовые фракции белка в процентном случае выявляются больше, чем в норме. α_1 -Глобулины резко выражены в 100% случаев. Отмечается нарастание фракций β -глобулинов. Нарастают $\alpha\beta$ и α_2 -глобулины. Следовательно, при тяжелой форме желтухи у детей отмечается резко выраженная качественная (в данном случае) диспротеинемия, которая, по нашему мнению, является следствием вторичного поражения паренхимы печени, о чем свидетельствует положительная прямая реакция билирубина во всех исследованных случаях.

Данные наших исследований в отношении распределения типов гаптоглобина, его общего количества и фракций гемоглобина при различных формах желтухи у новорожденных приводятся в табл. 2. Как и в табл. 1, в каждой параллельной графе представлены соответствующие данные, полученные в норме.

Гаптоглобины расположены главным образом в α , β и $\alpha\beta$ -фракциях. Для идентификации типов гаптоглобина мы пользовались схемой Банчу и Либриху.

По литературным данным, у недоношенных новорожденных типы гаптоглобина обнаруживаются в 10% случаев в виде нечетких полос с общей концентрацией около 40 мг%.

Это явление некоторые авторы объясняют неспособностью организма в этом возрасте синтезировать гаптоглобин [8], некоторые же [9] субнормальное количество гаптоглобина или его отсутствие рассматривают как показатель разрушения эритроцитов с повышенным поступлением гемоглобина в кровяное русло.

Таблица 1

Группа больных	Преальбумины 1		Преальбумины 2		Альбу- мины		Посталь- бумины 1		Посталь- бумины 2		α_1 -Глобу- лины	
	в норме	при жел- тухе	в норме	при жел- тухе	в норме	при жел- тухе	в норме	при жел- тухе	в норме	при жел- тухе	в норме	при жел- тухе
Физиологическая желтуха новорожденных	7,6	14,3	15,3	23,8	100	100	61,5	61,4	53,8	38	100	100
Желтуха недоношенных		Отсут- ствует		9		100		27,2		27,2		100
Тяжелая форма желтухи		10		10		100		80		60		100

Продолжение табл. 1

Группа больных	β -Глобу- лины		Пост- β - глобу- лины		$\alpha\beta$ -Глобу- лины		α_2 -Глобу- лины		γ -Глобу- лины		Пре- γ - глобу- лины	
	в норме	при жел- тухе	в норме	при жел- тухе	в норме	при жел- тухе	в норме	при жел- тухе	в норме	при жел- тухе	в норме	при жел- тухе
Физиологическая желтуха новорожденных	84,6	95,2	30,7	4,7	15,3	4,7	23,0	14,3	100	100	53,8	9,5
Желтуха недоношенных		90,9		Отсут- ствует		9		18,2		100		9
Тяжелая форма желтухи		100		10		20		30		100		20

По нашим данным, при физиологической желтухе новорожденных картина распределения типов гаптоглобина следующая: тип 1—1 обнаруживается в 24% случаев (в 30,7% при норме), тип 2—1 — в 32% (в 7,6% при норме), тип 2—2 отсутствует (при норме также.) а в 40% случаях типы гаптоглобина не обнаруживаются. Таким образом, при физиологической желтухе новорожденных отмечается изменение распределения типов гаптоглобина. Общее количество гаптоглобина колеблется в пределах 30—60 мг%, составляя в среднем 46,6 мг%.

Иная картина наблюдается при желтухе недоношенных — в 72,7% случаев типы гаптоглобина не обнаруживаются. В 18,2% выявляется тип 1—1 и в 9% — тип 2—1. В этой группе, как и в предыдущей, тип 2—2 не обнаруживается. Количество общего гаптоглобина колеблется в пределах 20—35 мг%, составляя в среднем 33,7 мг%.

Желтуха недоношенных характеризуется резким понижением концентрации гаптоглобина в сыворотке крови и значительным отклонением от нормы распределения типов гаптоглобина.

Наши данные в какой-то мере (в количественном отношении) не совпадают с данными авторов, указывающих, что у недоношенных гаптоглобин почти не обнаруживается, однако следует принять во внимание данные других авторов [5, 10] об индивидуальном различии возможностей собственного синтеза этого вещества.

В фундаментальных работах [11, 12], посвященных изучению физиологии и патологии гаптоглобина, особенно подчеркивается роль гемолиза в механизме образования агаптоглобулинемии. Исследования, проведенные в этом направлении, показывают, что внутрисосудистый гемолиз вызывает усиленное выделение гаптоглобина, что уровень гаптоглобина может упасть до нуля в пределах 24 часов, если количество разрушенного гемоглобина превзойдет его гемоглобинсвязывающий предел.

Таблица 2

Типы гаптоглобина

Группа больных	Не обнаружены		1—1		2—1		2—2		Общее количество гаптоглобина в мг %	Фракции гемоглобина	
	в норме	при желтухе	в норме	при желтухе	в норме	при желтухе	в норме	при желтухе		Ф ₁	Ф ₂
Физиологическая желтуха новорожденных	61,5	40	30,7	24	7,6	32	—	—	46,6	93,7	6,3
Желтуха недоношенных		72,7		18,2		9	—	—	33,7	60	40
Тяжелая форма желтухи		75		Не обнаружен		25	—	—	53,3	75	25

С этой точки зрения представляет интерес наша третья группа — тяжелая форма желтухи. Как видно из табл. 2, в этой группе в 75% случаев типы гаптоглобина не обнаруживаются, но, несмотря на это, общее количество гаптоглобина превышает (сравнительно!) обе предыдущие группы и составляет в среднем 53,3 мг%.

Тут же считаем целесообразным отметить значительный факт. На нашем материале не наблюдается параллелизма между наличием того или иного типа гаптоглобина и содержанием концентрации гаптоглобина, т. е. в некоторых случаях тип гаптоглобина (исследованный электрофорезом на крахмальном геле и окрашенный бензидиновым реактивом) не обнаруживается, а общее количество гаптоглобина соответствующей сыворотки достигает 30—40—50 мг%.

Это явление, по нашему мнению, можно объяснить тем фактом, что, во-первых, гаптоглобины — глюкопротеидные вещества, концентрация которых может повыситься при воспалительных процессах тканей, а во-вторых, не исключена возможность существования других гемоглобинсвязывающих (глюкопротеидноподобных) веществ, принимающих в какой-то мере участие в реакции, предложенной Оуэном и сотрудниками для определения концентраций гаптоглобина.

Если принять во внимание поражение паренхимы печени при тяжелых формах желтухи, станет ясным факт сравнительного нарастания концентраций гаптоглобина при данном состоянии.

Со стороны характеристики фракций гемоглобина на нашем материале наблюдается следующая картина: при физиологической желтухе новорожденных отмечается выделение в основном (93,7) одной фракции фетального гемоглобина — Ф-медленной. В 6,3% случаев выделяется также вторая, более быстрая, слабо выраженная фракция гемоглобина.

При желтухе недоношенных выделение второй фракции гемоглобина отмечается в 40% случаев, а при тяжелых формах желтухи — в 25%.

В норме у новорожденных разделение фетального гемоглобина мы не наблюдали.

Разделение гемоглобина, наблюдаемое нами при желтухе недоношенных и при тяжелых формах желтухи, можно объяснить нарушением (в какой-то степени) обмена гемоглобина при данных состояниях.

Выводы

При проведении данной работы мы ставили перед собой задачу изучения в сыворотке крови уровня некоторых биологически активных веществ (синтезируемых главным образом в печени) и, таким образом, уточнения некоторых вопросов функционального состояния печени в смысле ее зрелости при различных формах желтухи у новорожденных детей.

Применяемый нами метод электрофореза на крахмальном геле дает возможность сравнительно полного разделения белковых фракций сыворотки крови и является одним из лучших методов для установления типов гаптоглобина и определения фракций гемоглобинов, что, со своей стороны, способствовало интерпретации нижеизложенных фактов.

Белковый спектр сыворотки крови разнообразен при различных формах желтухи у детей. Так, при физиологической желтухе новорожденных отмечается дефицит иммунобиологических белков группы α - β - γ -глобулинов, что в какой-то степени указывает на неполноценность печени в отношении синтеза всех биологически активных веществ.

При желтухе недоношенных отмечается дефицит как α , β и пре- γ -глобулинов, так и пре- и постальбуминовых фракций белка.

Если принять во внимание тот факт, что альбумины синтезируются в печени, то создается мнение, что при желтухе недоношенных незрелость печени усугубляется дефицитом синтеза альбуминовых фракций белка.

Белковый спектр сыворотки крови при тяжелой форме желтухи новорожденных отличается от такового двух предыдущих групп и характеризуется резким нарастанием α и β -глобулиновых фракций белка, что указывает на поражение паренхимы печени при данном состоянии, выраженное в нарушении белкового обмена.

Изучение типов и общего количества гаптоглобина дало нам возможность в известной мере судить о состояниях функций печени при различных формах желтухи у детей. Полученные данные свидетельствуют, что при желтухе недоношенных в 72,7% случаев отмечается агаттоглобинемия, а общее количество гаптоглобина составляет в сред-



ნემ-ლიშვ 33,7 მგ%. Ⴢთო ეშე რაზ უკაზვყაეფ ნა ნეზრელყე პეჩენი ვ ოთ-
ნოშენიი სინთეზირვანია ვსეხ ბიოლოგიეშვი აკივნიყ ვეშევე.

პრი ტყელეოი ფორმე ჯელთუხი, კოგდა გლავნიმ იშოიჩნიკომ ჰიპერბი-
ლირუბინეში ეყვლიეყა უსილენიყ გემოლიზ, ვ 75% სლუეაეფ ოთმეყაეყა
აგაპოგლობულინეშია. ოდიკო კოლიევეო ობშეგო გაპოგლობინა სოსთა-
ვლიეფ 53,3 მგ%. ႂთოტ ფაქტ სო სვოეი სტორიი ოყაყ-ტაკი უკაზვყაეფ ნა
პორაჟენიე კლეტოკ პეჩენი პრი დანიმ სოსთანიი.

რადელენიე ფრაქციი გემოგლობინა, ნაბლუდაეოე ნაში პრი ჯელთუხე
ნედონოშენნიყ პრი ტყელეოი ფორმე ჯელთუხი, ნო ნე ობნარუჟივადეოე ვ
სოთმეყვსთუიეოე ვოზრადე ვ ნორმე, უკაზვყაეფ ნა ნარუშენიე ნორმალყ
ნიყ პროცესოვ ობმენა გემოგლობინა პრი ႂთიყ სოსთანიიყ.

ტაკიმ ობრადო, ნეზრელყე პეჩენი კაკ ვ კაეშევენიმ, ტაკ ი ვ კო-
ლიეშევენიმ ოთნოშენიი რაზნოობრადეო ვყრეჟენა პრი რაზლიეყნიყ ფორ-
მაყ ჯელთუხი უ დეეფ.

ინსტიტუტ პედიატრიი
ტბილსი

(პოსტუჟილო ვ რედაქციუ 18.7.1966)

ბიოჟიმიის

ვ. კარბოზიის

სისხლის ურატის ცილოვანი ფრაქციიები, ჰაპტოგლობინის ტიპები
და ჰემოგლობინის ფრაქციიები ბავშვთა ასაკის სხვადასხვა
სიყვიტლის დროს

რეზიუმე

ახალშობილობის პერიოდის სიყვიტლის სინდრომიოტ მიმდინარე დაევადე-
ბათა პათოგენეზი ფრიად სხეადასხეანაირია. ლვიძლის ფუნქციური უეკარისო-
ბის საყიოთხების შესწავლა, ახალშობილთა სიყვიტლეეების მექანიზმების ახსნის
ერთ-ერთ მნიშენელოვან ფაქტორს წარმოადგენს. ეს შრომა ეხეება ზოგიერთ
ბიოლოგიურად აქტიური ნიევიეერების შესწავლას, რაც აპირობებს ლვიძლის
ზოგიერთი ფუნქციის (მისი მომწიფებულობის თვალსაზრისიოტ) მდგომარეო-
ბის დადგენას სიყვიტლის სხეადასხევა ფორმების დროს ბავშვთა ასაკში.
ეკლევის მეოთდი — სახამებლის გელზე ელექტროფორეზი. მიღებულო მონა-
ცეეების საფუძველზე იმ დასკვნამდე, მიევიდოი რომ საერთო ცილისა და ცი-
ლოვანი ფრაქციეების სურათი ერთმანეთისაგან განსხეეადეება სიყვიტლის სხეა-
დასხევა ფორმების დროს. ახალშობილთა ფიზიოლოგიური სიყვიტლისას აღე-
ნიშენება იმუნო-ბიოლოგიური ცილების (α, β და γ-გუგუის გლობულინე-
ბის) ნაკლოვანება, რაც მიუთიოთეებს ლვიძლის ფუნქციის არასრულყოფაზე ბიო-
ლოგიურად აქტიურ ყველა ნიევიეერების სინთეზის მიმართ.

დღენაკულუ ახალშობილთა სიყვიტლეეების დროს, გარდა ზემოტ მოყვანი-
ლი ლვიძლის ფუნქციური ნაკლოვანებისა, ადგილი აქეს ალბუმიენების სინთე-
ზის დაქვეეიოებას, რაც უფრო ნათლად ადასტურებს ლვიძლის ფუნქციური
მოუმწიფებულობის ფონს დღენაკულუ ახალშობილთა სიყვიტლეეების დროს.

სიყვითლეების მძიმე ფორმების დროს ადგილი აქვს α - და β გლობუ-
 ლინების მკვეთრ მომატებას, რაც მაჩვენებელია იმ გარემოებისა, რომ სიყ-
 ვითლის ამ ფორმების დროს ზიანდება ღვიძლის პარენქიმა.

ჰაპტოგლობინის ტიპებისა და მისი საერთო რაოდენობის შესწავლა აგ-
 რეთვე საშუალებას იძლევა ღვიძლის ფუნქციური ძვრების დასადგენად სიყვი-
 თლის სხვადასხვა ფორმების დროს. მიღებული მონაცემები ნათელყოფენ, რომ
 დღენაკლულ ახალშობილთა სიყვითლეებისა და სიყვითლის მძიმე ფორმების
 დროს ადგილი აქვს ჰაპტოგლობინის ტიპების განაწილების მკვეთრ გადახრას
 ნორმიდან. ჰემოგლობინის ფრაქციების გაყოფა, რასაც ადგილი აქვს ამ მდგო-
 მარეობის დროს, მიუთითებს ჰემოგლობინის ცვლის ნორმალური პროცესების
 დარღვევაზე.

ამგვარად, ღვიძლის მოუმწიფებლობა როგორც თვისობრივი, ისე რაოდე-
 ნობრივი მხარეებით, სხვათადასხვანაირადაა გამოხატული ახალშობილთა სიყვი-
 თლების სხვადასხვა ფორმების დროს.

დადოვიდავლი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Садовская. Активность ферментов альдолазы и трансминазы и содержание белка в сыворотке крови у здоровых новорожденных и больных гемолитической болезнью. Вопросы охраны материнства и детства, 1, 1966, 38—41.
2. И. А. Штерн, А. М. Королева, Л. С. Павлова. Профилактика и терапия гемолитической болезни новорожденных в связи с иммунологическими и биохимическими данными. Акушерство и гинекология, 1, 1959, 10—17.
3. K. Jäbrüg. Serumweißwerte-suchungen beim. Morbus hämolyticus neonatorum. Z. Kinderheilkunde, 92, 1, 1965, 1—6.
4. P. Grulade, J. Grulade. La microélectrophorese sur papier dans les istères, chez le chica. Rev. med. veteria, 111, oct., 1960, 686—699.
5. C. Borrone, G. Gemme, P. Cerruti Mainardi, L. Famularo. Gli aspetti della maturazione proteica nel neonato a termine e nel prematuro nelle prime settimane di vita. Studio immunoelettroforetico. Minerva pediatrica, 17, 31, 1965, 1633—1642.
6. D. A. Merrill, C. H. Kirkpatrick, W. E. C. Wilson, C. M. Riley. Claude in serum haptoglobin type following human liver transplantation. Proc. Soc. Exptl. Biol and Med., 116, 3, 1964, 748—751.
7. J. Fine, C. Imperato, A. Battistini, J. Moretti. Etude immunologique des haptoglobines. Mise en évidence dans le sang du cordon d'une forme incomplète de Phaptoglobine. Nouvelle rev. franc. hématol., 1, 1, 1961, 72—80.
8. C. G. Bergstrand, B. Czar, P. H. Tarukowski. Serum haptoglobin in infancy. Scand. J. Clin. and Lab. Invest., 13, 4, 1961, 576—582.
9. R. Giebelman, B. Gibb, E. Schec'be. Zum Nachweis von Haptoglobin im Nabelschnurblut. Klin Wochenschr., 43, 8, 1965, 468.
10. А. Ц. Анасашвили. Гаптоглобин сыворотки крови (обзор). Вопросы мед. химии, 6, 1965, 3—14.
11. M. Nyman. Serum haptoglobin. Lund, 1959.
12. C. B. Laurell, M. Nyman. Studies on the serum haptoglobin level in hemoglobinemia and its influence on renal excretion of hemoglobin. Blood, 12, 1957, 493—506.



Г. Г. ШАМКУЛАШВИЛИ

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ОБМЕН АСПАРАГИНОВОЙ КИСЛОТЫ В СРЕЗАХ И МИТОХОНДРИЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА

(Представлено академиком П. А. Коветиани 30. 7. 1966)

До последнего времени было принято, что из аминокислот в тканях животных только глутаминовая кислота может окисляться и использоваться в окислительном фосфорилировании. В лаборатории Кребса [1] недавно было выявлено, что окисление глутамата в основном идет по пути образования аспарагиновой кислоты. В отношении использования γ -аминомасляной кислоты в качестве субстрата окисления спор был разрешен, когда было установлено, что эта аминокислота усиливает потребление кислорода в ткани мозга в условиях, обеспечивающих ее дезаминирование [2]. Окисление γ -аминомасляной кислоты, так же как и в случае глутамата, сопровождается образованием аспартата.

Судьба аспартата, образующегося после окисления глутамата и γ -аминомасляной кислоты, все еще остается невыясненной. По мнению П. А. Коветиани [3], использование аспартата как энергетического материала стимулируется реаминированием адениловой системы, когда аминная группа аспартата идет на инозиную кислоту, а углеродный остаток окисляется в цикле Кребса. По данным Бономи и Тенкони [4], аспартат не влияет на поглощение кислорода срезами головного мозга, глюкоза же оказывает положительный эффект на использование аспартата. Нужно думать, что эффект глюкозы обусловлен стимулированием включения аспартата в лимоннокислый цикл. Такую же роль могут играть продукты обмена жирных кислот — β -оксимасляная и ацето-уксусная кислоты. Как известно, эти промежуточные продукты обмена жирных кислот служат хорошим субстратом окисления в головном мозгу [5]. То же можно сказать и о γ -оксимасляной кислоте, которая генетически связана с семинальдегидом янтарной кислоты — продуктом дезаминирования γ -аминомасляной кислоты [6].

В этом сообщении приводятся данные исследования возможности использования аспарагиновой кислоты как субстрата окисления в срезах и митохондриях головного мозга при участии соединений, реагирующих с аспарагиновой кислотой в качестве акцептора ее аминной группы.

Методика исследования

Опыты были поставлены со срезами коры головного мозга взрослых крыс. После обезглавливания животных мозг быстро извлекался и охлаждался на испарителе рефрижератора. Спустя 7—10 минут после частичного затвердения на специальном микротомном столике готовили срезы толщиной 0,4 мм и 200 мг срезов переносили в сосудики Варбурга.

Инкубацию проводили при 37° в атмосфере кислорода, в фосфатном буфере Рингер—Кребса, содержащем 6 мМ глюкозы, рН 7,4. Все субстраты брали 6 мМ. Инкубация длилась 2 часа. Конечный объем смеси был равен 3 мл.

Окислительное фосфорилирование изучалось на препаратах изолированных митохондрий коры головного мозга крыс. После декапитирования животного быстро извлекался мозг и на холоду готовился 10% гомогенат в растворе 0,32 М сахарозы. Ядра и крупные оболочки клетки отделяли центрифугированием при 3000 об/мин. Из полученного центрифугата осаждали митохондрии при 13000 об/мин в течение 20 минут. Осадок митохондрий суспензировали в солевом растворе, имеющем следующую конечную концентрацию: калиевый фосфатный буфер (рН 7,4)—10 мМ, трис (рН 7,4)—20 мМ, ЭДТА (рН 7,4)—2 мМ, АТФ—2 мМ, глюкоза—20 мМ, гексокиназа—2 мМ, субстраты окисления: аспарагиновая кислота—10 мМ, β и γ -оксимасляные кислоты—6 мМ, пиридоксальфосфат—0,5 мМ. Инкубацию проводили в аппарате Варбурга в течение 30 минут при 26°C . После инкубации в сосудики Варбурга добавляли холодный раствор трихлоруксусной кислоты и в надосадочной жидкости определяли неорганический фосфор по Фиске—Суббароу. Потребление кислорода и неорганического фосфора рассчитывалось в микроатомах на 100 мг свежей ткани.

Полученные данные и их обсуждение

В лаборатории Кребса было показано, что 80—90% окисленного глутамата в срезах превращается в аспарагиновую кислоту [1]. Известно, что окислительный обмен глутаминовой кислоты в нервной ткани может идти по двум путям: непосредственно через α -кетоглутарат или же через γ -аминомасляную кислоту [7]. Важно при этом отметить, что в обоих случаях в виде промежуточного продукта окисления образуется аспарагиновая кислота. Как уже отмечалось выше, энергия, выделяемая при окислении глутамата и γ -аминомасляной кислоты, используется в окислительном фосфорилировании. Исходя из того что аспарагиновая кислота в определенных условиях также является эффективным субстратом скисления, было бы интересно выяснить, используется ли энергия окисления в окислительном фосфорилировании.

Как выясняется из данных, приведенных на табл. 1, аспартат сам по себе оказывает слабый эффект как на потребление кислорода митохондриями мозга крыс, так и на эстерификацию фосфора. При инкубации митохондрий в течение 30 минут в присутствии аспаргата убивается только 1,06 микроатома фосфора, при этом отношение Р/О равняется 1,5, т. е. аспарагиновая кислота сама по себе в окислительном фосфорилировании малоэффективна. Этого следовало ожидать так как известно, что аспарагиновая кислота, прежде чем вступить в обменные процессы мозга, должна дезаминироваться. Поэтому, имея дело с отмытыми митохондриями, мы постарались создать условия для протекания этой реакции. В качестве акцептора аминной группы был взят α -кетоглутарат в присутствии пиридоксальфосфата. α -Кетоглутарат стимулирует как дыхание, так и эстерификацию неорганического фосфата. Убыль неорганического фосфата доходит до 7,5 микроатома фосфора и в результате Р/О доходит до 3,2 (табл. 1).

Таблица 1

Влияние аспарагиновой кислоты на окислительное фосфорилирование в присутствии α -кетоглутарата в митохондриях головного мозга крыс. Трис-фосфатный буфер, pH 7,4. Продолжительность инкубации 30 минут. Потребление O_2 и P в микроатомах на 100 мг ткани. Среднее из восьми опытов

С у б с т р а т ы	0	P	P/O
Аспарагиновая кислота	0,7	1,06	1,5
α -Кетоглутаратная кислота	2,4	7,5	3,2
Аспарагиновая + α -кетоглутаратная кислоты	2,8	9,0	3,2

Аспарагиновая кислота в присутствии α -кетоглутарата и пиридоксальфосфата значительно усиливает потребление кислорода и эстерификацию фосфора. Эти данные наглядно показывают, что аспарагиновая кислота может включиться в энергетический обмен мозговой ткани после дезаминирования. Продукт, получаемый в результате дезаминирования, — оксалоацетат, как известно, является эффективным субстратом окисления.

В дальнейшей серии опытов мы изучали влияние β - и γ -оксимасляных кислот на потребление кислорода в присутствии аспартата срезами головного мозга крыс при pH 7,4. Данные, полученные нами, подтверждают результаты опытов Филлипса [8], который показал, что из всех испытанных субстратов, производимых печенью, только β -оксibuтират и ацетоацетат оказывают стимулирующее действие на потребление кислорода срезами головного мозга крыс.

Как выясняется из данных, приведенных на табл. 2, β -оксимасляная кислота стимулирует дыхание срезов, а γ -оксимасляная кислота в этом случае малоэффективна. Малый эффект оказывает и аспарагиновая кислота.

Таблица 2

Влияние промежуточных продуктов окисления на использование аспартата в реакциях окисления, микроатом/г. Продолжительность инкубации 2 часа, в буфере, содержащем глюкозу, pH 7,4. Среднее из семи опытов

С у б с т р а т	Среднее арифметическое	$M \pm m$	P	Изменение, %
Контроль	86,5			
Аспарагиновая кислота	104,0	$+17,0 \pm 7,0$	0,05	+20
γ -Оксимасляная кислота	95,0	$+ 8,0 \pm 6,5$	0,2	+12
β -Оксимасляная кислота	121,0	$+34,5 \pm 8,0$	0,01	+40
Шавелево-уксусная кислота	126,0	$+39,5 \pm 8,7$	0,01	+46
γ -Оксимасляная + аспарагиновая кислоты	173,3	$+86,0 \pm 4,62$	0,001	+98
β -Оксимасляная + аспарагиновая кислоты	180,0	$+93,0 \pm 10,2$	0,001	+110

При добавке в инкубационную среду аспарагиновой кислоты к исследуемым кислотам наблюдается значительное увеличение интенсив-

ности дыхания, причем в сочетании с γ -оксимасляной кислотой этот прирост выражен наиболее ярко. Этот факт можно объяснить тем, что γ -оксимасляная кислота в обменном процессе может превратиться в семиальдегид янтарной кислоты и этим стимулируется дезаминирование аспартата.

Очень большой эффект в потреблении кислорода был обнаружен также при сочетании дезаминирования аспартата с окислением β -оксимасляной кислоты.

В дальнейшей серии опытов мы изучали эффект γ и β -оксимасляных кислот в использовании аспартата в окислительном фосфорилировании митохондриями головного мозга крыс.

Таблица 3

Величина использования γ - и β -оксимасляных кислот митохондриями головного мозга крыс в окислительном фосфорилировании. Трис-фосфатный буфер, рН 7,4. Продолжительность инкубации 30 минут. Потребление O_2 и P в микроатомах на 100 мг ткани. Среднее из восьми опытов

Субстраты	O	P	P/O
Аспарагиновая кислота	0,6	1,01	1,7
γ -Оксимасляная кислота	0,7	1,1	1,67
β -Оксимасляная кислота	2,1	5,6	2,6
γ -Оксимасляная + аспарагиновая кислоты	0,9	1,8	2,0
β -Оксимасляная + аспарагиновая кислоты	2,3	6,9	3,0

Результаты опытов, представленные на табл. 3, показывают, что γ -оксимасляная кислота, взятая в отдельности, оказывает положительное влияние на окислительное фосфорилирование (P/O=1,67). В сочетании с аспартатом γ -оксимасляная кислота незначительно увеличивает как поглощение кислорода, так и эстерификацию фосфора (P/O=2,0). β -Оксимасляная кислота оказалась весьма эффективным субстратом и в окислительном фосфорилировании. Это сказывается не только в усилении потребления кислорода и в эстерификации фосфора, но и в высоком P/O, равном 2,64.

Эти результаты совпадают с данными, полученными на Хутало и Джулиани [9] на митохондриях печени крыс, в которых P/O при окислении β -оксимутирата равнялось 2,6. Нашими данными выясняется, что аспарагиновая кислота заметно усилила в присутствии β -оксимасляной кислоты эффективность окислительного фосфорилирования.

Выводы

1. Аспарагиновая кислота может включиться в энергетический обмен головного мозга после трансаминирования с кетокислотами.
2. Использование аспартата в качестве субстрата окисления заметно усиливается при аэробной инкубации срезов головного мозга в присутствии γ - и β -оксимасляных кислот. Особенно хорошо выявляется положительный эффект аспартата в сочетании с β -оксимасляной кислотой.

3. Фосфорилирование, сопряженное с окислением β -оксимасляной кислоты в митохондриях головного мозга, в присутствии аспартата усиливается. Сочетание аспартата с γ -оксимасляной кислотой в этом отношении оказалось неэффективным.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физиологии

(Поступило в редакцию 30.7.1966)

ბიომეცნა

ბ. ზამყულაშვილი

ასპარაგინის მჟავას ჟანგვითი ცვლა თავის ტვინის ანატომებსა და მიტომონდრიებში

რ ე ზ ი მ ე

შესწავლილია ასპარაგინის მჟავას ჟანგვითი ცვლა ვირთაგვას თავის ტვინის ანატომებსა და მიტომონდრიებში. ასპარაგინის მჟავას გავლენა ჟანგვით ცვლაზე მიმდინარეობდა β და γ -ოქსი ერბოს მჟავეების მონაწილეობით, რომლებიც გამოყენებული იყვნენ, როგორც მისი ამინის ჯგუფის აქცეპტორები.

გაიკვია, რომ ასპარაგინის მჟავას შეუძლია შესვლა თავის ტვინის ენერგეტიკულ პროცესში კეტომჟავეებზე გადაამინირების შენდევ. თავის ტვინის ანატომებში ასპარაგინის მჟავას, როგორც სუბსტრატის მოხმარება, ძლიერდება β - და γ -ერბოს მჟავეების მონაწილეობით.

ფოსფორილირება, რომელიც დაკავშირებულია β -ოქსი ერბოს მჟავას ჟანგვასთან ასპარაგინის მჟავას თანხლებით ძლიერდება. ასპარაგინის და γ -ოქსი ერბოს მჟავას შეუღლება ამ მხრივ არაეფექტური აღმოჩნდა.

დასომხებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. R. Y. Haslam, H. A. Krebs. The metabolism of glutamate in homogenates and slices of brain cortex. *Biochem. J.*, 88, 1963, 66.
2. П. А. Кометиани, Е. Э. Клейн, Г. С. Иорданишвили, Н. В. Гвалия, В. Н. Чикваидзе. Пути образования и устранения аммиака в головном мозгу. В сб.: „Вопросы биохимии нервной и мышечной систем“, 1965, 41.
3. П. А. Кометиани. Связь превращений аминокислот с обменом аммиака в головном мозгу. *Украинский биохимический журнал*, 37, 1965, 721.
4. U. Bonomi, L. T. Teasdale. In vitro effect of aspartic acid on some aminoacids and of respiration of cerebral tissue. *Ital. J. Biochem.*, 11, 1962, 146.

5. H. A. Krebs, L. V. Eggleton, A. D'Alessandro. The effect of succinate and amytal on the reduction of acetoacetate in animal tissues. *Biochem. J.*, 1961, 79, 537.
6. S. P. Bessman, W. N. Fichbein. Gamma-hydroxybutyrate, a normal brain metabolite *Nature*, vol. 200, 4912, 1963, 1207.
7. E. Roberts. Inhibition in CNS and Gaba. N. Y., 1960, 144.
8. J. B. Phillips. Effect of various substrates on oxygen uptake of rat cerebral cortex slices. *Proc. Soc. Experimental Biology and Medicine*, 115, 4, 1964, 918.
9. E. Cutalo, E. Giuliani. *Gior. biochem.*, 13, № 5. 1964, 300.



ГЕОГРАФИЯ

Б. П. ДЖАДЖАНИДЗЕ, Г. Н. ХАТИСКАЦИ, Г. К. ЧИЧУА

К ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ МЕЖДУРЕЧЬЯ ИОРИ И АЛАЗАНИ В ВЕРХНЕПЛИОЦЕНОВОЕ И ПОСТПЛИОЦЕНОВОЕ ВРЕМЯ

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 4.5.1966)

Рассматриваемый нами район охватывает южную часть Кахетского хребта и Тианетскую горную котловину с прилегающими склонами Картлийского и Цив-Иомборского хребтов.

Эта часть Кахетского хребта с абсолютными высотами в среднем от 1200 до 1700 м простирается почти в меридиональном направлении на расстоянии 20 км. Рельеф хребта сильно изрезан глубокими ущельями и оврагами. На крутых его склонах широко развиты оползневые явления.

Центральная часть Тианетской котловины почти плоская. Она расположена на абсолютной высоте 1050—1150 м. Относительное понижение ее рельефа от смежных хребтов составляет 300—400 м.

Эта котловина расчленена р. Иори на две неравномерные части. Более обширная западная часть имеет длину 9 км, ширину 3 км. В ее пределах расположены сс. Тушуреби, Тетра-хеви, Джиджети, Заридзееби и др. Эта часть котловины дренируется р. Кусно и ее притоками Тетра-хеви, Хевташуа и др., стекающими со склонов Картлийского хребта. Площадь левобережной восточной части сравнительно меньше: длина 4 км, ширина 1—1,5 км. Здесь расположены сс. Ахалсопели, Чобано, Жебата и др. Эта часть котловины дренируется р. Сагами и ее притоками, стекающими с северо-западных склонов Кахетского хребта.

Вопросы палеогеографии верхнеплиоценового и постплиоценового времени рассматриваемого района изучены довольно детально, однако во взглядах исследователей по этим вопросам имеются некоторые расхождения. Так, например, В. Е. Пахомов [1] отмечает в бассейне р. Иори выше пос. Тианети две террасовые ступени на относительных высотах 30 и 60—80 м. Южнее пос. Тианети наличие террас он отрицает и высказывает предположение о том, что р. Иори в период прорезания 30-метровой террасы текла не к югу от Тианети, а к востоку в р. Алазани, составляя ее верховье. Верховья же р. Иори находились южнее—в современной долине Эрцо.

Н. Е. Астахов и Л. И. Марушвили [2] утверждают, что «вдоль предполагаемого В. Е. Пахомовым направления через Кахетский хребет Палеоалазани (вернее Палеоильго) никаких следов речных наносов нет и данное обстоятельство заставляет подвергнуть серьезному сомнению явление перехвата» [2].

В настоящей статье приводятся некоторые новые данные о распространении верхнеплиоценовых и постплиоценовых отложений, которые, возможно, помогут дополнить представления о палеогеографии рассматриваемой территории.

До настоящего времени крайним западным пунктом развития конгломератов верхнего плиоцена (Алазанская серия) на Кавказском хребте принималась гора Кветера, расположенная у слияния рр. Ильто и Хев-Грдзели.

Здесь, на вершине горы, над отложениями маастрихта и дата (свита Кветера) несогласно залегают (с северо-восточным падением под углом 10°) крепко сцементированные валуно-галечные конгломераты верхнего плиоцена видимой мощностью до 30 м. В составе обломочного материала этих конгломератов в основном присутствуют гальки известняков, мергелей и известковистых песчаников мелового возраста.

Конгломераты Алазанской серии, аналогичные по составу, но сравнительно меньшей мощности (до 5 м), были обнаружены нами западнее горы Кветера, в 5—6 км от нее, в бассейне р. Анис-хеви. Отмеченные конгломераты состоят из галек и валунов известняков, мергелей и известковистых песчаников мелового возраста. Конгломераты крепко сцементированы песчано-известковистым материалом, наклонены к северо-востоку под углом $5-8^\circ$ и несогласно налегают на сильно дислоцированные породы мела и палеогена. Эти конгломераты находятся на той же абсолютной высоте, что и на горе Кветера (920—930 м).

Хорошая обработка обломочного материала этих конгломератов указывает на большое расстояние ее транспортировки, условия для которой, по нашему мнению, не могли быть созданы деятельностью имеющих здесь небольших речек Анис-хеви и Дзвел-Дабали. В их руслах повсеместно встречаются совершенно иные, аллювиальные, плохо сцементированные галечники и гравелиты, состоящие исключительно из неокатанных, угловатых, обломков пород мела и палеогена.

От правобережной части р. Хев-Грдзели, в юго-восточном направлении до истоков р. Орвили на абсолютной высоте 1200—1400 м в нескольких пунктах наблюдаются поверхности выравнивания, усыпанные хорошо окатанными гальками речного происхождения. Они, очевидно, являются продуктами размыва верхнеплиоценовых конгломератов, встречающихся в районе верховьев р. Орвили.

Интерес для палеогеографии четвертичного времени исследуемого района представляют распространенные в ряде пунктов синевато-голубые суглинки видимой мощностью до 10 м, обнажающиеся в небольшом овраге восточнее с. Леловани, в русле р. Анис-хеви и ее притоках у с. Тхила, в ущелье р. Дзвел-Дабали и других местах. Эти голубоватые суглинки залегают здесь на отмеченных выше 5-метровых конгломератах верхнего плиоцена и перекрываются делювиальными коричневатожелтыми суглинками, обогащенными неотсортированным обломочным материалом. Нижние голубоватые суглинки отличаются от вышележающих суглинков не только своей окраской, но и отсутствием примеси крупных обломков пород.

Своеобразие этих суглинков, а также их стратиграфическое местоположение дают нам основание предполагать, что они могли образоваться в начале четвертичного времени в условиях кратковременной речной запруды.

Четвертичные образования широко развиты в пределах Тианетской котловины. Эта котловина выработана в меловых породах и выполнена делювиально-пролювиальными суглинками, гравелитами и аллювиальными конгломератами. Мощность четвертичного покрова здесь из-за отсутствия данных бурения неизвестна.

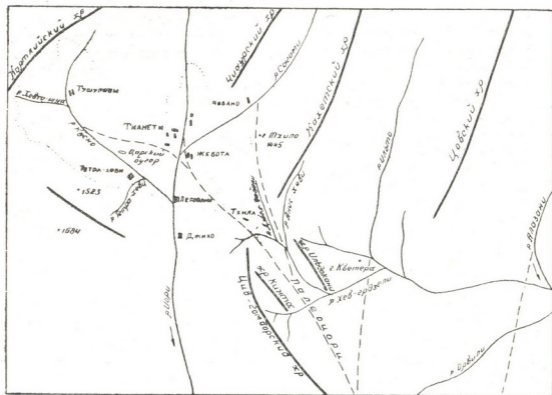


Рис. 1. Палеогеографическая схема верхней части междуречья рр. Иори и Алазани в верхнеплиоценовое и постплиоценовое время: 1—хребты; 2—современные реки; 3—палеореки; 4—контур Тианетской котловины

В западной части котловины в ущелье р. Тетра-хеви нами обнаружены две террасы. Первая терраса представлена в виде фрагментов по обоим берегам реки на высоте 1—1,5 км. Она сливается с первой террасой р. Кусно севернее с. Тетра-хеви. Фрагменты второй террасы возвышаются на 2,5—3 км от поймы р. Тетра-хеви. Третья терраса находится северо-западнее Тианети у с. Палиаури над поймой р. Иори на высоте 70 м. Четвертой террасой, с нашей точки зрения, является поверхность «Царского бугра», возвышающегося на левом берегу р. Кусно, абсолютная высота его 1215,5 м. Поверхность этого бугра слабо наклонена к юго-востоку (3—4°), имеет протяженность около 250 м при ширине 100 м и возвышается над поймой р. Кусно на 100—110 м. Цоколь террасы «Царского бугра» сложен маастрихт-датскими известняками, мергелями и аргиллитами. Аллювиальный покров здесь представлен россыпью хорошо окатанной гальки явно речного происхождения.

В восточной части Тианетской котловины р. Сагами, прорезая современные четвертичные отложения, образует первую надпойменную

террасу высотой 1—1,5. На южном борту котловины, на относительных высотах 10, 30—50, 60—90 и 130—150 м наблюдаются четыре террасовые ступени.

На участке между сс. Жебота и Тхила поверхность Тианетской котловины постепенно повышается, переходя в западные склоны Кахетского хребта, восточнее которого уже в бассейне р. Алазани у моста через р. Анис-хеви наблюдаются три террасовые ступени высотой 1, 3—5 и 45—50 м. Отсутствие четвертой древней террасы указывает на то, что в начале четвертичного времени р. Палеоиори изменила свое юго-восточное направление, что было обусловлено поднятием Кахетского и Цив-Гомборского хребтов. Вышеуказанные террасовые ступени связаны с деятельностью р. Анис-хеви.

Выше третьей террасы на 55—60 м простирается выровненная поверхность протяженностью 450—500 м при ширине 200—250 м. Относительное превышение ее над р. Анис-хеви составляет 100—110 м при абсолютной высоте 1145 м.

Северо-западнее от этой поверхности, на южном склоне горы Тхила, нами обнаружены аллювиальные россыпи хорошо обработанных галек речного происхождения, образование которых не может быть связано с деятельностью современных притоков р. Анис-хеви. Они, видимо, являются аллювием р. Палеосагами.

Анализ вышеприведенного фактического материала позволяет нам сделать следующие палеогеографические выводы.

В верхнем плиоцене р. Палеоиори от пос. Тианети текла на юго-восток по направлению современной долины р. Анис-хеви, между хребтами Кинта и Ильдокани. Выйдя на предгорную равнину, простиравшуюся на месте нынешнего Цив-Гомборского хребта, и слившись с р. Палеонильто, так же как и р. Палеоалазани, она самостоятельно впадала в верхнеплиоценовое море. Доказательством этого служит развитие верхнеплиоценовых конгломератов в бассейне р. Анис-хеви, на горе Кветера и в верховьях р. Орвили, которые, очевидно, являются аллювием рр. Палеоиори и Палеонильто.

Р. Кусно протекала от с. Тушуреби вдоль юго-восточного ответвления Картлийского хребта и севернее «Царского бугра» сливалась с р. Иори у пос. Тианети. Это подтверждается наличием россыпи хорошо окатанных галек вдоль предполагаемого направления русла этой реки. Р. Сагами в верхнеплиоценовое время протекала на юго-восток, сливаясь с р. Палеоиори юго-восточнее с. Тхила. На это указывают имеющиеся здесь россыпи галек речного происхождения. Современное положение русел рр. Кусно и Сагами вызвано смещением базиса эрозии в сторону Тианетской котловины, которая образовалась в результате преоакинских (валахских) строгенетических движений.

С этого времени тектонические движения, обуславливающие поднятие Кахетского хребта, происходили настолько интенсивно, что р. Палеоиори, пересекающая его в юго-восточной части (с. Тхила) была вынуждена сместить свою долину к западу. К этому периоду, по-видимому, причурено образование речной запруды на участке Тианетской котловины, где отлагались синевато-голубые суглинки.

Вслед за этим река, существующая в районе Эрцойской котловины, расширяя верховье, перехватывает р. Палеоиори, которая с этого времени принимает современное южное направление.

На следующем этапе на участке между современными Тианетской и Эрцойской котловинами активизировались дифференцированные поднятия с поперечным направлением осей. Но они развивались медленнее и слабее, чем поднятия Кахетского и в особенности Цив-Гомборского хребта. Поэтому р. Иори пропиливала их антедецентным способом.

Академия наук Грузинской ССР
Институт географии
им. Вахушти

(Поступило в редакцию 4.5.1966)

ვაშლი

ბ. ჯავახიძე, ბ. ხატისკაცი, ბ. ჩიჩუა

ივრისა და ალაზნის მდინარეთაშუაშეთის პალეოგეოგრაფიისათვის
ზედა კლიოცენურ და კოსტალიოცენურ ხანაში

რეზიუმე

საველე გამოკვლევების საფუძველზე, ივრისა და ალაზნის მდინარეთა ტერიტორიაზე შესაძლებელი ხდება შემდეგი პალეოგეოგრაფიული დასკვნების გამოტანა:

ზედაპლიოცენურ ხანაში მდ. იორი სოფ. თიანეთიდან მოედინებოდა სამხრეთ-აღმოსავლეთით მდ. ანის-ხევისაკენ, კინტასა და ილდოყანის ქედებს შორის. მთისპირა დაბლობზე გასვლისას, რაც არსებობდა ახლანდელ ცივგომბორის ადგილზე, მდინარე პალეოიორს უერთდებოდა მდ. პალეოილტო და ისევე როგორც პალეოალაზანი, დამოუკიდებლად ჩაედინებოდა ზედაპლიოცენურ ზღვაში. ამ მოსაზრების დამამტკიცებელია მდ. ანის-ხევის ხევი, მთა კვეტერაზე და მდ. ორვილის სათავეებში, ზედაპლიოცენური კონგლომერატების არსებობა, რომლებიც წარმოადგენენ მდ. მდ. პალეოიორსა და პალეოილტოს ალუვიონს.

მდ. ქუსნო სოფ. თუშურებიდან მიემართებოდა რა ქართლის ქედის აღმოსავლეთ განტოტების სამხრეთ დაბლობების გასწვრივ და გორაკ „ცარსკი ბუგორის“ ჩრდილოეთით, უერთდებოდა მდ. პალეოიორს სოფ. თიანეთთან, რაც დასტურდება ამ სავარაუდო მიმართულების გასწვრივ კარგად დამუშავებული ალუვიონის არსებობით.

მდ. ივრის მეორე შენაკადი მდ. საგომა ზედაპლიოცენში მიედინებოდა სამხრეთით და ერთვოდა მდ. პალეოიორს სოფ. თხილას სამხრეთ-აღმოსავლეთით. ამის მაჩვენებელია კარგად დამუშავებული ალუვიონის არსებობა მთა თხილას სამხრეთ ფერდობებზე.

მდ. მდ. ქუსნოსა და საგომას თანამედროვე მიმართულება გამოწვეულია ეროზიის ბაზისის გადაადგილებით თიანეთის ქვაბულისაკენ. უკანასკნელი წარმოიშვა ბაქოურისწინა (ვალახური) ოროგენეტული მოძრაობის შედეგად.

ამ დროიდან დაწყებული ტექტონიკური მოძრაობები, რომლებმაც განაპირობეს კახეთის ქედის აზევება, იმდენად ინტენსიურად წარმოებს, რომ პალეოორი, რომელიც კვეთდა აღნიშნულ ქედს მის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში (ს. თხილა), იძულებული იყო თავისი დინება გადაენაცვლებია დასავლეთით. ამ პერიოდს უნდა ეკუთვნოდეს მდინარის შეტბორვა და თიანეთის ქვაბულში მოცისფრო თიხნარების დალექვა. ამის შემდგომ ერწოს ქვაბულში არსებული მდინარე აფართოებს თავის ეროზიულ მოქმედებას, იტაცებს მდ. პალეოორის სათავეებს, რის შედეგად მდ. იორი სამხრეთულ მიმართულებას ღებულობს.

შემდგომ ეტაპზე თიანეთისა და ერწოს ქვაბულებს შორის აქტივიზირდება განედური მიმართულების დიფერენციალური აზევებანი, რაც მიმდინარეობს შედარებით ნაკლები ინტენსივობით, ვიდრე კახეთისა და განსაკუთრებით, ცივ-გომბორის ქედებისა. ზემოაღნიშნულის გამო მდ. იორი ამ ქედებს კვეთს ანტიცენდენტური წესით.

დასოფიავალი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 В. Е. Пахомов. К геоморфологии Дзегви-Долярского участка долины р. Куры. Изв. Гос. геогр. о-ва, т. 69, вып. 6, 1937.
- 2 И. Е. Астахов, Л. И. Маруашвили. Тианетская котловина р. Иори как пример морфогенеза при тектоническом подпруживании речных долин. Сообщения АН ГССР, т. XV, № 4, 1954.

ГЕОЛОГИЯ

М. А. КЕКЕЛИЯ, Ю. А. БАЛАШОВ

ФАКТОРЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕКАРСКОЙ ГАББРО-ДИОРИТОВОЙ ИНТРУЗИИ И ВМЕЩАЮЩЕЙ АНДЕЗИТО-БАЗАЛЬТОВОЙ ТОЛЩЕ

(Представлено академиком П. Д. Гамкрелидзе 16.5.1966)

В настоящем сообщении дан анализ вариаций состава и содержания редкоземельных элементов (р. з. э.) Зекарской интрузии и вмещающей ее андезито-базальтовой толщи. Зекарский массив, расположенный в центральной части Аджаро-Триалетской складчатой системы [1], служит примером интрузий, в которых четко выделены две самостоятельные серии пород — щелочноземельная и субщелочная. Первая представлена габбро, габбродиоритами и диоритами, вторая — шонкинитами и монционитами.

Определение состава р. з. э. проводилось рентгеноспектральным методом [3] из суммы окислов р. з. э. Методика выделения суммы р. з. э. основана на весовом полумикроанализе [3], разработанном для расфировки состава р. з. э. с помощью бумажной хроматографии [4] и модернизированном специально применительно к рентгеноспектральному анализу р. з. э.

Между габбро и шонкинитами обнаруживается различие в распространенности р. з. э., коррелируемое с контрастностью значений петрохимических параметров, в частности с отношением a/c по А. Н. Заваришскому [5]. Очевидно, кроме габбро, породы более кислого состава — габбродиориты и диориты той же серии должны быть противопоставлены в отношении р. з. э. шонкинитам. Нанесение всех данных по составу р. з. э. (1 габбро, габбро-диоритов, диоритов и шонкитов на семикомпонентную диаграмму по известному методу [6] и сравнение линий изменения состава р. з. э. в породах обеих эволюционных рядов (рис. 1) вполне определенно показывают, что в пределах Зекарской интрузии в соответствии с особенностями петрохимии самой интрузии обнаруживаются два самостоятельных, не совпадающих друг с другом типа дифференциации р. з. э.

Из рис. 1 следует, что это касается прежде всего изменений соотношения самых легких лантаноидов (верхняя линия, отвечающая отношению Ce/Nd). Для серии габбро-диоритов отмечается менее контрастное изменение отношения Ce/Nd , чем для шонкитов. Различие в соотношении средних и тяжелых лантаноидов в обеих сериях незначительно (близость средней и нижней линий и наклонов векторов обеих серий).

(1 Данные по р. з. э. приводятся в работе [4] Дополнительные новые цифры сведены в табл. 1.

Следовательно, можно говорить, что различие в эволюции состава р. з. э. щелочноземельной и субщелочной серий обусловлено главным образом изменением относительного содержания самых легких лантаноидов.

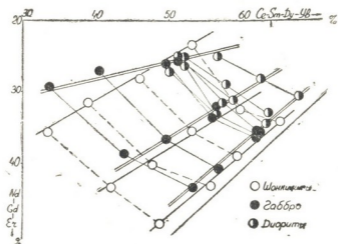


Рис. 1. Совмещенная диаграмма эволюции состава р. з. э. щелочноземельной и субщелочной серий пород Зекарской интрузии

Дифференциация р. з. э. в пределах каждой серии (вдоль линий) отражает эволюцию состава р. з. э. в ходе кристаллизационной дифференциации, в чем можно убедиться при сравнении распределения точек составов р. з. э. габбро и диоритов (рис. 1). Поздние дифференциаты щелочноземельной серии характеризуются более резким обогащением легкими лантаноидами. Если учесть, что начальным дифференциатом — габбро левой части диаграммы рис. 1, характеризующимся относительным обогащением тяжелыми лантаноидами, отвечают весьма низкие суммарные содержания р. з. э. ($0,7-1,9 \cdot 10^{-2} \text{ TR}_2\text{O}_3$), а габбро-диоритам и габбро правой части с преобладанием легких р. з. э. — гораздо более высокие концентрации суммы р. з. э. ($1,8-7,6 \cdot 10^{-2} \% \text{ TR}_2\text{O}_3$ и $3,5-4,9 \cdot 10^{-2} \% \text{ TR}_2\text{O}_3$ соответственно), то становится вполне очевидной общая направленность в изменении состава и содержания р. з. э. в ходе кристаллизационной дифференциации габбро-диоритовой серии Зекарской интрузии: накопление суммы при относительном обогащении легкими р. з. э. от ранних к поздним разновидностям пород. Отмеченная эволюция в распределении р. з. э. устаканавливается для габбро-диоритов Зекари и других базальтоидных [7], гранитоидных [8], ультраосновных — щелочных [9] формаций.

Для субщелочной серии шонкинитов (рис. 1), характеризующихся более высокими концентрациями р. з. э. ($2,0-2,5 \cdot 10^{-2} \% \text{ TR}_2\text{O}_3$), по сравнению с габбро ($0,7-1,9 \cdot 10^{-2} \% \text{ TR}_2\text{O}_3$), отчетливых изменений в сумме р. з. э. не обнаружено, что, возможно, связано с относительно небольшими колебаниями содержания р. з. э. для этой группы пород. Изменения же состава р. з. э. в шонкинитах весьма контрастны. Увеличение щелочности при образовании шонкинитов, по сравнению с габбро, влияет в первую очередь на изменение соотношений р. з. э. Субщелочные

породы обогащены легкими р. з. э., что характерно для поздних фаций обычного ряда кристаллизационной дифференциации.

Анализ распределения р. з. э. выявляет характер кислотно-основного взаимодействия в магматическом расплаве. Повышение щелочности основной магмы, как известно [10], усиливает активность всех оснований в ней. В нашем случае увеличение щелочности магмы не только изменяет парагенетические ассоциации, но и оказывает существенное влияние на распределение р. з. э. При относительном постоянстве суммы р. з. э. в породах субщелочные разности обогащены основными членами ряда лантаноидов (в особенности Ce и Nd). Таким образом, вариации в составе р. з. э. для пород Зекарской интрузии обусловлены кристаллизационной дифференциацией (внутри каждой серии) и различием в щелочности при формировании пород (между сериями). Относительные изменения в составе р. з. э. пород при этом связаны прежде всего с различием в соотношении начальных лантаноидов. Поведение р. з. э. при образовании обеих серий не идентично, и, следовательно, различия в интенсивности изменений состава р. з. э. (в наклонах линий на семикомпонентных диаграммах) следует рассматривать как геохимический индикатор изменения условий щелочности среды при формировании магматических пород, что вполне отвечает петрохимическим различиям обеих серий [2].

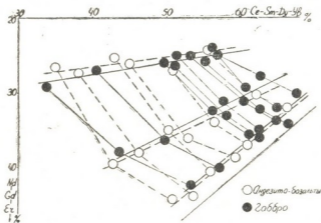


Рис. 2. Совмещенная диаграмма эволюции состава р. з. э. в эффузивных и интрузивных породах Зекари

Петрохимическая близость андезит-базальтов с габбро-диоритовой серией позволяет предполагать и аналогию в распределении р. з. э. между эффузивными и интрузивными типами пород. Из рис. 2, на котором представлены составы р. з. э. исследованных нами вмещающих эффузивов (табл. 1 и 2), следует, что для андезит-базальтовой толщи характерна отчетливая дифференциация р. з. э., причем относительное обогащение тяжелыми лантаноидами обнаруживают более основные, а накопление легких р. з. э. — более кислые эффузивы (табл. 2). Сопоставление линий эволюции составов р. з. э. эффузивов и габбро-диоритовой серии Зекари показывает полную их тождественность (рис. 2). Близость суммы р. з. э. для обеих серий (табл. 2) и аналогия в эволюции состава р. з. э. подтверждают, что распределение р. з. э. во

Распределение р. з. э. в породах контактной зоны Зекарской интрузии


 261253 50
 202201010335

№ проб	Название пород	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Y	TR ₂ O ₃ %	
															ЕСе	ЕУ
Разрез Чочеби																
220	Габбро	25	50	6,2	25	6,0	1,8	6,2	2,3	4,7	3,5	3,9	2,3	26	2,3	1,9·10 ⁻³
219	Пироксенит	7,9	21	2,8	18	6,0	1,8	5,6	1,8	4,0	2,2	3,0	2,6	22	1,1	7,0·10 ⁻³
218	Порфирит	16	25	5,5	18	4,6	2,2	6,8	—	4,8	—	3,7	2,7	27	1,5	1,4·10 ⁻³
217	Базальт	25	46	8,2	27	8,2	4,0	11	1,6	6,3	1,9	5,5	3,6	39	1,7	2,1·10 ⁻³
216	Порфирит	9,0	16	4,9	12	3,6	2,0	6,1	—	3,6	—	2,2	2,4	22	1,3	2,5·10 ⁻³
Разрез Чвинга																
239	Оливиновое габбро	19	40	4,6	21	5,5	2,1	5,5	—	4,8	—	2,1	1,7	21	2,4	1,5·10 ⁻³
237	"	23	44	4,8	20	5,0	1,2	6,0	—	4,0	—	1,8	2,2	18	2,9	1,4·10 ⁻³
236	"	19	34	—	24	6,0	—	8,0	—	4,3	—	—	—	—	1,9	1,4·10 ⁻³
235	Андезит	18	38	6,2	22	6,7	1,6	8,6	—	5,3	—	2,2	1,8	22	2,2	1,5·10 ⁻³
234	"	24	48	5,0	24	5,5	1,5	5,0	—	3,4	—	1,6	1,8	24	3,8	1,7·10 ⁻³
Содержание р. з. э. в породах Зекари и Болгарии																
240	Шонкинит	38	90	—	39	11	—	15	—	9,0	—	3,0	2,2	—	2,7	2,4·10 ⁻³
90	Эпидозит	43	86	11	62	20	—	23	—	13	—	8,0	10	86	1,5	4,5·10 ⁻³
28	Туф	30	65	6,2	38	6,0	—	8,0	—	4,8	—	3,4	2,0	30	2,1	3,0·10 ⁻³
1—Б	Базальт	45	87	11	41	9,0	2,7	7,2	—	5,4	—	2,6	1,6	31	3,6	2,9·10 ⁻³
2—Б	Долерит	13	34	4,9	20	5,5	1,5	5,7	1,6	4,7	1,2	2,7	2,1	30	1,9	1,4·10 ⁻³
3—Б	"	40	80	10	37	9,0	2,0	8,0	—	4,4	—	2,4	1,7	21	3,6	2,6·10 ⁻³
4—Б	Базальт	43	86	12	39	7,8	2,6	9,0	2,6	5,8	—	3,2	3,0	39	2,8	3,0·10 ⁻³



вмещающих эффузивах отражает этапы кристаллизационной дифференциации, общие для близких по возрасту эффузивных и интрузивных пород, происшедших, очевидно, из единого магматического очага.

Таблица 2
Распределение CaO, K₂O, Na₂O и TR₂O₃ в андезито-базальтах Зекари

Окислы, вес. %	№ проб				
	216	218	217	235	234
CaO	11,88	11,58	9,38	8,07	6,87
Na ₂ O	3,15	2,92	2,14	2,49	2,42
K ₂ O	0,80	0,50	3,49	2,86	5,12
TR ₂ O ₃ · 10 ⁻² %	0,85	1,4	2,1	1,6	1,7
ЕСе					
ЕУ	1,3	1,5	1,7	2,2	2,8

Для альпийского вулканизма геосинклинальной зоны, протягивающейся от Кавказа к Балканам [11], типично проявление андезито-базальтовых и субщелочных базальтоидных даек, покровов и т. д. Рассмотрение состава р. з. э. базальтов и долеритов Болгарии и состава р. з. э. эффузивов Аджаро-Триалетии показывает достаточную близость распространности р. з. э. нормальных и субщелочных разновидностей Болгарии (табл. 1) к наиболее обогащенной легкими лантаноидами группе пород Грузии, хотя в болгарских основных породах наблюдается увеличение Nd, по сравнению с андезитами, что напминает подобную тенденцию, отмеченную в шонкинитах Зекарской интрузии. Следовательно, разделение р.з.э. в эффузивах обусловлено теми же факторами (падением температуры и вариациями в щелочности), что и в интрузивных породах.

Таким образом, из приведенных фактических данных явствует общность в распространности р. з. э. для эффузивных и интрузивных основных пород альпийской геосинклинали Кавказа. Различие между эффузивами и интрузивными породами в отношении р. з. э. сказывается, пожалуй, лишь в меньшей степени дифференциации р. з. э. в основных эффузивах (табл. 2).

Выявление закономерности разделения р. з. э. в породах Зекарской интрузии позволяют перейти к более детальному анализу вариаций в составе и содержании р. з. э. контактной зоны. Анализ р. з. э. пород зоны контакта выполнен в двух разрезах: в разрезе Чочеби непосредственно экзоконтактная зона представлена порфиритом и эндоконтактная — габбро; в разрезе Чвинта вмещающие андезиты контактируют с оливковым габбро.

Как видно из табл. 1, для обоих разрезов отмечается общность в относительном обогащении пород экзо- и эндоконтакта тяжелыми лантаноидами при обычном уменьшении суммы р. з. э., по сравнению с более удаленными от контакта породами.

Два фактора могут быть ответственны за подобную «иттриевую» тенденцию контактных пород. Во-первых, для магматических пород эи-

доконтакта интрузии уменьшение суммы $p. z. \varepsilon.$ и отношения $\frac{ESe}{EY}$ обуславливается эффектом закалки, ранней кристаллизацией контактных пород интрузии. Различие в температурах плавления CaO и TR_2O_3 (меньших для последних) приводит к обогащению пород контактной зоны CaO и обеднению TR_2O_3 , а среди них особенно легкими лантаноидами [10]. Во-вторых, не исключено воздействие постмагматических растворов, проникающих по ослабленным зонам и вызывающих частичное перераспределение $p. z. \varepsilon.$ в контактных породах, о чем свидетельствует развитие здесь эпидозитов, обогащенных тяжелыми лантаноидами (табл. 1). Осносительное влияние обоих механизмов на распределение $p. z. \varepsilon.$ в настоящее время не может быть детализировано на основании существующего фактического материала.

В заключение отметим следующие характерные особенности, выявленные нами при изучении интрузивных и эффузивных пород Зекарского массива.

1. Тесная пространственная и возрастная сопряженность габброидов и эффузивов подтверждается также особенностями химизма этих образований. Габбро и андезито-базальты принадлежат к единой ассоциации с ярко выраженным щелочноземельным характером. Вариационная линия шонкинитов обнаруживает отклонение, которое, как было отмечено выше, вызывается повышением потенциалов щелочной в расплаве.

2. Дифференциация состава $p. z. \varepsilon.$ в эффузивах и интрузии обусловлена одними и теми же факторами: с одной стороны, кристаллизационной дифференцией и, с другой, вариациями щелочности расплава.

3. Поведение $p. z. \varepsilon.$ в породах Зекарского массива на фоне общности петрохимических черт и геологического положения эффузивов и габброидов позволяет говорить о происхождении тех и других из единого магматического очага родоначальной магмы, т. е. об их комагматичности.

Академия наук Грузинской ССР
 Геологический институт
 Тбилиси

Институт геохимии и аналитической
 химии АН СССР
 Москва

(Поступило в редакцию 16.5.1966)

ბეჭდვა

ა. კეკელია, ი. ბალაშოვი

იზვიათი მიწების დიფერენციაციის ფაქტორები ზეკარის
 ინტრუზივში და მის შემცველ ანდეზიტურ-ბაზალტურ წებებაში

რეზიუმე

ზეკარის მასივის ფორმირების მექანიზმთან დაკავშირებით განხილულია იშვიათი მიწების განაწილების კანონზომიერება. დადგენილია, რომ ვარიაციები იშვიათი მიწების შემადგენლობაში გაპირობებულა ერთი მხრივ კრისტალიზაციური დიფერენციაციით, ხოლო მეორე მხრივ — ტუტეების პოტენციალების ცვლით.



იშვიათი მიწების განაწილება ანდეზიტურ-ბაზალტურ წყებაში და ინტრუზულ ქანებში სრულიად ანალოგიურია. დადგენილია, რომ ევზო- და ენდოკონტაქტური ქანები უფრო მდიდარია მძიმე ლანთანოიდებით, ვიდრე კონტაქტიდან მოშორებული ინტრუზული და ეფუზური ქანები.

ზეკარის მასივში იშვიათი მიწების განაწილების თავისებურება, საერთო პეტროქიმიური თვისებებისა და გეოლოგიური მდებარეობის ფაზზე საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ გაბროიდულ და ეფუზივები გეხეტურად არიან ერთმანეთთან დაკავშირებულნი.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. Д. Гамкрелидзе. Геологическое строение Аджаро-Триалетской складчатой системы. Изд. АН СССР, 1949.
2. Н. В. Туранская. Разработка методов рентгеноспектрального анализа редкоземельных элементов и их применение для геохимии. Автореферат, М., 1958.
3. Г. М. Варшал, Д. И. Рябчиков. Гравиметрическое определение суммы редкоземельных элементов в породах, минералах и сплавах. Журнал аналит. химии, 19, вып. 2, 1964, 202.
4. Е. М. Гельман, Г. М. Варшал, Б. И. Богданова, Д. Н. Князева. Применение метода хроматографии на бумаге для разделения редкоземельных элементов при анализе природных материалов. В сб.: «Редкоземельные элементы», изд. АН СССР, М., 1963.
5. Ю. А. Балашов, М. А. Кекелия. Влияние ациальных изменений на распределение редкоземельных элементов в породах Зекарской габбро-диоритовой интрузии. Геохимия, № 9, 1965.
6. Ю. А. Балашов, А. Я. Шарафьян. Применение семикомпонентных диаграмм для анализа составов редкоземельных элементов в природных системах. Геохимия, № 5, 1966.
7. А. С. Павленко, Ю. А. Балашов, Р. Г. Геворкян, Н. В. Туранская. Поведение редкоземельных элементов при образовании щелочноземельных и щелочных комагматических базальтоидных пород Центральной Армении. Геохимия, № 2, 1966.
8. Ю. А. Балашов. Дифференциация редкоземельных элементов в магматическом процессе. В сб. «Химия земной коры», т. 1, изд. АН СССР, 1963.
9. Ю. А. Балашов. Генетическое значение распределения редкоземельных элементов в породах ультраосновных — щелочных интрузий. Геохимия, № 1, 1966.
10. Д. С. Коржинский. Кислотность-щелочность как главнейший фактор магматических и послемагматических процессов. В сб.: «Магматизм и связь с ним полезных ископаемых», Госгеолтехиздат, 1960.
11. Г. С. Дзоценидзе, Г. А. Тварчелидзе. О некоторых общих особенностях вулканизма в металлогении Болгарии и Грузии, Карпато-Балканская геологическая ассоциация, VII конгресс, София, сентябрь, доклады, ч. III, 1965.



ПЕТРОГРАФИЯ

Г. Д. ДУМБАДЗЕ

О ВОЗРАСТЕ САНЧАРСКОЙ ИНТРУЗИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Л. Цагарели 3.5.1966)

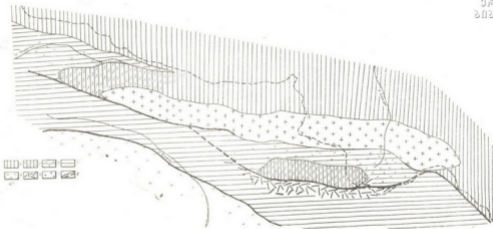
Главный хребет Большого Кавказа изобилует интрузивными телами, залегающими в древних кристаллических породах, на границе с юрскими осадочными образованиями либо непосредственно в последних.

Эти интрузии широко развиты и в Абхазии. Одной из наиболее интересных является Санчарская кварцево-диоритовая интрузия, возраст которой до сих пор точно не установлен. Достаточно указать, что одни исследователи (Чхотуа, Эдилашвили, Баранов, Бессонов) относили ее к палеозою, другие (Букия, Сомин) — к юре, а Кобилев — даже к докембрию [1]. Это объясняется отсутствием фаунистических данных в вулканогенно-осадочной, так называемой санчарской свите, граничащей с интрузией на юго-востоке, и слабой изученностью взаимоотношения интрузии с последней.

Санчарский интрузив представляет собой вытянутое в широтном направлении тело, протягивающееся на 22—23 км от перевала Магана на востоке до подножья горы Каменистой на западе; площадь обнаженной части интрузии около 60 км². Она прорывает ограничивающие ее с севера кристаллические сланцы и гнейсы нижнего палеозоя (?) (лаштракская свита). Контакт ее на юге и юго-западе со свитой аспидных и глинистых сланцев (ацгарская свита) тектонический. Поэтому вопрос возраста расположенной юго-восточнее интрузии санчарской свиты имеет решающее значение для определения нижнего возрастного предела Санчарской интрузии.

Санчарская свита обнажена в ущельях рр. Санчарки, Бешты и Белой, а также в окрестностях Алаштрахского и Санчарского перевалов. Контакт ее с аспидными сланцами ацгарской свиты тектонический. Она трансгрессивно налегает на плагиогнейсы, амфиболиты и кристаллические сланцы, выступающие в ущелье р. Бешты, с подстилающей пачкой базальных конгломератов, протягивающихся с перерывами вдоль всей северной периферии метаморфитов. Галька конгломератов обычно кварцевая, изредка встречаются метаморфические и кремнистые сланцы и кварциты (см. схему).

М. Л. Сомин справедливо отмечает, что появление гальки кремнистых сланцев, характерных для верхнепалеозойских отложений Главного хребта, указывает на послевышнепалеозойский возраст санчарской свиты [2].



Схематическое геологическое строение района: 1—кристаллические сланцы, филлиты, кварциты и амфиболиты нижнего палеозоя; 2—гнейсовидные кварцевые диориты и плагиогранитоgneисы (средний палеозой?); 3—санчарская свита—конгломераты, глинистые сланцы, песчаники, альбитофиры, порфириды и их туфы (нижний лейас); 4—свита аспидных сланцев—аспидные и глинистые сланцы, песчаники, алагролиты (нижний и средний лейас); 5—порфиритовая серия (байос); 6—поле субвулканических альбитофиров и кварцевых альбитофиров; 7—породы Санчарской интрузии; 8—разрывы, установленные и предполагаемые

Свита сложена чередованием глинистых сланцев и кварц-полевошпатовых песчаников с покровными излияниями альбитофиров и порфиритов и их пирокластолитами — различными туфами, туфобрекчиями и лавовыми брекчиями альбитофирового и кварц-порфирирового состава. Наибольшего распространения вулканогенный материал достигает в ущелье р. Санчарки — мощность отдельных вулканогенных пачек колеблется от 100 до 200 м; к востоку и западу количество его заметно убывает, а к югу, до появления свиты аспидных сланцев, выходит пояс субвулканических альбитофиров и кварцевых альбитофиров шириной 1000—1200 м.

Находка М. Л. Соминим в сланцах, залегающих среди туфов, микрофауны, определенной Е. А. Гофман как *Globigerina* sp. indet [2], говорит о том, что возраст этих слоев не может быть древнее юры, а стратиграфическое положение этой толщи, подстилающей среднеплейасовые отложения, позволяет предположить ее нижнелейасовый возраст.

С приближением к интрузии вулканогены и глинистые сланцы более метаморфизованы. Они обогащаются серицитом, хлоритом, турмалином, пропитываются сульфидами, а также альбитовыми и альбит-кварцевыми жилами, благодаря чему возникают филлитовые и адинолоподобные роговиковые породы. По сравнению с нормальными вулканогенноосадочными породами роговики имеют более светлую зеленоватую окраску, в них стерта слоистость, изредка наблюдается катаклиз, приводящий к образованию филлонитоподных пород. Полоса контактно-измененных пород мощностью от 50 до 120 м сопровождается интрузию почти вдоль всей ее южной границы с вулканогенноосадочной толщей, протягиваясь с перерывами на 6—8 км от р. Санчарки до р. Белой. Породы эндоконтакта представлены здесь, в отличие от других частей диоритовой интрузии, более кислыми и слюдистыми являясь разновидностями — гранодиоритами и тоналитами.

Для этих пород характерны панидиоморфная структура, одновременное присутствие андезина (25—30) и альбита (5—12) с замещением первого последним, отсутствие зональных плагиоклазов, обростание плагиоклазов каемками калишпата с пертитовым строением и интенсивный привнос кварца.

Сопоставляя эти особенности пород эндоконтакта с развитыми во вмещающих породах процессами серицитизации, хлоритизации, турмалинизации, окварцевания и адинолизации, мы приходим к выводу, что эти явления обусловлены не непосредственным воздействием интрузивной магмы на вмещающую толщу, а наложенными процессами, вызванными постмагматическими растворами, циркулировавшими вдоль приконтактовых трещин. Подобные явления были описаны Г. М. Заридзе на примерах жильных тел диабазов в контакте с глинистыми сланцами [4].

Таким образом, разрыв во времени между внедрением интрузии и привносом растворов не должен быть большим и можно считать, что мы имеем дело с одним интрузивным циклом, вызвавшим интенсивное преобразование, вмещающей вулканогенноосадочной толщи.

Характерно, что аналогичные явления наблюдаются и в контактах небольших даек кварцевых диоритов, залегающих в санчарской свите

южнее интрузии на подступах к перевалу Алаштрах. Соответственно мощность измененного ореола этих даек, являющихся по существу апофизами интрузии, характеризуется меньшими масштабами — порядка 2—3 м.

Таким образом, устанавливается более молодой возраст интрузии по сравнению с санчарской свитой. Учитывая к тому же нижнелейасовый возраст последней, мы приходим к выводу о посленижнелейасовом возрасте Санчарской интрузии (интрузии сходного геологического положения на территории Грузии Г. М. Заридзе считает батскими).

Наше мнение о среднеюрском возрасте Санчарской интрузии подтверждается цифрами абсолютного возраста, порядка 130 млн. лет, полученными М. М. Рубинштейном для валовых проб пород, дающих, как известно, несколько заниженные значения.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

(Поступило в редакцию 3.5.1966)

პეტროგრაფია

ბ. ღუმბაძე

სანჩარის ინტრუზივის ასაკის შესახებ

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ასაკის საკითხი სანჩარის კვარციანი დიორიტების ინტრუზივისა, რომელიც მდებარეობს ძველი მეტამორფული ფიქლებისა და ქვედა ლიასური ნალექების საზღვარზე.

დადგენილია, რომ ინტრუზია კვეთს მეტამორფულ და ე. წ. სანჩარის წყებებს. ეს უკანასკნელი წარმოდგენილია ვულკანოგენურ-დანალექი ქანებითა და მისი ასაკი, სტრატиграფიული მდებარეობისა და მასში გლობიგერინული ფაუნის პოვნის შედეგად, განისაზღვრება როგორც ქვედა ლიასი.

ამასთან აბსოლუტური ასაკის ციფრებზე დაყრდნობით — 130 მლნ წელი — შეიძლება ვილაპარაკოთ ინტრუზივის ქვედალიასურის შემდგომ (ბათურ) ასაკზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Д. Афанасьев. Гранитоиды древних интрузивных комплексов северо-западного Кавказа. Труды ИГН АН СССР, вып. 69, 1950.
2. М. Л. Соини. О возрасте санчарской свиты и санчарских кварцевых диоритов. Изв. вузов, Геология и разведка, № 9, 1965.
3. Г. Д. Думбадзе. К петрографии Санчарского габбро-диоритового массива. V Закавказская конференция молодых ученых геологических институтов, 1964.
4. Г. М. Заридзе. О типах метаморфизма. Вопросы геологии Грузии. К XII сессии международного геологического конгресса, 1964.

ПАЛЕОБИОЛОГИЯ

Ц. И. БАДЗОШВИЛИ

К ИЗУЧЕНИЮ *CERITHIIDAE* МЭОТИЧЕСКОГО ЯРУСА

(Представлено академиком Л. Ш. Давиташвили 17.6.1966)

К числу самых характерных брюхоногих мэотического бассейна относятся представители родов *Cerithium* и *Potamides*. Они представлены главным образом в нижнем мэотисе вместе с морской моллюсковой фауной и имеют большое территориальное распространение, но особенно часто встречаются на Керченском полуострове. Как отмечал Н. И. Андрусов [1], „виды рода *Cerithium* принадлежат к числу самых обыкновенных явлений в нижнем отделении керченского известняка, и строительный известняк иногда в действительности заслуживает названия церитовых пластов“. Однако к роду *Cerithium* Н. И. Андрусов относил и представителей рода *Potamides*—*P. disjunctoides* и *P. novorossicum*, которые являются основными компонентами этих „церитовых пластов“.

Н. И. Андрусов [2] предполагает, что такой вид, как *C. comperci* d'Orb., — типично сарматская форма, почти без изменения перешедшая в мэотический ярус, а виды *C. disjunctoides* Sinz. и *C. novorossicum* Sinz.— новые мутации сарматских форм.

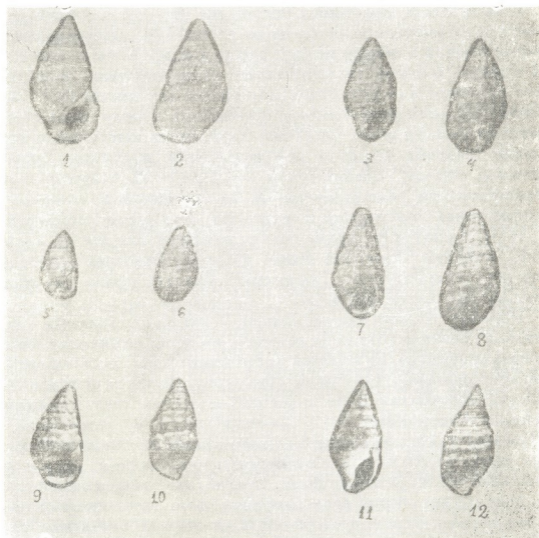
Изучение специальной литературы, а также ознакомление с ископаемым материалом показывают некоторое сходство мэотических церитов с нижнесарматскими из западной части сарматского бассейна, где сохранились некоторые средиземноморские формы. Нельзя не отметить также близость мэотических форм к формам из других средиземноморских бассейнов. Как отмечает Л. Ш. Давиташвили [3], „такие виды, как *C. comperci* d'Orb. *vide* Andrus., *C. novorossicum* Sinz. и др., обнаруживают такую же близость к некоторым сарматским формам, как и к представителям тех же родов из более древних горизонтов миоцена“.

Мэотические формы рода *Cerithium* ближе всего стоят к группе *C. rubiginosum*, которая представлена в миоценовых отложениях средиземноморского бассейна (в чокраке, конке и нижнем сармате).

Н. И. Андрусов вид, известный под названием *C. rubiginosum*, из мэотических отложений Керченского полуострова, считал тождественным среднесарматскому *C. comperci*. Позже В. П. Колесников [4], отмечая большое сходство мэотических раковин *C. rubiginosum* со среднесарматскими раковинами *C. comperci*, не отождествлял их. По его словам, в

отличие от среднесарматских *C. comperei*, мэотические формы несут более резкие украшения на наружной поверхности раковин и, что еще важнее, имеют значительно более широкий сифональный канал.

Мы также считаем неправильным отождествление мэотических *C. rubiginosum* со среднесарматским *C. comperei*. Если допустить, что мэотический *C. rubiginosum* является тождественным среднесарматскому *C. comperei*, то трудно объяснить тот факт, что *C. comperei*, попавшая в довольно опресненный мэотический бассейн, „воспроизвела“ типично „рубингозовую“ скульптуру.



Фиг. 1—4. *Cerithium (Thericium) rubiginosum* Eichw. 1—2—Керченский п-в $\times 2$. 3—4—Западная Грузия $\times 2$.

Фиг. 5—10. *Cerithium (Thericium) maoticum* sp. n. 5—6—Западная Грузия $\times 2$. 7—8 там же $\times 3$.

Фиг. 11—12. *Cerithium (Thericium) rubiginosum* Eichw. *kerchense* subsp. n. Керченский п-в

В мэотисе существуют, по нашему мнению, формы, существенно отличающиеся от *C. comperei* и близкие к виду, обычно описываемому как *C. rubiginosum* Eichw., который указывается из чокракских, конкских и нижнесарматских отложений.

В настоящей статье мы воздержимся от пересмотра систематики этой группы церитов и сохраним видовое название *C. rubiginosum* Eichw.

Результаты изучения ископаемого материала заставляют предполагать, что мэотические *C. rubiginosum* значительно ближе стоят к чокракским и конкским представителям этого вида, нежели к сарматским.

Ниже приводятся описания некоторых представителей *Cerithiidae*, представленных в нижнемэотических отложениях Западной Грузии и Керченского полуострова.

Cerithium (Thericium) rubiginosum Eichw.

Табл., фиг. 1—4.

1856. *Cerithium rubiginosum* Eichw. ([5], p. 396, tab. 41, fig. 16, 18).

1868. *Cerithium rubiginosum* Eichw. ([6], tab. VII, fig. 9).

1935. *C. rubiginosum* Eichw. ([4], стр. 232, таб. 28, фиг. 29—30, т. 10, ч. 2).

1935. *C. rubiginosum* Eichw. ([7], стр. 21, табл. II, фиг. 30).

1936. *C. rubiginosum* Eichw. ([8], стр. 198, т. X, ч. 3, табл. XXI, фиг. 18—20).

1944. *Pithocerithium rubiginosum* Eichw. ([9], p. 80, vol. V, tab. 21, fig. 1—17).

1954. *C. rubiginosum* Eichw. ([10], str. 262, pars I, tab. 16, fig. 15).

Материал. В коллекции имеется 40 хорошо сохранившихся экземпляров из Керченского полуострова и 13 из Западной Грузии.

Диагноз. Раковина массивная, состоящая из 8—9 слабо выпуклых оборотов, из которых особо выделяется последний, который составляет почти половину высоты всей раковины. Каждый оборот несет по два ряда спиральных бугорков, за исключением последнего. На нем появляется еще один ряд (или два ряда) спиральных бугорков. Устье овальной формы. Сифональный канал довольно широкий.

Описание. Раковина состоит из 8—9 оборотов, конической формы. Первый оборот гладкий, начиная со второго появляются толстые продольные ребра. На следующих оборотах верхняя ступенчато-вдавленная часть продольных ребрышек распадается на спиральный ряд мелких бугорков, слабо обособленных, а иногда сливающихся в волнистое спиральное ребро. Второй ряд состоит из более крупных, массивных, хорошо обособленных и реже расставленных бугорков. Число этих бугорков значительно меньше по сравнению с верхним рядом. Двум бугоркам верхнего ряда обычно соответствует один бугорок нижнего ряда. На последнем обороте прибавляется еще один ряд бугорков, а на некоторых экземплярах—два ряда. Кроме того, параллельно этим бугорчатым

ребрам до самого сифонального канала тянутся тонкие слабо волнистые концентрические ребра (число их 3—4).

Устье овальное. Наружная губа утолщенная, внутренняя, отвернутая на столбик, образует мозолистый выступ. Parietalный канал узкий и короткий, сифональный сравнительно длиннее и более широкий (табл. 1).

Таблица 1

Местонахождение		Высота	Ширина	Высота послед- него оборота	Удлинен- ность
Западная Грузия	Абхазия (р. Геджири)	14,2 12,75	7,5 6,5	7 6,5	1,89 1,96
	Гурия (с. Ваке)	13 9			
Керченский полуостров (Красный Кут)		14,5 15,25 18	7,5 8 9,75	6,5 6,25 7,75	1,93 1,9 1,84

Размеры здесь и дальше даются в миллиметрах.

Сравнения и общие замечания. Экземпляры с Керченского полуострова крупнее и массивнее, длина у них варьирует от 14 до 18 мм, тогда как у экземпляров из Западной Грузии—от 9 до 14 мм. Мэотические формы отличаются своей малорослостью как от сарматских, так и от чокракских. По величине раковин они более приближаются к конкским формам, длина которых варьирует от 10 до 14 мм [7]. Мэотические *C. rubiginosum* имеют удлиненность от 1,56 до 1,96, конкские—от 2,3 до 2,8, сарматские—от 2,2 до 2,7 [4], чокракские—2 [8]. Таким образом, по соотношению размеров высоты раковин к ширине последнего оборота мэотические формы ближе всего стоят к чокракским. По характеру последнего оборота они также более сходны с чокракскими.

Мэотические раковины, кроме уменьшенных размеров и меньшей удлиненности, имеют и более вздутую форму. Таким образом, они более сходны с чокракскими представителями этого вида.

Местонахождение. Грузинская ССР: Абхазия (р. Геджири—девять экземпляров), Гурия (с. Ваке—четыре экземпляра). Керченский полуостров (Красный Кут—40 экземпляров).

Геологический возраст и распространение. Мэотический ярус (нижний горизонт) Керченского полуострова и Западной Грузии.

Cerithium (Thericium) maeoticum sp. n.

фиг. 5—10.

Наряду с *C. rubiginosum*, на Керченском полуострове и в Западной Грузии в нижнемезотических отложениях найдены близкие к ним формы, имеющие, однако, целый ряд признаков, отличающих их от типичного *C. rubiginosum*.

Приводим описание этой новой формы.

Материал. В коллекции имеется 47 целых раковин этого вида.

Диагноз. Раковина башенковидной формы, состоящая из восьми оборотов. Первые два гладкие, на остальных, за исключением последнего, тянется один ряд спирально расположенных бугорков. На последнем имеется еще один ряд бугорков, расположенных под бугорками первого ряда. Устье округлое, суженное в верхней части, сифональный канал короткий, внутренняя губа развита слабо.

Описание. Раковина средней величины (от 9 до 16 мм), состоящая из восьми оборотов, башенковидной формы. Первые два оборота гладкие. На следующих двух появляются довольно грубые продольные ребра, которые на последующих оборотах прерываются, не достигнув верхнего кия, и замещаются серией хорошо обособленных бугорков, следующих друг за другом по спирали. На последнем обороте параллельно этому ряду тянется второй ряд бугорков, не отличающихся по характеру и величине от первых и располагающихся непосредственно под ними.

Все основание раковины, так же как и промежутки между описанными рядами бугорков, покрыто тонкими многочисленными узкими спиральными ребрышками, разделенными очень узкими промежутками. Устье округленно-овальное, парietальный канал развит слабо, сифональный явственный и расположен почти перпендикулярно к оси раковины. Наружная губа имеет гладкий закругленный край.

Размеры раковин этого вида, по нашим наблюдениям, не зависят от их географического распространения, однако экземпляры из керченского известняка более массивные и крупные, чем из Западной Грузии (табл. 2).

Таблица 2

Местонахождение		Высота	Ширина	Высота последнего оборота	Удлиненность
Западная Грузия	Абхазия (р. Геджири)	10 13	5 8	3,5 5	2 1,62
	Гурия (с. Ваке)	10,5 10,7	5,3 5,5	3,5 4	1,98 1,76
Керченский полуостров (Красный Кут)		13,25 16	7 10	6 7,5	1,89 1,6

Сравнения и общие замечания. Описанные раковины сходны с *C. rubiginosum* Eichw., но отличаются от них характером последнего оборота: у *C. rubiginosum* он более выпуклый и более высокий, составляющий примерно 0,5—0,6 высоты всей раковины, тогда как у описываемых нами форм высота последнего оборота всегда меньше половины высоты всей раковины. Скульптура по сравнению с *C. rubiginosum* выражена слабее: число бугорчатых спиральных ребер почти вдвое меньше, значительно меньше также число спиральных струек, которые выражены, однако, более отчетливо. Различие наблюдается и в форме устья: у описываемой формы оно более округлое, наружная губа менее массивная, внутренняя губа развита слабее. Parietalный канал выражен слабее, сифональный канал намного короче, и его ось при пересечении с вертикальной осью раковины образует прямой угол, тогда как у представителей *C. rubiginosum* он значительно отклоняется от оси раковины.

Характер захоронения. Описанные нами формы встречаются на Керченском полуострове в твердых белых известняках, а в Западной Грузии — в глинистых песчаниках и гравелитах.

Местонахождение. Грузинская ССР: Абхазия (р. Геджири — четыре экземпляра), Гурия (с. Ваке — четыре экземпляра). Керченский полуостров (Красный Кут — 44 экземпляра).

Геологический возраст и распространение. Нижнеэоценовые отложения Керченского полуострова и Западной Грузии.

Cerithium (Thericium) rubiginosum Eichw. *kerchense* subsp. n.
 фиг. 11—12.

В материале, собранном на Керченском полуострове, внимание привлекают раковины, которые на первый взгляд по характеру скульптуры трудно отличить от *C. rubiginosum*, но по характеру устья и более стройной форме раковины резко отличаются от названного вида.

Материал. В коллекции имеется шесть хорошо сохранившихся раковин.

Диагноз. Раковина сравнительно высокая, состоящая из 9—10 оборотов. Скульптура бугорчатая, почти такая же, как у *C. rubiginosum*, но у описываемой формы бугорки более заостренные. Устье удлинненно-овальной формы. Parietalный канал слабо или почти не развит, сифональный канал с глубоким вырезом, наружная губа вертикальная, столбиковая часть слегка вогнута.

Описание. Раковина состоит из 9—10 слабо выпуклых оборотов. Высота раковин варьирует от 14,5 до 18,5 мм. Высота последнего оборота обычно меньше половины высоты всей раковины. Наружная поверхность оборотов несет своеобразную скульптуру, представленную двумя параллельными спиральными рядами бугорков на каждом обороте. В нижнем ряду насчитывается примерно 12—13 крупных заостренных шипова-

тых бугорков, а в верхнем ряду—18—20 значительно более низких закругленных и мелких бугорков. Последний оборот, помимо этого, несет еще 2—3 спиральных ряда очень слабо выраженных бугорков, которые постепенно сглаживаются сверху вниз и переходят в валикообразные спиральные ребра. Последний оборот не так сильно выделяется, как у *C. rubiginosum*, чем объясняется стройность раковин и их удлиненность, которая значительно превышает удлиненность мэотических *C. rubiginosum* (табл. 3).

Таблица 3

Местонахождение	Высота	Ширина	Высота последнего оборота	Удлиненность
Керченский полуостров (Красный Кут)	14,5	6,25	6	2,32
	16,25	7	7	2,32
	16,5	7	7,5	2,35
	18,5	7,25	8	2,55

Сравнения и общие замечания. Описанные формы близки к *C. rubiginosum*, но отличаются от последних более стройной раковиной, формой устья и большей высотой. В то время как у *C. rubiginosum* отношение высоты раковины к ширине последнего оборота обычно варьирует от 1,6 до 1,96, у описываемой формы это отношение составляет от 2,32 до 2,55. У рассматриваемого подвида устье более удлиненное, наружная губа почти вертикальная, а внутренняя почти не выражена, столбиковая часть слегка вогнута.

Местонахождение. Керченский полуостров (Красный Кут).

Геологический возраст и распространение. Мэотический ярус (нижний горизонт) Керченского полуострова.

По нашим наблюдениям, как на Керченском полуострове, так и в Западной Грузии описанные формы представлены в нижнем мэотисе вместе с морской фауной этого бассейна. Средиземноморское происхождение большинства морских мэотических форм в настоящее время не вызывает сомнений. Сходство, наблюдаемое между мэотическими и нижнесарматскими церитами, недостаточно для предположения об их непосредственной генетической связи. Следует особо отметить, что мэотические виды более близки к чокракским, а также к конкским формам, нежели к сарматским. Можно предположить, что проникновение в мэотический бассейн *C. rubiginosum*, как и других представителей *Cerithiidae*, происходило из Средиземноморского бассейна.

Академия наук Грузинской ССР

Институт палеобиологии

(Поступило в редакцию 17.6.1966)

G. ბადოშვილი

მეოტური სართულის ცერიტიუმების შესწავლისათვის

რეზიუმე

ცერიტიუმები მეოტური ზღვური ფაუნის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ჯგუფს წარმოადგენენ. მათ დიდი ტერიტორიული გავრცელება აქვთ, განსაკუთრებით ქერჩის ნახევარკუნძულზე, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ეს ჯგუფი სუსტადაა შესწავლილი.

სტატიაში პირველადაა მოცემული ცერიტიუმების ერთ-ერთი საკმაოდ გავრცელებული სხას *Cerithium rubiginosum*-ის აღწერა, რომელსაც ადრე შუასარმატულ *C. compei*-ის წარმომადგენლად თვლიდნენ.

ჩვენი აზრით, ეს მეოტური ფორმა მიეკუთვნება *C. rubiginosum*-ის ჯგუფს, რომელიც ცნობილია ჩოკრაკული, კონკური და ქვედასარმატული ნაღებებიდან. მეოტური *C. rubiginosum* ყველაზე ახლო ჩოკრაკულ ფორმასთან დგას. გარდა ამისა, შრომაში აღწერილია ცერიტიუმების ერთი ახალი სახე და ქვესახე.

ჩვენ მიგვაჩნია, რომ *C. rubiginosum*-ისა და აგრეთვე სხვა *Cerithiidae*-ს შემოჭრა, ისევე როგორც სხვა ზღვური ფორმებისა, მეოტურ აუზში, ხმელთაშუა ზღვიდან ხდებოდა.

დასომხებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Андрусов. Керченский известняк и его фауна. Избранные труды, т. I. Изд. АН СССР, М., 1961.
2. Н. И. Андрусов. Мэотический ярус. Избранные труды, т. I. Изд. АН СССР, М., 1961.
3. Л. Ш. Давиташвили. К истории мэотического бассейна. Труды Азерб. нефтяного хоз., № 1, 1931.
4. В. П. Колесников. Сарматские моллюски. Палеонтология СССР, т. X, ч. 2. Изд. АН СССР, Л., 1935.
5. M. Hörnes. Die fossilen Mollusken des Tertiär-Beckens von Wien. Univalven Abh. Geol., Bd. III, 1856.
6. E. Eichwald. Lethaea rossica ou paleontologie de la Russie. Stuttgart, 1868.
7. E. В. Ливеровская. Фауна конкского горизонта горы Дубровой (Северный Кавказ). Труды Нефт. геологоразв. ин-та, серия А, вып. 44, 1955.
8. Б. П. Жижченко. Чокракские моллюски. Палеонтология СССР, т. X, ч. 3, 1936.
9. E. Jekelius. Sarmat und pont von Soveni (Banat). Mem. Inst. geol. Român, vol. 5, Bukarest. 1944.
10. W. Friedberg. Mięczaki miocenske zien polskichi krajow sosiednich Cz. L. Sli-maki i Lodkoniai, pars I, Gastropoda et scaphopoda, 1954.

Г. И. МАМАСАХЛИСОВ

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА ПРИЕМО-ОТПРАВОЧНЫХ ПУТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Г. Абелишвили 11.4.1966)

Применяемые в настоящее время методы расчета потребного числа приемо-отправочных путей для грузовых поездов на участковых и сортировочных станциях имеют ряд существенных недостатков, которые не раз отмечались в технической литературе.

Аналитический метод предусматривает расчет числа путей по формуле

$$m = \frac{k_n \Sigma Nt}{1440} \quad (1)$$

где

ΣNt —суммарная продолжительность занятия путей поездами по технологическому процессу;

k_n —коэффициент неравномерности.

Этот метод исходит в основном из принципа равномерности поступления поездов на станцию и возможности непрерывной загрузки путей в течение суток, в то время как по ряду причин (ослабление грузовой работы станций в ночные часы, неравномерный процесс поездобразования, пропуск пачек пассажирских поездов, интенсификация передачи грузовых поездов по стыкам дорог к концу отчетных суток и т. д.) интервалы времени между моментами прибытия поездов на станцию отклоняются от средних величин в довольно широких пределах, что изменяет исходные положения расчета числа путей.

Чтобы в какой-то мере сгладить неточность аналитического метода, в формулу введен коэффициент неравномерности k_n , но это не решает задачи, так как значение k_n не увязывается с особенностями процесса пропуска поездов по станции. В результате формула (1) дает в большинстве случаев уменьшенное число путей и окончательно его значение приходится принимать по рекомендации ТУПС [1].

Графический метод расчета числа потребных путей является также не вполне удовлетворительным, так как учитывает определенный вариант действующего графика, при котором число и моменты прибытия и

отправления грузовых поездов принимаются полностью неизменными, тогда как суточная и часовая неравномерность движения меняют в определенной мере эти факторы.

Для устранения указанных недостатков предложен ряд уточнений, относящихся к частным случаям сгущенного прибытия поездов, наличия или отсутствия обгонов грузовых поездов пассажирскими и т. п.

Задача усовершенствования методики расчета наличной пропускной способности и потребной мощности элементов станций может получить, по нашему мнению, кардинальное решение, если исходить из теории массового обслуживания, одного из новейших разделов теории вероятностей, которая за последние десятилетия получает широкое применение в самых разных областях практики [2].

Для возможности использования тех или иных положений этой теории необходимо, в первую очередь, изучить характер пропускаемых по станции поездопотоков—потоков „заявок“ или „требований“ (по терминологии теории массового обслуживания), с целью определения не только средней их интенсивности, т. е. среднего числа поездов, поступающих за 1 час, но и общей закономерности изменения фактических межпоездных интервалов, степени их взаимозависимости.

Изучение характера поездопотоков с указанной точки зрения по ряду станций Закавказской дороги на основании графиков исполненного движения показывают, что они приближаются к „простейшим“, отвечая условиям стационарности в пределах определенных периодов суток, ординарности и частично отсутствия последствия [3].

Существуют системы массового обслуживания с отказами, с ожиданием и смешанного типа.

Железнодорожную станцию можно представить как многофазную систему смешанного типа с разным числом путей („каналов“) в каждой фазе.

Прием поездов на станцию должен вообще производиться без задержки их на подходах, поэтому пути парка прибытия следует принять как систему массового обслуживания с отказами, для которой вероятность отказа в приеме поездов $p_{\text{отк}} \rightarrow 0$, т. е. вероятность безотказного приема $p_{\text{б.отк}} = 1 - p_{\text{отк}} \approx 1$.

При отправлении же поезда с технической станции обычно имеет место некоторое время ожидания (ожидание обслуживания) из-за занятости перегона пропуском других поездов, поэтому отправочный парк станции есть система смешанного типа с ограниченным ожиданием.

На основании указанных исходных положений можно применить следующую методику определения потребного числа приемо-отправочных путей.

Для стационарного режима работы станции вероятность отказа в приеме поездов можно определить по формуле Эрланга ([3], стр. 546)

$$P_{\text{отк}} = \frac{\frac{\alpha^m}{m!}}{\sum_{k=0}^m \frac{\alpha^k}{k!}}, \quad (2)$$

где

m —искомое число приемо-отправочных путей;

α —показатель производительности приемо-отправочных путей станции, представляющий собой приведенную интенсивность прибытия поездов за время стоянки поезда

$$\alpha = nt, \quad (3)$$

где

n —количество поездов, прибывающих на станцию за 1 час;

t —полное время занятия пути одним поездом в часах (время нахождения заявки в системе), которое следует считать равным

$$t = t_{\text{тех}} + t_{\text{ож}}, \quad (4)$$

где

$t_{\text{тех}}$ —средняя продолжительность обработки поезда на приемо-отправочном пути по технологическому процессу с учетом времени дополнительного занятия поездом маршрутов приема и отправления;

$t_{\text{ож}}$ —время ожидания поездом отправления.

В реальных условиях, в связи с некоторым колебанием величин составов пропускаемых поездов и разным объемом требуемой работы, время обработки в определенных пределах изменяется.

В теории массового обслуживания чаще всего пользуются допущением, что время обслуживания распределено по показательному закону

$$f(t) = \mu \cdot e^{-\mu t}, \quad (5)$$

где

параметр μ —величина, обратная среднему времени обслуживания одной заявки:

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{тех}}}.$$

В связи с тем, что пропускная способность и другие характеристики системы массового обслуживания сравнительно мало зависят от вида закона распределения времени обслуживания, а зависят главным образом от среднего его значения, то и для $t_{\text{тех}}$ можно принять показате-

тельный закон распределения, что позволяет значительно упростить математический аппарат для решения поставленной задачи.

Полное время занятия пути одним поездом включает в себя и элемент ожидания $t_{ож}$, который связан с условиями освобождения путей.

Окончание занятия путей происходит при отправлении поездов со станции и при передаче в сортировочную систему поездов, прибывших в расформирование.

На основании известных положений теории массового обслуживания можно вывести следующую общую формулу для среднего времени ожидания:

$$t_{ож} = \frac{n_{гр} + n'_{пс}}{2 n_{max} (n_{max} - n_{гр} - n'_{пс})} \text{ час,} \quad (6)$$

где

$n_{гр}$ —общее число грузовых поездов данного направления, отправляемых с путей за 1 час;

$n'_{пс} = \epsilon_{пс} n_{пс}$ —приведенное число пассажирских поездов, отправляемых за 1 час ($\epsilon_{пс}$ —коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими);

n_{max} —наличная часовая пропускная способность выходного участка или сортировочной системы.

При стационарности поездопотока по периодам суток формула $t_{ож}$ получит вид

$$t_{ож} = \frac{12 (N_{гр} + N'_{пс})}{N_{max} (N_{max} - N_{гр} - N'_{пс})}, \quad (6a)$$

где

N со всеми индексами—соответствующие суточные размеры движения и пропускная способность участка.

Зная все величины, входящие в формулу (2), можно определить потребное число путей m из условия $\beta_{отк} \approx 0$.

Обычно приемо-отправочные пути участковых и сортировочных станций специализируются для транзитных поездов, для поездов, прибывающих в расформирование, и своего формирования.

Для определения потребного числа путей в разных парках станции необходимо знать соответствующие значения $t_{ож}$ и α .

1) Для транзитного парка

$t_{ож}$ определяется по формуле (6), при этом

$$n_{гр} = n_{тр} + n_{ф},$$

где

$n_{тр}$ —количество транзитных поездов, отправляемых на рассматриваемый участок с данного парка;

- n_{Φ} —число поездов своего формирования, отправляемых на этот участок с других путей станции;
 $n'_{пс}$ —приведенное число пассажирских поездов, отправляемых на участок за 1 час;
 n_{\max} —наличная часовая пропускная способность участка;

$$\alpha_{тр} = n_{тр} (t_{тр} + t_{ож}), \quad (7)$$

где $t_{тр}$ —среднее время занятия пути транзитным поездом по технологическому процессу в часах.

2) Для приемных путей

При определении $t_{ож}$ по формуле (6) принимается

$$n_{гр} = n_p + n_d; \quad n'_{пс} = 0,$$

где n_p —число расформируемых поездов, поступающих в сортировочную систему за 1 час;
 n_d —дополнительное приведенное число операций, выполняемых в сортировочной системе за 1 час (формирование поездов, сортировка местных передач и др.);
 $n_{\max} = n_c$ —перерабатывающая способность сортировочной системы, выраженная в составах за 1 час.

Таким образом, простой составов в парке прибытия в ожидании расформирования определится по формуле

$$t'_{ож} = \frac{n_p + n_d}{2 n_c (n_c - n_p - n_d)}, \quad (8)$$

а показатель α составит

$$\alpha_p = n_p (t_p + t'_{ож}), \quad (9)$$

где t_p —время занятия приемного пути по технологическому процессу поездом, прибывающим в расформирование, в часах.

3) Для отправочных путей

$t_{ож}$ определяется по формуле (6) так же, как и для транзитного парка.

$$\alpha_{\Phi} = n_{\Phi} (t_{\Phi} + t_{ож}), \quad (10)$$

где n_{Φ} —число поездов своего формирования, подаваемых на отправочные пути за 1 час;
 t_{Φ} —время занятия отправочного пути поездом своего формирования.

Рассмотрим примеры по расчету числа приемо-отправочных путей участковых станций для транзитных поездов.

Имеем: $t_{\text{тех}} = 0,3$ часа; $n_{\phi} = 0,1$ $n_{\text{тр}}$.

а) $n_{\text{max}} = 1$ п/час (выходной участок однопутный, оборудованный электрожелезнодорожной системой).

$n'_{\text{ис}} = 0,2$ п/час; $n_{\text{тр}} = 0,2 - 0,6$ п/час.

б) $n_{\text{max}} = 2$ п/час (участок однопутный с автоблокировкой, тип графика частично-пакетный);

$n'_{\text{ис}} = 0,2$ п/час; $n_{\text{тр}} = 0,2 - 1,5$ п/час.

в) $n_{\text{max}} = 3$ п/час (участок двухпутный, оборудованный полуавтоматической блокировкой).

$n'_{\text{ис}} = 0,5$ п/час; $n_{\text{тр}} = 0,4 - 2,0$ п/час.

г) $n_{\text{max}} = 7,5$ п/час; $J = 8$ мин (участок двухпутный с автоблокировкой).

$n'_{\text{ис}} = 1$ п/час; $n_{\text{тр}} = 1,0 - 5,5$ п/час.

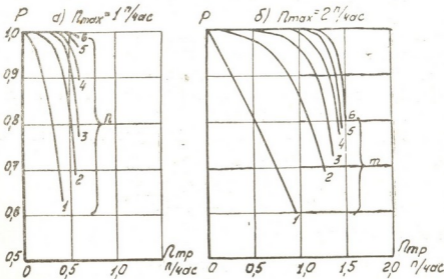
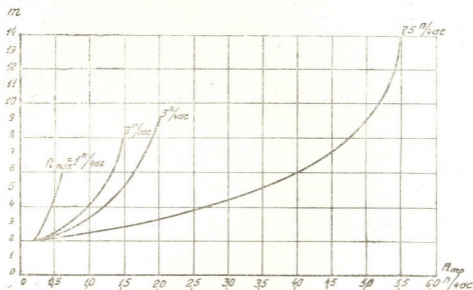


Рис. 1

На рис. 1 показаны кривые вероятности безотказного приема поездов, рассчитанные по формуле Эрланга (2) для примеров а) и б) при разном числе приемо-отправочных путей и интенсивности прибытия на станцию транзитных поездов, которые одновременно позволяют определить потребное число приемо-отправочных путей при обеспечении вероятности безотказного приема поездов, $p_{\text{ботк}} \approx 1$. Например, при $n_{\text{max}} = 2$ п/час (пример б) и $n_{\text{тр}} = 1$ п/час и $p_{\text{ботк}} > 0,99$ потребное число путей $m = 4$.

На рис. 2 приведены графики функции $m = F(n_{\text{тр}}, n_{\text{max}})$ для всех четырех примеров.

Приведенные выше формулы, выполненные по ним расчеты и анализ фактической работы ряда станций выдвигают весьма важное положение о том, что потребное число приемо-отправочных путей станции зависит не только от общей продолжительности обработки поездов, поступающих на эти пути, но и от пропускной способности примыкающих участков и степени ее заполнения, обуславливающих возможности отправления поездов с минимальной задержкой их на указанных путях после окончания обработки по технологическому процессу.



Фиг. 2

Кривые потребности в приемо-отправочных путях для транзитных поездов, приведенные на рис. 2, наглядно подтверждают это.

Из разработанной выше методики расчета потребного числа приемо-отправочных путей вытекает и соответствующий порядок определения пропускной способности: считая в формуле (2) число путей m заданным, определяем показатель α по условию $\rho_{отк} \approx 0$, а затем, зная пропускную способность n_{max} и дополнительную загрузку примыкающего участка пассажирскими поездами и грузовыми, отправляемыми на участок с других парков станции, определяем пропускную способность n_n для данного парка из формул типа (7).

Произведенное исследование позволяет также сделать вывод о том, что пропускная способность участка и станции взаимосвязаны и что правильное соотношение между ними является важным фактором, обеспечивающим пропуск поездов по участкам и станциям с наилучшими технико-экономическими показателями.

Грузинский политехнический
 институт
 им. В. И. Ленина
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 11.4.1966)

ბ. მამასახლისოვი

 რკინიგზის სადგურების მიმღებ-გამგზავნი ლიანდაგების
 რიცხვის ანგარიშის საკითხისათვის

რეზიუმე

შრომში ჩამოყალიბებულია რკინიგზის დამახარისხებელი და საუბნო სადგურების სატვირთო გამტარუნარიანობის მიმღებ-გამგზავნი ლიანდაგების რიცხვის ანგარიშის მეთოდოლოგია, დამყარებული მასობრივი მომსახურების თეორიაზე.

მოცემულია აგრეთვე სადგურების გამტარუნარიანობის ანგარიშის სათანადო საერთო პრინციპები, მიმღებარე უბნების გამტარუნარიანობასთან კავშირში.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Ё. Савченко, С. В. Земблинов, И. И. Страковский. Железнодорожные станции и узлы. М., 19 2.
2. А. Я. Хинчин. Работы по математической теории массового обслуживания. М., 1963.
3. Е. С. Вентцель. Теория вероятностей. М., 1964.

В. А. ПИРЦХАЛАИШВИЛИ, М. А. НАБИЧВРИШВИЛИ

СТРУКТУРА И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА АУСТЕНИТНЫХ ХРОМОМАНГАНЦЕВЫХ СТАЛЕЙ, ЛЕГИРОВАННЫХ НИКЕЛЕМ, МОЛИБДЕНОМ И НИОБИЕМ[†]

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 25.6.1966)

Наряду с безникелевыми хромоманганцевыми аустенитными сталями, большой интерес представляют хромоманганцевые аустенитные стали с низким содержанием никеля (до 3—5%).

Введение азота в состав хромоманганцевых аустенитных сталей сильно расширило область их практического применения, они успешно конкурируют с некоторыми хромоникелевыми сталями, а в ряде случаев даже превосходят их [1—7].

Целью настоящей работы являлось установление влияния молибдена и ниобия отдельно и комплексно на структуру и свойства некоторых композиций аустенитных хромоманганцевых сталей без никеля и с 3% никеля. Методика работы—выплавка сплавов, термическая обработка, металлографические и физико-химические исследования—подробно описана в ранее опубликованных статьях [8].

Влияние молибдена

Влияние молибдена и азота (табл. 1) на структуру и свойства хромоманганцевой аустенитной стали изучалось на следующих составах: 1) 15% Cr—12% Mn—3% Ni—0,3% N; 2) 15% Cr—12% Mn—3% Ni—3% Mo.

Сопротивление деформации при 700°C (здесь и в дальнейшем имеется в виду качественная характеристика, полученная центробежным методом: изгиб консолюбо закрепленного образца длиной 80 мм и диаметром 4 мм) в зависимости от содержания азота полностью согласуется с микроструктурой (фиг. 1).

Резкое повышение сопротивления деформации сплавов, содержащих до 0,25—0,30% азота, обусловлено исчезновением ферритной составляющей и увеличением концентрации азота в твердом растворе. Дальнейшее резкое падение сопротивления деформации с повышением концентрации азота выше 0,3% вызвано обилием пор и дефектов в слитках. Влияние молибдена на сопротивление деформации при 700°C в случае азотсодержащей стали типа 15% Cr—12% Mn—3% Ni более эффективно, чем в случае безникелевой стали типа 15% Cr—16% Mn [9].

Результаты испытания свидетельствуют о том, что при содержании молибдена до 1% резко повышается сопротивление деформации стали типа 15% Cr—12% Mn—3% Ni, от 1 до 3% происходит незначительное повышение, а выше 3% уже наблюдается тенденция к падению сопротивления деформации из-за появления в структуре α -фазы, претерпевающей в дальнейшем превращение в σ -фазу (фиг. 2).

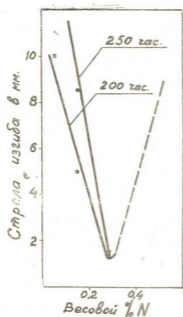
Характер влияния термообработки на сопротивление деформации при 700°C хромоманганцевых сталей с 3% никеля и без никеля зависит

[†] Работа выполнена под руководством акад. Ф. Н. Тавадзе.

Таблица 1¹

№ сплавов	Содержание элементов, вес. %				
	Cr	Mn	Ni	Mo	N
1	14,84	11,72	3,08	0	0,35
2	14,21	12,19	2,88	0,5	0,29
3	14,55	11,91	2,70	1,0	0,33
4	14,55	12,66	2,91	1,75	0,29
5	14,55	12,66	2,93	2,50	0,3
6	14,38	12,66	3,09	3,25	0,29
7	14,90	11,30	3,18	3,0	0,02
8	15,0	11,18	3,0	2,80	0,15
9	15,0	11,18	3,0	3,20	0,23
10	14,90	12,20	3,0	3,20	0,30
11	14,21	11,68	3,0	3,0	0,36
12	14,90	12,25	3,10	3,0	0,41

от содержания молибдена: при его содержании до 0,5% закаленные сплавы обладают более высоким сопротивлением деформации, чем отожженные. — наоборот.

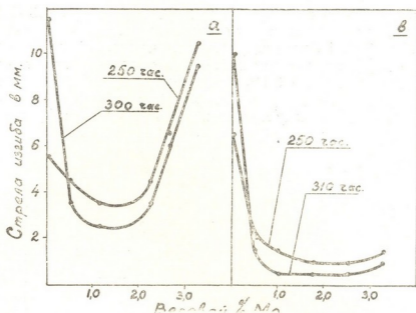


Фиг. 1. Сопротивление деформации при изгибающем напряжении 15 кг/мм² и температуре 700°C хромомарганцевой стали типа 15% Cr—12% Mn—3% Ni—3% Mo в закаленном (1200°C, 5 часов, охлаждение в воде) и стабилизированном (1200°C, 5 часов, охлаждение в воде +700°C, 50 часов) состояниях в зависимости от содержания азота

Очевидно, судя по данным предшествующей [9] и настоящей работы, положительное влияние молибдена на сопротивление деформации при высоких температурах хромомарганцевых азотсодержащих аустенитных сталей намного значительнее при наличии в их составе небольших концентраций никеля (до 3—5%).

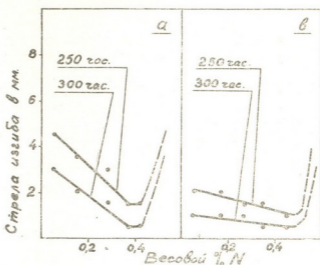
Влияние ниобия и азота (табл. 2) на структуру и свойства хромомарганцевой аустенитной стали изучалось на следующих составах: 1) 15% Cr—12% Mn—3% Ni—0,3% N; 2) 15% Cr—12% Mn—3% Ni—0,3% Nb; 3) 15% Cr—12% Mn—3% Ni—0,5% Nb.

¹ В сплавах, приведенных в этой и во всех последующих таблицах, содержались 0,03—0,05% C; 0,05% Si; 0,02% S и следы P.



Фиг. 2. Сопротивление деформации при изгибающем напряжении 15 кг/мм^2 и температуре 700°C аустенитной хромомарганцевой стали в закаленном (1200°C , 5 часов, охлаждение в воде) и отожженном (1200°C , 5 часов, охлаждение с печью) состояниях в зависимости от содержания молибдена: а) сталь типа 15% Cr—16% Mn—3% N [9]; б) сталь типа 15% Cr—12% Mn—3% Ni—0,3% N

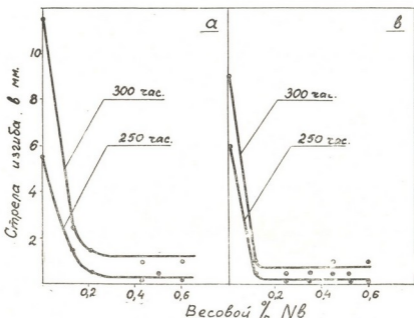
Фиг. 3. Сопротивление деформации при изгибающем напряжении 15 кг/мм^2 и температуре 700°C хромомарганцевой стали в закаленном (1200°C , 5 часов, охлаждение в воде) и стабилизированном (1200°C , 5 часов, охлаждение в воде $+700^\circ\text{C}$, 50 часов) состояниях в зависимости от содержания азота: а) сталь типа 15% Cr—12% Mn—3% Ni—0,3% Nb; б) сталь типа 15% Cr—12% Mn—3% Ni—0,5% Nb



Структура этих сталей состоит из аустенита и избыточной фазы—нитрида ниобия. Нитрид ниобия наблюдается уже в структуре стали, содержащей 0,05% азота, а с дальнейшим увеличением содержания азота количество нитрида пропорционально возрастает.

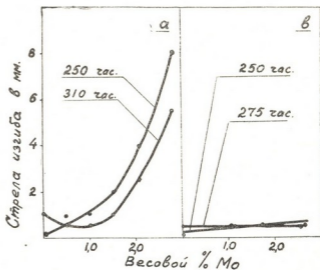
С повышением концентрации азота в сталях, содержащих 0,3% ниобия, сопротивление деформации при 700°C возрастает более заметно, чем в сталях, содержащих 0,5% ниобия (фиг. 3). Судя по этим данным и данным растворимости азота в этих сталях, целесообразно концентрацию азота ограничить 0,3—0,35%.

Влияние ниобия на сопротивление деформации при 700°C (фиг. 4) в случае хромомарганцевых азотсодержащих аустенитных сталей типа $15\% \text{Cr}-12\% \text{Mn}-3\% \text{Ni}$ более эффективно, чем в случае стали типа $15\% \text{Cr}-16\% \text{Mn}$ [9]. Результаты испытания свидетельствуют о том, что при содержании ниобия до $0,1\%$ происходит резкое повышение сопротивления деформации, с дальнейшим же ростом концентрации ниобия сопротивление деформации изменяется намного меньше (фиг. 4.)



Фиг. 4. Сопротивление деформации при изгибающем напряжении 15 кг/мм^2 и температуре 700°C аустенитной хромомарганцевой стали в закаленном (1200°C , 5 часов, охлаждение в воде) и отожженном (1200°C , 5 часов, охлаждение с печи) состояниях в зависимости от содержания ниобия: а) сталь типа $15\% \text{Cr}-16\% \text{Mn}-0,3\% \text{N}$ [9]; б) сталь типа $15\% \text{Cr}-12\% \text{Mn}-3\% \text{Ni}-0,3\% \text{N}$

Фиг. 5. Сопротивление деформации при изгибающем напряжении 15 кг/мм^2 и температуре 700°C хромомарганцевой стали в закаленном (1200°C , 5 часов, охлаждение в воде) и отожженном (1200°C , 5 часов, охлаждение с печи) состояниях в зависимости от содержания молибдена: а) сталь типа $15\% \text{Cr}-16\% \text{Mn}-0,5\% \text{Nb}-0,3\% \text{N}$; б) сталь типа $15\% \text{Cr}-12\% \text{Mn}-3\% \text{Ni}-0,5\% \text{Nb}-0,3\% \text{N}$

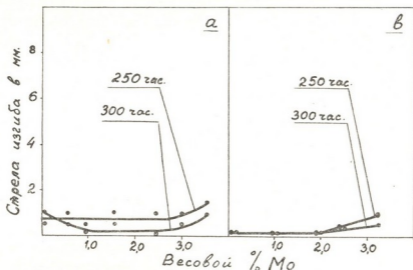


Сопrotивление деформации хромомарганцевых аустенитных сталей (с 3% никеля и без никеля), легированных ниобием, значительно выше, чем сталей, легированных молибденом (фиг. 2 и 4).

В сталях, легированных ниобием, закалка способствует повышению сопротивления деформации, а отжиг, реализующий процесс старения, приводит к его падению (фиг. 4).

Характер влияния термообработки на сопротивление деформации сталей, легированных ниобием, иной, чем сталей, легированных молибденом (фиг. 2 и 4).

Положительное влияние молибдена и ниобия на сопротивление деформации при 700°C хромомарганцевой аустенитной стали хорошо иллюстрируют



Фиг. 6. Сопrotивление деформации при изгибающем напряжении 15 кг/мм² и температуре 700°C хромомарганцевой стали в закаленном (1200°C, 5 часов, охлаждение в воде) и отожженном (1200°C, 5 часов, охлаждение с печью) состояниях в зависимости от содержания молибдена: а) сталь типа 12% Cr—17% Mn—0,5% Nb—0,3% N—0,3% C; б) сталь типа 12% Cr—17% Mn—1% Nb—0,3% N—0,3% C

люстрируют приведенные диаграммы, свидетельствующие, кроме того, о различном влиянии характера термообработки на сопротивление деформации сталей с молибденом и с ниобием (фиг. 2 и 4).

Молибден при содержании выше 0,5% существенно тормозит выделение избыточной—нитридной фазы из аустенита, поэтому в отожженном состоянии эти стали обладают более высоким сопротивлением деформации при 700°C, чем в закаленном состоянии.

Полученные результаты (фиг. 5) по комплексному легированию свидетельствуют о целесообразности совместного легирования молибденом и ниобием хромомарганцевой аустенитной азотсодержащей стали независимо от того, содержит ли она 3% никеля или нет (табл. 3).

В сталях типа 15% Cr—16% Mn, легированных 0,5% ниобия, существенное повышение сопротивления деформации наступает уже при содержании 0,5% молибдена, но зато при содержании его выше 1,5—2,0% в структуре возникает α -фаза. С целью устранения α -фазы в стали ти-

Таблица 2

№ сплавов	Содержание элементов, вес. %				
	Cr	Mn	Ni	Nb	N
1	14,72	12,09	3,0	0,31	0,05
2	15,0	11,72	3,09	0,0	0,15
3	14,85	11,75	2,99	0,25	0,28
4	15,0	11,58	3,06	0,28	0,37
5	15,0	12,0	3,14	0,25	0,42
6	14,85	12,45	2,90	0,25	0,45
7	14,75	11,99	3,0	0,30	0,50
8	14,81	11,72	3,0	0,46	0,04
9	14,49	11,81	3,0	0,49	0,17
10	15,0	11,90	3,09	0,52	0,27
11	14,85	12,20	3,09	0,52	0,5
12	14,85	12,18	3,0	0,48	0,45
13	15,09	12,09	2,90	0,50	0,50
14	14,72	12,18	2,99	0,52	0,55
15	14,90	11,72	3,09	0	0,35
16	14,81	11,63	2,81	0,11	0,35
17	15,0	12,6	2,90	0,25	0,35
18	14,70	11,81	2,99	0,35	0,32
19	14,90	12,09	3,0	0,44	0,30
20	14,72	12,0	3,0	0,52	0,33
21	14,99	11,90	2,99	0,60	0,36

Таблица 3

№ сплавов	Содержание элементов, вес. %						
	Cr	Mn	Ni	Mo	Nb	N	C
1	14,99	16,61		0	0,45	0,29	
2	14,72	16,60		0,5	0,50	0,31	
3	15,09	16,90		1,0	0,49	0,0	
4	14,81	16,72		1,5	0,47	0,27	
5	15,15	17,18		2,1	0,45	0,30	
6	15,0	16,90		2,75	0,45	0,27	
7	14,73	12,0	3,06	0	0,45	0,30	
8	14,81	12,36	3,09	1,13	0,47	0,27	
9	14,73	12,18	2,90	1,8	0,45	0,27	
10	14,90	11,90	3,0	2,63	0,45	0,27	
11	12,09	16,72		0	0,54	0,0	0,25
12	12,25	16,50		0,54	0,45	0,25	0,27
13	11,90	16,90		0,93	0,63	0,27	0,24
14	12,27	16,36		1,54	0,45	0,27	0,30
15	12,90	17,18		2,45	0,47	0,25	0,28
16	12,99	17,50		3,05	0,50	0,31	0,29
17	12,50	17,4		3,54	0,54	0,27	0,27
18	12,21	16,90		0	1,20	0,25	0,0
19	12,0	16,66		0,95	0,90	0,26	0,27
20	12,18	17,3		1,52	0,99	0,29	0,25
21	12,0	17,45		1,99	0,99	0,25	0,27
22	12,0	16,90		2,55	1,07	0,27	0,27
23	12,21	16,90		3,33	1,11	0,27	0,27

ча 15% Cr—16% Mn содержание хрома было снижено до 12—13%, а концентрация углерода повышена до 0,2—0,3%. В результате α -фаза в структуре этих сталей возникает при концентрациях молибдена не менее 3,5% (фиг. 6, а). Увеличение концентрации ниобия до 0,90—1,20%, в свою очередь, существенно повышает сопротивление деформации хромомарганцевой стали, но при этом α -фаза образуется уже в интервале 2,5—3,0% молибдена (фиг. 6, в).

Выводы

1. Молибден вплоть до появления в структуре α -фазы существенно повышает сопротивление деформации при высоких температурах аустенитной хромомарганцевой стали с азотом.

2. Влияние молибдена на сопротивление деформации при 700°C азотсодержащей аустенитной хромомарганцевой стали более эффективно в присутствии 3—5% никеля.

3. Ниобий намного больше, чем молибден, повышает сопротивление деформации хромомарганцевой аустенитной стали с азотом. При этом эффективность его в присутствии никеля намного значительнее.

4. Наиболее эффективным с точки зрения механических свойств и сопротивления деформации при высоких температурах следует считать совместное легирование ниобием и молибденом аустенитной азотсодержащей хромомарганцевой стали, не содержащей ниобия или же содержащей 3—5% его.

5. Понижение концентрации хрома до 12—13% обеспечивает при $(C+N)=0,4—0,6\%$ и 16—18 Mn в хромомарганцевой стали без никеля, содержащей совместно до 2—3% Mo и до 0,5—1,2% Nb, полностью аустенитную структуру и одновременно высокие механические свойства как при комнатной, так и при высоких температурах.

6. В аустенитной хромомарганцевой стали типа 15% Cr—12% Mn—3% Ni, содержащей по 0,2—0,3% азота и углерода, совместное легирование молибденом до 2—3% и ниобием до 0,5—1,2% обеспечивает высокие механические свойства как при комнатной, так и при высоких температурах.

Грузинский институт металлургии

(Поступило в редакцию 25.6.1966)

მეტალურგია

3. ფირცხალაიშვილი, ა. ნაბიშვილი

ნიკელით, მოლიბდენითა და ნიობიუმით ლეგირებული
აუსტენიტური ქრომომანგანუმისა და ფოლადადის სტრუქტურა და
ზოგიერთი თვისება

რეზიუმე

1. აზოტთან აუსტენიტურ ქრომომანგანუმის ფოლადადებში მოლიბდენი, α -ფაზის სტრუქტურაში გამომჩნეა, შესამჩნევად ზრდის დეფორმაციისადმი წინააღობას მაღალ ტემპერატურებზე;

2. მოლიბდენის გავლენა დეფორმაციისადმი წინაღობაზე 700° -ის დროს, აზოტთან აუსტენიტურ ქრომომანგანუმიან ფოლადებში ნიკელის 3—5% შეცულობისას უფრო ეფექტურია;

3. ნიობიუმი მოლიბდენზე გაცილებით მეტად ზრდის დეფორმაციისადმი წინაღობას აზოტის შემცველ აუსტენიტურ ქრომომანგანუმიან ფოლადებში; მისი ეფექტურობა გაცილებით მნიშვნელოვანია ნიკელის მცირე შეცულობისას;

4. მექანიკური თვისებებისა და მაღალ ტემპერატურებზე დეფორმაციისადმი წინაღობის თვალსაზრისით მეტად ეფექტურად შეიძლება ჩაითვალოს ნიობიუმითა და მოლიბდენით ერთდროული ლეგირება აუსტენიტური ქრომომანგანუმიანი ფოლადებისა, რომლებიც არ შეიცავენ ანდა შეიცავენ მხოლოდ 3—5% ნიკელს;

5. $(C+N)=0,4-0,6\%$ და 16—18% მანგანუმიანი უნიკლო ქრომომანგანუმიან ფოლადებში, რომლებიც შეიცავენ ერთდროულად 2—3%-მდე მოლიბდენსა და 0,5—1,2%-მდე ნიობიუმს, ქრომის კონცენტრაციის შემცირება 12—13%-მდე სრულად უზრუნველყოფს აუსტენიტურ სტრუქტურას და მაღალ მექანიკურ თვისებებს როგორც ოთახის, ისე მაღალ ტემპერატურებზე;

6. 0,2—0,3% აზოტისა და და ნახშირბადის შემცველი 15% Cr—12% Mn—3% Ni ტიპის აუსტენიტური ქრომომანგანუმიანი ფოლადის ერთდროული ლეგირება მოლიბდენით 2—3%-მდე და ნიობიუმით 0,5—1,2%-მდე, უზრუნველყოფს მის მაღალ მექანიკურ თვისებებს როგორც ოთახის, ისე მაღალ ტემპერატურებზე.

დასომავალი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. V. F. Zackey, J. F. Carlson, P. L. Jackson. High Nitrogen Austenitic Cr-Mn Steels. Trans. ASM, 48, 1956, 509.
2. R. Frauks, W. O. Binder, I. Thompson. Austenitic Chromium-Manganese-Nickel Steels Containing Nitrogen. Trans. ASM, 47, 1955, 231.
3. W. W. Дучкасы и др. Высокотемпературный сплав. Патенты США: № 2814563 (26.9.1957); № 2824798 (25.2.1958); № 2949355 (16.8.1960).
4. W. T. De Long. Высокопрочные свариваемые стали. Патент США, № 2789049 (16.4.1957).
5. R. K. Pitler и др. Безникелевый аустенитный жаропрочный сплав. Патент США, № 2948604 (9.8.1950).
6. R. R. MacFarlane и др. Безникелевый аустенитный жаропрочный сплав. Патент США, № 2948004 (9.8.1960).
7. C. M. Hsia. Аустенитные Cr-Mn-C-N стали для работы при высоких температурах. Патент США, № 2909425 (20.10.1959).
8. Ф. Н. Тавадзе, В. А. Пирцхалайшвили, Н. Л. Хуцишвили. Влияние хрома на структуру и свойства азотсодержащих аустенитных хромомарганцевых и хромомарганцевоникелевых сталей. Сообщения АН ГССР, XL:3, 1965, 685.
9. Ф. Н. Тавадзе, В. А. Пирцхалайшвили, Н. Л. Хуцишвили. Влияние молибдена, ниобия и вольфрама на структуру и свойства азотсодержащих аустенитных хромомарганцевых сталей. Сообщения АН ГССР, XLI:1, 1966, 121.



МАШИНОВЕДЕНИЕ

Д. С. ТАВХЕЛИДЗЕ, Г. А. ДЖАБУА

К ВОПРОСУ ВЫБОРА НЕКОТОРЫХ РАЗМЕРОВ ЗВЕНЬЕВ
 ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЧЕТЫРЕХЗВЕННОГО
 МЕХАНИЗМА

(Представлено академиком Р. Р. Двали 1.4.1966)

В нескольких опубликованных нами статьях [1, 2] разобраны основные принципы конструирования пространственных четырехзвенных механизмов и предложены методы их анализа. При решении вопроса синтеза этих механизмов большое значение имеет определение длины звеньев, дающей требуемое движение ведомого звена.

Оказалось, что небольшое изменение длины звеньев механизма вызывает резкое изменение закона движения ведомого звена.

Представим четырехзвенный пространственный механизм в двух плоскостях проекции следующим образом (рис. 1): вертикальную плоскость совместим с направлением оси конуса, тогда конус $k_0 D k_0$ спроектируется в виде треугольника $k'_0 a' k'_0$, а траектория точки B на вертикальной плоскости даст прямую линию $b'_1 a' b'_1$. На горизонтальной плоскости конус даст окружность $k_0 d k_0$, а траектория точки B спроектируется в виде эллипса $b_1 b_3 b_5 b_7$ с осями $b_3 b_7 = 2 AB$ и $b_1 b_5 = 2 AB \cos \varphi$. Расположение точки B_1 таково, что точки d и b_1 на горизонтальной плоскости совпадают. Опустим из точки b'_1 перпендикуляр на образующую конуса $d' k'_0$ и натуральную длину шатуна возьмем равной $L = b'_1 k'_1$ (когда точка B_1 совпадает с осью конуса и требуется повернуть звено AB на угол, равный 2π , длину шатуна следует брать равной $b'_1 k'_1$). Делим траекторию точки B на восемь равных частей и, зная длину шатуна, находим соответствующие образующие конуса.

В пространстве для разных положений механизма треугольник DBC представляет собой прямоугольный треугольник, в котором один катет $BC=L$ не зависит от положения механизма, а гипотенуза DB и другой катет DC зависят от него. Для каждого положения точки B определим натуральную длину отрезка (гипотенузы) DB . Для этого из точки d' (на рис. 1 точки d и d' совмещены) радиусом, равным $d' b'_1$; $d' b'_2$; $d_1 b'_3$; ..., засекаем оси проекции xx и получаем точки f_1 ; f_2 ; f_3 ; f_4 и f_5 . Из точек f_2 ; f_3 и f_4 (f_1 и f_2 для данной схемы совмещены на ось $x-x$) прово-

дим вертикальные, а из точек $b_2; b_3; b_4; b_6; b_7$ и b_8 —горизонтальные линии. При пересечении соответствующих линий получаем точки $h_2; h_3; h_4; h_6; h_7$ и h_8 . Тем самым находим искомые расстояния (DB) в виде отрезков $d'h_1, d'h_2, d'h_3; \dots$. Из точки d' описываем дуги окружностей радиусами df_1, dh_2, ah_3, \dots , представляющими собой гипотенузы треуголь-

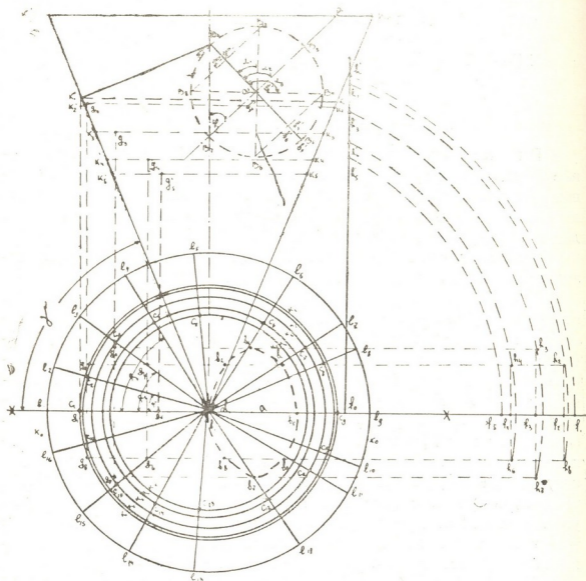


Рис. 1

ников в каждом положении. На оси $x-x$ откладываем длину шатуна $df_0=L$, проводим перпендикуляр последнего, находим для каждого треугольника длину второго катета для каждого положения точки B в виде отрезков $f_0h'_1, f_0h'_2, f_0h'_3, f_0h'_4$ и $f_0h'_5$, которые откладываем на образующей конуса $d'k'_r$, и получаем $d'k'_1=f_0h'_1; d'k'_2=f_0h'_2; \dots$

Проводим в точках k'_1 , k'_2 , k'_3 , k'_4 и k'_5 плоскости, параллельные оси проекции $x-x$, дающие на горизонтальной плоскости окружности k_1dk_1 ; k_2dk_2 ;...

На чертеже наглядно показана зависимость длины шатуна df_0 от длины соответствующей образующей $f_0h'_1$, $f_0h'_2$,...

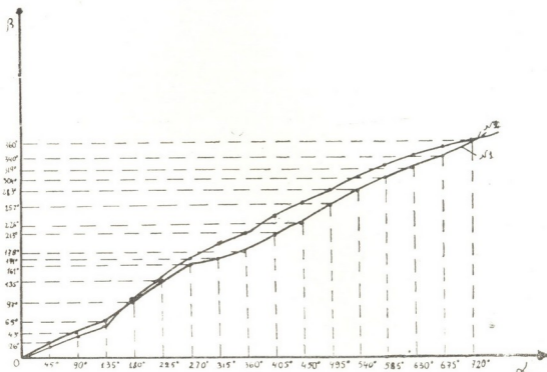


Рис. 2

Теперь нужно решить вторую часть задачи: в частности, известны положения точки B ($b_1b'_1$, $b_2b'_2$...), в которой находится один конец шатуна, и окружности (k_1dk_1 , k_2dk_2 ...), на которой находится второй конец шатуна BC , и надо найти положение звеньев в двух проекциях. Для этого из точек b'_1 , b'_2 , b'_3 , b'_4 и b'_5 радиусом, равным L , засекаем проекции окружностей $k'_1k'_1$, $k'_2k'_2$... и находим точки g'_1 , g'_2 , g'_3 , g'_4 и g'_5 , из которых опускаем вертикальные линии, и одновременно из точек b_1 , b_2 , b_3 , b_4 ... проводим горизонтальные линии. При пересечении соответствующих лучей находим точки g_1 , g_2 , g_3 ,..., затем из точек b_1 , b_2 , b_3 ... радиусом, равным b_1g_1 , b_2g_2 , b_3g_3 ,..., засекаем соответствующие окружности k_1k_1 , k_2k_2 , k_3k_3 ,... и находим точки c_1 , c_2 , c_3 ... При данном расположении звеньев получаем симметричный механизм, т. е. точки b_2 и b_8 , b_3 и b_7 , b_4 и b_6 находятся на окружности одинакового радиуса и на одинаковых проекциях шатуна. Соединив точки c_1 , c_2 ,... с центром окружности d , получим поворот образующей конуса на соответствующих положениях.

При рассмотрении различных схем механизмов мы получили разнообразные движения ведомого звена при одинаковом движении ведущего звена, изменяя лишь незначительно длину шатуна или относительные расположения ведущего и ведомого звеньев. Так, например, на представленной схеме, когда одна из точек (в нашем случае точка B_1) траектории ведущего звена совпадает с осью конуса или находится вблизи от нее, получаем двухкривошипный механизм, причем при равномерном движении и при двух полных оборотах ведущего звена AB ведомое звено DC делает один полный оборот и вращается почти равномерно.

До настоящего времени такие пространственные механизмы не были известны. В плоских механизмах такая схема называется ромбом или механизмом Галловея. В четырехзвенных механизмах она получается в том случае, когда попарно соседние звенья имеют одинаковые длины, причем в стойку обращено наименьшее звено. Плоский механизм Галловея обладает тем недостатком, что, когда все четыре звена вытягиваются в одну линию, механизм имеет неопределенное движение.

На указанный механизм Галловей получил патент в 1845 г., схема этого механизма помещена почти во всех справочниках и учебниках по теории механизмов и машин и, как правило, с указанием ее недостатка. Из-за этого недостатка механизм Галловея не нашел применения на практике. Кроме того, на кинематику механизма Галловея почти не влияют размеры звеньев.

Найденный нами механизм имеет значительные преимущества по сравнению с другими существующими механизмами. В частности, во-первых, можно сконструировать механизм без наличия мертвого положения, во-вторых, подбором соотношения длин звеньев четырехзвенного пространственного механизма с одной поступательной парой возможно получить при одинаковом законе движения ведущего звена разные законы движения ведомого звена, в-третьих, механизм можно использовать для передачи движения в пространстве, когда нужно уменьшить число оборотов валов в 2 раза.

Как было отмечено, когда одна из точек (B_1) траектории точки B совпадает с осью конуса (рис. 1), этот механизм аналогично механизму Галловея превращается во вращательную пару, если он не выводится из мертвого положения дополнительным приспособлением. Но, если траектория точки B не совпадает с осью конуса и ближайшая точка траектории находится от оси на расстоянии 5—10 мм, механизм не имеет мертвого положения и работает нормально. Так, например, в действующей модели это расстояние равно 6 мм и механизм не имеет мертвого положения.

Если представить этот механизм в двух проекциях, на вертикальной плоскости проекции ось конуса и точка b'_1 совместятся, а на гори-

горизонтальной плоскости точка b_1 будет находиться от точки d на некотором расстоянии (длина шатуна взята равной $L=45$ мм).

Если оставить все размеры неизменными и увеличить или уменьшить длину шатуна на 10 мм, механизм уже не будет иметь два кривошипа, т. е. полностью изменится характер передачи движения.

В этом механизме угол наклона образующей конуса по отношению к горизонтальной плоскости $\gamma=66^\circ$, длина кривошипа $AB=20$ мм, угол φ между осями кинематических пар A и D равен 45° , длина шатуна $L=45$ мм. Если для нескольких положений точки B найти положение образующей по вышеуказанному способу и построить кривую зависимости между углами (α и β) поворота ведущего звена AB и ведомого звена DC (первая кривая на рис. 2), то можно определить зависимость между угловыми скоростями звеньев AB и DC .

Если несколько изменить угол наклона образующей, взять $\gamma=60^\circ$ и сообразно $L=53$, оставить все остальные размеры механизма прежними, то при аналогичном построении получится вторая кривая на диаграмме (рис. 2).

Сравнивая эти кривые, заключаем, что при изменении размеров звеньев механизма и угла наклона образующей γ можно получить желаемую зависимость между углами α и β , причем при всех размерах будут совпадать значения углов, когда $\alpha=360^\circ$, $\beta=180^\circ$, и когда $\alpha=2 \times 360^\circ$, $\beta=360^\circ$.

Грузинский политехнический
институт
им. В. И. Ленина
Тбилиси

(Поступило в редакцию 20.9.1966)

მანქანათმშენებლობა

დ. თაყაიშვილი, ზ. ჯაბუა

სივრცითი ოთხბოლა მექანიზმებში რბოლების ზოგიერთი
ზომის შერჩევის საკითხი

რეზიუმე

შრომაში განხილულია სივრცითი ოთხბოლა მექანიზმი ერთი წინსვლითი უკუმოდრობის კინემატიკური წყვილით. დამუშავებულია მექანიზმის რბოლების მდგომარეობის აგების გამარტივებული წესი, რომლის გამოყენებით ადვილად შეიძლება დავადგინოთ მექანიზმის ცალკეული პარამეტრების ცვალებადობის გავლენა მის კინემატიკაზე.

ამ ტიპის მექანიზმების შესწავლით დადგენილია, რომ მექანიზმის პარამეტრების მნიშვნელობათა გარკვეული დამოკიდებულებისას მიიღება მოძრაობა

ბის ახალი გადამცემი მექანიზმები, როცა წამყვანი რგოლის ორ სრულ ბრუნს (თავისი ღერძის ირგვლივ) შეესაბამება ამჟამინდელი რგოლის ერთი სრული ბრუნის განხორციელებულია ასეთი მექანიზმის მოქმედი მოდული და აგებულია ამჟამინდელი და ამჟამინდელი რგოლების შემობრუნების კუთხეების დამოკიდებულების გრაფიკი.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. D. C. Tavheliძე. Некоторые вопросы кинематического анализа четырехзвенных пространственных механизмов. Сообщения АН Грузинской ССР, XXXIII:2, 1964.
2. D. C. Tavheliძე. Исследование пространственных четырехзвенных механизмов. Изд. „Подна“, 1960.



АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

М. В. КАДЖАРОВ

НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОДА В
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ, РАБОТАЮЩИХ ПО МЕТОДУ
ПРОСТРАНСТВЕННОГО КОДИРОВАНИЯ БЕЗ
ФИЗИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КОДА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 17.5.1966)

Основным элементом аналого-цифровых преобразователей, работающих по методу пространственного кодирования является физический носитель кода, который несет на себе информацию в виде определенных геометрических конфигураций, изображающих числовые значения дискретных приращений исходной функции. При изменении величины переменной (перемещение физического носителя кода) происходят считывание чувствительных элементов схемы и формирование кода. Наличие физического носителя кода ограничивает быстродействие и усложняет схему и конструкцию преобразователей этого типа.

В предлагаемом методе преобразования непрерывных величин в дискретные отсутствует физический носитель кода, а его роль выполняет электронная схема, обладающая большим быстродействием и помехоустойчивостью.

При проектировании и построении преобразователей без физического носителя кода необходимо предварительно установить способ разрядообразования, согласно логике которого строится электронная схема, следящая за изменением переменной, и в пределах разрешающей способности системы преобразования на выходе схемы формируется код, однозначно соответствующий квантованным значениям переменной.

При предлагаемом методе разрядообразования преобразуемая величина разворачивается в пространстве в последовательный числовой ряд и каждому члену ряда присваивается соответствующий код. При изменении переменной имеют место определенные воздействия на чувствительные элементы, установленные в контролируемых точках, в результате опроса которых посредством устройства считывания происходит формирование двоичного кода (разрядообразование).

Для формирования сигнала в код члены числового ряда (порядковые номера контролируемых точек) предварительно распределяются по разрядам кода и в пределах каждого разряда подразделяются на способствующие образованию „1“ или „0“ в позиции соответствующего разряда в коде.

Кроме ранее предложенных автором способов разрядобразования числового ряда [1], в данной работе предлагаются графический и аналитический методы, позволяющие произвести разрядобразование двоичного кода для построения электронной следящей системы преобразования непрерывных величин в дискретные.

Графический метод заключается в следующем.

Если навить плоские спиральные витки вокруг точки пересечения прямых, число которых равно основанию двоичного кода, и точки пересечения кривой с прямыми последовательно пронумеровать, то в плоскости построения графика получится своеобразное „кодовое поле“ (рис. 1), где пересекающиеся прямые станут осями разложения по разрядам кода порядковых номеров контролируемых точек (членов числового ряда).

Распределение порядковых номеров разрядов кода по осям разложения определяется следующим образом. Номер разряда, приходящийся на первую ось разложения, с которого начинается отсчет, определяется выражением $2a-1$. Номер разряда, относящийся ко второй полуоси второй оси, — выражением $2a$, где a — порядковый номер разложения.

Таким образом, на оси, с которой начинается спираль, располагаются члены числового ряда, относящиеся к первому разряду, причем слева от начала отсчета располагаются члены ряда, образующие „1“ в разряде, а справа — „0“ в разряде.

На второй оси расположатся члены числового ряда, относящиеся к остальным разрядам, причем на первой полуоси второй оси, по ходу счета, расположатся члены ряда, относящиеся ко второму разряду, а на второй полуоси — члены оставшихся разрядов. Члены второго разряда, расположенные на первой полуоси второй оси, по выдаче разрядной информации (образование „1“ или „0“ в разряде) чередуются, причем первый член на оси способствует образованию „1“ в позиции второго разряда в коде. Номера членов ряда, оказавшихся на второй полуоси, подлежат последующему разложению по спирали.

При последующих разложениях распределение порядковых номеров разрядов по осям разложения и установление знака выдаваемой информации в пределах каждого разряда производятся, как при первом разложении.

При графическом методе для однозначного распределения членов числового ряда по разрядам кода приходится производить последовательные разложения, поэтому при разрядобразовании по этому методу

необходимо предварительно установить количество разложений и число витков спирали в каждом разложении.

Для этого данное число A предварительно округляется до ближайшей целой степени основания кода ($A \rightarrow A_2 = 2^n$), а затем A_2 последовательно делится на количество полуосей разложения, при этом число произведенных последовательных операций деления дает представление о количестве разложений, а частные от деления—соответственно о числе витков в каждом разложении. В разложении должно участвовать число, определяемое выражением $A_p = 2^n - 1$.

Например, если количество контролируемых точек (число членов ряда) равно 12, то ближайшее число, соответствующее целой степени основания кода, будет $16 = 2^4$. Следуя вышеуказанному, производя последовательные деления, получаем табл. 1.

Таблица 1

Номер разложения	Последовательные деления	Количество витков в разложении
1	16:4	4
2	4:4	4

Таблица 2

Разряды кода							
1		2		3		4	
„1“	„0“	„1“	„0“	„1“	„0“	„1“	„0“
1	3	2	6	4	12	8	
5	7	10	14				
9	11						
13	15						

Согласно табл. 1, при разрядообразовании необходимо произвести два разложения, причем в первом будет четыре витка, а во втором— один (рис. 1).

В разложении должно участвовать число, равное $A_p = 2^n - 1 = 15$.

Результат приведенного разложения с учетом образования „1“ или „0“ в разрядах сведен в табл. 2.

При графическом методе разрядообразования был известен диапазон изменения переменной (количество контролируемых точек или число членов числового ряда), а следовательно, и порядок разрядов кода, и надо было произвести соответствующее распределение.

Представляет интерес по любому заданному порядковому номеру члена числового ряда определить принадлежность его соответствующему разряду кода и установить для него знак разрядной информации (образование им „1“ или „0“ в разряде).

Для этого данное число A необходимо представить в виде

$$A = \sum_{i=0}^{i=n-1} K_i 2^i \quad (K_i = 1 \text{ или } 0)$$

или

$$A = K_{n-1} 2^{n-1} + K_{n-2} 2^{n-2} + \dots + K_2 2^2 + K_1 2^1 + K_0 2^0, \quad (1)$$

после чего номер разряда, к которому относится число A , определится следующим образом:

$$N_A = i_j + 1, \quad (2)$$

где i_j — показатель степени наименьшего разряда в разложении с коэффициентом $K = 1$.

Знак же разрядной информации для данного числа A определится следующим образом.

Если в двоичной форме записи числа A , считая справа (от младшего разряда), после первой „1“ стоит опять „1“ (т. е. встречается комбинация 11) то число образует „0“ в разряде, если же после первой „1“ стоит „0“ (комбинация 01), то число A образует „1“ в разряде.

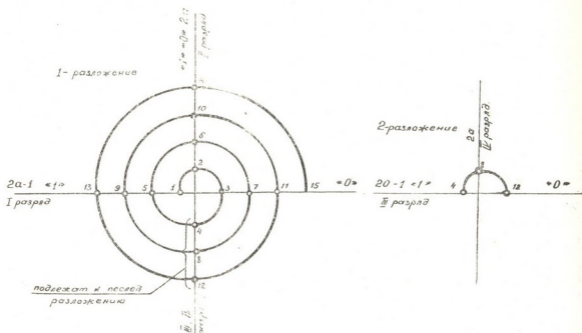


Рис. 1. Разложение членов числового ряда по спирали

Для уяснения вышеприведенных положений рассмотрим пример $A = 12$, определим номер разряда, к которому это число относится и знак разрядной информации.

Согласно выражению (1) для данного числа A можно написать

$$12 = \sum_{i=0}^{i=3} K_i 2^i = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0.$$

Согласно же выражению (2) N_{12} определится в следующем виде:

$$N_{12} = i_j + 1 = 3.$$

Таким образом, число 12 (1100) относится к третьему разряду и способствует образованию „0“ в позиции своего разряда в процессе кодообразования.

В случае, когда кодообразование происходит по двоичному рефлексному коду, разрядные кодирующие ячейки, служащие для практической реализации разрядообразования имеют две цепи управления—цепь образующая запись „1“ в разряде, и цепь, образующая „0“ в разряде [2].

Каждая цепь управления составляется через чувствительный элемент, порядковый номер которого является одним из членов числового ряда, полученного после квантования переменной.

В процессе формирования кода члены числового ряда объединяются попарно для подключения их к кодирующим ячейкам.

Если по вышеприведенным положениям для данного члена ряда A определены номер разряда и знак разрядной информации, то легко найти номер члена ряда, работающего с данным числом в паре в цепях управления кодирующей ячейки, при этом могут быть два случая.

1. Известен номер члена ряда $A_{,1^*}$, через который в кодирующей ячейке составлена цепь управления, образующая запись „1“ в разряде, и необходимо найти номер члена ряда $A_{,0^*}$, подключенного к той же кодирующей ячейке, но образующего „0“ в разряде кода. $A_{,0^*}$ определяется следующим образом:

$$A_{,0^*} = A_{,1^*} + 2^k,$$

где k —номер разряда данного числа $A_{,1^*}$.

2. Известен номер члена ряда $A_{,0^*}$, через который в кодирующей ячейке составлена цепь управления, образующая „0“ в разряде кода, и необходимо найти число $A_{,1^*}$:

$$A_{,1^*} = A_{,0^*} - 2^k,$$

где k —номер разряда данного числа $A_{,0^*}$.

Предлагаемая методика построения преобразователей позволяет избежать многократное преобразование информации при переходе от непрерывной формы к дискретной и обеспечивает формирование сигналов высокого уровня, что является важной задачей в системах преобразования и используется в машине централизованного контроля и управления, разработанной в проблемной лаборатории автоматики и вычислительной техники Грузинского политехнического института им. В. И. Ленина.

Грузинский политехнический институт

им. В. И. Ленина

(Поступило в редакцию 17.5.1966)

ა. კაჯაროვი

ბარდამსახეზში კოდის ფორმირების ზოგიერთი საშუალება,
 რომელიც მუშაობს სივრცული კოდირების მეთოდით
 კოდის ფიზიკური წარმოდგენის ბაზაზე

რეზიუმე

შრომაში მოყვანილია გრაფიკული და ანალიზური მეთოდები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან ორობითი კოდის თანრიგების წარმოშობის ელექტრონული მეტეალყურე სისტემის გარდაქმნის აგებისათვის.

გარდამსახეზის აგების წარმოდგენილი მეთოდი საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ ინფორმაციის ფორმის მრავალჯერ გარდასახვა უწყვეტი სიდიდეებიდან დისკრეტულში გადაყვანისა და უზრუნველყოფს მაღალი ღონის სიგნალების ფორმირებას გარდამსახის გამოსასვლელზე.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. В. Каджаров. Анализ работы преобразователей, работающих по методу пространственного кодирования без физического представления кода. Сообщение АН ГССР, XXXI: 2, 1963.
2. М. В. Каджаров. Бесконтактная телемеханическая система ТУ-ТС-ТИ. Госинти, № 29—63—534/7, 1963.

Н. А. МАРГАЛИТАДЗЕ

ИСТОРИЯ ЛЕСОВ ДАБАДЗВЕЛЬСКОГО ПЛАТО В ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА

(Представлено академиком Н. Н. Кецохели 14. 3. 1966)

Вулканическое плато Дабадзвели расположено в северо-западной части Триалетского хребта (Малый Кавказ) на высоте 1800 м н. у. м. Самая широкая часть (SW—NE) его достигает 14 км. По геоморфологическим и петрографическим данным, Дабадзвельское плато плиоценового возраста. Оно расположено на осадочных и вулканогенных породах палеогена [1—4]. Лавовый поток, создавший плато, занимает русло палеореки, имеет общий наклон к северу, а также от центра к периферии. Дренаруется оно небольшой р. Чобихеви и притоками р. Боржомки, которые образуют довольно глубокие ущелья по краям плато, а также между плато и палеогеновыми осадками. Плато сложено из чередующихся слоев андезитовых лав и лапиллей. Поверхность его неровная, холмистая. В котловинах расположены озера и торфяники. Большая часть плато и соседних склонов покрыта лесом, в основном еловым и сосново-еловым, с незначительной примесью пихты, бука, граба, дуба, клена, березы и других лиственных пород. Свободные от леса площади заняты послелесными лугами.

С целью спорово-пыльцевого анализа нами было пробурено два торфяника: Гомнис-тба и Церос-тбис-чаоби.

Гомнис-тба представляет собой озеро, расположенное в котловине площадью примерно в 2 га, окруженной еловым лесом. С одной стороны к озеру спускается заторфованный участок из осоково-гипсового торфа, на котором растут осоки *Carex lasiocarpa* и *C. diandra*. К ним примешивается *Comarum palustre*, *Menianthes trifoliata* и др. Из зеленых мхов преобладают представители рода *Calliergon*. Ближе к озеру торф покрывается *Sphagnum subsecundum*. Вокруг озера бордюром растет *Equisetum heleocharis*. Водная поверхность покрыта *Potamogeton natans* и *Utricularia vulgaris*.

Нами был пробурен шурф глубиной 9,5 м. Его верхняя толща (4,5 м) состоит из осоково-гипсового торфа, за ней следуют серые озёрные глины.

Спорово-пыльцевые данные этого разреза представлены на диаграммах 1 и 2.

В нижней толще разреза (9,5—5 м) травянистой пыльцы (НР) 90%, древесной (АР) же не более 2—3%. В верхних слоях древесной гыльцы 50—80%, травянистой 15—30%.

По соотношению древесных пород в разрезе можно различить три горизонта: нижний (9,5—5,5 м), в котором преобладает пыльца сосны, пихты и ели, а широколиственные породы встречаются спорадически (не более 2—3%); средний горизонт (5,5—2 м), в котором преобладает пыльца бука, граба, дуба, ильма, липы, орешника и все еще много пыльцы пихты; верхний горизонт (2—0 м), в нижних слоях которого много бука, в верхних же преобладает ель и сосна.

Из травянистых растений пыльца злаков во всем разрезе представлена в среднем в количестве 20%. Осоки в нижней половине разреза встречаются спорадически и в малом количестве, в верхней их 30—50%, что соответствует процессу торфонакопления. Пыльцы сложноцветных в нижних слоях разреза намного больше (20—40%), чем в верхних (5%). Пыльнь в нижней части разреза встречается спорадически, в верхней ее несколько больше (5%). Пыльцы маревых по всей толще разреза имеется не более 5—10%.

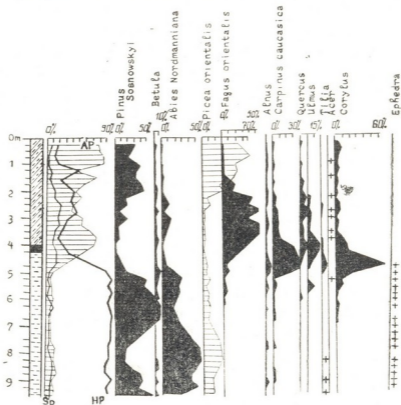


Диаграмма 1 (условные обозначения к диаграммам: 1—травянистая пыльца, 2—древесная пыльца, 3—споры, 4—осоково-глинистый торф, 5—сфагновый торф, 6—сильно разложившийся торф, 7—озерные глины)

В отрезке от 9,5 до 5 м систематически встречаются споры *Botrychium* и *Orphioglossum*. Споры семейства *Polypodiaceae* представлены единично (последних намного больше в верхней половине разреза). На глубине 4,75 и 5,25 м есть споры *Polypodium vulgare*.

В отложениях от 9,5 до 4,75 м постоянно встречается пыльца *Ephedra*.

На мезотрофном торфянике Церост-бис-чаоби был пробурен шурф глубиной 11,5 м. От 5 до 7 м бур провалился, поэтому в разрезе получился двухметровый интервал. Верхняя 11-метровая толща представляет собой сфагновый торф, ниже следуют серые озерные глины.

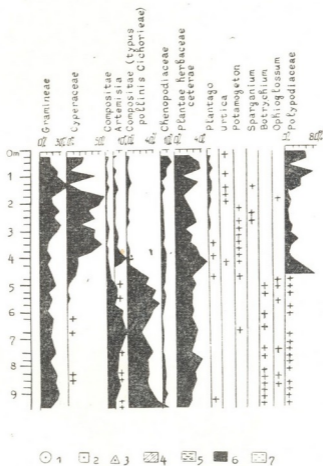


Диаграмма 2

Торфяник расположен в котловине площадью примерно 2 га и имеет к середине несколько выпуклую форму. На нем произрастают осоки, среди которых доминирует *Carex lasiocarpa*. К ней примешаны *Molinia cerulea*, *Eriophorum vaginatum*. Много также *Potentilla erecta*. Из сфагнов преобладают *Sphagnum palustre* и *Sph. centrale*. Котловина окружена еловым лесом. По краям торфяника произрастают угнетенные экземпляры сосны.

Спорово-пыльцевые данные этого разреза представлены на диаграммах 3 и 4.

На глубине 11,5 м количество пыльцы древесных пород составляет 2%, травянистой — 90%. Во всей верхней толще разреза преобладает древесная пыльца (40—80%).

По соотношению пыльцы древесных пород в этом разрезе, так же как и в предыдущем, можно выделить три различных горизонта. Са-

мый нижний—на уровне 11,5 м. Здесь пыльцы сосны 70%. Достаточно много пихты (15%). Ели не более 5%. Пыльца широколиственных пород не превышает 2—3%. Орешник составляет 18%. Слой от 10,60 до 4,50 м отличаются обилием пыльцы широколиственных пород и орешника, кривые которых достаточно резко выступают на уровне 10,75—11,10 м. Количество сосны в этих слоях падает до 10%, несколько выше оно увеличивается до 30—40% и держится во всей толще на таком уровне. В этом горизонте количество пихты равняется 10%. Кривая пыльцы ели отражает постепенное увеличение ее количества. Верхний горизонт охватывает слой от 4,50 м до поверхности. Здесь, наряду с сильным уменьшением количества широколиственных пород и пихты, последовательно увеличивается количество ели.

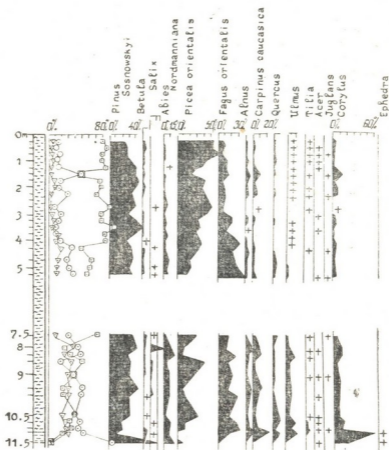


Диаграмма 3

В нижних слоях торфа пыльца злаков меньше (в среднем до 20%), чем в верхних слоях (в среднем 30—40%). Пыльца осок мало (0,5%) на уровне 11,5 м, в вышележащих слоях количество ее увеличивается до 70% и держится на данном уровне во всей толще торфа, за исключением верхнего двухметрового отрезка, где количество ее падает до 10%. Обилие пыльцы осок в толще торфа, так же как и в разрезе Гомнис-тба, соответствует периоду торфонакопления. Пыльца сложноцветных на глубине 11—11,5 м равняется 20—30%, в вышележащих слоях она встречается спорадически и в малом количестве. Коли-

чество пыльцы и маревых незначительно меняется по всему разрезу. Суммы пыльцы остальных травянистых растений колеблется в пределах 20—30%.

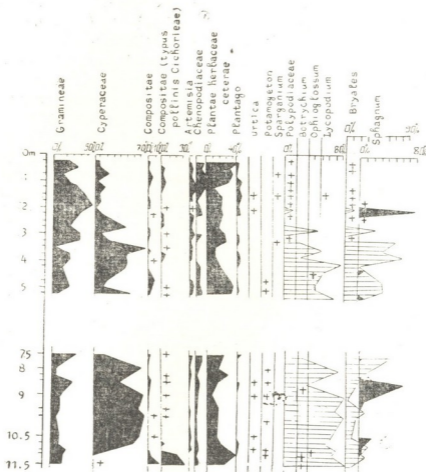


Диаграмма 4

На уровне 11—11,5 м встречаются споры *Botrychium* и *Ophioglossum*. Споры семейства *Polyodiaceae* в разрезе представлены в количестве 40—80%, за исключением верхних слоев торфа, где их не более 0,5%. Сфагнов много (20—70%) на глубине 10,5; 8,75 и 2,25 м.

На глубине 11,10—11,5 м присутствует пыльца *Ephedra*.

Те слои исследуемых разрезов, в которых преобладает пыльца широколиственных пород, относятся нами к среднему голоцену [5, 6]. В таком случае, нижележащие слои будут относиться к раннему, а верхние к позднему голоцену.

По спорово-пыльцевым данным исследуемых разрезов, развитие лесной растительности Дабадзвельского плато за послеледниковое время представляется нам в следующем порядке.

В раннем голоцене в растительном покрове исследуемого района преобладали травянистые фитоценозы. Как известно [7], во время вюрмского оледенения граница вечного снега на Малом Кавказе проходила на 700—800 м ниже современной. Соответственно были сдви-

нуги и другие ландшафтные пояса. Таким образом, исследуемая территория в раннем голоцене еще могла находиться в поясе субальпийских лугов. По составу травянистых спектров, где в большом количестве представлена пыльца злаков и разнотравья (с постоянным присутствием семейств *Dipsacaceae*, *Geraniaceae*, *Umbelliferae*), всегда обнаруживаются споры *Botrychium* и *Ophioglossum*, а иногда и *Polypodium vulgare*, можно допустить существование субальпийской луговой и альпийской растительности.

Широкое распространение вулканических пород способствовало развитию скально-осыпной и наскально-ксерофитной растительности, на что указывает постоянное присутствие в спектрах этого периода пыльцы *Ephedra*, а также обилие пыльцы сложноцветных.

Верхняя граница леса на исследуемой территории должна была проходить на высоте 1700 м н. у. м., но она, возможно, проходила и ниже из-за своеобразных климатических условий плато. Лесная растительность окрестностей плато главным образом состояла из сосновых и елово-пихтовых лесов, с незначительной примесью бука, граба и других лиственных пород. Верхний пояс лесов образовывали сосна, береза, ива. Пыльца последних в значительном количестве встречается в раннеголоценовых спектрах, разреза, расположенного недалеко от Дабадзельского плато.

В связи с постепенным нарастанием тепла в конце раннего голоцена ландшафтные пояса в исследуемом районе начали перемещаться вверх и лесная растительность стала быстро заселять Дабадзельское плато. Из лесных пород широко распространились бук, граб, дуб, ильм, липа, орешник. Последний при соответствующих температурных условиях мог интенсивно заселять свободные от лесной растительности склоны. Как показывают спектры, поднятие поясов и распространение лесной растительности шло быстро. Кульминации отдельные широколиственные породы достигали за сравнительно короткое время, уменьшение же их участия в лесной растительности в последующие фазы происходило постепенно.

Широкое распространение этих пород в среднем голоцене указывает на то, что пояс смешанных широколиственных лесов находился на 300—400 м выше современного. Северные склоны занимали буковые, возможно, и пихтовые леса (пихта обильно представлена в среднеголоценовых спектрах всех разрезов северо-западной части Тriaлетского хребта). Южные склоны занимали дубово-грабовые леса.

В растительном покрове этого периода значительно уменьшаются, а возможно, и вовсе исчезают скально-ксерофитные группировки, на что указывает исчезновение из спектров пыльцы *Ephedra*, а также значительное уменьшение количества пыльцы сложноцветных.

В позднем голоцене в связи с общеклиматическими изменениями—похолоданием и повышением увлажнения участие ряда широколиственных пород в лесной растительности Дабадзельского плато значительно уменьшается. В начале позднего голоцена на исследуемой территории все еще широко распространены буковые леса. Климатические условия позднего голоцена, как известно, являются наиболее подходящими для широкого расселения бука. Однако в силу местных условий климата

высоких плато бук в исследованном районе вскоре начал вытесняться елью, чему, возможно, способствовали также в значительной степени и пелитические факторы. На последних этапах позднего голоцена в лесной растительности Дабадзельского плато устанавливается господство еловых и сосново-еловых лесов с незначительным участием пихты, бука и других лесных пород.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт ботаники

(Поступило в редакцию 16.3.1966)

გობანიკა

ბ. მარბალიტაძე

დაბაძველის პლატოს ტყის ისტორია ჰოლოცენში სპოროვან-მტვროვანი მონაცემების საფუძველზე

რეზიუმე

დაბაძველის ვულკანური პლატო მდებარეობს თრიალეთის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში, 1800 მ ზღ. დ. იგი პლიოცენური ასაკისაა. სპოროვან-მტვროვანი ანალიზის მეთოდით შესწავლილია პლატოზე მდებარე ორი ტორფიანი ქრილები მოიცავს ადრე, შუა და გვიანა პოლოცენის დროს. სპოროვან-მტვროვანი მასალის საფუძველზე პლატოს მცენარეული საფარის განვითარება აღნიშნულ დროში შემდეგნაირად წარმოგვიდგება. ადრე პოლოცენში კლიმატური პირობების გამო პლატო ჯერ კიდევ მოქცეული იყო სუბალპური მდელოების სარტყელში. ტყის მცენარეულობაში ჭარბობდა ფიჭვნარები და ნაძვნარ-სოჭნარები, ფართოფოთლოვან ჯიშთა უმნიშვნელო მონაწილეობით. შუა პოლოცენში დათბობასთან დაკავშირებით ლანდშაფტურმა სარტყელმა ზევით გადაინაცვლეს. დაბაძველის პლატოზე ფართოდ გავრცელდა შერეული ფართოფოთლოვანი ტყეები: წიფლის, რცხილის, მუხის, თელის, ცაცხვისა და სხვათა მონაწილეობით. ამ ჯიშების ფართო გავრცელების საზღვარი 300—400 მ მაღლა გადიოდა დღევანდელთან შედარებით. გვიანა პოლოცენში აცივებასთან დაკავშირებით ამ ჯიშების გავრცელება კვლავ შემცირდა. დაბაძველის პლატოზე გაბატონდა ნაძვნარები და ფიჭვნარ-ნაძვნარები, სოჭის, წიფლის, მუხისა და სხვა ფოთლოვან ჯიშთა უმნიშვნელო მონაწილეობით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Д. Мефферт. Геологический очерк Боржоми и Бакуриани между Карельской долиной Куры и Ахалкалакским лавовым нагорьем. Труды ВГО, вып. 303, 1933.
2. П. Д. Гамкрелидзе. Геологическое строение Аджара-Триалетской складчатой системы. Тбилиси, 1949.
3. Б. А. Клопотовский. Геоморфология и палеогеография центральной части Аджара-Триалетской области. Труды Ин-та географии им. Вахушти АН ГССР, т. VI, 1955.
31. „მომბე“, XLV, № 2, 1967

4. Н. И. Схиртадзе. Постпалеогеновый эффузивный вулканизм Грузии. Тбилиси, 1958.
5. М. И. Нейштадт. О подразделении позднечетвертичной (послевалдайской), или голоценовой, эпохи в СССР и в Европе. Материалы по изуч. четв. пер. СССР, вып. 3, 1952.
6. М. И. Нейштадт. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М., 1957.
7. Л. И. Маруашвили. Целесообразность пересмотра существующих представлений о палеогеографических условиях ледникового времени на Кавказе. Тбилиси, 1956.



РАСТЕНИЕВОДСТВО

А. Г. ГАВАКЕТАШВИЛИ

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНОГО ИСПЫТАНИЯ НОВЫХ ПОДВОЕВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ ХИРСКОГО СОВХОЗА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. М. Хомизурашвили 15.7.1966)

После появления филлоксеры в районах виноградарства в практике широко применяется прививка виноградной лозы на филлоксероустойчивых подвоях.

Ввиду того что подвой винограда в разных экологических условиях ведут себя неодинаково, в виноградарских районах распространились только наиболее подходящие им подвой.

Несмотря на то что в настоящее время имеются сотни подвоев винограда, ни один из них полностью не удовлетворяет предъявляемым им требованиям. Поэтому в США [1], Франции [2], Германии [3], Швейцарии [4] и других зарубежных странах, а также в СССР в Научно-исследовательских институтах садоводства, виноградарства и виноделия Молдавии и Грузии ведется работа по выведению новых подвоев. Однако, как указывает А. М. Негруль [5], работы по селекции филлоксероустойчивых подвоев винограда имеют еще небольшие масштабы.

В Институте садоводства, виноградарства и виноделия Грузии работа по выведению новых подвоев винограда начата в 1950 г. с изучения Д. И. Табидзе и З. Г. Сибашвили ранее полученных межвидовых гибридов винограда. Результаты этого исследования были изложены в работах [6, 7]. Гибридные сеянцы были получены и воспитаны в условиях г. Телави, имеющего нормальные условия для развития виноградарства. В связи с этим выявленные грузинско-американские подвой следовало испытать в сложных экологических условиях, например в условиях Хирского совхоза, где виноградники болеют хлорозом.

Хирский совхоз расположен в Нижней Кахетии, на правобережной части р. Алазани, на юго-востоке от Цнорис-Цхали, на расстоянии 13 км от него.

Климат Алазанской долины, по А. Л. Шатскому [8], приближается к разновидности субтропического климата, от которой он отличается главным образом вторжением холодных арктических масс воздуха с севера, что особенно проявляется в зимние месяцы. Лето во всей Кахетии ясное и жаркое, но особенно жаркое и резко засушливое оно в Нижней Кахетии. Отрицательным балансом влаги характеризуются не только единичные месяцы. Отрицательным является и годовой баланс, что объясняется как недостатком осадков, так и усиленным испарением вследствие повышения температуры и недостаточной отно-

сительной влажности воздуха. Все это неблагоприятно влияет на развитие сельскохозяйственных растений и жизнедеятельность микроорганизмов почвы.

К юго-востоку от Цнорис-Цхали из-за сильной инсоляции при тяжелых засухах и отрицательного баланса влаги летом и частично и осенью в почве восходящие токи воды преобладают над нисходящими, поэтому почвообразовательные процессы направлены по степному типу. Те же климатические особенности способствуют образованию здесь засоленных почв [9].

Почвы Кахетии изучены многими почвоведомы, но наиболее подробное исследование проведено А. О. Саникидзе [9], согласно которому Алазанская долина к востоку от Цнорис-цхали до азербайджанской границы занята в различной степени засоленными почвами. Материнскими породами засоленной части долины являются послетретичные отложения лессовых и пластичных глин, характеризующихся в области наибольшего засоления весьма мелким составом [10]. Обогащение почвогрунтов и вод солями вызвано их выносом сточными водами из выветрившихся соленосных горных пород. По характеру засоления эти почвы хлоридо-сульфатные, причем содержание аниона SO_4 в 3—4 раза больше Cl_2 .

В процессе почвообразования в основном участвует нормальная сода. В грунтовых водах из катионов в больших количествах представлены магний и натрий, в то время как содержание катиона кальция незначительно. Количество магния в несколько раз больше кальция.

В названных почвенно-климатических условиях в 1957 г. был заложен участок первичного сортоиспытания новых подвоев винограда. Испытания проходили 12 новых грузино×американских подвоев: Мцване×Рипария глар № 1, 11, 12, Ркацители×Рипария глар № 2, 14, Ркацители×(Берландиери×Рипария 420а) № 17, 19 Мцване×(Берландиери×Рипария 420а) № 22, 24, 26, 30, Шави хариствала×(Берландиери×Рипария 420а) № 32. Для контроля были взяты семь распространенных в производстве подвоев: Берландиери×Рипария 566, 420а, Шасла×Берландиери 416, Рупестрис Дюло, Рипария×Рупестрис 101-14, 3306 и 3309.

Участок был заложен в двух повторностях, в каждом варианте по 25 кустов, площадь питания $2,15 \times 2,0$ м². Формировка кустов головчатая, нагрузка кустов 15—20 почек, но при нормировке побеги оставались по силе роста кустов. Уход за кустами был такой же, как в совхозе, однако лечение против вредителей и болезней не проводилось.

На этом участке в 1961—1965 гг. были определены степень заболевания подвоев мильдью и хлорозом, степень повреждаемости листовой формой филлоксеры, а также урожайность и качество вызревания годной для прививки древесины (6—12 мм).

Степень заболевания подвоев хлорозом

Вопросом распространения хлороза в Грузии занимались многие ученые, но особенно тщательно изучали его Н. В. Ахвледиани [11], Г. К. Мазанашвили [12], З. Г. Багдасарашвили [13], И. А. Накаидзе [14] и др. Одним из основных мероприятий в борьбе с хлорозом названные авторы считали применение подходящих подвоев ви-

нограда. С этой точки зрения большой интерес представляло изучение степени заболевания хлорозом новых подвоев, определявшейся по пятибалльной системе в которой 1 соответствует заболеванию на 0—5%, а 5—на 75—100%. Результаты проведенной работы приведены в табл. 1, которая показывает, что степень заболевания хлорозом по годам и подвоям меняется: в 1961 и 1964 гг. заболевание хлорозом выявилось к концу лета, а в 1962, 1963 и 1965 гг. отмечалось в течение целого лета. Степень заболевания хлорозом в 1961 и 1965 гг. была слабее, чем в другие годы. Из распространенных подвоев сравнительно устойчивыми оказались Берландиери×Рипария 420а, 566, а из новых подвоев — Ркацители×(Берландиери×Рипария 420 а) № 19 и Мцване (Берландиери×Рипария 420-а) № 26. Из распространенных подвоев более других болели Рипария×Рупестрис 101—14, 3306 и 3309, а из новых подвоев — гибриды Рипария глуар.

Судя по средним данным, подвой хлорозом слабо болели, но, как увидим ниже, кусты постепенно слабели и некоторые из них становились почти неурожайными. Это можно объяснить тем, что корни подвоев достигли материнских пород почвы и те подвой, которые оказались неустойчивыми, перестали расти и ослабли, но сильно не пожелтели. Аналогичное мнение высказано Л. И. Джапаридзе.

Степень повреждаемости листовой формы филлоксеры

Распространение листовой формы филлоксеры в Грузии изучено Л. П. Каландадзе [15], а ее появление и последующее развитие в Грузии — Н. Е. Алексидзе [16]. Поэтому нами была установлена лишь степень повреждения по описанной выше пятибалльной системе.

Таблица 2

Название подвоев	1961 г.	1962 г.	1963 г.	1964 г.	1965 г.	Среднее
Мцв. × Рип. гл. № 1	1,75	3,00	2,00	2,75	2,50	2,40
Ркац. × Рип. гл. № 2	1,75	2,00	2,00	2,50	2,50	2,15
Мцв. × Рип. гл. № 11	2,00	2,25	2,25	2,00	2,25	2,15
" " № 12	2,50	3,50	2,50	2,50	3,25	2,85
Ркац. × Рип. гл. № 14	2,00	2,50	2,00	2,75	3,25	2,50
Ркац. × (Берл. × Рип. 420 а) № 17	1,50	1,75	1,75	1,75	1,75	1,70
" " № 19	2,25	1,50	2,00	2,25	2,50	2,10
Мцв. × (Берл. × Рип. 420 а) № 22	1,25	1,00	1,50	1,50	1,50	1,35
" " № 24	1,25	1,25	2,50	2,75	3,25	2,20
" " № 26	1,50	1,50	2,00	3,00	2,00	2,00
" " № 30	1,25	1,25	2,00	1,50	1,75	1,65
Шави хар. × (Берл. × Рип. 420 а) № 32	1,75	1,00	2,50	2,75	2,75	2,15
Берл. × Рип. 566	2,25	2,50	3,00	3,25	3,25	2,95
" " 420 а	1,50	1,00	2,00	1,75	2,00	1,65
Шасла × Берл. 41 б	1,50	1,00	1,25	1,25	1,00	1,20
Рип. × Руп. 101—14	3,50	4,75	4,75	4,75	4,75	4,50
" " 3.06	3,00	3,00	4,25	3,00	4,00	3,45
" " 3309	3,25	4,50	4,50	4,25	5,00	4,30
Руп. дю-Ло	1,25	1,00	1,75	2,25	1,25	1,50

Результаты проведенной работы приведены в табл. 2, из которой видно, что подвои ежегодно повреждаются листовой формой филлоксеры. Из контрольных подвоев наименее поврежденными оказались Шагла×Берландиери 416, Рупестрис Дюло и Берландиери×Рипария 420а, а наиболее поврежденными — Рипария×Рупестрис 101—14 и 3309. Это положение совпадает с данными Н. Е. Алексидзе и И. Л. Русиашвили.

Грузино×американские подвои оказались слабо поврежденными, особенно Ркацители×(Берландиери×Рипария 420а) № 17, Мцване×(Берландиери×Рипария 420а) № 22 и 30.

Степень заболевания подвоев мильдью

Как известно, на мильдьюустойчивых сортах в благоприятных для развития мильдью условиях на листьях появляются точкообразные или окольцованные черными полосками локализованные мелкие пятна, которые практического значения не имеют, а на неустойчивых сортах появляются большие пятна, покрывающие поверхность листа, в результате чего лист засыхает, гибнет урожай и ослабляется куст.

До 1963 г. на вышеназванных подвоях не было замечено заболевания мильдью, но 1963—1965 гг. были сильно дождливые, что создало благоприятные условия для развития мильдью, которой заболели только листья подвоев винограда. Заболели все подвои винограда, как грузино×американские, так и американско×американские, но последние болели слабее, чем первые. Из грузино×американских подвоев более устойчивыми оказались Ркацители×Рипария глар № 14 и Мцване×(Берландиери×Рипария 420а) № 30.

Урожайность годной для прививки древесины

Как известно, перспективность сельскохозяйственных культур определяется их урожайностью и качеством полученной продукции, а для подвоев винограда урожаем является годная для прививки древесина.

Для определения урожайности годной для прививки древесины по сортам измеряли длину однолетних побегов толщиной 6—12 мм. Результаты проведенной работы приведены в табл. 3, показывающей, что сравнительно хороший урожай годной для прививки древесины подвои дали в 1961 г., когда они полностью оформились и достигли поры лозоношения, а затем стали убавлять, за исключением Берландиери×Рипария 566, Ркацители×(Берландиери×Рипария 420а) № 19, Мцване×(Берландиери×Рипария 420а) № 30 и Шави хариствала×(Берландиери×Рипария 420а) № 32.

По многолетним средним данным, из стандартных подвоев сравнительно высокоурожайным оказался Берландиери×Рипария 566, а из новых подвоев — Ркацители×(Берландиери×Рипария 420а) № 19, Шави хариствала×(Берландиери×Рипария 420а) и № 32 и Мцване×(Берландиери×Рипария 420а) № 30, которые в условиях Хирского совхоза могут обеспечить выполнение плана получения годной для прививки древесины.

Что касается качества вызревания годной для прививки древесины (6—12 мм), то можно отметить, что во всех подопытных подвоях

ежегодно свободно успевает вызревать древесина, так как после вызревания 6—12 мм древесины до листопада остается 30—50 дней, в которые созданные питательные вещества идут не на рост побегов, а на вызревание древесины.

Таблица 3

Название подвоев	1961 г.	1962 г.	1963 г.	1964 г.	1965 г.	Среднее
Мцв. × Рип. гл. № 1	6,4	4,9	6,4	4,6	2,3	4,9
Ркац. × Рип. гл. № 2	8,4	6,5	7,2	5,6	4,9	6,5
Мцв. × Рип. гл. № 11	8,5	7,1	7,7	7,3	4,2	7,0
" " № 12	7,3	6,8	5,0	1,1	1,0	4,2
Ркац. × Рип. гл. № 14	12,2	11,6	8,3	7,7	5,0	9,0
Ркац. × (Берл. × Рип. 420 а) № 17	10,6	8,8	10,4	12,4	2,4	8,9
" " № 19	11,9	15,8	11,4	16,7	17,1	14,6
Мцв. × (Берл. × Рип. 420 а) № 22	7,8	10,9	7,4	10,5	6,1	8,5
" " № 24	9,8	13,1	8,4	7,6	5,3	8,8
" " № 26	6,6	9,9	8,4	11,6	8,0	8,9
" " № 30	12,2	17,1	14,3	10,0	8,3	12,2
Шави хар. × (Берл. × Рип. 420 а) № 32	11,1	17,2	13,4	13,5	13,6	13,8
Берл. × Рип. 5 бб	1,6	12,4	10,6	16,8	16,7	14,0
" " 420 а	5,7	8,9	7,9	14,4	8,3	9,0
Шасла × Берл. 41 б	6,9	8,7	7,4	9,6	3,1	7,1
Рип. × Руп. 101—14	4,3	4,8	2,6	3,3	0,0	3,0
" " 3306	6,7	2,2	1,7	0,1	0,2	2,2
" " 3309	2,0	0,7	1,5	0,3	0,0	0,9
Руп. дю-Ло	4,2	5,5	4,9	8,7	5,4	5,7

Результаты изучения способности окоренения, приживаемости, афанитета, качества продукции на этих подвоях привитых сортов винограда и т. д. будут изложены в отдельных трудах.

Выводы

1. Для получения высокого и устойчивого урожая в маточниках подвойных лоз в почвенно-климатических условиях, схожих с условиями Хирского совхоза, предварительно следует привести мелноративные мероприятия по улучшению физико-химических свойств почвы.

2. В таких условиях сравнительно высокий урожай пригодной для прививки древесины могут дать Ркацителі × (Берландиери × Рипария 420а) № 19, Берландиери × Рипария 5бб, Шави хариствала × (Берландиери × Рипария 420а) № 32 и Мцване × (Берландиери × Рипария 420а) № 30.

3. Тот факт, что большинство новых подвоев в условиях Хирского совхоза болело хлорозом, еще раз указывает, что выведение новых подвоев надо вести в тех условиях, в которых они будут использованы, что даст возможность скорее вывести те подвои, которые будут обладать необходимыми свойствами.

Институт садоводства, виноградарства

и виноделия

Тбилиси

(Поступило в редакцию 15.7.1966)



ა. გავაკეტაშვილი

ვაჭის ახალი საძირებვის ხირსის საბჭოთა მეურნეობის პირობებში
კირმელადი გამოცდის ზოგიერთი შედეგი

რეზიუმე

ქართულ ამერიკულ სახეობათაშორისი ჰიბრიდების თელავის პირობებში შესწავლის შედეგად გამოვლინებულ იქნა 12 პერსპექტიული საძირე ჰიბრიდული ფორმა.

ეს ჰიბრიდული ფორმები, რთულ ეკოლოგიურ პირობებში გამოცდის მიზნით, 1957 წელს გაშენებულ იქნა ხირსის საბჭოთა მეურნეობაში, სადაც ვაჭები ქლოროზით ავადდებიან. შესწავლილ იქნა ქლოროზითა და ჭრაქით დაავადების, აგრეთვე ფოთლის ფილოქსერით დაზიანების სიძლიერე. განისაზღვრა სამყნობად ვარგისი ლერწის მოსავლიანობა და დამწიფების ხარისხი.

1961—1965 წლებში ჩატარებული მუშაობის შედეგად ნათელი გახდა:

1. ხირსის მეურნეობის მსგავს ეკოლოგიურ პირობებში სადედეებიდან მაღალი და მყარი მოსავლის მიღებისათვის საჭიროა ჩატარდეს მელიორაციული ღონისძიებები ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების გასაუმჯობესებლად.

2. ხირსის მეურნეობის პირობებში სამყნობად ვარგისი ლერწის შედარებით მაღალი მოსავლის მოცემა შეუძლია სტანდარტული საძირეებიდან ბერ. X რიზ. 5ბბ-ს, ხოლო ახალი საძირეებიდან რქაწითელი X (ბერ. X რიზ. 420-ა) № 19-ს. შავი ხარისთვალა X (ბერ. X რიზ. 420-ა) № 32-ს და მწვანე X (ბერ. X რიზ. 420-ა) № 30-ს.

3. ის ფაქტი, რომ ხირსის საბჭოთა მეურნეობის პირობებში ახალი საძირების უმეტესობა ქლოროზით დაავადდა, ერთხელ კიდევ მიუთითებს, რომ ახალი საძირეები გამოყვანილ უნდა იქნეს იმ პირობებში, რომელშიც ისინი იქნებიან გამოყენებულნი, რაც საჭირო თვისებების მქონე საძირეების დაჩქარებით გამოყვანის საშუალებას მოგვცემს.

დასაწყობებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Lloid. Development in resistant Rootstocks for California vineyards. Wines and Vines, 7, 1964.
2. P. Galet. Cepages et Vignobles de France. v. I, 1956.
3. B. Husfeld, W. Scherz. Rebezüchtung. Die Naturwissenschaften, Jahrgang 22, 1934.
4. R. Gallay, E. Bovay, H. Leyvraz, I. L. Simon, A. Cossy. Le grezot—I, porte—greffe viticole digné d'interet. Agric. romande, I, 3, 1962.
5. A. M. Негруль. Задачи виноградарства СССР в свете учения И. В. Мичурина. Виноградарство и виноделие СССР, № 1, 1948.
6. A. Г. Гавакешавили. Результаты изучения межвидовых виноградных гибридов. Труды ИВиВ АН ГССР, т. IX, 1956.
7. A. Г. Гавакешавили. Новые гибридные формы филлоксероустойчивого подвоя виноградной лозы. Сообщения АН ГССР, т. XVII, № 6, 1956.

8. А. Л. Шатский. Материалы к познанию климата бассейна р. Алазани. Тбилиси, 1934.
9. А. О. Саникидзе. Почвы Кахетии. Тбилиси, 1940.
10. С. А. Захаров. О лессовидных отложениях в Закавказье. Почвоведение, № 1, 1910.
11. И. В. Ахвледиани. Хлороз виноградной лозы в Грузинской ССР и мероприятия по борьбе с ним. Труды ИВиВ АН ГССР, т. VI, Тбилиси, 1950.
12. Г. К. Мазанашвили. Материалы к установлению хлорозоустойчивости подвойных сортов винограда. Труды ИВиВ АН ГССР, т. VI, Тбилиси, 1950.
13. З. Г. Багдасарашвили. К выяснению причин заболеваемости виноградников хлорозом на карбонатных почвах. Труды ИВиВ АН ГССР, т. V, Тбилиси, 1949.
14. И. А. Накаидзе. Почвенные условия и хлороз виноградной лозы в Грузии. Тбилиси, 1965.
15. Л. Каландадзе. О распространении галл филлоксеры на листьях виноградной лозы в Грузии. Вестник Ин-та exper. агрономии, № 3, 1929.
16. Н. Е. Алексидзе. Появление листовой филлоксеры и ее последующее развитие в Грузии. Труды ИВиВ АН ГССР, т. V, Тбилиси, 1949.



ფიტოპათოლოგია

ლ. მუხილიაძე

ბარბარიდან გამომყოფილი სოკო ვერტიცილიუმის
ტიქსიკურობის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიოსმა ლ. ყანაველმა 2.7.1966)

Verticillium albo-atrum R. et. B. მიერ ტოქსიკურ ნივთიერებათა გამოყოფის უნარზე მრავალი მკვლევარი მიუთითებს. ბეველიმ [1] დაადგინა, რომ *Verticillium* სუფთა კულტურაში გამოყოფს ეგზონეზიმატური ბუნების ტოქსიკურ ნივთიერებებს. პრისლი [2] ბამბის ვერტიცილიოზური ჭკნობის მიზეზად თვლის ტოქსინს, რომელსაც პარაზიტი გამოყოფს უჯრედის წვეწმში. დიუფრენოუ [3] გამოთქვამდა მოსაზრებას, რომ ვერტიცილიუმის წარმომადგენლები გამოყოფენ ნიტრიტებს, რომლებიც მცენარის ჭკნობას იწვევენ. ვანდენენდეს [4] მოყავს პეტრისა და გრინის მონაცემები, რომლის მიხედვითაც ვერტიცილიოზით დაავადებული პამიდურის ჭურჭლების გამონაწური ტოქსიკურ მოქმედებას იჩენს პამიდურის ახალგაზრდა ნერგების მიმართ. ბერდენს [5] შეუნიშნავს გარგარის ჭკნობის გამომწვევი სოკო *Verticillium dahliae* Klebahn-ის მიერ ტოქსინების გამოყოფა. *Verticillium albo-atrum* R. et. B.-ის კულტურალური ფილტრატით სვიის ჭკნობას აღნიშნავდა ტოლბოისი [6]. მისი მონაცემებით, ფილტრატის ტოქსიკურობა არ მცირდება აღულების შემდეგ, რითაც დადასტურებულია კულტურალური ფილტრატის არაფერმენტული ბუნება. *V. albo-atrum* R. et. B.-ის ტოქსინებსა და მის მიერ გამოწვეულ გარგარის აპოპლექსიაზე ცნობები მოყავს ცატიკოსა და გარის [7], როჯერს [8] და სხვა. გარგარის ვერტიცილიოზური ჭკნობის გამომწვევი სოკო *Verticillium*-ის ტოქსიკური ბუნების შესახებ მოხსენებულია ფრანგი, უნგრელი, იუგოსლაველი, ჩეხოსლოვაკელი და სხვა მკვლევარების ნაშრომებში. საქართველოში გარგარის ჭკნობის გამომწვევად, გარდა *Verticillium albo-atrum*-ისა, მიჩნეულია ვერტიცილიუმის 3 სახეობა, რომელთა მიერ ტოქსინების გამოყოფის უნარი სრულიად შეუსწავლელია. ამ საკითხის შესწავლის მიზნით სოკო *Verticillium*-ის სახეობები კულტივირებული იყო გარგარის ტოტების გამონაწურზე (1:15). სოკოს ჩათესვიდან 5 დღის შემდეგ საკვებ არეს ვფილტრადით და ვიწყებდით კულტურალური ფილტრატის გამოყენებას. საკონტროლოდ აღებული იყო გარგარის სალი ტოტების გამონაწური და წყალსადენის წყალი. ბიოინდიკატორებად გამოყენებული იყო გარგარის ყლორტები და ზოგიერთი სოკოს სპორები.

ფილტრატში მოთავსებული მცენარეების ყლორტების ჰენობისა და სხვადასხვა სოკოს სპორების გაღივების ინტენსიობით ვმსჯელობთ კულტურალური ფილტრატის ტოქსიკურობაზე. განსხვავებული ხნოვანების ფილტრატის გამოყენებით ვადგენდით ტოქსიკურ ნივთიერებათა წარმოქმნის თანმიმდევრობას.

სპორების გაღივების უნარზე *Verticillium*-ის კულტურალური ფილტრატის გავლენის დადგენის მიზნით სხვადასხვა სოკოს სპორებს კულტურალურ ფილტრატში ვადივებდით. საკონტროლოდ სპორების გაღივება სუფთა ექსტრაქტში და წყალში ხდებოდა. ცდა ტარდებოდა ომპტიმალურ ტემპერატურაზე (25°). ბიოინდიკატორებად აღებული იყო *Helminthosporium gramineum*, *Coniothirium olivaceum*, *Sphaeropsis malorum*, *Monilia fructigena* და *Pestalozziae*-ს სპორები. შედეგები მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი

გარგარიდან გამოყოფილი ვერტიცილიუმის კულტურალური ფილტრატის მოქმედება სხვადასხვა სოკოს სპორების გაღივებაზე

ბიოინდიკატები	სპორების გაღივება 24 საათის შემდეგ											
	<i>Verticillium alboatrum</i>			<i>Verticillium</i> sp. (A)			<i>Verticillium</i> sp. (B)			<i>Verticillium</i> sp. (C)		
	კულტ. ფილტ.	სუფთა ექსტ.	წყალი	კულტ. ფილტ.	სუფთა ექსტ.	წყალი	კულტ. ფილტ.	სუფთა ექსტ.	წყალი	კულტ. ფილტ.	სუფთა ექსტ.	წყალი
<i>Helminthosporium gramineum</i>	—	100	99	—	100	98	—	100	100	—	100	100
<i>Coniothirium olivaceum</i>	—	100	100	—	100	99	—	100	100	—	100	100
<i>Monilia fructigena</i>	—	100	100	—	100	99,1	—	100	99	—	100	100
<i>Sphaeropsis malorum</i>	—	100	98	—	99,1	98	—	100	98	—	99	100
<i>Pestalozziae</i>	—	100	100	—	100	100	—	100	100	—	100	99,8

შენიშვნა: ცდისათვის გამოყენეთ 40-დღიანი კულტურალური ფილტრატი.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, 40 დღის კულტურალურ ფილტრატში არც ერთი სოკოს სპორა არ ღივდება, თუმცა 8—12 საათის შემდეგ სპორებზე შეიმჩნევა ბუშტისებური გამონაზარდები, მაგრამ წინაზარდილს არ იძლევიან. 24 საათის შემდეგ სპორების ფორმა შეცვლილია, დაკორძებულია. ზოგჯერ სპორები მუქად იფერება. მაგ., *Coniothirium*-ისა და *Helminthosporium*-ის სპორები მოყვითალო მუქ ყავისფერ შეფერვას ღებულობს. სუფთა ექსტრაქტსა და წყალში 8 საათის შემდეგ სპორების უმრავლესობა გაღივებულია; 24 საათის შემდეგ კი სპორების გაღივება მაქსიმუმს აღწევს (100—99%). ამასთან, სუფთა ექსტრაქტში სპორების გაღივება უფრო სწრაფად ხდება, ვიდრე წყალში.

სხვადასხვა ხნოვანების კულტურალური ფილტრატის გამოცდით გამოიკვია, რომ 20 დღემდე ვერტიცილიუმების კულტურალური ფილტრატი უარყოფით მოქმედებას არ იჩენს სპორების გაღვივებაზე. ტოქსიკური მოქმედება მხოლოდ 20 დღის შემდეგ იწყება, თანდათან ძლიერდება და მაქსიმუმს 40 დღის შემდეგ აღწევს.

ზემოაღნიშნული ცდების დროს შენიშნულ იქნა სუფთა ექსტრაქტის დანაგვიანება ჰაერის მიკრობებით. აქედან გამომდინარე, ჩვენ ჩავატარეთ სპეციალური ცდა. კულტურალური ფილტრატი და სუფთა ექსტრაქტი თავლია მინის ჭურჭელში მოვათავსეთ. აღმოჩნდა, რომ 2—3 დღის შემდეგ სუფთა ექსტრაქტი მიკრობებით დანაგვიანდა მაშინ, როდესაც კულტურალური ფილტრატი ინარჩუნებდა სიწმინდეს ორი თვის განმავლობაშიც კი.

გარგარის ყლორტებზე ფილტრატის გავლენის შესწავლის მიზნით, მისი ყლორტები *Verticillium*-ის კულტურალურ ფილტრატში მოვათავსეთ. საცდელად 40 დღის ფილტრატი ავიღეთ. კულტურალურ ფილტრატში ყლორტებმა ჰქონდა დაიწყეს 3—4 საათის შემდეგ; აღინიშნა წვერის ფოთლების მოღუნება და ძირს დახრა. 12 საათის შემდეგ ჰქონდა ქვედა ფოთლებზე შეინიშნა, 24—48 საათის შემდეგ კი ყლორტები მთლიანად დაჰქნა და ყლორტის წვერის ფოთლები ხელით შეხებისას დაიფშვნა.

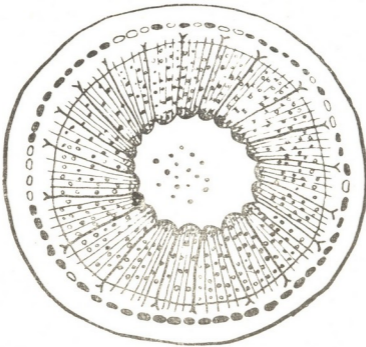
ჩვენ გამოვცადეთ 5 წუთის განმავლობაში წამოდუღებული კულტურალური ფილტრატიც. გამოიკვია, რომ წამოდუღებული ფილტრატი ისევე მოქმედებს, როგორც აუღუღარი; ეს გარემოება საშუალებას გვაძლევს ვიფიქროთ, რომ სოკოს მიერ გამოყოფილი ნივთიერებები თერმოსტაბილურია და ამ ნიშნით ტოქსინების ჯგუფს მიეკუთვნება.

ჩვენ გამოვცადეთ აგრეთვე ბუნებაში ვერტიცილიუმით დაავადებული გარგარის მერქნის გამონაწერი. გამონაწერში ყლორტების მოთავსებისას აღმოჩნდა, რომ ყლორტები ისევე ჰქნებიან, როგორც იმ ხნოვანების კულტურალურ ფილტრატში, სადაც აღნიშნული იყო ტოქსიკურ ნივთიერებათა მაქსიმალური დაგროვება. ყლორტები წყალში და სუფთა ექსტრაქტში არ ჰქნებიან.

კულტურალურ ფილტრატში მოთავსებული გარგარის ყლორტების ანატომიური ანალიზიც იქნა ჩატარებული. გამოიკვია, რომ 8 საათის შემდეგ ყლორტის ჰრილზე ძლიერ გაყავისფრებულია კამბიუმის ზოლი. გაყავისფრებულია აგრეთვე ქერქის ქსოვილები პერიციკლის ბოჭკოების გარშემო. კამბიუმის ზოლზე აღინიშნება ბზარები. ნაწილი ჭურჭლებისა, დაცობილია მოყვითალო ღია ყავისფერი გუმისებრი ნივთიერებებით.

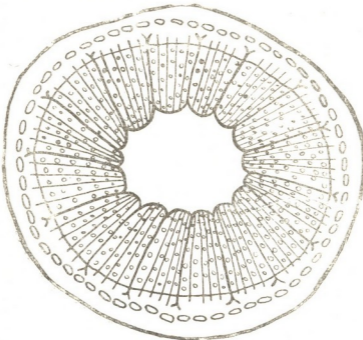
24 საათის შემდეგ ქერქის ქსოვილები, პერიციკლის ბოჭკოები და მთელი კამბიუმის ზოლი ძლიერ გაყავისფრებულია. ჭურჭლების ერთი მეოთხედი დაცობილია გუმისებრი ნივთიერებებით. 48 საათის შემდეგ გუმისებრი ნივთიერებები აღინიშნება სხივისა და პერიმედულარული ზონის უჯრედებში; გაყავისფრებულია გულგულის უჯრედებიც. ჭურჭლების ერთი მესამედი დაცობილია გუმისმაგვარი ნივთიერებებით (სურ. 1).

წყალში მოთავსებული ყლორტის განაპერში პათოლოგიური ცვლილებები არაა აღნიშნული. სუფთა ექსტრაქტში მოთავსებული ყლორტის განაპერ-



სურ. 1

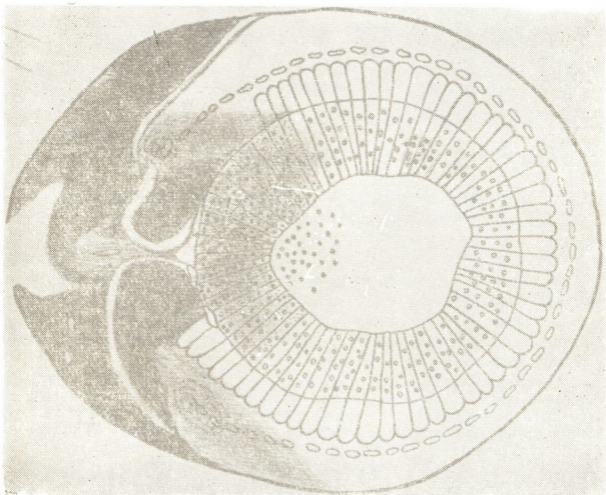
ში აღინიშნება ერთეული ჭურჭლის გუმისებრი ნივთიერებებით დაკობა რაც დიდ მანძილზე არ ვრცელდება (სურ. 2).



სურ. 2

კულტურალური ფილტრატი სამედიცინო შპრიცის საშუალებით 2-3-წლიანი გარგარის ნერგების ქსოვილშიც შეგვეყავდა. ჰათოლოგიური ცვლილებები აღნიშნებოდა 24 საათის შემდეგ. 5 დღის შემდეგ ფილტრატის შეყვანის ადგილზე ქერქის ქსოვილები დაშლილია. ლაფნის უჯრედები და პერიციკლის ბოჭკოები გაყავისფრებულია. ლაფანსა და მერქანს შორის ვიწრო ბზარებია, რაც ერთმანეთისაგან ამორებს აღნიშნულ ქსოვილებს. მერქანი ინექციის მხარეს თითქმის მთლიანად გაყავისფრებულია. უჯრედების გაყავისფრება ვრცელდება რადიალური მიმართულებით. გაყავისფრებულია აგრეთვე გულგულის სხივები.

15 დღის შემდეგ, ინექციის ადგილზე ქერქის ქსოვილები დაშლილია. პირველადი ქერქის ქვეშ წარმოქმნილია ვიწრო საფესვის ზოლი. ლაფნის ქსოვილი და პერიციკლის ბოჭკოების უმრავლესობა გაყავისფრებულია. ლაფანსა და მერქანს შორის არის ნაპრალები, მერქნის მთელი ქსოვილი მუქ ყავისფრადაა შეფერილი. ეს შეფერვა გულგულამდე ვრცელდება. გულგულში უჯრედების გაყავისფრე-



სურ. 3

ბა უბნების სახითაა წარმოდგენილი. გუმისებრი ნივთიერებით დაცობილი კურტკლები ინექციის ადგილიდან 11 სმ-ზე ვრცელდება. ამ შემთხვევაშიც ძი-

რითადად ისეთივე პათოლოგიური ცვლილებებია, როგორც სოკოთი დაავადების დროს, მაგრამ ფილტრატის ქსოვილებში შეყვანისას ადგილი არა აქვს პათოლოგიური ცვლილებების ინტენსიურ განვითარებას, როგორსაც ვხვდებით სოკოთი დაავადების შემთხვევაში (სურ. 3).

ამგვარად, ვერტიცილიუმის წარმომადგენლები, რომლებიც გარგარზე გვხვდებიან და მათ ჰენობას იწვევენ, ნივთიერებათა ცვლის დროს ხელოვნურ საკვებ არეზე (გარგარის ტოტების გამოწარმო) გამოყოფენ ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომლებიც იწვევენ გარგარის ყლორტების ჰენობას და ზოგიერთ სოკოს სპორების გაღივების უნარის შემცირებას.

ანალოგიურ მოქმედებას იჩენს დაავადებული გარგარის მერქნის გამოწარმო. *Verticillium*-ების მიერ მეტაბოლიზმის პროცესში გამოყოფილი ნივთიერებები მიეკუთვნება ტოქსინების ჯგუფს.

კულტურული ფილტრატის მოქმედება გარგარის ყლორტებზე ძირითადად გამოიხატება: კამბიუმის ზოლის გაყავისფრებაში (რაც მის ნეკროზზე მიუთითებს) და მეტი წილი ჭურჭლების გუმისებრი ნივთიერებებით დაცობაში, რაც ხელს უწყობს ყლორტების სწრაფ ჰენობას.

საქართველოს მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 2.7.1966)

ФИТОПАТОЛОГИЯ

Л. В. МШВИДОБАДЗЕ

К ИЗУЧЕНИЮ ТОКСИЧНОСТИ ГРИБА ВЕРТИЦИЛЛИУМ, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ АБРИКОСА

Резюме

Многие авторы указывают на токсичность гриба *Verticillium albo-atrum* R. et. B.

В Грузии на абрикосах, кроме *Verticillium albo-atrum* R. et. B., отмечены 3 формы вертициллиума, у которых способность выделения токсических веществ не была изучена.

С целью изучения этого вопроса нами были изготовлены культурные фильтраты вышеуказанных вертициллиумов, в которые помещались побеги абрикоса и споры некоторых грибов. Контролем служили побеги и споры, помещенные в воду и в чистый экстракт. О токсичности культурального фильтрата гриба судили по увяданию побегов абрикоса и по интенсивности прорастания спор различных грибов.

Опыты показали, что в процессе метаболизма гриб выделяет токсические вещества, которые вызывают увядание побегов абрикоса и задерживают прорастание спор некоторых грибов.

Установлено, что токсическое действие культурального фильтрата наблюдается через 20 дней после посева гриба. С возрастом культуры токсичность усиливается и достигает максимума через 30—40 дней.

Аналогично действует на побеги вытяжка из древесины больного абрикоса. Вещества, выделенные в процессе метаболизма вертициллиумов, относятся к группе токсинов, так как культуральные фильтраты не теряют токсичности и после кипячения.

Введением культурального фильтрата в ткани древесины 2—3-летних саженцев абрикоса отмечены серьезные патологические изменения. В местах инъекции наблюдается разрушение коровых тканей. Вокруг волокон перицикла в тканях потемневшего луба образуется слой пробковой ткани. Между лубом и древесиной наблюдаются трещины, заполненные деформированными, потемневшими клетками.

В местах инъекции темнеет и древесина. Потемнение распространяется и на сердцевину в виде желтоватых участков. Наблюдается закупорка проводящих сосудов гуммиобразными веществами. Анатомическими анализами установлено, что действие культурального фильтрата на побеги абрикоса в основном проявляется в потемнении камбиального слоя, указывающего на некроз последнего. Закупорка сосудов гуммиобразными веществами, по-видимому, является причиной увядания побегов.

დასმონიბებუი ლიბრატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. W. F. Bewley. Sleepy disease of the tomato. Ann. Appl. Biol., 9. 1922. 116—134.
2. I. T. Presley. Verticillium wilt of Cotton wilt particular Emphasis on variation of the causal organism. Phytopathology, vol, 40, № 5, may, 1950.
3. L. Dufrenoy. Production des nitrites par de Verticillium in culture pure. Soc. de chim. Biol. Bul., 9. 1927, 935—336.
4. G. Ende Van den. Untersuchungen über den Planren parasiten *Verticillium albo-atrum* R. et. B. Acta Botanica Nederlandica, vol, 7, № 7, 1958.
5. I. Berend. A kayszibarackfa Verticiliumos fertözesenk hőmezseketi körubmenyel es hatasmechanizmus. Növényvedelmi kutato interetev Könyve, vol. 8, Budapest, 1957.
6. P. W. Talboys. The possible significance of toxic metabolites of *Verticillium albo-atrum* in the development of hopwiet symptoms. Trans. Brit. Mycol. Soc., 40, № 3, 1957.
7. I. Zatyko. A. Garay. A hervadasi toxinok es a kayszigutaüteseuk Kerdese. Elözetes Körlemony, Kiserletugyi körl., C 52. № 1, 1959.
8. L. Roger. Tribi des Verticilles-Phytopathologie des pays chauds, tome II. In Enciclopedia Mycologique, XVIII, Paris, 1953.



ФИЗИОЛОГИЯ

О. И. САНЕБЛИДЗЕ, К. Ш. НАДАРЕЙШВИЛИ, Ю. Я. ШАФИР

**РАДИАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И
 БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ
 ЛЯГУШКИ**

(Представлено академиком И. С. Бериташвили 3.2.1966)

Ранее нами [1] было показано, что воздействие больших доз ионизирующего излучения вызывает ряд нарушений функций изолированных скелетных мышц лягушки. Были подтверждены некоторые известные литературные данные [2—6] и выявлены новые факты, в том числе усиление сокращений после облучения в ответ на прямое электрическое раздражение субмаксимальной силы. Это явление было названо пострадиационной потенциацией по аналогии с посттетанической.

В последние годы в литературе появились тщательные исследования [7—9], посвященные изучению радиационных изменений функции нервно-мышечного аппарата. Однако механизм развития радиационных изменений биоэлектрических и биомеханических явлений в скелетных мышцах до сих пор не ясен.

Методика исследований

Опыты проводились на изолированных препаратах портняжной, икроножной и прямой мышц живота лягушки.

В каждом опыте использовалась пара одноименных мышц одного и того же животного, при этом одна облучалась, а вторая служила контролем. Блок-схема опытов приведена на рис. 1. Условия облучения и некоторые другие методические особенности были сообщены ранее [1].

Регистрация электрических и механических эффектов производилась параллельно как на чернилопишущем приборе (УСЧ-8—01), так и осциллографически. С этой целью был использован высокочастотный электронный коммутатор и осциллоскоп СИ-1/4. Это позволяло записывать на киноплёнке пять различных процессов, а методом суперпозиции получать наглядный статистический материал. Суммарный потенциал возбуждения мышц регистрировался биполярно фетильковыми электродами через хлорсеребряные переходы с миниатюрными сифонами для увлажнения места контакта и мышцы в целом. Для изучения мембранного и пикового потенциалов мышечных клеток были использованы микроэлектродная техника и усилители переменного и постоянного тока, позволяющие регистрировать биоэлектрические явления «под лучом» [10, 11].

Результаты исследований и их обсуждение

Ранее нами было обнаружено [1], что уменьшение силы сокращения портняжной мышцы в ответ на прямое электрическое раздражение в процессе непрерывного облучения при мощности дозы 5—20 *крад/мин* происходит по типу обычного утомления, т. е. так же, как у контрольной мышцы, но гораздо раньше—при дозах 80—120 *крад*.

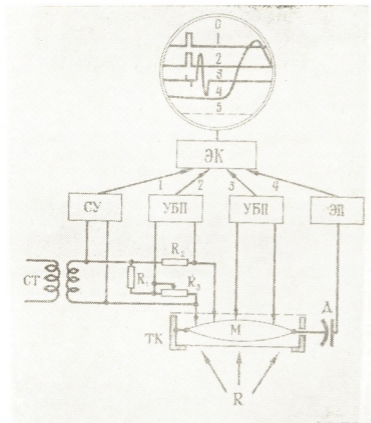


Рис. 1. Блок-схема опыта: СТ—выходной трансформатор стимулятора; СУ—симметричный усилитель; УБП—усилитель биопотенциалов; ЭП—емкостный электронный преобразователь; Д—датчик; ТК—термостабильная влажная камера; М—мышца; ЭК—электронный коммутатор; 0—пятилучевой осциллоскоп; R_1 — R_4 плечи измерительного моста

Это явление не сопровождается каким-либо заметным изменением суммарного потенциала возбуждения. В тех же условиях икроножная и прямая мышцы живота продолжают сокращаться до максимального значения, но расслабления до исходного уровня не происходит. Суммарный потенциал возбуждения и в этом случае не изменяется (рис. 2). Эти различия между тоническими и тетаническими мышцами сглаживаются при больших мощностях дозы (20—30 *крад/мин* и более). Следовательно, в результате облучения как тонической и смешанной, так и тетанической мышц, несмотря на отчетливые нарушения сократительной функции, суммарный потенциал возбуждения мышц ни по амплитуде и длительности, ни по скрытому периоду не изменяется вплоть до развития полной контрактуры и прекращения механических ответов. Эти факты, несомненно, указывали, что при дозах 80—120 *крад*, вызывающих столь отчетливые изменения сократительной функции мышц, значительных изменений физиологически выявляемых

свойств мембран мышечных клеток не наблюдается. Это подтверждается и литературными данными [12—14], показывающими, что изменение уровня мембранного потенциала поперечнополосатых мышечных клеток происходит лишь при очень больших дозах и преимущественно через некоторое время после воздействия.

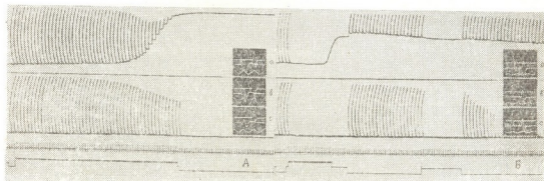


Рис. 2. Изменения механической и электрической активности икроножных мышц в процессе непрерывного облучения и сокращения (А) и после развития радиационной контрактуры (Б). Сверху вниз: сокращения облучаемой мышцы, нулевая линия, сокращения контрольной мышцы, отметка времени в 6 сек раз, отметка раздражения и облучения (жирная линия). а—суммарные потенциалы возбуждения облучаемой (верхняя запись) и контрольной (нижняя запись) мышц до облучения (первое сокращение); б и с—то же после частичной лучевой контрактуры (первые сокращения двух серий раздражений). Б—то же, что и на рис. 1. А, а, б, с—электрические эффекты первого (до облучения), 42-го и последнего (после облучения) сокращений соответственно

Предполагается [15], что радиационные нарушения сократительной функции мышц связаны с накоплением ненормальных метаболитов, с подавлением активности трансфосфорилазы аденозинтрифосфокреатина, предполагаемого фактора расслабления, а также с отравлением продуктами радиолитиза воды или с блокированием SH-групп сократительных белков и ферментов и т. д. Эти вопросы представляют предмет специального исследования, связанного с механизмом развития радиационной контрактуры.

В случае применения прямого электрического раздражения субмаксимальной интенсивности после реализации 5—30 *крад* при мощности дозы 5—50 *крад/мин* наблюдается усиление сокращений [1], которое слабо проявляется или вовсе не проявляется на глубоководнокураризированных препаратах [1], однако отчетливо выражено при непосредственном раздражении субмаксимальной силы [16]. Механизм пострадиационной потенциации как при прямом, так и при непрямом раздражении до сих пор не известен и, безусловно, требует детального исследования. Наши опыты показывают, что в случае интактного препарата параллельно с механическим ответом растет суммарный потенциал возбуждения мышц (рис. 3, а, б, с, д). Это явление должно быть связано с возбуждением и сокращением большего числа мышечных клеток, чем до облучения. Относительно большая радиорезистентность мембранного потенциала [12—14] и, как будет показано ниже, некоторая тен-

денция к гиперполяризации в течение определенного периода после воздействия при сравнимых суммарных дозах ставит под сомнение существенное значение изменений физиологических свойств мембран мышечных клеток в развитии явления пострадиационной потенциации,

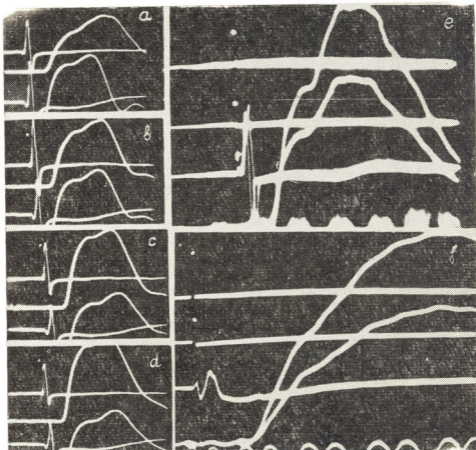


Рис. 3. Электрические и механические ответы при пострадиационной потенциации: а—до облучения. б, с, d—после доз 5, 10, 15 *крад*. Сверху вниз: суммарный потенциал возбуждения контрольной мышцы, ее механический ответ, электрический и механический ответы облучаемой мышцы. е, f—два суперпозированных ответа до облучения и при дозе 20 *крад*. Сверху вниз: суперпозированные раздражающие импульсы, импульсы тока, суммарные потенциалы возбуждения, механические эффекты и отметка времени 50 *гц*

по крайней мере, при больших мощностях дозы. На это указывает тот факт, что на глубококураризированных препаратах явление пострадиационной потенциации выражено значительно слабее, чем на интактных. Более того, пострадиационная потенциация не должна быть обусловлена изменением омического сопротивления между электродами и соответствующим возрастанием тока через систему. Такой вывод напрашивается из следующих опытов.

До и в процессе облучения проводилось измерение тока через ткань [1], а также омического сопротивления при прохождении раздра-

жающего импульса, для чего использовалась мостовая схема (рис. 1). Опыты показали, что к моменту развития пострадиационной потенциации не наблюдается изменений сопротивления облучаемой мышечной ткани и, как следовало ожидать, не имеет места возрастание тока раздражающего импульса (рис. 3, e, f). Согласно литературным данным [17], изменение омического сопротивления мышечной ткани выявлялось лишь через 20 минут после облучения в дозе более 130 *крад*, преимущественно в диапазоне низких частот. В этих же условиях изменения емкостного сопротивления не происходит.

Все вышеизложенные факты позволяют предположить, что развитие пострадиационной потенциации при прямом электрическом раздражении должно быть связано с изменением возбудимости нервных волокон, проходящих сквозь толщу мышц, главным образом вследствие изменения свойств пресинаптической мембраны нервных волокон. Не исключена также возможность, что имеют место временная стимуляция механохимических процессов, а также облегчение мембранно-миофибриллярной передачи возбуждения. На это указывает тот факт, что в некоторых случаях период развития пострадиационной потенциации сопровождается лишь незначительным увеличением суммарного потенциала возбуждения, в то время как механический ответ растет почти вдвое (рис. 3, e). В некоторых же случаях, несмотря на заметное усиление механического эффекта, электрический ответ совершенно не изменяется (рис. 3, i). Это подтверждается также возможностью выявления пострадиационной потенциации на глубококураризированных препаратах. Если на необлученном препарате путем увеличения интенсивности раздражения вызвать усиление механического ответа, эквивалентное пострадиационному облегчению, суммарный потенциал возбуждения значительно увеличится по амплитуде. На рис. 3, a, b, c, d приведены электрические и механические ответы облучаемой и контрольной икроножных мышц лягушки до облучения и в период развития явления пострадиационной потенциации.

Специальная серия опытов была посвящена изучению динамики изменения мембранного потенциала тонических и тетанических мышечных клеток в процессе кратковременного (1—20 *сек*) и непрерывного облучения вплоть до 500 *крад* и более. В первом случае основное внимание было уделено возможному мембранному механизму пострадиационной потенциации при прямом электрическом раздражении. Кратковременное облучение в дозе 0,2—20 *крад* как в тонических, так и в тетанических мышечных волокнах в зависимости от мощности дозы вызывает непродолжительную деполяризацию на 100—400 *мкв* с последующей отчетливой гиперполяризацией. Кривая изменения величины мембранного потенциала в ответ на облучение в течение 10 *сек* при мощности дозы 70 *крад/мин* приведена на рис. 4, Б. Величина и особенно продолжительность гиперполяризации проявляют отчетливую зависимость от мощности дозы, в то время как продолжительность временной деполяризации относительно постоянная, изменяется лишь амплитуда деполяризации. Скрытый период начальной деполяризации определить трудно из-за медленного нарастания и слабой выраженности.

Механизм начальной деполяризации, так же как пострадиационной потенциации, возможно, связан с изменением проницаемости клеточных мембран [18] или с облегчением высвобождения квантов ацетилхолина. На это указывает тот факт, что в разные периоды после облучения наблюдается увеличение частоты миниатюрных потенциалов [7—9], хотя это явление само может быть следствием деполяризации пресинаптической мембраны. Количественная закономерность изменения частоты миниатюрных потенциалов в процессе облучения недостаточно изучена.

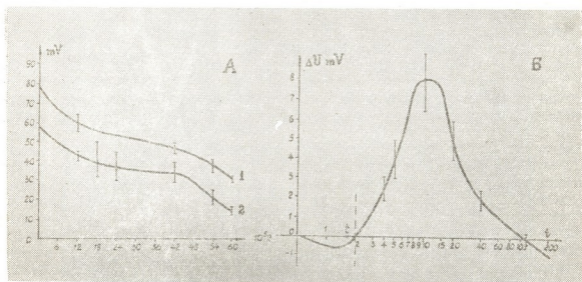


Рис. 4. Изменение мембранного потенциала тонических (2) и тетанических (1) мышечных клеток при непрерывном (А) и импульсном (Б) облучении

В отличие от опытов с кратковременным облучением, в которых подавляющее большинство измерений как до, так и после воздействия производилось на одних и тех же клетках, мембранный потенциал в процессе воздействия больших доз измерялся по средним показателям 5—15 измерений мембранного потенциала различных клеток. Как видно из рис. 4, А, заметное изменение мембранного потенциала как тетанических, так и тонических мышечных клеток выявляется лишь при очень больших дозах, что согласуется с известными литературными данными [13, 14]. Эти факты ясно показывают, что радиационные изменения физиологических свойств возбудимых структур не могут быть объяснены лишь изменением ионной проницаемости и влиянием ионизирующих излучений на поляризованность мембран мышечных клеток.

Выводы

1. В процессе облучения периодически раздражаемых изолированных скелетных мышц лягушки выявляются отчетливые нарушения сократительной способности, однако ко времени их развития заметных изменений амплитуды, длительности и скрытого периода суммарного потенциала возбуждения мышц не наблюдается.

2. Развитие пострadiaционной потенции у свежеприготовленных изолированных препаратов мышц лягушки сопровождается увеличением амплитуды суммарного потенциала возбуждения. На глубокоуаризированных препаратах пострadiaционная потенция слабо выражена.

3. Начало лучевого воздействия сопровождается кратковременной незначительной деполяризацией мембран поперечнополосатых мышечных клеток лягушки. В дальнейшем деполяризация сменяется гиперполяризацией и в зависимости от суммарной дозы и мощности дозы происходит восстановление исходного уровня мембранного потенциала в течение 1—3 минут независимо от продолжения или прекращения облучения. Дальнейшее облучение вызывает постепенное снижение величины электрохимической поляризованности мембран мышечных клеток, однако отчетливые изменения происходят лишь при очень больших дозах.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физиологии

(Поступило в редакцию 3.2.1966)

ფიზიოლოგია

მ. სანაბლიძე, პ. ნაღარავილი, ი. შაფრი

მაიონიზებული რადიაციის გავლენა ბაქაყის განივჯირკმელზე
კუნთების ბიომექანიკურ და ბიოელექტრიკურ მოვლენებზე

რეზიუმე

დადგენილია, რომ დასხივების პროცესში და მის შემდეგ, თუ საერთო დოზა შეადგენდა 20—80 კილორადს როგორც ტონური, ისე ტეტანური კუნთების მოძუნება ნელდება. ამასთან, ადგილი აქვს არასრულ მოძუნებას და რამდენიმე შეკუმშვის შემდეგ ვითარდება მაქსიმალური კონტრაქტურა. მიუხედავად ამისა, როგორც მემბრანული, ისე ალგუნების პოტენციალები არ იცვლება.

თუ დოზის სიმძლავრე აღემატება 20 კრადს, ყოველგვარი დამატებითი ზემოქმედების გარეშე ხდება კონტრაქტურის განვითარება. ამ შემთხვევაშიც არ ხდება მემბრანული და ალგუნების პოტენციალების შესამჩნევი ცვლილება.

პოსტრადიაციულ პოტენციალს თან ახლავს ალგუნების პოტენციალის ამპლიტუდის ზრდა ინტაქტურ პრეპარატებზე, ხოლო კუარაზირებულ პრეპარატებზე ალგუნების პოტენციალის ზრდა სუსტადაა გამოხატული. პოსტრადიაციული პოტენციალის შემთხვევაში ადგილი არ აქვს კუნთის ოპორტი წინაღობის შეცვლისა და გამდიდრებელი იმპულსის დენის ძალის ზრდას.

დასხივებისთანავე უჯრედების მემბრანული პოტენციალი ჯერ მცირდება 0,1—0,4 მილივოლტით, ხოლო შემდეგ ვითარდება პიპერპოლარიზაცია. 1—3 წუთის შემდეგ დასხივების გაგრძელების ან შეწყვეტის მიუხედავად, ხდება მემბრანული პოტენციალის ნორმალიზაცია. დეპოლარიზაცია შემჩნევა მხოლოდ დიდი დოზების ზემოქმედების შემდეგ.

ლაბორატორული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. К. Ш. Надарейшвили, О. И. Сანеблidge. Влияние ионизирующего излучения на сократительную функцию поперечнополосатой мускулатуры лягушки. Сообщения АН ГССР, XLIV, 1966.
2. H. B. Gerstner, Oh. P. Powell and O. E. Richey. Immediate effect of X-radiation on the isolated frog muscle. *Am. J. Phys.*, 176, 1954, 9—14.
3. H. B. Gerstner, R. B. Lewis, O. E. Richey. Immediate effect of high intensity X-radiation on the skeletal muscle. *J. Gen. Physiol.*, 37, 1954, 445—456.
4. D. Rosen, K. B. Dawson. Search for immediate effects of X-irradiation on frog nerve-muscle preparation. *Rad. Res.*, 12, 1960, 357—370.
5. R. M. Bergström, R. Blafield, A. Salmi. The effect of X-irradiation on the electrical and mechanical activity of striated frog muscle. *Int. J. Rad. Biol.*, 4, 351—365.
6. K. B. Dawson, D. Rosen. Increased response of the frog nerve-muscle preparation following X-irradiation. Effects of ionizing radiation on the nervous system. Vienna, IAEA, 1962, 43—50.
7. N. Allen, J. G. Nicholls. Presynaptic failure of neuro-muscular propagation after X-irradiation. Effects of ionizing radiation on the nervous system. Vienna, IAEA, 1962.
8. N. Allen, J. G. Nicholls. A study of the effect of X-rays on the electrical properties of mammalian nerve and muscle. *Proc. Royal Soc.*, 157, 1963, 536—561.
9. Ching-Tong Liu, R. R. Overman. Responses of X-irradiated dogs to induced muscular contraction *in vivo*. *Radiation Res.*, 24, 1965, 452—472.
10. К. Ш. Надарейшвили. Некоторые методические особенности микроэлектрофизиологических исследований «под лучом». *Радиобиология*, 6, 1966, 693—696.
11. К. Ш. Надарейшвили. Вопросы влияния ионизирующей радиации на сердечно-сосудистую систему. Изд. «Мецნიერება», Тбилиси, 1966.
12. J. W. Woodbury. Studies on membrane resting potentials of muscle. *Exp. Cell. Res.*, Suppl. 5, 1958, 547—559.
13. A. Postela, M. Hines, J. C. Perer, D. Brahdcs, G. H. Bourne, P. Stewart, D. Groth. Effect of X-irradiation on muscle membrane. *Exper. Cell. Res.*, 21, 1960, 468—481.
14. М. М. Гольдштейн. Деполяризующее действие проникающей радиации на поперечнополосатые мышцы. Сб. рефератов по радиац. мед., 4, 1963, 42—43.
15. З. Бак, П. Александер. Основы радиобиологии. ИЛ, М., 1963.
16. K. B. Dawson, D. Rosen. Increased response of the frog nerve-muscle preparation following X-irradiation. Effects of ionizing radiation on the nervous system. Vienna, IAEA, 1962, 43—50.
17. М. М. Гольдштейн. Состояние электрических параметров мышц лягушки после облучения. Сб. рефератов по радиац. мед., 4, 1963, 40—41.
18. O. Hug. Hypotheses on the action mechanism of the effect of ionizing radiation on the nervous system. Effects of ionizing radiation on the nervous system. Vienna, IAEA, 1962.



ფიზიოლოგია

ბ. ჩიტორაძე

ჰიპოთალამუსის ზოგიერთი ბირთვის გავლენა დასხივებულ
 ვირთაგვას თირკმელზედა ჯირკვლის ვენურ სისხლში
 კორტიკოსტერონის შემცველობაზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ბაქრაძემ 6.3.1966)

ჰიპოთალამუსის ბირთვების (PV, HVM და SO) გავლენის შესახებ დასხივებული ვირთაგვის თირკმელზედა ჯირკვლის (თჯ) ვენურ სისხლში კორტიკოსტერონის რაოდენობაზე კვლევით მონაცემებს ვერ ვპოულობთ. ცნობილია, რომ ჰიპოთალამუსი თავის ტვინის სხვა უბნებთან შედარებით მეტი რადიომგრძნობელობით ხასიათდება [1, 2]. ცნობილია აგრეთვე, რომ ჰიპოთალამუსის ბირთვები PV, HVM და SO ტროფიკულ გავლენას ახდენენ ჰიპოფიზზე. ცნობილია, აგრეთვე ისიც, რომ თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის სეკრეციული ფუნქციის შესახებ მსჯელობენ თირკმელზედა ჯირკვლის ვენურ სისხლში კორტიკოსტეროიდების რაოდენობით.

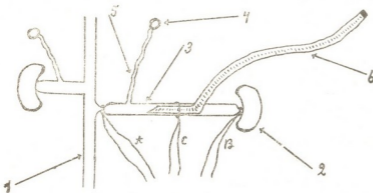
დიდი ცხოველებისათვის (ძალი და სხვა) არსებობს თირკმელზედა ჯირკვლის ვენიდან სისხლის ქრონიკულად მიღების სხვადასხვა მეთოდები [3, 4, 5]. ვირთაგვისათვის კი თირკმელზედა ჯირკვლიდან სისხლის ქრონიკულად მიღების მეთოდი არაა ცნობილი. მწვავე ცდებში სარგებლობენ მ. ჩე ბოკსაროვის მეთოდით [6]; მაგრამ ამ მეთოდის გამოყენება დასხივებული ვირთაგვის თჯ-ის ვენურ სისხლში კორტიკოსტეროიდის რაოდენობით ცვლილებების შესწავლისათვის ნაკლებად საიმედო უნდა იყოს, რადგან ქირურგიული ოპერაციისა და მისი ხანგრძლივობის შედეგად სისხლში კორტიკოსტეროიდების დიდი რაოდენობით მატება ფარავს დასხივებით მიღებული ცვლილებების სურათს.

ჩვენ მიზანს შეადგენდა ჰიპოთალამუსის ბირთვების — PV (პარავენტრიკულარის), HVM (ვენტრომედიალის) და SO (სუპრაოპტიკუს) გავლენის შესწავლა დასხივებული ვირთაგვის ვენურ სისხლში კორტიკოსტერონის რაოდენობაზე ქრონიკული ცდების პირობებში. ამიტომ საჭიროდ ვცანიო აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტა გვეწარმოებინა ვირთაგვის თირკმელზედა ჯირკვლის ვენიდან სისხლის ქრონიკულად მიღების მეთოდის შემუშავებით.

მეთოდიკა

კვლევისათვის ვიყენებდით მამალ თეთრ ვირთაგვებს, წონით 170-დან 200 გრამამდე, რომლებიც ქრონიკული ცდებისათვის მოსამზადებელ ქირურ-

გიული ოპერაციის ორ ეტაპს გადიოდნენ: პირველი ეტაპი ისაზღვრება ელექტროდების მონოპოლარულად ჩანერგვით ჰიპოთალამუსის ზემოთ აღნიშნულ ბირთვებში, რასაც ი. ბუ რ ე შ ი ს, მ. პ ე ტ რ ა ნ ი ს ა და ი. ზ ა ხ ა რ ი ს მიერ მიწოდებული მეთოდით ვანზორციელებდით [7]. მეორე ეტაპისათვის, რომელიც ვირთაგვას თზჯ-დან ვენური სისხლის ქრონიკულად მიღების ჩვენ მიერ მოდიფიცირებულ მეთოდს გულისხმობს, შემდეგი თანმიმდევრული პროცესები სრულდება: პირველი ოპერაციიდან მეოთხე-მეხუთე დღეს ვირთაგვას აძინებენ ქლორალჰიდრატის 4,0%-იანი ხსნარის 1,5 მლ-ის ინტრაპერიტონალური შეყვანით. მარცხენა გვერდის, ზურგისა და მუცლის მხარე იპარსება. წინა საღრდნელი კბილები შორდება, შემდეგ ცხოველი იკვებება მუცლის თეთრი ხაზის გასწვრივ და მუცლის მარცხენა გვერდითი კედელი, მარცხენა თირკმელთან ახლო, მაკრატლით იხვრიტება. წარმოქმნილ ხვრელში ჰეპარინის ხსნარით სავსე პოლივინილის მილის ერთი ბოლო შეჰყავთ, რომელიც თირკმლის ვენაში უნდა ჩაიდგას (სხეულს გარეთ დაჩენილი მილის მეორე ბოლო დახშულია). თირკმლის ვენას, ქვედა ღრუ ვენასთან მიერთების ადგილზე, დროებით ედება ლიგატურა (A), ხოლო თირკმელთან მიერთების ადგილი იკვანძება (B) (სურ. 1). კვანძის მახლობლად ვენა ნაწილობრივ იჭრება. მი-



სურ. 1. თირკმლის ვენაში მილის ჩადგმის სქემატური სურათი: 1—ქვედა ღრუ ვენა; 2—მარცხენა თირკმელი; 3—თირკმლის ვენა; 4—მარცხენა თირკმელზედა ჯირკვლი; 5—თირკმელზედა ჯირკვლის ვენა; 6—პოლივინილის მილი; A, B, C—ლიგატურები

ღებული კრილობიდან ვენის სანათურში სპეციალური მეტალის მარყუჟის საშუალებით ფრთხილად შეჰყავთ პოლივინილის მილის ბოლო ისე, რომ თზჯ-ის ვენის (5) მიერთების ადგილი შეყვანილი მილის ბოლოთი არ დაიხშოს. ვენის სანათურში მოთავსებული მილის დაბოლოება გარედან ძაფის გადაჭერთა და კვანძის დადებით (C) მუდმივად მაგრდება და იქვე მდებარე კუნთზე (*m. quadratus lumborum*) მიკერებით ფიქსირდება. დროებით დადებული ლიგატურა (A) შორდება, მარცხენა თირკმელი ამოიკვეთება და მუცლის ღრუში პენიცილინის მცირეოდენი ფხვნილი იყრება. მუცელზე გაკერვის შემდეგ სხეულს გარეთ გამოყვანილი მილის ნაწილი ზურგის კანზე ეკერება.

ოპერაციის დამთავრებიდან მესამე დღეს თზჯ-ის სეკრეციული ფუნქცია ძალზე ახლოა ნორმალურთან და თზჯ-ის ვენიდან სისხლის საანალიზოდ აღება დასაშვებია [3]. სისხლის აღებად 10 წუთით ადრე ინტრაპერიტონა-

ლურად შეჰყავთ 2 მლ ჰეპარინის ხსნარი 400 საერთაშორისო ერთეულით. ზურგის კანზე მიკერებული მილის დახშული ბოლო იჭრება და 3,5 მლ-ის ოდენობით სისხლის აღება წარმოებს ეთერის სუსტი ნარკოზის ქვეშ მყოფი ცხოველებიდან, რაც დაახლოებით 20 წუთს გრძელდება. სისხლის აღების დამთავრების შემდეგ პოლივინილის მილი ხელახლა ივსება ჰეპარინის ხსნარით და ღია სანათური იხშობა. განმეორებითი სისხლის აღება დასაშვებია სამი დღის შემდეგ. ცდების ყოველი სერიისათვის 3 ვირთაგვის თზგ-ის ვენიდან აღებული სისხლის საერთო მოცულობაში (10 მლ) ნ. იუდაევისა და ი. პანკოვის სპექტროფოტომეტრული მეთოდით ვსაზღვრავდით კორტიკოსტერონის რაოდენობას [3].

ვირთაგვებს ვასხივებდით ტოტალურად რენტგენის აპარატით (ფილტრებით 0,5 მმ — Al; 0,5 მმ — Cu; KV — 200; md — 20; ფოკუსური მანძილი — 35 სმ; დოზის სიმძლავრე — 50 რ/წ).

ჰიპოთალამუსის ბირთვებში (PV, HVM და SO) მონობოლარულად ჩანერგილი ელექტროდებით გაღიზიანების ხანგრძლივობა 2 წუთს უდრიდა. დენის სიხშირე — 50 ჰერცს, ძაბვა — 1,0 ვოლტს, სწორკუთხოვანი იმპულსის ხანგრძლივობა — 5 მილისეკუნდს. აღნიშნული ბირთვების დაზიანებას ვახდენდით 3 წუთის განმავლობაში მაღალი სიხშირის დენით, როდესაც დენის ძალა 100 მიკროამპერს უდრიდა.

ცდების დამთავრების შემდეგ ცხოველებს ვკლავდით და თავის ტვინის ანათომების მიკროსკოპული შესწავლით ვამოწმებდით ჩანერგილი ელექტროდების დაბოლოვებათა ბირთვებში მოხვედრის სიზუსტეს. ცდები ჩატარდა 160 ვირთაგვაზე.

მიღებული შედეგები და მათი განხილვა

საკონტროლო ცდებში (ცხრილი 1) კორტიკოსტერონის რაოდენობა (16,5 მკგ/100 მლ სისხლში) ბევრად უფრო ნაკლებია ს. აფინოგენოვასა და ტ. სახაცკაიას მიერ მწვავე ცდებში განსაზღვრულ კორტიკოსტერონის სიდიდეებთან (406 და 333 მკგ/100 მლ სისხლში) შედარებით [3].

ეს სხვაობა აიხსნება იმით, რომ ქრონიკული ცდების პირობებში გამოირიცხება სისხლში კორტიკოსტერონის მატება, რომელიც ქირურგიული ტრავმით იწვევა.

ვირთაგვებს, რომლებსაც 4 დღით ადრე დაზიანებული ჰქონდათ ცალ-ცალკე ჰიპოთალამუსის ბირთვები (PV, HVM და SO), ვასხივებდით ტოტალურად 100, 200 და 300 რენტგენით; დასხივების დამთავრებისთანავე ვიღებდით სისხლს და ვსაზღვრავდით კორტიკოსტერონის რაოდენობას.

1 ცხრილის განხილვისას ირკვევა, რომ 100, 200 და 300 რენტგენით ტოტალურად დასხივება, კონტროლთან შედარებით, იწვევს სისხლში კორ-

ტიკოსტერონის რაოდენობის მატებას დოზის ზრდასთან ერთად მხოლოდ იმ ვირთაგვეებში, რომლებსაც წინასწარ ჰქონდათ დაზიანებული PV-ის ბირთვები.

ჩვენ მიერ გამოქვეყნებული წინა შრომით [8] გაირკვა, რომ სისხლში კორტიკოსტერონის რაოდენობის მომატებას ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც ინტაქტური ვირთაგვა სხივდება. ეს შედეგი მიუთითებს იმაზე, რომ მაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას თჯ-ის ქერქის სეკრეციული ფუნქციის გააქტივება არაა დაკავშირებული PV-ის ბირთვების ფუნქციაზე.

ცხრილი 1

კორტიკოსტერონის რაოდენობითი ცვლილებები (მკგ/100 მლ სისხლში) დასხივებული ვირთაგვეების ვენტრ სისხლში, რომლებსაც დაზიანებული ჰქონდათ ჰიპოთალამუსის PV, HVM და SO ბირთვები

კონტროლი	100 რ	200 რ	300 რ	დოზები
	30,0	37,5	45,0	PV ბირთვების დაზიანებისას
16,5	18,0	13,5	16,5	HVM ბირთვების დაზიანებისას
	9,0	16,5	13,5	SO ბირთვების დაზიანებისას

ყოველი რიცხვი, აქ და მე-2 და მე-3 ცხრილებშიც, წარმოადგენს 3 ცდის საშუალო არითმეტიკულ სიდიდეს.

სისხლში კორტიკოსტერონის რაოდენობის მატება არ ხდება იმ ვირთაგვეების დაზიანებისას, რომლებსაც წინასწარ ჰქონდათ დაზიანებული HVM-სა და SO-ის ბირთვები (ცხრილი 1) ეს შედეგი კი იმაზე მიუთითებს, რომ მაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას თჯ-ის ქერქის სეკრეციული ფუნქციის გააქტივება უშუალო კავშირშია ჰიპოთალამუსის HVM-სა და SO-ის ბირთვების ნორმალურ ფუნქციასთან. წინააღმდეგ შემთხვევაში იმ ვირთაგვეების სისხლში, რომლებსაც დაზიანებული ჰქონდათ HVM-სა და SO-ის ბირთვები და სხივდებოდნენ აღნიშნული დოზებით, ადგილი უნდა ჰქონოდა კორტიკოსტერონის მატებას დოზის ზრდასთან ერთად (ამრიგად, PV-ის ბირთვები კვლევის სფეროდან გამოირიცხა).

ამ მოსაზრების სისწორის უფრო უკეთესად დასაბუთებისათვის შემდეგი სახის ცდები ვაწარმოვეთ: ქრონიკული ცდებისათვის მომზადებული ვირთაგვეების HVM-სა და SO-ის ბირთვებს ვალიზიანებდით დენით. გალიზიანების დამთავრებისთანავე ვიღებდით სისხლსა და ვსაზღვრავდით კორტიკოსტერონის რაოდენობას.

სამი დღის შემდეგ ამავე ცხოველებს ვასხივებდით 300 რენტგენით და სისხლს საანალიზოდ დასხივების დამთავრებისთანავე ვიღებდით. კორტიკოსტერონის რაოდენობას ვსაზღვრავდით აგრეთვე იმ ვირთაგვეების სისხლში, რომლებსაც წინასწარ ჰქონდათ დაზიანებული HVM-სა და SO-ის ბირთვები და შემდეგ ხდებოდა მათი დასხივება.

ამ ცდების შედეგები მოცემულია მე-2 და მე-3 ცხრილებში. ორივე (HVM-სა და SO-ის) წყვილი ბირთვების დენით გაღიზიანება და ვირთაგვების 300 რ-თ ტოტალურად დასხივება შესამჩნევად ზრდის ვენურ სისხლში კორტიკოსტერონის რაოდენობას, ხოლო იმ ვირთაგვების დასხივება, რომლებსაც HVM-სა და SO-ს ბირთვები წინასწარ ჰქონდათ დაზიანებული, არ იწვევს სისხლში აღნიშნული სტეროიდის მატებას კონტროლთან შედარებით; პირიქით, შესაძლებელია ვიფიქროთ, რომ კორტიკოსტერონის რაოდენობა ამ შემთხვევისათვის, შემცირებას განიცდის.

ცხრილი 2

ვენურ სისხლში კორტიკოსტერონის რაოდენობითი ცვლილებები ($\mu\text{r}/100$ მლ სისხლზე) HVM ბირთვების დენით გაღიზიანებისა, მათი დაზიანებისა და დასხივების შემთხვევებში

კონტროლი	დენით გაღიზიანების შემდეგ	300 რ დასხივების შემდეგ	300 რ დასხივებულნი, რომელთაც დაზიანებული ჰქონდათ HVM ბირთვები
16,5	48,5	36,0	15,0

ცხრილი 3

ვენურ სისხლში კორტიკოსტერონის რაოდენობითი ცვლილებები ($\mu\text{r}/100$ მლ სისხლზე) SO ბირთვების დენით გაღიზიანებისა, მათი დაზიანებისა და დასხივების შემთხვევებში

კონტროლი	დენით გაღიზიანების შემდეგ	300 რ დასხივების შემდეგ	300 რ დასხივებულნი, რომელთაც დაზიანებული ჰქონდათ SO ბირთვები
16,5	42,0	48,0	13,5

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს ჩვენი პირველი ცდების შედეგად მიღებული მოსაზრების სისწორე და იმის შესახებ, რომ მაიონიზირებელი რადიაციის მოქმედებისას თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის ჰორმონული ფუნქციის გააქტივება დამოკიდებულია ჰიპოთალამუსის HVM-სა და SO-ის ბირთვების ნორმალურ მდგომარეობასა და ფუნქციებზე (ვგულისხმობთ, რომ აღნიშნული ბირთვების გავლენა თზჯ-ის ქერქზე ხორციელდება აღენოპიოფიზის გზით).

დასკვნები

1. ვირთაგვების სუბლეტალური დოზებით ტოტალური დასხივების დამთავრებისთანავე თზჯ-ის ქერქის ჰორმონული ფუნქციის გააქტივება და ვენურ სისხლში კორტიკოსტერონის ჰარბი რაოდენობით გამოყოფა უშუალო კავშირშია ჰიპოთალამუსის HVM-სა და SO-ს ბირთვების ფუნქციებთან.

2. თზჯ-ის ქერქის სეკრეციული ფუნქციის გააქტივებაში მონაწილეობას არ ღებულობს ჰიპოთალამუსის PV-ის ბირთვები.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 6.3.1966)

Г. В. ЧИТОРЕЛИДЗЕ

 ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ЯДЕР ГИПОТАЛАМУСА НА
 СОДЕРЖАНИЕ КОРТИКОСТЕРОНА В ВЕНОЗНОЙ КРОВИ
 НАДПОЧЕЧНИКОВ ОБЛУЧЕННОЙ КРЫСЫ

Резюме

Опыты проводились на белых крысах — самцах весом 170 — 200 г. О гормональной активности коры надпочечников судили по изменению содержания кортикостерона в венозной крови, полученной по нашему методу в условиях хронического опыта. Животные облучались рентгеновским аппаратом. Электрическое раздражение и повреждение ядер гипоталамуса производилось с помощью вживленных электродов.

Выяснилось, что в повышении секреторной функции коры надпочечников и содержания кортикостерона в крови крысы, облученной сублетальной дозой, принимают участие парные ядра гипоталамуса — HVM и SO.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. И. Ливанов. Некоторые проблемы действия ионизирующей радиации на нервную систему. М., 1962.
2. Т. М. Ефремова. Изучение взаимоотношений коры и гипоталамической области при остром лучевом поражении. Сборник рефератов по радиационной медицине за 1957 г., т. 1, М., 1959.
3. Н. А. Юдаев. Химические методы определения стероидных гормонов в биологических жидкостях. М., 1961.
4. D. Hume, D. Nelson. Surg. Forum, 5, 1954, 568.
5. I. Mac-Donald, I. Goding, R. Wright. Austr. J. exper. Biolog., Med. Sci., 1958, 36, 83.
6. М. Н. Чебоксаров. Метод взятия крови, оттекающей от надпочечника. О секреторных нервах надпочечников. М., 1949.
7. Я. Буреш, М. Петран, И. Захар. Электрофизиологические методы исследования. М., 1962.
8. Г. В. Читорелидзе. Изменения содержания кортикостерона в крови у облученных крыс. Сообщения АН ГССР, XLI:1, 1966.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Д. Г. ТОДАДЗЕ

К ИЗУЧЕНИЮ ГИСТОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ
АДЕНОКАРЦИНОМЫ МАТКИ

(Представлено академиком К. Д. Эристави 6.6.1966)

В настоящее время необходимость гистохимического изучения нарушений тканевого метаболизма при опухолях является общепризнанной [1—8].

В настоящей работе мы задались целью изучить гистохимические особенности белков, нуклеопротеидов, полисахаридов, окислительно-восстановительных, гликолитических и гидролитических ферментов в аденокарциномах матки человека.

Гистохимические особенности аденокарциномы матки изучены нами в 15 случаях.

Материалом послужили кусочки различных отделов матки при наличии в ней опухолевого процесса. Кусочки для исследования брались как путем биопсии, так и из оперативно удаленных маток.

Кусочки матки резались на две равные части. Одна часть сразу же замораживалась сухим льдом и разлагалась на срезы в криостате при -20° . На этих срезах сразу же ставились гистохимические реакции для выявления активности окислительно-восстановительных, гликолитических и гидролитических ферментов. Другая часть кусочков фиксировалась в растворе Карнуа, проводилась через спирты и заливалась в парафин. Парафиновые срезы толщиной от 5 до 7 мк, полученные на ротационном микротоме, окрашивались гематоксилин-эозином, пикрофуксином и обрабатывались для выявления рибонуклеопротеидов (РНП), дезоксирибонуклеопротеидов (ДНП), белков, содержащих аминокислоты триптофан, тирозин и гистидин, белков, содержащих сульфгидрильные (SH) группы, гликогена, нейтральных и кислых муко-полисахаридов, аргирофильного вещества и эластики.

Кусочки из оперативно удаленных маток брались таким образом, чтобы в препарат попадали как опухолевые узлы, так и окружающие ткани. Биопсионный материал исследовался целиком.

Окраска парафиновых срезов гематоксилин-эозином и пикрофуксином производилась по обычным прописям. Для выявления РНП применялись окраска азур II-эозином при pH 6,2 по Андрусу и дифференциальный метод Шабдаша путем окраски срезов метиленовой синью при различных значениях pH среды окрашивания (применялись забуференные растворы метиленовой сини со следующими значениями pH: 2,62; 3,20; 3,88; 4,13; 4,66; 5,23). ДНП выявлялись реакцией Фельгена, белки, содержащие аминокислоты триптофан, тирозин и гистидин, — реакцией тетразониевого сочетания по Даниелли, сульфгидрильные

группы — при помощи паранитробромацетофенона по Яковлеву и Нистратовой и при помощи диоксидинафтилдисульфида (ДДД) по Бернету и Зелигману, гликоген, нейтральные мукополисахариды и гликопротеиды — реакцией ШИК по Шабашу. Для выявления кислых мукополисахаридов, входящих в состав муцинов, были использованы метахроматическая реакция при окраске толуидиновой синью и окраска альциановой синью. На парафиновых же срезах выявлялись основное аргирофильное вещество по Гомори и эластические волокна орсеином.

На свежемороженых срезах, полученных в криостате, как уже выше было отмечено, выявлялась активность окислительно-восстановительных, гликолитических и гидролитических ферментов. Активность цитохромоксидазы определялась по Нахласу и сотрудникам; активность сукциндегидрогеназы — также по Нахласу и сотрудникам; активность лактикодегидрогеназы — по Гессу и сотрудникам; активность фосфорилазы — по Такеучи и сотрудникам. Для выявления кислот и щелочной фосфатаз применялся метод Гомори.

Оценку цветных гистохимических реакций и активности ферментов производили визуально, обозначая различную степень интенсивности различным количеством крестов (от 1+ до 5+). Негативную реакцию обозначали минусом. Микрофотографирование препаратов производили при помощи микроскопа МБИ-6, соблюдая одинаковые условия съемки.

Изучение строения аденокарцином матки различной локализации показало, что опухолевая паренхима построена из сравнительно малодифференцированных эпителиальных клеток, образующих железы различной формы и величины. Опухолевая паренхима имеет одинаковое строение, несмотря на локализацию опухолевого узла: аденокарцинома слизистой тела матки построена из таких же клеточных элементов, как и аденокарцинома слизистой надвлагалищной части шейки матки. При локализации аденокарциноматозного узла в надвлагалищной части матки, помимо указанных выше железистых образований, встречаются железистые образования, характерные для этой части матки, по-видимому, являющиеся остатками преформированных здесь железистых образований, эпителий которых отличается высокой дифференциацией с явлениями секреторной деятельности.

Опухолевым железистым образованиям присущи определенные гистохимические особенности.

В первую очередь следует указать на усиление цитоплазматической базофилии в эпителиальных клетках, образующих опухолевую паренхиму: при окраске азур II-эозином цитоплазма их красится в синий цвет (4+), в отличие от цитоплазмы их нормальных прототипов, которые при том же методе обработки обнаруживают заметно меньшую базофилию (3+). Переваривание рибонуклеазой полностью уничтожает базофилию, локализованную в цитоплазме опухолевых эпителиальных клеток. Это свидетельствует о том, что вся базофилия цитоплазмы их обусловлена присутствием РНП. В препаратах, обработанных азур II-эозином, высокую базофилию обнаруживают также ядерный хроматин и ядрышки, однако базофилия их в значительной степени является стойкой в отношении переваривающего действия рибонуклеазы: в препаратах, предварительно обработанных рибонуклеазой и

лишь затем окрашенных азур II-эозином, базофилия ядерного хроматина и ядрышек уменьшается, но не снимается полностью. При этом базофилия лучше сохраняется в ядерном хроматине, чем в ядрышках. Все это говорит в пользу того, что определенная часть базофилии ядерного хроматина и ядрышек обусловлена наличием не только РНП, но и других тканевых ингредиентов, способных связывать основной краситель.

Дифференциальное выявление РНП путем окраски при различных значениях рН свидетельствует о том, что, наряду с усилением степени базофилии цитоплазматических РНП, имеют место и их физико-химические изменения в виде усиления степени диссоциации комплекса РНК+белок. Это проявляется в снижении изоэлектрической точки (ИЭТ) РНП. В частности, цитоплазматические РНП начинают выявляться при рН 2,62, в отличие от нормальных клеток, цитоплазматические РНП которых начинают захват красителя при рН 3,20. Получается, что ИЭТ цитоплазматических РНП опухолевых клеток, по сравнению с нормой, снижена на 0,58 единицы.

Сочетание феномена усиления базофилии и левостороннего сдвига ИЭТ РНП говорит о том, что в цитоплазме опухолевых клеток происходит не только увеличение количества РНП, но и, как об этом указывалось выше, усиление степени диссоциации в комплексе РНК+белок.

Другой характерной чертой опухолевых клеток является увеличение количества ДНП в их ядрах. Это проявляется не только в увеличении фельгено-положительного материала в ядрах интеркинетических клеток, но и в увеличении размеров и количества хромосом в делящихся клетках. Повышение содержания ДНП в ядрах совпадает с заметным увеличением размеров ядер опухолевых клеток.

Гистологические реакции на белковые компоненты выявляют определенные особенности опухолевых клеток: наряду с сохранением приблизительно нормального уровня содержания белков, включающих в свой состав аминокислоты триптофан, тирозин и гистидин (3+), наблюдается некоторое увеличение цитоплазматических белков, содержащих SH-группы (4+). Помимо цитоплазмы, положительную гистохимическую реакцию на триптофан, тирозин и гистидин и SH-группы дают также такие внутриклеточные включения, какими являются ядрышки, ядерная оболочка, ядерный хроматин и хромосомы митотически активных клеток паренхимы. Лишь кое-где в цитоплазме эпителиальных клеток обнаруживается незначительное количество гликогена в виде мелких зерен, расположенных в цитоплазме преимущественно вокруг ядер. В эпителиальных клетках секреторного типа выявляется значительное количество ШИК-положительного вещества, не исчезающего под действием амилазы. В просветах таких желез местами обнаруживается скопление небольшого количества секрета, также дающего ШИК-положительную реакцию. Значительное количество ШИК-положительного вещества обнаруживается в строме опухоли.

Окраска толуидиновой синью выявляет метохроматическое вещество лишь в строме аденокарциноматозных узлов и в секрете железистых образований секреторного типа. При обработке ализановой синью в синий цвет окрашиваются элементы стромы аденокарциномы, а также секреторные массы, расположенные в просветах некоторых железистых образований секреторного типа.

В строме опухоли обнаруживается большое количество аргирофильного вещества в виде нежных волокон и аморфной субстанции. Характерно отсутствие вполне сформированных базальных мембран вокруг железистых образований с признаками инфильтрирующего роста. Эластические волокна выявляются лишь в стенках внутриопухолевых сосудов.

Гистохимическое изучение отдельных звеньев различных ферментных систем также выявило ряд характерных особенностей опухолевой паренхимы.

В первую очередь это относится к окислительно-восстановительным и гликолитическим ферментам. В частности, обращает на себя внимание резкое снижение активности цитохромоксидазы в опухолевых клетках: в отличие от нормальных клеток, большинство опухолевых клеток обнаруживает лишь ничтожную степень активности: цитохромоксидазы или же полностью лишено такой активности. По сравнению с нормальными клетками, в опухолевых клетках отмечается некоторое снижение активности сукциндегидрогеназы, хотя она в основном все таки сохранена (2+). Необходимо указать и на характерное изменение особенностей распределения в цитоплазме клеток очагов активности окислительно-восстановительных ферментов: если в норме активность цитохромоксидазы и сукциндегидрогеназы выявляется равномерно во всей цитоплазме или даже с некоторым преобладанием этой активности в апикальной части клеток (особенно в клетках секреторного типа), то в опухолевых клетках обнаруживается преимущественная локализация ферментированной активности в базальной части цитоплазмы.

Наряду с изменением активности цитохромоксидазы и сукциндегидрогеназы, изменяется активность и лактикодегидрогеназы. Однако, в отличие от первой, активность лактикодегидрогеназы изменяется не в сторону уменьшения, а в сторону увеличения (4+).

Помимо гистохимических изменений окислительно-восстановительных ферментов, в опухолевых клетках имеет место изменение активности и гидролитических ферментов. В частности, в них отмечается некоторое усиление активности как щелочной, так и кислой фосфатаз (3+). При этом высокая активность кислой фосфатазы проявляется и в ядрах эпигелиальных клеток опухолевой паренхимы.

Таким образом, комплексное применение гистохимических методов для выявления различных тканевых ингредиентов позволило установить целый ряд тончайших сдвигов в метаболизме клеток, характерных для опухолевых клеток железистого рака матки.

Усиление цитоплазматической базофилии, указывающее на увеличение содержания в опухолевых клетках РНК, свидетельствует об усилении синтетических процессов в них. Отсутствие в этих клетках продуктов специфической функции (секрета), характерных для дифференцированных форм эпителиальных клеток желез слизистой матки, говорит о том, что усиление процесса синтеза в опухолевых клетках направлено на создание общего белка, необходимого для их размножения.

Усиление реакции на SH-группы свидетельствует о том, что в опухолевых клетках увеличивается синтез белков, содержащих тиоловые соединения в виде сульфгидрильных групп. Если учесть важное зна-

чение SH-групп в процессах деления клеток, увеличение их количества в опухолевых клетках становится вполне понятным.

Однако не исключена возможность иного толкования наблюдаемого явления. Нами, наряду с усилением цитоплазматической базофилии, было установлено снижение ИЭТ цитоплазматических РНП, что указывало на снижение степени полимеризации цитоплазматических РНП. В связи с явлениями деполимеризации, естественно, имеет место высвобождение реактивноспособных функциональных групп белков из комплекса РНК+ белок, что и обуславливает развитие более интенсивной цитохимической реакции.

Отсутствие усиления гистохимической реакции на другие белковые компоненты, а именно на аминокислоты триптофан, тирозин и гистидин, свидетельствует о том, что в основе усиления гистохимической реакции на SH-группы лежит не явление деполимеризации цитоплазматических РНП, а истинное увеличение SH-групп в цитоплазме опухолевых клеток.

Безусловно, усиление процессов синтеза общего белка в клетках должно сопровождаться усилением энергетических процессов в соответствующих клетках.

Изучение окислительно-восстановительных и гликолитических ферментов показывает, что усиление энергетических процессов в опухолевых клетках происходит в основном за счет усиления в них гликолиза. Это подтверждается не только усилением активности в них дегидрогеназы молочной кислоты, но и исчезновением из цитоплазмы клеток запасов гликогена. Окислительно-восстановительные процессы в этих же клетках, наоборот, понижены. Изучение активности цитохром-оксидазы и сукциндегидрогеназы свидетельствует о том, что особенно резко страдает конечное звено окислительно-восстановительного процесса, тогда как основные звенья цикла трикарбоновых кислот сохраняются.

Таким образом, получается, что в опухолевых клетках имеет место усиление синтеза общего цитоплазматического белка с преобладанием в них гликолитического типа обмена над окислительным фосфорилированием.

Другой характерной особенностью опухолевых клеток является некоторое усиление в них активности фосфатаз. Причем усиливается активность не только щелочной, но и кислой фосфатазы. При этом, как было указано, появляется высокая кислотнoфосфатазная активность в ядрах опухолевых клеток.

В литературе имеются указания о связи кислотнoфосфатазной активности с метаболизмом ДНП клеточного ядра. В данном случае не исключена возможность, что повышение активности кислой фосфатазы связано с увеличением в них содержания ДНП.

Институт экспериментальной и
клинической хирургии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 6.6.1966)

ჯ. თოღაძე

საზვილოსნოს ადენოკარცინომების ჰისტოქიმიურ
თავისებურებათა შესწავლისათვის

რეზიუმე

შრომში შესწავლილია ცილების, ნუკლეოპროტეიდების, პოლისახარიდების, ჟანგვა-აღდგენითი, გლიკოლიზური და ჰიდროლიზური ფერმენტების ჰისტოქიმიური თავისებურებანი საზვილოსნოს ადენოკარცინომის 15 შემთხვევაში.

მიღებული მონაცემები ცხადყოფენ, რომ სიმსივნურ უჯრედებში ადგილი აქვს ზოგადი ციტოპლაზმური ცილის სინთეზის გაძლიერებასა და დეზოქსირიბოპროტეიდების მომატებას სიმსივნურ უჯრედთა ბირთვებში. ამასთან, სიმსივნურ უჯრედებში დაქვეითებულია ჟანგვა-აღდგენითი ფერმენტების აქტივობა და გაძლიერებულია რძის მჟავის დეჰიდროგენაზის აქტივობა.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Андрос. Гистохимические исследования некоторых предраковых изменений тканей и злокачественных опухолей (экспериментальные и клиничко-анатомические наблюдения). Труды АМН СССР, Вопросы онкологии, т. XVIII, вып. 4, 1952, 45—54.
2. Ю. М. Васильев. Эволюция некоторых биологических особенностей эпителия кожи в процессе канцерогенеза. Вестник АМН СССР, 11, 1964, 23—28.
3. И. Б. Збарский. О некоторых итогах и путях дальнейшего изучения биохимии рака. Вопросы онкологии, 6, 1957, 753—761.
4. Е. Каудри. Раковые клетки. ИЛ., М., 1958.
5. Н. Т. Райхин. Гистохимическое изучение некоторых сторон энергетического обмена в процессе канцерогенеза и в опухолях. Труды VIII международного противоракового конгресса, М.—Л., т. 2, 1963, 195—199.
6. Г. И. Роскин, Г. В. Харламова. Рибонуклеиновая кислота в клетках нормально регенерата и злокачественных опухолей. ДАН СССР, 44, 9, 1944, 419—420.
7. Г. И. Роскин, А. А. Юлиус. О коллоидно-лабильно-состоянии рибонуклеиновой кислоты в развивающихся, интенсивно функционирующих, а также в злокачественных клетках. Архив анатомии, гистологии и эмбриологии, 4, 1955, 19—22.
8. Л. К. Шарашидзе. Гистохимия индуцированного рака кожи. Тбилиси, 1960.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

В. О. ИОСАВА

РОЛЬ МИОЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ КЛЕТОК В ГИСТОГЕНЕЗЕ ТАК НАЗЫВАЕМЫХ СМЕШАННЫХ ОПУХОЛЕЙ СЛЮННЫХ ЖЕЛЕЗ

(Представлено академиком К. Д. Эристави 8.6.1966)

Миоэпителиальные клетки впервые описал Келликер в 1849 г. [1]. В норме эти клетки содержатся в слюнных, потовых, слезных и молочных железах, где они располагаются между базальной мембраной и секреторными клетками. Миоэпителиальные клетки образуют на базальной мембране альвеол и протоков в виде базального слоя под эпителием. Они внедряются между секреторными клетками, не достигая просветов.

В цитоплазме миоэпителиальных клеток содержатся тончайшие фибриллы, обычно малозаметные при окраске по Ван-Гизону. Фибриллярность миоэпителия хорошо выявляется железным гематоксилином.

Функция миоэпителиальных клеток, по Гольцнеру и Зелиху [1], опорная: они удерживают стенки выводных протоков.

Согласно Г. Гамперлю [1], функция миоэпителиальных клеток выражается в том, что они, благодаря своему сокращению, выжимают секрет из железистых пузырьков или проталкивают его по выводным протокам. Их длинные протоплазматические отростки, охватывающие клетки ацинарных отделов, способствуют выделению секрета.

В миоэпителиальных клетках, согласно данным некоторых авторов [2, 3], содержатся гликоген и кислый мукополисахарид.

Отдельные исследователи [1—6] подчеркивают значение миоэпителиальных клеток в происхождении слизевидных и хрящеподобных структур так называемых смешанных опухолей слюнных желез.

По Е. Гришману [2], эпителиальные клетки выстилают железистые пространства и секретируют эпителиальную слизь, а миоэпителиальные растут из стенок желез, образуют сеть и выделяют в ее петли мезенхимальную слизь.

С. Эриксен [7] отмечает, что миоэпителиальные клетки принимают активное участие в образовании слизевидных и хрящеподобных структур так называемых смешанных опухолей, что сплошные массы пролиферирующихся миоэпителиальных клеток являются их важнейшим компонентом.

Согласно В. В. Паникаровскому [3], образование миксоматозных структур так называемых смешанных опухолей слюнных желез связано с пролиферацией миоэпителиальных элементов, они продуцируют секрет, обладающий свойствами гиалуронидазолабильных мезенхимальных мукоидов.

Однако названные авторы, приписывая миоэпителию важную роль в образовании слизевидных и хрящеподобных структур так называемых смешанных опухолей, оставляют открытым вопрос о том, следует ли считать миоэпителиальные клетки соединительнотканными или эпителиальными, обладающими возможностями мезенхимы.

Целью настоящей работы являлось изучение мукополисахаридов в миоэпителиальных клетках нормальных слюнных желез так называемых смешанных опухолей.

Собственные исследования

Нами изучался мукополисахаридный состав в типичных участках разрастания миоэпителиальных клеток так называемых смешанных опухолей слюнных желез.

Исследования проводились на 15 смешанных опухолях слюнных желез, из которых шесть были смешанными опухолями слюнных желез крыс и девять — человека. Для сравнения изучались также нормальные околушные и подчелюстные железы крыс и человека.

Кусочки опухоли (биоптический материал) и отпечатки фиксировали в 10% нейтральном формалине и в жидкости Лизона, отдельные отпечатки — и в метиловом спирте.

Парафиновые срезы толщиной 5 мк и отпечатки окрашивались по Ван-Гизону, Массону, железным гематоксилином, кармином Беста, толуидиновым синим при различных значениях pH, комбинированным методом альциановый синий — ШИК-гематоксин. Проводились также гистоферментативные анализы амилазой и текстикулярной гиалуронидазой. Кроме того, на срезах исследовались степень подавления базофилии кислых мукополисахаридов кислотным метилированием и влияние омыления на результаты метилирования. Срезы подвергались также сульфатированию и серебрению по Гомори.

Результаты исследований

Слюнные железы человека. При окраске комбинированным методом альциановый синий — ШИК — гематоксин во всех миоэпителиальных клетках выявляется гомогенное ШИК-положительное вещество, принимающее вид мелких зернышек вокруг ядра. В части же клеток, наряду с ШИК-положительным веществом, обнаруживается альциан-положительный мукополисахарид в виде мельчайших зерен по периферии цитоплазмы. После воздействия амилазой ШИК-положительные зерна вокруг ядра исчезают. При окраске толуидиновым синим при pH 4,0 выявляется кислый мукополисахарид, окрашенный β -метахроматически по периферии цитоплазмы. После обработки гиалуронидазой с последующей окраской толуидиновым синим при pH 4,0 метахроматическое вещество в цитоплазме миоэпителиальных клеток исчезает. Кислотное мягкое метилирование полностью подавляет базофилию миоэпителиальных клеток, а омыление после предварительного кислотного метилирования восстанавливает их базофилию. Этот факт говорит о том, что β -метахроматически окрашенное вещество по периферии цитоплазмы миоэпителиальных клеток представляет собой кислый мукополисахарид, содержащий COOH-группы.

Сульфатирование с последующей окраской срезов толуидиновым синим при pH 1,7 выявляет β -метахроматически окрашенный мукополисахарид, располагающийся диффузно в цитоплазме миоэпителиальных клеток. Кармин Беста выявляет в цитоплазме вокруг ядра окрашенные в красный цвет зерна, которые исчезают при обработке амилазой. Таким образом, в миоэпителиальных клетках слюнных желез

человека, наряду с гликогеном и нейтральными гликопротеидами, содержится незначительное количество кислого несulfатированного полисахарида, что подтверждается реакцией метилирования-омыления.

Слюнные железы крысы. В миоэпителиальных клетках аналогично слюнным железам человека обнаруживаются гликоген и нейтральный мукополисахарид. Кислые мукополисахариды в миоэпителиальных клетках не обнаруживаются.

Так называемые смешанные опухоли. В экспериментальных (доброкачественных) так называемых опухолях слюнных желез крыс часто отмечается непосредственный переход от аденоматозных образований опухоли к участкам разросшихся миоэпителиальных клеток.

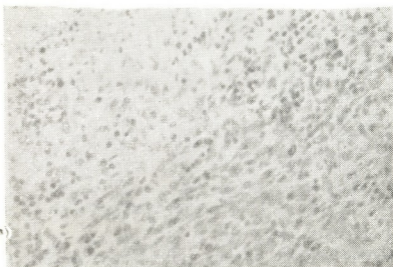


Рис. 1. Железный гематоксилин. Так называемая смешанная опухоль. Зона пролиферации миоэпителиальных клеток (x 500)

Нередко встречается совместное разрастание эпителиальных и миоэпителиальных клеток вокруг протокоподобных образований.

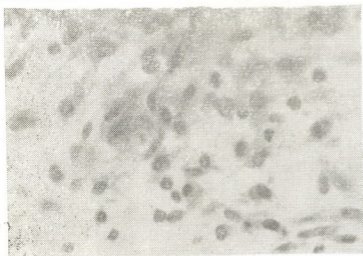


Рис. 2. Импрегнация серебром. Ослизненный участок так называемой смешанной опухоли с миоэпителиальными клетками, между которыми арг. рофильные волокна не выявляются (x 200)

В местах совместного разрастания эпителиальных и миоэпителиальных клеток встречаются слизевидная субстанция и даже аргирофильные волокна. В слизистой субстанции миоэпителиальные клетки принимают веретенообразную или звездчатую форму. Часто миоэпи-

телиальные клетки пролиферируют в строму либо отдельно, либо с эпителиальными клетками, принимая множество всяких форм. В этих участках их трудно отличить от фибропластов. Однако окраска железным гематоксилином и серебрением по Гомори дает возможность отличить их от фибробластов и эпителиальных клеток по фибриллярной цитоплазме и не поддающимся серебрению межклеточным веществам в очагах их пролиферации.

В одном случае наблюдалось папилломатозное разрастание миепителия вокруг выводного протока.

Во всех указанных участках при окраске комбинированным методом альциановый синий—ШИК—гематоксин в цитоплазме миепителиальных клеток обнаруживается гомогенное, в некоторых местах мелкозернистое ШИК-положительное вещество.

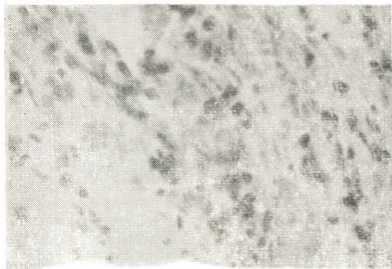


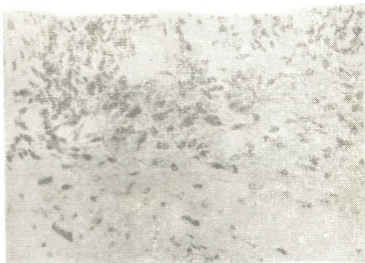
Рис. 3. Так называемая смешанная опухоль слизистой железы крысы. Кислый мукополисахарид в цитоплазме миепителиальных клеток. Реакция метакромазин (рН 3,6). Спичечок (x 630)

После предварительной обработки амилазой в части миепителиальных клеток ШИК-реакция значительно ослабевает. Альциан-положительный мукополисахарид в виде мельчайших зерен по периферии цитоплазмы обнаруживается лишь в части миепителиальных клеток (там, где они создают очаговые скопления). В ослизненных же участках, где миепителиальные клетки находятся в изолированном виде, альциан-положительное вещество обнаруживается в некоторых из них в виде гранул, разбросанных по всей цитоплазме. В межклеточных пространствах обнаруживается резко альциан-положительный полисахарид, имеющий местами гомогенное, местами нежнвоволокнистое строение. Кармин Беста выявляет интенсивно окрашенные в красный цвет зерна, разбросанные по всей цитоплазме, исчезающие в некоторых миепителиальных клетках после обработки амилазой.

В очагах разрастаний миепителиальных клеток, а также в типичных слизевидных участках между миепителиальными клетками обнаруживается резко альциан-положительное вещество, имеющее то гомогенное, то нежнвоволокнистое строение. В хрящеподобных же участках, непосредственно вокруг изолированных миепителиальных клеток межклеточное вещество окрашивается альциановым синим весьма слабо. Толуидиновым синим выявляется γ -хромазин во всех альциан-положительных участках при рН 3,6—4,0.

В хрящеподобных участках вокруг изолированных миоэпителиальных клеток γ -метахромазия наблюдается при pH 1,7.

Рис. 4. Так называемая смешанная опухоль слюнной железы крысы. Окраска комбинированным методом ализариновый синий—ШИК. ШИК-положительный мукополисахарид в цитоплазме миоэпителиальных клеток в слизевидном участке опухоли. Отпечаток (x 200)



В этих участках реакции метилирования-омыления при pH 3,6—4,0 базофилия восстанавливается лишь в цитоплазме миоэпителиальных клеток, что указывает на наличие в них кислых несulfатированных мукополисахаридов, ибо базофилия sulfатированных мукополисахаридов после этой процедуры не восстанавливается. ШИК-положительное вещество в цитоплазме миоэпителиальных клеток, не реагирующее на воздействие амилазы, является нейтральным гликопротеидом.

В пользу такого предположения говорит еще и тот факт, что при окраске толуидиновым синим при pH 1,7 после sulfатирования они выявляются β -метахроматически.

Аналогичные результаты получены нами при изучении так называемая смешанных опухолей слюнных желез человека.

Выводы

В миоэпителиальных клетках слюнных желез крыс обнаруживаются нейтральные мукополисахариды и гликоген, а в миоэпителиальных клетках слюнных желез человека—и кислый несulfатированный мукополисахарид.

В миоэпителиальных клетках так называемых смешанных опухолей слюнных желез крыс и человека отмечается интенсивное образование нейтрального мукополисахарида. Кислые же мукополисахариды выявляются в незначительном количестве в виде цитоплазматических гранул внутри миоэпителия, а также в виде гомогенного или нежнволокнутого вещества между ними. Они по своим свойствам больше напоминают мукополисахариды с превалированием COOH-групп.

Наши данные не согласуются с данными некоторых авторов, приписывающих миоэпителию важную роль в образовании слизевидных и хрящеподобных структур так называемых смешанных опухолей слюнных желез. В этом процессе они принимают частичное участие, вырабатывая кислый несulfатированный мукополисахарид.

Исходя из того, что миоэпителиальные клетки вырабатывают кислые мукополисахариды, содержащие COOH-группы, происхождение сульфатированных мукополисахаридов так называемых смешанных опухолей, по нашему мнению, должно найти иное объяснение.

Институт экспериментальной и
 клинической онкологии
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 8.6.1966)

მეცნიერებათა აკადემიის მიერ

3. იოსავა

მიოეპითელიური უჯრედების როლი სანერწყვე ჯირკვლების

ე. წ. შერეული სიმსივნეების ჰისტოგენეზი

რეზიუმე

შრომში ჰისტოქიმიური კვლევის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით შესწავლილია ადამიანისა და ვირთავას ნორმალური სანერწყვე ჯირკვლების და ე. წ. შერეული სიმსივნეების მიოეპითელიურ უჯრედებში პოლისაქარიდული ნაერთები. გამოიკვია, რომ ვირთავას ნორმალური სანერწყვე ჯირკვლების მიოეპითელიური უჯრედები შეიცავს გლიკოგენსა და ნეიტრალურ მუკოპოლისაქარიდს, ხოლო ადამიანის, გარდა აღნიშნულისა, მყავე მუკოპოლისაქარიდსაც.

ადამიანისა და ვირთავას სანერწყვე ჯირკვლების ე. წ. შერეული სიმსივნეების მიოეპითელიურ უჯრედებში აღვლი აქვს ნეიტრალური ხასიათის მქონე პოლისაქარიდული ნივთიერებების ინტენსიურად წარმოქმნას; მყავე მუკოპოლისაქარიდები კი ვლინდება, უმნიშვნელო რაოდენობით, ციტოპლაზმური მარცვლების სახით და აღჭურვილნი არიან COOH ფუნქციური ჯგუფის მქონე მყავე მუკოპოლისაქარიდის თვისებებით.

ჩვენ არ ვიზიარებთ იმ ავტორთა აზრს, რომლებიც ე. წ. შერეული სიმსივნეების ლორწოსმაგვარი და ხრტილისმაგვარი უბნების წარმოებაში მიოეპითელიურ უჯრედებს წამყვან მნიშვნელობას აძლევენ; ისინი მხოლოდ ნაწილობრივ მონაწილეობენ ამ პროცესში.

დადოებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. H. Hamperl. Über die myoepithelien (myo-epitheliale Elemente) der Brustdrüse. Virchows Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie, 205, 1940, 171—215.
2. E. Grishman. Histochemical analysis of mucopolysaccharides occurring in mucus-producing tumors. Cancer, 4, 5, 1952, 700—707.
3. В. В. Паникаровский. Новообразования слизистых желез. Автореферат, М., 1964.
4. A. Peyron. Sur la pathologie comparée des tumeurs de la mamelle. Bulletin Association Française pour l'étude du cancer, 13, 1924, 363—365.
5. A. C. Allen. So-called mixed tumors of the mammary gland of dog and man (with special reference to the general problem of cartilage and bone formation). Archives of pathology, 29, 5, 1940, 589—624.
6. B. Lennex, A. G. E. Pearsa, H. G. H. Richards. Mucin-secreting tumours of skin: with special reference to the so-called mixed-salivary tumours of the skin and its relation to high-grade carcinoma. J. Pathology & Bacteriology, 64, 5, 1952, 865—880.
7. S. Erichsen. A connective tissue mucin producing carcinoma of the canine mammary gland. Acta pathologica et microbiologica Scandinavica, 36, 1—6, 1955.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Г. В. КВИТАШВИЛИ, Э. Ш. БОЦВАДЗЕ, Л. М. МОСУЛИШВИЛИ,
 Н. Е. КУЧАВА, Э. Н. ГИНТУРИ

К ИЗУЧЕНИЮ ОБМЕНА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ
 ИНФЕКЦИОННОМ ГЕПАТИТЕ МЕТОДОМ НЕЙТРОННОЙ
 АКТИВАЦИИ

(Представлено академиком В. С. Асатиани 25.10.1966)

Работами отечественных и зарубежных авторов достаточно глубоко освещен вопрос патологии разных сторон обмена веществ при инфекционном гепатите, тогда как вопрос значения изменений обмена микроэлементов в патогенезе, клинике и диагностике этого заболевания и взаимосвязь изменения микроэлементов с другими видами обмена веществ требуют дальнейшего углубленного изучения.

Установлено, что обмен микроэлементов при болезни Боткина изменяется в зависимости от тяжести болезни и фазы процесса, но в отношении изменения отдельных микроэлементов мнения разных авторов расходятся.

Большинство авторов в остром периоде инфекционного гепатита указывает на гиперкупрению и предлагает определение количества меди в крови как дополнительный метод для диагностики заболевания и как критерий тяжести течения и выздоровления [1—6]. Однако, по данным некоторых авторов [7—9], при болезни Боткина может иметь место нормальное и даже пониженное содержание меди в остром периоде заболевания.

Ряд авторов [10, 11] отмечает снижение содержания цинка в сыворотке крови, тогда как Ф. П. Ольгина [5] установила повышение количества этого микроэлемента в крови и уменьшенное выведение его с мочой и калом.

Об изменении уровня марганца в крови также имеются разноречивые данные.

По материалам Л. С. Бондарева [1], у половины среднетяжелых и у всех больных с тяжелым течением болезни обнаружено уменьшение содержания марганца в крови. В. М. Сухарев и Н. М. Чистяков (1963 г.) наибольшее снижение показателей выявили в стадии клинического выздоровления, что не совпадает с результатами Л. С. Бондарева [1], который указывал на увеличение марганца по мере выздоровления больных.

В противоположность вышеназванным авторам, М. Н. Назармухамедова [12] у больных инфекционным гепатитом отмечает повышение содержания марганца в крови и снижение выделения с калом.

В доступной литературе нам не удалось найти работ по определению содержания золота в крови при инфекционном гепатите.

Исходя из этих соображений, мы сочли интересным в условиях нашей республики изучить обмен некоторых микроэлементов (меди, цинка, марганца и золота) при инфекционном гепатите и желтухах другой этиологии.

Количественные сдвиги в содержании микроэлементов сопоставлялись с тяжестью и периодами заболевания, функциональной деятельностью печени и показателями активности ферментов.

Исследования по определению микроэлементов проводились методом нейтронной активации на ядерном реакторе ИРТ-2000 Института физики АН СССР.

Количественный анализ микроэлементов — меди, цинка, марганца, золота — производили в цельной крови (для анализа достаточно до 1 г крови) в динамике: до лечения и после клинического выздоровления вместе с определением других показателей обмена веществ (пигментный обмен, белковый обмен, активность сывороточных ферментов: альдолазы, глютаминоаланиновой и глютаминоаспарагиновой трансаминаз и щелочной фосфатазы), стараясь установить взаимосвязь между ними.

Изучено 42 больных, из них 32 инфекционным гепатитом и 10 желтухами другой этиологии (холециститы, злокачественные опухоли поджелудочной железы и печени). По возрасту больные распределялись в основном от 20 до 50 лет. Контрольную группу составили 20 доноров. В 12 случаях инфекционный гепатит протекал в легкой форме, в 20 — со средней тяжестью.

В остром периоде болезни у больных со средней тяжестью количество меди в крови колеблется от 6,0 до 43,0 10^{-7} г/г крови (при этом в одном случае в норме, в 10 повышено, в восьми понижено). При статистической обработке это колебание дает достоверное повышение меди ($15,09 \pm 2,21 \cdot 10^{-7}$ г/г крови; $p < 0,05$) по сравнению с количеством меди здоровых людей ($10,44 \pm 1,50 \cdot 10^{-7}$ г/г крови).

В период выздоровления количество меди имеет тенденцию к нормализации, особенно у тех больных, у которых имелось повышение. В случаях с пониженным количеством при первом исследовании содержание меди остается на низком уровне. При колебаниях от 3,73 до 17,7 10^{-7} г/г крови оно отстает от нормы ($9,09 \pm 1,56 \cdot 10^{-7}$ г/г крови), являясь достоверно пониженным по сравнению с первым исследованием ($p < 0,02$).

У больных легкой формой заболевания количество меди дает меньшее колебание, особенно в сторону повышения. В среднем оно незначительно отстает от нормы ($9,50 \pm 0,94 \cdot 10^{-7}$ г/г крови) с колебаниями от 7,8 до 12,0 10^{-7} г/г крови. При втором исследовании содержание меди понижается ($7,8 \pm 1,6 \cdot 10^{-7}$ г/г крови).

В период разгара болезни у большинства среднетяжелых больных отмечалось повышение содержания цинка в крови (в среднем $5,68 \pm 0,43 \cdot 10^{-6}$ г/г крови), что по сравнению с содержанием цинка в крови здоровых людей ($3,38 \pm 0,30$) является достоверным ($p < 0,001$).

В период выздоровления количество цинка в крови имеет тенденцию к нормализации, но у 1/3 больных остается повышенным, в среднем незначительно повышенным ($4,07 \pm 0,65 \cdot 10^{-6}$ г/г крови). Разница по сравнению с уровнем цинка при первом исследовании достоверна.

Почти у половины больных с легким течением болезни содержание цинка в крови до лечения оказалось повышенным, но в значительно меньшей степени, чем у больных первой группы (в среднем $4,34 \pm 0,57 \cdot 10^{-6}$ г/г крови). При втором исследовании содержание цинка имеет тенденцию к нормализации ($p < 0,5$).

У больных со средней тяжестью в разгаре заболевания количество марганца в крови в единичных случаях оказывалось в норме, повышение или понижение наблюдалось одинаково часто, с колебаниями от $1,80$ до $13,5 \cdot 10^{-8}$ г/г крови. Среднее содержание равнялось $4,63 \pm 0,81 \cdot 10^{-8}$ г/г крови. Разница по сравнению с количеством марганца у здоровых ($3,30 \pm 0,38$) недостоверна ($0,1$). При втором исследовании содержание марганца в крови по сравнению с первым исследованием достоверно понижается ($2,42 \pm 0,56$; $p < 0,02$).

Среди больных с легким течением болезни при первом исследовании количество марганца в крови дает колебание в сторону умеренного понижения или незначительного повышения (в среднем $2,82 \pm 0,48$; $p < 0,2$). Перед выпиской содержание марганца находится на высоком уровне нормы ($3,72 \pm 1,0 \cdot 10^{-8}$ г/г крови).

В остром периоде болезни количество золота у большинства среднетяжелых больных понижается, в единичных случаях оно находится в пределах нормы или дает умеренное повышение. В среднем по сравнению с донорами ($4,0 \pm 2,0$) оно понижено ($2,36 \pm 0,75 \cdot 10^{-10}$ г/г крови). При втором исследовании оно также значительно понижено.

При легком течении болезни содержание золота в крови почти у всех больных понижается ($1,60 \pm 0,77$). После выздоровления, незначительно повышаясь, оно имеет лишь тенденцию к нормализации ($p < 0,2$).

Таким образом, при инфекционном гепатите нам удалось обнаружить количественные колебания микроэлементов, что выразилось в большинстве случаев в повышенном содержании меди и цинка в крови. Содержание марганца в крови менялось как в сторону повышения, так и в сторону понижения, но в меньшей степени по сравнению с колебаниями цинка и особенно меди. Параллельно с количественными вариациями этих микроэлементов были обнаружены также заметные сдвиги в содержании такого ультрамикроэлемента, как золото (в сторону понижения).

В период выздоровления нормализация количественных вариаций микроэлементов отставала от клинического выздоровления и нормализации билирубина, ферментативных показателей и белкового обмена.

При холециститах отмечается более значительное повышение количества меди в крови ($19,16 \pm 2,60 \cdot 10^{-7}$ г/г крови; $D = 8,72$; $p < 0,001$). Количество цинка составляет в среднем $5,87 \pm 0,63 \cdot 10^{-6}$ г/г крови ($p < 0,01$), а количество марганца $5,74 \pm 1,78$ ($p < 0,2$). Содержание золота понижается в большей степени, чем при инфекционном гепатите.

При раке поджелудочной железы и печени содержание меди в крови также повышается ($17,4 \pm 5,28 \cdot 10^{-7}$ г/г крови), а количество цинка равняется $9,26 \pm 1,79 \cdot 10^{-6}$ г/г крови. Разница по сравнению с донорами достоверна ($p < 0,01$).

Таким образом, гиперкупремия при холециститах и гиперкупремия и гиперцинкемия при желтухах опухолевого генеза выражена в значительно большей степени, чем при инфекционном гепатите. Наглядно также более значительное понижение золота при холециститах.

Второй вопрос, который интересовал нас, — это взаимосвязь колебания микроэлементов при инфекционном гепатите с другими видами обмена веществ.

При сопоставлении материала нам не удалось установить прямую зависимость между колебанием микроэлементов в сыворотке крови и количеством билирубина. Лишь в единичных случаях отмечалось параллельное повышение меди и билирубина. Поэтому мы полагаем, что искать причину колебания микроэлементов при инфекционном гепатите только в нарушении желчевыделения недостаточно. Это соображение подтверждается еще тем, что в разгаре желтухи, в остром периоде болезни микроэлементы дают колебания как в сторону повышения, так и в сторону понижения. Вместе с тем, в период выздоровления, когда уже нет задержки желчи и количество билирубина в крови нормализуется, микроэлементы часто остаются еще измененными. В этом отношении наши данные совпадают с литературными данными [3, 7].

Для решения вопроса о взаимоотношении между микроэлементами и белками крови нами было произведено сопоставление средних величин концентраций микроэлементов со средними величинами содержания белковых фракций сыворотки крови и показателями тимоловой пробы у 30 больных инфекционным гепатитом. Параллельно с гиперкупремией отмечались высокие показатели тимоловой пробы и гипергаммаглобулинемия. В период выздоровления отклонение в содержании меди наблюдалось при стойкой гипергаммаглобулинемии и высоких показателях тимоловой пробы что в комплексе надо считать плохим прогностическим признаком в последствиях инфекционного гепатита. Кроме того, мы смогли установить прямо пропорциональную зависимость между повышением цинка, понижением содержания золота и повышением гаммаглобулиновой фракции сыворотки крови. Эти данные подтверждают, что изменения в обмене микроэлементов и степень нарушения белкового обмена при инфекционном гепатите находятся в прямой зависимости.

Исходя из того что микроэлементы входят в состав ряда ферментативных систем, являясь их активаторами или ингибиторами, мы сочли интересным проследить взаимосвязь количественного содержания микроэлементов с активностью диагностических ферментов при инфекционном гепатите. Оказалось, что у большинства больных повышение содержания цинка соответствовало увеличению активности сывороточных трансаминаз. С количеством меди такое соотношение встречалось реже. Повышение активности альдолазы в большинстве случаев сопровождалось повышенным содержанием меди, а также цинка. При обтурационных желтухах мы установили обратную зависимость между повышением активности трансаминаз и количеством меди и цинка в крови.

Эти предварительные исследования, касающиеся вопроса возможного участия микроэлементов в механизме гиперферментемии при инфекционном гепатите, требуют дальнейшего наблюдения.

Мы считаем, что отдельное определение микроэлементов в крови при инфекционном гепатите с целью диагностики не имеет никакого преимущества над определением активности ферментов. Но параллельное определение микроэлементов с ферментами, в частности гиперкупремией при пониженной активности ферментов, может подтвердить механическую этиологию желтухи.

Полученные результаты указывают, что колебания микроэлементов имеют определенную роль в патогенезе инфекционного гепатита.

Мы предполагаем, что в механизме колебания микроэлементов основную роль играет функциональная недостаточность печени. Вследствие некроза гепатоцитов при инфекционном гепатите нарушаются процессы синтеза и фиксации микроэлементов, чему в первую очередь способствует нарушение белкового обмена, желчевыделения и других сторон обмена веществ.

Для окончательного выяснения механизма нарушения обмена микроэлементов при инфекционном гепатите следует проводить комплексное изучение его с другими видами обмена веществ с параллельным определением в биопсионной ткани печени.

Механизму понижения золота при инфекционном гепатите трудно дать оценку, не зная его физиологической роли. Но эти наблюдения могут иметь определенную ценность в выяснении его возможной роли в физиологических и патологических условиях.

Выводы

1. При инфекционном гепатите в период разгара болезни имеет место колебание содержания микроэлементов в крови, причем содержание меди повышается значительно, а цинка умеренно. Уровень марганца меняется в меньшей степени. Количество золота на всем протяжении болезни остается пониженным.

2. Полученные нами результаты в отношении меди и цинка в сопоставлении с активностью сывороточных трансминаз имеют дифференциальное значение при диагностике желтух разной этиологии.

3. Колебание микроэлементов в крови находится в прямой зависимости от степени тяжести заболевания и функциональных нарушений печени (в первую очередь с нарушением белкового обмена).

4. Нормализация содержания микроэлементов отстает от клинического выздоровления и нормализации других сторон обмена веществ. В этом отношении она занимает четвертое место после нормализации билирубина, сывороточных ферментов и белкового обмена.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физики

Тбилисский государственный
медицинский институт

(Поступило в редакцию 25.10.1966)

მასპერინგენტული მედიცინა

ბ. კვიციანი, ე. ბოცვაძე, ლ. მოსულიშვილი, ნ. კუპავა, ე. გინაშვილი
მიკროელემენტების ცვლის შესწავლისათვის ინფექციური ჰეპატიტის
დროს ნეიტრონული აქტივაციის მეთოდით

რეზიუმე

ჩვენ შევისწავლეთ სპილენძის, თუთიის, მარგანცისა და ოქროს ცვლა დინამიკაში ინფექციური ჰეპატიტისა და სხვა ეტიოლოგიის სიყვითლეების დროს (ნივთიერებათა ცვლის სხვა მხარეებთან ერთად).

მიკროელემენტების გამოკვლევა ვაწარმოეთ ატომურ რეაქტორზე, ნეიტრონული აქტივაციის ლაბორატორიაში.

დადგენილ იქნა, რომ ინფექციურა ჰეპატიტის დროს, დაავადების მწვავე პერიოდში, სიმძიმის შესაბამისად, ადგილი აქვს სისხლში სპილენძისა და თუთიის მომატებასა და ოქროს დაქვეითებას. მარგანეცის რაოდენობა შედარებით ნაკლებ ცვლილებას იძლევა.

გამოჯანმრთელების პერიოდში მიკროელემენტების მაჩვენებლები ნორმალიზდება პიგმენტური ცვლის, ფერმენტული მაჩვენებლებისა და ცილის ცვლის ნორმალიზაციის შემდეგ. ამ პერიოდში სპილენძის რაოდენობის ცვლილებები ჰიპერგამაგლობულინემიასთან და თიმოლის სინჯის მაღალ მაჩვენებლებთან ერთად შეფასებულ უნდა იქნეს, როგორც ცუდი პროგნოზული ნიშანი ინფექციური ჰეპატიტის ნარჩენ მოვლენებში.

ჰიპერკუპრემიას შრატის ფერმენტების (ტრანსამინაზების) აქტივობის დაბალ მაჩვენებლებთან ერთად ჩვენ ვაძლევთ დიფერენციულ-დიაგნოსტიკურ ღირებულებას მექანიკური სიყვითლეების დიაგნოსტიკაში.

დადოვიდავლი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Л. С. Бондарев. Обмен микроэлементов при болезни Боткина. Клиническая медицина, т. 40 № 2, 1962, 66—71.
2. М. А. Борисова. Клинико-биохимические параллели в изучении содержания меди и активности церулоплазмينا сыворотки крови при брюшном тифе, острой дизентерии и болезни Боткина. Советская медицина, 6, 1964, 45—51.
3. Т. В. Жернакова. Коэффициент железа/медь и факторы, влияющие на уровень микроэлементов в сыворотке крови при болезни Боткина. Терапевтический архив, вып. 11, 1962, 68—73.
4. Т. И. Мецкан. Обмен меди в организме больных эпидемическим гепатитом. Автореферат, Ташкент, 1960.
5. Ф. П. Ольгина. Обмен некоторых микроэлементов при инфекционном гепатите. Материалы научной сессии Киевского ин-та инфекционных болезней, 1965, 45—46.
6. А. Ф. Яковлев. Взаимосвязь между содержанием железа, меди, белка и липопротеидов в сыворотке крови больных эпидемическим гепатитом. Сборник научных трудов Иванова мед. ин-та, вып. 29, 1964, 48—52.
7. В. М. Сухарев, Н. М. Чистяков. Содержание меди, марганца, железа, никеля и кобальта в крови у больных болезнью Боткина. Терапевтический архив, 3, 1963, 38—42.
8. F. Hutterer, T. Hunya. Sschweiz. med. Wschr., Bd. 87, 1957, 190.
9. I. E. Underwood. Trace elements in Human and Animal Nutrition. Academic Press inc. New-York a. London, 1962.
10. А. З. Алиев. Колебания уровня цинка в крови больных инфекционным гепатитом. Научные труды ученых и практических врачей Узбекистана, сборник IV, 1963, 18—21.
11. А. З. Алиев. К вопросу обмена цинка в организме больных инфекционным гепатитом. Научные труды ученых и практических врачей Узбекистана, сборник V, 1965, 237—242.
12. М. Н. Назармухамедова. К вопросу о нарушении содержания марганца при инфекционном гепатите. Научные труды ученых и практических врачей Узбекистана, сборник V, 1965, 234—236.



კლინიკური მედიცინა

6. შლენტი

**ჟგა-სახის მიღამოში სპირტ-ნოვოკაინის 5%-იანი ხსნარის
 გამოყენების საკითხისათვის**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ერისთავმა 8.6.1966)

ტკივილის წინააღმდეგ ბრძოლა ეს არის ძლიერი სამკურნალო საშუალება. ორგანიზმში არ არსებობს არც ერთი ორგანო, რომელზედაც ტკივილი თავის კვალს არ ტოვებდეს, ამიტომ ტკივილგაყუჩება მიზნად ისახავს არა მარტო იმას, რომ ავადმყოფს თავიდან ააციდინოს მძიმე სუბიექტური შეგრძნებანი, არამედ იგი ამავე დროს დადებითად უნდა მოქმედებდეს პათოლოგიური პროცესების მიმდინარეობაზე.

მედიცინისა და ქიმიის სწრაფმა განვითარებამ ტკივილგამაყუჩებელი მრავალი ახალი საშუალება და მათი გამოყენების ახალი მეთოდები წარმოშვა. საღლეისოდ მეტი წილი ქირურგიული მანიპულაციებისა, განსაკუთრებით პოლიკლინიკის პირობებში, ადგილობრივი ტკივილგაყუჩებით ხორციელდება. აღნიშნული მიზნისათვის გამოყენებულ ნივთიერებათაგან, განსაკუთრებით ჩვენს ქვეყანაში, პირველ ადგილზე ნოვოკაინი დგას. მაგრამ მრავალი მკვლევარის დაკვირვებებით დადგენილია, რომ სპირტის სუსტ ხსნართან ნოვოკაინის შერწყმის შედეგად ძლიერდება მისი საანესთეზიო თვისებები.

სპირტს, როგორც საინექციო სამკურნალო საშუალებას, გამოყენების საკმაოდ ხანგრძლივი ისტორია აქვს, განსაკუთრებით ნევრალგიის, ადგილობრივი სისხლძარღვოვანი სპაზმისა და სხვა შემთხვევებში, რომლის მიზანს ნერვში გამტარობის დარღვევა წარმოადგენს (ქიმიური ნერვოტომია). ამისათვის გამოიყენება მაღალი კონცენტრაციის სპირტი (70—80%) ინექციის სახით ენდო-ან პერინევრალურად. ასეთი ზემოქმედება ნერვში იწვევს ღრმა პარაბიოზულ გამოფიტვას, რაც კვირების, ზოგჯერ კი თვეების განმავლობაში გრძელდება. ზოგჯერ ნერვი შეუწავსებლად რჩება ასეთ მდგომარეობაში.

მკვლევართა წინაშე დაისვა საკითხი ნოვოკაინის საანესთეზიო მოქმედების განხანგრძლივების თვალსაზრისით, მის ხსნარს დამატებოდა სპირტის გარკვეული რაოდენობა. მიზანშეწონილად ცნეს სპირტის მინიმალური რაოდენობა, რაც მოქმედებს, როგორც ადექვატური გამღიზიანებელი. ამავე დროს მისი მცირე კონცენტრაცია ქსოვილებში არ იწვევს უარყოფით რეაქციულ მოვლენებს, რაც ქსოვილების ანთებად გაღიზიანებაში, ზოგჯერ ნეკროზშიც კი გამოიხატება.

აღსანიშნავია, რომ ეს თავისებულებები ყველაზე მეტად გამომჟღავნდა 5%-იან სპირტ-ნოვოკაინის ხსნარში.

კლინიკურმა დაკვირვებებმა, 5%-იანი სპირტ-ნოვოკაინის ხსნარის გამოყენებისას, ზოგიერთი მწვავე ანთებადი დაავადების დროს, ნათელყო ამ მეთოდის მაღალი სამკურნალო ეფექტურობა, რომელსაც საფუძვლად უდევს ნოვოკაინის პროლონგირებული მოქმედება პერიფერიულ ელემენტებზე, რასაც უკანასკნელი ფუნქციონალურ ნორმალიზაციამდე მიყავს.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა 5%-იანი სპირტ-ნოვოკაინის ხსნარის პროლონგირებული საანესთეზიო მოქმედების უნარი ყბა-კბილთა სისტემის სხვადასხვა დაავადების დროს, სახელდობრ, როგორც სამკურნალო საშუალება გამოგვეყენებინა მწვავე ალვეოლიტებისა და ნევრალგიის ზოგიერთი ფორმის დროს, როგორც საანესთეზიო საშუალება კბილების ექსტრაქციისა და მცირე ამბულატორული ოპერაციების შემთხვევებში.

დაკვირვებას ვაწარმოებდით 1964 წლიდან ექიმთა დახელოვნების თბილისის სახელმწიფო ინსტიტუტის ქირურგიული სტომატოლოგიის კათედრის მე-სამე სტომატოლოგიური პოლიკლინიკის ბაზაზე. დაკვირვებაში იმყოფებოდა 158 ავადმყოფი; აქედან კბილების ექსტრაქცია სპირტ-ნოვოკაინის ანესთეზიით ჩატარდა 120 ავადმყოფს. 20 შემთხვევაში ჩატარებულ იქნა ამბულატორული ოპერაციები; სახელდობრ: ხუთ შემთხვევაში ნეიშანის ოპერაცია, სამ შემთხვევაში — მტოცავი გრანულომის გამო, ორ შემთხვევაში — სეკვესტროექტომია, ოთხ შემთხვევაში — რეპლანტაცია, ოთხ შემთხვევაში ცისტექტომია და ორ შემთხვევაში — ათერომის ამოკვეთა.

15-ჯერ აღნიშნული ხსნარი ბლოკადის სახით გამოყენებული იყო კბილბულის მწვავე ტკივილისას, 3-ჯერ კი სამწვერა ნერვის ნევრალგიის დროს.

ჩვეულებრივ ჩვენ ვხმარობდით ერთ ნაწილ 96%-იან სპირტს, 20 ნაწილ 1-ან 2%-იან ნოვოკაინის ხსნარზე. ამრიგად, ვღებულობდით სპირტ-ნოვოკაინის 5%-იან ხანარს.

აღნიშნული ხსნარი, მანიპულაციების ჩატარებისას და მის შემდეგ, უზრუნველყოფდა მაქსიმალურ გაუტკივარებას. აღსანიშნავია, რომ პოსტოპერაციულ პერიოდში ტკივილის შეგრძნება იწყებოდა ბევრად უფრო მოგვიანებით, დაახლოებით 2—3 საათის შემდეგ, და გრძელდებოდა ხანმოკლე დროის განმავლობაში; ზოგჯერ ოპერაციის შემდგომი ტკივილის პერიოდი სრულიად არ აღინიშნებოდა.

ყურადღებვია აღნიშნული ხსნარის მოქმედება ყბების მწვავე ოსტეომილეტის შემთხვევებში, არა მარტო როგორც ტკივილგამაყუჩებელი საშუალება, არამედ როგორც ანთებადსაწინააღმდეგო ფაქტორიც.

ჩვენმა დაკვირვებებმა ნათელყო, რომ მწვავე ოსტეომილეტის დროს 5%-იანი სპირტ-ნოვოკაინის ხსნარი იძლევა განკურნების კარგ ეფექტს. გამომდინარე ა. ვ ი შ ნ ე ვ ს კ ი ს მონაცემებიდან, ნოვოკაინის ბლოკადის მაქსიმალური შიდეგიანობის შესახებ მწვავე ანთებადი პროცესების დასაწყის სტადიაში, სპირტ-ნოვოკაინის ინექციას ავადმყოფს ვუკეთებდით მომართვის პირველსავე დღეს. ამით ჩვენ ვაღწევდით მგრძნობიარე ნერვულ დაბოლოება-

თა გახანგრძლივებულ ბლოკადას, რაც საჭიროებისამებრ მეორდებოდა. მიზეზობრივ კბილს ჩვეულებისამებრ ვუღებდით.

ამრიგად, ანთებადი პროცესი მიმდინარეობდა პროლონგირებული გაუტკივარების ფონზე და ავადმყოფს დიდ შეღავათს აძლევდა, რაც წარმოადგენს მარეგულირებელ ფაქტორს პათოლოგიური პროცესის უფრო სწრაფი კუპირების თვალსაზრისით.

აღსანიშნავია, რომ პროცესის უკუგანვითარება მოხდა ბევრად უფრო მოკლე ვადებში, ვიდრე ჩვეულებრივი წესით მკურნალობის დროს 35 შემთხვევიდან, რომელთაგან 24 მოდიოდა ზედა, 11 კი — ქვედა ყბაზე, 32 შემთხვევა დამთავრდა აბორტულად, ხოლო 3 შემთხვევაში საჭირო გახდა პირსშიგნითა განაკვეთი ჩირქის ევაკუაციის მიზნით.

აღნიშნული ფაქტები ერთხელ კიდევ ადასტურებენ ა. ვიშნევსკის მონაცემებს, რომ ნოვოკაინით ნერვების ბლოკი დაავადების პროცესში ცვლის ნერვული სისტემის საერთო არახელსაყრელ ტროფიკულ მდგომარეობას, რითაც ხელს უწყობს პათოლოგიური პროცესის ლიკვიდაციას; რომ ნოვოკაინის ბლოკის გამოყენება მწვავე პროცესების შემთხვევებში წარმოადგენს სასარგებლო სამკურნალო ღონისძიებას, ვინაიდან იგი ამალღებს ანთებადი ქსოვილის წინააღმდეგობის უნარს.

ს პ ე რ ა ნ ს კ ი ნოვოკაინის ხსნარით ინფილტრაციულ ანესთეზიას ხსნის როგორც სუსტ გამღიზიანებელს, რაც ხელსაყრელად მოქმედებს რა პათოლოგიური პროცესის მიმდინარეობაზე, ქმნის პირობებს შინაგან ურთიერთობათა შესაცვლელად.

პაროდონტოზის დროს სპირტ-ნოვოკაინის ხსნარის ინექციამ მოგვცა გარკვეული სამკურნალო ეფექტი, რაც გამოიხატა მწვავე ანთებადი პროცესის დროებით ლიკვიდაციაში; ამან უფლება მოგვცა აღნიშნული ინექციები განმეორებით ჩავეტარებინა. ანალოგიურ შედეგებზე მიუთითებს ვ ა ი ს ბ ლ ა ტ ი ც [2]. იგი აღნიშნავს, რომ ჩვეულებრივ ორი-სამი ინექციის შემდეგ გამწვავება ქრება და ავადმყოფი კლინიკურად უმჯობესდება.

რაც შეეხება რეპლანტაციის 4 შემთხვევას, უნდა აღინიშნოს, რომ სპირტ-ნოვოკაინის ბლოკადით ჩატარებული ოპერაცია ბევრად უფრო შეღავათიანი აღმოჩნდა ავადმყოფისათვის, ვინაიდან ოპერაციის-შემდგომი ხანა თითქმის უმტკივნეულოდ მიმდინარეობდა, რაც ხელს უწყობდა რეპარაციული პროცესების გააქტივებას. ნევრალგიათა სამ შემთხვევაში (სამი შემთხვევა მესამე ტოტს შეეხებოდა) ჩატარებულ იქნა 5%-იანი სპირტ-ნოვოკაინის ხსნარით საძილე ბოლქვის ბლოკადა 3-დან 4 ინექციამდე სამი დღის ინტერვალებით.

აღნიშნულმა მკურნალობამ გარკვეული შეღავათი მისცა ავადმყოფებს მითუმეტეს, რომ ისინი ქრონიკულად იყვნენ დაავადებულნი და მათზე ნაცადი იყო მკურნალობის ყველა წესი. უნდა აღინიშნოს რომ ს. ვ ა ი ს ბ ლ ა ტ ი ს [2] მონაცემებიც, ამასვე მეტყველებენ. დიდ მასალაზე ჩატარებული დაკვირვების საფუძველზე ს. ვაისბლატი გამოთქვამს აზრს, რომ სპირტ-ნოვოკაინის სუსტი ხსნარის (იგი ხმარობს 10%-იანი სპირტ-ნოვოკაინის ხსნარს) ტკივილგამაყუჩებელი ეფექტი არაფრით არ ჩამოუვარდება ჩვეულებრივი 80%-იანი სპირტის

ხსნარით მიღებულ ეფექტს. პირიქით, ზოგიერთ შემთხვევაში იგი მეტი უპირატესობით ხასიათდება.

მწვავე ალკოლიტების მკურნალობა პრაქტიკოსი ექიმებისათვის ყოველთვის ძიების საკითხია, ვინაიდან სტომატოლოგიის პრაქტიკაში ექსტრაქციის შემდგომი კბილბუდის ტკივილი საკმაოდ ხშირი მოვლენაა. აქაც ჩვენ ვკადრეთ პროლონგირებული 5%-იანი სპირტ-ნოვოკაინის ხსნარის ბლოკადა. აღსანიშნავია, რომ ამ წესმა დიდი სამკურნალო ეფექტი მოგვცა. ავადმყოფს ტკივილის ფაქტორი მოეხსნა, რაც ყველაზე მეტად შემაწუხებელია ამ დაავადების დროს.

ოპერაციის სხვა შემთხვევაშიც მიღებულია გაუტკივარების კარგი ეფექტი, ოპერაციის შემდგომი პერიოდის სადა მიმდინარეობით. ნაოპერაციევი მიდამოს შეშუპებას ადგილი არ ჰქონია, რაზედაც მიუთითებენ ლიტერატურული მონაცემებიც [1, 2, 4].

რაც შეეხება კბილების ექსტრაქციითა შემთხვევებს, აღსანიშნავია, რომ ექსტრაქცია მიმდინარეობდა მაქსიმალური გაუტკივარებით და არც ერთ შემთხვევაში არავითარ გართულებას ადგილი არ ჰქონია. აღნიშნული ხსნარი იხმარებოდა როგორც ინფილტრაციული, ისე გამტარი ანესთეზიისათვის.

ბოლოს უნდა აღინიშნოს, რომ სპირტ-ნოვოკაინის ხსნარი გამორიცხავს პენიცილინთან კომბინაციის შესაძლებლობას. ადრენალინის დამატება წინააღმდეგ ნაჩვენები არ არის, ვინაიდან სპირტი, მით უმეტეს მისი სუსტი ხსნარი, არ უკარგავს მას სისხლძარღვთა შემავიწროვებელ თვისებებს.

დასკვნები

1. 5%-იანი სპირტ-ნოვოკაინის ხსნარი იძლევა რა მგრძობიარე ნერვების გახანგრძლივებულ ბლოკს, წარმოადგენს კარგ სამკურნალო საშუალებას სხვადასხვა დაავადებათა დროს, განსაკუთრებით, როდესაც დომინირებს ტკივილის სინდრომი.

2. 5%-იანი სპირტ-ნოვოკაინის ხსნარი, როგორც ანთებადსაწინააღმდეგო ღონისძიება შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ყბა-კბილთა სისტემის სხვადასხვა სახის ანთებადი დაავადებების შემთხვევაში როგორც პროფილაქტიკური, ისე სამკურნალო მიზნით.

3. აღნიშნული ხსნარი იძლევა რა ტკივილგაყუჩების მაქსიმალურ ეფექტს, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ყბა-კბილთა მიდამოში სხვადასხვა სახის მანიპულაციების ჩატარების დროს, როგორც კარგი საანესთეზიო საშუალება.

ექიმთა დახელოვნების თბილისის
სახელმწიფო ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვია 8.6 1966)

Н. И. ЖГЕНТИ

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ 5% СПИРТ-НОВОКАИНОВОГО
 РАСТВОРА В ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

Резюме

С целью изучения анестезирующего и лечебного действия 5% спирт-новокаинового раствора при зубо-челюстной патологии, нами произведены наблюдения на 158 больных, из коих посредством спирт-новокаиновой блокады 120 была произведена экстракция зубов, а в 20 — разные амбулаторные операции.

15 раз была произведена 5% спирт-новокаиновая блокада при острых луночных болях и три раза блокада, при невралгии тройничного нерва. Обычно мы применяли одну часть 96° спирта на 20 частей 1 или 2% раствора новокаина.

На основании клинических наблюдений было установлено, что при длительной спирт-новокаиновой блокаде гораздо быстрее наступает анестезия и держится в 1,5—3 раза дольше, чем при действии одного новокаина.

Как лечебный фактор, оказывает противовоспалительное действие и повышает репаративные свойства кости. Вызывая пролонгирующий блок чувствительных нервных окончаний, действует как противоболевой фактор, что особенно эффективно выражено при острых луночных болях.

ՀԱՄԱՅՆՅԱԼԻ ԼՈՒՆՔԱԾՄԵՆ — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Тошинский. О спирт-новокаиновом местном обезболивании. Хирургия, 10, 1947, 63—64.
2. С. Н. Вайсblatt. Новокаин-спиртовый раствор как обезболивающее средство и как лечебный фактор в челюстно-лицевой области. Стоматология, 1, 1963, 65—67.
3. А. Б. Эйкелс. Опыт лечения при вазомоторных ринитах эндоназальными инъекциями новокаина с 5% раствором спирта. Вестник оториноларингологии, 2, 1952, 35—38.
4. Н. А. Наджарян. Об анестезирующих качествах слабоспиртовых растворов новокаина. Труды Ереванского мед. ин-та, 8, 1956, 201—209.
5. Н. А. Наджарян. Лечение больных острыми воспалениями среднего уха спирт-новокаиновым раствором. Советская медицина, 1, 1955, 61—69.
6. М. Д. Дадяни. Влияние длительной спирт-новокаиновой блокады челюстей на трофические процессы. Автореферат, Тбилиси, 1963.
7. А. А. Вишнеvский. Проблемы клинической и экспериментальной хирургии. М., 1953, 5—16.



კლინიკური მიმდინარეობა

ლ. ლამბაშიძე

მუხლის სახსრის ტუმბერკულოზური ანთიზის
მკურნალობის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ჯავახიშვილმა 28. 6. 1966)

ჩველსახსართა ტუმბერკულოზურ დაავადებებს შორის სპეციფიკურ გონიტს ერთ-ერთი პირველი ადგილი უჭირავს — 20% [1]. იგი ფართოდაა გაშუქებული როგორც სამამულო, ისე უცხოურ ლიტერატურაში [2, 3, 4]. მაგრამ დღეისათვის ზოგიერთი საკითხი ჯერ კიდევ შემდგომ შესწავლასა და დაზუსტებას მოითხოვს. ასეთია მაგალითად, რენტგენოლიაგნოსტიკისა და მკურნალობის საკითხები.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტიტუტის სამკურნალო ფაკულტეტის ჰოსპიტალური ქირურგიის კათედრის (გამგე — პროფ. მ. კომახიძე) კლინიკური მასალა გონიტების შესახებ. სულ აღმოჩნდა 570 შემთხვევა (1919—1960); აქედან: ტუმბერკულოზური გონიტი — 406 შემთხვევა, ტრავმული გონიტი — 150, ლუესური გონიტი — 6, გონერეული გონიტი — 5, რევმატული გონიტი — 3.

ტუმბერკულოზური გონიტის ხელშემწყობ პირობას წარმოადგენს ტრავმა და ორგანიზმის რეზისტენტობის დაკნინება. ტუმბერკულოზური ფონის არსებობა (ფილტვების ტუმბერკულოზი) ამძიმებს დაავადების მიმდინარეობას.

ლიტერატურის მონაცემებით [4], ტრავმის შემთხვევაში აღინიშნება ანთებითი რეაქცია, დაზიანებულ უბანში არტერიული სისხლის სიჭარბითა და ლეიკოციტოზით, რაც პირობას ქმნის ჰემატოგენური გზით მოტანილი კოხის ჩხირების გასააქტივებლად.

ჩვენი მასალის 406 შემთხვევიდან ტრავმას ანამნეზში აღნიშნავს 128 ავადმყოფი, რაც შეადგენს 31%-ს. აქვე უნდა დავძინოთ, რომ ტრავმა არ განაპირობებს ტუმბერკულოზის განვითარებას, მაგრამ მას შეუძლია ფარულად მიმდინარე პროცესის გამოვლინება და გამწვავება [5, 6, 7].

ჩვენი მასალიდან მამაკაცი იყო — 327 (80,6%), ქალი — 79 (19,4%). ლოკალიზაციის მიხედვით მარჯვენა მუხლის სახსარზე მოდის 282 (70,9%) შემთხვევა, მარცხენაზე — 104 (25,8%), ორმხრივი — 20 (3,3%).

დაავადების სისწორე წლოვანების მიხედვით შემდეგნაირად ნაწილდება: 1-დან 5 წლამდე — 31 (7,6%), 6-დან 10 წლამდე — 70 (17,2%), 11-დან 20 წლამდე — 174 (42,8%), 21-დან 40 წლამდე — 78 (19,2%), 41-დან 60 წლამდე — 47 (11,4%), 61-დან ზემოთ — 16 (3,8%).

როგორც ირკვევა, მუხლის სახსრის სპეციფიკური პროცესით ხშირად სრული ასაკოვანი მამაკაცები ავადდებიან. მეტწილად ზიანდება მარჯვენა მუხლის სახსარი.

როგორც ცნობილია, კლინიკური მიმდინარეობის მიხედვით არჩევენ ტუბერკულოზური გინიტის ორ ფორმას — სინოვიურსა და ძვლის ფორმას. ჩვენი მასალის მიხედვით, სინოვიური ფორმა აღინიშნება 29%-ში, ხოლო ძვლის ფორმა — 71%-ში. ჩვენი მონაცემები ეთანხმება ლიტერატურულ მონაცემებს. პ. კორნევისა [1] და ტ. კრასნობაევის [6] ნაკრები სტატისტიკის მიხედვით სინოვიური ფორმა გვხვდება 15%-ში, ძვლის ფორმა — 85%-ში.

დაავადების გამოსავლისათვის მნიშვნელობა აქვს არა მარტო დაავადების კლინიკურ ფორმას, არამედ აგრეთვე დაავადების ხანგრძლივობასაც. დაავადების ხანგრძლივობა საკუთარი მონაცემებით შემდეგნაირად ნაწილდება: 0-დან 2 წლამდე — 205 (50,4%), 3-დან 5 წლამდე — 122 (30,1%), 6-დან 10 წლამდე — 52 (12,8%), 11-დან 15 წლამდე — 15 (3,8%), 15-დან ზემოთ — 12 (2,9%).

ცნობილია მუხლის სახსრის ტუბერკულოზური ანთების მკურნალობის კონსერვატიული და ქირურგიული მეთოდი. ამჟამად ფართოდ მიმართავენ მკურნალობის კომპლექსურ მეთოდს ანტიბიოტიკებით, ქიმიოთერაპიული საშუალებებით, ოპერაციული ჩარევით და იმმობილიზაციას თაბაშირის ნახვევით.

ტუბერკულოზური გინიტი ორგანიზმის ზოგადი დაავადების ადგილობრივად გამოხატული კერაა. სწორედ ამ ცნობილი დებულების საფუძველზე მკურნალობის დროს საჭიროა ზოგადი და ადგილობრივი ფაქტორების პარამონიული შესაბამე.

ანტიბიოტიკებიდან ყოველდღიურ პრაქტიკაში ხშირად გამოიყენება პენიცილინი და სტრეპტომიცინი. ამას თან ერთვის ანტიტუბერკულოზური თერაპია (პასკი, ფტივაზიდი, ტუბაზიდი).

დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ორგანიზმის რეზისტენტობის ამწევი საშუალებების ხმარებას, როგორცაა ვიტამინოთერაპია, გლუკოზა ვენაში, ღუმ-ლექსი და სხვა.

ჩვენი კლინიკის მასალის მიხედვით მხოლოდ კონსერვატიული მკურნალობა (ანტიბიოტიკები, ქიმიოთერაპიული საშუალებები, თაბაშირის ნახვევი, ორთოპედიული აპარატები და სხვა) ჩატარებულ იქნა შემთხვევათა 71,3%-ში. ოპერაცია გაუკეთდა 160 ავადმყოფს, ე. ი. 28,7%-ს; მათ შორის: მუხლის სახსრის ეკონომიური რეზექცია (კორნევი) — 116, მუხლის ამპუტაცია — 26, მეტაპლაზია (ვრედენით) — 5, Incisio — tamponatio — 4, ართროტომია — 2, ართროდეზი — 2, რედრესაცია — 2, საკორექციო ოსტეოტომია — 1, ტენოტომია — 1, პუნქცია — 1 შემთხვევა.

ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ მკურნალობის ყველა შემთხვევაში წამყვანი მნიშვნელობა ენიჭება წოლით რეჟიმსა და კიდურის იმმობილიზაციას. კომპლექსური მკურნალობის მეთოდის საილუსტრაციოდ მოგვყავს ამონაწერი ისტორიიდან.

ავადმყ. ნ. გ., 43 წლისა (ისტორია № 5181), შემოვიდა კლინიკაში 27. 9. 1953 წ. ტუბერკულოზური გონიტის დიაგნოზით (ძვლის ფორმა). ავადა 5 წელია. ავადმყოფს ჩატარებული აქვს კონსერვატიული მკურნალობა, უშედეგოდ). შინაგანი ორგანოები ნორმის ფარგლებშია. რენტგენოგრაფიაზე აღინიშნება მუხლის სახსრის დეფორმაცია. სახსარშია ნაპრალი წაშლილია. დიდი წვივის შიგნითა როკის გარეთა სახსარზე ზედაპირზე მოჩანს ძვლის დეფექტი. სახსარზე ზედაპირი აღინიშნება უსწორმასწორო კონტურებით. ეღრ — 40 მმ/საათში. ავადმყოფს გაუკეთდა მუხლის სახსრის ეკონომიური რეზექცია კორნევის მეთოდით. ოპერაციის შემდეგ დაედო თაბაშირის კოქსალური ნახვევი. საკონტროლო რენტგენოგრაფიაზე აღინიშნება მუხლის სახსარში შემავალი ძვლების სრული კონსოლიდაცია. კლინიკიდან გაეწერა კარგ მდგომარეობაში 162 დღის შემდეგ.

ბოლო წლებში კიდევ უფრო გაფართოვდა ოპერაციის ჩვენებები, რაც ანტიბიოტიკოთერაპიის დამსახურებაა [8]. ამის საფუძველზე მკურნალობის ხანგრძლივობა შემცირდა, რეციდივები გაიშვიათდა და გართულებული შემთხვევებიც შედარებით იშვიათია.

საკუთარი მონაცემებით, ტუბერკულოზური გონიტის ფისტულოზურ ფორმას ადგილი ჰქონდა 20 შემთხვევაში, რაც შეადგენს 4,4%-ს. მედიცინის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ფისტულოზური გონიტის დროს ფართოდ მიმართავენ ოპერაციულ ჩარევას (ეკონომიური რეზექცია კორნევი), რაც წინააღმდეგნაჩვენები იყო ანტიბიოტიკების შემოღებამდე [9].

შორეული შედეგები შევისწავლეთ 10 ავადმყოფზე, რომელთაც ჩაუტარდათ მკურნალობა კომპლექსური მეთოდით (ეკონომიური რეზექცია პლიუს ანტიტუბერკულოზური თერაპია). ყველა შემთხვევაში აღინიშნება ტუბერკულოზური კერის ლიკვიდაცია, სახსრის სრული ანკილოზის განვითარება, კიდურის დამოკლება 2-3 სმ-ით, ე. ი. მიღებულია დამაკმაყოფილებელი შედეგი.

დასკვნები

1. ტუბერკულოზური გონიტი მეტწილად გვხვდება მარჯვენა მუხლის სახსარში (70,9%). იშვიათია ორმხრივი დაავადება (3,3%).
2. დაავადების კლინიკური სახეებიდან ჰარბობს ძვლის ფორმა (71%). შედარებით იშვიათია სინოვიალური ფორმა (29%). ავადმყოფები ძირითადად დაგვიანებით მიმართავენ კლინიკას, რის გამოც კერის პირველადი ლოკალიზაციის დადგენა არ ხერხდება.
3. უპირატესობა ეძლევა კომბინირებულ მკურნალობას, როგორცაა სპეციფიკური თერაპია სულფამიდებითა და ანტიბიოტიკებით, თაბაშირის ნახვევი, ოპერაციული ჩარევა.
4. არჩევით ოპერაციად ტუბერკულოზური გონიტების დროს უნდა ჩაითვალოს მუხლის სახსრის ეკონომიური რეზექცია კორნევის მეთოდით.

5. ოპერაციული მკურნალობის შორეული შედეგები დამაკმაყოფილებელია. ადგილი აქვს ტუბერკულოზური კერის ლიკვიდაციას სახსრის სრული ანკილოზის განვითარებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. ნათიშვილის სახელობის

მორფოლოგიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 28. 6. 1966)

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Л. С. ГАМБАШИДЗЕ

К ВОПРОСУ О ЛЕЧЕНИИ ТУБЕРКУЛЕЗНЫХ ГОНИТОВ

Резюме

Туберкулезный гонит занимает одно из первых мест среди туберкулезного поражения костно-суставной системы.

Нами был обработан материал клиники госпитальной хирургии лечебного факультета Тбилисского медицинского института о гонитах за 1919—1960 гг. Всего 570 случаев. Среди них туберкулезный гонит—406, травматический—150, лuetический — 6, гонорический — 5, ревматический — 3.

В клинике применяли комплексный метод лечения туберкулезного гонита — сульфамидо- и антибиотикотерапия, оперативное вмешательство, им мобилизация с помощью гипсовой повязки. Из 406 больных оперировали 160. В большинстве случаев произведена экономная резекция коленного сустава по методу Корнева (116). Изучены отдельные результаты. Итог удовлетворительный.

დაზოწიბიზული ლიბირატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. Г. Корнев. Хирургия костно-суставного туберкулеза. Л., 1964.
2. К. П. Полянская. Об эффективности стрептомицинотерапии в общем комплексе лечения взрослых больных, страдающих костно-суставным туберкулезом, осложненным холодными нарывами, свищами и явлениями сдавления спинного мозга. Проблемы туберкулеза, № 4, 1957, 39—46.
3. Г. Г. Герасимов. Лечение свищевых форм костно-суставного туберкулеза стрептомицином в комбинации с пенициллином. Проблемы туберкулеза, № 1, 1957, 53—55.
4. А. А. Сперанский. Природа неспецифической резистентности к туберкулезу. Сб. работ «Нервная система в патогенезе туберкулеза», М., 1946, 3—23.
5. Т. Н. Краснобаев. Костно-суставные туберкулезы у детей. Л., 1947.
6. Т. Н. Краснобаев. Типы течения костно-суставного туберкулеза. Проблемы туберкулеза, № 4, 1944, 3—4.
7. მ. ჩაჩავა. მუხლის სახსრის ტუბერკულოზი. თბილისი, 1952.
8. В. Вайтчев, В. Сандарти, К. Тчокава. Orthopedie et traumatologie operative. Sofia, 1958, 592—593.
9. Г. Н. Дмитриева. Пенициллинотерапия свищевых форм костно-суставного туберкулеза. Проблемы туберкулеза, № 3, 1953, 91.



ბ. გულავა

მახვილის ადგილისათვის ხუნძური მნის ზმნაში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა არნ. ჩიქობავამ 1.3.1966)

ხუნძური მახვილი სუსტი დინამიკურია და მოძრავი, თუმცა მისი ადგილი შეზღუდულია პირველი ორი მარცვლით (სიტყვის თავიდან) ([1], გვ. 114, შდრ. [2], გვ. 14). ზმნაშიც მახვილი მეორე მარცვალს არ გადმოსცილდება, ამასთან პარადიგმაში მისი ადგილი უცვლელია¹ ([1], გვ. 114; აგრეთვე [3], გვ. 273—274): ერთი და იმავე ზმნის სხვადასხვა დრო-კილოთა ფორმას მახვილი ერთსა და იმავე ადგილას აქვს, თუნდაც ხმოვანი იცვალოს, მაგ., ინფინიტ. ყრტიზე „ჰრა“, ჰეყზე „სმა“; აქმყ. ყრტულა, ჰეყზლა; მყოფ. ყრტილა, ჰეყლა: ნამყ. ყრტანა, ჰეყანა; ბრძან. ყრტე! ჰეყე!...

ხუნძურ ზმნას მახვილი პირველ ან მეორე მარცვალზე მოუდის, მაგრამ დღემდე არაა ცნობილი, თუ როდის აქვს ხუნძური ზმნას მახვილი პირველ მარცვალზე და როდის—მეორეზე². ირკვევა, რომ ხუნძური ზმნის მახვილის ადგილი შესაძლებელია დაფორმულდეს საკმაოდ მარტივი ავტომატურად მოქმედი წესის სახით. ამისათვის საკმარისია ვიცოდეთ ინფინიტის ფორმა (რაც სალექსიკონო ფორმაცაა). მახვილის ადგილის გასაგებად ინფინიტის ფორმას უნდა ჩამოვაშოროთ -იზე (-ინე), ხოლო თუ ასეთი რამ (-იზე, -ინე) არა გვაქვს, —ზე (-ნე) და მახვილი დავსვათ დარჩენილი ნაწილის ბოლო მარცვალზე. თუ ამ ელემენტების ჩამოცილების შემდეგ დარჩენილ ნაწილს ხმოვანი არ აღმოაჩნდა,—მაგალი დაისმის -იზე (-ინე)-ს ი-ზე³.

ბტც-იზე „ხენა“, ბტქ-იზე „გატება“, წაალ-იზე „წაკითხვა“, ბტქ-იზე „ანთება“, ჰრყ-იზე „შეკითხვა“, ბრც-ინე „მბობა“, ბრტც-იზე „სიყვარული“,

(¹ მახვილის ადგილის მუდმივობა სპეციფიკური ზმნური მოვლენა ჩანს.
² შ. მიქაილოვი ცდილობდა მახვილის ადგილი ზმნაში გაესაზღვრა იმის მიხედვით, ვანგრძობითი მოქმედებისა ზნა თუ არავანგრძობითის. ზოგადი ავტომატური ხასიათის კონსოზონიერების დადგენა მაინც ვერ მოხერხდა და ს.ჭირო გახდა დაშვება იმისა, რომ რიგი ზნა ისტორიულად ვანგრძობითი მოქმედებისად (ან რაღაც სხვა წარწოზობისად) მივიჩიოთ. არადერს ვამბობთ იმის შესახებ, რომ კონკრეტული ხასიათის კონსოზონიერებანი (ნასახელარი ზნეზი, ხნაზაძვითი ზმნეზი, ჰაზიზე-ს ტიპის ზნეზი... იხ. ქვევით) შეუძენველი დარჩა.
³ აქ წარმოდგენილი ანალიზი ეყარება ხუნძახურ დიალექტს, რომელიც საფუძვლად უდევს სალიტერატურო ხუნძურს. ამ დიალექტის ერთ-ერთ კილოკავს აღწერს პ. უსლარის გაცოკველევა [2]. სამხრულ დიალექტებში წიასწარი ცნობის მიხედვით ადგილი აქვს საგრძობ (დაგრამ სიტემური ხასიათის) რყევას. რაც შეეხება სახელის მახვილს, მას რიგი თავისებურება ახასიათებს და მისი შესწავლა ცალკე ივარაუდება.

ბრტ-ინე „ზომეა“, ბუტი-ზე „თხრა“, ჩურ-იზე „რეცხვა“... ლა-ზე „ცოდ-
ნა“, გვა-ზე „წერა“, თე-ზე „დატოვება“, ტე-ზე „დასხმა“... ზექტ-იზე „სირ-
ბილი“, ზასანდ-იზე „თამაში“, ზალაშ-იზე „ყურება“, აშტე-ზე „ყვირილი“,
კანწე-ზე „ხტუნაობა“ (განგრძობითი ფორმა. შდრ. არაგანგრძობითი კანწე-იზე
„ხტომა“), კოჩე-ზე „დავიწყება“, ჰეყე-ზე „სმა“, ჟობა-ზე „შერევა“, ქვანა-ზე
„ჰამა“, ჰუტა-ზე „ხერხვა“, ზი.იან-ზე „გაშვება“... წიორ-ზე „გაცივება“,
სორ-ზე „ცახცახი“, ტოლო-ზე „ცხენის შეკაზმვა“... ცვ-იზე „ბიძგება“,
ჰ-ინე „ჩატევა“, ინე „წასვლა“ (ფუძე სრულებით არა აქვს), სეჰ-ინე „ჩაქრო-
ბა“, ხეჰ-იზე „ხერება“ (1).

მას შემდეგ, რაც ზმნის მახვილის კანონზომიერება დავაფორმულეთ, შე-
იძლება მისი მოდიფიკაცია ზმნის სხვა ნაკვეთებიდან ამოსვლითაც. მაგ., მოსა-
ხერხებელია ამოსავლად ავიღოთ მასდარის ან ნამყოს აბსოლუტივის ფორმა.

ა) მასდარის ფორმას ჩამოშორდება დაბოლოება ი, ა, ინ, ნ და მახვილი
დაისმის დარჩენილი ნაწილის ბოლო მარცვალზე (ყტ-ი „ჭრა“, ლა-ა „ცოდ-
ნა“, ჰეყე-ა „სმა“, ბუკ-ინ „ყოფნა“, კოჩე-ნ „დავიწყება“ (2. თუ დარჩენილ
ნაწილს ხმოვანი არ აღმოაჩნდა,—მახვილი დაისმის დაბოლოების ხმოვანზე (ქვ-ინ
„ჰამა“).

ბ) ნამყოს აბსოლუტივის ფორმას ჩამოშორდება -უნ, თუ ეს დაბოლოება
არაა,—მაშინ მხოლოდ ნ და მახვილი დაისმის ბოლო მარცვალზე (ყტ-უნ
„გაჭრა რა“, ლა-ნ „იცოდა რა“, ჰეყე-ნ „დალია რა“, ბუკ-უნ „იყო რა“,
კოჩე-ნ „დაავიწყდა რა“). თუ დარჩენილ ნაწილს ხმოვანი არ აღმოაჩნდა,—
მახვილი დაისმის დაბოლოების ხმოვანზე (ქ-უნ „შეჰამა რა“...).

წარმოდგენილი ფორმულირება შეიძლება გავიაზროთ მორფოლოგიურა-
დაც: რამდენადაც -იზე (-ინე), -ზე (ნე) ელემენტების ჩამოშორებით გამოიყოფა
ზმნის ფუძე (3, ჩანს მახვილი ეცემა ზმნის ფუძის ბოლო მარცვალს (ხოლო თუ

(1 ზმნის ფუძე, რომელიც შედგება თ ა ნ ხ მ ო ვ ა ნ ი + ვ-საგან, სხვადასხვა წარმომავლო-
ბისაა, მაგ., ცვ-იზე < ცუ-იზე (შდრ. ნამყო ცუნა), მაგრამ ჰეინე < ჰე-ინე (შდრ. ნამყო ჰე-ანა)...
მახვილის ადგილისათვის ამას მნიშვნელობა არ აქვს.

(2 მასდარის ბოლო ხმოვანზე მახვილის დასმა ფორმას სახელურ (არაზმნურ) შინაარსს აძ-
ლევს, რაც სწორად შენიშნა შ. მიქაილოვიმა ([1], გვ. 120—121) ყტ-ი „ჭრა“, ყტ-
დაწყმტილება“, ზი.ინდ-ი „თბობა“, ზი.ინდ-ი „სითბო“.

(3 ზმნის ფუძეს სხვადასხვა ავტორები სხვადასხვაგვარად გამოყოფენ. ზოგს ინფინიტივისე-
ული ზე (ნე)-ს წინ ჯველა ხმოვანი ფუძისეულად მიაჩნია, ზოგს, პირიქით, ეს ხმოვნები ინფინი-
ტივის დაბოლოებაში შეაქვს (-იზე, -აზე, -ეზე, -ოზე და ა. შ.), ზოგი კიდევ ა, ო, უ-ს ფუძისად
თვლის, ი, ე-ს კი მისგან განსხვავებულ ელემენტად. რომ ე ფუძისეული შეიძლება იყოს, ამას
კანწე-ის ტიპის მაგალითები გვიჩვენებს, სადაც ე ფუძის მაწარმოებელი მორფოლოგიური ელემ-
ენტია: კანწე-ზე „ხტომა“, კანწე-ზე „ხტუნაობა“ (ე—განგრძობითი მოქმედების ნიშანია). ეს ორი
ტიპი აფიქსებითაცა და მახვილითაც პარადიგმაში ერთმანეთს უპირისპირდება (აწყე. კანწე-ულა,
კანწე-რ-ლა, მყოფ. კანწე-ილა, კანწე-ჟ-ლა, ნამყ. კანწე-ანა, კანწე-ანა, მასდარ: კანწე-ი, კანწე-ა...). ზმნის
მახვილის წარმოდგენილი კანონზომიერება შეიძლება თვითონ მიგვანიშნებდეს ზმნის ფუძის სახ-
ლვარზე. ზმნის ფუძის საკითხი ცალკე შესწავლას მოითხოვს (კანწეზე, ჰეყეზე-ის ტიპის ზმნებს
გარკვეული თვალსაზრისით საშუალო ადგილი უჭირავს ხმოვანფუძიან და თანხმოვანფუძიან
ზმნათა შორის). დავემატებთ, რომ როგორადაც არ უნდა გავიგოთ ზმნის ფუძე, მახვილის დად-
გენილი კანონზომიერება მწყობრი მოდდიკაციით მაინც შეეგუება მას. ვთქვათ, თუ ინფინიტივის

ფუძეს ხმოვანი არ აღმოაჩნდა,—სუფიქსის პირველ ხმოვანს ი-ს). მახვილს ასეთი გაგებით შეიძლება ფუძისა და დაბოლოების გამოყოფი (დელიმიტაციური) ფუნქცია აღმოაჩნდეს.

სქემატურად:

ფუძის მარცვლიანობა	ფუძე დაბოლოება	მაგალითი
უმარცვლო	0 $\frac{_}{_}$	ჰ-რნე „ჩატევა“
ერთმარცვლიანი	$\frac{_}{_}$ $\frac{_}{_}$	ყრტ-იზე „ჭრა“
მრავალმარცვლიანი	$\frac{_}{_}$ $\frac{_}{_}$	ქვანა-ზე „ჭამა“

უმარცვლო და ერთმარცვლიან ფუძეში მახვილი პირველ მარცვალზეა, მეტმარცვლიანში—მეორეზე.

წარმოდგენილი კანონზომიერების გვერდით ზმნათა და ზმნურ ფორმათა გარკვეულ ჯგუფებში დასტურდება მახვილის განსხვავებული კანონზომიერება. ხერხდება ზმნათა და ზმნის ფორმათა ამ ჯგუფების წინასწარი აღრიცხვა. ასე რომ მახვილის ზემოთ წარმოდგენილი მთავარი კანონზომიერება არ ეჯახება ქვემოთ მითითებულ ერთგვარად „ლოკალური“ ხასიათის კანონზომიერებებს:

1. ხმაბაძვითი ხასიათის ფუძეგაორკეცებულ ზმნებს მახვილი პირველ მარცვალზე მოუღობი: (†: ყვავა-იზე „ყიყინი, კაკანი“, ჰინჰინ-იზე „ჭიხინი“, ღუღუღ-იზე „ღღუღნი“, ბუბუღ-იზე „ბლაღილი“, მრმიდ-იზე „ქნაღილი“, რურუღ-იზე „ყუღილი“, მამა-ზე, მამად-იზე „ხარხარი“, ჭრჭიდ-იზე „ჭიჭიჭი“, ჭირჭიდ-იზე „ჭრიაღი“, მამა-ზე „ენის ბორძიკით ლაპარაკი“ („ბლუჭინი“).

არახმაბაძვითი ფუძის გაორკეცებისას (რაც ხუნძურში ხშირია), მახვილის ზოგადი წესი არ ირღვევა: ბქ-იზე „გატეხა“: ბქბქ-იზე „დამხსერვა“, წაწა-ზე „წევა“: წაწაწა-ზე „ხშირი წევა“ (ბქბქ-ი, წაწა- ორმარცვლიანი ფუძე და მახვილი მეორე მარცვალზეა). თუ ორმარცვლიანი ფუძე გაორკეცდა, ცხადია, მახვილი მეორე მარცვალზე იქნება (რადგან მახვილი მეორე მარცვალს ვერ გადმოსცილდება): ბქბქ-ბქბქ-იზე († „იქით-აქით რბენა“, ჰეყყ-ჰეყყ-ზე „დაღევა (მრავალისა)“. დასაშვებია თანამახვილიც (ბქბქ-ბქბქ-იზე).

გარეგნულად მსგავს სიტყვას მახვილი სხვადასხვა ადგილას მოუვა იმის მიხედვით, ხმაბაძვითია იგი თუ არა: ბამა-ზე „ენაბლუობა“ (ხმაბაძვითი): ბამა-ზე „ხშირი ცემა“ (გაორკეცებული ფუძე ბა-ზე „ყრა, ცემა“ ზმნისა). კანონზომიერება ხმაბაძვით და არახმაბაძვით ზმნათა მახვილისა აქ რელიეფურადაა წარმოჩენილი.

ნიშნად მივიჩნევთ -იზე, -აზე, -ოზე, -ეზე...ს (რაც არაა სწორი), გამოვა, რომ მახვილი ეცემა დაბოლოების პირველ ხმოვანს, თუ ის არაა ი (ოღონდ, უხმოვნო ფუძეებში მახვილიანი სწორედ ეს ი იქნება) და მისთ.

(† ცხადია, ივლისხმება ხმოვნის მქონე ფუძის გაორკეცება, შდრ. ფუძის არასრული (უხმოვნო) გაორკეცება ყირა-ყ-იზე „ჭრიალი“. ამგვარ ზმნებს მახვილი საერთო წესის თანახმად მოუღობი.

† ბოლოზომიერანი ორმარცვლიანი ფუძის გაორკეცებისას პირველი ნაწილი ჰკარგავს ბოლო თანხმოვანს.

2. ზმნის ფუძეზე განგრძობითის ან¹უ მანარმოებელის დართვა მახვილის ადგილის ცვლას არ იწვევს: ვართ-იზე „მივარდნა“, ვართ-ან-იზე „ჩხუბი“, ველ'-იზე „ლიმილი“: ელ'-ან-იზე „დაცინვა“.

3. ნასახელორი (ლ' სუფიქსით ნაწარმოები) ზმნები მახვილს ინარჩუნებენ იმავე მარცვალზე, რომელზედაც სათანადო სახელს აქვს მახვილი: ჭეჭრე „შავი“: ჭეჭრელ'-იზე „გაშავება“, შალმალ „ამხანაგი“: შალმალელ'-იზე „შეამხანაგება“...

4. კაუზატივის ფორმაში, რომელიც იწარმოება ძირითადი ზმნის ინფინტივზე შაბრზე „კეთება“ ზმნის დართვით, მახვილის ადგილი უცვლელია: ყრტიზე შაბრზე „გაჭრევენება“, ყრტიზე შაბრზე „გააჭრევენა“... თუ ძირითადი და მეწველი ზმნა შერწყმულია, — მახვილი შერჩება ძირითად ზმნას (ყრტიზაზზე), მაგრამ დასასვებია მისი გადასვლა მეწველ ზმნაზედაც (ყრტიზაზზე). ამის-და მიხედვით პარადიგმაში გვევლება პარალელური ფორმები (ნამყ. ყრტიზაზზენა || ყრტიზაზზენა და ა. შ.) ხუნძახურისათვის უფრო ჩვეულებრივია პირველი მათგანი (ყრტიზაზზენა) ¹.

5. ჩვენთვის ცნობილია სულ რამდენიმე ზმნა, რომელთაც ერთმარცვლიანი ფუძეები აქვთ, მაგრამ მახვილი დაბოლოებაზე (და არა ფუძეზე) მოუღივთ: შაბრზე „კეთება“, ბილ'-რინე „თან წასვლა“, კურშა-რზე „მარდვა“ ². ამ ზმნათა უღვლების დროს მახვილი მეორე მარცვალზე რჩება.

6. პარადიგმაში მახვილის ადგილი უცვლელია, მაგრამ მოდალობისა და ემოციის გამონახტველი ზოგი დაბოლოების დართვა მახვილის გადაწვეას იწვევს (უარყოფითსა და კითხვით ფორმებში, უკუთქმით ბრძანებითში...).

ა) აწყყოსა და მყოფადი დროის უარყოფის -რო ნიშნის დართვისას (როგორც დროულ, ისე მიმდევრულ ფორმებში) მახვილი რო-ს წინ გადმოინაცვლებს: ყრტულა „ჭრის“, ყრტილა „გაჭრის“, მაგრამ ყრტულარო „არ ჭრის“, ყრტილარო „არ გაჭრის“, ყრტულარებ „არ მჭრელი“, ყრტილარებ „არ გასაჭრელი“... ამის შედეგად ერთმარცვლიან ფუძეებში ა-ს წინ საშუალო აწეულობის ხმოვნები ვიწროვდება $o > u$, $e > i$: თილარო > თულარო „არ ტოვებს“, თილარო > თილარო „არ დატოვებს“ და მისთ. ([4], გვ. 3, [3], გვ. 138).

ბ) უკუთქმით ბრძანებითში მახვილიანია ბოლოკიდური -ე (ყოტ-უ-გე! „არ გაჭრა!“ შაბრ-გე! „არ ქნა!“ წია-გე „არ მოსწიო!“). -ე უმახვილო რომ ყოფილიყო, ი-ში გადავიდოდა ³. (შდრ. ყრტე! > ყრტი!. „გაჭერ!“).

გ) კითხვითი ნაწილაკი -იშე მახვილიანია: ყოტან-იშე? „გაჭრა?“ ყრტულარ-იშე? „არ ჭრის?“.

(¹ პ. უსლარის მასალებში [2] ჩვეულებრივია მეორე ვარიანტი (მახვილით შაბრზე ზმნაზე).

(² ეს ზმნები მახვილს ისე იღებენ, თითქოს ხმოვანფუძიანები იყვნენ. იქნებ ისტორიულად ასეც ყოფილიყო?

(³ მახვილის მოწვევით ყველა პოზიციაში (და არა სიტყვის აბსოლუტურ ბოლოში, როგორც ხშირად მიღებულია ხოლცეს) ხუნძახურში საშუალო აწეულობის ხმოვნები ვიწროვდებიან (ბუტო > ბუტუ „არის“, რტხელ > რტხელ „სიხარული“, შაბრეო > შაბრეუ „გაუკეთებლად“). დანერგვით სხვა დროს.

დ) მტკიცებითი ნაწილაკი -ინ მახვილიანია; **ყოტან-ინ** „გაჭრა“, **ყოტიზ-ინ** „გავჭრათ“, **ბუგ-ინ-ან** „არის-ო“.

ე) კითხვითი ნაწილაკი -ღა მახვილიანია: **ყოტანა-ღა** „ნეტავ თუ გაჭრა“ და მისთ.

ვ) ე. წ. თურმეობითის **ილა** მახვილიანია: **ყოტან-რლა** „გაჭრილა“ (1). ყველა ამ შემთხვევაში (პუნქტი ა, ბ, გ, დ, ე, ვ) საქმე უნდა გვქონდეს არა მახვილის გადმოტანასთან დაბოლოებაზე, არამედ ამ ნაწილაკთა სპეციფიკური ინტონაციური შეფერილობის გამო მახვილის ნამდვილი ადგილის მიჩქმალვასთან ([3], გვ. 25). გარკვეული რყევა ამ მხრივ დასტურდება: მახვილი თითქოს ისმის ძველ („კანონზომიერ“) ადგილზედაც, მაგრამ ძალზე მკრთალად.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
ენათმეცნიერების ინსტიტუტი
თბილისი

(რედაქციას მოუვილა 1.3.1966)

ЯЗЫКОЗНАНИЕ

Т. Е. ГУДАВА

УДАРЕНИЕ В ГЛАГОЛЕ АВАРСКОГО ЯЗЫКА

Р е з ю м е

В глаголе, как и в любом слове аварского языка, ударение² может падать на первый или второй слог (с начала). При спряжении место ударения постоянное³ ([1], стр. 114; [2], стр. 14).

Правило о месте ударения в аварских глаголах можно сформулировать так: от формы инфинитива отбросить окончание -ize (-ine), а если такого нет, то -ze (-ne), и поставить ударение на последний слог оставшейся части глагола (4: qóŋ-ize „резать“, baŋár-ize „собирать“, bíc-ine „рассказывать“, çaóŋ-ze „мерзнуть“, qáŋá-ze „приготовить“, l'á-ze „знать“, té-ze „оставлять“, ŋaŋçé-ze „прыгать“... Если в оставшейся части нет гласного,—ударение ставится на гласный i окончания инфинитива: kv-íne „кушать“, sv-íze „толкать“.

Исключения: hab-íze „делать“, bil'-íne „идти“, ŋuršə-íze „мочиться“.

(1) პ. უსლარის მასალებში [1] მახვილიანია -შან „მღე“ (მაბიზე -შან „გაკეთებამღე“), ხუნძურში კი არა.

(2) В аварском языке оно слабое, динамическое, подвижное (в пределах первых двух слогов).

(3) Изменение в парадигме подударного гласного не влияет на место ударения: heqéze „пить“, heqóla (наст.), heqàla (прош.), срв. qóŋize „резать“, qóŋula (наст.), qóŋala (прош.)...

(4) Аналогичную формулировку можно получить исходя из масдара, деепричастия прош. времени.

Определенные группы глаголов имеют свои закономерности ударения.

Звукоподражательные глаголы (с удвоенной основой) принимают ударение на первый слог: ḡyḡdize „греть“, ḡhnhoidize „ржать“, bábaze „заикаться“ (срв. незвукоподражательный babáze „ударять часто“ с удвоением основы от ba-ze „сыпать“)⁽¹⁾.

Каузативы, составленные из инфинитива основного глагола плюс формы от habize „делать“, могут иметь ударение как в первой, так и во второй части (qóḡizabize || qóḡizabize „заставить резать“, в хунзахской речи более привычна первая форма).

Отыменные глаголы, образованные посредством I⁶, сохраняют ударение исходного слова: ḡewér- „черный“—ḡewér'ize „чернеть“, hálmaḡ „товарищ“—hálmaḡ'ize „стать товарищем“...

Присоединение к основе суффикса учащательности -a[n]q не вызывает переноса ударения (vél'ize „смеяться“ — vélaq-ize „насмехаться“).

Некоторые „модальные“ частицы и суффиксы притягивают к себе ударение, напр. отрицательные формы наст. и буд. времен: qḡiláro „не режет“, qḡiláro „не порежет“ (срв. также причастия qḡiláreb, qḡiláreb)⁽²⁾, запретительное наклонение (qḡugél' „не режь!“)⁽³⁾, вопросительная частица -iḡa (qḡan-iḡa? „отрезал?“), вопросительно-желательная частица -daj (qḡana-dáj „отрезал ли?“), утвердительная частица -in (qḡan-in „отрезал“), суффикс „заглазного времени“ -ila (qḡan-ila „оказывается отрезал“). Во всех этих случаях на первый план выдвигается интонация, затушевавшая исконное ударение.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ш. И. Микаилов. Сравнительно-историческая фонетика аварских диалектов. Махачкала, 1958.
2. П. К. Услар. Аварский язык. Тифлис, 1889.
3. არნ. ჩოქოვაძე, ილ. ცერცვაძე. ხუნძური ენა, თბილისი, 1962.
4. ტ. გუღავა. ხუნძური ორთოგრაფიის ზოგიერთი საკითხის შესახებ. გზ. „ბაშარაბ ბაიარაჯ“, 17 სექტემბერი, 1957 (ქ. შაჰაჩილა, ხუნძურ ენაზე).

⁽¹⁾ Ударенные основы незвукоподражательных глаголов принимают ударение по общему правилу: bekék-ize „ломать“ (о многом), bekébeke-ize (или с добавочным ударением bekébeke'-ize) „бежать (туда-сюда)“.

⁽²⁾ В односложных основах e>i, o>u (teláro>tiláro „не оставит“, toláro>tuláro „не оставляет“)..

⁽³⁾ Подударное e сохраняется. Гласные среднего подъема в хунзахском диалекте в послеударной позиции в любом слогe реализуются как узкие (e>i, o>u).



ალ. ზონინაძე

კოლხეთის სამეფოს დედაქალაქის აღზრდამდებარეობის
 საკითხისათვის ძვ. წ. IV—III საუკუნეებში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა შ. ამირანაშვილმა 15.2.1966)

ელინურ სამყაროში ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული და პოპულარული მითია თქმულება არგონავტებზე. ამ თქმულებაში გადმოცემული ამბები ზღაპრულ ბურუსშია გახვეული; ზოგიერთი ცნობა კი ისტორიულ სინამდვილესაც უნდა შეესაბამებოდეს. აკად. ს. ჯანაშია აღნიშნავდა: „ექვი არ არის, რომ თქმულება არგონავტების შესახებ, საერთოდ, ... მრავალ სხვადასხვა დროისა და წარმოშობის ფენითაა შემოგარსული. ამ მრავალკეც გარეშრეებს ქვეშ ისტორიული ჭეშმარიტების მარცვლი მანც შეიძლება აღმოვაჩინოთ [1].

საქართველოს ისტორიის სახელმძღვანელოში აღნიშნულია, რომ ეს თქმულება „ჩვენი ქვეყნის ნამდვილი ცხოვრებისა და ბუნების ანარეკლზე არის აშენებული, მხოლოდ აქ ჭეშმარიტება შეფერადებულ-გაზღაპრებულია“ [2].

საქართველოს ისტორიის დამხმარე სახელმძღვანელოში ვკითხულობთ: „საყოველთაოდ აღიარებულია, რომ ზღაპრულ ამბებთან ერთად ამ თქმულებაში ისტორიული სინამდვილეც არის სახული. კერძოდ, საინტერესოა, რომ თქმულებაში საუბარია კოლხეთში დიდი, ძლიერი სამეფოს, ბრწყინვალე სამეფო კარის, მონებისა და სხვათა არსებობის შესახებ. არგონავტების თქმულებაში კოლხეთის სამეფოს აღწერისას ნაწილობრივ ალბათ არეკლა რეალურად არსებული დიდი კოლხური გაერთიანების დიდება და ბრწყინვალეობა“ [3]. ანალოგიური აზრი აქვს გამოთქმული გ. მელიქიშვილს თავის შრომებში [4], გვ. 186).

აპოლონიოს როდოსელის „არგონავტიკის“ მთარგმნელი და მისი ქართულად გამომცემელი აკ. ურუშაძე აღნიშნავს, რომ არგონავტების თქმულებაში ჩვენ უნდა დავინახოთ რომელიღაც ისტორიული სინამდვილე, სახელდობრ, ის საწარმოო ურთიერთობა, რომელიც კოლხეთსა და ელინურ მსოფლიოს აკავშირებდა ([5], გვ. 15).

ზოგ მკვლევარს თქმულება არგონავტების შესახებ დაახლოებით ძვ. წ. II ათასწლეულის დასასრულის მახლობელ ხანაში მიაჩნია წარმოშობილად, მაუხედავად ქრონოლოგიური ჩარჩოს მეტისმეტად პირობითობისა, „არგონავტიკის ჩვენამდე მოღწეულ შედარებით გვიან ვერსიებშიც კი სწორედ ამ ხანის კოლხეთის ყოფა უნდა იყოს ასახული“ [7]. ასეთი მოსაზრება მართებული არ უნდა იყოს, რადგან „ჩვენ განკარგულებაში არსებული მასალა ცხადყოფს, რომ თქმულება არგონავტებზე მოაკალფენოვან ძეგლს წარმოადგენს და მასში სულ სხვადასხვა დროის ამბებია გადმოცემული. აქ კარგად ჩანს, თუ როგორ შექმნდა თავისებურებანი თქმულების დამუშავებაში ამა თუ იმ ეპოქას და რო-

გორ უქვემდებარებდნენ საკუთარ მსოფლმხედველობას პოეტები, ისტორიკოსები და მითოგრაფოსები ტრადიციულ მითოლოგიურ სახეებს“ ([8], გვ. 14). ასეთივე შეხედულებისა იყო და ახლაც არიან მკვლევარები არგონავტების თქმულების მრავალფენიანობის შესახებ [1]. „Это сказание является многослойным памятником. В нем нашли отражение сказания разных времен. Однако, Колхида, в качестве места действия, является столь органической частью сказания, что она могла войти в него вместе с поздним потоком, а должна была фигурировать в нем уже с момента возникновения основного ядра данного сказания, которое относится к очень раннему времени“ ([4] გვ. 19). ასე, რომ თქმულება ერთ გარკვეულ დროს კი არ არის ჩამოყალიბებული, არამედ მასში „საბოლოო დაშორებულ დროთა დანაშრეგებია წარმოდგენილი, მაგრამ ამ თქმულების ყველა ფენისა და ვერსიის წამყვანი მოტივი ყოველთვის იყო აიია — კოლხეთი“ ([8], გვ. 7).

თქმულებას „არგონავტების“ კოლხეთში ლაშქრობის შესახებ, ანტიკურ ხანის ავტორთა უმრავლესობა ისტორიულ ფაქტად მიიჩნევდა (ჰეროდოტე, სტრაბონი, აპიანე, არიანე, ხარაქს პერგამონელი და სხვ.). ყველაზე უფრო თავგამოდებული დამცველი არგონავტთა ლაშქრობის ისტორიულობისა გეოგრაფი სტრაბონი იყო. „როგორც ყველანი ამბობენ (არგონავტების — ა. ბ.), ფაზისში მგზავრობა სარწმუნოა თავიდანვე და ის პელიასმა მოაწყო (სარწმუნოა აგრეთვე) უკან დაბრუნება და ზოგი კუნძულის დაპყრობა, ვფიცავ ზევსს, რომ (ნამდვილად იყო) ეს შორეული მოგზაურობა... აიას ხომ მიუთითებენ ქალაქ ფაზისთან, ხოლო აეტი სარწმუნოა, რომ კოლხეთში მეფობდა; იქაუბრებში ეს სახელი (აეტესი) ადგილობრივია“ [9].

როგორც აღნიშნული იყო არგონავტების თქმულების წამყვანი მოტივი ყოველთვის აიია — კოლხეთი იყო. აიია ზოგჯერ კოლხეთის დედაქალაქად გვევლინება. ამდენად მნიშვნელოვანია საკითხი აიია ქალაქის, თუ გეოგრაფიული ადგილის, ქვეყნის სახელია (?).

თ. ყაუხჩიშვილს „ჰეროდოტეს ცნობები საქართველოს შესახებ“, შესავალში აღნიშნული აქვს — „ჩემი გაგებით „აია“ და „კოლხიდა“ სინონიმებია; სხვა მთარგმნელების გაგებით აია არის კოლხიდაში, კოლხიდის ქალაქია. ის კოლხებისაა. ვფიქრობ ჩემი გაგება უფრო შეეფერება სინამდვილეს, ერთი — ფრაზის გრამატიკული წყობის მიხედვით და მეორე — სხვა ადგილების მომკვლელებით“ [10].

ფლავიუს არიანეს — მოგზაურობა შავი ზღვის გარშემო — თარგმანის კომენტარებში აია შემდგენიარადაა განმარტებული: „არგონავტების მითის პირველი სახე უნდა შექმნილიყო ჯერ კიდევ მაშინ, როდესაც სახელი „კოლხიდა“ არ არსებობდა და ამ მხარეს, რაღაც სხვა ერქვა (შეიძლება გაია, აია — მიწა, ქვეყანა) Herod. I, 2; VII, 193, 197; კოლხეთი აია, გაია. Strabo, I, 45. ფაზისთან არის ქალაქი აია. ბერძნულ საკუთარ სახელთა ლექსიკონის შემდგენელი პაპე წერს: *Alt-altmythischer Name für des Land Kolchis*. როგორც ირკვევა, პაპეს ეს მოსაზრება სწორი უნდა იყოს: „აია“ კოლხეთის ქალაქის სახელი კი არაა, არამედ კოლხეთის უძველესი სახელია. ამას წერს აპოლონიოს



როდოსელი 11,401; ქუთაისი, ქალაქი აიასი. *Aix* კოლხიდის უძველესი სახელი—გაია“ [11]. პროფ. ს. ყაუხჩიშვილი ფიქრობს, რომ აია კოლხეთის ძველი სახელია, ხოლო აიეტე—ს ამ ქვეყნის მფლობელს უნდა ნიშნავდეს. „აპოლონიოს როდოსელის „არგონავტიკის“ 11 წიგნის 1267-ე ტაბის *Κυταίων τε πόλιν Αἴης* (*Κυταίων τε πόλιν Αἴης*) — „აიას ქალაქი კუთაიისი“ თარგმნილია როგორც *Китаидский город Эя*, რაც სწორი არ არის (სწორი იქნებოდა *Китаис город Эя*).

არაზუსტი თარგმანით დაშვებულმა შეცდომამ სამეცნიერო ლიტერატურაშიც მოიცილა ფეხი; ბერძნული ტექსტის ჩვენებას კი არსებითი მნიშვნელობა აქვს აიას გეოგრაფიული ცნების გარკვევისათვის; სხვა წყაროებიდანაც მტკიცდება, რომ აია მხარეს გულისხმობს და არა ქალაქს! ეგი კოლხეთის უძველესი სახელი ჩანს“ ([8], გვ. 6).

როგორც ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებებიდან ჩანს, აია კოლხეთის სინონიმად უნდა იქნეს მიჩნეული, ე. ი. ის ქალაქის სახელი კი არა, ქვეყნის სახელია, რომელიც მოგვიანო ხანაში მივიწყებდას მიეცა და ქალაქის სახელად მოგვევლინა. სანიტერესთა იმ ქალაქის ადგილმდებარეობის ძიება, რომელიც არგონავტიკის ავტორს, აპოლონიოს როდოსელს, კოლხეთის დედაქალაქად აქვს მიჩნეულა და სადაც არგონავტებმა კოლხების მრისხანე მბრძანებელი აიეტი, მზის შვილი იხილეს. ამ ქალაქის, ე. ი. კოლხეთის სამეფოს ცენტრის, დედაქალაქის სახელი ზომ სახელწოდება აია-ს ქვეშ ივარება. ჩვენ ინტერესს ამჯერად არ წარმოადგენს ქალაქის სახელის ძიება, ამ შემთხვევაში ჩვენ იმ ქალაქის მდებარეობის ლოკალიზება გვაინტერესებს, რომელიც ძვ. წ. IV—III საუკუნეებში კოლხეთის სამეფოს დედაქალაქი, მისი ადმინისტრაციულ-პოლიტიკური ცენტრი უნდა ყოფილიყო.

აღძრული საკითხის გასარკვევად აპოლონიოს როდოსელის მიერ მოწოდებული ცნობები გამოგვადგება. იგი ელინისტური ანუ ალექსანდრიული ხანის პოეტია და ძვ. წ. III ს. მოღვაწეობდა. მართალია, მან თქმულმა არგონავტებზე გალექსა, რომელშიც უხვდაა მოცემული ზღაპრული ამბები, მაგრამ, როგორც ზევით იყო აღნიშნული, მასში ისტორიული სინამდვილის დაჭერაც შეიძლება; მით უმეტეს ჭეშმარიტებას უნდა წარმოადგენდეს გეოგრაფიული მდებარეობის აღწერა. რადგან „გადარჩენილი მასალა საყურადღებოა არა მარტო არგონავტთა თქმულების მხატვრული დამუშავების თვალსაზრისით, არამედ, და განსაკუთრებით, იმ მხრივ, რომ დრამატურგია თქმულების დრამატული ანარქიისათვის რეალისტური-ისტორიული და გეოგრაფიული ფონის შექმნას ცდილობდა“ ([8] გვ. 33). ამდენად გამოირიცხული არ უნდა იყოს, რომ სხვა უანრის ავტორსაც თავის თხზულებაში პერსონაჟთა მოქმედება რეალურ-გეოგრაფიულ გარემოში გაეშალა.

არგონავტიკის ავტორის — აპოლონიოს როდოსელისათვის — ცნობილი უნდა ყოფილიყო მისივე დროის კოლხეთის სამეფო, მისი დედაქალაქი და მათი გეოგრაფიული მდებარეობა, ქალაქის ტოპოგრაფია და აღწერილობა თავისი ნაუბობითა და გალავნით, კოშკებითა და ვენახის ხეივანებით. როდესაც ავტორმა არგონავტები კოლხეთში და განსაკუთრებით მის დედაქალაქში მიიყვანა, ამ ქვეყნის და რეალურად არსებული ქალაქის აღწერილობა უნდა მოეცა. აი, როგორ აღწერს ავტორი არგონავტების მსვლელობას მას შემდეგ, როცა ისინი ზღვი-

დან მდ. ფასის აჰყვენ. „მოლაშქრეებმა სასწრაფოდ შეხვიეს იალქნები, ანძა დაუშვეს, ... შემდეგ ხოფები მოუსვეს და მყისვე მდინარის ფართო კალაპოტში შეცურდნენ, ხომალდი მძლავრად მიაპობდა ფასისის მღელვარე ტალღებს. არგონავტებს ხელმარჯვნივ ეკავათ მალალი კავკასიონი და მას ქალაქი კუტიისი, მარცხნივ გადაშლილიყო არესის ველი და ამ ღმერთის სახელზე შეწირული წმინდა ჭალაკი“ ([5], გვ. 109).

აღნიშნულ ადგილს ზოგიერთი ავტორი სხვაგვარადაც თარგმნის ([6], 137). ნოლაშქრეებმა (არგონავტებმა—ა. ბ.) მიაღწიეს კოლხეთის დედაქალაქამდე და მდინარე ფასისის ლერწმნარ ჭაობში შიანავეს ხომალდი, „...შემდეგ ისინი ხომალდიდან გადმოვიდნენ. „ჭაობი და ლერწმნარი გადალახეს და ხმელეთზე ავიდნენ. შემდეგ ველზე მდებარე ბორცვზე შედგეს ფეხი. ...აქ მრავლად იყო აღმოცენებული ტირიფი და ძეწნა“ ([5], გვ. 115—116; [6], გვ. 149).

როგორც აღწერილობიდან ჩანს, არგონავტიკის ავტორს კარგად სცოდნია ქალაქის გეოგრაფიული მდებარეობა და ადგილის ტოპოგრაფია. ჩანს, რომ მდ. ფაზისიდან ქალაქამდე დიდი მანძილი არ უნდა ყოფილიყო, ქალაქი გაშენებულია ბორცვებზე, ხოლო მდინარესა და ბორცვებს შორის ჭაობიანი და ლერწმნარი ადგილი ყოფილა. ბუნებრივად იბადება კითხვა—სად უნდა ყოფილიყო ეს ქალაქი (?). ჩვენი ვარაუდით იგი დღევანდელი ვანის მიდამოებშია საძიებელი.

ნ. ხოშტარიას აღწერილობის მიხედვით, „მთელი სოფელი (ვანი—ა. ბ.), პატარა ბორცვ-გორაკებს ფერდობებზეა შეფენილი, გამონაკლისს წარმოადგენს მარტო სადმინისტრაციო ცენტრი, რომელიც ვაკე ადგილზეა გაშენებული. „...მდინარე რიონის კალაპოტი სოფელს დაცილებულია დაახლოებით ერთი კილომეტრის მანძილით. მისი ჭალები მელიორირებულია, მათ იყენებენ სათესად. ...ამ გორაკს (ახვლედიანთ უბანი) სიმაღლე აქვს 200 მეტრამდე. იგი მდ. რიონის კალაპოტს დაშორებულია დაახლოებით 1,5 კმ-ით“ [12].

როგორც აღწერილობიდანაც ჩანს და როგორც საერთოდ ცნობილია, დღევანდელი ვანის მიდამოები მართლაც ბორცვებს წარმოადგენს და ესოდენ მდიდარია ადრეანტიკური და მომდევნო ხანის არქეოლოგიური ძეგლებით. სავარაუდოა, რომ ვანის ადგილის ტოპოგრაფიის დამთხვევა არგონავტიკაში მოცემული კოლხეთის დედაქალაქის ადგილის ტოპოგრაფიაზე შემთხვევითი არ უნდა იყოს და არგონავტიკის ავტორს, აპოლონიოს როდოსელს, სწორედ ეს ადგილი უნდა ჰქონოდა მხედველობაში. ეს რომ ასეა, ამას სხვა მონაცემებიც უჭერენ მხარს. არგონავტიკის ავტორს მოცემული აქვს თვით ქალაქის აღწერილობა და მისი ტოპოგრაფია. „ისინი (არგონავტები—ა. ბ.) გააოცა მეფის სასახლის გალავანმა, ფართო ჭიშკრებმა და სვეტებმა, რომლებიც მწყრივზე იყვნენ აღმართულნი კედლების გარშემო. სასახლის თავზე, სპილენძის ქონგურებზე, ქვის კოშკი იდგა... მათ (არგონავტებმა — ა. ბ.) გადააბიჯეს ფეხი სასახლის ჭიშკარის ზღურბლს, რომელთანაც წაღლა აღმართული, მწვანე ფოთლებით შემოსილი ვაზები გაშლილიყვნენ. ვაზების ქვეშ ოთხი დაუშრეტელი შადრევანი მოჩუხჩუხებდა. ერთი რძის შადრევანი იყო, მეორე ღვინისა, მესამედან სურნელოვანი ზეთი მორაკრაკებდა, მეოთხე წყარო კი ამოდარული ლოდიდან წყალს მოაქუხებდა“ ([5], გვ. 116; [6], გვ. 149—150).

თუ ქალაქის ავტორისეულ აღწერილობას მივიღებთ მხედველობაში, მაშინ „სოფელ ქვედა ვანის გორაზე, როგორც შემთხვევითმა აღმოჩენებმა და არქეოლოგიურმა გათხრებმა გვიჩვენეს, ცხოვრობდა საზოგადოების მაღალი ფენა და მმართველი წრე. ასეთი დასკვნის საფუძველს გვაძლევს ახვლედიანთ გორის მწვერვალზე და ნაწილობრივ მის ფერდობებზე არქეოლოგიური გათხრებისას აღმოჩენილი ნაგებობების, ციხესიმაგრის კედლების, საფლავების ნაშთები და მათთან დაკავშირებული კულტურული ფენები.

აღნიშნული ძეგლები ძირითადად ძვ. წ. VI—I საუკუნეებისაა“ [13]. აქედან გამომდინარე, კიდევ ერთხელ დამთხვა არგონავტიკაში დაცული ცნობა და არქეოლოგიური გათხრებისა და შემთხვევით აღმოჩენილი მასალების ანალიზზე გამოტანილი დასკვნა.

ანტიკური ხანისათვის ვანის მიდამოებში ქალაქური ტიპის დასახლებას ვარაუდობს გ. მელიქიშვილი. „აქ ჩვენ წინაშეა თლილი ქვით ნაგები, კრამიტით დახურული ქალაქური შენობებისა და მტკიცედ ამოყვანილი ზღუდის ნაშთები. მსგავსი ბაგინეთის შიდა ცახის ნაშთებისა“ ([4], გვ. 114).

ვანის არქეოლოგიური ექსპედიციის ხელმძღვანელი ნ. ხოშტარია ახლახან გამოცემულ წრომაში აღნიშნავს: „Известно, по существующей традиции, основанной, в частности, на толковании античных авторов, центр Колхиды античного времени, находился предположительно где-то в районе города Кутаиси. В связи с накопившимися по Вани археологическими материалами вопрос этот нуждается в пересмотре. Вани в течение долгого времени представлял собой, по-видимому, центр большой области Западной Грузии [14].

აღნიშნულიდან გამომდინარე, დღევანდელი ვანის მიდამოებში, საქმე გვაქვს კოლხეთის სამეფოს პოლიტიკურ-ადმინისტრაციულ ცენტრთან, ე. ი. მის დედაქალაქთან, რომელიც არგონავტების თქმულების მიხედვით აი ა ან კ უ ტ ა ი ა ა და სადაც ზის კოლხეთის ლეგენდარული მეფე აიეტი. ჩვენ არ ვიცით, თუ რა სახელი ეწოდებოდა იმ დროს დღევანდელ ვანის ტერიტორიაზე არსებულ ქალაქს, მაგრამ, რომ ის სწორედ კოლხების დედაქალაქი იყო, ეს ნამდვილად სავარაუდოა, რადგან „Помещение политического центра древней (мифической) Колхиды на р. Риони является, несомненно, продуктом позднего осмысления, когда этот центр на самом деле переместился сюда“ ([4], გვ. 218). ასე, რომ ძვ. წ. IV—III საუკუნეებში კოლხეთის სამეფოს დედაქალაქი ვანის მიდამოებშია საგულგებელი, რომლის გეოგრაფიული მდებარეობა და ქალაქის ტოპოგრაფიული აღწერილობა აპოლონიოს როდოსელს რეალური სინამდვილიდან აქვს აღებული.

არქეოლოგიური კვლევა-ძიების შემდგომი გაფართოება ვანის მიდამოებში, ნათელს მოფენს ამ ერთ-ერთ ფრიალ მნიშვნელოვან საკითხს მომავალში და მას ალბათ წამოყენებული მოსაზრების სასარგებლოდ გადაჭრის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის ისტორიის, არქეოლოგიისა და

ეთნოგრაფიის ინსტიტუტი

А. В. БОХОЧАДЗЕ

კ. ВОПРОСУ О МЕСТОНАХОЖДЕНИИ СТОЛИЦЫ КОЛХСКОГО ЦАРСТВА В IV—III ВВ. ДО Н. Э.

Резюме

Одним из самых распространенных мифов в эллинском мире является сказание об аргонавтах. События, рассказанные в этом мифе, частично носят сказочный характер и относятся не к какому-нибудь определенному времени, а имеют наслоения различных отдаленных друг от друга эпох, хотя под этими наслоениями иногда можно заметить зерно исторической истины.

В данном случае мы имеем в виду сведения Аполлония Родосского (III в. до н. э.), имеющиеся в «Аргонавтике», о местонахождении столицы колхского царства.

В своем произведении этот автор должен был бы реально описать современную ему столицу Колхиды. Действительно, если подойти к этому вопросу с точки зрения самого автора, указанного им местонахождения, а также описания самой столицы и сопоставить, все это с нынешним местонахождением Вани и с результатами последних археологических находок, можно предположить, что политико-административным центром Колхиды в IV—III вв. до н. э. был именно нынешний Вани.

დაამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ს. ჯანაშია. უძველესი ეროვნული ცნობა ქართველთა პირველი საცხოვრისის შესახებ მახლობელი აღმოსავლეთის ისტორიის სინათლეზე. ენიშის მოამბე, ტ. V—VI, თბილისი, 1940, გვ. 672.
2. აკად. ივ. ჯავახიშვილი, პროფ. ნ. ბერძენიშვილი, აკად. ს. ჯანაშია. საქართველოს ისტორია, თბილისი, 1943, გვ. 41.
3. ნ. ბერძენიშვილი და სხვ. საქართველოს ისტორია, თბილისი, 1958, გვ. 32—33.
4. გ. მელიქიშვილი. ურარტუ, თბილისი, 1951, გვ. 143. Г. Меликишвили. К истории древней Грузии. Тбилиси, 1959.
5. აპოლონიოს როდოსელი. არგონავტიკა, თბილისი, 1948.
6. Аполлоний Родосский. Аргонавтика, перевод, введение и примечания Г. Церетели. Тбилиси, 1954.
7. თ. შიქელაძე. ქართველ ტომებისა და ბერძნული სამყაროს ურთიერთობის გენეზისისათვის, საზ. მეცნიერებათა განყ. მოამბე, ტ. 2, თბილისი, 1960, გვ. 172.
8. აკ. ურუშაძე. ჭველი კოლხეთი არგონავტების თქმულებაში, თბილისი, 1964.
9. თ. ყაუხჩიშვილი. სტრაბონის გეოგრაფია, თბილისი, 1957, გვ. 70; 2, 39.
10. თ. ყაუხჩიშვილი. პეროდოტეს ცნობები საქართველოს შესახებ, თბილისი, 1960.
11. ფ. ავიუხს არიანე. მოგზაურობა შავი ზღვის გარშემო, თბილისი, 1961.
12. ნ. ხოშტარია. არქეოლოგიური გათხრები სოფ. ვანში 1947 წ. მიომზიხიველი, ტ. I, თბილისი, 1949, გვ. 299 — 300.
13. ა. აფაქიძე, ნ. ზ. ბერძენიშვილი და სხვ. საქართველოს არქეოლოგია, თბილისი, 1959, გვ. 234.
14. Н. Хоштария. Археологические раскопки в Вани. Кавказистур-აღმოსავლური კრებულო, II, თბილისი, 1962, გვ. 75.



ისტორია

8. ცინცაძე

საქართველო-ადიღეს ეკონომიური და კულტურული ურთიერთობის ისტორიიდან

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. მელიქიშვილმა 30.3.1966)

ისტორიული წყაროები ადიღესა და საქართველოს ეკონომიური და კულტურული ურთიერთობის შესახებ მეტად მცირე და უმნიშვნელო ცნობებს შეიცავენ, მაგრამ ეთნოგრაფიული მასალების გამოყენებით და ზოგიერთი არაპირდაპირ მითითებათა გათვალისწინებით შესაძლებელია ზოგადად მაინც წარმოვიდგინოთ ის ძირითადი მოვლენები, რითაც ადიღესა და საქართველოს ეკონომიურ-კულტურული ურთიერთობანი ხასიათდებოდა XVI—XVIII საუკუნეების მანძილზე.

შუაფეოდალურ ხანაში, როდესაც საქართველო ერთიან და ძლიერ სახელმწიფოს წარმოადგენდა, ადიღეელი ტომები შედარებით მჭიდროდ იყვნენ დაკავშირებულნი ქართულ ეკონომიურ ყოფასთან და კულტურასთან. მაგრამ მას შემდეგ, რაც საქართველოს პოლიტიკური მთლიანობა დაირღვა, ქვეყნის გარე-ეკონომიური ურთიერთობანი საგრძნობლად შესუსტდა; სამეფო-სამთავროებისაგან შედგენილი საქართველო ვეღარ ატარებდა საერთო ქართულ ეკონომიურ პოლიტიკას და მეზობლებთან საქმიანი კავშირები ძირითადად ცალკეულ სამეფო-სათავადოებისა და მომიჯნავე ხალხების ურთიერთობაში გამოიხატებოდა.

როგორც ცნობილია, ადიღეელ ტომებს საქართველო უკავშირდებოდა ზღვის სანაპირო ზოლით, ხოლო მეორე მხრივ წებელდის გავლით, რომელიც საკმაოდ ძნელი, მაგრამ მარჯვე გადასასვლელით პირდაპირ მდ. ყუბანის სათავეებში შედიოდა. ეს გზა შუაფეოდალურ ხანაში ერთიანი საქართველოს კონტროლის ქვეშ იმყოფებოდა, ხოლო შემდგომში თითქმის XVII საუკუნემდე საბედიანოს ხელში იყო, XVII საუკუნის შემდეგ კი აფხაზი მთავრების კონტროლქვეშ გადავიდა.

გვიანფეოდალურ ხანაში ადიღელთა ძირითად სავაჭრო საქმიანობას ტყვეთა ყიდვა წარმოადგენდა და სავარეო ბაზარზე განსაკუთრებული მოთხოვნილება ჩერქეზ მონებზე იყო. ქართული წყაროებიდან ირკვევა, რომ ქართლის მეფე სიმონ I (1558—1600) ირანის შაჰის კარზე გასავზავნ მონებს ჯიქეთ-ჩერქეზეთიდანაც ყიდულობდა ([1], გვ. 56).

გარდა მონებისა, ადიღეელები ცნობილნი იყვნენ ცხენებით, აგრეთვე ოქრომკედლი ნაქსოვით, ოქრომჭედლობით და სხვა. ფაქტია, რომ ამ საქონლის ერთ-ერთი შემსყიდველი ქვეყანა საქართველო იყო.

ავსტრიელი ელჩის ვარკოჩის სიტყვით, XVI საუკუნეში მოსკოვში სავაჭროდ ჩაჰქონდათ საქონელი ყაბარდოელებს, ქართველებს, ჩერქეზებს, ციმბირელებსა და სხვ. ([2], გვ. 70).

რა თქმა უნდა, ის ვაჭრები, რომლებიც საქართველოდან მოსკოვამდე აღწევდნენ, ჩრდ. კავკასიის ხალხებთან და მათ შორის ადიღელებთან ვაჭრობის შესაძლებლობას ხელიდან არ გაუშვებდნენ, მით უმეტეს, რომ ყაბარდოს ერთ-ერთი თავადის ატაყუკინის 1732 წ. დაკითხვიდან ჩანს, რომ ადიღეელთა მეზობელ ყაბარდოელებს ქართველებთან სავაჭრო ურთიერთობა ჰქონიათ. საინტერესოა ბურნაშოვის ერთი ცნობაც, სადაც იგი წერს, რომ მათ (ქართველებს) დიდი ვაჭრობა აქვთ გაჩაღებული მეზობელ მთიელებთან და სპარსელებთან სპილენძის ჭურჭლეულით, ხამი ტილოთი, მახვილებით, ბამბიულოთი, ცხენის მოსართავებით, ხმლებით, ხანჯალ-სატევერებით, რკინის წვრილ-წვრილი ნივთებით, ტანსაცმლით, ფეხსაცმლით, ქუდებითა და სხვა, რადგან ამ საქონლით თითქმის ყველა კავკასიელი და მათი მეზობელი ხალხები სარგებლობენ ([3], გვ. 6).

ადიღე — ჩერქეზები უძველესი დროიდანვე მეზობლობდნენ აფხაზეთ, — დასავლეთ საქართველოს; მათ ხანგრძლივი კონტაქტების საფუძველზე ბევრა რამ გაუჩნდათ საერთო როგორც მატერიალურ, ასევე კულტურულ სფეროშიც. ვახუშტის მიხედვით, ჯიქეთი არის „ყოვლითურთ (მსგავსი) აფხაზეთისა: მოსავლით და ცხოვლით, წესითა და ქცევითაცა. გარნა იუწყე აფხაზთა და ჯიქთა სამოსელნი და იარაღნი, და საქურველნი, ვითარცა ჩერქესთანი, რომელთა ზნეთა უამად იბერნიცა ხმარობენ“ ([4], გვ. 172).

მაგრამ საქართველოსა და ადიღელ ტომებს შორის არა მარტო „სამოსელთა, იარაღთა და ზნეთა“ სიახლოვე შეიმჩნეოდა. ეთნოგრაფიული მასალების გათვალისწინება საშუალებას გვაძლევს ვილაპარაკოთ მათ სამეურნეო გამოცდილებათა, ჩვევათა სიახლოვეზე და ურთიერთკავშირზეც. ასე, მაგ., ადიღელებში ეთნოგრაფიულმა ექსპედიციამ 1957 წელს პროფ. გ. ჩიტაიას ხელმძღოვანლობით, შაფსულეთში აღწერა და შეისწავლა სახენელის 2 ტიპი: ოთხმხრივი სახენელი (ფხააშ), რომელიც მიღებულია კავკასიური სამმხრივი სახენელის ცალკეული ელემენტების თანდათანობითი განვითარების შედეგად ([5], გვ. 191) და ფამფალაკიანი სახენელი, რომელსაც თითქმის ყველა კავკასიურ ენაზე ქართული წარმოშობის სახელი — გუთანა ეწოდება ([5], გვ. 191). ამ დიდ გუთანს შაფსულურად „ფხააბიჭუ“ ეწოდება, ხოლო მისი საყოველთაოდ გავრცელებული სახელი — გუთანა — შემონახულია ამ სახენელის მეტად დამახასიათებელ ნაწილში — ფამფალაკში. სახენელის ფამფალაკს შაფსულურად კუთან, კუთენ, კუტლამიშ ეწოდება.

ეთნოგრაფიული მასალების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ადიღეელთა კულტურა თავისი საწყისებით, მართალია, მონოგამიური და თავისთავადია, მაგრამ იგი ამჟღავნებს ახლო ურთიერთობას, როგორც კავკასიურ კულტურასთან საერთოდ, ისე კერძოდ შავი ზღვის სამხ. დას. სანაპიროზე კოლხეთის კულტურასთან ([5], გვ. 191).



ახლო ურთიერთობა ქართულს, პირველ რიგში, დასავლურ ქართულსა და ადიღურ სამეურნეო ყოფაში, გარდა ზემოთ მოყვანილი სახენელი იარაღებისა, შეიმჩნევა მეურნეობის სხვა დარგებშიც, კერძოდ, ასეთი შეხვედრები დადასტურებულ იქნა ფეიქრობაშიც. უპირველეს ყოვლისა ეს შეეხება ამ ხალხთა მიწათმოქმედების ისეთ უძველეს კულტურებს, როგორც სელი და კანაფია.

გ. ჩ ა ჩ ა შ ვ ი ლ ი ს აზრით, ადიღელთა ხალხურ ფეიქრობაში შეიმჩნევა როგორც თვითმოყვადი ნიშნები, ასევე ისეთი მონაცემები, რომლებიც ქართულ მასალასთან აახლოებენ, რაც მათ მჭიდრო კულტურულ-ისტორიულ ურთიერთობაზე მიუთითებს ჯერ კიდევ შორეულ წარსულში ([6], გვ. 368).

ბევრი რამ შეიმჩნევა საერთო მატყლის დამუშავებისა და შალის წარმოების ქართულ და ადიღურ წესებში. მაგ., მატყლის დამუშავებასთან დაკავშირებით შაფსულეებში მოწმდება შრომითი ურთიერთდახმარების ის საყურადღებო წესი „ხაპუ“, რომელიც ადმ. საქართველოს მთიელებში „საქმის საღამოს“ (ხევი) და „მჩიჩელის“ (ხევსურეთი) სახელწოდებითაა ცნობილი. ასევე საგულისხმოა კანაფის დამუშავების ქართულ-ადიღური წესების ზედმიწევნითი დამთხვევა, მაგრამ აქ უფრო მნიშვნელოვანი ისაა, რომ ქართული კანაფი უეჭველ ნათესაობას ამჟღავნებს ადიღურ *klən* — (ჭეფ)-თან, მეგრულ „კივ“-თან და ლეკურ „ჭანაბთან“, რაც ამ კულტურის გენეზისის შესახებაც გვაწვდის გარკვეულ მასალას ([6], გვ. 370), რომ არაფერი ვთქვათ სამეურნეო ურთიერთობათა შედეგად ერთი საერთო წარმოშობის ტერმინის ჩამოყალიბებაზე.

არანაკლებ საინტერესო მასალები იქნა დაგროვილი ადიღე-საქართველოს სამეურნეო ურთიერთობათა შესახებ, სელთან დაკავშირებით.

გ. ჩაჩაშვილმა ყურადღება მიამჩვია ერთ მეტად საინტერესო მომენტს, რომელიც თვალნათლივ მიუთითებს ადიღელთა და ქართველთა ძველ სამეურნეო ურთიერთობებზე. კერძოდ, X საუკუნის არაბი ისტორიკოსი მასუდი წერდა ადიღელთა შესახებ, რომ ამ ქვეყანაში ამზადებენ სელის ქსოვილს, რომელსაც ეწოდება „ტალა“. ჩერქეზ-ადიღელებს დღეს ეს ტერმინი უკვე დავიწყებული აქვთ, ისევე როგორც თვით სელის ქსოვაც. მაგრამ არაბ ავტორთან დაცული ტერმინი „ტალა“ დიდ სიახლოვეს ამჟღავნებს ქართულ ტერმინ ტილოსთან, რომელიც, საბას განმარტებით, „სელთა და კანაფთა ლარია“. ქართულ ტილოსთან ასევე ახლოა აფხაზური „ატალა“.

ინტერესს მოკლებული არ არის ისიც, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს მთიელები ადგილობრივად დამზადებულ შალის ქსოვილს „ტილოს“ ეწოდებენ. ხოლო მისგან დამზადებულ ტანსაცმელს — „ტალავარს“.

საქართველო — ადიღეს სამეურნეო ურთიერთობებზე მიუთითებს სხვა ფაქტებიც, კერძოდ: ტუაფსეს რაიონის სოფ. აგუიში ადიღელი მოხუცი ნათხოუ სიხაბკირეის გადმოცემით, შაფსულურად თოხს ეწოდება სვანა, ხოლო ნიჩაბს — ლასვანა [7]. როგორც ამ იარაღების სახელწოდებები მიუთითებენ, ისინი ადიღელებში სვანეთის გზით უნდა იყოს შესული. მაგრამ ჩვენ ვფიქრობთ, რომ აქ აღნიშნული იარაღების გარკვეულ ტიპთან გვაქვს საქმე. გარკვეულ ტიპს იმიტომ ვამბობთ, რომ შეუძლებელია თოხი და ბარი, რო-

გორც სამეურნეო იარაღი, უძველესი დროიდან არ სცოდნოდათ ადიღელოთ წინაპრებს. სინაბკერეის გადმოცემით, სვანა და ლასვანა ცულთან (მაითა) ერთად იხმარებოდა ახოს გატეხის დროს. თუმცა აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ სოფ. ყილეის მცხოვრებ სოფლას ნიფსოუს გადმოცემით, თოხს ეწოდება „წვან“ ან „ჭვან“, რაც ტერმინ სვანთან საკმაო სიახლოვეს იჩენს.

ადიღე — საქართველოს ურთიერთობათა კვლევა-ძიებისას არანაკლებ საყურადღებოა სხვადასხვა ხალხურ წეს-ჩვეულებათა მსგავსების შემთხვევებიც. მაგ., მერეტუკოვის გამორკვევით, აბაქეხების საქორწილო წეს-ჩვეულებანი მრავალ პარალელს პოულობს აფხაზურ, მეგრულ, კახურ თუშ-ფშავ-ხევსურულ და საქართველოს სხვა კუთხეებში გავრცელებულ საქორწილო რიტუალთან ([8], გვ. 261—270).

ქართულ და ადიღეურ უძველეს თქმულებათა შინაარსობლივი კავშირი, მაუწყებელი უნდა იყოს იმისა, რომ ამ ორი ხალხის შორეული წინაპრები ნაზიარები იყვნენ ერთ მთლიან და ზოგად კულტურას და რომ ისინი ისტორიულად ერთიმეორეს მომიჯნავედ ვითარდებოდნენ.

სწორედ ასეთი ახლობლური კავშირების შედეგი ის უნდა იყოს, რომ ქართველურ ენებში დადასტურებულია ადიღეური ელემენტი, ხოლო საქართველოს ტოპონიმიაში არა ერთი ადიღეური ტოპონიმია ფიქსირებული.

საქართველოს ტოპონიმის ტიპური მორფოლოგიის განხილვისას ს. ჯანაშიამ უყრადღება მიაქცია დასავლეთ საქართველოს გეოგრაფიულ სახელებს ფსა-დაბოლოებით. მისი აზრით, ამ რიგის სახელებია: 1) სუფსა, 2) ლაშფსა, 3) ლაგუაფსთა, 4) ნიკოფსი და სხვა, რომლებიც ადიღეურ ენობრივ სამყაროს უკავშირდება ([9], გვ. 122). ს. ჯანაშიას ადიღეურ სამყაროდან მომდინარედ მიაჩნია, საქართველოში გავრცელებული ყვად-დაბოლოებიანი სახელებიც: 1) აგიდაყვა, 2) აპყვა, 3) ბოყვა (შდრ. ბობოყვას), 4) ბერეყვას ღელე გურიაში და სხვ.

აღნიშნულ ნაშრომში იგი განიხილავს რა კიდევ სხვა მრავალ მაგალითს, დაასკვნის, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე გარკვეულ ნაწილში ჩერქეზული (ადიღეური) ტოპონიმია უდავოდ დადასტურებულად უნდა ჩაითვალოს... ეს კი აქ ჩერქეზული მოსახლეობის ოდინდელი არსებობის ნაკვალევა ([9], გვ. 122).

არანაკლებ საინტერესოა სვანურ-ადიღეური (ჩერქეზული) ენობრივი შეხვედრები. გარდა ამისა, თვით ადიღეურ ენაშიც საკმაოდ მრავლადაა შესული ქართული წარმოშობის ან უცხოური, მაგრამ ძველთაგანვე ქართულში ნახმარი ტერმინები.

ადიღეურში ცნობილია შემდეგი ქართული ან ქართლის ვზით შესული სიტყვები: 1. ოჯახ — ადიღეურში სახლის თავს ნიშნავს, საიდანაც კვამლი ამოდის; 2. თამათ-თამადა — სოფლის ან ოჯახის მეთაური; 3. ჭიგო-მიწას, 4. სამეურნეო იარაღს ჭქვია ბჭკალი-ბრჭყალი. ესაა მიწის საჩიჩქნი ჩეკი საბრჭყალავი (მეგრულად).

აქვე გვინდა მივაქციოთ ყურადღება კიდევ ერთ ტერმინს — „ღვაფლეს“ ([7]), რაც ადიღეურად ნიშნავს მოყავისფრო მიწას და სპილენძს. საინტერესოა



მისი მორფოლოგიური კავშირი ქართულ „ღუღელფთან“, რომელიც საბა ორბელიანის სიტყვით „შეგროვებულ ნაკურჩხალს“ ნიშნავს ([10], გვ. 736).

სპეციალური კვლევა-ძიება ადიღეელთა ლექსიკურ ფონდში კიდევ მრავალ მასალას გამოავლენს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

აკად. ივ. ჯავახიშვილის სახელობის

ისტორიის, არქეოლოგიისა და ეთნოგრაფიის ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 30. 3. 1966)

ИСТОРИЯ

М. В. ЦИЦАДЗЕ

ИЗ ИСТОРИИ ГРУЗИНО-АДЫГЕЙСКИХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И КУЛЬТУРНЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ

Резюме

Исторические источники, освещающие экономические и культурные взаимоотношения адыгейцев и грузин, чрезвычайно скудны. Однако, используя этнографический материал и некоторые косвенные данные, можно в общих чертах представить те основные моменты, которыми характеризовались экономические и культурные взаимоотношения адыгейцев и грузин в течение XVI—XVIII вв.

Этнографическая экспедиция в 1957 г. в Адыгею описала и изучила два типа плуга—четырёхстороннее пахотное орудие («пхааш»), полученное путем внутреннего усовершенствования отдельных элементов кавказского трехстороннего пахотного орудия, и передковое пахотное орудие, которое почти на всех кавказских языках носит грузинское название «гутани». Этот большой «гутани» по-шапсугски называется «пхаабэбу», а общераспространенный термин «гутани» сохранился в названии одной из основных частей плуга—в передке.

Тесные связи между этими народами наблюдаются и в других отраслях хозяйства. Прежде всего это касается таких древнейших земледельческих культур, как лен и конопля. Можно предполагать полную идентичность правил обработки конопли у адыгейцев и грузин. Грузинский термин «канапи» (конопля), несомненно, родствен адыгейскому «чеп», мегрельскому «кип» и лезгинскому «чанап», что дает определенный материал о генезисе этих культур, не говоря уже о том, что в результате хозяйственных связей создался общий, единый термин.

Согласно сведениям арабского историка X в. Масуди, адыгейцы называли льняную ткань «тала». Этот термин, так же как и пряже, сегодня забыт адыгейцами, однако проявляет определенную близость к грузинскому термину «тило» (полотно).

Много общего также в грузинском и адыгейском способах производства шерсти и шерстяных тканей.

Для взаимоотношений Адыгеи и Грузии не менее интересно и сходство обычаев и обрядов. Адыгейский свадебный обряд находит много параллелей в свадебном ритуале абхазцев, мегрельцев, кахетинцев, тушпшавхевсуров.

Доказано также наличие в грузинских языках элементов адыгейского языка, и в топонимике Грузии зафиксирован не один адыгейский топоним.

Указанные взаимоотношения грузин и адыгейцев говорят о том, что далекие предки этих народов были приобщены к общей культуре, что они исторически развивались в тесном общении друг с другом.

დავოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Джанашвили. Известия грузинских летописей и источников о Сев. Кавказе и России. Тифлис, 1897.
2. Н. Варкоч. Описание путешествия в Москву посла римского императора Николая Варкоча. Чтение ОНДР, кн. 4, 1874.
3. Бурнашев. Картина Грузии, или описание политического состояния царств Карталинского и Кахетинского, сделанное пребывающим при его высочестве царе карталинском и кахетинском Ираклии Теймуразовиче полковником и кавалером Бурнашевым в Тифлисе, 1786. Курск, 1793.
4. ვახუშტი ბაგრატიონი. საქართველოს გეოგრაფია. თბილისი, 1941.
5. Г. С. Читая. Некоторые итоги экспедиционной работы 1957 г. Отдел этнографии Института истории АН ГССР. მასალები საქართველოს ეთნოგრაფიისათვის, ტ. XI, 1960.
6. გ. ჩაჩაშვილი. ქართული ადიღური ეთნოგრაფიული პარალელები ხალხურ ფეიქრობაში. მასალები საქართველოს ეთნოგრაფიისათვის, XII—XIII, თბილისი, 1963.
7. გ. ჯალაბაძე. ადიღეს ეთნოგრაფიული ექსპედიციის მასალები (ადიღური). საქართველოს ს. ჯანაშიას სახელობის სახელმწიფო მუზეუმის ეთნოგრაფიის განყოფილება, 1957.
8. М. Меретуков. Свадебные обряды абхазов. МСГ, XII—XIII, თბილისი, 1963.
9. ს. ჯანაშია. ჩერქეზული (ადიღური) ელემენტი საქართველოს ტოპონიმიაში. შრომები, III, თბილისი, 1959.
10. სულხან-საბა ორბელიანი. სიტყვის კონა. თბილისი, 1949.

მთ. რედ აქტორი—საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
აკადემიკოსი რ. დვალი

Гл. редактор—академик Академии наук Грузинской ССР
Р. Р. Двали

ხელმოწერილია დასაბუებლად 26.1.1967; შუკვ. № 1779; ანაწყოების ზომა 7×11;
ქაღალდის ზომა 70×108; სააღრიცხვო-საგამომც. ფურცლების რაოდენობა 17,0;
ნაბეჭდი ფურცლების რაოდენობა 17,0; უე 01208; ტირაჟი 1350

Подписано к печати 26.1.1967; зак. № 1779; размер набора 7×11; размер
бумаги 70×108; количество уч.-изд. листов 17,0; количество печатных
листов 17,0; УЭ 01208; тираж 1350

გამომცემლობა „მეცნიერების“ სტამბა, თბილისი 60, კუტუზოვის ქ. № 15.
Типография Издательства «Мецниереба», Тбилиси 60, ул. Кутузова 15.

მათემატიკა—МАТЕМАТИКА—MATHEMATICS

Ш. Е. Микеладзе (академик АН ГССР). Новый численный метод решения обыкновенных дифференциальных уравнений	289
*შ. მიქელაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). ჩვეულებრივ დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნის ახალი რიცხვითი მეთოდი	296
Дж. Г. Санникдзе. О точных оценках приближения квадратурных формул при интегрировании неограниченных функций	297
*ჯ. სანიკიძე. კვადრატულ ფორმულათა ცდომილების ზუსტი შეფასება შემოსაზღვრული ფუნქციების ინტეგრებისას	304
В. М. Коклашвили. О приближении функций средними рядами Уолша—Фурье	305
*ვ. კოკლაშვილი. უოლშ—ფურის მწკრივის საშუალებით ფუნქციათა მიახლოების შესახებ	310

დრეკადობის თეორია—ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ—
THEORY OF ELASTICITY

М. З. Народецкый. Действие сосредоточенных сил на бесконечную пластинку с тремя круговыми отверстиями	311
*მ. ნაროდეცკი. შეუტრსული ძალების მოქმედება სამი წრიული ხერხელის მქონე უსასრულო ფირფიტაზე	318

ჰიდრომექანიკა—ГИДРОМЕХАНИКА—HYDROMECHANICS

С. В. Меунаргия. Моделирование произвольного осушительного канала при конечной глубине водоносного пласта	319
*ს. მეუნარგია. ნებისმიერი ამომზრობი არხის მოდელირება წყალუვნადი პლასტის სასრულო ჩარამავეებისას	324

აბიარნეტიკა—КИБЕРНЕТИКА—CYBERNETICS

Ш. Л. Бебиашвили, О. М. Намичейшвили. Контрольные испытания типовых элементов в форсированном режиме	325
*შ. ბებიაშვილი, ო. ნამიჩეიშვილი. ტიპობრივ ელემენტთა საკონტროლო გამოცდები ფორსირებულ რეჟიმში	332

ფიზიკა—ФИЗИКА—PHYSICS

В. Р. Березовский, Ш. Ш. Гватуа, Р. Н. Кухарский, В. В. Мумладзе. Подавление некоторых мод в излучении рубинового лазера	333
*ვ. ბერეზოვსკი, შ. გვათუა, რ. კუხარსკი, ვ. მუმლაძე. ზოგიერთი მოდების ჩახშობა რუბინის ლაზერის გამოსხივებაში	336
Г. А. Гольдштейн, А. А. Микаберидзе, В. В. Мумладзе, Н. В. Цопцхалишвили. Наблюдение периодического изменения типов колебаний в He-Ne лазере	337
*გ. გოლდშტეინი, ა. მიქაბერიძე, ვ. მუმლაძე, ნ. ცოცხალიშვილი. მოდების პერიოდული ცვლილება გაზურ ლაზერში He—Ne ნარევეზე	339
Р. И. Джибути. Фотоядерные реакции на ядре Li ⁶ с выходом сложных частиц	341
*რ. ჯიბუტი. ფოტობირთვული რეაქციები Li ⁶ ბირთვზე რთული ნაწილაკების გამოსვლით	347
Г. А. Накашидзе, С. М. Абрамов, Б. Г. Беденашвили, Н. П. Мачкалова, Л. М. Куталадзе, И. Н. Сагинашвили. О спектрах электролюминесценции диодов на основе фосфида галлия	349

* 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.

*ბ. ნაკაშიძე, ს. აბრამოვი, ბ. ბედენაშვილი, ნ. შაჩკალოვა, ლ. კუტაია, ლ. ლაძე, ი. საგინაშვილი. გაღების ფოტოფიზიკური დიოდების ელექტროლუმინესცენციის სპექტრების შესახებ 353

И. Д. Кирвалидзе. Температурная зависимость фото-э.д.с. в бариево-стронциевом оксидном слое 355

*ი. კირვალიძე. ბარიუმ-სტრონციუმის ოქსიდურ ფენაში ფოტოელექტრომაგნიტური ძალის ტემპერატურული დამოკიდებულება 358

გეოფიზიკა—ГЕОФИЗИКА—GEOPHYSICS

T. Г. Габарашвили. Влияние электрического заряда на рост кристалла льда 359

*თ. გაბარაშვილი. ელექტრული მუხტის გავლენა ყინულის კრისტალის ზრდაზე 354

Л. С. Чантуришвили. О природе становления постоянного электрического тока и частотной зависимости проводимости среды 365

*ლ. ქანტუროშვილი. მუდმივი ელექტრული დენის დამყარება და გარემოს ელექტროგამტარებლობის სიხშირეზე დამოკიდებულების ხასიათი 369

ქიმია—ХИМИЯ—CHEMISTRY

Г. В. Цицишвили (академик АН ГССР), М. С. Шуакришвили. Адсорбционно-структурные свойства асканилы, модифицированной различными азотсодержащими органическими соединениями 371

*გ. ციციშვილი (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), მ. შუაქრიშვილი. აზოტმემცველი ორგანული ნაერთებით მოდიფიცირებული ბუნებრივი ასკანილის აღსორბციულ-სტრუქტურული თვისებები 378

П. В. Гогоришвили, Е. Г. Давиашвили, М. В. Каркарашвили, Ш. А. Надарейшвили. Об одном мышьяковом препарате 379

*პ. გოგორიშვილი, ე. დავითაშვილი, მ. ყარყარაშვილი, შ. ნადარეიშვილი. დარიშხანის ერთი პრეპარატის შესახებ 382

Г. Д. Чачанидзе, В. С. Варашвили, Н. Г. Лежава. Изготовление и термографическое исследование моноферритов никеля и кобальта 383

*გ. ჩაჩანიძე, ვ. ვარაზაშვილი, ნ. ლეჟავა. ნიკელისა და კობალტის მონოფერიტების დამზადება და მათი თერმოგრაფიული გამოკვლევა 389

Е. Н. Зедელაшвили, М. И. Шанишвили. Исследование радиационно-химического превращения α-нитронафталина и нафталина 391

*ე. ზედელაშვილი, მ. შანიშვილი. α-ნიტრონაფტალინისა და ნაფტალინის რადიაციულ-ქიმიური გარდაქმნის შესწავლა 395

ქიმიური ტექნოლოგია—ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ—CHEMICAL TECHNOLOGY

И. Г. Хизанишвили, Г. Г. Гаприндашвили. Фарфоро-фарфоровые изделия из перлитосодержащих масс 397

*ი. ხიზანიშვილი, გ. გაფრინდაშვილი. ფარფრო-ფარფროვანი მასების პერლიტის შემცველი მასებისგან 402

ბიოქიმია—БИОХИМИЯ—BIOCHEMISTRY

В. Н. Чикванидзе. Об окислении гамма-аминомасляной кислоты митохондриями головного мозга 403

*ვ. ჩიკვანიძე. თავის ტვინის მიტოქონდრიუმების მიერ გამა-ამინომჟავის ოქსიდაციის შესახებ 406

Ц. И. Картозия. Белковые фракции сыворотки крови, тины гемоглобина и фракции гемоглобина при различных формах желтухи у детей 407

*ც. კარტოზია. სისხლის შრატის ცილოვანი ფრაქციები, ჰემოგლობინის ტიპები და ჰემოგლობინის ფრაქციები ბავშვთა ასაკის სხვადასხვა სიყვილის დროს 413

Г. Г. Шамкулашвили. Окислительный обмен аспарагиновой кислоты в срезах и митохондриях головного мозга 415

*გ. შამკულაშვილი. ასპარაგინის ოქსიდაციის ცვალებადობა თავის ტვინის ანატომიისა და მიტოქონდრიუმში 419



გეოგრაფია—ГЕОГРАФИЯ—GEOGRAPHY

Б. П. Джаджанидзе, Г. Н. Хатискаци, Г. К. Чичуа. К палеогеографии верхней части междуречья Иори и Алазани в верхнеплиоценовое и пост-плиоценовое время 421

*ბ. ჯაჯანიძე, გ. ხატისკაცი, გ. ჩიჩუა. იურისა და ალანის მდინარეთაშუეთის პალეოგეოგრაფიისათვის ზედა პლიოცენურ და პოსტპლიოცენურ ხანაში 425

გეოლოგია—ГЕОЛОГИЯ—GEOLOGY

М. А. Кекелия, Ю. А. Балашов. Факторы дифференциации редкоземельных элементов в Зекарской габбро-диоритовой интрузии и вмещающей андезито-базальтовой толще 427

*მ. კეკელია, ი. ბალაშოვი. იშვიათი მიწების დიფერენციაციის ფაქტორები ზეკარის ინტრუზიაში და მის შემცველ ანდეზიტო-ბაზალტურ წყებაში 432

პეტროგრაფია—ПЕТРОГРАФИЯ—PETROGRAPHY

Г. Д. Думбадзе. О возрасте Санчарской интрузии 435

*გ. დუმბაძე. სანჩარის ინტრუზიის ასაკის შესახებ 438

პალეობიოლოგია—ПАЛЕОБИОЛОГИЯ—PALAEOBIOLOGY

Ц. И. Бадзошвили. К изучению *Cerithiidae* мезотического яруса 439

*ც. ბაძოშვილი. მეოტური სართლის ცერითიდების შესწავლისათვის 446

ტექნიკა—ТЕХНИКА—ENGINEERING GENERAL

Г. И. Мамасახлисов. К вопросу определения числа приемо-отправочных путей железнодорожных станций 447

*გ. მამასახლისოვი. რკინიგზის სადგურების მიმღებ-გამგზავნი ლინდაგების რიცხვის ანგარიშის საკითხისათვის 454

მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY

В. А. Пирцхалайшвили, М. А. Набичвришвили. Структура и некоторые свойства аустенитных хромомарганцевых сталей, легированных никелем, молибденом и ниобием 455

*ვ. ფირცხალაიშვილი, მ. ნაბიჭვირეშვილი. ნიკელით, მოლიბდენითა და ნიობიუმით ლეგირებული აუსტენიტური ქრომომანგანუმის ფოლადების სტრუქტურა და ზოგიერთი თვისება 461

მანქანათმშენებლობა—МАШИНОВЕДЕНИЕ—

МЕCHANICAL ENGINEERING

Д. С. Тавхелидзе, Г. А. Джабуа. К вопросу выбора некоторых размеров звеньев пространственного четырехзвенного механизма 463

*დ. თავხელიძე, გ. ჯაბუა. სივრცითი ოთხზღაუა მექანიზმებში, რგოლების ზოგიერთი ზომის შერჩევის საკითხი 467

ავტომატიკა და ტელემექანიკა—АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА—

AUTOMATICS AND TELEMCHANICS

М. В. Каджаров. Некоторые способы формирования кода в преобразователях, работающих по методу пространственного кодирования без физического представления кода 439

*მ. კაჯაროვი. გარდამსახეში კოდის ფორმირების ზოგიერთი საშუალება, რომელიც მუშაობს სივრცული კოდირების მეთოდით კოდის ფიზიკური წარმოდგენის გარეშე 474

ბოტანიკა—БОТАНИКА—BOTANY

Н. А. Маргалитадзе. История лесов Дабадзвельского плато в голоцене по данным спорово-пыльцевого анализа 475

*ნ. მარგალიტაძე. დაბაძულის პლატოს ტყის ისტორია პოლოცენში სპოროვან-მტეროვანი მონაცემების საფუძველზე 481

მეცენარეობა—РАСТЕНИЕВОДСТВО—PLANT-GROWING

А. Г. Гавакешавили. Некоторые результаты первичного испытания новых подвоов винограда в условиях Хирсского совхоза 483

*ა. გავაკეშავილი. ვაშის ახალი საძირეების ხირსის საბჭოთა მეურნეობის პირობებში პირველადი გამოცდის ზოგიერთი შედეგი 489



ფიტოპათოლოგია—ФИТОПАТОЛОГИЯ—PHYTOPATHOLOGY

საქართველოს
აკადემიისთვის

- ლ. მშვიდლოძე. გარგარიდან გამოყოფილი სოკო ვერტიცილიუმის ტოქსიკურობის საკითხისათვის 491
- *Л. В. Мшвидобадзе. К изучению токсичности гриба вертициллиум, выделенного из абрикоса 496

ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ—PHYSIOLOGY

- О. И. Санеблидзе, К. Ш. Надарейшвили, Ю. Я. Шафир. Радиационные изменения биоэлектрических и биомеханических явлений в скелетных мышцах лягушки 499
- *ო. სანებლიძე, კ. ნადარეიშვილი, ი. შაფირი. მაინიზებული რადიაციის გავლენა ბაყაყის განივზოლიანი კუნთების ბიოელექტრულ და ბიომექანიკურ მოვლენებზე 505
- გ. ჩიტორელიძე. ჰიპოთალამუსის ზოგიერთი ბირთვის გავლენა დასხვებული ვირთაგვას თირკმელზედა ჭირკვლის ვენტრ სისხლში კორტიკოსტერონის შემცველობაზე 507
- *Г. В. Читорелидзе. Влияние некоторых ядер гипоталамуса на содержание кортикостерона в венозной крови надпочечников облученной крысы 512

მასპერიმენტული მედიცინა—ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА—EXPERIMENTAL MEDICINE

- Д. Г. Тодадзе. К изучению гистохимических особенностей аденокарциномы матки 513
- *გ. თოდაძე. საშვილოსნოს ადნოკარცინომების ჰისტოქიმიურ თავისებურებათა შესწავლისათვის 518
- В. О. Иосава. Роль миеоэпителиальных клеток в гистогенезе так называемых смешанных опухолей слюнных желез 519
- *ვ. იოსავა. მიოეპითელიური უჯრედების როლი სანერწყვე ჭირკვლების ე. წ. შერეული სიმსივნეების ჰისტოგენეზში 524
- Г. В. Квиташвили, Э. Ш. Боцвадзе, Л. М. Мосулишвили, Н. Е. Кучава, Э. Н. Гинтури. К изучению обмена микроэлементов при инфекционном гепатите методом нейтронной активации 525
- *გ. კვიტაშვილი, ე. ბოცვაძე, ლ. მოსულიშვილი, ნ. კუჭავა, ე. გინტური. მიკროელემენტების ცვლის შესწავლისათვის ინფექციური ჰეპატიტის დროს ნეიტრონული აქტივაციის მეთოდით 529

კლინიკური მედიცინა—КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА—CLINICAL MEDICINE

- ბ. ქლევტი. ყბა-სახის მიდამოში სპირტ-ნოვოკაინის 5%-იანი ხსნარის გამოყენების საკითხისათვის 531
- *Н. И. Жгенти. К вопросу применения 5% спирт-новокаинового раствора в челюстно-лицевой области 535
- ლ. დამბაშიძე. მუხლის სახსრის ტუმბერკულოზური ანთების მკურნალობის საკითხისათვის 537
- *Л. С. Гамбашидзе. К вопросу о лечении туберкулезных гонитов 540

ენათმეცნიერება —ЯЗЫКОЗНАНИЕ—LINGUISTICS

- ტ. გულდავა. მახვილის ადგილისათვის ხუნძური ენის ზნაში 541
- *Т. Е. Гудава. Ударение в глаголе аварского языка 545

ისტორია—ИСТОРИЯ—HISTORY

- ალ. ბოხოჩაძე. კოლხეთის სამეფოს დედაქალაქის ადგილმდებარეობის საკითხისათვის ძვ. წ. IV—III საუკუნეებში 547
- *А. В. Бохоцадзе. К вопросу о местонахождении столицы Колхского царства в IV—III вв. до н. э. 552
- მ. ცინცაძე. საქართველო-ადიღეს ეკონომიური და კულტურული ურთიერთობის ისტორიიდან 553
- *М. В. Цинцадзе. Из истории грузино-адыгейских экономических и культурных взаимоотношений 557



УТВЕРЖДЕНО
Президиумом Академии наук
Грузинской ССР
28.3.1963

ПОЛОЖЕНИЕ О «СООБЩЕНИЯХ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР»

1. В «Сообщениях Академии наук Грузинской ССР» публикуются статьи научных работников Академии наук Грузинской ССР и других ученых, содержащие сжатое изложение основных результатов их исследований.

2. «Сообщениями» руководит редакционная коллегия, избираемая общим собранием Академии наук Грузинской ССР.

3. «Сообщения» выходят ежемесячно отдельными выпусками приблизительно в объеме 16 печатных листов каждый. Выпуски каждого квартала (три выпуска) составляют один том.

4. Статьи должны быть представлены на двух языках: на грузинском и русском. На одном из них, по желанию автора, — полный текст, а на другом языке — краткое изложение основного текста.

5. Объем статьи, включая иллюстрации, не должен превышать 20 000 типографских знаков (8 страниц журнала). Разделение статьи на отдельные части для опубликования в разных выпусках «Сообщений» не допускается.

6. Статьи действительных членов и членов-корреспондентов Академии наук Грузинской ССР сдаются непосредственно в редакцию «Сообщений» для опубликования, а статьи других авторов публикуются только по представлению действительных членов или членов-корреспондентов Академии. Статьи, поступившие без представления, направляются редакцией одному из действительных членов или членов-корреспондентов Академии на рассмотрение, с тем чтобы в случае положительной оценки статья была представлена для опубликования.

7. Статьи (а также соответствующие иллюстрации и чертежи) должны быть представлены автором в одном экземпляре, в совершенно готовом для печатания виде. Формулы должны быть четко вписаны в текст от руки. Текстовые части на иллюстрациях должны быть выполнены на обоих языках. Никакие исправления и добавления после принятия к печати не допускаются.

8. Данные о цитированной литературе должны быть по возможности полными; необходимо указать полное заглавие статьи, название журнала, в котором опубликована статья, номер серии, тома, выпуска, год издания; если имеется ссылка на книгу, то необходимо указать полное наименование книги, место и год издания.

9. Цитируемая литература должна приводиться в конце статьи в виде списка. При ссылке на литературу в тексте статьи или в подстрочных примечаниях следует указывать номер по списку, заключая его в квадратные скобки.

10. В конце текста статьи автор на соответствующем языке должен указать название и местонахождение того научного учреждения, где выполнена работа.

Статья датируется днем поступления ее в редакцию.

11. Автору представляется одна корректура в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или напечатать ее без визы автора.

12. Автор получает бесплатно 10 оттисков своей статьи.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: ТБИЛИСИ, ул. КУТУЗОВА, 15

Телефон 7-18-05, доб. 3-42

Условия подписки: на 1 год — 12 руб., на 6 месяцев — 6 руб.

ჟანი 1 მან.
ცენა 1 რუბ.

დ ა მ ტ კ ი ც ე ზ უ ლ ი ა
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
პრეზიდიუმის მიერ 28.3.1963

„საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“
დ ე ზ უ ლ ე ზ ა

1. „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ იბეჭდება აკადემიის მეცნიერი მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბე“ გამოდის თვეში ერთხელ, ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 16 ბეჭდურითაა დაბეჭდილი. ყოველი კვარტალის ნაკვეთები (სამი ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.
4. „მოამბეში“ დასაბეჭდად წერილები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ორ ენაზე: ქართულად და რუსულად. ერთ-ერთ მათგანზე, ავტორის სურვილისამებრ, —სრული ძირითადი ტექსტი, ხოლო მეორეზე —ძირითადი ტექსტის შემოკლებული გამოცემა.
5. წერილის მოკულობა (ორივე ტექსტისა), ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 20.000 სასტამბო ნიშანს (ჟურნალის 8 გვერდს); არ შეიძლება წერილის დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.
6. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორების წერილები იბეჭდება აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარდგინებით. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსაზღვრულად, რათა მან, დადებითად შეფასების შემთხვევაში, წარმოადგინოს იგი დასაბეჭდად.
7. წერილები (ავრთვე სათანადო ილუსტრაციები და ნახაზები) ავტორმა უნდა წარმოადგინოს თითო ცალად, დასაბეჭდად საყვებით მოწოდებული. ფორმულები ხელით უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტში მკაფიოდ. ილუსტრაციებზე ტექსტობარივი წარწერები ორივე ენაზე უნდა იყოს შესრულებული. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში შესწორებებისა და დამატებების შეტანა აღარ შეიძლება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები შეძლებისდაგვარად სრული უნდა იყოს: საჭიროა აღინიშნოს წერილის სრული სათაური, სახელწოდება ჟურნალისა, რომელშიც დაბეჭდილია წერილი, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის ადგილისა და წელის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის სია წერაღს ერთვის ბოლოში. ლიტერატურის მითითებლად ტექსტში თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იქნეს შესაბამისი ნომერი სიის მიხედვით.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა შესაბამის ენაზე უნდა აღნიშნოს იმ დაწესებულების სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია ნაშრომი.
წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად არა უმეტეს ორი დღისა). თუ კორექტურა დადგენილი ვადისათვის არ იქნა წარმოდგენილი, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 10 ამონაბეჭდი.

რ ე დ ა მ ტ კ ი ს მ ი ნ ა მ ა რ თ ი: თბილისი, კუტაშვილის ქ. 15

ტელეფონი 7-18-05, დამ. 3-42

ხ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: 1 წლით—12 მან., 6 თვით—6 მან.

ИНДЕКС 76181