

1942 / 2



საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის

მ ო ა მ ბ ე

ტომი III № 2

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР

ТОМ III № 2

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE GEORGIAN SSR

Vol. III No 2

თბილისი 1942 ტბილისი  
TBILISSI



შინაარსი—СОДЕРЖАНИЕ—CONTENTS

მათემატიკა—МАТЕМАТИКА—MATHEMATICS

Илья Векуа. Об аппроксимации решений эллиптических дифференциальных уравнений . . . . . 97

\*ილია ვეკუა. ელიფსურ დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნების აპროქსიმაციის შესახებ . . . . . 101

ღრმკადობის თეორია—ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ—THEORY OF ELASTICITY

Н. И. Мухомелишвили. Основные граничные задачи теории упругости для плоскости с прямолинейными разрезами . . . . . 103

\*ნ. მუხმელიშვილი. ღრმკადობის თეორიის ძირითადი სასაზღვრო ამოცანები სიბრტყისათვის წრფივი კრილებით . . . . . 110

მათემატიკის დაფუძნების საკითხები—ВОПРОСЫ ОБОСНОВАНИЯ МАТЕМАТИКИ PROBLEMS OF THE FOUNDATION OF MATHEMATICS

შ. П. Гокиези. О понятия существования в математике. Сообщение второе . . 111

\*შ. გოკიელი. არსებობის ცნების შესახებ მათემატიკაში. II . . . . . 118

ფიზიკა—ФИЗИКА—PHYSICS

В. И. Мамасахиясов. «Спиновое» изучение электрона . . . . . 119

\*ვ. მამასახლიასოვი. ელექტრონის „სპინური“ გამოსხივება . . . . . 126

Ю. А. Сикорский. Увеличение диэлектрических потерь в аморфных телах при осеменении . . . . . 127

\*ი. სიკორსკი. დიელექტრული დანაკარგების გადიდება ამორფულ სხეულებში მათი გაშუქების დროს . . . . . 129

ქიმია—ХИМИЯ—CHEMISTRY

ჭკ. არგშიძე, ი. აივაზოვი და გ. კრიხელი. მირზანის ნავთობის ქიმიური შემადგენლობა. I . . . . . 131

\*X. И. Арешиязе, И. С. Айвазов и Г. И. Крихели. Изучение ароматических углеводородов из фракции 70—95°C Мырзандской нефти . . . . . 135

\*ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური გვუთენის წინა წერილის რეზუმეს ან თარგმანს. \*Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме или к переводу предшествующей статье.

\*A title marked with an asterisk applies to a summary or translation of the preceding article.



МАТЕМАТИКА

ИЛЬЯ ВЕКУА

### ОБ АПРОКСИМАЦИИ РЕШЕНИЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

1. В этой работе я доказываю несколько теорем о приближении решений уравнения

$$\Delta u + a(x, y) \frac{\partial u}{\partial x} + b(x, y) \frac{\partial u}{\partial y} + c(x, y) u = 0 \quad (E_0)$$

при помощи частных решений этого же уравнения в любой конечной многосвязной области плоскости  $xy^1$ . При этом, во всем дальнейшем я предполагаю, что  $a$ ,  $b$  и  $c$  — целые функции переменных  $x$ ,  $y$ .

2. Пусть  $T$  — конечная многосвязная область на плоскости  $xy$ , ограниченная простыми замкнутыми непересекающимися кривыми  $S_0, S_1, \dots, S_m$ ,  $m \geq 0$ , из которых  $S_0$  содержит внутри себя все остальные. Положим  $S = S_0 + S_1 + \dots + S_m$  и условимся считать положительным направлением на  $S$  то, которое оставляет область  $T$  слева.

Во всем дальнейшем будем считать, что начало координат находится внутри области  $T$ .

Пусть  $\mathfrak{M}_0$  — множество всех голоморфных функций  $f(\zeta)$  в области  $T$ , удовлетворяющих условию

$$\text{Im}\{f(0)\} = 0,$$

а  $\mathfrak{M}$  — множество конечных множеств вида

$$\{f(\zeta), c_1, \dots, c_m\},$$

где  $f(\zeta) \in \mathfrak{M}_0$ , а  $c_1, \dots, c_m$  — произвольные вещественные постоянные.

Пусть, далее,  $\mathfrak{L}$  — множество всех регулярных решений  $u(x, y)$  уравнения  $(E_0)$  в области  $T^2$ .

Зафиксируем внутри кривых  $S_1, \dots, S_m$  соответственно точки  $a_1, \dots, a_m$  и рассмотрим множество  $\mathfrak{P}$  рациональных функций

$$P(\zeta; \infty, a_1, \dots, a_m) \equiv P(\zeta),$$

имеющих полюсы только в точках  $\infty, a_1, \dots, a_m$ .

<sup>1</sup> Аналогичной проблеме посвящена работа Ст. Бергмана [1], в которой рассматривается лишь случай конечной односвязной области, ограниченной ввинченной кривой.

<sup>2</sup> Регулярным в области  $T$  решением называется решение уравнения  $(E_0)$ , имеющее непрерывные производные до второго порядка в этой области. Известно, что всякое регулярное решение является, в соответствующей области, аналитической функцией (теорема Пикара).



Очевидно, любая функция  $P(\zeta) \in \mathfrak{F}$  представляет собою сумму функций вида

$$A_{kj}^n \zeta^k, \quad \frac{A_{kj}}{(\zeta - a_j)^k} \quad (j=1, \dots, m; k=0, 1, \dots),$$

где  $A_{kj}^n, A_{kj}$  — постоянные.

Обозначим, наконец, через

$$\Omega(\zeta, a_j) \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

«элементарное» решение уравнения  $(E_0)$ , которое регулярно во всей плоскости  $x, y$ , кроме точки  $a_j$ , в которой оно имеет особенность логарифмического типа.

Приведем теперь без доказательства следующие две теоремы, на которые будем опираться во всем дальнейшем.

**Теорема А<sup>1</sup>.** Между множествами  $\mathfrak{L}$  и  $\mathfrak{M}$  существует одно-однозначное соответствие, которое устанавливается формулой

$$u(x, y) = \sum_{j=1}^m c_j \Omega(\zeta, a_j) + L[f(\zeta)],$$

где

$$\{f(\zeta), c_1, \dots, c_m\} \in \mathfrak{M}, \quad u(x, y) \in \mathfrak{L}, \quad \text{а } L[f(\zeta)]$$

— определенный линейный оператор в функциональном пространстве  $\mathfrak{M}_0$ .

**Теорема В<sup>2</sup>.** Всякую функцию  $f(\zeta)$ , голоморфную в области  $T$  и непрерывную в  $T+S$ , можно равномерно аппроксимировать в  $T+S$  при помощи рациональных функций  $P(\zeta; \infty, a_1, \dots, a_m)$ , т. е. для любого  $\varepsilon > 0$  существует такая рациональная функция  $P(\zeta) \in \mathfrak{F}$ , что

$$|f(\zeta) - P(\zeta)| < \varepsilon$$

для всех  $\zeta \in T+S$ .

3. Рассмотрим следующую последовательность частных решений уравнения  $(E_0)$ :

$$u_0(x, y; a_0) = L[f(\zeta) \equiv 1],$$

$$u_0(x, y; a_k) = \Omega(\zeta, a_k),$$

$$u_{2n-1}(x, y; a_0) = L[\zeta^n],$$

$$u_{2n}(x, y; a_0) = L(i\zeta^n),$$

$$u_{2n-1}(x, y; a_k) = L\left[\frac{1}{(\zeta - a_k)^n}\right],$$

<sup>1</sup> Эта теорема установлена мною в [2]; см. также [3].

<sup>2</sup> Доказательство этой теоремы можно найти в монографии I. Walsh [4].

$$u_{2n}(x, y; a_k) = L \left[ \frac{i}{(\bar{z} - a_k)^n} \right]$$

$$(k = 1, \dots, m; \quad n = 1, 2, \dots; \quad a_0 = \infty).$$

Обозначая

$$u_p(x, y; a_k) = w_{pm+p+k} \quad (k = 1, \dots, m; \quad p = 0, 1, \dots),$$

получим последовательность частных решений уравнения (E<sub>0</sub>)

$$w_0(x, y), \quad w_1(x, y), \dots, w_n(x, y), \dots,$$

которая представляет систему линейно независимых аналитических функций в  $T+S$ .

4. Теорема 1. Пусть  $u(x, y)$  — какое-нибудь регулярное решение уравнения (E<sub>0</sub>) в области  $(T)$ , т. е.  $u \in \mathfrak{L}$ . Тогда для любой подобласти  $T'$  области  $T$ , с границей  $S'$ , целиком лежащей внутри  $T$ , и для любого  $\varepsilon > 0$  можно найти такой линейный аргумент

$$A_0 w_0 + A_1 w_1 + \dots + A_n w_n, \quad (1)$$

что

$$\left| u(x, y) - \sum_{k=1}^n A_k w_k(x, y) \right| < \varepsilon \quad \text{в } T' + S', \quad (2)$$

т. е. любое регулярное решение уравнения (E<sub>0</sub>) в области  $T$  можно равномерно аппроксимировать внутри  $T$  линейными аргументами вида (1).

Доказательство. Пусть  $\{f(\bar{z}), c_1, \dots, c_m\}$  — элемент множества  $\mathfrak{M}$ , соответствующий рассматриваемому элементу  $u(x, y)$  множества  $\mathfrak{L}$ .

Рассмотрим какое-нибудь частное решение уравнения (E<sub>0</sub>) вида

$$w(x, y) = \sum_{k=1}^m c_k \Omega(\bar{z}, a_k) + L[P(\bar{z})], \quad P(\bar{z}) \in \mathfrak{P},$$

которое, очевидно, имеет вид (1). Тогда, если будем предполагать, что  $(x, y) \in T' + S'$ , в силу теоремы А, получим

$$|u(x, y) - w(x, y)| \equiv |L[f(\bar{z}) - P(\bar{z})]| \equiv \text{Max}_{T'+S'} |f(\bar{z}) - P(\bar{z})| \cdot K,$$

где  $K$  — положительное число, не зависящее от выбора функций  $f(\bar{z})$  и  $P(\bar{z})$ . Выбирая функцию  $P(\bar{z})$ , согласно теореме В, так, чтобы

$$\text{Max}_{z \in T'+S'} |f(\bar{z}) - P(\bar{z})| < \frac{\varepsilon}{K},$$

получим неравенство (2), что и требовалось доказать.

5. Наложим теперь на уравнение (E<sub>0</sub>) следующее ограничение: всякое регулярное решение этого уравнения в области  $T$ , которое всюду на  $S$  обращается в нуль, тождественно обращается в нуль во всей области  $T$ .



Кроме того, предположим, что координаты точек кривых  $S_j$  ( $j=0, 1, \dots, m$ ) имеют производные первого порядка по дуге, которые удовлетворяют условию Hölder'a.

При этих условиях, краевая задача—найти регулярное решение уравнения  $(E_0)$  в области  $T$ , которое на  $S$  принимает наперед заданные значения функции  $\psi(s)$  ( $s$ —длина дуги кривой  $S$ ), удовлетворяющей условию Hölder'a,—всегда разрешима и притом имеет единственное решение, которое обладает тем свойством, что соответствующая голоморфная функция  $f(\zeta)$  удовлетворяет на  $S$  условию Hölder'a [3].

Докажем теперь следующую теорему:

**Теорема 2.** При сделанных в этом  $n^\circ$  предположениях, всякое регулярное решение уравнения  $(E_0)$  в области  $T$ , предельные значения которого на  $S$  удовлетворяют условию Hölder'a, можно аппроксимировать равномерно в  $T+S$  линейными аргументами вида (1).

**Доказательство.** Пусть  $u(x, y)$ —какое-нибудь решение уравнения  $(E_0)$ , удовлетворяющее условию теоремы, а  $\{f(\zeta), c_1, \dots, c_m\}$ —соответствующий элемент множества  $\mathfrak{M}$ .

Как было уже выше отмечено, функция  $f(\zeta)$  будет удовлетворять условию Hölder'a на  $S$  и, следовательно, в силу теоремы В, ее можно аппроксимировать равномерно в  $T+S$  рациональными функциями вида  $P(\zeta; \infty, a_1, \dots, a_m)$ . Тогда нетрудно видеть, что функции вида

$$w(x, y) = \sum_{k=1}^m c_k \Omega(\zeta, a_k) + L[P(\zeta)],$$

которые, очевидно, имеют вид (1), равномерно аппроксимируют функцию  $u(x, y)$  в  $T+S$ , что и требовалось доказать.

6. Путем ортогонализации функций  $w_n(x, y)$  мы можем перейти к новой системе частных решений уравнения  $(E_0)$

$$v_0(x, y), v_1(x, y), \dots, v_n(x, y), \dots,$$

удовлетворяющих условиям:

$$v_n(x, y) = B_0 w_0(x, y) + \dots + B_n w_n(x, y),$$

$$\int_L v_j(s) v_k(s) ds = \begin{cases} 0, & j \neq k \\ 1, & k = j, \end{cases} \quad (3)$$

где  $B_0, \dots, B_n$ —вполне определенные вещественные постоянные.

**Теорема 3.** Всякое решение уравнения  $(E_0)$ , удовлетворяющее условиям теоремы 2, можно аппроксимировать в среднем линейным аргументом вида

$$c_0 v_0(x, y) + c_1 v_1(x, y) + \dots + c_n v_n(x, y),$$

где

$$c_k = \int_L u(s) v_k(s) ds \quad (k=0, 1, \dots),$$



в том смысле, что

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_S \left| u(s) - \sum_{k=0}^n c_k v_k(s) \right|^2 ds = 0.$$

Доказательство. Согласно теореме 2, для любого  $\varepsilon > 0$  существует такой линейный агрегат

$$A_0 v_0(x, y) + \dots + A_n v_n(x, y),$$

что

$$\left| u(s) - \sum_{k=0}^n A_k v_k(s) \right| < \frac{\sqrt{\varepsilon}}{l} \text{ на } S \text{ (} l \text{—длина } S \text{)}.$$

Но

$$\int_S \left| u(s) - \sum_{k=0}^n c_k v_k(s) \right|^2 ds \equiv \int_S \left| u(s) - \sum_{k=0}^n A_k v_k(s) \right|^2 ds < \varepsilon,$$

что и доказывает нашу теорему.

7. Если вместо условий (3) возьмем условия

$$\iint_T v_n v_k dx dy = \begin{cases} 0, & n \neq k \\ 1, & n = k, \end{cases}$$

то можем доказать теорему:

**Теорема 4.** *Всякое решение уравнения (E<sub>0</sub>), удовлетворяющее условиям теоремы 2, можно аппроксимировать в среднем в области T линейным агрегатом вида*

$$c_0 v_0(x, y) + \dots + c_n v_n(x, y),$$

где

$$c_k = \iint_T u v_k dx dy.$$

Тбилисский Государственный Университет  
имени Сталина

(Поступило в редакцию 21.1.1942)

მათემატიკა

ილია ვეკუა

ელიფსურ დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნების  
აპროქსიმაციის შესახებ

რეზუმე

შრომში დამტკიცებულია რამოდენიმე ძირითადი დებულება ელიფსურ დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნების აპროქსიმაციის შესახებ, ამავე განტოლებათა გარკვეული კერძო ამოხსნების საშუალებით.

ანალოგიურ დებულებებს ამტკიცებს სხვა გზით სტ. ბერგმანი [1], რომელიც იძულებულია (მის მიერ გამოყენებული მეთოდის გამო) დაკმაყოფილდეს ძალიან ვიწრო კლასის არეების განხილვით; სახელდობრ, იგი იხილავს მხოლოდ მარტივად მხარე ამოხსნეილ არეებს.

წინამდებარე შრომაში კი განხილულია ნებისმიერი სასრულო მრავალბმული არეები.

სტალინის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. S. t. Bergman. The approximation of functions satisfying a linear partial differential equation. Duke Mathematical Journal, Vol. 6, No 3, 1940, pp. 537—561.
2. Elias Veçoua. Allgemeine Darstellung der Lösungen elliptischer Differentialgleichungen in einem mehrfach Zusammenhängenden Gebiet. Mitteilungen d. Georgischen Abteilung d. Akademie d. Wiss. d. USSR. Bd. I, Nr. 5, 1940, S. 329—335.
3. Илья Векуа. Граничные задачи теории линейных эллиптических дифференциальных уравнений... Сообщения Груз. Фил. АН СССР, т. I, № 7, 1940, стр. 497—500.
4. J. L. Walsh. Interpolation and approximation by rational functions in the complex domain. 1935, pp. 46—48.



Академик Н. И. МУСХЕЛИШВИЛИ

## ОСНОВНЫЕ ГРАНИЧНЫЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ ПЛОСКОСТИ С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМИ РАЗРЕЗАМИ

§ 1. В настоящей заметке рассматриваются плоские задачи теории упругости для области, представляющей собою полную плоскость, разрезанную вдоль отрезков  $L_k = a_k b_k$  ( $k=1, 2, \dots, n$ ), расположенных на одной прямой, которую мы примем за ось  $Ox$ <sup>(1)</sup>. Совокупность отрезков  $L_k$  мы будем обозначать через  $L$ .

В заметке [2] Д. И. Шерман указал способ решения одной смешанной задачи для такой области; автор приводит задачу к системе сингулярных интегральных уравнений, которую решает, используя метод Carleman'a<sup>(2)</sup>. Способ этот можно значительно упростить; именно, вместо того, чтобы приводить задачу к сингулярным интегральным уравнениям, можно непосредственно (и притом чрезвычайно просто) привести ее к краевой задаче, аналогичной задаче Римана, решение которой получается сразу.

Мы даем в настоящей заметке решение «первой» (§ 3) и «второй» (§ 4) основных задач теории упругости, ограничиваясь общими указаниями относительно задачи Д. И. Шермана, которая решается аналогично (§ 5).

Таким же методом и столь же просто могут быть решены задачи для плоскости, разрезанной вдоль дуг одной и той же окружности.

§ 2. Как известно<sup>(3)</sup>, напряжения и смещения могут быть выражены через две функции  $\Phi(z)$ ,  $\Psi(z)$  комплексного переменного  $z = x + iy$  следующим образом:

$$X_x + Y_y = 2[\Phi(z) + \overline{\Phi(z)}], \quad (1)$$

$$Y_y - iX_y = \Phi(z) + \overline{\Phi(z)} + z\overline{\Phi'(z)} + \overline{\Psi(z)}, \quad (2)$$

$$2\mu(u + iv) = z\varphi(z) - z\overline{\Phi(z)} - \overline{\Psi(z)} + \text{const}, \quad (3)$$

где черта обозначает переход к сопряженному значению,  $\kappa = (\lambda + 3\mu)/(\lambda + \mu) > 1$ ,  $\lambda, \mu$  — постоянные Lamé,

<sup>(1)</sup> Применяемый здесь метод аналогичен методу, примененному в [1] к задачам для упругой полуплоскости; однако настоящая заметка может быть прочитана независимо от [1].

<sup>(2)</sup> Мы имеем в виду второй из двух методов, изложенных в [3] (стр. 13 и след.).

<sup>(3)</sup> См. [4], стр. 106, 108.



$$\varphi(z) = \int \Phi(z) dz + \text{const}, \quad \psi(z) = \int \Psi(z) dz + \text{const}. \quad (4)$$

Функции  $\Phi(z)$ ,  $\Psi(z)$  голоморфны на разрезанной вдоль  $L$  плоскости. Если, кроме того, мы будем считать, что напряжения остаются ограниченными на бесконечности, эти функции принимают на бесконечности конечные значения; точнее, при больших  $|z|$ , имеем<sup>1)</sup>

$$\begin{aligned} \Phi(z) &= \Gamma_0 - \frac{X+iY}{2\pi(1+\alpha)} \cdot \frac{1}{z} + O\left(\frac{1}{z^2}\right), \\ \Psi(z) &= 2\bar{\Gamma} + \frac{\alpha(X-iY)}{2\pi(1+\alpha)} \cdot \frac{1}{z} + O\left(\frac{1}{z^2}\right), \end{aligned} \quad (5)$$

где  $(X, Y)$  — главный вектор внешних усилий, приложенных к краям совокупности разрезов  $L$ ,  $\Gamma_0 = \Gamma'_0 + i\Gamma''_0$  и  $\Gamma = \Gamma' + i\Gamma''$  — постоянные, которые также могут быть выражены через постоянные, имеющие простой механический смысл, а именно

$$\Gamma'_0 = \frac{1}{4}(N_1 + N_2), \quad \Gamma''_0 = \frac{2\mu\varepsilon_0}{1+\alpha}, \quad \Gamma = -\frac{1}{4}(N_1 - N_2)e^{2i\alpha}, \quad (6)$$

где  $N_1, N_2$  — значения главных напряжений на бесконечности,  $\alpha$  — угол, который главная ось, соответствующая  $N_1$ , составляет с осью  $Ox$ , а  $\varepsilon_0$  — значение «вращения»  $\varepsilon = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right)$  на бесконечности.

Задание напряженного состояния вполне определяет функцию  $\Psi(z)$ , а функцию  $\Phi(z)$  — с точностью до чисто мнимого постоянного слагаемого. Функции  $\varphi(z)$  и  $\psi(z)$  определяются по  $\Phi(z)$  и  $\Psi(z)$ , как показывают формулы (4), с точностью до (комплексных) постоянных слагаемых.

Условимся теперь в следующем. Если  $F(z)$  обозначает функцию, голоморфную на разрезанной по  $L$  плоскости, то под  $\bar{F}(z)$  будем подразумевать функцию, также голоморфную в той же области, определяемую формулой:  $\bar{F}(z) = \overline{F(\bar{z})}$ ; очевидно, в частности, что

$$\overline{\bar{F}(z)} = F(z), \quad \overline{F(z)} = \bar{F}(\bar{z}).$$

Введем в рассмотрение функцию

$$\Omega(z) = \bar{\Phi}(z) + z\bar{\Psi}'(z) + \bar{\Psi}(z); \quad (7)$$

она голоморфна на разрезанной плоскости и при больших  $|z|$  имеет, на основании (5), вид

$$\Omega(z) = \bar{\Gamma}_0 + 2\Gamma + \frac{\alpha(X+iY)}{2\pi(1+\alpha)} \cdot \frac{1}{z} + O\left(\frac{1}{z^2}\right). \quad (8)$$

<sup>1)</sup> См. [4], стр. 120 и сл.

Вводя в формулу (2) вместо  $\Psi(\zeta)$  функцию  $\Omega(\zeta)$ , будем иметь

$$Y_y - iX_y = \Phi(\zeta) + \Omega(\bar{\zeta}) + (\zeta - \bar{\zeta}) \bar{\Phi}'(\zeta). \quad (2a)$$

Аналогично может быть преобразована формула (3), если вместо  $\psi(\zeta)$  ввести функцию

$$\omega(\zeta) = \int \Omega(\bar{\zeta}) d\bar{\zeta} = \zeta \bar{\Phi}(\zeta) + \bar{\Psi}(\zeta) + \text{const}, \quad (9)$$

определяемую, как и функции  $\psi(\zeta)$ ,  $\psi(\bar{\zeta})$ , с точностью до аддитивной постоянной. А именно

$$2\mu(u + iv) = \kappa\varphi(\zeta) - \omega(\bar{\zeta}) - (\zeta - \bar{\zeta}) \bar{\Phi}(\bar{\zeta}) + \text{const}. \quad (3a)$$

Таким образом, напряжения и смещения выражены через две функции  $\Phi(\zeta)$  и  $\Omega(\bar{\zeta})$ .

Во всем дальнейшем мы будем считать, что для всех  $t$ , принадлежащих  $L$ , но не совпадающих с концами  $a_k$ ,  $b_k$ , функции  $\Phi(\zeta)$ ,  $\Omega(\bar{\zeta})$  стремятся к определенным пределам  $\Phi^+(t)$ ,  $\Omega^+(t)$ , соответственно  $\Phi^-(t)$ ,  $\Omega^-(t)$ , когда  $\zeta$  приближается к  $t$  соответственно сверху или снизу по любому пути (не пересекающему  $L$ ); мы будем считать далее, что вблизи любого из концов  $a_k$ ,  $b_k$

$$|\Phi(\zeta)| \cong \frac{A}{|\zeta - c|^\alpha}, \quad |\Omega(\bar{\zeta})| \cong \frac{A}{|\zeta - c|^\alpha}, \quad (10)$$

где  $A$ ,  $\alpha$  — положительные постоянные, причем  $\alpha < 1$ , а  $c$  обозначает соответствующий конец. Кроме того, мы будем считать, что для всех  $t$ , принадлежащих  $L$ , но не совпадающих с концами,

$$\lim_{z \rightarrow t} y \cdot \Phi'(z) = 0. \quad (11)$$

§ 3. Перейдем теперь к решению «первой основной задачи», т. е. будем считать заданными значения  $Y_y^+$ ,  $X_y^+$  и  $Y_y^-$ ,  $X_y^-$  на  $L$ ; значками (+) и (−) отмечены граничные значения, принимаемые соответственно на верхнем и нижнем краях щелей (разрезов).

Кроме того, мы будем считать заданными постоянные  $\Gamma'_0$  и  $\Gamma$ , т. е. значения напряжений на бесконечности. Так как речь идет о распределении напряжений, то, не нарушая общности, мы будем считать, что  $\Gamma''_0 = 0$ , т. е. что  $\Gamma_0 = \bar{\Gamma}_0 = \Gamma'_0$ .

На основании (2a) и (11) граничные условия принимают вид

$$\Phi^+(t) + \Omega^-(t) = Y_y^+ - iX_y^+, \quad \Phi^-(t) + \Omega^+(t) = Y_y^- - iX_y^- \quad (12)$$

на  $L$ . Складывая и вычитая, получаем

$$[\Phi(t) + \Omega(t)]^+ + [\Phi(t) + \Omega(t)]^- = 2p(t), \quad (13)$$

$$[\Phi(t) - \Omega(t)]^+ - [\Phi(t) - \Omega(t)]^- = 2q(t) \quad (14)$$

на  $L$ , где  $p(t)$ ,  $q(t)$ —заданные на  $L$  функции. Мы будем считать, что  $p(t)$  и  $q(t)$  удовлетворяют на  $L$  условию Hölder'a.

Так как  $\Phi(\infty) - \Omega(\infty) = -2\Gamma$ , общее решение граничной задачи (14) дается формулой ([5], § 4):

$$\Phi(z) - \Omega(z) = \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{q(t) dt}{t-z} - 2\Gamma. \quad (15)$$

Далее, применяя результат § 4 статьи [5] к функции  $[\Phi(z) + \Omega(z)]\sqrt{R(z)}$ , где

$$R(z) = \prod_{k=1}^n (z - a_k)(z - b_k), \quad (16)$$

получаем общее решение граничной задачи (13):

$$\Phi(z) + \Omega(z) = \frac{1}{\pi i \sqrt{R(z)}} \int_L \frac{\sqrt{R(t)} p(t) dt}{t-z} + \frac{2P_n(z)}{\sqrt{R(z)}}, \quad (17)$$

где  $P_n(z) = C_0 z^n + C_1 z^{n-1} + \dots + C_n$  обозначает полином степени  $n$ ; под  $\sqrt{R(z)}$  подразумевается ветвь, голоморфная на разрезанной плоскости, такая, что  $\sqrt{R(z)}/z^n \rightarrow 1$  при  $z \rightarrow \infty$ , а под  $\sqrt{R(t)}$ —значение этой ветви, принимаемое на верхней стороне  $L$ .

Формулы (15) и (17) дают

$$\Phi(z) = \Phi_0(z) + \frac{P_n(z)}{\sqrt{R(z)}} - \Gamma, \quad \Omega(z) = \Omega_0(z) + \frac{P_n(z)}{\sqrt{R(z)}} + \Gamma, \quad (18)$$

где

$$\Phi_0(z) = \frac{1}{2\pi i \sqrt{R(z)}} \int_L \frac{\sqrt{R(t)} p(t) dt}{t-z} + \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{q(t) dt}{t-z}, \quad (19)$$

$$\Omega_0(z) = \frac{1}{2\pi i \sqrt{R(z)}} \int_L \frac{\sqrt{R(t)} p(t) dt}{t-z} - \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{q(t) dt}{t-z}. \quad (20)$$

Нетрудно проверить, что при наших условиях насчет  $p(t)$  и  $q(t)$  условие (11) выполняется<sup>1)</sup>. Остается определить полином  $P_n(z)$ . Коэффи-

<sup>1)</sup> Это вытекает из следующего свойства интеграла типа Коши

$$z(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{f(t) dt}{t-z}$$

(где  $L$  обозначает то же, что в тексте): если  $f(t)$  удовлетворяет на  $L$  условию Hölder'a, а  $z_0$ —любая точка  $L$ , не совпадающая с концами, тогда  $\lim_{z \rightarrow z_0} y \cdot z'(z) = 0$ . Указанное свойство легко доказывается путем простых оценок.

Пользуясь случаем, отметим, что это свойство позволяет значительно уменьшить требования, которым мы подчинили функции  $P(t)$ ,  $T(t)$  и  $g'(t)$  заметки [1] (стр. 876 и 877); именно достаточно потребовать, чтобы сами эти функции (а не их производные) удовлетворяли условию Hölder'a.



коэффициент  $C_0$  сразу определяется по первой формуле (18) и по условию  $\Phi(\infty) = \Gamma_0$ , что дает

$$C_0 = \Gamma_0 + \Gamma. \quad (21)$$

Остальные коэффициенты должны быть определены из условия однозначности смещений. На основании (3а) это условие заключается в том, что выражение  $x\varphi(\zeta) - \omega(\bar{\zeta})$  должно возвращаться к своему первоначальному значению, когда точка  $(x, y)$  описывает замкнутые контуры  $\Lambda_k$ , охватывающие отрезки  $L_k$ . Стыгивая контуры  $\Lambda_k$  к отрезкам  $L_k$ , легко убедиться, что условие однозначности смещений выражается следующими равенствами<sup>1</sup>

$$2(x+1) \int_{L_k} \frac{P_n(\tau) d\tau}{V R(\tau)} + x \int_{L_k} [\Phi_0^+(\tau) - \Phi_0^-(\tau)] d\tau + \int_{L_k} [\Omega_0^+(\tau) - \Omega_0^-(\tau)] d\tau = 0 \quad (22)$$

( $k = 1, 2, \dots, n$ ), которые представляют собою систему  $n$  линейных уравнений относительно  $C_1, C_2, \dots, C_n$ .

Эта система всегда разрешима. В самом деле, однородная система, получаемая в случае  $\Gamma_0 = \Gamma = 0, Y_y^+ = X_y^+ = Y_y^- = X_y^- = 0$ , не может иметь решения кроме  $C_1 = C_2 = \dots = C_n = 0$ , ибо исходная задача, как легко установить обычным путем, имеет в этом случае лишь тривиальное решение  $\Phi(\zeta) \equiv 0, \Psi(\zeta) \equiv 0$ . Поэтому неоднородная система (22) всегда разрешима единственным образом. Таким образом, наша задача решена.

В частном случае, когда края щелей свободны от напряжений (задача растяжения пластинки, ослабленной трещинами),  $\Phi_0(\zeta) = \Psi_0(\zeta) = 0$ , и решение принимает чрезвычайно простой вид:

$$\Phi(\zeta) = \frac{P_n(\zeta)}{V R(\zeta)} - \Gamma, \quad \Omega(\zeta) = \frac{P_n(\zeta)}{V R(\zeta)} + \Gamma, \quad (23)$$

причем коэффициенты полинома  $P_n(\zeta)$  определяются условиями:

$$C_0 = \Gamma_0 + \Gamma, \quad \int_{L_k} \frac{P_n(\tau) d\tau}{V R(\tau)} = 0 \quad (k = 1, 2, \dots, n).$$

При  $n = 1$  (одна щель), полагая  $a_1 = -a, b_1 = a$ , получаем весьма простые формулы

$$\Phi(\zeta) = \frac{(\Gamma_0 + \Gamma)\zeta}{V \zeta^2 - a^2} - \Gamma, \quad \Omega(\zeta) = \frac{(\Gamma_0 + \Gamma)\zeta}{V \zeta^2 - a^2} + \Gamma. \quad (24)$$

Решение (менее простое) задачи для этого частного случая ( $n = 1$ ) хорошо известно.

<sup>1</sup> Выражения  $\Phi_0^+ - \Phi_0^-$  и  $\Omega_0^+ - \Omega_0^-$  легко вычисляются по формулам Plemelj; см. напр. [5], § 1.



§ 4. Рассмотрим теперь «вторую основную задачу», т. е. будем считать, что на  $L$  заданы значения смещений:  $u^+(t)$ ,  $v^+(t)$ —на верхнем крае и  $u^-(t)$ ,  $v^-(t)$ —на нижнем, причем если  $u(a_k)$ ,  $v(a_k)$  и  $u(b_k)$ ,  $v(b_k)$  обозначают (заданные) смещения точек  $a_k$ ,  $b_k$ ,

$$\begin{aligned} u^+(a_k) &= u^-(a_k) = u(a_k), & v^+(a_k) &= v^-(a_k) = v(a_k), \\ u^+(b_k) &= u^-(b_k) = u(b_k), & v^+(b_k) &= v^-(b_k) = v(b_k). \end{aligned} \quad (25)$$

Кроме того, мы будем считать заданными постоянные  $\Gamma_0$  и  $\Gamma$  (на этот раз мы не считаем  $\Gamma_0 = 0$ ), а также главный вектор  $X$ ,  $Y$  внешних усилий, приложенных к  $L$ .

Для того, чтобы не рассматривать непосредственно функций  $\varphi(\zeta)$ ,  $\psi(\zeta)$ , которые могут быть многозначными, будем исходить при составлении граничных условий не из формулы (3а), а из формулы, получаемой из нее дифференцированием по  $x$ :

$$2\mu(u_x + iv_x) = x\Phi(\zeta) - \Omega(\bar{\zeta}) - (\zeta - \bar{\zeta}) \bar{\Phi}(\bar{\zeta}), \quad (3б)$$

где  $u_x$ ,  $v_x$ —частные производные  $u$ ,  $v$  по  $x$ . Согласно предыдущей формуле, граничные условия запишутся так:

$$x\Phi^+(t) - \Omega^-(t) = 2\mu(u_x^+ + iv_x^+), \quad x\Phi^-(t) - \Omega^+(t) = 2\mu(u_x^- + iv_x^-) \quad (\text{на } L). \quad (26)$$

Складывая и вычитая, получаем

$$[x\Phi(t) - \Omega(t)]^+ + [x\Phi(t) - \Omega(t)]^- = 2f(t), \quad (27)$$

$$[x\Phi(t) + \Omega(t)]^+ - [x\Phi(t) + \Omega(t)]^- = 2g(t) \quad (28)$$

на  $L$ , где  $f(t)$ ,  $g(t)$ —заданные на  $L$  функции. Мы будем считать, что эти функции удовлетворяют на  $L$  условию Hölder'a.

Подобно предыдущему, общие решения граничных задач (28) и (27) даются соответственно формулами:

$$x\Phi(\zeta) + \Omega(\zeta) = \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{g(t) dt}{t - \zeta} + x\Gamma_0 + \bar{\Gamma}_0 + 2\Gamma, \quad (29)$$

$$x\Phi(\zeta) - \Omega(\zeta) = \frac{1}{\pi i \sqrt{R(\zeta)}} \int_L \frac{\sqrt{R(t)} f(t) dt}{t - \zeta} + \frac{2P_n(\zeta)}{\sqrt{R(\zeta)}}. \quad (30)$$

Предыдущие формулы определяют искомые функции  $\Phi(\zeta)$  и  $\Psi(\zeta)$  с точностью до слагаемого, содержащего полином

$$P_n(\zeta) = C_0 \zeta^n + C_1 \zeta^{n-1} + \dots + C_n.$$

Первые два коэффициента  $C_0$  и  $C_1$  этого полинома непосредственно определяются из (30), если принять во внимание, что при больших  $|\zeta|$  должно быть, в силу (5) и (8):

$$\alpha\Phi(\zeta) - \Omega(\zeta) = \alpha\Gamma_0 - \bar{\Gamma}_0 - 2\Gamma - \frac{\alpha(X+iY)}{\pi(1+\alpha)} \cdot \frac{1}{\zeta} + O\left(\frac{1}{\zeta^2}\right). \quad (31)$$

Легко видеть, на основании (25) и (26), что смещения  $u$ ,  $v$ , вычисленные на основании формулы (3а) по найденным функциям  $\Phi(\zeta)$ ,  $\Psi(\zeta)$ , будут однозначными. Однако эти смещения будут принимать на разрезах  $L_k$  заданные значения лишь с точностью до некоторых постоянных слагаемых  $c_k$ , которые могут оказаться различными на различных разрезах. Функции  $\Phi(\zeta)$  и  $\Psi(\zeta)$  будут удовлетворять условиям задачи лишь в том случае, если  $c_1 = c_2 = \dots = c_n$ <sup>1</sup>. Легко видеть, на основании (3а), что эти условия могут быть выражены так:

$$\int_{b_k}^{a_{k+1}} [\alpha\Phi(\tau) - \Omega(\tau)] d\tau = 2\mu\{u(a_{k+1}) - u(b_k) + i[v(a_{k+1}) - v(b_k)]\} \quad (32)$$

( $k=1, 2, \dots, n-1$ ),

где в правой части фигурируют заданные величины, — те же, что в формуле (25).

Внося в левую часть выражение (30), получим систему  $n-1$  линейных уравнений для вычисления оставшихся еще неопределенными  $n-1$  коэффициентов  $C_2, \dots, C_n$ ; как легко видеть подобно предыдущему, эта система всегда разрешима единственным образом. Таким образом, задача решена. Решение для частного случая  $n=1$  было получено нами раньше<sup>2</sup>.

Аналогично предыдущему решается задача в случае, когда смещения заданы лишь с точностью до постоянных слагаемых, которые могут быть различными на различных щелях, но зато дополнительно задаются главные векторы внешних усилий, действующих на каждую щель в отдельности.

§ 5. Скажем в заключение несколько слов о задаче, рассмотренной Д. И. Шерманом, упомянутой в § 1. В этой задаче задаются внешние напряжения, приложенные, скажем, к верхним краям щелей и смещения на нижних краях. На основании (2а) и (3б) краевые условия запишутся так:

$$\Phi^+(t) + \bar{\Omega}^-(t) = Y_y^+ - iX_y^+, \quad \alpha\Phi^-(t) - \Omega^+(t) = 2\mu[u_x^- + iv_x^-]. \quad (33)$$

на  $L$ . Умножая второе из этих равенств на  $\pm i/\sqrt{x}$  и складывая с первым<sup>3</sup> получаем краевые условия на  $L$ :

<sup>1</sup> Тогда, путем жесткого смещения можно добиться, чтобы  $c_1 = c_2 = \dots = c_n = 0$ .

<sup>2</sup> См. [4], § 72, где рассмотрен случай эллиптического отверстия содержащий, в качестве частного, случай щели.

<sup>3</sup> Ср. Д. И. Шерман [2], стр. 333.

$$\begin{aligned} \left[ \Phi(t) - \frac{i}{\sqrt{z}} \Omega(t) \right]^+ + i\sqrt{z} \left[ \Phi(t) - \frac{i}{\sqrt{z}} \Omega(t) \right]^- &= 2f(t), \\ \left[ \Phi(t) + \frac{i}{\sqrt{z}} \Omega(t) \right]^+ - i\sqrt{z} \left[ \Phi(t) + \frac{i}{\sqrt{z}} \Omega(t) \right]^- &= 2g(t) \end{aligned} \quad (34)$$

(где  $f(t)$ ,  $g(t)$  заданные функции), по которым непосредственно определяются<sup>1</sup> функции

$$\Phi(z) - \frac{i}{\sqrt{z}} \Omega(z), \quad \Phi(z) + \frac{i}{\sqrt{z}} \Omega(z)$$

с точностью до слагаемых, содержащих полиномы с неопределенными коэффициентами, которые определяются по тем или иным дополнительным условиям задачи, подобно предыдущему.

Академия Наук Грузинской ССР  
 Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 30.1.1942)

დამკვეთის თეორია

აკადემიისი ნ. მუსხელიშვილი

დამკვეთის თეორიის ძირითადი სასაზღვრო ამოცანები  
 სიბრტყისათვის წრფივი ზრილებით

რეზუმე

შრომაში მოცემულია მარტივი ამოხსნა დრეკადობის თეორიის „პირველი“ და „მეორე“ ძირითადი სასაზღვრო ამოცანებისა სათაურში მოხსენებული არისათვის (იგულისხმება რომ კრილები მოთავსებულია ერთ წრფეზე) და აგრეთვე ერთი შერეული ამოცანისა, რომელიც ამოხსნილი იყო დ. შერმანის მიერ [2] უფრო რთული მეთოდით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 თბილისის მათემატიკური ინსტიტუტი

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. Н. И. Мухелишвили. Основные граничные задачи теории упругости для полуплоскости. Сообщения АН ГССР, т. II, № 10, 1941, стр. 873—880.
2. Д. И. Шерман. Смешанная задача теории потенциала и теории упругости для плоскости с конечным числом прямолинейных разрезов. Доклады АН СССР, т. XXVII, № 4, 1940, стр. 330—334.
3. T. Carleman. Sur la résolution de certaines équations intégrales. Ark. för Mat., Astr. och Fys., Bd. 16, No 26, 1922.
4. Н. И. Мухелишвили. Некоторые основные задачи теории упругости. 2 изд. АН СССР, 1935.
5. Н. И. Мухелишвили. Приложение интегралов типа Коши к одному классу сингулярных интегральных уравнений. Труды Тбилисского Математического Института, т. X, 1941, стр. 1—43.

<sup>1</sup> См. [5], § 9.





ВОПРОСЫ ОБОСНОВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

Л. П. ГОКИЕЛИ

О ПОНЯТИИ СУЩЕСТВОВАНИЯ В МАТЕМАТИКЕ

Сообщение второе<sup>1</sup>

В предыдущем сообщении, в связи с постановкой вопроса о понятии существования в математике, мы подвергли критике попытки отношение между общим и отдельным заменить актом подстановки, а также попытки заменить актом подстановки понятие идентичности. Мы теперь хотим подробнее рассмотреть последний вопрос.

Заметим вообще, что определенность объекта и его характер нельзя рассматривать как нечто производное от понятия равенства для данного объекта. Характер объекта связан с самим данным объектом и здесь вообще не приходится апеллировать к особому «принципу тождества», выражающему равенство объекта с самим собой и, таким образом, позволяющему этому объекту снабдить себя же своим характером и своими свойствами (ведь тогда встал бы вопрос о снабжении своим характером самого источника снабжения). Такая точка зрения связана с искажением истинного характера понятия равенства и здесь поневоле равенство заменяется подстановкой: характер объекта связывается с возможностью объекта представлять и заменять себя.

Для точки зрения «подстановки» приходится особо ставить вопрос о формировании равенства, форсировать положение в отношении «приравнивания» объектов друг другу. Равенство объектов связывается с возможностью им заменять друг друга. Здесь имеем попытку *заменить* равенство *подстановкой*. Но при такой попытке замены надо предварительно обеспечить значение самой этой замены, как играющей роль идентификации и т. д. (см. стр. 886—887).

Дело не облегчится, если будут говорить не о замене равенства подстановкой, а об определении равенства, как возможности взаимной подстановки. Именно то, что считают возможным, несмотря на присущий понятию равенства смысл, не допускающий особого формирования этого понятия и введения его в первый раз (когда при определении чего-либо говорят, что оно *есть* то-то и то-то, хотя бы и здесь при производстве этого

<sup>1</sup> Сообщение первое см. в «Сообщениях Академии Наук Грузинской ССР», т. II, № 10, стр. 881—888. В дальнейшем, при ссылках на первое сообщение будут указаны лишь соответствующие страницы «Сообщений».

определения уже использовано понятие равенства<sup>(1)</sup>, определить равенство, как возможность взаимной подстановки,—как раз и говорит о том, что здесь равенство пытаются заменить подстановкой.

Указанное выше определение равенства встречается еще у Лейбница<sup>(2)</sup>: «те вещи одинаковы, из которых одна может быть заменена другой с сохранением истины»—таково его определение логического равенства. Здесь общий характер и определенность данного понятия связана с безразличностью в отношении фигурирования ряда терминов, одного на место другого. Цельный характер данного понятия должен получиться путем того, так сказать, отжатия, которое производит в отношении отдельных терминов сам акт подстановки. Но в таком случае, каким образом приобретают сами термины этой подстановки характер определенных предметов? Здесь надо опять обратиться к подстановке и т. д. То же самое надо будет сделать для обеспечения определенности самого понятия подстановки: подстановку придется рассмотреть как, так сказать, общий результат взаимной подстановки подстановок. Таким образом, то что в приведенном определении приходится пользоваться различными понятиями, терминами и т. д. само говорит против этого определения.

Лейбницу поневоле приходится иметь в виду как в своем определении, так и в делаемых из него выводах, обычный смысл понятия идентичности. Например, когда он с помощью своего определения хочет в виде теоремы доказать следующее: если  $A=B$  и  $B=C$ , то  $A=C$ , и указывает, что, по определению равенства,  $B=C$  позволяет в любой истине и, в частности, в  $A=B$  заменить  $B$  через  $C$ , то здесь, имея в виду одно и то же  $B$  в  $A=B$  и  $B=C$  и также одно и то же свое понятие равенства (=) как

<sup>(1)</sup> Это, конечно, не только не означает, что сам характер объекта производится от равенства для данного объекта, но, наоборот, такое представление связано с критикуемой нами точкой зрения, в которой мы показываем искажение самого понятия равенства. Когда я говорю, что  $A$  то же что и  $B$ , это не надо понимать так, что  $A$  то же что и:  $B$  плюс это «то же». Может быть скажут, что определение вовсе не требует использования понятия равенства: определение есть расшифровка значения того или иного термина. На это ответим следующее: определение касается того или иного понятия, а не названия *этого* понятия. Когда мы говорим, что оно *есть* то-то и то-то, здесь при производстве определения мы не можем избежать обращения к понятию равенства. Это не значит, что происходит раздвоение данного понятия. Наоборот, здесь имеется в виду именно *одно и то же*. Определение мы имеем тогда, когда формируем соответствующее понятие, а не тогда, когда *его* называем тем или иным именем. Само название не входит в логический строй объекта. Если же будем говорить о названиях, как определенных объектах, то здесь опять дело вовсе не приводится к их названиям и т. д.

<sup>(2)</sup> Здесь же укажем, что попытка отношение между общим и отдельным связать с выставлением особых «принципов подстановки», родственна тому подходу, который восходит еще к dictum Аристотелевской системы логики. Об истории выставления «принципов подстановки» см. [1].

в  $A=B$ , так и в  $B=C$ , он поневоле обращается к обычному понятию идентичности<sup>1</sup>.

При определении равенства с помощью подстановки Лейбниц использует понятие истины ( $A$  и  $B$  равны, если одно может быть заменено другим с сохранением истины). Но в таком случае, стоя на точке зрения Лейбница, надо будет предварительно обеспечить, путем апеллирования опять к подстановке, смысл понятия равенства для самих истин и этим придать им цельный характер и т. д.

Затем, говоря о том, что равенство означает подстановку с сохранением истины, используют понятие идентичности в смысле *одного и того же* положения в отношении истины, и потому поздно саму идентичность определять с помощью подстановки.

Желая дать определение равенства и говоря о том, что оно *означает*, уже используют понятие равенства<sup>2</sup>.

В определении Лейбница равенство  $A=B$  связано с безразличием в отношении участия  $A$  или  $B$  в том или ином высказывании. Но определение Лейбница само же нарушает такое безразличие. Чтобы иметь возможность высказать: « $A=B$ , если их можно заменять друг другом...» мы сначала же должны их различать и ставить в неодинаковое положение. Если указанное безразличие мы проявим в отношении самого определения и в формулировке: « $A=B$ , если их можно заменять друг другом...» под  $A$  будем безразлично понимать  $A$  или  $B$  и также под  $B$ —то не сумеем выставить само наше требование.

Само определение Лейбница выходит за пределы того логического режима, который оно хочет установить и этим само же подтверждает свою несостоятельность.

Когда в современных теориях аксиоматизации логики среди аксиом равенства мы встречаем такую формулу:  $a=b \rightarrow (A(a) \rightarrow A(b))$  [2], то это—проявление точки зрения о равенстве, заключающейся в вышеприведенном определении, и здесь остается в силе данная выше критика. Если скажут, что эта критика не затрагивает аксиоматизации логики, так как в ней

<sup>1</sup> Если теперь скажут, что в понятие равенства в различных случаях мы можем подставлять различный смысл и в соответствующих случаях и смысл подстановки, то здесь придется обратиться к общим основам той же критики «принципа подстановки» и указать, что применение общего к отдельному нельзя понимать как акт подстановки отдельного на место общего (см. пред. сообщение).

<sup>2</sup> Может быть нам скажут, что само рассматриваемое определение регулирует то понятие равенства, которое в нем участвует. На это ответим следующее: логическую дефективность данного определения нельзя аннулировать с помощью хотя бы и нового приглашения обратиться к нему. Это и плохо, что, желая определить равенство и ввести его таким образом, придется еще до этого воспользоваться плодами этого определения и т. д. Это и создает определенное логически ложное положение.



имеется в виду не равенство, а его формализация, то на это ответим, что наши аргументы именно направлены против попыток *его* формализации. Мы доказываем несостоятельность замены равенства подстановкой, и если у самой этой подстановки приходится отнимать содержательный характер, то это — не облегчение трудности, а само представляет демонстрацию того логического падения, с которым она связана. Попытка «приручить» трудность меньше всего означает освобождение от нее. По поводу приведенного выше определения мы указывали, в связи с его критикой, что его формалистический характер должен заставить его пойти дальше и отказаться и от применения соответствующих понятий и т. д. Если это мы видим в современных аксиоматических теориях логики, то это именно демонстрация указанного порочного логического хода, а не барьер по отношению к нему.

Мы говорили, что точка зрения, пытающаяся равенство заменить подстановкой, принуждена сам характер и определенность понятия сводить к игре подстановок. Понятие и его общий характер фигурирует здесь в качестве того, так сказать, остатка, который получается в связи с взаимной подстановкой терминов. То общее свойство и т. д. этих терминов, с помощью которых должно быть введено соответствующее понятие, должно опять характеризоваться как общее свойство терминов, участвующих в подстановке. Но какое-либо свойство и т. д. нельзя логически формировать и вводить в первый раз как опять свойство общее терминам, находящимся в некотором отношении и получающееся путем «отбрасывания» самих этих отдельных терминов. «Свойства данной вещи не создаются ее отношением к другим вещам, а лишь обнаруживаются в таком отношении» (К. Маркс, [3]). Общее неразрывно с отдельным и вовсе не получается лишь в результате «отбрасывания» отдельных и «абстрагирования» от них. На общее нельзя смотреть как на то, что производится в результате такого «абстрагирования» и затем «творчески» вносится в сами отдельные термины. Данное общее нельзя рассмотреть как дополнительный атрибут, вносимый в понятие отдельных этого общего (с этими вопросами мы встретимся и в следующих сообщениях). Нельзя какое-либо общее свойство определить в терминах того же общего свойства объектов, находящихся в данном отношении и т. д. (эти соображения мы разовьем в одной из наших последующих работ, в связи с рассмотрением так называемого «принципа абстракции»). Когда общее хотят получить таким образом, то в данном случае также проявляется дефективность точки зрения «принципа подстановки» об общем и здесь можно опять напомнить аргументы, направленные против этого принципа.

Мы таким образом видим, что попытка заменить равенство подстановкой не в силах обеспечить определенность тех или иных объектов. Здесь дело надо представлять не так, что мы сами считаем нужным произвести определенность вещи из характера равенства для данной вещи. Наоборот,

порочность точки зрения «подстановки» мы видим в том, что она *принуждена* определять предмет производить из характера понятия равенства для данного предмета (что связано и с искажением понятия равенства) и логическая несостоятельность этого делает для рассматриваемой точки зрения невозможным иметь дело с определенностью предметов. Когда характеризуют какой-либо предмет, это не надо понимать как характеристику равенства для данного предмета и думать, что сам предмет «производится» от этого равенства. Понятие равенства всегда сохраняет свой общий смысл и не приходится его особо характеризовать в том или ином случае.

Когда напр. пишут  $\frac{1}{2} = \frac{2}{4}$ , это не значит то, что здесь производится особая характеристика равенства для рациональных чисел и рациональное число  $\frac{1}{2}$  вводится лишь как результат игры подстановок:  $\frac{1}{2}$  вместо  $\frac{2}{4}$  и т. д. В действительности здесь имеется в виду определение самих рациональных чисел, а не формирование понятия равенства для рациональных чисел, что, конечно, и не приходится делать. Рациональное число  $\frac{1}{2}$  есть просто множество пар: (1, 2), (2, 4), (3, 6)...; здесь важно установить именно распределение всех пар между различными множествами.  $\frac{1}{2}$  выражает то множество пар, к которому принадлежит пара (1, 2), также  $\frac{2}{4}$  — множество пар, к которому принадлежит пара (2, 4);  $\frac{1}{2}$  и  $\frac{2}{4}$  представляют *одно и то же* множество пар, так что равенство  $\frac{1}{2} = \frac{2}{4}$  понимается в настоящем смысле этого понятия, и вообще там, где равенство встречается, оно так и понимается, и не приходится особо определять его для данного случая; и то, что делают в теории рациональных чисел и в связи с чем пары (1, 2) и (2, 4) включают в одно и то же множество — это не определение равенства для рациональных чисел, а определение именно самих рациональных чисел.

Ошибку, подобную вышеприведенной, мы имеем, напр., в том случае, когда рассуждение, доказывающее единственность предела, воспринимается так, что здесь будто-бы доказана особая теорема: если переменные равны, то их пределы также равны. В действительности, с помощью этого рассуждения выясняются свойства самого предела, а не какие-либо особые свойства равенства для проблемы предела. Не имеет смысла говорить об особом характере и свойствах равенства в отношении проблемы предела. Нельзя выставлять какие-либо особые предложения вида: если переменные равны, то их пределы также равны. Особенность тех случаев, когда соответствующая единственность не имеет места (напр. в связи с понятием предельной точки), не в том, что здесь понятие равенства имеет иной характер, чем в случае, напр., проблемы предела, особенность связана с самим характером рассматриваемого объекта. Если  $M$  и  $N$  — одно и то же множество, дело не в том, что могут быть неодинаковы их предельные точки, а в том, что *это* множество может иметь *различные* предельные точки, так что с помощью данного множества может быть однозначно охарактеризована лишь совокупность его предельных точек, но опять здесь дело не



надо понимать так, что имеется в виду особый принцип: если множества равны, то совокупности их предельных точек также равны.

Понятие тождества не требует особой форсировки с помощью «принципов тождества». Этим, наоборот, лишь искажается характер этого понятия.

Любопытным примером того, до чего может довести точка зрения, подобной рассмотренным выше подходам, «форсировки» логики, может служить «аксиома», выставляемая Шредером в качестве основного принципа всех дедуктивных наук, названная им «аксиомой ингерентности знаков», и особо постулирующая неизменность знаков. «Она дает нам уверенность в том, что при всех наших рассуждениях и умозаключениях знаки остаются в нашей памяти, но еще тверже на бумаге» [4]. Хороша была бы логика, если бы она нуждалась в таком обосновании *ad oculos* и такой шпартгалке, как прочно сидящие на бумаге знаки.

В предыдущем и в предшествующей части настоящего сообщения мы попытались показать логическую несостоятельность попыток заменить актом подстановки отношение между общим и отдельным, а также и понятие идентичности. Пользуясь этими результатами, нетрудно относительно вообще какого бы то ни было обстоятельства показать несостоятельность попыток его замены актом подстановки. Если мы имеем какое-либо обстоятельство *A*, попытка его замены актом подстановки не может привести к логически законченному положению. В самом деле, здесь придется иметь в виду само понятие подстановки, затем определенное применение этого общего понятия подстановки, но критикуемая нами точка зрения не может остановиться на этом, она должна пойти еще дальше и попытаться все это опять заменить подстановкой и т. д. и в этом случае мы будем иметь все трудности, которые связаны с попыткой отношения между общим и отдельным, а также понятие идентичности, заменить подстановкой.

Теперь рассмотрим ряд возражений, выставление которых можно ожидать: могут сказать, что само понятие подстановки имеет соответствующую определенность, связано с его использованием в отдельных случаях и т. д. и ничего удивительного не должно быть в том, чтобы все это у нас осталось после замены подстановкой и не надо требовать, чтобы и это было бы заменено подстановкой и т. д. На это ответим следующее: мы критикуем не само понятие подстановки, а наоборот, исходя из его смысла, критикуем точку зрения «принципа подстановки», которая создает логически ложную ситуацию для самого понятия подстановки. Раз требуется произвести замену подстановкой, то чтобы постараться это выполнить, будут *принуждены*, поскольку придется пользоваться определенным общим понятием в виде понятия подстановки и т. д. (мы, таким образом, именно используем тот аргумент, на который ссылается приведенное выше возражение), пойти дальше и здесь произвести опять подстановку и т. д. и это и создает логически порочное положение. То, что понятие подстанов-

ки является определенным общим понятием и т. д., именно наказывает эту концепцию, которая ставит это понятие в ложное положение. Трудность рассматриваемой концепции связана именно с тем, что, с одной стороны, она не может избежать применения, напр., понятия *подстановки*, а с другой стороны, *принуждена* пойти дальше и здесь дело опять свести к *подстановке* и т. д.

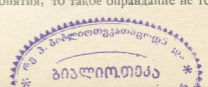
3901  
 4424

Может быть теперь нам скажут: ведь не все надо заменять подстановкой, дело касается определенного обстоятельства и лишь об *его* замене подстановкой и идет речь. На это ответим следующее: ведь мы пытаемся именно *заменить* наше обстоятельство  $A$ , а вовсе не сохраняем его, чтобы заранее знать, чем оно у нас будет представлено. Мы именно его хотим заменить и эта замена не готова заранее, чтобы сначала же говорить об его соответствующем эквиваленте с точки зрения замены и с помощью этого эквивалента и очерченных им границ помогать реализации самой этой замены. Мы ведь в связи с  $A$  хотим произвести замену и это — задача, а не уже готовый результат. Но если мы попытаемся это сделать, то должны остановиться лишь там, где дело будет закончено и не будем иметь права остановиться, хотя бы и исходя из поставленной задачи, или, правильнее, именно исходя из нее, на самом понятии подстановки и т. д. Ведь тогда наша задача, в связи с заменой подстановкой обстоятельства  $A$ , не была бы выполнена. Исходя именно из нашей задачи, мы сталкиваемся с понятием подстановки и раз дело к этому привело, а наша цель должна заключаться в доведении положения до *замены* актом подстановки, то созданное положение, в связи с участием в деле *понятия* подстановки и т. д., не может не выражать логически ложного положения.

Теперь, может быть, против нашей критики выставят, вообще, следующее возражение: вы хотите относительно какого-либо обстоятельства  $A$  показать, что оно не может быть заменено подстановкой, и для этого пользуетесь тем, что оно отлично от подстановки, между тем как здесь утверждается не его идентичность с подстановкой, а возможность его *замены* подстановкой. На это мы ответим следующее: невозможность замены обстоятельства  $A$  подстановкой мы вовсе не основываем на том, что само  $A$  отлично от подстановки. Оно может быть самым понятием подстановки, но и здесь несостоятельность точки зрения «подстановки» проявится в том, что относительно самого понятия подстановки придется ставить вопрос об его замене опять актом подстановки и т. д.

Более того, в самой нашей аргументации мы именно ссылались на то, что, желая заменить какое-либо обстоятельство  $A$  подстановкой, нам придется такой же вопрос ставить относительно самого понятия подстановки и здесь пытаться дело опять заменить подстановкой и т. д.

Если сторонники точки зрения «подстановки» скажут, что они не пользуются соответствующими понятиями, а именно все *заменяют*, так что их нельзя связать указанием на эти понятия, то такое оправдание не толь-



ко не помогает точке зрения «подстановки», но само оно выражает именно ту логическую порочность, которая эту точку зрения характеризует: здесь не могут задержаться на тех или иных понятиях и т. д. и опять должны ставить вопрос о замене, и это проделать относительно хотя бы и самого понятия подстановки и т. д. (ср. с рассуждениями на 884 стр.).

Критика точки зрения «подстановки» не означает, как об этом уже указывалось выше, что мы бракуем само понятие подстановки. Наоборот, в нашей критике мы именно апеллируем к смыслу понятия подстановки и показываем, что применение общего понятия подстановки вовсе не означает подстановку данного случая под само понятие подстановки, и определенность и цельность понятия подстановки вовсе не получается на основе возможности взаимной подстановки подстановок. Отношение какого бы то ни было обстоятельства к подстановке нельзя понимать как возможность подставить вместо него подстановку. Мы не против понятия подстановки, а против попыток подставить подстановку вместо таких обстоятельств, как отношение между общим и отдельным, понятие идентичности, что, как мы видели, приводит нас к признанию несостоятельности попыток подставить подстановку вместо какого бы то ни было обстоятельства. Здесь же отметим, что предыдущая фраза представляла бы точную формулировку той мысли, которая не вполне удачно отредактирована в виде последней фразы в примечании на 882 стр. предыдущего сообщения.

Академия Наук Грузинской ССР  
 Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 2.2.1942)

მათემატიკის დაფუნდების საკითხები

ლ. გოკიელი

არსებობის ცნების შესახებ მათემატიკაში. II

რეზუმე

შრომის წინამდებარე ნაწილში ჩვენ მოვახდინეთ კრიტიკა ეგრ. წოდ. „ჩასმის პრინციპების“ თვალსაზრისისა. შემდეგში მიღებული შედეგები გამოყენებული იქნება საკითხის გამოკვლევისათვის არსებობის ცნების შესახებ მათემატიკაში. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია თბილისის მათემატიკური ინსტიტუტი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. Стенли Джевонс. Основы науки (перевод), 1881, стр. IV, 20.
2. D. Hilbert und P. Bernays. Grundlagen der Mathematik, B. I, 1934, S. 165.
3. К. Маркс. Капитал, т. I, изд. IV, 1929, стр. 19—20.
4. E. Schröder. Lehrbuch der Arithmetik und Algebra, B. I, 1873, S. 16—17.



В. И. МАМАСАХЛИСОВ

«СПИНОВОЕ» ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОНА

Ни в одной из работ, относящихся к излучению электрона, не учитывается спин электрона. Если пренебречь квадратом векторного потенциала световой волны, то рассматриваемое обычно выражение для энергии взаимодействия электрона с излучением имеет вид:

$$V = -\frac{e}{2mc} (\vec{p}\vec{A} + \vec{A}\vec{p}),$$

где  $\vec{p} = \frac{h}{i} \nabla$ ,  $\vec{A}$  — вектор потенциала световой волны,  $e$  — заряд электрона,  $m$  — масса электрона,  $h$  — постоянная Планка, деленная на  $2\pi$ .

А. Г. Власов [1], пользуясь методом функционалов Фока, оценил роль спинового члена в сравнении с линейными относительно вектор-потенциала членом в явлениях излучения, причем в качестве энергии взаимодействия электрона с излучением он рассмотрел более общее нерелятивистское выражение, а именно

$$V = -\frac{e}{2mc} (\vec{p}\vec{A} + \vec{A}\vec{p}) + \frac{eh}{2mc} \vec{\sigma} \text{rot } \vec{A},$$

где  $\vec{\sigma}$  — спиновый момент количества движения электрона.

Для вычисления вероятности «спинового» излучения будем исходить из более общего уравнения, учитывающего взаимодействие спин-орбита.

В качестве такого уравнения мы можем взять уравнение, связывающее две «большие» функции Дирака. Это уравнение для электрона, находящегося в радиально-симметричном кулоновом поле, как известно, имеет вид<sup>(1)</sup>

$$\left[ W + e\varphi - \frac{\vec{p}^2}{2m} + \frac{1}{2mc^2} (W + e\varphi)^2 - \frac{eh}{4m^2c^2} \frac{d\varphi}{dr} \left( \frac{d}{dr} - \frac{2}{r} (\vec{f}\vec{s}) \right) \right] u = 0, \quad (1)$$

где  $\vec{f} = \frac{1}{h} [\vec{r}\vec{p}]$ ,  $\vec{s} = \frac{1}{2} \vec{\sigma}$ ,  $\varphi$  — потенциал кулонового поля,  $W = -\frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial t}$ .

Здесь  $u$  является функцией с двумя составляющими  $u_3$  и  $u_4$ , причем известно, что если у функции  $u$  конечна только третья составляющая, а чет-

<sup>(1)</sup> См. [2], стр. 49.

вертая равна нулю, то спин электрона направлен параллельно оси  $\zeta$ ; если же  $u_3 = 0$ , а  $u_4$  конечно, то спин антипараллелен оси  $\zeta$ . Так как нас интересует роль спина, мы можем в уравнении (1) пренебречь собственно релятивистской поправкой  $\frac{(W + e\varphi)^2}{2mc^2}$ , происходящей вследствие изменения массы со скоростью. Тогда мы можем написать

$$Hu - ih \frac{du}{dt} = 0,$$

где

$$H = \frac{\vec{p}^2}{2m} + \frac{eh^2}{4m^2c^2} \frac{d\varphi}{dr} \left( \frac{d}{dr} - \frac{2}{r} (f \vec{\zeta}) \right). \quad (2)$$

Если на электрон падает электромагнитная волна с вектор-потенциалом  $\vec{A}$ , причем  $A_s = \varphi' = 0$ , то, как известно, в уравнении надо заменить  $\vec{p}$  через  $\vec{p} + \frac{e}{c} \vec{A}$  и прибавить член  $-\frac{eh}{2mc} (\vec{\sigma} \vec{H})$ , где  $\vec{H}$  — магнитная напряженность волны  $\left( \vec{H} = \text{rot } \vec{A}; \frac{d}{dr} = \frac{i}{h} \frac{1}{2} (\vec{r} \vec{p}) \right)$ . Вычитая из полученного таким образом гамильтрониана гамильтрониан (2), мы получим выражение для энергии взаимодействия атомарного электрона с излучением, учитывающее спиново-релятивистскую поправку. А именно:

$$V = \frac{e}{mc} (\vec{p} \vec{A}) + \frac{e^2}{2mc^2} A^2 + \frac{eh}{2mc} (\vec{\sigma} \vec{H}) - \frac{e^2 h}{4m^2 c^3} \frac{d\varphi}{dr} \frac{1}{r} \{ ([\vec{r}, \vec{A}] \vec{\sigma}) + i(\vec{r} \vec{A}) \}.$$

Известно, что квадратом векторного потенциала можно пренебречь при рассмотрении задачи испускания и поглощения света, так как он играет роль лишь в двухквантовых процессах. Таким образом, для энергии взаимодействия мы можем окончательно написать

$$V = \frac{e}{mc} (\vec{p} \vec{A}) + \frac{eh}{2mc} (\vec{\sigma} \vec{H}) - \frac{e^2 h}{4m^2 c^3} \frac{d\varphi}{dr} \frac{1}{r} \{ ([\vec{r} \vec{A}] \vec{\sigma}) + i(\vec{r} \vec{A}) \}. \quad (3)$$

Так как  $\vec{H} \approx \frac{\omega}{c} \vec{A}$ , то, полагая  $\frac{d\varphi}{dr} \approx \frac{Ze}{a^2}$ , где  $a$  — радиус боровской орбиты,  $Ze$  — эффективный заряд ядра, для отношения последнего члена к предпоследнему по порядку величины получим  $Ze^2/mc\omega a^2$ .

Чтобы можно было пренебречь последним членом по сравнению с предпоследним, необходимо, чтобы

$$\frac{Ze}{mc\omega a^2} \ll 1,$$

откуда

$$\frac{\omega}{Z} \gg \frac{c}{mca^2}$$

или, подставив численные значения,

$$\frac{\omega}{Z} \gg 3 \cdot 10^{14} \text{ сек.}^{-1}.$$

Так как чисто «спиновое» излучение может обладать значительно меньшей, чем  $10^{14}$ , частотой, пренебрежение последним членом в выражении (3) следует, таким образом, считать незаконным.

Рассмотрим излучение с частотой в интервале от  $\omega$  до  $\omega + d\omega$  и внутри телесного угла  $d\Omega$ . Составляющие векторного потенциала, как известно, могут быть написаны в виде (если ось  $z$  направить параллельно волновому вектору  $\vec{k}$ ):

$$A_x = \frac{c}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{hdK}{2\omega}} \left( \xi e^{i \frac{\omega}{c} z} + \xi^* e^{-i \frac{\omega}{c} z} \right),$$

$$A_y = \frac{c}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{hdK}{2\omega}} \left( \eta e^{i \frac{\omega}{c} z} + \eta^* e^{-i \frac{\omega}{c} z} \right),$$

$$A_z = 0,$$

где  $dK$ —элемент объема в пространстве волнового вектора, т. е.

$$dK = dk_1 dk_2 dk_3 = \frac{\omega^2}{c^2} d\omega d\Omega,$$

$$\xi = A_{xk} \sqrt{\frac{2\omega dK}{h}} e^{-i\omega t}, \quad \xi^* = A_{xk}^* \sqrt{\frac{2\omega dK}{h}} e^{i\omega t},$$

причем  $A_{xk}$  и  $A_{xk}^*$ —амплитуды Фурье, а  $\xi$  и  $\xi^*$  следующим образом связаны с координатами  $q$  и  $p$  радиационного осциллятора:

$$\xi = \frac{p - i\omega q}{\sqrt{2h\omega}}, \quad \xi^* = \frac{p + i\omega q}{\sqrt{2h\omega}}.$$

Аналогично выражаются  $\eta$  и  $\eta^*$ , относящиеся к другой поляризации света.

Для составляющих магнитной напряженности имеем:

$$H_x = -\frac{\partial A_z}{\partial z} = -\frac{i\omega}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{hdK}{2\omega}} \left( \eta e^{i \frac{\omega}{c} z} - \eta^* e^{-i \frac{\omega}{c} z} \right),$$

$$H_y = \frac{\partial A_x}{\partial z} = \frac{i\omega}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{hdK}{2\omega}} \left( \xi e^{i \frac{\omega}{c} z} - \xi^* e^{-i \frac{\omega}{c} z} \right),$$

$$H_z = 0.$$



Если ограничиться пока что одной поляризацией  $\xi$ , можно для энергии взаимодействия написать

$$V = \frac{e}{mc} p_x A_x + \frac{eh}{2mc} (\sigma_y H_y) - \frac{e^2 h}{4m^2 c^3} \frac{d\varphi}{dr} \frac{1}{r} \{[(\xi A_x) \sigma_y - (y A_x) \sigma_x] + i(x A_x)\}.$$

Будем считать, что длина волны испускаемого света велика по сравнению с размерами атома, т. е.

$$\frac{\omega}{c} \zeta = \frac{\zeta}{\lambda} \ll 1.$$

Мы можем в этом случае в выражении для вектор-потенциала положить  $e^{i\frac{\omega}{c}z} \approx 1 + i\frac{\omega}{c}z$ , а в выражении для магнитной напряженности с той же

степенью приближения  $e^{i\frac{\omega}{c}z} \approx 1$ . Тогда для энергии взаимодействия, если в последнем члене, представляющем релятивистскую поправку на спин, пренебречь запаздыванием ( $e^{i\frac{\omega}{c}z} \approx 1$ ), получим:

$$V = \frac{e}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK}{2\omega}} \left[ \frac{e}{mc} \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial x} (\xi + \xi^*) + \frac{ie\omega}{mc^2} \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial x} \zeta (\xi - \xi^*) + \frac{ich\omega}{2mc^3} \sigma_y (\xi - \xi^*) - \frac{\zeta^2 h}{4m^2 c^2} \frac{d\varphi}{dr} \frac{1}{r} [\zeta (\xi + \xi^*) \sigma_y - (\xi - \xi^*) \sigma_x + ix(\xi + \xi^*)] \right]. \quad (3)$$

Вероятность перехода атомной системы в результате взаимодействия с излучением, отнесенная к единице времени, как известно, равна

$$P = \frac{2\pi}{h} \delta(E_i + E_k - E_0 - E_k) |(\infty | V | ik)|^2, \quad (4)$$

где  $E_0$  и  $E_i$  — начальная и конечная энергия атомной системы, а  $E_0$  и  $E_k$  — начальная и конечная энергия поля излучения.

При вычислении матричных элементов мы можем пользоваться волновыми функциями в нулевом приближении, а в собственных значениях энергии мы должны учесть первую поправку на спин.

Так как

$$\frac{\partial}{\partial x} \zeta = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial}{\partial x} \zeta + \frac{\partial}{\partial \zeta} x \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial}{\partial x} \zeta - \frac{\partial}{\partial \zeta} x \right),$$

то второй член формулы (3), принимая во внимание, что

$$p_x = \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial x}, \dots, p_z = \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial z},$$

можно написать в виде:

$$\frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial x} \zeta (\xi - \xi^*) = \frac{1}{2} (\xi - \xi^*) \left\{ \left( \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial x} \zeta + \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial \zeta} x \right) + (\zeta p_x - x p_\zeta) \right\}.$$

Второй член этой формулы представляет компоненту орбитального момента на ось  $y$ . Обозначая ее через

$$[\vec{r}\vec{p}]_y = M_y$$

и вспоминая, что отношение орбитального магнитного момента электрона  $\vec{\mu}$  к его механическому моменту  $\vec{M}$  равно

$$\frac{\mu}{M} = -\frac{e}{2mc},$$

второй член формулы (3) можем написать в виде:

$$\frac{ie\omega}{mc^2} \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial x} \chi(\xi - \xi^*) = \frac{ie\omega}{2mc^2} (\xi - \xi^*) \left( \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial x} \chi + \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial z} x \right) - \frac{i\omega}{c} \mu_y (\xi - \xi^*).$$

Так как отношение собственно магнитного момента электрона  $\vec{m}$  к его спиновому моменту  $\vec{s} = \frac{1}{2} \vec{\sigma}$  равно  $\frac{m}{s} = -\frac{e}{mc}$ , то третий член формулы (3), напишется в виде:

$$\frac{ieh\omega}{2mc^2} \sigma_y (\xi - \xi^*) = -\frac{i\omega}{c} m_y (\xi - \xi^*).$$

Таким образом, энергия взаимодействия примет вид:

$$V = \frac{e}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{hdK}{2\omega}} \left[ \frac{e}{mc} \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial x} (\xi + \xi^*) + \frac{ie\omega}{2mc^2} \left( \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial x} \chi + \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial z} x \right) (\xi - \xi^*) - \frac{i\omega}{c} (\mu_y + m_y) (\xi - \xi^*) - \frac{e^2 h}{4m^2 c^2} \frac{d\varphi}{dr} \frac{1}{r} F \right],$$

где

$$F = \chi(\xi + \xi^*) \sigma_y - \gamma(\xi + \xi^*) \sigma_z + ix(\xi + \xi^*).$$

Найдем матричный элемент  $(00|V|ik)$ . Рассмотрим спонтанное испускание, т. е. предположим, что в пространстве не имеется квантов, соответствующих испускаемому кванту. Известно тогда, что

$$(0|\xi + \xi^*|k) = i, \quad (0|\xi - \xi^*|k) = -i.$$

Известно, кроме того, что

$$\left( 0 \left| \frac{h}{i} \frac{\partial}{\partial x} \chi + \frac{h}{\partial z} x \right| i \right) = -\frac{m\omega_{0i}}{i} (0|x\chi|i),$$

где  $\omega_{0i}$  — частота перехода атомной системы (индексы  $0$  и  $k$  относятся к излучению, а  $0$  и  $i$  — к электрону). Таким образом, для матричного элемента энергии взаимодействия можем написать:

$$\begin{aligned}
 \langle 00|V|ik\rangle = & \frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK}{2\omega}} \omega_{0i} \left\{ \langle 0|D_x|i\rangle - \frac{\omega_i}{2c} \langle 0|Q_{xx}|i\rangle - \frac{\omega}{\omega_{0i}} \langle 0|\mu_y + m_y|i\rangle \right. \\
 & \left. + \frac{e^2 \hbar i}{4m^2 c \omega_{0i}} \left( \langle 0 \left| \frac{d\varphi}{dr} \frac{1}{r} (y\sigma_x - z\sigma_y) \right| i \right) + \frac{e^2 \hbar}{4m^2 c \omega_{0i}} \left( \langle 0 \left| \frac{d\varphi}{dr} \frac{x}{r} \right| i \right) \right\}, \quad (5)
 \end{aligned}$$

где

$$D_x = -ex, \quad Q_{xx} = -exz,$$

• Воспользуемся волновыми функциями Паули для электрона в радиально-симметричном поле. Они, как известно, имеют вид:

$$\begin{aligned}
 \text{при } j = l + \frac{1}{2}, \\
 u = \frac{1}{\sqrt{2l+1}} R_{nl}(r) \left\{ \left( \begin{matrix} \sqrt{l+m+1} \\ 0 \end{matrix} \right) Y_{lm}(\vartheta, \varphi) - \left( \begin{matrix} 0 \\ \sqrt{l-m} \end{matrix} \right) Y_{l, m+1}(\vartheta, \varphi) \right\}, \quad (6)
 \end{aligned}$$

$$\text{а при } j = l - \frac{1}{2},$$

$$u = \frac{1}{\sqrt{2l+1}} R_{nl}(r) \left\{ \left( \begin{matrix} \sqrt{l-m} \\ 0 \end{matrix} \right) Y_{lm}(\vartheta, \varphi) + \left( \begin{matrix} 0 \\ \sqrt{l+m+1} \end{matrix} \right) Y_{l, m+1}(\vartheta, \varphi) \right\}.$$

Легко видеть, что при вычислении матричного элемента  $\langle 0|m_y|i\rangle$ , учитывая, что  $m_y = \frac{\hbar}{2mc} \sigma_y$ , причем  $\sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$ , мы получим интегралы типа  $\int Y_{lm}^* Y_{l'm'} \sin \vartheta d\vartheta d\Phi$ .

Этот интеграл отличен от нуля лишь в случае  $l'=l$ . Следовательно, правило отбора для собственного магнитного момента будет  $\Delta l = 0$ . При вычислении матричных элементов  $\left( \langle 0 \left| \frac{d\varphi}{dr} \frac{1}{r} (y\sigma_x - z\sigma_y) \right| i \right)$  и  $\left( \langle 0 \left| \frac{d\varphi}{dr} \frac{x}{r} \right| i \right)$ , мы встретимся с интегралами типа  $\int Y_{lm}^* \sin^2 \vartheta Y_{l'm'} d\vartheta d\Phi$  и  $\int Y_{lm}^* Y_{l'm'} \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta d\Phi$ .

Эти интегралы отличны от нуля лишь в случае  $l'=l \pm 1$ . Таким образом, правило отбора для рассматриваемого члена будет  $\Delta l = \pm 1$ . Если учесть, что правило отбора для дипольного электрического момента есть  $\Delta l = \pm 1$ , для квадрупольного  $\Delta l = 0$  или  $\pm 2$  и для магнитного дипольного момента  $\Delta l = 0$  или  $\pm 1$ , то, рассматривая переходы типа  $l \rightarrow l$  ( $\Delta l = 0$ ), мы для матричного элемента энергии взаимодействия можем написать

$$\langle 00|V|ik\rangle = -\frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK}{2\omega}} \omega_{0i} \left\{ \frac{\omega_i}{2c} \langle 0|Q_{xx}|i\rangle + \frac{\omega}{\omega_{0i}} \langle 0|\mu_y + m_y|i\rangle \right\}. \quad (7)$$

Таким образом, релятивистская поправка на спин при рассмотрении переходов типа  $\Delta l = 0$  исчезает (если в релятивистском члене пренебречь запаздыванием).



Следует отметить, что мы получили бы совершенно такое же выражение для матричного элемента энергии взаимодействия, если бы с самого начала пренебрегли релятивистской поправкой на спин. Однако, как показано, мы, вообще говоря, вправе были бы так поступить лишь в том случае, если рассматриваются переходы типа  $\Delta l = 0$ .

Если считать, что длина волны испускаемого света настолько велика по сравнению с размерами атома, что мы можем пренебречь запаздыванием между отдельными точками атома, то в формуле (7) следует вычеркнуть квадрупольный и магнитно-дипольный члены, и тогда мы получим матричный элемент чисто «спинового» перехода. А именно:

$$\langle 00 | V | ik \rangle = -\frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK}{2\omega}} \omega \langle 0 | m_y | i \rangle.$$

Подставив полученное выражение для матричного элемента в формулу (4), которую мы можем написать также в виде:

$$P = \frac{2\pi}{h} \delta(\omega_{0i} - \omega) |\langle 00 | V | ik \rangle|^2,$$

получим:

$$P = \frac{1}{8\pi^2} \frac{\omega^3}{hc^3} \delta(\omega_{0i} - \omega) |\langle 0 | m_y | i \rangle|^2 d\omega d\Omega.$$

Умножив это выражение на  $h\omega$  и проинтегрировав по всем частотам, получим испущенную в секунду энергию «спинового» излучения внутри телесного угла  $d\Omega$ . В результате интегрирования по частотам, используя свойство  $\delta$ -функции, имеем:

$$dW = \frac{\omega_{0i}^4}{8\pi^2 c^3} |\langle 0 | m_y | i \rangle|^2 d\Omega$$

или, учитывая обе поляризации,

$$dW = \frac{\omega_{0i}^4}{8\pi^2 c^3} \{ |\langle 0 | m_y | i \rangle|^2 + |\langle 0 | m_z | i \rangle|^2 \} d\Omega.$$

Эта формула выведена при специальном выборе системы координат, а именно при предположении, что ось  $z$  направлена по волновому вектору  $\vec{k}$ . Нам необходимо найти инвариантное выражение, сводящееся к предыдущему в том случае, когда ось  $z$  параллельна вектору  $\vec{k}$ . Легко видеть, что искомая инвариантная форма для суммы, заключенной в фигурные скобки, будет

$$|\langle 0 | \vec{m} | i \rangle|^2 = (\sum \alpha_k \langle 0 | m_k | i \rangle)^2,$$

где  $k = x, y, z$ ;  $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$  — составляющие единичного вектора, взятого вдоль волнового вектора  $\vec{k}$ . Если учесть, что средние значения  $\overline{\alpha_k} = 0$ , а  $\overline{\alpha_k \alpha_l} = \frac{1}{3}$ , когда  $k = l$  и  $\overline{\alpha_k \alpha_l} = 0$ , когда  $k \neq l$ , то легко получить в резуль-



ტატე ინტეგრირების პო ვსემ ნაპრავლებს პოლნოუ ენერგიუ, ისუძენიუ ელექტრონო ვ სეკუნდუ. ა იმენიო

$$W = \frac{\omega_{0i}^4}{3\pi c^3} |(0|\vec{m}|i)|^2.$$

Академия Наук Грузинской ССР  
Институт физики и геофизики  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 15.1.1942)

ფიზიკა

ვ. მამასახლისოვი

ელექტრონის „სპინური“ გამოსხივება

რეზუმე

შრომაში განიხილება ელექტრონის ურთიერთქმედება ელექტრომაგნიტურ ველთან სპინის გათვალისწინებით. თუ ვიგულისხმებთ, რომ ტალღის სიგრძე გაცილებით მეტია, ვიდრე ატომის ზომა და განვიხილავთ გადასვლებს  $\Delta=0$ , სადაც  $l$ —ელექტრონის აზიმუტალური ქვანტური რიცხვია, ადგილი ექნება წმინდა „სპინური“ გამოსხივებას.

გამოთვლის შედეგად ელექტრონის მიერ წაშში გამოყოფილი ენერგიის სიჩქარის მივიღებთ

$$W = \frac{\omega_{0i}^4}{3\pi c^3} |(0|\vec{m}|i)|^2,$$

სადაც  $\omega_{0i}$  არის ელექტრონის გადასვლის სიხშირე,  $\hbar$ —პლანკის მუდმივი გაყოფილი  $2\pi$ -ზე,  $\vec{m}$ —ელექტრონის საკუთარი მაგნიტური მომენტი და  $c$ —სინათლის სიჩქარე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ფიზიკისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტი  
თბილისი

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. А. Г. Власов. Применение метода функционалов Фока к теории излучения. Журнал эксп. и теор. физики, т. 10, вып. 11, 1940, стр. 1151.
2. Г. Бете. Квантовая механика простейших систем.



Ю. А. СИКОРСКИЙ

## УВЕЛИЧЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В АМОРФНЫХ ТЕЛАХ ПРИ ОСВЕЩЕНИИ

### 1. Введение

В целом ряде кристаллов, как известно, наблюдается явление внутреннего фотоэффекта, особенно подробно изученное Полем [1] и его школой. Характерно, что явление увеличения проводимости при освещении имеет место в кристаллических телах. В кристаллах сорванный светом электрон может двигаться в зоне проводимости, обуславливая внутренний фотоэффект. В аморфных телах внутренний фотоэффект не наблюдается. Наследов, Неменов и Шаравский [2], работая с аморфными телами, решили выяснить — обладают ли аморфные тела внутренним фотоэффектом. Для этого они подвергли исследованию жидкую серу, аморфный селен и рубиновое стекло. Жидкую серу и аморфный селен они освещали белым светом, а рубиновое стекло мягкими рентгеновыми лучами такой длины волны, которая достаточна для вырывания электронов из золота в стекло. Для измерения токов они пользовались комптоновским электрометром большой чувствительности в соответствующей электростатической защите. Опыт дал отрицательный результат — в пределах точности электрометрической установки увеличения проводимости при освещении не наблюдалось. Отсюда Наследов, Неменов и Шаравский [2] заключили, что в исследованных ими аморфных телах внутреннего фотоэффекта нет. Отсутствие внутреннего фотоэффекта в аморфных телах можно объяснить тем, что в них, благодаря неупорядоченному расположению атомов, сорванный светом электрон сейчас же рекомбинирует с соседним ионом, а не движется под действием внешнего электрического поля в зоне проводимости, как в телах кристаллических. Это связано, повидимому, с тем, что к аморфным телам не применимо понятие о зонах решетки. Одновременно с исследованием внутреннего фотоэффекта Наследов, Неменов и Шаравский измеряли проводимость жидкой серы в зависимости от температуры и нашли ход проводимости, совпадающий с ходом вязкости. Отсюда они сделали заключение, что проводимость жидкой серы осуществляется ионами. Описанные выше работы относятся к измерениям в постоянном электрическом поле. В переменном электрическом поле в фотопроводниках также наблюдается

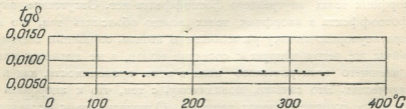
увеличение электропроводности при освещении. Так, например, Науман [3] наблюдал увеличение электропроводности при освещении в переменном электрическом поле в диапазоне частот от  $10^3$  до  $10^4$  герц. Красин [4] в аллохроматических кристаллах нашел увеличение диэлектрических потерь при освещении. Сикорский [5] показал, что в идиохроматических кристаллах также имеет место увеличение диэлектрических потерь при освещении, а между освещенностью и тангенсом угла потерь существует прямая пропорциональность.

В связи с изложенным выше, возникают следующие соображения: если фотоэффект в аморфных телах невозможен вследствие того, что оторванный светом электрон непосредственно рекомбинирует с соседним ионом, то в переменных электрических полях этот процесс может идти несколько иначе. Действительно, продолжительность жизни электрона—порядка  $10^{-8}$  секунды [6]. Если период переменного электрического поля будет того же порядка или меньше, то оторванный светом электрон, не успев соединиться с ионом, через пол-периода начнет двигаться в обратном первоначальному направлении. Это явление должно выявиться, повидимому, в увеличении диэлектрических потерь при освещении.

Целью данной работы и является проверка правильности этого предположения. В качестве аморфного тела исследовалась жидкая сера.

## 2. Методика измерений и результаты

Измерения потерь производились по методу Друде—Кулиджа [7], тангенс угла потерь определялся по формуле, данной Кессенихом и Водопьяновым [8]. Длина волны в опытах была 400,5 см. Сера от Кальбаума заключалась в кварцевую запаянную пробирку, воздух из которой предварительно при нагревании до  $400^\circ\text{C}$  был откачан. Пробирка зажималась между слегка изогнутыми пластинами конденсатора и помещалась в электрическую



Черт. 1.

печь. Температура образца измерялась при помощи термопары, помещенной в печь на уровне конденсатора и прижатой к кварцевой пробирке. Освещение производилось белым светом обычной лампочки в 500 ватт. Свет лампочки при помощи конденсатора, проекционной линзы и зеркала концентрировался на исследуемом образце. Такая система была применена для того,



чтобы исключить электрическое влияние мощной лампы на измерительную установку. Вначале была промерена температурная зависимость потерь в жидкой сере. Как видно из рассмотрения черт. 1, в пределах точности измерений в температурном интервале от 100 до 400°C не видно изменения тангенса угла потерь в жидкой сере. Результаты исследования влияния освещения на потери в жидкой сере показали, что при освещении тангенс угла потерь увеличивается. Так, например, при температуре 197°C в темноте угол потерь  $\delta_0 = 19'42''$ , а при освещении  $\delta_1 = 20'24''$ . Таким образом, при освещении жидкой серы происходит увеличение угла потерь на 4%. Аналогичное увеличение потерь имеет место при различных температурах.

### 3. Заключение и выводы

Полученные данные говорят о правильности высказанных ранее соображений о возможности увеличения потерь в аморфных телах при освещении и его вероятном механизме. Именно: тот факт, что с повышением температуры в исследуемом температурном интервале не происходит увеличения потерь в жидкой сере, а при ее освещении наблюдается увеличение угла потерь—наводит на мысль, что механизм увеличения потерь в жидкой сере электронного характера.

В заключение выражаю благодарность Н. П. Калабухову за обсуждение результатов и М. М. Лимидзе за помощь при сборке измерительных установок.

Тбилисский Государственный Университет  
имени Сталина

Лаборатория электронных явлений в диэлектриках

(Поступило в редакцию 2.12.1941)

303133

ი. სიმონიძე

დიელექტრული დანაკარგების გადიდება ამორფულ სხეულებში  
მათი გაუმჯობესის დროს

რეზიუმე

როგორც ცნობილია, ამორფული სხეულების ელექტროგამტარობა არ იზრდება მათი გაუმჯობესისას. ნასლედოვმა, ნემენოვნა და მარაესკიმ [2] გამოაკვიეს, რომ მუდმივ ელექტრულ ველში მოთავსებულ თხიერი გოგირდის გაუმჯობესისას ფოტო-ეფექტი არ ხდება.

აღნიშნულმა ავტორებმა ტემპერატურასა და ელექტროგამტარობას შორის დამოკიდებულების შესწავლის დროს შეამჩნიეს, რომ გამტარობის ცვლილება თანხედება სიბლანტის ცვლილებას, აქედან მათ დაასკვნეს, რომ თხიერ

გოგირდში ელექტროგამტარობა წარმოებს იონების საშუალებით. ამასთან დაკავშირებით მოცემულ შრომაში გამოთქმულია შემდეგი მოსაზრება: მუდმივ ელექტრულ ველში ფოტო-ეფექტი შეუძლებელია იმის გამო, რომ სინათლით მოგლეჯილი ელექტრონი, ამორფული სხეულების ატომების მოუწყვრი-გებელი განაწილების გამო, მაშინვე რეკომბინირდება მეზობელ იონთან, ცვლადი ელექტრული ველის შემთხვევაში კი ეს პროცესი შეიძლება ცოტა სხვანაირად წარმოებდეს. მართლაც, ელექტრონის სიციცხლის ხანგრძლიობა  $10^{-8}$  სეკუნდის რიგისაა.

თუ ცვლადი ელექტრული ველის პერიოდი იქნება ასეთივე რიგის ან ნაკლები, მაშინ სინათლით მოგლეჯილი ელექტრონი ვერ მოასწრებს შეერთებას მეზობელ იონთან და ელექტრული ველის ნახევარი პერიოდის შემდეგ დაიწყებს საწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრაობას. ეს მოვლენა, ალბად, უნდა გამოვლინდეს დიელექტრული დანაკარგის გადიდებაში. წინამდებარე შრომის მიზანია ამ წინასწარი მოსაზრების სისწორის შემოწმება.

შესწავლის ობიექტად აღებული იყო თხიერი გოგირდი.

დრუდ-კულიჯის მეთოდით დიელექტრული დანაკარგების გაზომვამ გვიჩვენა, რომ თხიერ გოგირდში დიელექტრული დანაკარგები განათების დროს იზრდება.

ამ ცდებით ნათლად მკვიცდება ზემოთ გამოთქმული მოსაზრების სისწორე. ჩატარებული იყო აგრეთვე ცდები დიელექტრული დანაკარგებისა და ტემპერატურის შორის დამოკიდებულების შესასწავლად.

აღმოჩნდა, რომ  $100^{\circ}$ — $300^{\circ}$ C შუალედში დიელექტრული დანაკარგი გოგირდში ტემპერატურაზე დამოუკიდებელია.

თუ შევადარებთ გოგირდში დიელექტრული დანაკარგების შესახებ მიღებულ შედეგებს, ნასლედოვის, ნემენოვისა და მარაესკის მონაცემებს, რომელთა მიხედვით გოგირდში გამტარობის ცვლა თანხვედრა სიბლანტის ცვლას, შეიძლება დავასკვნათ, რომ დიელექტრული დანაკარგები თხიერ გოგირდში აიხსნება ელექტრონული გამტარობით.

სტალინის სახ. თბილისის  
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. А. Л. Юз и А. А. Дюбридж. Фотоэлектрические явления (ряд статей Поля в Zs. f. Phys. und Gött. Nachr.). ОНТИ, 1936.
2. Д. Н. Наследов, Л. М. Неменов и П. В. Шаравский. Ж. Э. Т. Ф. 2, 273, 1932.
3. А. Naumann. Ann. d. Phys. 27, 233, 1936.
4. А. Красин. Доклады АН СССР. 2, 356, 1934.
5. Ю. А. Сикорский. Доклады АН СССР. 32, 35, 1941.
6. N. F. Mott. Proc. of the Roy. Soc. 167, 930, 1938.
7. W. Coolidge. Wied. Ann., 69, 125, 1899.
8. В. Кессених и К. Водопьянов. Ж. Э. Т. Ф. 2, 237, 1932.

პრ. ართუმიძე, ი. აივაზოვი და ზ. კახიანი

## მირზაანის ნავთობის ქიმიური შემადგენლობა

### I

არომატულ ნახშირწყალბადთა შესწავლა მირზაანის  
ნავთობის ფრაქციაში 70—95°C

ნავთობის რაციონალურად გამოყენება წარმოადგენს ნავთობის ქიმიის ერთ-ერთ ძირითად საკითხს. ჯერ კიდევ 1870 წ. მენდელეევი მიუთითებდა ნავთობის როგორც მარტო საწვავის გამოყენების მიზანშეუწონლობაზე. მართალია, ნავთობი იძლევა საცხებ ზეთებს, საწვავ მასალას შიდა წვის ძრავისათვის და სხვა, მაგრამ ამაში მაინც არ ხედავდნენ ქიმიკოსები ნავთობის რაციონალურ გამოყენებას. ნავთობის არომატულ ნახშირწყალბადობიდან შეიძლება გადასვლა საღებავებზე, ფარმაცევტულ პრეპარატებზე, მფეთქავ ნივთიერებებზე და სხვა მალალხარისხოვან პროდუქტებზე. აი გზა ნავთობის რაციონალური გამოყენებისა. ამ მიზნის შესასრულებლად საჭიროა ვიცოდეთ ნავთობის ქიმიური შემადგენლობა, ამიტომ ამ მიმართებით ჩატარებულ შრომებს აქვს არა მარტო თეორიული, არამედ პრაქტიკული ინტერესი. არომატული ნახშირწყალბადები, მათი მალალი რეაქციის უნარიანობის გამო, წარმოადგენენ ნავთობის ძვირფას შემადგენელ ნაწილს. განსაკუთრებით ეს ითქმის ტოლუოლზე, რომელსაც დიდი გამოყენება აქვს ასაფეთქებელი მასალის ტრინიტროტოლუოლის (ტროტილის) დასამზადებლად. არომატულ ნახშირწყალბადთა არსებობა ნავთობის ბენზინის ფრაქციაში სასურველია აგრეთვე, როგორც კარგი ანტიდეტონატორების შიდა წვის ძრავისათვის. მიუხედავად არომატულ ნახშირწყალბადთა არც ისე დიდი ოდენობით არსებობისა ნავთობში, როგორადაც პარაფინულ და ნაფტენურ ნახშირწყალბადების, არომატულ ნახშირწყალბადთა შესწავლა მაინც წარმოადგენს ნავთობის ქიმიის კვლევის საინტერესო ობიექტს.

ბაქოს ნავთობში არომატულ ნახშირწყალბადების არსებობა პირველად ნაჩვენები იქნა მარკოვნიკოვისა და ოგლობლონოს [1] მიერ, ბაქოს ნავთობის ფრაქციაში 105—125°C აღმოჩენილ იქნა ბენზოლი, ტოლუოლი და მეტაქსილოლი. ხარიკოვის [2] და მარკოვნიკოვის [3] მიერ გროზნოს ნავთობში აღმოჩენილია ბენზოლი და ტოლუოლი. ბაილშტაინის და კურბატოვის [4] მიერ წითელ წყაროს ნავთობში აღმოჩენილია ბენზოლი და ტოლუოლი. პერმის ნავთობში დამტკიცებულია ბენზოლის, ტოლუოლის და მეტაქსილოლის [5] არსებობა. რუმინეთის

ნავთობში აღმოჩენილია ბენზოლი, ტოლუოლი და ქსილოლი [5]. გალიციის ნავთობში, გარდა ბენზოლისა, ტოლუოლისა, მეტა და პარაქსილოლისა, აღმოჩენილია აგრეთვე მეზიტლენი [5]. ამერიკის ნავთობში შორღემერის მიერ აღმოჩენილია ბენზოლი და ტოლუოლი. არომატულ ნახშირწყალბადებით მდიდარ ბორნეოს ნავთობში აღმოჩენილია ბენზოლი, ტოლუოლი, მეტაქსილოლი და ნაფტალინი [6]. ინდივიდუალურ ნახშირწყალბადების ნავთობიდან გამოყოფა და იდენტიფიკაცია წარმოადგენს ნავთობის ქიმიის ერთ-ერთ რთულ პრობლემას.

### ექსპერიმენტული ნაწილი

კვლევის ობიექტად აღებული მირზანის ნავთობის (კაბურღი № 99) ფრაქცია 70—95°C გამოყოფილ იქნა ჩვენ მიერ ნავთობიდან ფრაქციული გამოხდით. სათანადო გარეცხვისა და გაშრობის შემდეგ, გადადენილ იქნა მეტალურ ნატრიუმის თანდასწრებით. რადგან არომატულ ნახშირწყალბადთა რაოდენობის განსაზღვრას ვახდენდით 100%-ან გოგირდმეავით, ამიტომ წინასწარ საჭირო იყო ვაგვეგო შედის თუ არა აღებულ ფრაქციაში უმაძლარი ნახშირწყალბადები, რომ ამით აგვეცდინა შეცდომა არომატულ ნახშირწყალბადთა რაოდენობის განსაზღვრის დროს. სინჯმა უმაძლარ ნახშირწყალბადებზე როგორც ბრომიანი წყლით, ისე კალიუმპერმანგანატის სუსტტუტოვანი ხსნარით უარყოფითი შედეგი მოგვცა. კონცენტრული გოგირდმეავა მნიშვნელოვნად არ მოქმედობს ნავთობის დიდ ნაწილ პარაფინულ და ნაფტენურ ნახშირწყალბადებზე. ამ თვისებაზე დაყრდნობით ნავთობში გოგირდმეავით არომატულ ნახშირწყალბადთა განსაზღვრა, რისთვისაც ჩვენ მიერ დამზადებულ იქნა 100%-ანი გოგირდმეავა ჩვეულებრივ გოგირდმეავაზე კალბუმის SO<sub>2</sub>-ის მიმატებით. არომატულ ნახშირწყალბადთა მოცულობით პროცენტის განსაზღვრას ვაწარმოებდით საზომ ცილინდრში მიხრახნილი საცობით 0,5 სმ<sup>3</sup> დანაყოფებით. არომატულ ნახშირწყალბადთა მთლიანი მოცილება კონტროლირდებოდა განმეორებითი დასულფირებით.

არომატულ ნახშირწყალბადთა მოცილება დამთავრებულად ითვლებოდა მაშინ, როდესაც შემდგომი მიმატებით 100%-ან გოგირდმეავით სათანადო ნჯღრევის, დაყოვნებისა და გაზომვისას მოცულობის ცვლილებას აღვიღი არ ჰქონდა. ამგვარად დადასტურებულ იქნა, რომ აღნიშნულ ფრაქციაში არომატულ ნახშირწყალბადთა მოცულობითი პროცენტი უდრის 6,22. დასულფირების შემდგომ მიღებულ სულფომეავების დაშლას ვახდენდით კიჟენერის [7] მეთოდით, გაუმჯობესებული კაზანკის და გასან-ზადეს [8] მიერ. სულფომეავის და გოგირდმეავის ნარევეს ვაცილებდით დეარამატიზირებულ ბენზინს, ვუმატებდით წყალს სამ მოცულობას, ერთ მოცულობა მეავაზედ ვათავსებდით ვიურცის კოლბაში, მდულარე სითხის ტემპერატურას ვზომავდით მასში ჩაშვებული თერმომეტრით, გადადენავახდენდით 155—160°C, რის შემდეგ ვტოვებდით მთელი დამით სულფომეავების გამოსაკრისტალებლად. მეორე დღეს გამოკრისტალებულ სულფომეავას ვაცილებდით გუტჩის ძაბრით თხიერ შემადგენელ ნაწილისაგან, თხიერ



ნაწილს კვლავ ვათავსებდით ვიურცის კოლბაში, ვუმატებდით სამ მოცულობა წყალს და ვათბობდით 155—160°C, ვტოვებდით მთელი დამე, თუ მეორე დღეს კრისტალურ სულფომეაქვის გამოყოფას ადგილი არ ჰქონდა, ვახურებდით 210°C. კრისტალურ სულფომეაქვების ჰიდროლიზს შემდეგნაირად ვახდენდით: ერთ წონით ნაწილ სულფომეაქვას ვუმატებდით 2 წონით ნაწილ კონცენტრულ მარილმეაქვას, ვათავსებდით ცეცხლგამძლე მილში და ვათბობდით 180°C 8 საათის განმავლობაში. შემდეგ მილს ვაცივებდით ოთახის ტემპერატურამდე. მიღებულ არომატულ ნახშირწყალბადს ვაცილებდით მეაქვის ფენას, ვრეცხავდით ჯერ 10% ნატრიუმის ტუტით მეაქვე რეაქციის მოსაცილებლად, შემდეგ წყლით. ვაშრობდით ქლორკალციუმით და გადადენას ვახდენდით ნატრიუმის თანდასწრებით. პროდუქტი მთლიანად ვადიდენა 109—110,5°C ფარგლებში, რაც თანხვედბა ტოლუოლის დუღილის წერტილს. ჩვენ მიერ გამოყოფილ არომატულ ნახშირწყალბადის დანარჩენი კონსტანტებიც ტოლუოლის ანალოგიური აღმოაჩნდა. შედარებისათვის მოგვყავს ჩვენ მიერ მიღებული ტოლუოლის კონსტანტები და ამავე ნახშირწყალბადის კონსტანტები ბაილშტაინის მიხედვით.

ტოლუოლი	დუღილის წერტილი	ატმოსფერ. წნევა მმ	ხვედრითი წონა	გადატეხის მაჩვენებელი
ჩვენ მიერ გამოყოფილი	109—110,5	729	$d_{20}^{20} = 0,8650$	$n_D^{20} = 1,4900$
ბაილშტაინის მიხედვით	110,8	760	$d_{20}^{20} = 0,8649$	$n_D^{20} = 1,4893$

ჩვენ მიერ გამოყოფილი ნახშირწყალბადი დაქანგულ იქნა ულმანის [9] მეთოდით 0,2 გ. ჩვენ მიერ გამოყოფილ ტოლუოლს დავეუმატეთ 20 სმ<sup>3</sup> წყალი, მოვათავსეთ მრგვალძირიან „პირექსის“ კოლბაში, რომელსაც ვატოტვილ ფორმტოსით შეერთებული ჰქონდა უკუმაცივარი, მწვეთავი ძაბრი და მექანიკური სარეველი. კოლბა თბებოდა წყლის აბაზანაზე და თანდათან ემატებოდა სუსტტუტოვანი კალიუმპერმანგანატის განზავებული ხსნარი, რის შემდეგ კოლბა თბებოდა 90—95°C ფარგლებში 8 საათის განმავლობაში. რეაქციის დამთავრების შემდეგ წარმოშობილი ბენზოის მეაქვის კალიუმის მარილის წყალხსნარი, ბიუხნერის ძაბრის საშუალებით მოცილებულ იქნა მანგანუმის ორ ჟანგისაგან. ეს უქანასკნელი გარეცხილ იქნა სამჯერ ცხელი წყლით, ფილტრატი შეერთებულ იქნა და კონცენტრაციის გადიდების მიზნით აორთქლებული წყლის აბაზანაზე. შემდეგ დავეუმატეთ მარილმეაქვის 10%-ანი ხსნარი მეაქვე რეაქციამდე. გამოყოფილი ბენზოის მეაქვა ცხელი წყლით გადაკრისტალების შემდეგ გალღვა 121—122°C. ბენზოის მეაქვის ლღობის წერტილი ბაილშტაინის მიხედვით უდრის 121,5°C. სინთეზურად მიღებულ ბენზოის მეაქვის და ჩვენი მეაქვის ნარევიც გალღვა იმავე 121—122°C. მირზანის ნავთობის აღნიშნულ ფრაქცია-

ში 70—95°C ჩვენ ველოდით ბენზოლის არსებობას, მაგრამ, მიუხედავად ბე-  
 ჯითი ცდისა, ეს უკანასკნელი აღმოჩენილი არ იქნა. ჩვენ მიერ გამოყოფილ  
 ტოლუოლის იდენტიფიკაციისათვის არ დაეკმაყოფილდით მარტო ფიზიკურ  
 კონსტანტების განსაზღვრით და ნაწარმის შილებით (ბენზოის მჟავა), არამედ  
 მოვახდინეთ მისი ელემენტალური ანალიზი.

0,2716 გ ნივთიერება: 0,9101 გ CO<sub>2</sub>; 0,2166 გ H<sub>2</sub>O

ნაპოვნია %: C 91,38; H 8,83

ნაანგარიშევია %: C 91,30; H 8,72

ტოლუოლისათვის ნაპოვნია MR<sub>D</sub> 30,751

ნაანგარიშევია MR<sub>D</sub> 30,685

ტოლუოლის აღმოჩენა აღნიშნულ ფრაქციაში 70—95°C არ ეწინააღმდე-  
 გება ლიტერატურულ მონაცემებს. ცნობილია, რომ ინდივიდუალური არომა-  
 ტული ნახშირწყალბადი მთლიანად არ გადადის სათანადო ფრაქციაში, არამედ  
 ნაწილობრივ მეზობელ ფრაქციაშიც. ასე, მაგ., ტოლუოლი ძირითადად გადადის  
 95—122°C ფრაქციაში, ნაწილობრივ 60—95°C და 122—150°C ფრაქციებში.  
 შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ბენზოლი არ იქნა აღმოჩენილი იმის გამო, რომ  
 იგი გაცილებით ძნელად სულფირდება, ვინემ ტოლუოლი, რომელშიც მე-  
 თილის ჯგუფის არსებობა წყალბადს არომატული ბირთვისას პარამდგომა-  
 რეობაში შეტად მოძრავს, რეაქციის უნარიანს ხდის. გოგირდმჟავის მოქმედება  
 ბენზოლზე და ტოლუოლზე შესწავლილი იყო ტილიჩეევის მიერ. შენიშნულ იქნა,  
 რომ ტოლუოლის მთლიანად მოსაცილებლად საკმარისია 94%-ანი გოგირდ-  
 მჟავა, ბენზოლის მთლიანად მოსაცილებლად კი 97%-ანი გოგირდმჟავა. ჩვენ  
 მიერ კი აღებული იყო 100%-ანი გოგირდმჟავა, რომელსაც ბენზოლის მოცი-  
 ლების უნარი უკეთ შესწევს. თუ დაბალ ფრაქციაში 70—95°C ტოლუოლი  
 აღმოჩენილ იქნა, სადაც მისი რაოდენობა 6,22% უდრის, ბუნებრივია, რომ  
 იგი მის ძირითად ფრაქციაში 95—122°C გაცილებით მეტი იქნება. ტოლუო-  
 ლის უდიდესი მნიშვნელობა, განსაკუთრებით ომიანობის დროს, საყოველთაოდ  
 ცნობილი ფაქტია. მისი დანიტრაციებით მიიღება ტროტილი—მეტად ძვირფასი  
 ასაფეთქებელი მასალა, ამიტომ ტოლუოლის წყაროს გამონახვას საკმაოდ დიდი  
 თავდაცვითი მნიშვნელობა აქვს. მუშაობა ამ მიმართებით ჩვენ მიერ გრძელ-  
 დება.

### დასკვნები

1. შესწავლილია არომატული ნახშირწყალბადი მირზაანის ნავთობის ფრაქ-  
 ციის 70—95°C.
2. აღნიშნულ ფრაქციაში აღმოჩენილია ტოლუოლი, რომელიც იდენტი-  
 ფიცირებულ იქნა ბენზოის მჟავის სიხით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ქიმიის ინსტიტუტი და  
 სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
 ორგანული ქიმიის ლაბორატორია

(შემოვიდა რედაქციაში 17.12.1941)



Х. И. АРЕШИДЗЕ, И. С. АЙВАЗОВ и Г. И. КРИХЕЛИ

ИЗУЧЕНИЕ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ ФРАКЦИИ  
70—95°C МИРЗААНСКОЙ НЕФТИ

Резюме

1. Изучены ароматические углеводороды из фракции 70—95°C мирзаанской нефти.
2. В указанной фракции обнаружен толуол, который идентифицировался в качестве бензойной кислоты.

Академия Наук Грузинской ССР  
Тбилисский Химический Институт  
и Лаборатория органической химии  
Тбилисского Государственного Университета  
имени Сталина

ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Марковников и Оглоблин. Ж. Р. Х. О. 15, 237, 1883.
2. Харичков. Ж. Р. Х. О. 3, 655, 1899.
3. Марковников. Ж. Р. Х. О. 34, 635, 1902.
4. Veilstein и Курбатов. Ж. Р. Х. О. 15, 5, 1883.
5. Наметкин. Химия нефти, 1939, стр. 94.
6. Наметкин. Химия нефти, 1939, стр. 95.
7. Кижнер. Ж. Р. Х. О. 57, 1, 1925.
8. Каванский, Гасан-Заде и Марголис. Ж. Пр. Х. 11, 1381, 1938.
9. Uiman-Ver., 36. 1798 1903.
10. Химический состав нефтей и нефтяных продуктов. Труды ГроНИИ. 1931, стр. 35.



ბოლოვანია

აკადემიკოსი ალ. ჯანელიძე

საქართველოს ბელტის პრობლემა

II<sup>(1)</sup>

როგორც მოსალოდნელი იყო, ფაციესების განხილვა სავსებით ადასტურებს ტექტონიკური ანალიზის შედეგს. მხოლოდ აქამდე საქართველოს ბელტს ჩვენ ვიხილავდით როგორც ერთხელავე მოცემულ ფაქტს, ასე ვთქვათ, დროის გარეშე. მაგრამ გეოსინკლინები და ბელტები (ისევე როგორც ფარები და ოროგენები) ქერქის განვითარების ისტორიული პროცესის ელემენტებს წარმოადგენენ. ამიტომ საქართველოს ბელტის ბუნება გაშუქებულად ვერ ჩაითვლება, სანამ მას არ განვიხილავთ როგორც დროის ფუნქციას.

წინათ ამიერ-კავკასიის ბელტს თუ ბელტებს ისე უყურებდნენ, როგორც რუსეთის ბაქნის ჩამონატებს, კავკასიონის გეოსინკლინით გათვისებულს. ეს აზრი, რომელსაც ერთხანს მეც ვიზიარებდი, გადაჭრით უნდა უქუგდებულ იქნას.

კავკასიონის კრისტალური ფიქლების არქეული ასაკი მხოლოდ ჰიპოთეზი არის, რომელიც არსებითად მათს, პალეოზოურ მეტამორფულ წყებასთან შედარებით, უფრო ძლიერ მეტამორფიზმს ემყარება [19, 27]. მაგრამ არსად ამ ორ ფორმაციას შორის უთანხმოება დადასტურებული არ არის. ამიტომ კრისტალური ფიქლების პირვანდელი მასალა კიდევ რომ კამბრიულისწინა ასაკის იყოს, თუ ეს ფორმაცია მეტამორფულ წყებასთან თანხმობით არის განლაგებული, ცხადია, მისი მეტამორფიზმი და დანაოქება კალედონიურ ოროგენისზე ადრინდელი არ შეიძლება იყოს. უდრეკ ბელტსაც აქ უფრო ადრე ვერ ვიგულისხმებთ. იგივე ითქმის ძირულის მასივზედაც.

ყოველ შემთხვევაში, კიდევ რომ კავკასიონის და ძირულის მასივის კრისტალური ფორმაცია კამბრიულისწინ დანაოქებული გამოდგენ, ეს იქნებოდა განცალკევებული ბელტების არსებობის მაჩვენებელი და არა ერთიანი ბაქნისა. მართლაც, არავითარი საბუთი არა გვაქვს ვიფიქროთ, რომ რუსეთის კამბრიულისწინა ბაქანი კავკასიონამდე აღწევს, როგორც წინათ ეგონათ და დღესაც ბევრს ჰგონია.

უკვე გამორკვეულად შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ტიმანის ქედი კალედონიურ ნაგებობას წარმოადგენს, როგორც ამას კარგა ხანია პოლკანოვი ამტკიცებს. ამის საბუთია სხვათა შორის ძველი წითელი ქვიშაქვის იქმდავრი განვითარებაც. ეს ფორმაცია უთანხმოდ აღდევს სერიციტიან ფიქლებს და მისი სისქე 1500 m-მდე აღწევს.

<sup>(1)</sup> პირველი ნაწილი იხ. „საქ. სსრ მეცნ. აკად. მოაზრება“, ტ. III, № 1, 1942 წ.

ტიმანიდან კალედონიური დანაოქების ზოლი სამხრეთისკენაც უნდა გრძელდებოდეს, ზედა პალეოზოურის ნალექებით დაფარული. ამით უნდა აიხსნებოდეს აღმოსავლეთ რუსეთის ჩაღრმავების შედარებით დიდი ლაბილობა. აქად. არხანგელსკი ამ შეხედულებას ეწინააღმდეგებოდა [4], მაგრამ მის უკანასკნელ შრომაში, რომელიც ავტორის სიკვდილს შემდეგ გამოქვეყნდა, არა თუ აღმოსავლეთ რუსეთის ჩაღრმავება, მოსკოვის აუზიც კი მიჩნეულია როგორც კალედონიური დანაოქების არე [5].

მაგრამ კალედონიურ დროსაც კი ფარის კონსოლიდაციას კავკასიამდე არ მოუღწევია. მართალია, კალედონიური დანაოქება კავკასიონზე ცნობილია და სომხეთსა და მცირე აზიაში იგი ძლიერ მნიშვნელოვანიც კია [6], მაგრამ მას საბოლოო ხასიათი არა აქვს. ამას მოწმობს შემდგომი, ჰერცინული დანაოქების დიდი ინტენსივობა და გავრცელება. ამიტომ მართებულად უნდა ჩაითვალოს შტილეს სქემა [42], რომლის თანახმად კავკასია, ყირიმი, შავი ზღვა და დობრუჯა ჰერცინულ ზოლს მიეკუთვნება და პოლონეთის გზით რაინის მხარეს უკავშირდება. დიზის წყების (სვანეთი) რეგიონული მეტამორფიზმი ჰერცინულ ოროგენეზისთან უნდა იყოს დაკავშირებული.

ამ ჰერცინიდების სამხრეთით განვითარდა მეზო-კაინოზოური ტეთისი. ამ დროს ძირეულ გეოსინკლინს აღნიშნავენ ანატოლიასა და სომხეთში. სანამდე აღწევს იგი ჩრდილოეთით, კარგად გარკვეული არ არის. ყოველ შემთხვევაში კავკასიონი და აპარა-თრიალეთის ზოლი მის გარე ტოტებს წარმოადგენენ, უდრეკ სუბსტრატზე განვითარებულს გაახალგაზრდებული ანუ მეორადი გეოსინკლინების სახით.

კავკასიონის გეოსინკლინი, რამდენადაც ვიცით, არსებითად ლიასური დროიდან ვითარდება, მაგრამ უკვე ტრიასულში არსებობს ყირიმის როფი (Троф), რომელიც კავკასიონზედაც გადმოდის და ალბათ დობრუჯის ტრიასულ ზღვასაც უკავშირდება.

რომ კავკასიონის ლიასური როფი აღმოსავლეთისკენ ტეთისს ებმის, ეს სადავოდ არ ითვლება, მაგრამ დამაკავშირებელი გზა ზუსტად ცნობილი არ არის. სამხრეთით კავკასიონსა და ტეთისს შუა მდებარეობდა ამალეებული მხარე, რომელიც აწინდელი ბელტების გარდა ანტიკავკასიონის ზოლსაც შეიცავდა. ეს არის ზღურბლი, რომლის არსებობა უკვე აბიხმა აღნიშნა [36]. საქართველოს ბელტი ამ დროს ნაწილობრივ დენუდაციის სარბიელს წარმოადგენს—ჰერცინიდების კრისტალური ფუძე გაშიშვლებული არის (ძირულის მასივი), ნაწილობრივ კი აქ კონტინენტური (შრომის ქვედა ტუფიტები) და ეპიკონტინენტური (ვარდისფერი კირქვები) ნალექები გროვდება. მისი კონტურების დასაზუსტებლად საჭირო საბუთები სამწუხაროდ არ მოგვეპოვება. ამ მხრივ გაურკვეველობას განსაკუთრებით შემდეგი, ბაიოსური დროის ნალექები ართულევენ.

პორფირიტული წყება ოკრიბაში ძლიერ სქელი არის და ინტენსიურად დანაოქებული, თუმცა ბელტის ნაწილი ამ დროსაც გაშიშვლებული იყო და დენუდაციასაც განიცდიდა. თუმცა ძირულის მასივისკენ წყების სისქე მცირდება, მაგრამ უსაფუძვლო არ იქნება კითხვა, ხომ არ ეკუთვნოდა ამ დროს

რაქა-ლენჩხუმის ზოლი აფხაზეთამდე, ოკრიბის ჩათვლით, გეოსინკლინს? მოსალოდნელია ზოლში ბაიოსს ქვეშ ლიასიცი იყოს და სავსებით გამორიცხულად არც ტრიასის არსებობა ჩაითვლება.

ამ თვალსაზრისით საგულისხმოა ყირიმთან შედარება. იქ ტაერიდის წყება ტრიასსა და ლიასის ნაწილსაც შეიცავს. მისი დანაოქება ლიასში არის მომხდარი (ძველი კიმერიული თუ დონეცის ფაზისი). ეს დანაოქება ძირითადი არის, რადგან შემდეგ ნალექებში მხოლოდ გაშლილ ნაოქებს ვხვდებით. რაქა-ლენჩხუმის ზოლი უფრო გვიან არის დანაოქებული, მაგრამ ისევ იურულ დროს (ბათურში). აქაც ეს დანაოქება ძირითადია. მასთან დაკავშირებულია გრანიტული მაგმის ინტრუზიებიც. ამრიგად, ეს ზოლიც და ყირიმიც შეიძლება მივაკუთვნოთ იმას, რასაც მრახეკა და ზუსმა კიმერიული მთები უწოდეს. მხოლოდ, თუ დობრუჯასაც აქ ვიგულისხმებთ, გამოვა რომ დობრუჯა ცოტა უფრო ადრე დანაოქებულა საბოლოოდ, შემდეგ ყირიმის მთები და კიდევ უფრო გვიან აფხაზეთ-რაქის ზოლი: დანაოქება ტალღებრივად ვრცელდება დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ. ამ თვალსაზრისით აღსანიშნავია, რომ აფხაზეთში პორფირიტული წყება თითქო ნაკლებ ლაბილია, ვიდრე უფრო აღმოსავლეთით, და შიგ საკმაოდ გაშლილი ნაოქები განვითარებულა მხოლოდ.

პორფირიტული წყების დიდი გავრცელება მთელ ამიერ-კავკასიაში ბუნებრივად აყენებს საკითხს კიმერიული ოროგენეზისის როლის შესახებ ამიერ-კავკასიის ბელტის კონსოლიდაციის პროცესში. ეს საკითხი მთლიანად შესასწავლი არის და შესაძლებელია მან არსებითად შესცვალოს ჩვენი წარმოდგენა ამიერ-კავკასიის გეოლოგიური ისტორიის შესახებ (კახაძე).

მაგრამ კიმერიული ოროგენეზისი მარტო რაქა-აფხაზეთის ზოლს როდი შეეხო. იგი ძლიერი არის კავკასიონის გეოსინკლინის შიგა ნაწილშიაც, სადაც კორდილიერები წარმოიშვა. ერთი ასეთი კორდილიერი მოჰყვება რაქა-ლენჩხუმის სინკლინის ჩრდილო ფრთას. თუმცა იგი დაჰფარა ჯერ ზედა იურულმა და შემდეგ ცარკულმა ზღვამ, ნაწილობრივ კი ეოცენურმაც, მაგრამ მისი არსებობა ბათური დროიდან დაწყებული უდავო არის. თუ შემდეგ კავკასიონის სამხრეთი ფერდობის ფაციესები, კერძოდ ფლიში, უწყვეტ ზოლებად არ არის გავრცელებული, ეს ამ რთული პალეოგეოგრაფიით უნდა აიხსნებოდეს და არა სხვადასხვა, ზოგჯერ არარსებული, შეცოცებებით.

ზედა იურულში ჩაისახა რაქა-ლენჩხუმის და აფხაზეთის სინკლინური დებარესები, რომელნიც ბელტის ახალ საზღვარს წარმოადგენენ<sup>1</sup>. რაქის სინკლინი შორს უნდა ვრცელდებოდეს აღმოსავლეთისკენ, თუმცა მისი უშუალო გაკვლევა ჯერჯერობით სამხრეთ ოსეთს იქეთ არ ხერხდება. ბელტზე, ბათურიდან დაწყებული, დენუდაცია და ტბიურ-ლაგუნური ნალექების დაგროვება მიმდინარეობს (ნახშირიანი წყება, ფერადი წყება).

<sup>1</sup> ეს ორი დებარესია ერთ გეოტექტონიკურ ზოლს გამოხატავს, მაგრამ უშუალოდ როდიადადის ერთი მეორეში. ამით აიხსნება დიდი განსხვავება ერთი მხრით ოდიშისა და მეორე მხრით ოკრიბისა და სამხრეთ აფხაზეთის ახალგაზრდა ტექტონიკას შორის.

ქვედა ცარცის ზღვამ თანდათანობით თითქმის მთელი ბელტი დაჰფარა. მაგრამ ნალექებს მკაფიოდ ბაქნური ხასიათი აქვს. ნეოკომურის ბოლოდან ან. ყოველ შემთხვევაში, სენომანურიდან იწყება აქარა-თრიალეთის გეოსინკლინის განვითარება და ამიერიდან საქართველოს ბელტი სამხრეთიდანაც გამოიჯნულია. ასეთი მდგომარეობა გრძელდება პალეოგენის ბოლომდე.

აღსანიშნავია, რომ ამ ხნის განმავლობაში ბელტის აღმოსავლეთ ნაწილში, ქვემო ქართლში, კრისტალური ფუძეც გაშიშვლებულია. ამას მოწმობს გრანიტული კონგლომერატი ცარცულ ნალექებში კავკასიონის გეოსინკლინის სამხრეთ კიდეზე [38], გრანიტული კონგლომერატი თრიალეთის ქედის პალეოგენში [18] და კვარცის ქვიშა გლდანის ოლიგოცენში.

საფურ-შტირიული დანაოქების შემდეგ ხდება რელიეფის სრული ინვერსია. კავკასიონი და ანტიკავკასიონი ამიერიდან მაღალ ქედებს წარმოადგენენ, ბელტი—წინადაბლობს. ზედ მოლასური ნალექები გროვდება. ბელტის აღმოსავლეთი ბოლო ინტენსიურ დაძირვას განიცდის.

ბელტის კონტურები დასავლეთისკენ საესებით გამორკვეული არ არის. შტაუბი ვალახურ-პონტურ მასივს ვალახეთში ამთავრებს ტრანსილვანიის ალპებსა და ბალკანებს შუა. ჩრდილო დასავლეთისკენ მასივი ერთხანს ყირიმ-დობრუჯის გეოსინკლინით ისაზღვრება. ეს გეოსინკლინი შემდეგ კიმერიულ მთებს უთმობს ადგილს.

ვილზერის შეხედულებით ყირიმ დობრუჯას შორის არავითარი გეოტექტონიკური კავშირი არ არსებობს და არც ყირიმ-დობრუჯის გეოსინკლინი ყოფილა როდესმე. კავკასიონ-ყირიმის გეოსინკლინი ყრუდ თავდებოდა დასავლეთისკენ ისევე, როგორც ზედა პალეოზოურში სამხრეთ უკრაინის ჩაღრმავება [49, 50].

მიუხედავად ამ ავტორის მრავალი შეცდომისა ფაქტური დასაბუთების მხრივ, მისი მთავარი დებულება საკმაოდ დამაჯერებელია ჩანს. ამას აღნიშნავს რენგარტენიცი. ამ შემთხვევაში პონტური მასა წარმოადგენს არა კუნძულს, არამედ ნახევარკუნძულს.

გაურკვეველია სამხრეთი საზღვრის ზუსტი მდებარეობაც ანატოლიის სანაპიროს გასწვრივ, აქ ერთ-ერთ დასაყრდენს ჰერაკლის კონტინენტური კარბონული წარმოადგენს.

მეოთხეულის პირველ ნახევარში მოხდა ბელტის დიდი ნაწილის ღრმა ჩაძირვა ნახლეტების გასწვრივ [6]. წარმოიშვა შავი ზღვის ორმო. საქართველოს ბელტმა თანამედროვე სახე მიიღო.

დასასრულ, საჭიროა ორიოდ სიტყვით ძირულის მასივზედაც შეეჩერდეთ. ეს მასივი საქართველოს ბელტის კრისტალური ფუძის აწეულსა და გაშიშვლებულ ნაწილს წარმოადგენს. მისი მდებარეობა კავკასიონის უმაღლესი აწევის და სტავროპოლის გუმბათის ხაზზე დიდი ხანია გეოლოგების ყურადღებას იპყრობს. არხანგელსკის და ვილზერის შეხედულებით, რომელსაც რენგარტენიცი თითქო ეთანხმება, ეს ზოლი ჰერცონულ ნაგებობას წარმოადგენს და ურალის მიმართულებას იზიარებს. ძნელი სათქმელია, თუ რა საბუთებს უნდა ეყარებოდეს ასეთი დებულება. ძირულის მასივის ძველი დანაოქება,

რამდენადაც კი იგი ცნობილი არის, SW-დან NO-სკენ არის მიმართული და არა მერიდიანულად; ძირულის მასივის შედარებითი აწევა ახალი მოვლენა არის და არა ჰერცინული დროის: მაშინ როდესაც ეს მასივი ცარცული ზღვით იყო დაფარული, ბელტის აღმოსავლეთი ნაწილი ინტენსიურ დენუდაციას განიცდიდა; ძირულის მასივსა და სტავროპოლის გუმბათს შორის რომ ჰერცინული აწევების ზოლი გადიოდა, აქ კავკასიონის გეოსინკლინის ღრმა ნაწილის ნაცვლად მარჩხობი უნდა ყოფილიყო.

მეორე მხრით დღეს გამოჩვეულად ითვლება, რომ ურალი სამხრეთით-გრანდიოზულ ვირვაციას განიცდის. ნაოქების ნაწილი უკავშირდება ტიან-შანის რკალებს, ნაწილი სულთან-უიზ-დალით ალაის სისტემას ემზის და ნაწილიც დასავლეთისკენ, ემზისა და მანგიშლაისკენ უხვევს და დონეცის აუზში გადადის. კავკასიაში ჰერცინული დანაოქების ზოლი არავითარ შემთხვევაში მერიდიანულად მიმართული არ შეიძლება იყოს. ურალის დანაოქებამ მერიდიანული სოგორები (впамя) წარმოშვა მხოლოდ რუსეთის ვაკეზე იქ, სადაც მის წინ ჰერცინულისწინა ბაქანი იყო და არა ჰერცინული ოროგენი.

ასეთი წინააღმდეგობანი მით უფრო მეტ გაკვირვებას იწვევენ, რომ უკვე კარგა ხანია ხსენებული მოვლენის საკმაოდ დამაკმაყოფილებელი ახსნა არსებობს. კობერმა აღნიშნა, რომ დიდი აწევა ძირულის მასივის მერიდიანზე ოროგენის შევიწროებასთან და ამის გამო უფრო ინტენსიურ დანაოქებასთან არის დაკავშირებული, რაც სირიაში გონდვანისის უდრეკი მასის სოლივით წინ წამოწევით არის გამოწვეული. ასეთსავე მოვლენას ვხედავთ ევროპის ალპებში და ჰინდუკუშშიც. შტაუბი ამას ნაოქთა შეჯარვას (Scharung) უწოდებს.

ასეთი არის საქართველოს ბელტის პრობლემის მდგომარეობა დღეს. ბევრი რამ უკვე გარკვეული არის, ბევრი კი მხოლოდ საკითხის სახით გვეხატება და მომავალი კვლევის მიმართულებას განსაზღვრავს. ამაში არის სწორედ მსგავსი კონცეფციების ღირებულება.

საქართველოს ბელტის საკითხის უშუალო პრაქტიკული მნიშვნელობაც არა ნაკლებ დიდია. იურული ნახშირის, შავიქვის და ბელტის კალთებზე წარმოშობილი ნავთის პრობლემა მხოლოდ იდეების ამ წრეში შეიძლება გაშუქებულ იქნას და მართებული პრაქტიკული გადაწყვეტა ჰპოვოს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 მინერალოგიის და გეოლოგიის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(შემოვიდა რედაქციაში 23.11.1941)

Академик А. И. ДЖАНЕЛИДЗЕ

## ПРОБЛЕМА ГРУЗИНСКОЙ ГЛЫБЫ

### II

#### Резюме

Как Грузинская глыба, так и ограничивающие ее складчатые зоны являются образованием сравнительно молодым.

Консолидация полосы Черное море — Кавказ произошла в конце палеозоя. На складчатом герцинском фундаменте в лейасское время развился геосинклинальный трог Большого Кавказа.

В процессе батского орогенеза произошло расширение глыбы за счет геосинклинали. С этого времени границей их можно считать линию, проходящую через Северо-абхазскую и Рачинско-лечхумскую синклинали.

В начале сеномана (а, может быть, и в альбе) образовалась Аджаро-триалетская геосинклиналь и, таким образом, определилось и южное ограничение Грузинской глыбы.

После олигоцена происходит инверсия рельефа, связанная с интенсивным горообразованием, и в течение неогена на значительной части глыбы накапливаются моласовые отложения.

Уже в четвертичное время, в результате погружения дна Черного моря, Грузинская глыба получила свое современное ограничение и на западе.

Академия Наук Грузинской ССР  
 Институт минералогии и геологии  
 Тбилиси

#### საზოგადოებრივი ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Abich H. Apersçu de mes voyages en Transcaucasie en 1864.
2. Agrand. E. Eclog. geol. Helvetiae, v. XIV, n° 1, 1916.
3. Id. La tectonique de l'Asie. 1927.
4. Arkhanguelski A. и др. Крат. очерк геол. стр. и геол. ист. СССР. 1937.
5. Id. Геол. стр. и геол. ист. СССР. 1941.
6. Arkhanguelski A. et P. Strakhof. Бюлл. МОИП. Отд. геол., т, X, 1922.
7. Bèloousof. V. Tr. XVII сессии междун. геол. конгр., 1937.
8. Buhnow S. Grundprobleme der Geologie. 1931. Русский пер., М. 1932.
9. Djanélidzé A. ნატატარის წყარ. რაიონის გეოლ. და ჰიდროგეოლოგია ხელნაწ.
10. Id. Геол. наблюдения в Окрибе. 1940.
11. Id. სსრკ მეცნ. აკ. საქ. ფ. შთამბე, ტ. I, n° 10, 1940.
12. Id. ი., ტ. II, n° 1—2, 1941.
13. Id. საქ. მეცნ. აკ. შთამბე, ტ. II, n° 3, 1941.
14. Id. ქართული გეოლოგიის XX წელიწადი. სტალინის სახ. თბ. უნ-ტის შრომები, XIX, 1941.

15. Fournier E. Descr. géol. du Caucase central. 1896.
16. Gamkrélidzé P. Бюл. геол. инст. Гр., т. I, в. 2, 1932.
17. Id. Ib., ტ. II, 533. 3, 1936.
18. Gamkrélidzé P. et Edilachvili V. Геол. опис. листа К-38—XXI. 1940. Рук. в Геол. Упр. Гр.
19. Guérassimof A. Изв. Геол. Ком. т. 48, n° 7, 1929.
20. Haug E. Traité de géologie, 1907—11.
21. Kakhadzé J. et Kandélaki N. Геол. стр. части Ю.-Осетии и Верхн. Имеретии. 1940. Рук. в Геол. Упр. Гр.
22. Katcharava J. Геол. эск. в окрестн. Тбилиси. XVII междун. геол. конгр. Эск. по Кавказу. Ростов—Тбилиси. 1937.
23. Kober L. Der Bau der Erde. 1921.
24. Id. Gestaltungsgeschichte des Erde. 1925.
25. Id. Die Orogenstheorie. 1933.
26. Kourotchkine V. Геол. опис. басс. ср. теч. р. Бзибн и ее прав. прит. Гегн. 1938. Рук. в Геол. Упр. Гр.
27. Kousnetzof I. Изв. АН СССР, серия геол., 1939.
28. Kousnetzof S. Mat. по геол. и петр. ССР Грузии. I. 1935.
29. Id. Ib., II, 1935.
30. Masarovitch A. Основы геологии СССР. 1938.
31. Meffert B. Тр. Г. Г.-Р. V., вып. 64, 1931.
32. Id. Тр. В. Г.-Р. О., в. 180, 1932.
33. Id. Ib., в. 103, 1933.
34. Id. Изв. геол. ком., т. 48, n° 4, 1929.
35. Nalivkine D., Пробл. Сов. геол., т. I n° 1, 1933.
36. Oswald F. Armenien. Handb. reg. Geol. Bd. V, 3.
37. Renngarten V. Les nouv. données sur la tecton. du Caucase. 1929.
38. Id. Тр. III-go всесоюзн. съезда геол. 1930.
39. Id. Тр. XVII сессии интерн. геол. конгр. Москва 1937.
40. Sorokine A. et Simonovitch S. Mat. геол. Кавказа, сер. I, кн. 12 и 13, 1885—6.
41. Staub R. Das Bewegungsmechanismus der Erde. 1928.
42. Stille H. Nachr. Ges. Wiss. zu Göttingen. 1828.
43. Suess E. Das Antlitz der Erde. III.
44. Tchkhotoua G. Очерк геол. стр. басс. р. Джампаз и правоб. пр. Чхалты и Кодора. 1940. Рук. в Геол. Упр. Гр.
45. Tétiaef M. Пробл. Сов. геол., 1935, n° 10.
46. Id. Геологическая СССР. 1938.
47. Varentzof M. Геол. стр. и нефтеносность Куринской дол. между Тбилиси и Сурамом. Рук. в Геол. Упр. Гр.
48. Vardaniantz A. Тр. Сейсмич. инст. АН СССР, n° 64. 1935.
49. Wilser J. Geol. Rundsch., Bd XIX. Hft 3, 1928.
50. Id. Zeitschr. d. D. G. G., Bd. 80, 1928.





ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

А. А. АВАКОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА РЕЗЦОВ  
 ПРИ МАЛЫХ СКОРОСТЯХ РЕЗАНИЯ

Сообщение первое

Вопрос об изнашиваемости резцов при малых скоростях и тонких стружках являлся объектом многих исследований. Отметим Герберта [1], Дени [2], Полякова [3], Смита и Лейга [4], Смита и Нилда [5], Штраусса [6], Вотинова [7] и автора настоящей статьи [8]. В настоящем исследовании выявляется зависимость величины «условной» стойкости резца (соответствующей условно выбранной степени затупления) от скорости резания, причем условное затупление тут рассматривается в двух местах: 1) по режущей кромке резца и 2) по носику. Ширину затупления по режущей кромке обозначим через  $a$ , затупление же по носику—через  $b$ . Величина  $a$  определялась с помощью микроскопа (Риппер), величина же  $b$ —одновременно с помощью микрометра (Вотинов) и индикатора (Поляков).

На рис. 1 представлена схема установки индикатора.

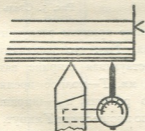


Рис. 1. Схема работы резца с индикатором.

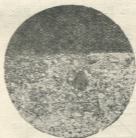


Рис. 2. Быстрорежущая сталь.

Следует однако заметить, что микрометрический метод замера диаметра болванок давал более надежные данные по сравнению с индикатором. Имевшийся в нашем распоряжении набор микрометров позволял производить измерения диаметров болванок от 50 до 150 мм. Резание производилось резцами из быстрорежущей стали следующего химического состава: W—16,85%, Cr—4,18%, V—0,22%, C—0,77%. Термообработка—закалка—при  $\theta=1300^{\circ}\text{C}$ . Геометрия резца: передний угол— $10^{\circ}$ , задний угол  $10^{\circ}$ , угол заострения— $70^{\circ}$ , угол между лезвиями— $90^{\circ}$ , размеры резца— $16 \times 25 \times 250$  мм. Твердость по Роквеллу—60. Микроструктура—рис. 2.

Обработке были подвергнуты стали Е, С, G, химико-механическая характеристика коих приведена в таблице 1, микроструктуры—на рисунках 3, 4, 5.

Таблица 1

Наименование стали	Химический состав						Механические свойства			
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Временное сопротивл. в кг/мм <sup>2</sup>	Относит. удлинение	Относит. поперечн. сжатие	Тверд. по Бринеллю
Е	0,35	0,50	0,22	0,018	0,025	—	46,3	22,5	44	143
С	0,68	0,57	0,42	0,02	0,022	1,09	81,3	10,7	58	269
G	0,34	0,80	0,20	0,039	0,019	—	—	—	—	—



Рис. 3. Сталь Е.



Рис. 4. Сталь С.

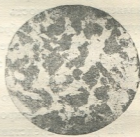


Рис. 5. Сталь G.

Сталь Е;  $S=0,17$  мм/об.,  $t=1$  мм  
Резец—быстрорежущая сталь.

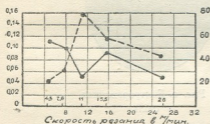


Рис. 6. Пунктирная линия—условная стойкость, соответствующая ширине затупления 0,1 мм (в минутах). Сплошная линия—ширина затупления режущей кромки шпателя, 30 минут от начала резания (в миллиметрах).

Ниже приняты следующие обозначения:  $T_{усл.}$ —условная стойкость, соответствующая ширине затупления  $a=0,25$  мм,  $T$ —полное время непрерывного резания,  $a_T$ —ширина затупления по прошествии  $T$  минут,  $V$ —скорость резания в м/мин.

Ряд опытов был проведен с целью выявления закономерности изменения износа со временем. В этих опытах резец снимался через каждые 30 минут, производился замер величины  $a$ , после чего резец вновь пускался в работу; в остальных же опытах резание было непрерывным. Приводимые ниже

рисунки 6, 7, 8, 9, 10 выражают графически зависимость величин износов  $a$  и  $b$  от времени, скорости резания, а также зависимость условной стойкости от времени.



Цифровые данные, соответствующие этим рисункам, приведены в таблицах 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

$l = 1$  мм,  $S = 0,32$  мм/об.,  
 $V = 5,4$  м/мин. Сталь Е.

Таблица 2.

Время непрерывного резания в мин.	$a_T$	Полное время непрерывного резания в мин.
30	0,10	
60	0,20	
90	0,30	
120	0,40	

$V = 7,8$  м/мин.

30	0,12	78
60	0,18	
78	0,21	

$V = 11,5$  м/мин.

30	0,009	50
50	0,010	

$V = 8$  м/мин.  $S = 0,23$  мм/об.

30	0,09	110
60	0,15	
90	0,20	
110	0,25	

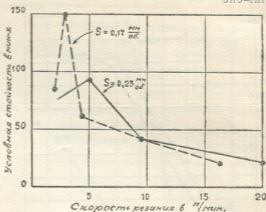


Рис. 7.

Сталь Е.  $l = 1$  мм.  
Резец — быстрорежущая сталь.

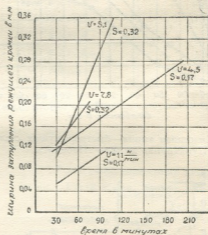


Рис. 8.

$l = 1$  мм,  $S = 0,17$  мм/об. Сталь Е.

Таблица 3.

Скорость резания в м/мин.	Условное затупление в мм								Полное время непрерывного резания в мин.
	$a_{30}$	$a_{60}$	$a_{90}$	$a_{110}$	$a_{150}$	$a_{180}$	$a_{210}$	$a_{220}$	
4,5	0,11	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,28	0,29	226
7,4	0,10	0,15	0,18	0,20	0,22	—	—	—	150
11,0	0,05	0,08	0,11	—	—	—	—	—	90
15,5	0,09	0,10	—	—	—	—	—	—	60
26	0,05	—	—	—	—	—	—	—	38 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>  $a_{23} = 0,08$ .

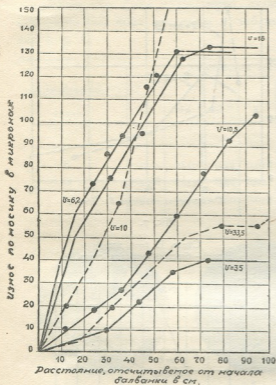


Рис. 9. Сплошная линия—быстрорежущая сталь.  
Пунктирная линия—«Победит».

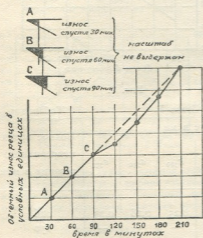


Рис. 10.

расположены в порядке нумерации таблиц, причем этим номерам соответствуют нижеследующие диаметры болванки: 125, 123, 121 и 97 мм.

$l=1$  мм,  $S=0,23$  мм/об. Сталь Б  
(непрерывное резание)

Таблица 4.

Скорость резания в м/мин.	Снят со станка спустя $T$ мин.	$\sigma_T$
5,3	165	0,30
18,5	39	0,05
24,0	84	—

$l=1$  мм,  $S=0,23$  мм/об. Сталь С.

Таблица 5.

Скорость резания в м/мин.	$T_{\text{усл.}}$ в мин.	Снят со станка спустя $T$ мин.	$\sigma_T$
2,10	75	180	0,60
4,80	93	63	0,17
9,50	43	43	0,25
20,00	22	13	0,15

$l=1$  мм,  $S=0,17$  мм/об. Сталь С.

1,85	83	250	0,75
2,85	150	150	0,25
4,10	60	95	0,40
16,3	22	29	0,33

Изменение величины  $b$  (износ по носу реза) в зависимости от времени

В таблицах 6, 7, 8, 9 остаются неизменными следующие факторы: материал—сталь Г, подача  $S=0,17$  мм/об. и глубина  $l=1$  мм. Полный проход резца (рабочая длина болванки) всюду равен  $l=102,5$  см. Номера проходов, соответствующие этим таблицам,

Резец—быстрорежущая сталь.  
 $V=6,2$  м/мин.  $T=390$  мин.  
 (проход реза за 30 минут  
 равен 7,5 см.)

Таблица 6.

Расстояние, отсчитываемое от начала болванки в см	Значение величины $b$ в соответствующем месте в мм
7,5	0,04
15,0	0,06
22,5	0,07
30,0	0,09
37,5	0,10
45,0	0,11
52,5	0,12
60,0	0,13
67,5	0,13
75,0	0,13
82,5	0,13
90,0	0,13
97,5	0,13
$b_{\text{полное}}$	0,13

Резец—быстрорежущая сталь.  
 $V=10,5$  м/мин.  $T=260$  мин.  
 (проход реза за 30 минут  
 равен 11,8 см)

Таблица 7.

Расстояние, отсчитываемое от начала болванки в см	Значение величины $b$ в соответствующем месте в мм
$1 \times 11,8$	0,01
$2 \times 11,8$	0,02
$3 \times 11,8$	0,03
$4 \times 11,8$	0,06
$5 \times 11,8$	0,06
$6 \times 11,8$	0,08
$7 \times 11,8$	0,09
$8 \times 11,8$	0,10
$8 \times 11,8 + 7,3$	0,12
$b_{\text{полное}}$	0,12

Резец—быстрорежущая сталь.  
 $V=35$  м/мин.  $T=69$  мин.  
 (проход реза за 10 мин.  
 равен 14,5 см)

Таблица 8.

Расстояние, отсчитываемое от начала болванки в см	Значение величины $b$ в соответствующем месте в мм
$2 \times 14,5$	0,01
$3 \times 14,5$	0,02
$4 \times 14,5$	0,03
$5 \times 14,5$	0,04
$6 \times 14,5$	0,04
$7 \times 14,5$	0,04
$b_{\text{полное}}$	0,04

Резец—быстрорежущая сталь.  
 $V=18$  м/мин.  $T=103$  мин.

Таблица 9.

Расстояние, отсчитываемое от начала болванки в см	Значение величины $b$ в соответствующем месте в мм
$1 \times 15,3$	0,05
$2 \times 15,3$	0,08
$3 \times 15,3$	0,10
$4 \times 15,3$	0,13
$5 \times 15,3$	0,13
$6 \times 15,3$	0,13
$6 \times 15,3 + 11$	0,13
$b_{\text{полное}}$	0,13

Износ в миллиметрах, соответствующий продолжительности непрерывного резания в 300 мин. (величина  $b$  измерялась микрометром)

Таблица 10.

$V$ м/мин.	$a_{300}$	$b_{300}$
6,6	0,14	0,20
10,5	0,10	0,15

Износ в миллиметрах, соответствующий продолжительности непрерывного резания в 400 мин. (величина  $b$  измерялась микрометром)

Таблица 11.

$V$ м/мин.	$a_{400}$	$b_{400}$
4,0	0,30	0,22
6,2	0,15	0,13

Данное исследование в основном приводит к следующим выводам:

1. Величины затуплений  $a$  и  $b$  растут прямо пропорционально времени (если промежуток времени испытания не очень велик). В случае больших промежутков времени прямая пропорциональность нарушается: изменения величин затупления начинают замедляться.

2. Объемный износ реза (объем изношенной части реза), приходящийся на долю данного промежутка времени (30 мин.), не меняется с течением времени.

3. «Условная» стойкость реза подвержена колебаниям, соответствующая кривая имеет «пики» Герберта.

4. После 400 минут непрерывного резания величины  $a$  и  $b$  (при указанном в таблице 11 режиме) достигают значений:  $a=0,15$  мм,  $b=0,13$  мм.

Вывод 3. находится в согласии с данными цитированных выше исследователей. Следует отметить, что этот вывод оказывается справедливым независимо от принятого критерия условного затупления.

Тбилисский Институт

Инженеров Железнодорожного Транспорта

Кафедра физики

(Поступило в редакцию 13.11.1941)

ტაბლიცა №10

ა. ავტკოვი

საპროცესის გაცემის ექსპერიმენტალური გამოკვლევა მცირე ზრის სიჩქარეებით ლითონების ზრის დროს. I

რეზუმე

შრომაში მოყვანილია ექსპერიმენტალური მონაცემები იმის გამოსარკვევად, თუ რა დამოკიდებულებაში იმყოფება საპროცესის გაცემა ზრის დროსაგან და სიჩქარისაგან. გამოკვლევა ეხება ზრის მცირე სიჩქარეებს და ბურბუშელის მცირე კვეთებს.

რკინის ზრის ტრანსპორტის ინჟინერთა ინსტიტუტი

ფიზიკის კათედრა

თბილისი

EXPERIMENTAL STUDY OF THE WEAR OF CUTTING-TOOLS AT  
SMALL SPEEDS. I

By A. AVAKOFF

Summary

The experimental data for the amount of wear of cutting-tools as a function of time and speed are stated in this article.

This study refers to small cutting speeds.

Institute of Railroad-Engineering  
Tbilissi

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—საინჟინერო ფიზიკის ინსტიტუტი—REFERENCES

1. Herbert. Work-Hardening Properties of Metals. Mechanical Engineering, 1927.
  2. Denis. Aciers à outils. Revue de Metallurgie. Paris, 1914.
  3. Поляков. Опыт с отделочными токарными резцами. Вестник Инж., 1916.
  4. Smith and Leigh. Experiments with Lathe Tools on Fine Cuts, and Some Physical Properties of the Tool Steels and Metal Operated Upon. Engineering, March, 1925.
  5. Smith and Nield. Report on the Heat Conductivity and Hardness of Carbon and High-Speed Steel, Also the Durability of These Steels when cutting Bras. The Inst. of Mech. Eng. Proc., 1932, December.
  6. R a r a t z. Stahl und Eisen. 1927.
  7. Кривоухов. Обработка металлов резанием, 1938.
  8. А. А. Аваков. Зависимость стойкость—скорость для областей тонких и толстых стружек, 1937.
-



Л. Л. ДЕКАПРЕЛЕВИЧ

## РОЛЬ ГРУЗИИ В ПРОИСХОЖДЕНИИ ПШЕНИЦ

Сообщение второе<sup>1</sup>

В настоящей работе рассматривается значение Грузии в происхождении пяти 28-хромозомных пшениц: *Tr. dicoccum*, *Tr. persicum*, *Tr. durum*, *Tr. polanicum* и *Tr. turgidum*.

«Асли», двузернянка—*Tr. dicoccum* Schuebl.

Почти все авторы считают, что «асли» является одним из самых древних видов пшеницы (неолит).

Как было раньше отмечено, в Западной Грузии она до сих пор не была обнаружена. Между тем в Восточной Грузии этот вид сохранился в довольно значительных размерах. Возделывается он по Главному Кавказскому хребту в полосе от 1000—1500 м над уровнем моря. Здесь он распространен в Хевсуретии (Пирикитской и Пиракетской), Пшавии (Арагинской и Иорской), Эрцо-Тианети, на Гомборском хребте (где культивируется только выходцами из Хевсуретии), а также в Юго-Осетии. Больше всего «асли» сеется в Пшавии и Эрцо-Тианети, где ею занято около 25—35% всех яровых посевов пшеницы. В Хевсуретии на ее долю приходится около 10—15%. В Юго-Осетии «асли» в настоящее время сеется очень мало. В Южном Нагорье «асли» поднимается до 1700 м над уровнем моря. Здесь она встречается в Джавахетии, Месхетии и особенно много ее в Башкичете и Цалке.

Наиболее интересными являются посевы «асли» на Главном Кавказском хребте и его отрогах, заселенных древнейшими грузинскими племенами. Здесь, как будто, наблюдается и большее разнообразие «асли». Посевы же «асли» в южных районах более однообразны.

По числу разновидностей и форм «асли» Грузия, во всяком случае, не уступает соседним странам, а может быть даже немного превосходит их.

<sup>1</sup> Сообщение первое см. в «Сообщениях АН Грузинской ССР», т. II, № 10, 1941.





## Число разновидностей «асли»:

Грузия	Армения	Анатолия	Чечня и Ингушетия	Дагестан
6	4	2	2	2

Из встречающихся в Грузии форм, особый интерес представляет разновидность с темноокрашенными колосьями (*v. Flaksbergeri* Dekarg.). Эта разновидность встречается в Грузии почти повсюду, но больше всего ее в Хевсуретии. Здесь же обычно окраска ее бывает выражена интенсивнее и часто переходит в темно-коричневую и даже почти черную. В Хевсуретии, кроме того, встречается в качестве примеси форма с красными колосьями и темно-окрашенной каймой по краям колосковых чешуй (*v. chevsuricum* Dekarg.). Своеобразная форма «асли» найдена была также в верховьях реки Ксани (Юго-Осетия). Она отличается изогнутым (крючковидным) килевым зубцом и некоторыми другими признаками.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что «асли» сохранилась в Грузии в довольно больших размерах и притом в немалом разнообразии в Хевсуретии и Пшавии, куда, повидимому, была занесена в очень раннюю эпоху грузинскими племенами. «Грузинские племена рано появляются на Кавказском хребте» (Н. Я. Марр). Повидимому, переселение хевсур и пшавов происходило еще в то время, когда «асли» была единственным, или во всяком случае одним из главных возделываемых хлебных растений.

Что такой период, когда ячмень и «асли» были важнейшими культурными растениями, действительно существовал, показывает пример Вавилонского государства. Имеются указания, что в Вавилоне за 3000 лет до нашей эры наиболее важными хлебными злаками были ячмень и двузернянка [12]. При этом, как указывает Нгозпу, двузернянка сначала была преобладающей культурой, но затем была оттеснена ячменем, который только во времена персидского владычества уступил свое место голозерным пшеницам.

Ячмень и «асли» и в настоящее время в Хевсуретии имеют большой удельный вес. Осимую рожь и мягкую пшеницу, которые сейчас там возделывают, следует рассматривать как культуры, занесенные в Хевсуретию в более поздний период.

Термин «асли» встречается впервые, как указывает акад. И. А. Джавахишвили, в документах грузинской письменности уже с V века нашей эры, но вполне возможно, что этот термин существовал значительно раньше, так как период расцвета культуры «асли» следует отнести к значительно более ранней эпохе.

По новейшим представлениям, местом происхождения *Tr. dicocum* является Передняя Азия. Можно на основании ботанического состава с большой долей вероятности утверждать, что *Tr. dicocum* была принесена в Грузию с юга древнейшими грузинскими племенами. Возможно, что «ас-

ли» зародилась в месте первоначального обитания этих племен или в соседних странах. Возможно также, что эти племена принимали участие в окультивировании этого вида пшеницы.

«Дика»—*T. persicum* Vav.

«Дика» культивируется, главным образом, в Грузии, где занимает в настоящее время по размерам культуры второе место среди всех видов пшениц. Здесь же находится и наибольшее разнообразие этой пшеницы.

В географии форм этого вида наблюдается весьма интересная закономерность. Черноколосые опушенные расы «дики» сосредоточены почти исключительно на южном склоне Главного Кавказского хребта. Здесь же наблюдается и расовое разнообразие белоколосой и красноколосой разновидностей «дики».

Черноостые разновидности известны также пока только из пределов Грузии. Формы с черной окраской колосьев до сих пор неизвестны для районов Малого Кавказа (Джавахетия, Месхетия, а также Армения) и Анатолии, несмотря на довольно значительные размеры культуры «дики» в этих областях и странах [1, 2, 9, 11].

Черноколосая опушенная разновидность—«шави дика» (*v. fuliginosum* Zhuk.), вопреки имеющимся в литературе указаниям, не менее полиморфна, чем красноколосая «дика» (*v. rubiginosum*). Расы «шави дика» отличаются по строению колосковой чешуи, по длине и толщине остей, форме колоса и другим признакам. Встречаются также формы с очень плотными булавовидными колосьями (*f. capitatum* Deкарг.).

Как было отмечено выше, черноколосые формы «дики» встречаются по южному склону Главного Кавказского хребта от Сванетии вплоть до Дагестана, местами переваливая через хребет (Горная Чечня, Кабардино-Балкария, Северная Осетия). Особая концентрация разнообразия «шави дика» имеет место в Пшавии (Иорской и Арагвинской) и Эрцо-Тнанети. Здесь отмечены и чистые посевы этой формы, иногда достигающие 100% чистоты (колхоз с Земо-Артани и др.). Черноколосая «дика» с белым зерном, описанная для Северной Осетии, до сих пор в Грузии не найдена, но происхождение ее здесь весьма вероятно.

«Чители дика» (красноколосая—*v. rubiginosum*) пользуется наибольшим распространением. Отличается она весьма большим разнообразием. Отдельные расы ее варьируют по окраске колосьев. Наиболее темно-окрашенные формы встречаются в Джавахетии и Месхетии. Разнообразие наблюдается по размерам и форме колоса, форме колосковых чешуй, длине и грубости остей. Особо выделяются формы с булавовидными колосьями и с серодемчатой окраской колосковых чешуй. Для Джавахетии характерна раса с густо опушенным колосковым стержнем, интенсивного темно-коричневого цвета (*f. dzhawacheticum*).



«Тетри дика» (голая белоколосая—*v. stramineum*) распространена меньше других разновидностей и менее их разнообразна. Тяготеет она, главным образом, к зоне Главного Кавказского хребта. Встречается же почти исключительно в виде примеси.

Грузинский эндемичный вид пшеницы *Tr. Timofeevi* обнаруживает, по цитологическим данным, наибольшую близость именно к «дикой»—*Tr. persicum*, образуя в скрещивании с ней наибольшее число бивалентов, как это видно из следующей таблицы, составленной Костовым [6]:

Гибриды	Число бивалентов
<i>Tr. monococtum</i> × <i>Timofeevi</i>	4—7
<i>Tr. Timofeevi</i> × <i>monococtum</i>	4—7
<i>Tr. persicum</i> × <i>Timofeevi</i>	10—14
<i>Tr. Timofeevi</i> × <i>persicum</i>	9—14
<i>Tr. Timofeevi</i> × <i>durum</i>	9—10 <sup>1</sup>
<i>Tr. vulgare</i> × <i>Timofeevi</i>	9—12
<i>Tr. compactum</i> × <i>Timofeevi</i>	9—12

У гибридов *Tr. Timofeevi* × *Tr. persicum*, повидимому, образуется значительно больше бивалентов, чем у *Timofeevi* × *durum*. Наиболее часто можно наблюдать 11, 12 и 13 бивалентов, в исключительных случаях—даже 14 бивалентов; но время от времени возникали также 9 и 10 бивалентов»—указывает Костов в работе [7]<sup>1</sup>.

Нам кажется, что не случайно два вида из группы тетраплоидных пшениц, происхождение которых связано с территорией Грузии, показывают при гибридизации наибольшее сродство друг к другу. Это лишний раз подтверждает правильность предположения об общности их происхождения.

Что же касается происхождения *Tr. persicum*, то он, по Костову, как и все тетраплоидные виды пшениц, является аллоплоидным видом, т. е. видом, возникшим в результате гибридизации. Но если таковая и имела место, то в очень отдаленное время; Вакар, изучавший чистые формы *Tr. persicum*, пришел к заключению, что «он в настоящем своем виде является в хромосомальном отношении совершенно сбалансированным» [3].

Наибольшую близость среди ряда твердых (тетраплоидных) пшениц *Tr. persicum* обнаруживает, по нашему мнению, к *Tr. dicocum*, который очень часто рассматривается как родоначальная форма всей тетраплоидной группы пшениц.

Между этими видами имеется много общего. По вегетативным признакам они похожи друг на друга; в особенности большое сходство между

<sup>1</sup> Д. Костов, кроме того, исследовал гибриды *Tr. persicum* var. *stramineum* с *Tr. abyssinicum* и с *Tr. durum*. В первом случае мейозис был ненормальным, так как наблюдались поливаленты и униваленты, во втором случае никаких ненормальностей замечено не было (cult. sci VII).

ними наблюдается до фазы колошения. По некоторым элементам колоса и в том числе и узости колосового стержня также имеется сходство. Являясь яровыми горными пшеницами, «асли» и «дика» экологически очень близки друг к другу. Не даром один из крупнейших монографов рода *Triticum*—Percival присоединил *Tr. persicum* в качестве неломкоколосой секции *Tenaces* к виду *Tr. dicoccum*.

Скрещиваются «асли» и «дика» легко. Вакар, изучавший мейозис у гибридов этих видов, пришел к выводу, что «никаких особых неправильностей в ходе деления большею частью не наблюдалось. Лишь в единичных случаях форма некоторых бивалентов не типичная», и «иногда в анафазе наблюдалось беспорядочное расхождение хромосом к полюсам» [3]. В позднейшей своей работе Вакар добавляет: «большинство фигур мейозиса дают представление о правильном его течении. Необходимо отметить все же, что отставание хромосом в течение анафазы явление не редкое». Тем не менее гибриды образуют «прекрасную полную пыльцу» [4].

Не случайным также является параллелизм в географии посевов обоих видов. В тех районах Грузии, где высевается в значительных размерах «асли», также широко возделывается и «дика». Только Хевсуретия представляет исключение из этого правила. Здесь встречается «асли», но почти совершенно не сеется «дика».

На основании всех этих данных, мы позволяем себе высказать предположение о филогенетической близости «асли» и дики.

В итоге мы приходим к следующим выводам. Разновидностный, расовый и экологический полиморфизм, давность и размеры культуры, а также география форм «дики» и, кроме того, некоторая близость этого вида к эндемичному грузинскому виду *Tr. Timofeevi*, позволяют приурочить происхождение «дики» к территории Грузии. Параллелизм между загущением посевов «дики» (*Tr. persicum*) и «асли» (*Tr. dicoccum*), некоторая близость между этими видами, а также большой полиморфизм в Пшавии, Эрцо-Тианети и Душетском районе позволяют высказать предположение о возникновении этого вида в пределах Восточной Грузии (на южных склонах Главного Кавказского хребта).

В отличие от других грузинских эндемичных видов пшениц *Tr. persicum* вышел из пределов места возникновения и распространился довольно широко, достигнув на востоке Дагестана, а на юг проникнув в Армению и прилегающие к Грузии вилайеты Турции.

#### «Тавтухи»—*Tr. durum* Desf.

«Тавтухи» или твердая пшеница занимала в Грузии еще не так давно второе место среди всех видов пшениц, но за последний период посевы ее значительно сократились и только в настоящее время интерес к ним снова возрос и культура их начинает возрождаться.



Твердые пшеницы распространены в полосе до высоты 900—1000 м над уровнем моря. По ботаническому составу и по экологическим признакам все твердые пшеницы Грузии можно разбить на три группы: карталинскую, борчалинскую (Борчалинский, Люксембургский и Тетрицхаройский районы) и кахетинскую. Твердые пшеницы в Карталинии не так давно сеялись в довольно значительных размерах, но преобладающими здесь были все же мягкие пшеницы. Карталинская группа твердых пшениц характеризуется преимущественным распространением черноколосых разновидностей (*coerulescens* и *libycum*), составляющих сорт «шавпха» или «шави тавтухи». Это наиболее самобытные и своеобразные формы среди твердых пшениц Грузии, выделяющиеся и расовым полиморфизмом. Преобладают рыхлоколосые формы, но встречаются также и густоколосые и даже с колосьями булавовидной формы.

Экологически они отличны от других твердых пшениц. Они наименее теплолюбивы и наиболее пластичны и выше других твердых пшениц поднимаются в горы как в яровых, так и в озимых посевах. Ввиду этого, карталинские черноколосые пшеницы мы рассматриваем как аутохтонные и выделяем их в особый *proles carthlicum*.

Интересно отметить, что черноколосые твердые пшеницы нигде в других странах не являются преобладающими [2].

Борчалинские твердые пшеницы еще не так давно составляли крупный массив сплошных посевов «тавтухи». Мягкие пшеницы в этих районах почти полностью отсутствовали. Борчалинские твердые пшеницы представлены были в основном двумя популяциями. Ядро первой популяции составляли красноколосые опушенные разновидности с черными остями (*apulicum* и *niloticum*). Вторая популяция состояла, главным образом, из белоколосых с гладкими (неопушенными колосковыми чешуями) — *leucurum affine* [8]. В качестве примеси к ним отмечено 12—13 разновидностей. Борчалинские пшеницы и по экологическим признакам и по габитусу близки к азербайджанскому типу твердых пшениц и выделяются нами в *proles borčalinicum*.

В Кахетии твердые пшеницы не составляют и не составляли сплошных посевов, а они были закреплены среди мягких пшениц. Отличительной чертой кахетинских твердых пшениц является пестрота их состава. Здесь встречаются как карталинский тип твердых пшениц (особенно в западной части Кахетии), так и формы Борчалинского массива (последние преимущественно в восточной части). Кроме того, встречались местами популяции с преобладанием разновидностей *hordeiforme* или *melanopus*.

Грузия непосредственно соприкасается с двумя странами — Азербайджаном и Анатолией, в которых твердые пшеницы культивируются искони и являются господствующими. Для образования таких аутохтонных форм,

какими являются карталинские черноколосые пшеницы, должен был потребоваться очень большой промежуток времени.

Эти обстоятельства являются хорошим доказательством большой давности культуры твердых пшениц в Грузии. Поэтому, хотя в грузинских исторических документах отсутствуют указания на культуру твердых пшениц в Грузии ранее XVII века, тем не менее мы полагаем, что твердые пшеницы в Грузию проникли значительно раньше XVII века.

Придерживаясь систематики К. А. Фляксбергера, мы не рассматривали в качестве самостоятельных видов *Tr. pyramidale* и *Tr. orientale*. Следует все же отметить, что представители и этих форм отмечены были для Грузии. Зарегистрированы они были здесь как примеси в посевах твердых пшениц: *Tr. orientale*—в Карталинии и Борчалю, *Tr. pyramidale*—только в Борчалю.

#### Пшеница полоникум—*Tr. polonicum* L.

Эта пшеница еще недавно встречалась кое-где в виде единичных посевов или в виде примеси в Картлии и Борчалю. Имелись образцы ее и из Западной Грузии<sup>1</sup>. Всего зарегистрировано здесь две разновидности пшеницы полоникум, которые не являются оригинальными и принадлежат к средиземноморскому подвиду.

Проникла пшеница полоникум в Грузию, повидимому, из Анатолии, где она встречается спорадически, как и во всех странах древнего возделывания твердых пшениц или в виде «почти чистых посевов», или как примесь к твердым пшеницам.

Наличие ее в Грузии является косвенным доказательством большой давности возделывания твердых пшениц в Грузии.

#### Пшеница тургидум—*Tr. turgidum* L.

Этот вид представлен в Грузии довольно большим числом разновидностей (19), но встречается или только как примесь (Восточная Грузия), или же в виде небольших единичных посевов (Западная Грузия). Вид этот можно считать для Грузии пришлым.

В Восточную Грузию формы этого вида занесены были, по всей вероятности, из Азербайджана вместе с твердой пшеницей. Они являются по сравнению с западногрузинскими формами более оригинальными и на них можно видеть местный отпечаток. Принадлежат они в большинстве случаев к экотипу *transcaucasicum*.

Во время более широкого распространения твердых поливных пшениц—в Борчалю, Карая и других районах—формы этого экотипа были их постоянными спутниками. Кроме того, они встречались и среди неполив-

<sup>1</sup> На культуру этого вида в Имеретии в восьмидесятых годах прошлого столетия имеется указание в [13].



ных мягких пшениц, доходя в западном направлении до реки Ксани. Сопровождение формами тургидум других видов пшениц, как и наличие пшеницы полоникум, до некоторой степени свидетельствует о древней культуре твердых пшениц в Грузии.

В Аджарию, Абхазию и в Лечхуми (в последний район через Абхазию) тургидум проник из Турции, где он пользуется некоторым распространением. Западногрузинские формы очень близки и морфологически и экологически к анатолийским разновидностям. Заносились в Западную Грузию формы тургидум, повидимому, не раз. Однако, широкого распространения они здесь не получили.

Грузинский Гос. Сельскохозяйств. Институт

~~სს.ს.ს. უნივერსიტეტი~~

Тбилиси

(Поступило в редакцию 12.1.1942)

გომბანიკა

ლ. დეკაპრელევიჩი

საქართველოს როლი ხორბლების წარმოშობაში

II

რეზიუმე

ავტორი იხილავს საკითხს საქართველოს როლის შესახებ ხორბლების წარმოშობაში შემდეგ სახეობათა მიმართ: *Tr. dicoccum*, *Tr. persicum*, *Tr. durum*, *Tr. polonicum* და *Tr. turgidum*.

~~სს.ს.ს. უნივერსიტეტი~~

საქართველოს სახელმწიფო სს.ს.ს. ინსტიტუტი  
თბილისი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. Г. Абесадзе. Пшеницы Ахалцихского уезда. Тбилиси, 1922.
2. Е. Барулина. Полевые культуры Джавахетии. Ленинград, 1926.
3. В. Вакар. Цитологическое исследование гибрида *Tr. persicum* с другими видами пшениц. Ленинград, 1930.
4. В. Вакар. Цитологическое изучение межвидовых гибридов рода *Triticum*. 1932.
5. Ч. Дарвин. Происхождение видов. Изд. Поповой.
6. Д. Костов. Межвидовые гибриды с *Tr. Timofeevi*. Труды Инст. Генетики. № 11, 1937.
7. Д. Костов. Происхождение и селекция пшениц с цитогенетической точки зрения. Известия Академии Наук СССР. № 1, 1940.
8. В. Менабде. Материалы по изучению географии хлебных злаков Восточной Грузии в связи с их зональностью. Тбилиси, 1928.
9. М. Туманян. Генофонд пшениц Армении. Труды Сельскохозяйственного Института Армении. Ереван, 1936.
10. К. Фляксбергер. Пшеница. Москва—Ленинград, 1935.
11. Mirza Nacizade. Die Verteilung der Weizenarten in der Türkei. Der Züchter. 1932.
12. E. Werth. Die ältesten Kulturpflanzen und Haustiere Vorderasiens Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforscher der Freunde. 1930.
13. Материалы по изучению экономического быта государственных крестьян Закавказского края, т. I. Тбилиси, 1888.

С. М. ЮЗБАШЬЯН

О ПОДВИДАХ И ВНУТРИВИДОВОЙ ДИФЕРЕНЦИАЦИИ  
У TROGLOCARIS KUTAISSIANA SADOWSKY

Сообщение второе<sup>1</sup>

Изучение подвидов *Tr. kutaissiana* Sadowsky показало, что они отличаются друг от друга в основном различиями в размерах тела, придатка эндоподита 2-го плеопода самца, рострума, в количестве жабер и мастигобранхий, экзоподитов, зубчиков на роструме и щетинок на тельсоне. При этом легко заметить, что признаки эти у абхазских форм выражены значительно слабее, чем у кутаисской креветки: по сравнению с последней абхазские подвиды представляют собою более мелкие формы, у которых экзоподит на 5-м переподе окончательно редуцирован, жаберная формула, в особенности в отношении мастигобранхий, менее полная, зубчики на роструме сильно редуцированы, приближаясь к формуле  $\frac{0}{0}$ , сам рострум у двух подвидов также очень слабо развит, щетинок на тельсоне в общем несколько меньше, а придаток эндоподита 2-го плеопода самца по своим размерам далеко уступает таковому кутаисской креветки.

Таким образом, мелкие абхазские подвиды по сравнению с крупным кутаисским подвидом являются формами более упрощенными вследствие регрессивного развития ряда признаков. Интересно отметить, что такие же отношения мы находим и у европейских пещерных креветок, среди которых наиболее полное развитие всех этих признаков свойственно крупной *Tr. schmidti schmidti* Dorm. (30 мм), тогда как остальные формы, являющиеся более мелкими, проявляют в той или иной степени регрессивные изменения, наиболее резко выраженные у *Tr. schmidti inermis* (18,5—20 мм) [2].

Эти отношения легко могут навести на мысль о наличии здесь прямой связи между размерами тела и регрессивными изменениями его частей. Однако, при ближайшем рассмотрении вопроса подобную связь удастся установить лишь в отношении очень немногих признаков. В первую очередь это относится к половым особенностям самца, выражающимся, как известно, в наличии особого придатка (appendix masculina) на эндоподите 2-го плеопода и видоизменениях последних двух члеников 1 или 2 пар послед-

<sup>1</sup> Сообщение первое см. в «Сообщениях АН Грузинской ССР, т. II, № 10, 1941.



них переподов. Сравнение придатка эндоподита у разных форм показало, что у мелких подвидов эта часть в своем окончательном виде вполне сходна с определенными стадиями развития того же органа у крупных подвидов. Так, например, узкий шиповидный придаток шакуранской креветки мало чем отличается от своего гомолога у недостигнувшего еще нормального роста самца крупной кутаисской креветки. У *Tr. schmidti inermis* [2] придаток совершенно зачаточный и вдвое меньше ретинакулума. Но в таком своем виде орган этот совершенно сходен с самой ранней стадией его закладки у очень молодого самца кутаисской креветки, причем сходство это увеличивается еще тем, что у последней в этом возрасте последние два членика на переподах часто еще не дифференцированы, что для взрослых самцов французской креветки является постоянным признаком. Эти данные дают основание думать, что недоразвитие придатка эндоподита и других половых особенностей самцов мелких подвидов находится в прямой связи с размерами их тела. По всей видимости, с этой же точки зрения надо рассматривать и регрессивные явления в области жаберного аппарата (редукцию проксимального артробранхия на 3-ей погочелюсти и уменьшение числа мастигобранхий), поскольку наиболее полная жаберная формула свойственна крупной форме пещерной креветки [6] и, наоборот, у мелких форм и, в особенности, у *Tr. schmidti inermis* жаберный аппарат сильно редуцирован.

Что касается остальных органов, то нетрудно установить, что регрессивные изменения их не стоят ни в какой связи с размерами тела. Так, например, сравнивая роstrum у различных подвидов, мы видим, что у маленькой герцеговинской креветки длиной в 19 мм имеется относительно очень большой роstrum с формулой зубчиков  $\frac{7-10}{0-1}$ , тогда как у более крупной креветки из Псырixa или из Шакуранской пещеры роstrum развит значительно слабее и совершенно лишен зубчиков. У этих же подвидов из Абхазии на тельсоне меньше щетинок, чем у герцеговинской или французской формы. У последней, между прочим, щеточка из щетинок на последнем членике не развита ни на одном из переполов, что, однако, не может быть поставлено в связь с размерами тела, поскольку щеточка эта наблюдается в хорошо развитом состоянии у молодых особей наших креветок, когда они далеко еще не достигли длины тела французской креветки. В таком же положении представляется и вопрос о редукции экзоподитов: у мелких форм они действительно на одной или двух парах переполов редуцированы, но наряду с этим они могут отсутствовать и у более крупных форм.

Очевидно, что рассмотренные регрессивные изменения не имеют отношения к размерам тела и возникли на иной основе. Детальное изучение вопроса об органах зрения и задних экзоподитах привело к выводу, что редукция их является следствием прекращения по отношению к ним действия естественного отбора вследствие потери ими своего биологического

значения в условиях пещерной среды [4, 5]. Есть все основания думать, что вывод этот в полной мере приложим и к остальным рассмотренным нами проявлениям регрессивного развития, включая сюда и уменьшение размеров тела, наблюдаемое как у наших креветок, так и у некоторых других троглобионтов. Следует отметить, что попытки свести это явление к скудности кормовой базы или к ограниченным пространственным условиям в пещерах плохо согласуются с фактами. Более вероятно, что в условиях жизни в пещерах, где, как это отметил еще Дарвин, борьба за существование значительно менее интенсивна, чем во внешнем мире, крупные размеры тела также оказались в числе признаков, не контролируемых более естественным отбором вследствие утраты ими своего полезного значения.

Как мы видели, уменьшение размеров тела в свою очередь может повлечь за собой недоразвитие других признаков. Таким образом, регрессивные признаки у пещерных креветок могут быть разделены на первичные, вступающие на путь редукции, как признаки бесполезные, и на вторичные, возникающие в связи с первичными. Что касается способов редукции, то в этой области наблюдается большое разнообразие и они не укладываются в рамки установленных Северцовым двух типов редукции — рудиментации и афанизии [4, 5].

Приведенные выше данные, вместе с наблюдениями, накопившимися в результате десятилетнего изучения содержимых в аквариуме креветок, дают возможность несколько ближе коснуться вопроса о прошлом *Tr. kutaissiana*. Бириштейн [1] находит, что в лице кутаисского и описанных им двух абхазских подвигов мы «имеем дело с отдельными, изолированными с очень древних времен (с мезозоя?) популяциями пещерных креветок». Однако, вопрос о возрасте популяции нашей креветки является значительно более сложным. Здесь прежде всего следует указать на то, что с представлением об очень глубокой древности *Tr. kutaissiana* плохо вяжется ряд фактов, установленных в результате наблюдений над живыми креветками. Факты эти следующие.

Как известно, размножение у многих водных троглобионтов не ограничено определенным сроком и происходит в течение круглого года. Относительно кутаисской креветки есть данные, указывающие на то, что ичкиники у них не всегда бывают в деятельном состоянии. Так, например, в одной партии креветок, доставленной из Кутаиси в начале апреля, среди 40 взрослых самок не оказалось ни одной с более или менее развитыми ичкиниками, причем это состояние затихья деятельности ичкиников наблюдалось у них еще в течение целого месяца после помещения их в аквариумы. Наблюдения эти дают основание думать, что у кутаисской креветки периоды деятельного состояния ичкиников чередуются с периодами их полного покоя. Подобную периодичность в производстве половых продуктов у водных троглобионтов некоторые авторы склонны рассматривать как исключе-

ние, полагая, что в этих случаях мы имеем дело с животными, которые находятся еще в сфере влияния внешнего мира. Однако, явление это может быть поставлено также в связь с возрастом данного животного, как молодого троглобионта, сохранившего еще свойственную его пещерному предку периодичность в производстве половых продуктов. В отношении кутаисской креветки эта точка зрения хорошо согласуется с рядом других данных.

Многочисленные наблюдения над пещерными ракообразными показали, что продукция яиц у них происходит в значительно меньшем количестве, чем у их сородичей, обитающих вне пещер. Если судить по туго набитым яйцами яичникам свежепойманных самок нашей креветки, то представляется вероятным, что продуктивность их в пещере не слабее, чем в аквариумах, где количество яиц колеблется в пределах от 20 до 35. Такое количество яиц нельзя не признать довольно большим для подземного ракообразного.

Одной из характернейших особенностей типичных троглобионтов считается резко выраженная стенотермия, хотя некоторые из них и могут переносить в течение довольно продолжительного времени более высокие температуры (*Niphargus*, *Proteus*, *Amblyopsis*), проявляя эвритермию. Однако, как установлено, в этих случаях они теряют способность к размножению. Долголетние наблюдения над содержимыми в аквариумах креветками показали, что они не только прекрасно переносят совершенно иные, чем в пещере, температурные условия с колебаниями в пределах 7—35°C, но и сохраняют при этом в полной мере способность к размножению.

Столь же широкую приспособляемость проявляет наша креветка и к остальным абиотическим и биотическим условиям обитания вне пещеры, не отличаясь, вообще, в этом отношении от любого непещерного водного животного, пересаженного из своего естественного местообитания в обычные лабораторные аквариумы. Очевидно, что в лице этой креветки мы имеем дело с троглобионтом, который в отношении своих биологических свойств и реакций не очень далеко ушел от своего предка, обитавшего в водоемах на поверхности земли. С этим выводом согласуются и данные морфологического анализа кутаисского подвида, показавшие, что форма эта обладает рядом примитивных признаков, сближающих ее больше, чем представителей других подвидов, с примитивной *Paratya*—наиболее примитивным представителем серии «*paratyenne*», куда относится и *Troglocaris* [6]. Положение это остается в силе и после открытия в Абхазии новых подвидов, которые, как мы видели, представлены формами, подвергшимися регрессивным изменениям в большей степени, чем кутаисская популяция.

Не подлежит сомнению, что основной причиной этих различий между популяциями в отношении их продвижения по пути регресса является длительная изоляция, при которой к тому же, как показывают новейшие исследования, «происходит неравномерное накопление наследственного материала в отдельных разобщенных популяциях, происшедших от одной ис-



ходной популяции» [1]. Однако, наряду с этим различия эти в известной мере могут быть поставлены в связь также с различиями в возрасте популяций, т. е. с продолжительностью срока их изолированного существования в пещерах. У нас нет никаких оснований думать, что переход исходной популяции из внешних водоемов во внутренние состоялся одновременно во всех местах обитания современных ее потомков в лице известных нам кутаисских и абхазских популяций. В силу самых разнообразных причин переход этот мог совершиться разновременно в течение очень продолжительного времени, начиная от эоцена, к которому приурочивается начало образования карста в Западной Грузии, вплоть до времени исчезновения исходной формы в водоемах на поверхности земли, что, по всей вероятности, произошло в связи с наступлением ледникового периода. Очевидно, что популяции, попавшие в пещеры в более ранние эпохи, могли подвинуться в своей регрессивной эволюции значительно дальше, чем популяции, перешедшие к подземной жизни в более близкие к нам времена. Надо полагать, что дальнейшее развитие у нас спелеологических исследований даст нам возможность глубже осветить как это, так и ряд других, затронутых в настоящей статье положений на основе более обширного материала по морфологии и биологии пещерных креветок и более точных данных о геологическом возрасте карстовых пещер Западной Грузии. В этой же связи следовало бы шире поставить наблюдения над креветками в лабораторных условиях, поскольку, как мы полагаем, подобные наблюдения представляются не лишними значения для понимания прошлого наших троглобитов.

Академия Наук Грузинской ССР  
Зоологический Институт  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 8.1.1942)

ზოლოგია

ს. იუზაშვიანი

ჭუთაისის მღვიმის კრევეტის მკვლევარობისა და სახეობის შიგნითი დიფერენციაციის შესახებ

## II

რეზიუმე

*Tr. kutaisiana*-ს სახეობის შიგნით დიფერენციაციას საფუძვლად უდევს განსხვავება მთელ რიგ ნიშან-თვისებათა რეგრესიულ ცვლილებების ხარისხში. ამ ცვლილებათა შორის ვარჩევთ პირველადს და მეორადს. პირველადი ცვლილებები წარმოიქმნებიან იმის გამო, რომ მღვიმეში გადასვლასთან დაკავშირებით ნიშან-თვისება ჰკარგავს თავის ბიოლოგიურ მნიშვნელობას. ასეთ ცვლილებებს შეიძლება მივაკუთვნოთ: პერეპოდების უკანა წყვილებზე ეკზოპოდების და თვალების რედუქცია, როსტრუმის სიგრძისა და სხეულის ზომის შემცირება და სხვ. მეორადი რეგრესიული ცვლილებანი წარმოიქმნებიან

პირველად ცვლილებებთან დაკავშირებით და მათ ადგილი აქვს მღვიმის კრევეტის მხოლოდ წვირელ ფორმებს შორის. ისინი გამოიხატებიან დაყუჩის აპარატის არისა და მამლის სქესობრივი თავისებურებათა რეგრესიულ ცვლილებებში და შეპირობებული არიან სხეულის ზომის შემცირებით. *Tr. kutaissiana*-ს ქვესახეობათა შორის რეგრესიული ცვლილებანი ყველაზე ნაკლებად გამოხატული აქვს ქუთაისის მღვიმის ქვესახეობას; ამასთან დაკავშირებით ეს ქვესახეობა უნდა ჩაითვალოს უფრო პრიმიტიულ ფორმად, ვიდრე დანარჩენი ქვესახეობანი. ეს დასტურდება იმით, რომ ქუთაისის მღვიმის ქვესახეობა ყველაზე უფრო ახლო დგას *Paraiya*-სთან — „*partiyenne*-ს“ სერიის ყველაზე უფრო პრიმიტიულ წარმომადგენელთან; ამასვე ადასტურებს ისიც, რომ ქუთაისის ქვესახეობას შერჩენილი აქვს მთელი რიგი ბიოლოგიური თვისებები და რეაქციები, რომლებიც დამახასიათებელია მღვიმის გარეშე წყალსატევების ფორმებისათვის: გამრავლების პერიოდულობა, კვერცხების შედარებით დიდი რაოდენობა (20—35), ევრიტერმია 7—35°C ფარგლებში და, საერთოდ, ფართო შემგუებლობა მღვიმის გარეთ ცხოვრების პირობებთან. აქედან გამომდინარეობს, რომ ქუთაისის პოპულაცია ყველაზე უფრო ახლო დგას მღვიმის გარეშე საწყის ფორმასთან, რომლისაგან აფხაზეთის ქვესახეობანი დასცილდნენ ცოტად თუ ბევრად შორს თავისი ევოლუციაში რეგრესის გზით. აღნიშნული განსხვავებანი შეიძლება დაფუძვნიროთ იმ განსხვავებას, რომელიც არსებობს პაპულაციებს შორის მღვიმეში ცხოვრების ხანგრძლივობის მხრივ.

საწყისი ფორმის გადასვლა მიწის ქვეშ ცხოვრებაზე შეიძლება მომხდარიყო სხვადასხვა დროს—ოცენიდან დაწყებული იმ დრომდე, როდესაც ეს ფორმა გაქრა მიწისზედა წყალსატევებიდან, რაც, ალბად, გამოწვეული იყო გამყინვარების პერიოდის დადგომით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ბიოლოგიური ინსტიტუტი  
 თბილისი

ZOOLOGY

## ON THE SUBSPECIES AND INTRASPECIES DIFFERENTIATION IN *TROGLOCARIS KUTAISSIANA* SADOWSKY

### II

By S. JUSBASCHJAN

#### Summary

The subspecies of the cave-prawns differ one from another by the diversities in the degree of regressive modifications of some of their characters. There are two categories of modifications: primary and secondary. The primary concern characters, which become useless under the conditions of cave-surroundings. On this base proceeds the reduction of eyes and of exopodites on the pereopods, the diminution in size of body and of rostrum and the like. The secondary regressive modifications appear in connection with the primary. Being stipulated by the diminution in size of body, they are expressed in cave-



prawns merely in small subspecies: These are: the weak development of the sexual peculiarities of their males and the abbreviation of the number of the arthro- and mastigobranchia.

Amongst the subspecies of our cave-prawn *Tr. kutaissiana kutaissiana* appears to be the least regressively modified and more than any other subspecies proximate to *Paratya*—the most primitive representative of the series «*paratyenne*». On the other hand this prawn shows a number of biological properties and reactions peculiar to aquatic inhabitants outside of caves: the periodicity of reproduction, a comparatively great number of eggs (20—35), eurythermia within 7—35°C and in general a large adaptation to the life-conditions in the waters on the earth surface. All these data lead to the conclusion that the kutaissi-subspecies must be considered as the most primitive and consequently the most proximate form to the general non-cavernicolous ancestor of all our prawns. The diversities between the subspecies as concerns their advancement in the way of regressive evolution could be placed in certain rate in connection with the diversities in the duration of their isolated life in caves. The passage of the ancestral form to the subterranean life could be accomplished at various times beginning from eocene up to the time of the disappearance of this form in the waters on the earth surface, which was in all probability due to the coming of the glacial period. Obviously, the oldest cavernicolous populations could advance in their regressive evolution further than the populations which have entered the caves in a later period.

Academy of Sciences of the Georgian SSR  
 Zoological Institute  
 Tbilisi

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა—REFERENCES

1. Я. Бирштейн. О пещерных креветках Абхазии. Зоол. Журн., т. XVIII, 1939.
2. L. Fage. *Troglocaris schmidti inermis* subsp. nov. Archives de zool. exper. et génér. T. 78. fasc. 6, 1937.
3. С. Юзбашьян. О шакуранской пещерной креветке. Труды Биол. Станции НКП Груз. ССР, I, 1940.
4. С. Юзбашьян. О редукции органов зрения пещерных креветок. Сообщ. Груз. Фил. АН СССР, т. I, № 4, 1940.
5. С. Юзбашьян. О редукции некоторых органов у пещерных Atyidae. Журн. Общ. Биол., т. I, № 2, 1940.
6. С. Юзбашьян. О пещерных Atyidae. Груз. Фил. АН СССР. Труды Зоол. Сект. т. III, 1941.



ФИЗИОЛОГИЯ

И. БЕРИТАШВИЛИ (БЕРИТОВ), А. БРЕГАДЗЕ и Л. ЦКИПУРИДЗЕ

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сообщение первое

О локализации спонтанной электрической активности  
коры большого мозга кошки

В целях использования электроэнцефалографии для установления и характеристики очаговых заболеваний человеческого мозга, мы предприняли предварительное исследование электрической активности коры большого мозга кошки. Мы задались целью выяснить, в какой мере отводимые от мозга спонтанные электрические разряды точно соответствуют деятельности отводимого участка мозга, как эта электрическая активность меняется при экспериментально вызванных изменениях корковой деятельности и каково происхождение характерных волн корковой активности.

Эта проблема занимала многих исследователей последнего времени (Adrian [1], Kornmüller [4], Саркисов [5], Ten Cate [6], Dusser de Barenne [3] и др.) Но ввиду расхождения мнений по некоторым очень важным вопросам локализации и происхождения спонтанной электрической активности, мы нашли нужным самим исследовать эти вопросы, дабы этим путем приобрести необходимые нам установки, проверенные на опыте, для понимания электрической активности большого мозга человека. Как известно, у людей при отведении в осциллограф поверхности черепа, осциллограф регистрирует электрические волны двоякого рода: медленные волны, так называемые альфа-волны по ритму 9—12 в сек. и быстрые волны, так называемые бета-волны по более высокому ритму. Спрашивается, каким участкам коры обязаны своим происхождением эти волны и каким нервным процессам они соответствуют? Эти вопросы кардинальны, а между тем они также не получили еще общепризнанного решения. Есть основание утверждать, что спонтанные электрические разряды, отводимые от кожной поверхности черепа, выражают нервные процессы, протекающие в коре под отводимым участком черепа (Kornmüller [4], Jasper [8] и др.). Между тем есть также предположение, что электрические разряды одного участка коры отображают электрическую активность как данного участка, так и соседних участков (Ten Cate [6] и др.). Далее, некоторые авторы убеждены, что альфа- и бета-волны одинаково выражают электрическую активность одних и тех же нервных элементов серого вещества—нервных клеток и дендритов (Adrian [3], Kornmüller [4] и др.). Между тем известно, что медленные волны в коре мозга могут наступить без сопровождения быстрых волн, а быстрые волны без сопровождения медленных, т. е. совершенно раздельно (Forbes и сопр. [7], Adrian [2] и др.). Эти противоречия и побудили нас вновь исследовать означенные вопросы и выработать свое собственное мнение путем опыта. Некоторые результаты этого исследования, касающиеся локализации спонтанных корковых потенциалов, составляют предмет данного сообщения.

Методика

Кора большого мозга кошки обнажалась под эфирным наркозом. Чаще всего обнажалась только одно полушарие, Твердая оболочка обычно не удалялась. После опера-



ции наркоз более не поддерживался. Животное было во время опытов в бодром состоянии. На кожные раздражения оно отвечало общими движениями. Очень часто хвост беспрерывно двигался. По временам наступали произвольные освободительные движения. Животное было привязано к операционному столу. Голова была фиксирована. Температура воздуха в осциллографической кабине была 27—30°C. Кроме того, мозг согревался все время электрической лампой до 33—34°C. Биотоки регистрировались осциллографом катодных лучей. Усилительная установка была пятикаскадная для низких частот. Напряжение регистрируемых токов было от 10 до 100  $\mu\text{V}$  и выше. Оно значительно превосходило собственные шумы усилителя, а потому помеха от последних была незначительна.

Отведение биотоков производилось биполярно хлорированными серебряными электродами. Они укреплялись на держалке, которая ввинчивалась в черепную кость впереди лобной доли. При движении головы положение электродов не менялось.

Электроды оканчивались палочками около 1,5 мм в диаметре. Они прикладывались непосредственно к отводимому участку. Межполюсное расстояние менялось по заданию. Оно было от 3 до 10 мм. По условиям опытов в кабине было темно или светло.

### *Результаты опытов*

Согласно поставленной задаче мы отводили биотоки коры большого мозга от обнаженной коры, после снятия твердой оболочки, затем от твердой оболочки, от костного покрова, и, наконец, от кожной поверхности. Эти опыты привели нас к следующим результатам.

При отведении обнаженной коры мозга электродами с межполюсным расстоянием 8—10 мм наибольшую спонтанную электрическую активность показывают в большинстве случаев теменные доли и наименьшую—затылочные доли или височные. Лобные доли занимают среднее место. Средняя электрическая активность теменных долей выражалась в продукции электрических волн около 100  $\mu\text{V}$ . Она может быть больше или меньше этой величины. Другие доли также продуцируют потенциалы разной величины, но всегда заметно слабее, чем в теменной доле (рис. 2). В этом отношении наши результаты разнятся от таковых Саркисова, который у других лабораторных животных (собаки, кролики, морские свинки) обнаружил, что электрическая активность затылочных долей сильнее, чем в других долях [5]. Спонтанная электрическая активность всегда складывается из волн двоякого рода: медленных альфа-волн и быстрых бета-волн. Ритм медленных или быстрых волн никогда не имеет ровный регулярный характер. Продолжительность медленных альфа-волн меняется сильно чаще всего от 0,05 сек. до 0,2 сек. Сообразно ритм его меняется все время от 5 до 20 в сек. В определенных случаях продолжительность альфа-волн укорачивается в такой мере, что нельзя уже делить электрические волны на альфа и бета. Продолжительность бета-волн также довольно изменчива. Чаще всего она равняется 0,01—0,02 сек. Сообразно ритм этих волн меняется значительно от момента к моменту. Высший ритм бета-волн в значительной мере зависит от скорости вращения фотографического аппарата. Мы обычно снимали при скорости 70 мм в сек. В этом случае ритм бета-волн не превосходил 60—80 в сек. Но если ускорить съемку, высший ритм



значительно повысится. Это происходит благодаря расхождению многих волн, которые при малой скорости обычно сливаются. Так, например, на рис. 1-А, при скорости 70 мм ритм бета-волн не выше 80 в сек., а на рис. 1-В при скорости 300 мм ритм бета-волн 100—120 в сек. Все мелкие колебания осциллограммы безусловно от биотоков, ибо усилительная система сама не давала никаких электрических колебаний, как, например, это видно на контрольном снимке—рис. 1-С, который был сделан с коры мозга сейчас же после смерти кошки.

Адриан [1], Джаспер [8], Корнмюллер [4] и другие авторы находили ритм бета-волн значительно ниже—30—50 в сек. Это происходило прежде всего от того, что они применяли малую скорость фотографирования; но оно зависело и от того, что они экспериментировали на сильно наркотизированных животных или же сама регистрирующая система не была способна регистрировать быстрые биотоки (механическая запись отсевание частых волн).

Рис. 1, табл. I. 15.VII.1941. Препар. кошки № 9. А—биотоки теменной доли при медленном движении фотографического аппарата—70 мм в сек. В—то же через несколько минут при быстрой съемке—300 мм в сек. Цифры указывают на высший ритм для бета-волн. С—контрольный снимок при отведении коры большого мозга в осциллограф сейчас же после смерти животного.

В один и тот же период опыта спонтанная электрическая активность разных отделов коры мозга может носить приблизительно один и тот же характер. Но она может быть заметно различна, как это наблюдал Корнмюллер на кошках, кроликах и обезьянах [4]. Но эта разница заключается не в качественном своеобразии течения электрических волн, а в том, что альфа- и бета-волны протекают в несколько ином ритме или с несколько иной амплитудой. Это, видимо, находится в связи с разной структурой в разных отделах коры мозга. Но, безусловно, любой отдел коры мозга может показать все эти варианты электрической активности в связи с функциональным изменением коры мозга. В этом отношении наши результаты совершенно согласуются с данными Рейнбергера и Джаспера [8], которые отводили биотоки коры мозга на ненаркотизированных кошках путем вживленных электродов. При хорошем функциональном состоянии спонтанная электрическая активность каждой доли меняется в более или менее одинаковой форме в небольших пределах, главным образом, в отношении ритма. Но средняя амплитуда электрических потенциалов не меняется значительно в течение большого промежутка времени.

При ухудшенном функциональном состоянии спонтанная электрическая активность каждой доли периодически то усиливается, то ослабевает. Такая периодичность иногда бывает с самого начала. Иногда она устанавливается спустя несколько часов от начала опытов. Продолжительность периода разная—от нескольких долей секунды до нескольких секунд. В каждом периоде усиленный разряд начинается и проходит с некоторой постепенностью (рис. 2 и 3).

Рис. 2, табл. I. 2.XII.1941. Преп. 34. А—периодическое усиление и ослабление биотоков коры мозга: А—в лобной доле, В—в теменной доле, С—в затылочной доле.

Рис. 3, табл. I. 27.VII.1941. Преп. 13. Периодическое усиление и ослабление с длительным периодом затишья в теменной доле. А—период затишья, В—период усиленной активности через несколько секунд.

*Итак, спонтанная электрическая активность во всех участках обнаженной коры большого мозга кошки одною и тою же характера: она состоит из быстрых биотоков бета-волн нерегулярною ритма—80—120 в сек., и медленных биотоков—альфа-волн также с нерегулярным ритмом 5—20 в сек. Амплитуда этих волн всегда сильнее в теменной доле, чем в других долях. Она в общем очень изменчива, но держится в каждой доле около одного среднего уровня. Лишь при ухудшенном функциональном состоянии амплитуда их периодически то уменьшается, то вновь нарастает.*

При отведении коры через твердую оболочку мы получили в общем такие же корковые биотоки, как при отведении обнаженной коры. Заметное изменение биотоков получилось при отведении их через костный покров, т. е. при отведении черепной кости после удаления кожи. Уменьшалась амплитуда альфа- и бета-колебаний, выпадали совсем альфа- и бета-волны малой амплитуды. Мы сравнивали электрическую активность обнаженной коры в одном полушарии с таковою аналогичной доли другого полушария, где череп не был вскрыт, а только был удален кожный покров. Так, например, на рис. 4 при отведении лобной доли через кость, амплитуда электрических волн почти на 50% меньше, чем с поверхности коры мозга в симметричном участке лобной доли другого полушария.

Рис. 4, табл. I. 3.VII.1941. Преп. 11. А—спонтанные биотоки лобной доли непосредственно от поверхности коры мозга в левом полушарии. В—то же через костный покров в другом полушарии. Все другие условия были одни и те же. Они засняты друг за другом через 1—2 минуты.

Еще больше ослабления претерпевают спонтанные биотоки коры мозга при отведении их через костный и кожный покровы вместе. Особенно сильно уменьшаются бета-волны, как отмечал еще Теннис [9] (рис. 5). Слабые электрические волны коры мозга совсем не регистрируются в этих условиях, ввиду большого сопротивления кости и кожи. Особенно большое сопротивление оказывает кожа. Если, например, обнаженную кору перекрыть кожей и так отводить биотоки коры, то в результате получается более значительное ослабление их, чем при отведении через костный покров (рис. 6).

Рис. 5, табл. II. 2.XII.1941. Преп. 34. А—спонтанные биотоки теменной доли при отведении обнаженной коры в одном полушарии. В—то же при отведении через кость и кожу в другом полушарии.

Рис. 6, табл. I. 8.VII.1941. Преп. 4. А—спонтанные биотоки затылочной доли левого полушария непосредственно от поверхности коры, В—при отведении той же доли через кожу, когда она прикрывает обнаженную кору. С—биотоки лобной доли другого невскрытого полушария при отведении через костный и кожный покровы. Во всех случаях межполюсное расстояние было 10 мм.

Мы отводили биотоки коры мозга также на нормальных ненаркотизированных кошках. Стригли шерсть, смачивали два участка кожи на черепе соевым раствором и прицепляли к ним отводящие электроды, имеющие форму зажимов. Если животное сидит спокойно, наблюдаются спонтанные биотоки совершенно того же типа, как при отведении коры, только, конечно, значительно более слабые. Так, напр., на рис. 7-А даны биотоки от лобной части с обычной картиной альфа-волн по ритму 8 в сек., бета-волн по ритму 50—60 в сек. Но удержать нормальную кошку совершенно в спокойном состоянии не очень то легко, потому обычно к этой корковой картине биотоков примешиваются мышечные токи. Их легко можно отличить от корковых своей высокой частотой и высокой амплитудой (рис. 7-В).

Рис. 7, табл. II. 10.VII.1941. Нормальная ненаркотизированная кошка. Биотоки отводятся через кожу на темени. А—при спокойном состоянии, В—при небольшом движении головы. В последнем случае наводятся мышечные биотоки по ритму около 100 в сек.

Известно, что при отведении биотоков коры мозга большое значение имеет межполюсное расстояние электродов. Мы обычно пользовались при отведении электродами с межполюсным расстоянием 6—10 мм. При более коротком межполюсном расстоянии, как 1—3 мм, биотоки отводились значительно слабее. Меняются, главным образом, альфа-волны. Амплитуды их становятся меньше. Бета-волны остаются почти без изменения, как это заметил еще Эдриан [1] (рис. 8). Эта разница особенно сильно выступала при освещении их через костный и кожный покровы. В этих случаях межполюсное расстояние 1—3 мм оказывалось совершенно недостаточным для отведения биотоков коры. Чтобы получить ясную картину корковых биотоков, нужно было раздвинуть электроды до 10—15 мм.

Рис. 8, табл. II. 25.VIII.1941. Преп. 13. Отводится затылочная доля *g. splenialis* в опыте А при межполюсном расстоянии в 3 мм, а в опыте В там же при 10 мм; бета-волны в обоих случаях около 80 в сек., но многие бета-волны имеют зазубрины, свидетельствующие о том, что они сложного происхождения.

*Итак, амплитуда и общий ритм альфа- и бета-волн в сильной степени редуцируются при отведении их через черепную кость и кожную поверхность головы. Также большое значение имеет межполюсное расстояние: при некотором малом межполюсном расстоянии (1—3 мм) слабые биотоки не отводятся совсем или отводятся в очень уменьшенной форме.*

Мы также задались целью уяснить себе, каким участкам коры мозга соответствуют спонтанные биотоки коры, отводимые через костные и кожные покровы. Мы записывали биотоки от небольшого участка костной поверхности до и после удаления под ней коры мозга. Оказалось, что если целиком удалить кору мозга под отводимым костным участком, то корковые биотоки больше не отводятся от этого участка.

Мы также отводили подкорковое белое вещество после удаления коры. В этом случае типичные корковые биотоки отсутствовали. Если иногда и отводились какие-либо токи, то они совершенно другого харак-

ტერა—ровный ритм быстрых колебаний низкой амплитуды. Если же биотоки отводились от соседних не поврежденных участков коры, то они были обычного для этих участков характера. Даже при отведении коры мозга у самой границы разреза получались нормальные корковые биотоки, хотя и очень ослабленные против того, что наблюдалось до удаления соседнего участка мозга. Это, очевидно, было связано частью с механическим повреждением пограничной коры, частью с нарушением здесь кровообращения.

Рис. 9. табл. II. 8.VII.1941. Преп. 4. А—спонтанные биотоки неповрежденной коры затылочной доли. В—белое вещество на уровне затылочной доли после удаления коры. С—теменная доля на границе с удаленной корой. D—теменная доля на расстоянии 10 мм. E—лобная доля на расстоянии 15 мм.

Эти наблюдения разошлись с данными Тен-Кате, который наблюдал корковые биотоки при отведении белого подкоркового вещества после удаления затылочной доли. Он считал их за следствие физического распространения биотоков из неповрежденной коры. Наши же опыты указывают, что это физическое распространение не столь значительно, чтобы корковые биотоки всегда отводились от белого вещества. Очевидно, в опытах Тен-Кате отводящие электроды соприкасались с неповрежденным остатком серого вещества коры.

Итак, после удаления коры в какой-либо доле большого мозга, корковые биотоки не отводятся от соответствующего подкоркового белого вещества, или от костного или кожного покрова, прикрывающего эту долю. Следовательно, отводимые через тот или другой покров биотоки большого мозга обуславливаются, главным образом, теми потенциалами, которые возникают в коре под отводимым участком и не зависят в заметной форме от физического распространения биотоков из соседних участков коры.

Академия Наук Грузинской ССР  
 Институт физиологии имени акад. И. Бериташвили  
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 7.1.1942)

ფიზიოლოგია

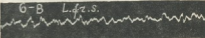
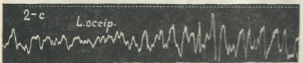
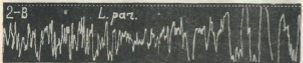
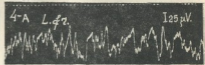
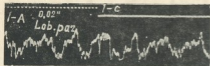
ი. ბერიტაშვილი, ა. ბრეგაძე და ლ. შკიპურიძე

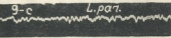
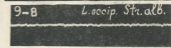
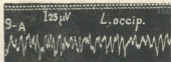
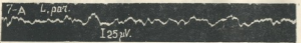
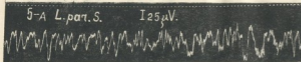
ელექტროენცეფალოგრაფიული გამოკვლევები

I. კატის დიდი ტვინის ქერქის სპონტანური ელექტრული აქტივობის ლოკალიზაციის შესახებ

რეზიუმე

კათოდური სხივების ოსცილოგრაფის საშუალებით შეისწავლბოდა სპონტანური ელექტრული აქტივობა, რომელიც მუდმივად წარმოებს პერიფერიულ გალიზიანებათა ვარეშე კატის დიდი ტვინის ქერქში. ჩვენ შეგვყავდა ოსცილოგრაფში ქერქში წარმოშობილი ელექტრული პოტენციალები როგორც უშუა-





ლოდ ახდის ქერქიდან, ისე მაგარი გარსის, თავის ქალის და კანის საფარის საშუალებით. ჩვენ დავადასტურეთ, რომ ყველა ამ პირობაში ქერქული ბიოდენები შეიცავენ როგორც ნელ ალფა-ტალღებს, ისე სწრაფ ბეტა-ტალღებს; მხოლოდ ქალასი და კანის საშუალებით ქერქულ ბიოდენთა რითმი და ამპლიტუდა ვაცილებით ნაკლებია, ვიდრე უშუალოდ ქერქიდან.

ქერქული ბიოდენის რეგისტრაციისთვის მით უფრო მეტი ფართობი უნდა იყოს შეერთებული ოსცილოგრაფთან, რაც უფრო მეტია საფართო დაბრკოლება დენის გამტარებლობისთვის. ქერქის ამოცლისას რომელიმე წილში ქერქქვეშა თეთრ ნივთიერებიდან ქერქული ბიოდენი არ მიიღება. იგი არ მიიღება არც ქალასი და კანის საფარიდან, რომელიც ამ ადგილს ჰფარავს. ამიტომ თითოეულ შემთხვევაში რეგისტრირებული ბიოდენი გამოჰხატავს იმ პოტენციალებს, რომელიც ქერქში წარმოიშვის ოსცილოგრაფთან შეერთებულ ადგილის ქვეშ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათ აკადემია  
აკად. ი. ბერიტაშვილის სახელობის ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი  
თბილისი

PHYSIOLOGY

## INVESTIGATIONS IN THE ELECTROENCEPHALOGRAPHY

By J. BERITOFF, A. BREGADZE and L. TZKIPURIDZE

### I. On the Lokalisation of the Electrical Activity of Cerebral Cortex in the Cat

The spontaneous electrical activity of the cats cerebral cortex is studied by a cathode ray oscillograph. The cortex is exposed under ether narcosis. The experiments are carried out within the period of many hours after operation, when the animal is quite awake. The cortical potentials are led off bipolarly through the amplifier of the usual condenser coupled type. At times they are led off directly from the exposed cortex and at others through the dura mater, through the cranial bone or from the skin surface of the head. The control experiments with leading off the brain of a dead cat or of some inactive tissue showed that the registrating system was free of artefacts (fig. 1-C).

Under all conditions of leading off the spontaneous cortical potentials are of two kinds: slow alfa-waves and rapid beta-waves. But the amplitude and frequency of these waves strongly depend on the leading off conditions. They are the highest when leading off the exposed cortex or through the dura mater. The amplitude of alfa-waves greatly varies from moment to moment, attaining 100—150 microvolts. The duration is also most variable. That is why their rhythm is exceedingly various—from several to 20 per sec and more. The amplitude of beta-waves is also greatly variable, although often considerably lower than that of the alfa-waves. The rhythm of the beta-waves appearing distinctly at the slow recording attains 40—80 per sec. (g. fr-A) but by rapid one it attains 120 per sec. (fig. 1-B).

The spontaneous electrical activity in the cat's cerebral cortex was always higher in parietal lobes than in the others (fig. 2).

If the cortical potentials are led off through the bone and skin integuments their character does not change essentially. We observed the only considerable weakening because of the great resistance of integuments for the conduction of the bioelectrical potentials. This leads to the decrease of alpha and beta-rhythms (fig. 4-B, 5-B, 6-B and C), comparing with what occurs for direct leading off the exposed cerebral cortex (4-A, 5-A, 6-A).

The amplitude of cortical potentials depends to a considerable extent on the size of led off area. For the registration of maximal bioelectrical potentials through the skin and bone integuments the interpolar distance of leading off electrodes ought not to be less than 10—15 mm. The cortical potentials are not led off at all, if the interpolar distance is less than 3 mm. From the exposed cortex considerable bioelectrical potentials are already led off by an interpolar distance of 1—3 mm (fig. 8-B), and they attain the maximum when the interpolar distance is of 5—8 mm (fig. 8-B). After the removal of the cortex in some cerebral lobe the cortical potentials are not led off from the corresponding white matter (fig. 9-B) or from bone and skin integument covering this lobe. Therefore the bioelectrical currents led off through either integument are mostly determined by potentials arising in the cortex under the led off area and do not depend to a noticeable extent on the physikal conduction of bioelectrical currents from the adjoining intact cortical areas. Immediately from these areas the cortical potentials were recorded. They were only significantly weaker near the removed part (fig. 9-C and D).

Academy of Sciences of the Georgian SSR

Beritashvili Physiological Institute

Tbilissi

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—საბიბლიოთეკო რეფერენცია—REFERENCES

1. E. D. Adrian and B. H. C. Matthews. *J. Physiol.*, vol. 80, p. 1, 1933; *J. Physiol.*, vol. 81, p. 440, 1934.
2. E. D. Adrian. *J. Physiol.*, vol. 88, p. 127, 1936.
3. I. G. Dusser de Barenne and W. S. McCulloch. *Amer. J. Physiol.*, vol. 114, p. 692, 1936; *Z. Neurol. u. Psych.*, Bd. 162, S. 817, 1938.
4. A. E. Kornmüller. *Die bioelektrischen Erscheinungen, Ergebnisse zur Physiologie und Pathophysiologie des Zentralnervösen Griseum.* Leipzig, 1937.
5. С. А. Саркисов. *Тр. Института мозга.* Вып. III—IV, стр. 443, 1938.
6. J. Ten Cate, W. G. Walter and L. J. Koopman. *Arch. Néerland. de Physiologie l'Homme et des animaux*, vol. 24, p. 153, 1939; там-же, vol. 24, p. 547, 1940.
7. A. Forbes and B. A. Morison. *J. Neurophysiol.*, vol. 2, p. 112, 1939.
8. M. B. Rheiberger and H. H. Jasper. *Am. J. Physiol.*, vol. 119, p. 186, 1937.
9. J. F. Tönnies. *J. Psych. Neurol.*, vol. 45, p. 154, 1933.





ენათმეცნიერება

აკადემიკოსი კ. კაქელიძე

„წინაშე“, „თანა“ და „ზედა“ თანდებულთა სინტაქსური ფუნქციონისა-  
 თვის ძველ ქართულში. I

(ქართული თანდებულების ერთ-ერთ დამახასიათებელ თვისებად ის გარე-  
 მოება უნდა ჩაითვალოს, რომ მათთან დაკავშირებულ სახელებს ზოგი თანდე-  
 ბული მხოლოდ ერთ ბრუნვაში მართავს, ზოგი—ორში.)

(თანდებულთა შორის ჩვენი ყურადღება, ძველი ძეგლების კითხვასა და  
 გამოცემასთან დაკავშირებით, საგანგებოდ სამმა მიიპყრო; ესენია: „წინაშე“,  
 „თანა“ და „ზედა“). ჩვენ საჭიროდ დავინახეთ გავვეზიარებინა ჩვენი დაკვირ-  
 ვებანი ენათმეცნიერთათვის. ამისათვის მოვიყვანთ ლიტერატურული ძეგლები-  
 დან ამ თანდებულთა „მმართველობითი“ ხასიათის მაგალითებს. წინასწარ შეე-  
 ნიშნავთ შემდეგს:

1. შესწავლილია უძველესი ხანის ძეგლები მეხუთე საუკუნიდან მეათემდე.  
 მეათე საუკუნეს არ გადმოვიცილებივართ, რადგანაც, როგორც ცნობილია, მე-  
 თერთმეტე საუკუნიდან ე. წ. „კლასიკური“ ნორმები ძველი ქართული ენისა  
 საგრძნობლად ირყევა და ირღვევა.

2. თანდებულთა დაკვირვება-შესწავლისათვის აღებულია გამოქვეყნებული  
 ძეგლები, გარდა სამი შემთხვევისა (C, H, L).

3. მხედველობაში მიღებულია ნათესაობითი და მიცემითი ბრუნვები,  
 რომელთაც მოითხოვს დასახელებული თანდებულები, მხოლოდობითი რიცხვისა,  
 მრავლობითისა კი -ებ-ბოლოსართიანი ფორმები და არა -თა-სუფიქსიანი, რა-  
 დგანაც -თა ფორმანტის მიხედვით ძნელია გამოცნობა—რომელ ბრუნვასთან  
 გვაქვს საქმე.

4. დაკვირვებისათვის აღებულია არსებითი სახელები, ნაცვალსახელთაგან —  
 „მის“, „მას“ და „რომლისა“, „რომელსა“, როგორც უფრო დამახასიათებელი  
 (არაა მიღებული მხედველობაში, გაურკვეველობის გამო, ნაცვალსახელები „ჩემ“,  
 „შენ“, „ჩუენ“, „თქუენ“, „მათ“).

5. „წინაშე“ და „თანა“ თანდებულიანი მაგალითები თითქმის ყველაა  
 ამოწერილი დასახელებული ძეგლებიდან, ხოლო „ზედა“-ს შემთხვევები—ნა-  
 წილობრივ, რადგანაც ყველას ამოწერა, სიმრავლისა და ერთფეროვანების გამო,  
 საჭირო არ იყო. ყოველ შემთხვევაში ამა თუ იმ მხრივ დამახასიათებელი  
 მოვლენა აუცილებლივ ნაჩვენებია.

6. სულ შესწავლილია 22 ლიტერატურული ძეგლი; სახელდობრ:

A. ხანუმეტი და ჰამეტი ტექსტები, გამოცემული ივ. ჯავახიშვილისა და ა. შანი-  
 ძის მიერ: „ტფილ. უნივერს. მოამბე“, II, III, VII, IX.

B. შუშანიკის მარტილობა, გამოც. ილ. აბულაძისა.

C. „საბა განწმედლის ცხოვრება“, დამზადებული გვაქვს გამოსაცემად.

12. „მოამბე“, ტ. III.

- D. აბო ტფილელის მარტილობა, გამოცემა კ. კეკელიძისა.
- E. „თარგმანებაჲ ქება-ქებათაჲ“, ნ. მარის გამოცემა (TP, III).
- F. „ფიზიოლოგი“, ნ. მარის გამოცემა (TP, VI).
- G. „თუალთაჲ“, გამოცემა R. Blake-ისა (Studies and Documents. II. Epiphanius de Gemmis), London 1934.
- H. დიონისე არეოპაგელის ავტობიოგრაფია და ეპისტოლე (ხელნ. A 19,95; დაბეჭდილია P. Peeters-ის მიერ შეცდომებით ათონ. ხელნ. № 57, Anal. Bolland., t. 39).
- I. კილ-ეტრატის იადგარი; აქედან ამოღებულია მხოლოდ „საგალობელნი აბო ტფილელისანი“ პ. ინგოროყვას გამოცემით („ძველ-ქართული სასულიერო პოეზია“).
- K. სინა-რაითის მამათა მარტილობა 864 წლის „მრავალთავიდან“, გამოც. კ. კეკელიძისა („კიმენი“, გვ. 28—44; შემოკლებით კ); წამება პეტრე მოციქულისა, იქიდანვე (გამოც. ა. შანიძისა: „ძველი ქართულის ქრესტომათია“, გვ. 39—40; შემოკლებით მ); იქიდანვე ნაწყვეტები, ნ. მარის გამოცემა (Описание Грузинских рукописей Синайского монастыря; შემოკლებით მ).
- L. ადიშის თხზთავი 897 წლისა; მათესი—იმ ფოტოპირის მიხედვით, რომელიც მოცემულია Mater. no Arx. Kavkaza-ში, в. XIV, ზოლო მარკოზისა—R. Blake-ის გამოცემით (The Old Georgian version of the Gospel of Mark from the Adysh Gospels, Paris 1928, შემოწმებულია ფოტოპირითან).
- M. მოქცევაჲ ქართლისაჲ, გამოც. ე. თაყაიშვილისა (Опис. рук., II).
- N. აღშენებისათჳს ლუდიისა ეკლესიისა, გამოც. ნ. მარისა (TP, II).
- O. წარტყუნება იერუსალიმისაჲ, გამოც. ნ. მარისა (TP, IX).
- P. თაბის თხზთავი 913 წ., ვლ. ბენეშევიჩის გამოცემა, 1909 წ.
- R. ცხორებაჲ გრიგოლ ხანძთელისაჲ, გამოც. ნ. მარისა (TP, VII).
- S. ოსკის ბიბლია 978 წლისა; აქედან გამოყენებულია ერთი ნაწყვეტი „გამოსლვთაჲ“ წიგნიდან (ა. შანიძე, „ძველი ქართულის ქრესტომათია“, გვ. 68—71) და ორი თავი (III, VII) „ებრძას წიგნისა“, გამოც. R. Blake-ისა (Harvard theologics Review, XXII, 1929).
- T. იაკობის ქამისწირვა, გამოც. კ. კეკელიძისა (Древне-грузинский Архипастирский), 1912 წ.
- U. იადგარი მიქელ მოდრეკილისა, გამოც. პ. ინგოროყვასი („ძველ-ქართული სასულიერო პოეზია“).
- V. სიბრძნე ბალაქვარისი, გამოც. ილ. აბულაძისა.
- X. „გამოცხადებაჲ წმიდისა ჯუარისაჲ ზეით“, „პოვნაჲ პატროსნისა ჯუარისაჲ“, „პოვნაჲ სამშუალთაჲ“ ე. წ. „უდაბნოს მრავალთავიდან“, გამოც. ა. შანიძისა („ძველი ქართულის ქრესტომათია“, გვ. 44—54).
- Z. „წიგნი ებდრა სუთიელისაჲ“, იერუსალიმის კოდექსიდან, გამოც. R. Blake-ისა (The Georgian version of fourth Esdras from the Jerusalem Manuscript: Harvard theological Review, XIX, 1926).

წარმოვადგინოთ მაგალითები ამ ძეგლებიდან

### თანდებული „წინაშე“

- A. უფლისა II, 374,ა; მაგრამ: საკურთხეველსა VII, 125, 17.
- B. მეფისა I, 21; შუშანიკისა II, 7; IV, 2; VI, 6—7; დედოფლისა II, 7; V, 5; უფლისა ჩუენისა იესუ ქრისტესა XVI, 31—32; მსაჯულისა XVI, 29; მაგრამ: საკურთხეველსა II, 21.
- C. შთავარებისკოპოსისა ელიაჲსა 40,10-11; იაკობისა 53,11; მეფისა 64,19; 68,21; 69,20; სვეეროსისა 72, 29; საშებისა 79, 12; ღმრთისა 104, 21; მის (სუ ლ ი ე რ ი) 67, 19, 86; 27; მაგრამ: ეკლესიასა 7, 12; სენაკსა 55, 5; გოლგოთასა 71, 6.
- D. მსაჯულისა 68; 29; 69, 11; 73, 8; 74, 8; უფლისა 76, 34-35; 80, 7; მაცხოვრისა 80, 28.
- G. ღმრთისა 34, 10; უფლისა 83, 29; მეფისა 90, 12.
- I. მძლავრისა ზ 7, II 68; უფლისა II 41.
- K. ღმრთისა 20, 15 მ.
- L. მათე: მამისა X, 32, 33; ბჭისა XXVII, 11; ერისა XXVII, 24; მის (სუ ლ ი ე რ ი)

VIII, 2; მაგრამ: საკურობველსა V, 24; პირსა XI, 10; სამარესა XXVII, 61.

მარკოზ: პირსა I, 2; შესაწირავსა XII, 41.

M. მეფისა 710, 723, 736, 786; დედოფლისა 745; მის (იაკობის) 718; მაგრამ: პატიოსანსა ჯუარსა 797.

N. პირსა 63, 14.

O. უფლისა კმ 11; მეფისა მმ 33; ნა 1,4-6; ნბ 8; მთავრისა ნა 2-3; ერისა ნბ 5, 18; მთაჯულისა ნზ 25; მაგრამ: გოლგათოსა იბ 28-29; იბ 17; სამოთხესა კვ 3.

P. მათე: მამისა X, 33; მის (იესუსს) XXVIII, 29; მაგრამ: პირსა XI, 10; საფლავსა XXVII, 6.

მარკოზ: მის (ს უ ლ ი ე რ ი) X, 17; მაგრამ: ნაკურცხალსა XIV, 54.

R. ღმრთისა 6, 9; 17, 9; 23, 71; ქრისტესა 8, 9; 8, 16; 11, 38; 43, 14; კუროპალატისა 9, 6; 24, 15-16; მამისა გრიგოლისა 11, 13; 23, 57; კელშიფისა 9, 4; 11, 15-16; დედისა ფებრონიასა 12, 23; 55, 43; მეუღლისა 23, 8; დედისა 29, 17; უფლისა 29, 62; წმიდისა ამის 34, 4; აბულასადისა 47, 1; მოძღურისა 48, 19; ნეტარისა 54, 11; დედუფლისა 56, 28-29; სამეზისა 84, 19; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) 41, 1; 58, 11; 84, 2; მაგრამ: ქარსა 6, 35-36; საკურობველსა 39, 31; 69, 39; სამწყსოსა 67, 3; პირსა 78, 34-35.

S. ღმრთისა 70, 24 შ, მალღისა (ს უ ლ ი ე რ ი) 91, 100 ბ; მაგრამ: ცხოვრებასა 92 ბ; ეამსა 92 ბ.

T. რომლისა (ქრისტეს) იბ 3-4; მაგრამ: საკურობველსა კმ 8-9; საყდარსა ნზ 8.

U. მაცხოვრისა ვ 134; მძღავრისა კპმ 17; ღმრთისა კდ XI, ლგ IX; მონისა რმ 81 რი 225; ქრისტესა რკმ 140; მთაჯულისა რლზ 103; სამეზისა რლე 262; მაგრამ: პირსა რ(რ)ი 68; კილიბანსა სკმ 25; ჯუარსა სპმ 345; ტი, 448; ტაძარსა ტვ 465.

V. მეფისა 5, 18; 7, 4; მეუფისა 9, 20; ძმისა 18, 8; ღმრთისა 20, 10; 24, 6; იოდასაფისა 40, 20; მამისა 56, 7; 71, 24; ქრისტესა 60, 11.

X. დედოფლისა 48, 9.

Z. მალღისა ღმრთისა 346, 348; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) 354; მაგრამ: პირსა 344; ადგილსა 356; სამოთხესა 356.

### თანდებული „თანა“

A. იესუსს III, 72, 16; სულისა IX, 340, 47; რომლისა (ქრისტეს) VII, 128, 14; მის (ელისაბედის) III, 381, 14, 15; მაგრამ: კიდესა III, 398; V, 4; საფლავსა IX, 377, 34.

B. მის (შუშანიკის) III, 11; IX, 10.

C. დედისძმისა 5, 9; ბერისა 8, 26; 55, 28; ებისკოპოსისა 22, 20; 119, 29; მოწაფისა 59, 23; მამასახლისისა 119, 29; მამისა 101, 21; თეოქტიტესს 10, 8; 12, 1; დომენტრიანოსის 12, 25; თეოდოსის 15, 19; ელისსს 22, 2; ზოვილსს 48, 8; გერონტის 48, 2; ნონოსის 97, 13; ოროგინსს 114, 30; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) 7, 6; 8, 7; 11, 2; 17, 10; 28, 2; მაგრამ: გუნდსა 5, 4; მარხვასა 6, 32; განწყობილსა 18, 15; მონასტერსა 110, 16.

D. ნერსსს 63, 25; 64, 7; 67, 29; ერისთავისა 64, 9; ქრისტესს 70, 39; 73, 17, 20; მამისა და მისა 78, 4; რომლისა (კაცისა) 70, 29; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) 62, 3; 70, 16.

E. მამისა XXII, 21; ამის (სოლომონის) I, 61; სიბრძნისა (=ღმერთი) I, 13.

G. უფლისა 24, 7; დანის (ს ა ხ ე ლ ი ა) 39, 8; სტეფანსს 42, 11; პეტრესს 42, 14; გადის (ს ა ხ ე ლ ი ა) 45, 15; მაგრამ: კაცებასა 72, 16-17; კლდესა 20, 4-5.

H. მამისა, სულისა, ამოსის, მის (ს უ ლ ი ე რ ი); მაგრამ: გუამსა.

I. მამისა ზ 9; მის (აბოლს) ი 81.

K. წინაწარმეტყველისა 8, 25 გ; მამისა 11, 12; 12, 2; 45, 14 გ; რომლისა (ქრისტესს) 94, 19 გ; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) 33, 7, 12, 18; 37, 8 კ; აგრიპას 40, 11 შ; მაგრამ: მას ყოველსა (უსულს) 41, 1 კ.

L. მათე: ზებედსს XXI, 4; იესუსს IX, 10; XXVI, 51; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) V, 32; XXV, 10; დასისა XXVII, 66; მაგრამ: ნათესავსა XII, 42; ზხასა XIII, 19; XX, 30; ერსა XVII, 14.

მარკოზ: იესუსს II, 15; რომლისა (ეშმაკისა) V, 15; IX, 17; მის (იესუსს) III, 14; მაგრამ: ზხასა IV, 4; X, 40; მთასა V, 2.

- M. მამისა 716, 770; ღმრთისა 763.
- N. ქრისტეს 35, 9; იაკობის 59, 7; ებისკოპოზის 62, 14; კელმწიფისა 28, 6; სელევეკოს.
- ნიკანორს 33, 8; მაგრამ: სახლსა 48, 4; კრებულსა 69, 5.
- O. ღმრთისა ივ 6; მწყემსისა კვ 25; მამისა ნვ 27; მაგრამ: ერსა ივ 4.
- P. მათე: აბრაამის, ისაკის VIII, 11; იესუჲს IX, 10; დედაკაცისა XIX, 10; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) V, 27; XII, 45; XIV, 2.
- მარკოზ: რომლისა (კაცისა) I, 28; იესუჲს II, 15; თავისა თჳსისა IX, 10; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) V, 24, 37.
- R. ძისა 44, 23; ქალისა 56, 3; ღმრთისა 58, 4; სულისა 58, 19-20; ავაზაკისა 78, 11; უფლისა 80, 90; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) 6, 98; 8, 3; 12, 11; 48, 13; მაგრამ: ზრდასა 2, 51; კრებულსა 4, 11; სარწმუნოებასა 17, 5; ლოცვასა 22, 57; სიტყუასა 48, 8; გზასა 75, 2; მოწყალეებასა 82, 15.
- S. კაცისა 70, 1-3.
- T. სულისა იდ 11, ივ 12; რომლისა (ქრისტეს) ივ 19-20, კთ 14, ვ 14.
- U. მამისა და XXXII; ქრისტეს მკ X, კლმ 66; ქალწულისა მზ 17; ჰაბოას ს60 227 დანიელის ნვ 153; მღდელისა ნვ 160; რებეკას ნვ 163; ევას ივ 4; ადამის კვ 360; სულისა წმიდისა კვ 364; მოძღუროსა რკვ 68; მაცხოვრისა რნვ 29; ავაზაკისა რნვ 96; წინამორბედისა სკდ 119; ანტონის სგვ 150; მაგრამ: კრებულსა ნ 113, რიშ 188; ნათლისღებასა რნვ 43; გუნდსა რიშ 45; ჯუარსა სდ 52-53.
- V. რომლისა (კაცისა) 50, 15; პირველისა (მუშაკი) 76, 17; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) 6, 17, 19; 8, 15; 16, 19; 63, 20; 71, 21; 74, 31; მაგრამ: სიყვარულსა 46, 20; სიტყუასა 82, 18; გუამსა 83, 11.
- X. მის (ს უ ლ ი ე რ ი) 53, 6.
- Z. ისრაელისა 352; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) 356.

### თანდებულო „ზედა“

- A. მის (დედაკაცისა) III, 376, 7; მაგრამ: ქუეყანასა II, 371, 4; 372, 6; IX, 330, 8; ლოდსა II, 374, 2; ქვასა II, 387, 7; ჯუარსა VII, 138, 13; საფლავსა IX, 331, 10; წესსა IX, 340, 47; იერუსალმისა IX, 340, 47; პირსა III, 370, 16; საზურგესა III, 372, 11; გზასა III, 379, 10; უდაბნოსა III, 379, 15; მას (ტაბლა, ნავი) II, 372, 5; 388, 6; კიცუსა VII, 134, 9-10.
- B. შუშანიკის X, 18; XV, 2; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) XIV, 3; მაგრამ: ქუეყანასა II, 15; VI, 21; ძეძუსა VIII, 17-18; სიტყუასა XVI, 40.
- C. ნეტარისა (საბაჲს) 37, 26; მამისა 42, 11; მთავარეპისკოპოსისა 62, 1; მეფისა 83, 17; 94, 3; ფლაბიანუს და ელიას 63, 18-19; 69, 30; სევერუს 69, 21; იოჰანნეს 74, 21; არიოზის 77, 29; მაკედონის 77, 30; ევტუქის 78, 5; სილოვანუს 84, 26; გელასის 110, 7; ასკიდას 118, 9; მის (ს უ ლ ი ე რ ი) 14, 3; 27, 16; 56, 2; მაგრამ: შრომასა 4, 14; მამულსა 5, 4; კანონსა 10, 14; პირსა 13, 8-9; 17, 2; ძალსა 14, 14; ქალაქსა 76, 1; 79, 1; იორდანესა 18, 8; ქუეყანასა 20, 6; ბორცუსა 29, 4; სარწმუნოებასა 78, 9; სამწყსოსა 116, 17; მას (უ ს უ ლ ო) 28, 33; ასპიდსა და იქედნესა 14, 21; ჯორსა 56, 1.
- D. მის (აბოჲს) 68, 1; მაგრამ: დარსა 57, 30; თავსა 58, 36; უდაბნოსა 66, 15; სასანთლესა 67, 21; ქედსა 71, 12; ჯუარსა 71, 34; ზურგსა 73, 34; ურემსა 74, 29; გუამსა 74, 38; პირსა 75, 3; ადგილსა 75, 32; 79, 34-35; ქუეყანასა 76, 11; ნაეფერცხალსა 80, 5; წმიდსა 68, 29.
- E. მართაჲს და მარიამის XXIV, 17; მაგრამ: ქუეყანასა I, 105; II, 237; ისრაელსა II, 115; ძელსა XIII, 18, 24; ერსა XIII, 29; ცხედარსა XV, 18; შუბლსა XIX, 27; თავსა XXI, 29; შჯულსა XVII, 55; ყრმასა II, 171.
- F. ქალაქსა 26, 12; მარკულსა 22, 12; კორცსა 10, 20-21.
- G. მის (ქრისტეს) 38, 39; 39, 3; იუდაჲს 67, 6; რუბენის 23, 2; ელისს 33, 24; პავლს 81, 19; მაგრამ: ბზესა 23, 8; მდინარესა 37, 18; ხესა 38, 3.
- H. მღდელისა მის; მაგრამ: სოფელსა, საბჭოსა, საყდარსა, მსაბურებასა, კრებულსა, წარწყმედასა, ქალაქსა, გუამსა, კუერთხსა, ბაცსა, ლანცანას, მას (სელინსა).

I. წმიდისა მოწამისა (აბოას) № 13, 18-19; 38.

K. მართლისა 6, 18 მ; მაგრამ: ცხედარსა 39, 20 შ; შემთხვევასა 30, 20 კ; თავსა 29, 24 კ; მოასა 36, 4 კ; კარსა 34, 12; 38, 10 კ; ქუეყანასა 40, 19 კ; ერთსა 41, 4 კ; უდაბნოსა 6, 1P; 16, 2 მ; მას 30, 20 კ; კიციუსა 95, 30 მ.

L. მათე: მის (ს უ ლ ი ე რ ი) III, 16; IX, 18; XXVII, 27; მაგრამ: უდაბნოსა III, 3; გოდოლსა IV, 5; სასანთლესა V, 15; საყურთხვევლსა V, 23; კლდესა V, 24; XIII, 5; XVI, 18; მქვასა VII, 26; სახურესა IX, 9; სამოსელსა IX, 16; დინებასა IX, 20; ერდოებსა X, 22; XXIV, 17; უბნებსა XXIII, 7; ცოლსა XXII, 24; ავაზაკსა XXVI, 55.

მარკოზ: მოძღურებასა I, 23; კლდოვანსა IV, 5; დაშტრობასა V, 25; ლანკანას VI, 25; უბნებსა XII, 38; ძესა IX, 12.

M. მის (იორუშანის) 769; ამის (არმაზის) 769; მაგრამ: მდინარესა 708; ცხვრსა 709; გზასა 709; არაგუსა 721; წყაროსა 735, 791; კიღსა 750; ჯუარსა 765, 796; წულსა 762; ყრმასა 782.

N. პირსა 34, 9; საქმესა 51, 4; შინებასა 52, 11; სარცელსა 55, 5; ქუეყანასა 54, 6.

O. დისა მ 20; მაგრამ: იერუსალმისა ა 10, ბ 16, ჯუარსა № 10, იბ 32; ერსა იბ 21; სიონსა იბ 20; საყურთხვევლსა იშ 2; პირსა ლზ 28; ზღრუბლსა მქ 6; კარაულსა კვ 9-10.

P. მათე: იესუსა XXVI, 50; მაგრამ: ადგილსა II, 9; გზასა V, 25; ცხედარსა IX, 1; თივისა XIV, 19.

მარკოზ: მის (ს უ ლ ი ე რ ი) I, 10, 40; V, 33; VI, 22; მაგრამ: ქუეყანასა II, 10; სახურესა II, 14; მეფეებასა III, 24; კიღესა IV, 1; მწუანილსა VI, 39; მას (ზღუასა) I, 16; XI, 7.

R. გრიგოლისა 42, 108; ეზრას 70, 38-39; მაგრამ: სიტყუასა 3, 12; 42, 19; სასანთლესა 4, 8; სახელსა 5, 24; 36, 5; საგალობელსა 17, 12; ტრაპეზსა 18, 5; იზანასა 26, 36; 30, 31; საქმესა 36, 20; მონასტერსა 39, 15; წინამძღუარსა 34, 10; ყრმასა 67, 8-9.

S. ჯურღმულსა 69, 20 შ; უდაბნოსა 90 ბ; მას (თესლი) 98 ბ.

T. შონისა კმ 13; მაგრამ: წესსა ე 3-4; საყუმეველსა № 16; ქუეყანასა კდ 5; კლდესა მ 12.

U. მის (ქრისტს) ბმ 152; ს60 29; ეზეკიას მბ 83; მაგრამ: საფლავსა იდ XVIII; ჯუარსა იდ XX; ლოდსა იმ XXIV; მსხერბლსა ნა 129; კიბესა ნა VIII; მკუდარსა რკმ 32; საბანელსა სკვ 40; იორდანესა რბ 35.

V. გზასა 5, 21; 20, 29; მერდსა 8, 19; საქმესა 10, 19; 40, 23; ცოდვასა 16, 22; პირსა 19, 26; სკორესა 26, 24; მას (უ ს უ ლ ო) 82, 1; ამას (უ ს უ ლ ო) 53, 18-19; 56, 16; 79, 40.

X. მის (ქრისტს) 49, 3; მაგრამ: მდინარესა 45, 14; ჯუარსა 47, 1; 51, 26; 53, 2; უდაბნოსა 50, 8; ეელსა 50, 14; მკუდარსა 53, 7.

Z. ნათესავსა 322; ქუეყანასა 322; სიხერებასა 360; სიმაღლესა 366; სოფელსა 374.

როგორც ვხედავთ, განსახილველად აღებული თანდებულები ერთსა და იმავე დროს სახელს ორს სხვადასხვა ბრუნვაში თხოულობენ: ნათესაობითსა და მიცემითში. ეს მოვლენა, ვფიქრობთ, არ შეიძლება ჩაითვალოს რომელიმე ეპოქის ან კუთხური ენის, დიალექტის, თავისებურებად; შესწავლილი ძეგლები ეკუთვნიან სხვადასხვა ეპოქას, მეხუთე საუკუნიდან მეთათმდე, და სხვადასხვა კუთხესა და წრეში არიან აღმოცენებულნი. არც ის შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ეს მოვლენა გამოწვეული იყოს ამა თუ იმ ზმნის ბუნებით; ჯერ ერთი, ზმნა ამ შემთხვევაში უშუალოდ სახელს არ მართავს და, მეორეც, ერთი და იგივე ზმნა, ერთი და იმავე ფორმით, ხან ნათესაობითი ბრუნვის სახელის გვერდშია, ხან მიცემითისა; მაგალითად: „წარდგა წინაშე მეფისა“ (B I, 21), „წარადგინა იგინი წინაშე საკურთხეველსა“ (იქვე, II, 21).

გვაქვს თუ არა ამ შემთხვევაში საქმე რაიმე კანონზომიერებასთან, თუ ყველაფერი დამოკიდებულია ავტორისა და გადამწერის თვითნებობაზე, მათ სურვილსა და განწყობილებებზე?

ანალოგიურ მოვლენას ჩვენ სხვა ენაშიც ვხვდებით; მაგალითად, რუსული ენა რომ ავიღოთ და ყურადღება ორ წინდებულს—*в* და *на*-ს მივაქციოთ, დაეინახავთ, რომ ისინი მოითხოვენ ხან ბრალდებითს—*винительный*“, ხან წინდებულთან—*предложный*“ ბრუნვას; მაგალითად: *вошел в комнату—находится в комнате; поставил на стол—лежит на столе.* თუ რუსული ენის ამ ფაქტის ასახსნელად, სხვათა შორის, ისიც შეიძლება მიღებულ იქნეს მხედველობაში, რომ საქმე გვაქვს ზმნებით გამოწვეულ მოვლენასთან: *куда* (*винит.*) და *где* (*предложный*), ქართული მოვლენის ასახსნელად ასეთი მოსაზრება არ გამოდგება. მაშინ უნდა ედვას საფუძვლად ამ მოვლენას? აკად. ნ. მარი, ეგებოდა რა აღნიშნულ თანდებულთა ფუნქციას, ამბობდა: „Они определяют лишь отношение к месту, но сами несколько не управляют падежом“; კერძოდ „წინაშე“-ს შესახებ წერდა, რომ ის „сопровождает, смотря по тексту, падежи Р. или Д.“ [1]. როგორც ჩვენი მაგალითებიდან ჩანს, არ არის მართალი, თითქოს ეს თანდებულები „не управляют падежом“; თან—რას ნიშნავს „сопровождает падежи“, და ისიც „смотря по тексту?“ ეს შენიშვნები არაფერს გარკვეულს არ იძლევა.)

მაგრამ საჭიროა ჩაუკვირდეთ თითოეული თანდებულისათვის მოყვანილ მაგალითებს, რომ ერთგვარი კანონზომიერება ვნახოთ, რის შესახებაც გვექნება საუბარი შრომის მეორე ნაწილში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 აკად. ნ. მარის სახელობის ენის ინსტიტუტი  
 თბილისი

(შემოვიდა რედაქციაში 2.2.1942)

ЯЗЫКОВЕДЕНИЕ

Академик К. С. КЕКЕЛИДЗЕ

## К СИНТАКСИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ПРЕДЛОГОВ „წინაშე“, „თანა“ и „ზედა“ В ДРЕВНЕГРУЗИНСКОМ. I

Резюме

В работе исследуется вопрос: какими падежами управляют названные предлоги. Дается анализ материала.

Подробное резюме будет приложено ко второму сообщению.

Академия Наук Грузинской ССР  
 Институт Языка имени акад. Н. Я. Марра

ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Я. Марр. Грамматика древнегрузинского литературного языка, 1925, стр. 32—33.

აკადემიკოსი ა. შანიძე

ზენათა გარდამავლობის საკითხისათვის ქართულურ ენებში<sup>1</sup>

I

ქართველურ ენათა ზმნების გარდამავლობის რაობის გარკვევას არა მარტო თეორიული მნიშვნელობა აქვს, არამედ აგრეთვე პრაქტიკულიც, რადგანაც სასკოლო გრამატიკა ასეთ საკითხს გვერდს ვერ აუხვევს<sup>2</sup>.

ცნობები ზმნის გარდამავლობის შესახებ ქართველურ ენებში ყველაზე მეტად ჰ. შუხაროს მოგებობა მის ცნობილ გამოკვლევაში „ტრანსიტივის პასიური ხასიათის შესახებ კავკასიურ ენებში“ [1]. მაგრამ მას არა აქვს პირდაპირ მოცემული პასუხი კითხვაზე, თუ რა არის გარდამავლობის არსებითი ნიშანი ჩვენს ენებში. სათანადო ფორმულა პირველად მოცემულია ჩემს გამოკვლევაში ქცევათა შესახებ, რომელიც 1926 წ. დაიბეჭდა, სადაც, სხვათა შორის, იკითხება: „ის დამატება, რომელიც ბრუნვებს იცვლის, მაჩვენებელია ზმნის გარდამავლობისა ანუ ტრანსიტივიზმისა და ამიტომ ის არის პირდაპირი დამატება, დამატება ნივთისა, მეორე კი, რომელიც ბრუნვებს არ იცვლის, შეიძლება გარდაუვალ ზმნებსაც ჰქონდეს (ენებითს, საშუაღს) და ამიტომ ირიბ დამატებად, პიროვნების დამატებად ითვლება“ ([2], გვ. 314). „აქვს თუ არა (ზმნას) ირიბი დამატება, გარდამავლობისათვის მნიშვნელობა არა აქვს, ის კი არსებითია, აქვს თუ არა პირდაპირი დამატება“ ([2], გვ. 317). აქედან ცხადია, რომ გარდამავლობის არსებით ნიშნად ქართულში პირდ. დამატების ხმარება მიჩნეული.

სწორედ მოგახსენოთ, ჩემ მიერ აქ მოცემული განსაზღვრა ზმნის გარდა-

<sup>1</sup> წაკითხულია მოხსენებად სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საქ. ფილიალის I სესიაზე 28.IX.1939 წ. აქ იბეჭდება შემოკლებით.

<sup>2</sup> ეს წერილი ასე წარმოიშვა: 1938 წ. ავგისტოში საქართველოს სსრ განათლების კომისარიატისაგან მივიღე დავალება, დამეწერა გრამატიკა საშ. სკოლის V, VI და VII კლასებისათვის. ხელნაწერად წარდგენილი გრამატიკის განხილვის დროს (1938 წლის შემოდგომაზე) სარედაქციო კომისიის წევრებმა (გ. ახვლედიანმა, ა. ჩიქოვაძემ და ვ. თოფურიაშვილმა) არ გაიხიარეს შიგ გატარებული ზოგიერთი დებულება და მათ შორის დებულება გარდამავლობის საკითხის შესახებ („იცხოვრა“ ტიპის ზმნები მათ გარდამავლად შიანდათ). ამან მაიძულა საკითხს საგანგებოდ შევებოდი.

მელობისა განსაკუთრებულს არაფერს წარმოადგენს, იგი სხვა პრობლემასთან დაკავშირებით წამოიჭრა და მე მას ისე ვუყურებდი და ახლაც ისე ვუყურებ, რომ იგია ფორმულის სახით ჩამოყალიბება იმისა, რაც უკვე მიგნებული იყო სხვების მიერაც და ასე თუ ისე მოსჭვივის ზემორე დასახელებულს ჰ. შუხარათის ნაკვლევში. ამიტომ უთუოდ გაზვიადებულია ა. ჩიქობავას აზრი ჩემი ღვაწლის შესახებ ამ შემთხვევაში: „პროფ. ა. შანიძის უდავო და მნიშვნელოვან დამსახურებას ქართველურ ენათმეცნიერების წინაშე, სხვათა შორის, ზმნის გარდამავლობის განსაზღვრა შეადგენს“-ო ([3], გვ. 184]. ამავე საკითხის შესახებ 1930 წ. მე ვწერდი: „როდესაც ზმნა მესამე ობიექტურ პირშია, მისი გარდამავლობა გარეგნულად იმაში გამოიხატება, რომ სახელს, რომელთანაც დაკავშირებულია მისი გარდამავლობა, ხან სახელობით ბრუნვაში მოითხოვს და ხან მიცემითში“... „ყოველი ზმნა, რომელსაც პარდაპირი ობიექტი (ე. ი. ისეთი ობიექტი, რომელიც მესამე პირის<sup>1)</sup> ფორმასთან ბრუნვებს იცვლის) არა აქვს, ან არ შეიძლება რომ ჰქონდეს, გარდაუვალია“ ([4], გვ. 81).

პირდ. ობიექტის ხმარება სინტაქსური ნიშანია გარდამავლობისა, მაგრამ არსებობს მორფოლოგიური საშუალებაც ამ კატეგორიის დასადგენად. ამისთვის მივმართავთ ხოლმე ფორმათა დაპირისპირებას: მხატავს—მიხატავს, გაგტეხ—გავიტეხ და მისთ. ასეთი დაპირისპირებით შეგვიძლია გამოვარკვიოთ, რომ „პირი, რომელიც ობიექტად არის წარმოდგენილი ზმნის ფორმაში, შეიძლება ორგვარი იყოს: ერთი, რომელთანაც ზმნის გარდამავლობაა დაკავშირებული, და მეორე, რომელსაც ზმნის გარდამავლობასთან არაფერი აქვს საერთო“ ([4], გვ. 80). მაგრამ სინტაქსური ნიშანი უფრო მარტივია და თვალსაჩინოა და გარდამავლობის გამოსარკვევად ჩვეულებრივ იმას მივმართავთ ხოლმე.

პირდ. ობიექტის ბრუნვა-ცვალებადობა ქართველურ ენებში მჭიდროდ არის დაკავშირებული სუბიექტის ბრუნვა-ცვალებადობასთან და განუყრელია მისგან: თუ რომელსამე ზმნასთან პირდ. ობიექტი იცვლის ბრუნვებს, ეს იმას ნიშნავს, რომ აუცილებლად სუბიექტიც უნდა იცვლიდეს მით. როგორც ცნობილია, ბრუნვათა ცვალება ისეთია, რომ I სერიის მწკრივთა ფორმებთან სუბიექტი სახელობითში დგას, პირდ. ობიექტი მიცემითში; II სერიის მწკრივთა ფორმებთან სუბიექტი მოთხრობითშია, პირდ. ობიექტი სახელობითში; ხოლო III სერიის მწკრივთა ფორმებთან სუბიექტი მიცემითშია. პირდ. ობიექტი კი—სახელობითში. სქემა, მაშასადამე, ასეთია:

S	O <sup>1</sup>
I. სახელობ.	მიცემ.
II. მოთხრობ.	სახელობ.
III. მიცემ.	სახელობ.

(მაგალითი: I. მეზობელი აშენებს სახლს, II. მეზობელმა ააშენა სახლი, III. მეზობელს აუშენებია სახლი). აქედან ცხადია, რომ კომბინა-

<sup>1)</sup> იფულისხმება მესამე ობიექტური პირი.



ციური სისტემა, რომელსაც ემყარება სუბიექტისა და პირდ. ობიექტის გამოხატვა გარდამავალ ზმნასთან ჩვენს ენებში საზოგადოდ, საშუალებას გვაძლევს არსად არ დაემთხვეს ქვემდებარის ბრუნვას ბრუნვა პირდ. დამატებისა. ამით თავიდან აცილებულია ორპირობა და ყოველგვარი გაუგებრობა, ვინაიდან, მიუხედავად აკუსტიკის უქონლობისა, სუბიექტსა და პირდ. ობიექტს მკაფიოდ აქვთ გამოიხატული ბრუნვის ფორმები: მოთხრობითის ფორმა ყოველთვის სუბიექტის ბრუნვაა (ის იხმარება მხოლოდ II სერიის ფორმებთან), სახელობითი I სერიაში სუბიექტს აქვს განკუთვნილი, II და III სერიაში კი—პირდ. ობიექტს.

ბრუნვა-ცვალებადობა არ სჭირდება გარდაუვალ ზმნის სუბიექტს, რომელიც მუდამ სახელობითში დგას: არ სჭირდება იმიტომ, რომ გარდაუვალ ზმნას პირდ. ობიექტი არა აქვს, ხოლო ირიბი ობიექტისათვის, რომელიც შეიძლება მასაც ჰქონდეს, მიც. ბრუნვაა განკუთვნილი; ამრიგად, სუბიექტისა და ობიექტის შეხვედრა ბრუნვაში და აქედან წარმომდგარი შესაძლებელი გაუგებრობის შემთხვევები გარდაუვალ ზმნასთანაც აცილებულია თავიდან.

ზემორე მოყვანილი სქემა საერთოა ყველა ქართველურ ენათათვის, ოღონდ მეგრულსა და ქანურში (რამდენადმე აგრეთვე ქართლის დასავლურ კილოებში: გურულში, იმერულში) მოიპოვება ამ სქემის დარღვევის შემთხვევები, რაც უთუოდ ახალი მოვლენაა. უადგილობის გამო აქ ამაზე აღარ შეეჩერდები და სათანადო ლიტერატურის მითითებით დაეკმაყოფილდები ([5], გვ. 77; [6], გვ. 0133, § 132).

როცა ვსაუბრობთ სუბიექტისა და ობიექტის ბრუნვა-ცვალებადობაზე, ერთი გარემოება მუდამ უნდა გვახსოვდეს: III სერიის მწკრივთა ფორმები<sup>1</sup> გარდამავალი ზმნებისა წარმოშობით ყველა გარდაუვალია, მაგრამ მათ გარდამავლობა მოპოვებული აქვთ ინვერსიის წყალობით, რაზედაც ცალკე გვექნება საუბარი. ამიტომ ჩვენი მიზნისათვის ამჟამად საყვარელი საკმარისია გარდამავლობის დადგენა სუბიექტ-ობიექტის შეწყობის მიხედვით I და II სერიის ფორმებთან.

რაკი ზმნის გარდამავლობისათვის ქართვ. ენებში სინტაქსურად ფორმალური ნიშანი ბრუნვა-ცვალებადობაა როგორც სუბიექტისა, ისე ობიექტისა, ამიტომ, თითქო, შეგვეძლო გარდამავლობის სინტაქსური ნიშნის განსაზღვრა მოგვეცა არა ობიექტის მიხედვით, არამედ სუბიექტისა და გვეთქვა: გარდამავალი ყოველი ზმნა, რომელთანაც სუბიექტი ბრუნვებს იცვლისო. თუ ასეთი განსაზღვრა სწორი იქნებოდა, მაშინ ზმნები, როგორცაა: იცხოვრებს—იცხოვრა, იღუღებს—იღულა, იტირებს—იტირა, და მისთ.,—ყველა გარდამავლებში მოექცეოდა, რადგანაც მათ სუბიექტის ბრუნვები ეცვლებათ: იცხოვრებს კაცი—იცხოვრა კაცი, იტირებს ბავშვი—იტირა ბავშვი, იღუღებს წყალი—იღულა წყალი. მაგრამ არსებობს საკმაო საბუთი იმისი, რომ ესენი გარდამავალი ზმნებია? არა, არ არსებობს, რადგანაც ამათ ობიექტი არა აქვს და არც შეიძლება ჰქონდეს. ეს სინტაქსურად. მორფოლოგიურად კი მათ მართა სუბიექ-

<sup>1</sup> მწკრივის შესახებ ნ. [8].

ტური წყობის ფორმები აქეთ (ვიცხოვრებ, იცხოვრებ, იცხოვრებს...) ობიექტური პირის ფორმები კი (ვთქვათ: \*მიცხოვრებს, \*ვიცხოვრებს, \*გვიცხოვრებს) არ გააჩნიათ. ამ ნიშანთა მიხედვით ისინი აშკარად გამოიჯნულნი არიან ისეთი ზმნებისაგან, რომელთაც მორფოლოგიურად პირდაპირ-ობიექტური პირის ფორმები მოეპოვებათ და სინტაქსურად—პირდაპირი ობიექტი.

აღნიშნული ფორმების ისტორია ნათლად მიგვიჩივებს იმაზე, თუ რისგან არის გამოწვეული სუბიექტის ბრუნვა-ცვალებადობა. მაგალითისათვის რომ ავიღოთ ფრაზა „იღუღებს წყალი“, ენახათ, რომ ამის გვერდით არსებობს სხვა კონსტრუქცია, მისგან ძირითადად განსხვავებული რამდენიმე გრამატიკული ნიშნით: „იღუღებს წყალს“. ბრუნვის შეცვლა (წყალს—წყალი) სულ სხვა-ნაირად წარმოგვიდგენს „იღუღებს“ ზმნას. საქმის ვითარების ნათელსაყოფად ჩამოვწეროთ განსხვავებანი პარალელურად:

A

(იღუღებს წყალს)

a) ზმნა ორპირიანია, რადგანაც ორი პირის გაგებას გვაძლევს, სუბიექტისა და პირს. ობიექტისას. ამის მიხედვით სახელიც ორი ეწყობა: ამხანაგი იღუღებს წყალს.

b) ზმნა ქცევითანია, რადგანაც საპირისპირო ფორმები მოეპოვება: ადუღებს, იღუღებს, უღუღებს. „იღუღებს“ სათავისო ქცევის ფორმაა.

c) ასპექტის მიხედვით ზმნა დაუსრულებელია, მისი დასრულებული სახე იქნება „აიღუღებს“.

d) დროს მიხედვით ზმნა აწმყოა, თუმცა კი შეიძლება მომავლის მნიშვნელობითაც იქნეს ხმარებული.

B

(იღუღებს წყალი)

a) ზმნა ერთპირიანია, რადგანაც მხოლოდ ერთი პირის წარმოდგენას გვაძლევს, მარტო სუბიექტისას. ამის მიხედვით სახელიც ერთი ეწყობა: იღუღებს წყალი.

b) ზმნა უქცეოა, რადგანაც აქლია ქცევის კატეგორიის გამოსაჩენად საჭირო ფორმები.

c) უასპექტოა, რადგანაც სათანადო საპირისპირო ფორმა არ მოეპოვება.

d) მომავალია, აწმყოს მნიშვნელობით „დულს“ იხმარება.

როგორც აღნიშნულია ლიტერატურაში ([4], გვ. 168—169; [7], გვ. 50—53), ორივე რიგის „იღუღებს“ ერთია წარმოშობით, მაგრამ, როგორც შედარებითად ჩანს, ფუნქციონალური დიფერენციაცია ისე შორს არის წასული, რომ ამჟამად ყოვლად შეუძლებელია მათი მიჩნევა ერთი ზმნის ფორმებად. პირიქით, ერთპირიანი „იღუღებს“ ახლა არა ორპირიან „იღუღებს“-თან არის, არამედ ერთპირიან „დულს“-თან, რომელსაც ის დანაკლის ფორმებს უკვებებს ([4], გვ. 168—169; [7], გვ. 50—53).

ზემოთე თქმულის მიხედვით ჩვენთვის „იღუღებს“ (იღუღებს წყალი) ისეთივე გარდაუვალია, როგორც „დულს“, რადგანაც ისინი გაერთიანებულია

ერთპირიანობით და აქედან წარმომდგარი უნართ შეიწყოს მხოლოდ ერთი სახელი. ამიტომ გარდაუვალი „დულს—იდულებს“ ასეთსავე მიმართებაშია ერთმანეთთან, როგორც გარდამავალი „იდულებს—აიდულებს“.

დასკვნა, რომელიც აქედან გამომდინარეობს, თავისთავად ცხადია: ერთპირიანი ზმნები „იდულებს“ ტიპისა დღევანდელი ენის სისტემაში გარდაუვალია. მორფოლოგიური და სინტაქსური ნიშნები, რომლებიც მათ გარდამონაშთის სახით აქვთ შემონახული და რომლებიც ანათესავენ მათ გარდამავალ ზმნებთან, მიგვითითებენ მარტოდენ მათს ისტორიაზე: ისინი გარდამავლებია გენეტურად, წარმოშობის თვალსაზრისით, და არა სინტაქსური კავშირის მიხედვით პირდ. ობიექტთან (რომელიც მათ დღეს აღარ გააჩნიათ), ან მორფოლოგიური ნიშნისა მიხედვით, რომელიც გარდამავალ ზმნას სამპირიანად ან ორპირიანად წარმოგვიდგენს აუცილებლად <sup>(1)</sup>.

გარდამავლობის შინაარსისაგან დაცლა ზმნისა პირდ. ობიექტის დაკარგვასთან დაკავშირებით ჩვეულებრივი მოვლენაა ქართველურ ენებში: აღნიშნული ტიპის ზმნებს გარდა მას ჩვენ ვხვდებით I უღლების ზმნებთანაც. პირდ. ობიექტთან შეწყობის უნარის დაკარგვასთან ერთად ზმნას პ.-ობ. პირი ეკარგება და სამპირიანი ზმნა ორპირიანი ხდება, ორპირიანი კი — ერთპირიანი. ორსავე შემთხვევაში ზმნას შეიძლება შერჩეს მორფოლოგიური და სინტაქსური ნიშნები, რომლებიც მათს წარმოშობაზე მიგვითითებენ, კერძოდ სუბიექტის ბრუნვა-ცვალებადობა, ამის მაგალითებია: „მტკვარმან გარდამოხეთქა“ (მოკცევაჲ ქართლისაჲ, 777); „და მიიმართა კოლტმან მან კლდით კერძო ზღუასა“ (მარკ. 5, 13 აღიშით); გულმა არ მოუთმინა; მონადირემ ირემს სდია; კამათმა დიდხანს გასტანა; შუალამემ მოატანა; ალექსანდრემ თელავს გასწია; „დარეჯანმა ასადგომად წამოიწია“ (ი. ჭავჭ.); გზაში თოვლმა მოგვასწრო; წვიმამ გადაიღო და მისთ.

სავანგებოდ უნდა შევხერდეთ „შეხედვა“ ზმნაზე. ამ ზმნასთან სუბიექტად შეწყობილი სახელი ბრუნვა-ცვალებადია: „ლ უ ა რ ს ა ბ ბ ი დარეჯანს შეხედაეს“ — „ლ უ ა რ ს ა ბ ბ ა დარეჯანს შეხედა“; ობიექტი კი („დარეჯანს“) ბრუნვა-უცვალელებელია, მაშასადამე, ირიბია. ერთ დროს კი ზმნას მეორე ობიექტიც უნდა ჰქონოდა, პირდაპირი, და მის როლში აქ მუდამ ერთი და იგივე სახელი უნდა ყოფილიყო: „თუალნი“ (მრავლ. ფორმით); შეხედაეს თუალთა, შეხედნა თუალნი (მდრ. აღიხილნა თუალნი). დროთა განმავლობაში გამოივარდნილა პირდ. ობიექტი, რადგანაც ის ერთად-ერთი სიტყვით იყო წარმოდგენილი და დაუსახელებლადაც ადვილი იყო მისი გულისხმობა. ამას კი შედეგად მისი სრული დაკარგვა მოჰყოლია. მაგრამ ზმნას შემორჩენია არა მარტო სინტაქსური ძალა გარდამავალი ზმნისა (სუბიექტის დასმა მოთხოვრებითში), არამედ აგრეთვე მორფოლოგიური ნიშანიც: მრავლობითის ინფიქსი ნ: შე(ჰ)ხედ-ნ-ა, მი(ჰ)ხედ-ნ-ა:

<sup>(1)</sup> ამით მოხსნილია საკითხი „ნახევრად გარდამავლობის“ შესახებ ([4], § 70, შენიშვნა). ამ ტერმინის დატოვება შეიძლებოდა გამართლებულიყო მხოლოდ ტექნიკური მოსაზრებით.

„მიხედნა პატრეაქმან იოვანეს“ (იოანე ოქროპირის ცხ., ხელნ., 51 r); „ოდეს დახედნეს ქუეყანასა“ (ამირ.—დარეჯ.);

„სალამო ჟამ დაიზახა ქედით მათმა დარაჯამან:

ნულარა სდგათ, წაედითო, კულა მოგუხედნა რისხვით ცამან“ (ვეფხ. ტყ.).

პირდ. ობიექტის დაკარგვასა და ორპირიანად გადაქცევასთან ერთად ამ ზმნას ადრე დაუწყია პირდ. ობიექტის მორფოლოგიური ნიშნის დაკარგვა: თუ, მაგ., ადიშის ოთხთავში სწერია (ლუკ. 24, 12): „და შთახედნა და იხილნა მჩუარნი ხოლო, რომელნი ისხნეს“, სამაგიეროდ ხანმეტ ვერსიაში ვკითხულობთ: „და შთახედა და იხილნა ტილონი იგი ხოლო მდებარენი“. ბრძოლა ამ ზმნის წარიან და უწარო ფორმებს შორის საუკუნეთა მანძილზე იმით დამთავრდა, რომ დღეს სალიტერატურო ენაში მხოლოდ უწარო ფორმა იხმარება: შეხედა, გახედა და სხვ. წარიანი ფორმები შეიძლება დიალექტებში შეგვხვდეს, მაგ. ფშაურში (აქედან ვაქასთან: „შტერად გაჰხედნებს“<sup>1</sup> ზეკასა“: „გველის მკამ“.), ხევსურულში („გახენე“—გახედნე) და სხვ.

ამგვარად, „შეჰხედა“ ზმნა, წარმოშობით გარდამავალი და სამპირიანი, გარდაუვალი გაზდა, რადგანაც დაკარგა გარდამავლობის ნამდვილი ნიშანი, — ბრუნვა-ცვალეზადი ობიექტის მოთხოვნის უწარი და, ამასთან დაკავშირებით, პირდაპირ-ობიექტური პირის ფორმები და ამით ის ორპირიან გარდაუვალ ზმნებში გადაირიცხა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 აკად. ნ. შარის სახელობის ენის ინსტიტუტი  
 თბილისი.

(შემოვიდა რედაქციაში 5.2.1942)

ЯЗЫКОВЕДЕНИЕ

Академик А. Г. ШАНИДЗЕ

## К ПРОБЛЕМЕ ПЕРЕХОДНОСТИ ГЛАГОЛОВ В КАРТВЕЛЬСКИХ ЯЗЫКАХ

Резюме

В статье указывается, что морфологическим признаком переходности глаголов в картвельских языках служит наличие прямо-объектных форм, а синтаксическим — способность постановки прямого объекта. Подробное резюме будет приложено к концу второго сообщения.

Академия Наук Грузинской ССР  
 Институт Языка имени акад. Н. Я. Марра  
 Тбилиси

<sup>1</sup> 5 გადმოტანილია I სერიის ფორმაში

დავოწმებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Schuchardt. Über den passiven Character des Transitivs in den kaukasischen Sprachen. Wien, 1895.
2. ა. შანიძე. ქართული ზმნის საქცევი: ტ. უ. მ. 1926, გვ. 312 და შმდ.
3. ა. ჩიქობავა. მარტივ წინადადების პრობლემა ქართულში. 1928, გვ. 184.
4. ა. შანიძე. ქართული ენის გრამატიკა. I. მორფოლოგია. 1930.
5. Н. Марр. Грамматика чанского (лазского) языка с хрестоматией и словарем. СПб. 1910.
6. И. Кипшидзе. Грамматика мингрельского (иверского) языка с хрестоматией и словарем. СПб. 1914.
7. ა. შანიძე. უღლილება (ქართ. ენა. განაკვეთი VIII—X). 1933 [ლითოგრაფ.].
8. А. Шанидзе. Категория ряда в глаголе. Изв. ИЯИМК, X, 209—229.



აკადემიკოსი პრ. ჩიქობავა

მახვილის საკითხისათვის ძველ ქართულში<sup>(1)</sup>

(წინასწარი მოხსენება)

I

ძველ ქართულში მოგვეპოვება უმარცვლო უ-ს შემცველი ფუძეები. ასეთია, მაგალ.:

**სუამ-ს** (ახ. ქართ. **სვამ-ს**), მასდარი **სუმა**; როგორც **სუამ-**, ისე **სუმა** ერთმარცვლიანი ფუძეებია. უ მარცვალს არა ქმნის.

ეს უმარცვლო უ ხმოვნის წინ დაცულია ახალ ქართულშიც—**სვამ-ს**, **სვა**, მაგრამ თანხმოვნებს შორის მ-ს მეზობლობაში დაკარგულია: **სმა**—**სემა**...

მეგრულსა და კახურში თანხმოვნებს შორის ამ უმარცვლო უ-ნის ნაცვლად სრული უ გვაქვს:

შდრ. ქართ. **სმა** — **სემა** (სტმა)

მეგრ. **შუმა**

(კან. **ო-შუმ-უ**)

რატომ დაიკარგა უ ქართ. **სუმა**-ში და რატომ შეგვენახა უ მეგრ. **შუმა**-ში? ცხადია, იმიტომ, რომ მახვილი ქართულში ა-ზე მოდის, მეგრულში უ-ზე: **სტმა** — **შტმა**.

აქედან სხვა დასკვნის გაკეთება არ შეიძლება, თუ არ იმისა, რომ:

1. ქართულ ფუძეში **სტმა** და მის კანონზომიერ მეგრულ შესატყვისში **შუმა** მახვილი სხვადასხვა ადგილას მოდის:

ქართულში ის უკანასკნელ მარცვალსა ხვდება, ხოლო მეგრულში—**მეორეზე**.

2. მახვილიანი უ მარცვალს ქმნის, უმახვილო, პირიქით, უმარცვლო უ-ს სახით წარმოგვიდგება.

ზემოთქმულის სისწორეს ადასტურებს შემდეგი გარემოება:

1. იმავე მეგრულში სრული ხმოვანი უ შეიძლება უმარცვლო უ-მდე დასუსტდეს, თუ უშუალო მეზობლობაში ხმოვანი გაჩნდა (და უ-ზე მახვილი არაა):

შტმა — „სმა“

შტნს — შუმს „სვამს“

მა-შუმ-ალ-ი „მსმელი“

ო-შუმ-ალ-ი „სასმელი“

(<sup>1</sup> მოხსენდა საქართ. მეცნიერ. აკადემიის საზოგად. მეცნიერ. განყოფ. მეორე სესიას (1941 წლ. 13 ივნისს).



მაგრამ აორისტში: I პ. მა გეტყვი „მე დავლიე“, „შევსვი“

II პ. სი გეტყვი („შენ შევსვი“

ლექსში: გეტყვია, გეტყვია, ახალი დო ჯვეშია!

„შესვიო, შესვიო, ახალი და ძველიო“...

III პ. თიქ გეშუ—გეშე-უ „იმან შესვა“

ბოლოკიდური უ—ო და არის S<sub>3</sub> ა-ს ეკვივალენტი.

ასევე—კავშირებით შესამეში:

მა ვშვა „მე ვსვა“

სი შვა „შენ სვა“

თიქ შვას „მან სვას“

სრული უ უმარცვლოთი შეიცვალა, როგორც კი მეზობლად ხმოვანი გაჩნდა. რატომ? იმიტომ, რომ ისაა მატარებელი მახვილისა.

შდრ. მაშუმალქ შვას—მაშულქ შუას. „მამელმა სვას, მქსოველმა ქსოვოს“...

მომდევნო ხმოვანი პირობაა, მაგრამ არასაკმარისი იმისათვის, რომ მახვილი მასზე იყოს: შვას—შუას. შეიძლებოდა გვეთქვა: შუას—შუვას „ქსოვოს“ და ამიტომ, რომ უ სრულ ხმოვნად დარჩაო.

მაგრამ ეს არა წყვეტს ამ საკითხს:

თქუას—ზმნაში („თქვას“) უ-ს ვ არ მოსდევდა, მაგრამ სრულხმოვნაიანი უ მოგვცა მეგრულში (იხ. აქვე, ქვემოთ).

2. იმავე ძვ. ქართულში უმარცვლო უ—მარცვალწარმოქმნილი შეიძლება გახდეს:

სუ! ახ. ქართ. სვი!

სუთ! „ „ სვით!

ესეც, რა თქმა უნდა, მახვილზეა დამოკიდებული: სხვა ხმოვანი არა ჩანს, რომ მახვილი მასზე იყოს.

სუმა || შუმა—ფუძის მაგალითის განხილვამ გვაჩვენა, რომ ა. არსებობს კანონზომიერი ურთიერთობა მახვილის ტარება-უტარებლობასა და უ ბგერის რედუქციას შორის: უ—უ: მახვილიანი უ სრული ხმოვანია.

უმახვილო უ ქართულში უმარცვლოა, მეგრულში კი სრულხმოვნობას ინარჩუნებს, სანამ უშუალო მეზობლად სხვა, მახვილიანი, ხმოვანი არ გაჩნდება.

ბ. მახვილი ამ ფუძეში შეიძლება იყოს პირველ მარცვალზედაც ბოლოდან; ეს ითქმის, როგორც ქართულის, ისე მეგრულის შესახებ.

არსებითად იგივე მდგომარეობა გვაქვს ძვ. ქართ. ზმნაში თქუმა—თქუ-ამ-ა ახ. ქართ. თქმა, აწმ. ი-თქუ-ამ-ს (სულთ ითქუამს):

უ-თქუ-ამ-ს: აღ-უთქუ-ამ-ს; გული უ-თქუ-ამ-ს.

ნამ. უსრ. ი-თქუ-ამ-და || ი-თქუ-მ-ი-და

უ-თქუ-ამ-და || უ-თქუ-მ-ი-და

აორისტი: ვ-თქუ ვ-თქუ-თ კავშირ. II ვ-თქუ-ბ ვ-თქუ-ბთ

ს-თქუ ს-თქუ-თ ს-თქუ-ბ ს-თქუ-ბთ

თქუ-ბ თქუ-ბს თქუ-ბს თქუ-ბნ

(<sup>1</sup> ეს -ი ზღვარებისა და არა აორისტის უფუნქციო -ი)

ნ. ხოლმ. ვთქვ—ვთქუ-რ ვ-თქვთ—ვ-თქუთით  
 ს-თქვ—სთქუ-რ ს-თქვთ—ს-თქუ-რით  
 თქვ-ს—თქუ-რ-ს თქვან—თქუ-რან

აწმყოსა (და ნამყო წყვეტილში) მახვილი პრეფიქსზე ჩანს:  
 რ-თქუამს უ-თქუამს

აორისტსა და კავშირებით მეორეში მახვილი ბოლოდან პირველ მარცვალზეა; აორისტის პირველსა და მეორე პირში ის ხვდება უ-ს: აქ უ-სრულ-მარცვლიანია: ვ-თქუ, ს-თქუ.

მესამე პირში ბოლო მარცვალს სუფიქსები ქმნიან, მახვილი მათზეა, წინამავალი უ- უმარცვლოა.

უმარცვლოა ის კავშირებითი მეორის ყველა პირში: მახვილი ყველგან ა-სუფიქსზეა.

უმარცვლოა უ- ხოლმეობითშიც, სადაც მახვილის მატარებელი ხოლმეობითის სუფიქსი -ი გამოდის. მეგრულში აორისტს—მესამე პირის გარდა—უმარცვლო უ აქვს, მრავლობითის მესამე პირში—სრული უ:

მა ფთქვრ ჩქი ფთქვრთ  
 სი თქვრ თქვა თქვრთ  
 თიქ თქუ—თქვ-უ თინენქ თქუეს

კავშირებით მეორეში ყველგან მახვილი უ-ზეა:

მა ფთქუ-ა ჩქი ფთქუათ  
 სი თქუა თქვა თქუათ  
 თიქ თქუას თინენქ თქუან(ი)

აორისტში მესამე პირის გამოკლებით მეგრული იმეორებს ძვ. ქართული ხოლმეობითის ვითარებას, რაც საეხებით ბუნებრივია: როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მეგრ. აორისტის -ი იგივეა, რაც ხოლმეობითის<sup>1</sup> -ი (და არა აორისტის უფუნქციო -ი!)

კავშირებით მეორეში (ისევე, როგორც აორისტის მრავლ. მესამე პირში) უ- სრული ნმოვანია, მახვილის მატარებელი.

ამით განსხვავდება მეგრული ქართულისაგან (ამის გამოკლებით კავშირებითი მეორე ქართულისა და მეგრულისა ერთი და იგივეა).

მაგრამ მეგრული ამ შემთხვევაში ჰანურსაც ისევე შორდება, როგორც ქართულს:

ჰანურს აორისტის მრავლ. მესამე პირშიც უმარცვლო უ- აქვს და კავშირებით მეორეშიც:

აორისტი: ჰემთეფექ თქვეს „იმათ თქვეს“  
 კავშირებ. მეორე: მა ფთქვ „მე ვთქვა“ ჩქუ ფთქვთ „ჩვენ ვთქვათ“  
 სი თქვ „შენ თქვა“ თქვა თქვთ „თქვენ თქვათ“  
 ჰემუქ თქვას „იმან თქვას“ ჰემთეფექ თქვან „იმათ თქვან“

არსად სრული უ არა გვაქვს, ყველგან მახვილი საწარმოებელ ა სუფიქსს ხვდება.

<sup>1</sup> დაწვრილებით ამის შესახებ—ცალკე.





ერთი სიტყვით, ამ ზმნაში ქანური ქართულს იმეორებს. და ეს გვაფიქრებინებს, რომ მეგრულშიც ისეთივე მდგომარეობა უნდა გვექონოდა აქ, როგორც ქანურსა და ქართულში გვაქვს, და როგორც იმავე მეგრულში გვაქვს **შუმა** „სმა“—ზმნაში: შვეს—ფშვა, შვა, შვას... (იხ. ზემოთ): მახვილის გადანაცვლება უკანასკნელი მარცვლიდან წინა მარცვალზე მეორეული მოვლენაა. და მაინც ეს მეორეული მოვლენა მეტად საგულისხმოა: მახვილმა ადგილი იცვალა მას შემდეგ, რაც ქანური და მეგრული ერთურთს დასცილდა—ესა უცილობელი დასკვნა, რომელიც აქედან უნდა გაკეთდეს და რომელსაც პრინციპული ღირებულება აქვს ქართველურ ენათა ისტორიისათვის.

მასთან ეს მეორეული მოვლენა ადასტურებს მახვილისა და უ-ს რედუქციის კანონზომიერ ურთიერთობას: უმახვილო უ უმარცვლო, არასრულხმოვანი უ-ა (უ ანუ ახლანდელი ვ) და პირუკუ: ვ (respect. უმარცვლო უ) სრულ უ-დ იქცევა, თუ მას მახვილი მოხვდა.

კი მაგრამ, ასე მსჯელობა ბუნებრივი ჩანს, როცა ახ. ქართ. თქვას, ქან. თქვას და მეგრ. თქუას ფორმებს ვადარებთ ერთმანეთს.

ახ. ქართ. თქვას ვ-ს იყენებს იქ, სადაც ძვ. ქართ. უ იწერებოდა: თქუას. რა უფლება გვაქვს ვიფიქროთ, რომ ძვ. ქართ. თქუას-ში მახვილი ა-ზე იყო და არა უ-ზე, როგორც ეს მეგრულში გვაქვს, ე. ი. საიდან ვიცით, რომ აქ უ უმარცვლოა? აკი თქუას ისევე იწერება უ-თი, როგორც თქუ?

შეიძლებოდა მიგვეთითებინა იმაზე, რომ თქუას-ის მემკვიდრეა ახ. ქართ. თქვას; მაგრამ მას შემდეგ, რაც ქანურსა და მეგრულს სხვაობა აღმოაჩნდათ, და მახვილის ადგილის ისტორიული მონაცვლეობა შესაძლებლადაც მივიჩინეთ, ეს საბუთი საკითხს ვერ გადაწყვიტს; გვეტყვიან: თქვას-ში მახვილი ა-ზეა, მაგრამ ძვ. ქართ. თქუას-ში მახვილი უ-ზე იყო ისევე, როგორც თქუ, თქუთ ფორმებშიაო.

ჩვენთვის საინტერესო ფორმებში უ რომ უმახვილო და უმარცვლო იყო ძვ. ქართულში, ამას ექვ-მიუტანლად მოწმობს მისი დაკარგვა მასდარში:

თქუმა — თქმა (სუმა — სმა) შეუძლებელი იქნებოდა, რომ უ სრული ხმოვანი ყოფილიყო. მაშასადამე, უ სრულ ხმოვანსაც აღნიშნავს ძველ ქართულში და უმარცვლო უ-საც.

და მახვილია ის ფაქტორი, რომელიც უ-ნიშნით გადმოცემული ბგერის ფონეტიკურ ღირებულებას არსებითად ცვლის.

მახვილის ფუნქციას ასეთ შემთხვევაში თელსაჩინოს ხდიან ისეთი შემთხვევები, სადაც უ-გვაქვს მიღებული ვ-თი აღნიშნული ბგერისაგან:

ზღრ. ქართ. რვა  
მეგრ. რუო || ბრუო  
ქან. რვრო—ო-რვ-ო  
სვან. არა

ქანურმა შეგვინახა ვ გადასმით (წინამდევალი ო-პრეფიქსი სვან. ა-ს შესაბამისია, ფუნქცია არა ჩანს!). მეგრულში ვ-ს ადგილას უ გვაქვს და ეს უ-მახვილიანია, უკეთ ვთქვათ: უ იმიტომ გვაქვს, რომ ის მახვილიანია.

და პირუკუ, შეიძლება დავასკვნათ: ძვ. ქართულში გ იმიტომ გვაქვს, რომ მახვილი ა-ზე იყო.

შდრ. აგრეთვე: ქართ. შე-ილ-—შე-  
მეგრ. სქჷ-ა „შეილი“  
მეგრ. ქან. სქ-ი-რ-ი — სქ-ვ-ირ-ი

(შდრ. ქართ. შეიდ—ქან. შქით...)

ძვ. ქართ. გ-ს შესაბამისად მეგრულში სრული უ რომ მივიღეთ, ეს იმის მაუწყებელი უნდა იყოს, რომ ძვ. ქართ. გ და უმარცვლო უ-ს შორის გარდაუვალი ზღვარი არ ყოფილა მიუხედავად იმისა, რომ წერაში გ და უმარცვლო უ ძვ. ქართულში მტკიცეა და გარჩეული (გ-ს უმარცვლო უ-თი შენაცვლების ცალკეული ფაქტებილა გვაქვს: მოიყუანა...)

უ ხმოვნისა და მახვილის ურთიერთობას ჩვენთვის კერძობითი მნიშვნელობა არა აქვს: მასში უნდა ჩანდეს ზოგადი ურთიერთობა ხმოვნის რედუქციასა (დასუსტება-დაკარგვასა) და მახვილს შორის<sup>1</sup>.

თუ ეს ვარაუდი სწორია, იგი სხვა ხმოვნების მაგალითზედაც უნდა დადასტურდეს, მასთან არა მარტო ზმნაში, არამედ სახელშიც.

ამ თვალსაზრისით უნდა იქნეს განხილული ფუძისეული ხმოვნისა და საწარმოებელი აფიქსის ხმოვნის დაკარგვის ცნობილი მაგალითები.

ზმნათაგან აქ საინტერესოა ჰრქუა, სცა... აორისტში გვაქვს:

მე	ვარქუ (მარქუ)	პატივი	ვეც
შენ	არქუ (გარქუ)	"	ეც
მან	ჰრქუა	"	სცა
ჩუენ	ვარქუთ	"	ვ-ეცით
თქუენ	არქუთ	"	ეცით
მათ	ჰრქუეს	"	სც-ეს

მესამე პირში დაკარგულია ა (არქუ-ზმნაში) და ე (ეც-ზმნაში). მიზეზია სუფიქსები -ა (S<sub>2</sub> მხ.) და -ეს (S<sub>2</sub> მრავლ.). ვვარაუდობთ, რომ პირველსა და მეორე პირში მახვილი სწორედ ამ -ა და -ე-ზე იყო, მესამეში კი ბოლო მარცვალზე, ე. ი. სუფიქსებზე: ვარქუ ვმც

არქუ ეც  
ჰრქუა სცა:

ხმოვნით დაწყებული (I და II პირში) ფუძე მესამე პირში თანხმოვნით დაწყებული აღმოჩნდა და შესაბამისი პრეფიქსები ჰ (ჰ-რქუა) და ს (ს-ცა) გაიჩინა.

საინტერესოა, რომ ეც- ფუძეს მესამე პირშიც შეუძლია ე- შეინარჩუნოს: ე-ც-ა, — და მაშინ ვნებითის მნიშვნელობა აქვს<sup>2</sup>.

პატივ- სცა მან მას — ეცა იგი მას.

ჰრქუა=ზმნაც და- პრევერბის დართვისას ინარჩუნებს ა- ხმოვანს: დაარქვა, მაგრამ ეს ძველ ქართულს არ უნდა ახასიათებდეს, — ძვ. ქართულში ამ მნიშვნელობით იხმარებოდა უწოდა (ენებ. ეწოდა) ზმნა.

<sup>1</sup> ინდოევროპული ენებისათვის ანალოგიური საკითხი ამგვარადვეა გადაწყვეტილი: იქ მახვილის როლი ამ მხრივ საყოველთაოდ აღიარებულია.

<sup>2</sup> ამას შეუძლია მოგვეცეს ერთგვარი დასკვნა ენებითისა და მოქმედებითის წარმოქმნის ისტორიული ურთიერთობის შესახებ.

ფუძისეული ხმოვნის რედუქციას ქართულში იწვევს ხმოვნისაგან შემდგარი ანდა ხმოვნით დაწყებული სუფიქსი, სვანურში გარდა ამისა—ხმოვნისაგან შემდგარი ანდა ხმოვნით გათავებული პრეფიქსიც ([1] გვ. 7—11).

ქართულში ხმოვნით გათავებული პრეფიქსი, როგორც წესი, არ იწვევს ფუძისეული ხმოვნის დაკარგვას.

მაგრამ არის რამდენიმე „გამონაკლისი“:

ზმნები ჯამს, ჩანს, ღვას, ძვეს... კარგავენ ამ ერთად ერთ ხმოვანს, როგორც კი ფუძეს დაერთვის პრეფიქსები მი-, გი-, უ-, გვ-:

ჯამ-ს:	ჩან-ს:	ღვა-ს	ძვე-ს
მი-ჯმ-ს	მი-ჩ(ნ)-ს	მი-ღგ-ს	მი-ც—მი-ძ-ს—მი-ძ(ვე)-ს
გი-ჯმ-ს	გი-ჩ(ნ)-ს	გი-ღგ-ს	გი-ც—გი-ძ-ს—გი-ძ(ვე)-ს
უ-ჯმ-ს	უ-ჩ(ნ)-ს	უ-ღგ-ს	უ-ც—უ-ძ-ს—უ-ძ(ვე)-ს
გვ-ჯმ-ს	გვ-ჩ(ნ)-ს	გვ-ღგ-ს	გვ-ც—გვ-ძ-ს—გვ-ძ(ვე)-ს

ეკვს გარეშეა, ფუძისეული ხმოვნის დაკარგვის მიზეზი პრეფიქსისეული ხმოვნის მახვილში უნდა ვიგულოთ.

ქართულისათვის ჩეულებრივია ფუძის შეკუმშვა სუფიქსისეული ხმოვნის ზეგავლენით: ისტორიული აზრი ამ მოვლენისა იმაში უნდა მდგომარეობდეს, რომ სათანადო სუფიქსს მახვილი ხვდებოდა:

ძმ-ისა, ღღ-ისა, ძულ-ისა-ს მსგავსად უნდა ყოფილიყო მველ-ისა, მეგობრ-ისა, მასწავლებლ-ისა... მვევალ-, მეგობარ-, მასწავლებელ- ისევე იკუმშებოდა ამგვარი მახვილის ზეგავლენით, როგორც, ვთქვათ, რუს. отел—ნათესაობითში отица... მრავლობითში: отиць, отица...

ზოგ ქართულ კილოში ამჟამად გვაქვს ხმის აწევა მეორე მარცვალზე ბოლოდან; ეს პრინციპულად მეტად საინტერესოა, პრინციპულად, რადგანაც აქ მახვილი მუსიკალური ჩანს<sup>(1)</sup>.

მართალია, ახლა არა გვაქვს მახვილი ზემოხსენებულ სუფიქსებზე; გვეჩოთირება კიდეც, „მეგობრისა“ რომ ვინმემ თქვას; კიდეც უფრო უცნაურად მოგვეჩვენება ხმის აწევა უკანასკნელ მარცვალზე: ი-მარხავ-ს მარხე-ა, შენიშნ-ა-ვ-ს—შენიშვნ-ა, დავედგ—დადგა, მოვკალ—მოკლა...

მაგრამ ეს იმიტომ, რომ ამჟამად დინამიკური მახვილი წინანდელი ინტენსიობისა მოშლილია, ფონეტიკური მწვერვალი აღარა ჩანს სიტყვაში და მწვერვალის ნაცვლად ხმის ოდნავი ამალღება და გვაქვს, ისიც არა ბოლო მარცვალზე.

ეს მეორეული, ანალი მოვლენაა და რომ ასე არ ყოფილა წინათ, იმ ერთ-მარცვლიან სიტყვათაგანაც ჩანს, რომელნიც ორმარცვლიანთაგან მივიღეთ ბოლოკიდურ მარცვალზე მახვილის ტარების შედეგად:

(<sup>1</sup>) ამასთან დაკავშირებით ბუნებრივია მოგვაგონდეს ძველი სომხური, რომლისთვისაც ისტორიულად ამოსავალს შეადგენს მახვილი ბოლოდან მეორე მარცვალზე; ამას კავკასიურ ენათა წრეს იქით არ გავყავართ: Hirt-ი პირდაპირ ამბობს—მეორე მარცვალზე მახვილი სომხურში ინდოევროპულიდან არ გამოიყვანება... ([2], § 122, გვ. 180).

სუმა, თქუმა, დგმა: აქ ჩვენ სრულებით არ გვეჩოთირება „უქანასკნელ“ მარცვალზე ხმის აწევა: სმა, თქმა, დგმა, თუმცა მეგრული (შუმა, დგუმა...) მოწმობს, რომ სტმა, თქტმა, დგტმა-ც შეიძლებოდა მიგვეღო.

უქანასკნელ მარცვალზე დინამიკური მახვილის ქონა გარკვეული დიალექტისა თუ ენობრივი წრისათვის სრულიად უცილობელი ფაქტი ჩანს.

მახვილს ბოლოკიდურ მარცვალზე მიეწერება თავში თანხმოვანთა თავმოყრა:

- ძმა- — ძამ-ა შდრ. ქან. ჯუმ-ა, მეგრ. ჯიმ-ა
- თთუე — თუთ-ე ქან. მეგრ. თუთა
- ჩჩულ- — ჩიჩულ- " ჩჩიჩულ

მახვილიანი ა რომ გადაურჩებოდა დაკარგვას, ამაში ძამ-იკო! ძამ-ო! — მიმართვითი ფორმები — გვემოწმებიან.

აქამდის დადასტურებული შემთხვევები მახვილს ან სუფიქსზე გვიჩვენებდნენ (ძმ-ა-, სუმ-ბ) ან პრეფიქსზე (მრ-ვმ-ს, მრ-ჩ-ს, მრ-ც...)...

აფიქსზე მახვილის ქონა საგულისხმოა, მაგრამ ეს არ ნიშნავს, რომ მახვილი შეუძლებელი იყო ფუძისეულ მასალაზე.

ფუძისეულ მასალაზე მოქცეული მახვილი აფიქსის ხმოვნის დაკარგვასაც კი იწვევს: ესაა შეკვეცილი დეტერმინანტი სუფიქსები.

- თაფ-ლ- — თაფ-ალ- შდრ. ზან. თოფ-ურ-
- ვაშ-ლ- — ვაშ-ალ- უშქ-ურ-
- მატ-ლ- — მატ-ალ- მუნტ-ურ-
- ცეცხ-ლ- — ცეცხ-ალ- — სე-ცხ-ალ- დაჩხ-ურ-
- ძალ-ლ- — ძალ-ალ- ჯოლ-ორ-
- შდრ. ძმ-ა- — ძამ-ა ჯუმ-ა
- დღ-ე- — დალ-ე- (სვან. ლა-დელ-).

ძმა-ში ფუძისეული -ა- იკარგება სუფიქსზე მახვილის მოხვედრის გამო, აქ კი (თაფლ-, ვაშლ- და მსგავს შემთხვევებში) მახვილი თავიდან პირველ მარცვალზეა და მის ზეგავლენით სუფიქსისეული ხმოვანია<sup>1</sup> დაკარგული.

ბოლოდან მეორე მარცვალზე მოქცეული ეს მახვილი ნამდვილად თავში, პირველ მარცვალზე, დასმული მახვილია.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
ენის ინსტიტუტი აკად. ნ. მარის სახელობისა  
თბილისი

(შემოვიდა რედაქციაში 26.2.1942)

<sup>1</sup> ამგვარი შესაძლებლობა ცნობილია სხვა ენებიდანაც. ასე, მაგალითად, ლათ. dexter, უმბრ. destre ითვლება dexitero-საგან მიღებულად (იხ. 3] § 57, გვ. 63), აგრეთვე H. Hirt-ის მაგალითი: ფრ. exposition — ინგლ. ექსპოზიციონი (2], § 4, გვ. 18).

Академик АРН. ЧИКОБАВА

## К ВОПРОСУ ОБ УДАРЕНИИ В ДРЕВНЕГРУЗИНСКОМ ЯЗЫКЕ

### I

#### Резюме

Путем сравнительного анализа глагольных форм грузинского и занского (чанского и мегрельского диал.) языков, а также структуры именных основ тех же языков, делается определенное заключение о природе и месте ударения в древнегрузинском литературном и занском языках. В отношении ново-грузинского литературного произношения в качестве основного вопроса выдвигается взаимоотношение «словесного ударения» и «фразового ударения» (Л. В. Щерба).

Подробное резюме см. в конце второго сообщения.

Академия Наук Грузинской ССР  
 Институт Языка имени акад. Н. Я. Марра  
 Тбилиси

#### ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ა. შანიძე. წელიწადის ეტიმოლოგიისათვის.—ქართული საენათმეცნიერო საზოგადოების წელიწადული, ტ. I—II, 1923—24.
2. H. Hirt. Indogermanische Grammatik, I. V. Der Akzent. Heidelberg, 1929.
3. K. Brugmann. Kurze vergleichende Grammatik der indogermanischen Sprachen. Strassburg, 1904.



პლ. შანგიძე

«ინფინიტივის» ფორმათა წარმოება და მნიშვნელობა უღურ ენაში<sup>(1)</sup>

I

1. ინფინიტივის წარმოებისა და გენეზისის საკითხი კავკასიურ ენათა სინამდვილისათვის საყურადღებო პრობლემას წარმოადგენს. ცნობილია, მაგალითად, რომ ქართველურ ენებში ინფინიტივი (modus infinitivus) არა გვაქვს<sup>(2)</sup>. იმავე დროს მკვლევართა უმრავლესობა სხვა კავკასიურ ენებში ამ გრამატიკულ კატეგორიას გამოჰყოფდა და მის ფუნქციებსაც ჰპოულობდა. ამგვარადვე, უღურშიაც ყველა მკვლევარი ადასტურებდა ინფინიტივის კატეგორიას, მაგრამ ამ ფორმის წარმოებისა და ფუნქციის საკითხი უღურისათვის დღემდე გარკვეულად ვერ მიიჩნევა.

წინამდებარე ნარკვევში წარმოდგენილია სპეციალური საკითხი: უღურ ენაში ინფინიტივად მიჩნეულ ფორმათა მორფოლოგიური დახასიათება და მათი ფუნქციის გათვალისწინება.

2. უღური ენის მკვლევართა (ა. შიფნერის, ა. დირის) მიერ ინფინიტივად მიჩნეული ფორმა წარმოადგენს დასაყრდენს დრო-კილოთა საწარმოებლად. იგი სახელურ-ზმნური ფუძეა და გარდა იმისა, რომ წარმოადგენს ამოსავალს დრო-კილოთა საწარმოებლად, მას გააჩნია დამოუკიდებელი სინტაქსური ფუნქციაც. ჯერ კიდევ ა. შიფნერი შეეცადა ამ ფორმის შედგენილობა გაერკვია. იგი ამბობს: „ინფინიტივი არის ზმნური სახელი, რომელიც -სუნ-ზე ბოლოვდება და რომელიც შეიძლება ვაბრუნოთ;... დაბოლოება -უნ-ის ჩამოცილებით ჩვენ მივიღებთ კომპოზიტებში გამოყენებულ ინფინიტივის ფუძეს...“<sup>(3)</sup> ([3], გვ. 28, § 116).

ამგვარსავე დებულებას გვაძლევს (ალბათ ა. შიფნერის დებულების საფუძველზე) ა. დირიც ამ ფორმის შედგენილობის შესახებ. იგი ამბობს: „სუნ არის ყველა უღური ზმნის დაბოლოება განუსაზღვრელობით კილოში,

<sup>(1)</sup> წაკითხულია მოხსენებად სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სამეცნიერო სესიის ენათმეცნიერების სექციის სხდომაზე 10.5.1940 ([1], გვ. 147—148).

<sup>(2)</sup> თუმცა, როგორც ეს მითითებულია, ძველ ქართულში იყო ტენდენცია ამ კატეგორიის ჩანასახის გაჩენისა ([2], გვ. 89).

<sup>(3)</sup> „Das Infinitiv ist ein Verbalnomen, das auf *sun* ausgeht, und declinirt werden kann; ... Nach Beseitigung der Endung *sun* erhalten wir den in Compositis üblichen Infinitivstamm“.

იქნებიან ეს ზმნები პირველადნი თუ ნაწარმოებნი“ ([4], გვ. 39). ორივე ავტორი იძლევა ამ ფორმების ფუნქციის დახასიათებასაც, რასაც ქვემოთ შევეხებით.

როგორც ა. შიფნერი, ისე ა. დირიცი სწორად არ ითვალისწინებენ ამ ფორმის შედგენილობას. მის დაბოლოებად ისინი გამოჰყოფენ -ხუნ აფიქსს, ნამდვილად კი ამ ფორმის სპეციფიკურ ფორმანტად უნდა მივიჩნიოთ -უნ სუფიქსი. ამის მიხედვით «ინფინიტივის» ფორმები ამგვარად დაიშლება:

ბეს-უნ — 'კეთება'  
 ქარხეს-უნ — 'ცხოვრება'  
 მანდეს-უნ — 'დარჩენა'  
 აყს-უნ — აყეს-უნ — 'აღება', 'ყიდვა'  
 ცამფეს-უნ — 'წერა' და ა. შ.

ამას ადასტურებს ის გარემოება, რომ -უნ ფორმანტ-ჩამოშორებული ფუძე (ქარხეს-, მანდეს-...) ამ ფორმისა გამოყენებულთა, როგორც ცალკე მორფოლოგიური და სინტაქსური ოდენობა. იმავე დროს ირკვევა, რომ ეს ფუძე უეიცავს თავის მხრით -ეს სუფიქსს, რომელსაც გარკვეული დანიშნულება აქვს და რომელიც დამოუკიდებელია -უნ ფორმანტისაგან. ასეთი ვითარება ნათელია დრო-კილოთა წარმოების გათვალისწინებით უდურში. სახელდობრ, -უნ ჩამოშორებული ფუძე გამოყენებულია დრო-კილოთა I ჯგუფის საწარმოებლად. გვაქვს:

გ ა რ თ ა შ ნ უ ლ ი კ ი ლ ო .

ქ ა რ ხ ე ს - უ ნ — 'ცხოვრება':

I ჯგუფი. ფუძე: ქარ-ხ-ეს:

1. აწმყო:

ზუ	ქარ-ზუ-ხ'სა	(--ქარ-ზუ-ხ-ეს-ა)	— 'მე ვცხოვრობ'
უნ	ქარ-რუ-ხ'სა	(--ქარ-რუ-ხ-ეს-ა)	— 'შენ სცხოვრობ'
შონო	ქარ-რე-ხ'სა	(--ქარ-რე-ხ-ეს-ა)	— 'ის ცხოვრობს'
ჰან	ქარ-ჰან-ხესა		— 'ჩვენ ვცხოვრობთ'
ვან	ქარ-რან-ხესა	(--ქარ-რან-ხ-ეს-ა)	— 'თქვენ სცხოვრობთ'
შონორ	ქარ-ყუნ-ხესა		— 'ისინი ცხოვრობენ'

2. ნამყო უწყვეტელი:

ზუ	ქარ-ზუ-ხ'საჲ	(--ქარ-ზუ-ხ-ეს-ა-ი)	— 'მე ვცხოვრობდი' და ა. შმდ.
უნ	ქარ-რუ-ხ'საჲ	(--ქარ-რუ-ხ-ეს-ა-ი)	
შონო	ქარ-რე-ხ'საჲ	(--ქარ-რე-ხ-ეს-ა-ი)	
ჰან	ქარ-ჰან-ხესაჲ		
ვან	ქარ-რან-ხესაჲ	(--ქარ-რან-ხ-ეს-ა-ი)	
შონორ	ქარ-ყუნ-ხესაჲ		





მაგალითად:

ტია ბაქალლე ოანე ფსუნ (Nom.) ვაა ულხო ყრაქიდესუნ (Nom.) [7], მთ. 8, 12 — იქ იქნება ტირილი და კბილთა ღრქენა.

შეტაბახტინ-თე ზუ-ალ თალაზ ბულკოწბესუნ (Nom.) შოტუ [7], მთ. 2, 8 — რათა მეც წავიდდე, თაყვანივსცე მას.

ტე ვახტა იროდენ ბილიჯილოს ჭაპკინ კალფი აბატუბაქი შოტლოხო ვაბუნ აკესუნუნ (Gen.) ვაღინახ[7], მთ. 2, 7 — მაშინ იროდმა საიდუმლოდ მოიხზო მოგენი, შეიტყო მათგან ვარსკვლავის გამოჩენის დრო.

შეტაბახტინ-თე იროდენ ბუტუყსა ალახ ჭურუკანე ბათევეკესუნუნ (Gen.) ბახტინ შოტუხ [7], მთ. 2, 13 — რადგანაც იროდს სურს, მოსძებნოს ბავშვი მის დასალუპავად (დალუპვისათვის).

იოსიფ, ღარ დავიდი! მა ყავაყიბი მარიამაზ ვი ჩუბლობ აყსუნა (Dat.) [7], მთ. 1, 20. — იოსებ, ძეო დავითისაო! ნუ შეგეშინდება შენი მეუღლის, მარიამის მიღება.

ვაა ისუსა შოტლო ვააბაქსუნა (Dat.) აკი, ფინე ჰალიხო ბითიტუხ [7], მთ. 9, 2 — იესომ რა დანახა მათი რწმენა, უთხრა დასუსტებულს.

ვაა დუნიანი მოლორედესუნახო (Ablat.), შეტაბახტინ-თე გვრგვ ელანე მოლორესტუნა [7], მთ. 18, 7 — ვაი ქვეყანას ცთუნებ ისაგან, რადგანაც უნდა მოვიდეს ცთუნება.

ფასბესან თე-ზ-არე ზუ, ამა თაქმბესუნ-ენკ (Causat.) [7], მთ. 5, 17 — დასარღვევად არ მოესულვარ მე, არამედ აღსრულე ბისათვის.

ში-თე ბუტაა იზხოხ იბაქსუნენკ (Causat.), იმუხ-ყან-ლახი [7], მთ. 11, 15 — ვისაც აქვს ყურნი სმენისათვის, ისმინოს.

ზემოთ მოყვანილი მაგალითებიდან ცხადია, რომ ინფინიტივად მიჩნეული ეს ფორმა გვაძლევს ქართული ენის მასდარის მსგავს მნიშვნელობას და გამოყენებას.

4. მაგრამ ანალოგიური სინტაქსური ფუნქციით უღურში გამოყენებული გვაქვს -უნ მოკვეცილი ფუძეც. როგორც ზემოთაც აღვნიშნეთ, იგი წარმოადგენს დამოუკიდებელს არსებობის სახელს და იძლევა თითქმის ყველა ბრუნვის ფორმას. სახელდობრ, გვაქვს:

მხოლოდობითი რიცხვი (ძირითადი ბრუნვები):

სახელ.	ქარხეს	— ცხოვრება,	ბიყეს — დაკერა.
მოთხრ.	ქარხეს-ინ		ბიყეს-ინ
ნათეს.	ქარხს-აჲ	(— ქარხეს-აი)	ბიყს-აჲ
მიცემ.	ქარხს-ა	(— ქარხეს-ა)	ბიყს-ა
«აკუზ.»	ქარხს-ახ	(— ქარხეს-ახ)	ბიყს-ახ

მაგალითად:

ზუ ფალაზკენა-ზ-ბაქო, თურელ-ალ აა ზეს (Nom.) ბაქალ-თე-ზა [8], 187 — ვე ფალასის (ჩვრის) მსგავსად გავხდები, ფეხზე ადგომა-ც კი არ შემეძლება.

ტე ვახტ დოლდაშვილი ბაყოქო ქომანგა თა დეს (Nom.) [8], 172 — შინ ამხანაგებს შეეძლებათ დასახმარებლად წასვლა.

შეტაბახტინ-თე თე-ვა-ბაქო სა ფოდნუხ-ყა-ნ ე მაწიბეს ე მააინბეს (Nom.) [7], მთ. 5, 36 — რადგანაც ვერ შესძლებ ერთი თმის ბეწვის გათეთრებას ან გაშავებას.

ვაა ევახ თე ჯინნუხ ქევენეი, ლალენ ბურრევი აითფესახ (Akk.) [7], მთ. 9, 33 — და როდესაც ავი სული განაძევა, მუნჯმა დაიწყო ლაპარაკი.

ვაა ბურყუნეი სუმბჰლოხ ჩუქსახ (Akk.) ვაა უქსახ [7] მთ. 12, 1 — და დაიწყეს თავთავის მოწყვეტა და ქამა.

მე აქლაჰინ ბულ ტუნეკურიფსინ (Instr.) თაცინე, სა ქურრუ ბითი. [8], 112 — ამ ბოროტი სულის თავი ტრიალით წავიდა, ერთ ორმოში ჩა-ვარდა.

ვაა კუა ბაესხოლან (Comit.) აყოი ალაახ მარიამახოლ [7], მთ. 2, 11 — და შინ შესვლის თანავე დაინახა ბავშვი მარიამთან.

ეს ფორმაც ა. შიფნერს და ა. დირს მიაჩნიათ ინფინიტივად. ა. დირი მას უწოდებს „ძირეულ ინფინიტივს“ (infinitif radical). სახელდობრ, იგი ამბობს: „განუსაზღვრელობითი კილო — ძირი (infinitif radical) წარმოადგენს არსებითად შეკვეცილს განუსაზღვრელობით კილოს. რომ ეს ფორმა ვაწარმოთ, საჭიროა მოვაცილოთ -უნ პირველადს (primitif) განუსაზღვრელობითს კილოს და აღვადგინოთ საბოლოო განუსაზღვრელობითს კილოში (infinitif terminaison) ხმოვანი ე, ამოღებული სრულ ფორმაში“ ([4], გვ. 43).

მართალია, როგორც ა. შიფნერს, ისე ა. დირს საერთოდ სწორად აქვს აღნიშნული ამ ფორმის წარმოება, მაგრამ გადაწყვეტილად ვერ ჩაითვლება მისი კვალიფიკაციის საკითხი. როგორც ზემოთ მოყვანილი მაგალითებიდან ირკვევა, ეს ფორმა თითქოს წარმოადგენს სახელს და თავისი ფუნქციით ის უახლოვდება, მაგალითად, ქართულ მასდარს ([9], გვ. 176 შმდ.). ყოველ შემთხვევაში საჭიროა ამ ფორმის (ისევე როგორც -უნ სუფიქსიანი ფორმის) ფუნქციის განსაზღვრა და ზუსტი კვალიფიკაცია<sup>1</sup>.

5. ა. დირი, ზემოთ მოხსენებულის გარდა, ინფინიტივის ცალკე ფორმად გამოპყოფდა კიდევ სამ ფორმას ([4] გვ. 44), თუმცა თვითონვე აღნიშნავდა ამ ფორმათა კავშირს შეკვეცილი ინფინიტივის ფორმასთან, რამდენადაც ორი მათგანი (Akk. ბიყსახ, Instr. ბიყსინ) გარკვეულად ბრუნვის ფორმებს წარმოადგენენ. მაგრამ, როგორც ზემოთ ვნახეთ (გვ. 4), ამ შემთხვევაში ამ ფუძიდან შესაძლებელია სხვა ბრუნვათა ფორმების წარმოებაც და ამიტომ საჭირო იქნებოდა მათი ინფინიტივის ფორმებად გამოყოფა, რაც ა. დირს აღარ მოუხდენია.

საყურადღებოა და ცალკე განხილვას თხოულობს ფორმა, რომელიც ა. დირს აგრეთვე ინფინიტივად მიაჩნია და რომლის მაწარმოებლად გვე-

<sup>1</sup> «ინფინიტივის» ორივე ფორმა ნი უღურ კილოში იმგვარადვე იწარმოება, როგორც ეს უკრთაშნულში გვაქვს. ამიტომ არ მოგვეყვს ნიუღურის მასალები.

ლინება -ან სუფიქსი: ბ ი ყ ს - ა ნ —რათა დაიჭიროს || დასაჭერად, ც ა მ ფ ე ს - ა ნ —რათა დაწეროს || დასაწერად, ა კ ს - ა ნ —რათა დაინახოს || დასანახავად.

მაგალითად:

...თე და ამაკე შეტა გაბუნახ ბეჲლ ჰელალაჰ ვეა არეჲან შოტუ ბუღ-კოწბესან [7], მთ. 2, 2 —...რომ ჩვენ დავინახეთ მისი ვარსკვლავი აღმოსავლეთით და მოვედით მის თაყვანისსაცემად.

ფ ა ს ბ ე ს ა ნ თ ე - ზ - ა რ ე ზ უ, ა მ მ ა თ ა მ ბ ე ს უ ნ ე ნ ე [7], მთ. 5, 17 —დასარღვევად არ მოვსულვარ მე, არამედ —აღსრულებისათვის.

...მანორ-თე ეყუნსაჲ შეტა ტოლოლ ხაჩესან [7], მთ. 3, 7 —რომელნიც მოდიან მასთან მოსანათლავად.

ჰ არ ლ ი ს ო მ ა ნ ნ ე დ ე ს ა კ უ ა ხ ო რ ა გ ბ ო ხ ს ა ნ. [8], 104 —ყოველ დღე ერთი რჩება შინ საქმლის მოსახარშავად.

ა. შიფნერი ამ ფორმას სთვლიდა სუპინად; იგი ამბობს: „ამ (ინფინიტივის) ფუძიდან იწარმოება აგრეთვე სან-ზე დაბოლოებული სუპინუმი“ ([3], გვ. 28, § 117)<sup>(1)</sup>.

აღნიშნული ფორმა გარკვეული ფუნქციის მატარებელია და მას პარალელი მოეპოვება სხვა კავკასიურ ენებშიც. ფორმა მოითხოვს სპეციალურ განხილვას.

აქ შეიძლება აღინიშნოს, რომ ეს ფორმა გამოხატავს მიზნურობის კატეგორიას და ფუნქციით თითქოს უახლოვდება ძველ ქართულში მასდარის მიმართულებითი ბრუნვის ხმარებას გარკვეულ შემთხვევაში<sup>(2)</sup>. ინფინიტივის ფორმას იგი არ უნდა წარმოადგენდეს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
აკად. ნ. მარის სახელობის ენის ინსტიტუტი  
თბილისი

(შემოვიდა რედაქციაში 7.1.1942)

<sup>(1)</sup> „Von diesem Stamm wird auch das auf -ან auslautende Supinum gebildet...“ უნდა აღინიშნოს, რომ აქ ფორმანტია -ან და არა -ხან, როგორც ამას ა. შიფნერი ვარაუდობს თითქოს.

<sup>(2)</sup> მაგალითად, „რამეთუ მეგულეების მე საქმე საშინელი მიითხოვბად და უწყებად თქუენდა“ ([10], გვ. ა, 12—13).

В. Л. ПАНЧВИДЗЕ

ОБРАЗОВАНИЕ И ЗНАЧЕНИЕ ФОРМ «ИНФИНИТИВА» В УДИНСКОМ  
ЯЗЫКЕ

I

Резюме

Дается морфологический анализ форм «инфинитива» в удинском языке (выделяются аффиксы **-უბ** **-un** и **-ეს** **-es** для этой категории) и выясняются их функции.

Во второй части будут рассмотрены вопросы квалификации этой категории в удинском языке сравнительно с аналогичной категорией в других языках. Там же будет дано общее резюме.

Академия Наук Грузинской ССР  
Институт Языка им. Н. Я. Марра  
Тбилиси

ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. სამეცნიერო სესია 1940 წ. 7—11 მაისს. მოხსენებათა თეზისები. გვ. 147—148.
2. არნ. ჩიქობავა. ინფინიტის დიალექტური ვარიაციები ზუნძურში (ავარულში). ენიმკი-ს მოამბე, ტ. I. ტფილისი, 1937.
3. A. Schiefner. Versuch über die Sprache der Uden. S.-Petersburg, 1863.
4. А. Дурр. Грамматика удинского языка. Сб. МОМПК, XXXIII. Тбилиси, 1903.
5. G. Dumézil. Introduction à la grammaire comparée des langues Caucasiennes du Nord. Paris, 1933.
6. ვლ. ფანჩვიძე. ავუზატის გენეზისისათვის უღურ ენაში. ენიმკი-ს მოამბე, ტ. V—VI. თბილისი, 1940.
7. „უღური (ოპოთავი“ თარგმანი ს. ბეჟანოვისა). Сб. МОМПК, XXX. Тбилиси, 1902.
8. Рустам (უღური ზლაპარი). Сб. МОМПК, VI. Тбилиси, 1888.
9. არნ. ჩიქობავა. ჭანურის გრამატიკული ანალიზი. ტფილისი, 1936.
10. წარტყუენვა იერუსალმისაჲ. „Тексты и разыск. по армяно-грузинской филологии“ т. IX, 1909, ред. и перев. Н. Я. Марр.



ბ. როგავა

კუთვნილებითი აფიქსი ი ქართველურ ენათა ზმნისა და სახელის  
მოკფოლოგიურ კატეგორიებში (ქცევისა და ბრუნვებში)

I

ქცევის კატეგორია ქართველური ენების ზმნებში პირველად სპეციალური  
კვლევის საგნად აქცია ა. შანიძემ [1].

ამ [1] გამოკვლევაში ა. შანიძე ქართული ზმნისათვის ვარაუდობდა  
ხუთ ქცევას: საარვისოს, სათავისოს, სასხვისოს, სათანოსა და საზედაოს.  
შემდეგში მანვე უფრო დაზუსტებული განმარტება მისცა ქართული ზმნის ამ  
თავისებურ კატეგორიას. სახელდობრ: ქცევა გამოხატავს კუთვნილებით  
ურთიერთობას სუბიექტსა და ობიექტებს შორისო.

ამის საფუძველზე ზმნის ქცევები, სრულიად ბუნებრივად, დაიყვანა სამამ-  
დის: საარვისო, სათავისო და სასხვისომდე ([2], გვ. 104).

ქცევის ფორმა ამათში გააჩნია მხოლოდ სათავისოსა და სასხვისოს: „ვ-ი-  
კეთებ მე მას“, „მ-ი-კეთებს ის მე მას“, ე. წ. საარვისო ქცევა ფორმით არ  
არის გამოხატული. იგი არც უნდა ყოფილიყო რაიმე აფიქსით წარმოდ-  
გენილი.

რამდენადაც ე. წ. საარვისო ქცევის ფორმა, მაგალითად, აშენებს ის  
მას, ტეხს ის მას და სხვა, არ გამოხატავს კუთვნილებით ურთიერთობას,  
ამდენადე იგი ვერ დაუპირისპირდება ქცევის ფორმებს.

აქედან, ა აფიქსი ზმნებში ა-მაგრებს, ა-დიდებს, ა-კეთებს და  
სხვა, არ შეიძლება ჩაითვალოს ქცევის გამოხატველად. ეს აფიქსი სულ სხვა-  
გვარ ახსნას მოითხოვს.

როგორც ცნობილია, დანარჩენი ორი ქცევიდან, სათავისო ქცევა  
გამოხატავს სუბიექტის კუთვნილებას: სუბიექტი მოქმედებს თავისთვის ან  
თავისაზე, ხოლო სასხვისო ქცევა კი გამოხატავს ირიბი ობიექტის  
კუთვნილებას, სუბიექტი მოქმედებს სხვისთვის ან სხვისაზე.

ყველა ქართველური ენის ზმნებში სათავისო ქცევას ნიშნად მოუძის  
ი პრეფიქსი, ქართული—ვ-ი-კეთებ, ი-კეთებ, ი-კეთებს; მეგრული—  
ვ-ი-კეთენქ, ი-ბ-კეთენქ|ი-კეთენქ, ი-კეთენს; სვანური—ხ-ი-სყი,  
ხ-ი-სყი, ი-სყი.

სასხვისო ქცევის საწარმოებელია აგრეთვე ი პრეფიქსი, როცა ირიბი ობიექტი წარმოდგენილია პირველი ან მეორე პირით და თითქოს უ პრეფიქსი ქართულსა და მეგრულში, ხოლო მისი შესატყვისი ო პრეფიქსი სვანურში, როცა ირიბი ობიექტი დგას მესამე პირში.

მაგალითად, ქართული—მ-ი-კეთებს მე, გ-ი-კეთებს შენ, უ-კეთებს მას; მეგრული—მ-ი-კეთენს მა, გ-იკეთენს სი, უ-კეთენს თის; სვანური: მ-ი-სყი მი, გ-ი-სყი სი, ხ-ი-სყი ეჯას.

სათავისო ქცევა მხოლოდ გარდამავალი ზმნის კუთვნილებაა, რამდენადაც ასეთ შემთხვევაში იგულისხმება ყოველთვის პირდაპირი ობიექტი, რომელზედაც მოქმედებს სუბიექტი. ვ-ი-შენებ სახლს—ჩემთვის ვაშენებ სახლს, ვიბან ხელს—ჩემს ხელს ვბან. სათავისოს ფორმისათვის აუცილებელია და საკმარისიც ზმნასთან ორი პირის შეწყობა: სუბიექტისა და პირდაპირი ობიექტისა.

მხედველობაში არ გვაქვს ისეთი ერთპირიანი სათავისოს ფორმიანი ზმნები, როგორცა ვ-ი-ღვიძებ, ვ-ი-ძინებ ვა-ვ-იციწებ, და სხვა, რომელთაც პირდაპირი ობიექტი დაუკარგავთ.

ირიბი ობიექტი სათავისო ქცევის ფორმიან ზმნას არ შეეწყობა, ძირითადი სამპირიანი ზმნები, როგორცაა დაჰკრა, დააწება, დაარტყა და სხვა, სათავისოს ფორმაში ირიბ ობიექტს მხოლოდ თანდებულთ შეიწყობენ: „დაიკრა მან ხელი მუხლზე“ „და-იწება მან ფურცელი წიგნზე“ და სხვა.

სასხვისო ქცევისათვის გარდამავალი ზმნა ვარაუდობს სამ პირს: სუბიექტს, ირიბ ობიექტსა და პირდაპირ ობიექტს. სუბიექტის მოქმედება, რომელიც ვადადის პირდაპირ ობიექტზე, განკუთვნილია ირიბი ობიექტისათვის. „ივანემ მეზობელს მოუჭრა ხე“, იქნება: ივანემ მეზობლისათვის მოჭრა ხე, ანდა მეზობლის ხე მოჭრა.

რამდენადაც სასხვისო ქცევის ფორმა გულისხმობს ირიბი ობიექტის კუთვნილებას, ამდენადვე გარდაუვალ ზმნებსაც შეიძლება ჰქონდეს ასეთი ფორმა. მაგალითად, ის ზის: ის უ-ზის მას; ის მოვიდა: ის მო-უვიდა მას. „ის უზის მას“ ფორმაში იგულისხმება: ის მისაზე (სხვისაზე) ზის, ან მისთვის (სხვისთვის) ზის. ასევე, „ის მოუვიდა მას“: ის მისი (სხვისი) მოვიდა, ან მისთვის (სხვისთვის) მოვიდა.

ქცევა მხოლოდ კუთვნილებითს მხარეს გამოხატავს. განსხვავება სათავისოსა და სასხვისო ქცევების ფორმათა შორის მხოლოდ იმაშია, თუ ვის კუთვნილებას წარმოადგენს ნამოქმედარი ან მოქმედება: სუბიექტისას თუ ირიბი ობიექტისას. კუთვნილების აფიქსად ორსავე შემთხვევაში გვევლინება ი-პრეფიქსი. თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ქცევისეულადვე მიჩნეულ უ ო პრეფიქსს (მესამე პირში), რომელიც სხვაგვარ ახსნას მოითხოვს, ე. ი. დიფერენცირებულ კუთვნილებას ჰქმნის არა სხვადასხვა აფიქსი, არამედ ორსავე შემთხვევაში ერთი და იმავე კუთვნილებითი ი-აფიქსის სხვადასხვა პირთან, ხან სუბიექტთან, ხან ირიბ ობიექტთან დაკავშირება. მაგალითად, ზმნის ფორმაში



„ამხანაგი მ-ი-ქერს მე“ აფიქსი ო გამოხატავს სუბიექტის—ამხანაგის კუთვნილებას (სათავისო ქცევა), ხოლო ფორმაში „ამხანაგი მ-ი-ქერს მე ჩიტს“—იგივე ი- აფიქსი გამოხატავს ირიბი ობიექტის კუთვნილებას (სასხვისო ქცევა).

ამ მოსაზრებას მხარს უჭერს აფხაზური ვითარება: აფხაზურში სათავისოს და სასხვისოს შინაარსის ვადმოსაცემად გვაქვს ერთი და იგივე აფიქსი ზ. შინაარსობლივ დიფერენციაციას ჰქმნის მისი დაკავშირება ამათუიმ პირთან, მაგალითად, ი-ს-ზგ-ყა-ს-წოიტ რალაცას ჩემთვის (მესათვის) მე ვაკეთებ უდრის რალაცას ვიკეთებ (სათავისოს შინაარსით); ი-უ-ზგ-ყა-ს-წოიტ რალაცას შენთვის (ვაყო) მე ვაკეთებ—შენ ვიკეთებ (სასხვისოს შინაარსით), ი-ლ-ზგ-ყა-ს-წოიტ რალაცას მისთვის (ქალისათვის) მე ვაკეთებ—უკეთებ მას რალაცას (აქაც სასხვისოს შინაარსით).

ქართველური ენების უ აფიქსის შესახებ ზოგადად შეიძლება ითქვას შემდეგი: ეს აფიქსი არ უნდა იყოს წარმოშობით ქცევის გამოხატველი. ქცევის ფუნქცია მას შემდეგ უნდა ჰქონდეს დაკისრებული. რამდენადაც ქცევა ოდენ კუთვნილებით მომენტს გამოხატავს, ამდენადვე აუცილებელია, ზმნას საშივე პირისათვის ერთი და იგივე ნიშანი ჰქონოდა. ქართველური ენებისათვის, როგორც ავლუტინაციურიისათვის, ეს მოსალოდნელიც უნდა იყოს.

უ- აფიქსის პირვანდელი ფუნქცია საძიებელია.

ი- ქცევის აფიქსის ორგვარი მიმართება: ან სუბიექტის კუთვნილების, ანდა ირიბი ობიექტის კუთვნილების გამოხატვა შეიძლება აიხსნას შემდეგით: ამ აფიქსს, ჩამოყალიბების პროცესში, საფიქრებელია, გარდამავალ ზმნასთან სუბიექტის კუთვნილება გამოეხატა (სათავისო ქცევა), ხოლო გარდაუვალ ზმნასთან კი—ირიბი ობიექტის კუთვნილება (სასხვისო ქცევა).

რამდენადაც ორპირიანი გარდამავალი ზმნა სუბიექტთან ერთად გულისხმობს პირდაპირ ობიექტსაც, ჩვეულებრივ რაიმე ნივთს, ამიტომ ბუნებრივი იყო ასეთ შემთხვევაში გამოხატულიყო სუბიექტის კუთვნილება. „ვ-ი-ბან ხელს“—ჩემს ხელს ვბან, „ვ-ი-ჭრი პურს“ ჩემთვის ვჭრი პურს. ყურადღება აქ მიქცეულია სუბიექტის კუთვნილებაზე.

სასხვისო ქცევის ფორმიანი ორპირიანი გარდაუვალი ზმნა ნაწარმოებია ერთპირიანი ზმნის საფუძველზე. ის ზის: ის უზის მას. სუბიექტს ემატება აქ ირიბი ობიექტი. რამდენადაც გარდაუვალი ზმნის სუბიექტის მოქმედება არ ეხება ობიექტს, ამდენადაც შეუძლებელი ხდება სუბიექტის ასეთი მოქმედება მსვე სუბიექტის სასარგებლო გახდეს. ასეთ შემთხვევაში კუთვნილებითი მომენტის შეტანას ირიბი ობიექტი მოითხოვდა. „მომივიდა ის მე“—ის, ჩემი, მოვიდა ან ჩემთვის მოვიდა.

კუთვნილებითი მომენტის გამოხატვა დასჭირდებოდა, როგორც გარდაუვალ ზმნას, ისე გარდამავალსაც. გამოყენებულ იქნა ერთი და იგივე მასალა, რომელმაც გარდამავალსა და გარდაუვალში მიიღო ნაწილობრივი შინაარსობლივი დიფერენციაცია.

რაც შეეხება სასხვისო ქცევის ფორმიან სამპირიან გარდამავალ ზმნებს. ვფიქრობთ, ის უფრო შემდეგი დროის ნაწარმოები უნდა იყოს. გარდაუვალ ზმნებთან უკვე ჩამოყალიბებული იყო სასხვისოს ფორმა და შემდეგში გამოიყენა ის გარდამავალმა ზმნამაც.

ამნაირად, ვასკვნით: სათავისო და სასხვისო ქცევათა აფიქსი ერთი და იგივეა, რამდენადაც ისინი ძირითადად ერთსა და იმავე ფუნქციას ასრულებენ: ეს ფუნქციაა—კუთვნილებითი ურთიერთობის გამოხატვა.

წარმოდგენილი მოსაზრების სისწორეს უფრო დამაჯერებლად ვახდის მტკიცება ქცევის ო აფიქსის გენეზისის შესახებ.

დიდი ხანია ცნობილია, რომ ისეთი აფიქსები, როგორცაა პირის ან რიცხვისა, ნაცვალსახელობრივი წარმოშობისაა. ამის საუკეთესო ილუსტრაციას იძლევიან აფხაზური-ადიღურის ჯგუფის ენები, სადაც პირის აფიქსებით თითქმის ყველგან სავსებით ემთხვევიან პიროვნებითსა და ჩვენებითს ნაცვალსახელებს.

ქართველური ენების ქცევის აფიქსი **ი-** პირს არ გამოხატავს, მაგრამ მას არსებითი კავშირი აქვს პირთან. იგი მიუთითებს პირის (სუბიექტის ან ირიბი ობიექტის) კუთვნილებითს მხარეზე. ამიტომაც შეიძლება ამ თავითვე მივიღოთ, რომ ქცევის აფიქსი **ი-**ც ნაცვალსახელობრივი წარმოშობისაა. რამდენადაც **ი-** აფიქსი ოდენ კუთვნილებითი შინაარსის მატარებელია, ცხადია, ის მხოლოდ კუთვნილებითი ნაცვალსახელისაგან მიღებული უნდა მივიჩნიოთ, ოღონდ ისეთი კუთვნილებითი ნაცვალსახელისაგან, რომელიც მხოლოდ კუთვნილებას გამოხატავს პირის გარეშე (არა ისეთისაგან, როგორცაა ჩემი, შენი, თქვენი, მისი და სხვა, სადაც წარმოდგენილია გარკვეული პირის კუთვნილება). ასეთი კუთვნილებითი ნაცვალსახელი დამახასიათებელია ადიღურის ენებისათვის: მაგალითად:

**ს-ი-უნა** ჩემი სახლი. შედგება **ს(ა)**—პირველი პირის ნაცვალსახელი, **ი**—კუთვნილებითი ნაცვალსახელი, **უნა**—სახლი, ე. ი. **სიუნა** იქნება „მეს“ სახლი. ასევეა სხვა პირებშიც: **უ-ი-უნა** შენი სახლი. **უ(ა)**—შენ—მეორე პირის ნაცვალსახელი, **ი-უნა** მისი სახლი, მესამე პირი (მისი) წარმოდგენილია ნულ-აფიქსით.

ადიღურის ენების **ი-**, უპირო კუთვნილებითი ნაცვალსახელი, წარმოშობით მესამე პირისა უნდა იყოს. იგივე **ი-** ზმნაში გამოყენებულია მესამე სუბიექტური პირის აფიქსად.

ადიღურის ნაცვალსახელი **ი-** შესატყვისია რუსული **свой** უპირო კუთვნილებითი ნაცვალსახელისა (**я взял свою книгу, ты взял свою книгу, он взял свою книгу**).

ამნაირად, ზმნის ფორმა **მე მო-მ-ი-ვიდა ამხანაგი**: სიტყვა-სიტყვით იქნება: ჩემი ამხანაგი, „მეს“ ამხანაგი, „მე-თავისი“ ამხანაგი მოვიდა, ანდა ჩემთვის, „მე-სათვის“ მოვიდა ამხანაგი; **შენ მოგ-ი-ვიდა ამხანაგი**: შენი ამხანაგი, „შენ-თავისი“ ამხანაგი მოვიდა, ან შენთვის მოვიდა ამხანაგი; ანდა **ვ-იკეთებ ზმნის ფორმაში** ვაკეთებ „მესას“ ვაკეთებ და ასე სხვა პირებშიც.





ქტევის კატეგორია უძველესი წარმოშობისა უნდა იყოს ქართველურ ენებში. პირის აფიქსების ჩამოყალიბების პროცესშივე უნდა ჩამოყალიბებულყო ქტევის აფიქსებიც. პიროვნებითი და ჩვენებითი ნაცვალსახელები პირის აფიქსის ფუნქციით და კუთვნილებითი ნაცვალსახელი ქტევის აფიქსის ფუნქციით ერთდროულად უნდა შეპზრდოდა ზმნას. მი-ზის ფორმა მიღებული უნდა იყოს ასე: „მე-თავისი“ ზის.

საყურადღებო პარალელს იძლევა ამ მხრივ ადიღური ენები. ქართველური ენების ქტევისეულ ი- აფიქსად გამოყენებული კუთვნილებითი ნაცვალსახელის სრული მორფოლოგიური ბადალი ი- პრეფიქსი ვერ გავრცელებულა საერთოდ ქტევის საწარმოებლად, ვინაიდან ქტევის ფუნქციის გამომხატველად ამ ენებში გამოდის სხვა აფიქსები: ზ- აფიქსი სათავისოს ფუნქციის გადმოსაცემად, ძვ, ჰივ (ქვემო-ადიღურში) პრეფიქსები სასხვისოსათვის; თანაც ეგვეე ი- კუთვნილებითი ნაცვალსახელი ზმნას გამოუყენებია მესამე პირის აფიქსად, როგორც ამას ვარაუდობს ნ. იაკოვლევი ([3], 84).

მაგრამ არის თითო-ოროლა შემთხვევა, როცა ი- კუთვნილებითი ნაცვალსახელიც ქტევის (სასხვისო ქტევის) შინაარსის გამომხატველია. მაგალითად, ყაბარდოული ზმნა ს-ი-ცვ-ს, მაქეს, მყავს, შედგენილია ასე: ს- პირველი პირის აფიქსი, ი- კუთვნილებითი აფიქსი, ცვს, —ყოლა, ქონა, ე. ი. ს-ი-ცვს, იქნება: „მე-სი“ არის. სხვა პირებში: ჟ-ი-ცვს, (ჟ-მეორე პირის აფიქსი)—შენი არის, ი-ცვს—მისი არის. ადიღური ს-ი-ცვს; ისეთივე აგებულებისაა, როგორიც ამავე მნიშვნელობის მეგრული ზმნა მი-ილუ, გ-ილუ, უ-ლუ (მაქეს, გაქეს, აქეს).

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, პირის აფიქსები ჩამოყალიბდა პიროვნებითი და ჩვენებითი ნაცვალსახელებისაგან, ქტევის აფიქსი კი კუთვნილებითი ნაცვალსახელებისაგან უნდა იყოს მიღებული. ასეთი კუთვნილებითი ნაცვალსახელი არც ერთ ქართველურ ენას არ შემოუნახავს აქამდის ცალკე მონაცემად ისევე, როგორც უმეტეს შემთხვევაში არ შემონახულა პირის აფიქსთა წინა, პრონომინალური, სახე.

ამნაირად, ქტევის ი- აფიქსში ჩვენ ვვარაუდობთ კუთვნილებითი ნაცვალსახელის ნაშთს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
აკად. ნ. მარის სახელობის ენის ინსტიტუტი  
თბილისი

(შემოვიდა რედაქციაში 7.2.1942)

Г. В. РОГАВА

 АФФИКС ПРИТЯЖАТЕЛЬНОСТИ В МОРФОЛОГИЧЕСКИХ  
 КАТЕГОРИЯХ ГЛАГОЛА И ИМЕНИ В КАРТВЕЛЬСКИХ ЯЗЫКАХ

## I

## Резюме

Автором рассматривается вопрос о генезисе аффикса *oi*, наличного в субъектной и объектной версиях глагола, а также в падежных окончаниях (родит., творит.) имен картвельских языков.

Подробное резюме будет приложено ко второму сообщению.

Академия Наук Грузинской ССР  
 Институт Языка имени акад. Н. Я. Марра  
 Тбилиси

## ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ა. შანიძე. ქართული ზმნის საქცევი. ტფილისის უნივერსიტეტის შთამბე, ტ. VI, 1926.
2. ა. შანიძე. ქართული გრამატიკა, მორფოლოგია. 1930.
3. Н. Ф. Яковлев. Краткая грамматика адмггейского (осетского) языка. 1930.



Ответственный редактор акад. Н. И. Мусхелишвили

Подписано к печати 26.2.1942 г. Объем 7,75 печ. форм. Авторских листов 10  
 Колич. тип. зн. в 1 печ. листе 52,000. УЭ 6132. Заказ № 62.  
 Тираж 600 экз.

Типография Академии Наук Грузинской ССР, Тбилиси, улица А. Церетели, 7.



ბეოლოგია—ГЕОЛОГИЯ—GEOLOGY

ა. ჯანელიძე. საქართველოს ბელტის პრობლემა. II . . . . . 137  
 \*A. N. Džaneldze. Проблема Грузинской глыбы. II . . . . . 142

ტექნიკური ფიზიკა—ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА—TECHNICAL PHYSICS

A. A. Аваков. Экспериментальное исследование износа резов при малых скоростях резания. Сообщение первое . . . . . 145  
 \*ა. ავაკოვი. საჭრისების გაცვეთის ექსპერიმენტალური გამოკვლევა მცირე სიჩქარეებით ლითონების კრის დროს. I . . . . . 150  
 \*A. Avakoff. Experimental study of the wear of cutting-tools at small speeds. I . . . 151

გობტანიკა—БОТАНИКА—BOTANY

Л. Л. Декапрелевич. Роль Грузии в происхождении пшеницы. Сообщение второе . . . . . 153  
 \*ლ. დეკაპრელევიჩი. საქართველოს როლი ხორბლების წარმოშობაში. II . . . . 160

ზოოლოგია—ЗООЛОГИЯ—ZOOLOGY

C. M. Юзбашьян. О подвилах и внутривидовой дифференциации у Troglodaris kutaissiana Sadowsky. Сообщение второе . . . . . 161  
 \*ს. იუზბაშიანი. ქუთაისის მღვიმის კრევეტის ქვესახეობებისა და სახეობის შიგნითი დიფერენციაციის შესახებ. II . . . . . 165  
 \*S. Jusbaschjan. On the subspecies and intraspecies differentiation in Troglodaris kutaissiana Sadowsky. II . . . . . 166

ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ—PHYSIOLOGY

И. Бериташвили, А. Брегадзе и Л. Цкипуридзе. Электроэнцефалографические исследования. Сообщение первое . . . . . 169  
 \*ი. ბერიტაშვილი, ა. ბრეგაძე და ლ. ცკიპურიძე. ელექტროენცეფალოგრაფიული გამოკვლევები. I . . . . . 174  
 \*J. Beritoff, A. Bregadze and L. Tskipuridze. Investigations in the electroencephalography. I . . . . . 175

ენათმეცნიერება—ЯЗЫКОВЕДЕНИЕ—LINGUISTICS

ბ. ქვეციანიძე. „წინაშე“, „თანა“ და „ზედა“ თანდებულთა სინტაქსური ფუნქციისათვის ძველ ქართულში. I . . . . . 177 +  
 \*K. S. Kekelidze. К синтаксической функции предлогов „წინაშე“, „თანა“ и „ზედა“ в древнегрузинском. I . . . . . 182  
 ა. შანიძე. ზმნათა გარდამავლობის საკითხისათვის ქართველურ ენებში. I . . . . . 183  
 \*A. G. Šaniadze. К проблеме переходности глаголов в картвельских языках. I . . . 188  
 \*არნ. ჩიქობავა. მანვილის საკითხისათვის ძველ ქართულში. I . . . . . 191 +  
 \*Арн. Чикобава. К вопросу об ударении в древнегрузинском языке. I . . . . . 198  
 ვლ. ფანჩიძე. „ინფინიტივის“ ფორმათა წარმოება და მნიშვნელობა უძველეს ენაში. I . 199  
 \*В. л. Панчвидзе. Образование и значение форм «инфинитива» в удинском языке. I . . . . . 205  
 გ. როგავა. კუთვნილებითი აფიქსი ი ქართველურ ენათა ზმნისა და სახელის მორფოლოგიურ კატეგორიებში (ქცევასა და ბრუნვებში). I . . . . . 207  
 \*Г. В. Рогова. Аффиксы притяжательности в морфологических категориях глагола и имени в картвельских языках. I . . . . . 212

ფასი 3 რუბ.  
ЦЕНА 3 РУБ.

29  
29  
ВЕС АН АКАД НАУК  
ГРУЗИН. ССР  
КАБИНЕТ БИБЛИОТЕКИ  
1. 19  
თბილისი  
1941

УТВЕРЖДЕНО  
Президиумом Академии Наук Грузинской ССР  
8.4.1941

## ПОЛОЖЕНИЕ О «СООБЩЕНИЯХ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР»

1. В «Сообщениях» помещаются краткие статьи научных работников Академии Наук Грузинской ССР и других ученых, содержащие наиболее существенные результаты их исследований.

2. «Сообщениями» руководит Редакционная коллегия, избираемая Общим Собранием Академии Наук Грузинской ССР.

3. «Сообщения» выходят ежемесячно (в конце каждого месяца), за исключением июля и августа, выпусками около 5 печ. листов каждый. Совокупность выпусков за год (всего 10 выпусков) составляет один том.

4. Статьи печатаются на одном из следующих языков: грузинском, русском, немецком, французском, английском. Все статьи, кроме статей на грузинском языке, обязательно снабжаются резюме на грузинском языке. Статьи на грузинском языке обязательно снабжаются резюме на русском языке. Статьи могут быть также снабжены резюме на любом из вышеуказанных языков, по желанию автора.

5. Размер статьи, включая резюме и иллюстрации, не должен превышать половины авторского листа (20 тыс. печ. знаков). Соотношение размеров основного текста и резюме определяется самим автором. В частности, резюме может быть заменено полным переводом, при условии, чтобы общий размер статьи и перевода не превышал указанной выше нормы.

6. Статьи, предназначенные к напечатанию в «Сообщениях», направляются в Редакцию, которая для авторов, являющихся действительными членами Академии Наук, лишь устанавливает очередность публикации. Статьи же остальных авторов, как правило, передаются Редколлегией для отзыва одному из действительных членов Академии Наук или же какому-либо другому специалисту по данной области, после чего вопрос о напечатании статьи решается Редколлекцией.

7. Статьи должны представляться автором в совершенно готовом для печати виде, вместе с резюме и иллюстрациями. Формулы должны быть четко вписаны от руки. Никакие исправления и добавления после принятия статьи к печати не допускаются.

8. Данные о цитируемой литературе должны быть возможно полными: необходимо указывать название журнала, номер серии, тома, выпуска, год издания, полное заглавие статьи; если цитируется книга, то необходимо указать полное заглавие, год и место 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, включая его в квадратные скобки.

10. В конце статьи и резюме авторы должны указывать, на соответствующих языках, местонахождение и название учреждения, в котором проведена работа. Статья датируется днем поступления в редакцию.

11. Автору предоставляется одна корректура в сверстанном виде на строго ограниченный срок (обычно не более суток). В случае невозвращения корректуры к сроку, редакция вправе печатать статью без авторской визы.

12. Авторы получают бесплатно 50 оттисков своей статьи и выпуск «Сообщений», содержащий эту статью.

Адрес редакции: Тбилиси, ул. Дзержинского, № 8.