



საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის

ბულეტენი

ტომი III № 8

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР

ТОМ III № 8

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE GEORGIAN SSR

Vol. III No. 8

თბილისი 1942 ტბილისი
TBILISSI

შინაარსი—СОДЕРЖАНИЕ—CONTENTS

მათემატიკა—МАТЕМАТИКА—MATHEMATICS

Н. П. Векуз. О решении смешанной граничной задачи теории ньютонова потенциала для многосвязной области	753
* ნ. ვეკუა. მრავლადმხული არისათვის ნიუტონის პოტენციალის თეორიის ერთი შერეული ტიპის სასახლო ამოცანის ამოხსნის შესახებ	758

ღრუკაღრუკის თეორია—ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ—THEORY OF ELASTICITY

А. Я. Горгидзе и А. К. Рухадзе. О вторичных эффектах при кручении армированного кругового цилиндра	759
* ა. გორგიძე და ა. რუხაძე. შედეგანი წირული ცილინდრის გრების მგორადი ეფექტების შესახებ	765

ფიზიკა—ФИЗИКА—PHYSICS

Н. М. Полиевитов. К теории движения волнового пакета	767
* ნ. პოლიევითოვი. ტალღური პაკეტის ძრაობის თეორიისათვის	774

მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY

О. Е. Звягинцев. Энергетические коэффициенты кристаллических решеток (ВЭК'и) и строение бинарных металлических сплавов	775
* ო. ზვიაგინცევი. კრისტალური გისონების ენერგეტიკული კოეფიციენტები (ვეკ'ები) და ბინარულ ლითონური შენადნების აღნაგობა	779

ტექნიკა—ТЕХНИКА—TECHNICS

К. С. Завриев. Определение динамического коэффициента вынужденных колебаний обобщенным методом последовательных приближений	781
* კ. ზავრიევი. იძულებითი რხევის დინამიკური კოეფიციენტის განსახლრა თანმიმდევრობითი მიახლოებათა განზოგადოებული მეთოდით	788

გეოლოგია—ГЕОЛОГИЯ—GEOLOGY

А. Л. Чагарели. К вопросу о проявлении австрийской фазы в Западной Грузии	789
* ა. ცაგარელი. ავსტრიული ფაზის საკითხი დასავლეთ საქართველოში	794
В. П. Колесников. О кавказских оледенениях	797
* ვ. კოლესნიკოვი. კავკასიონის გამყინვარებისათვის	801

პეტროგრაფია—ПЕТРОГРАФИЯ—PETROGRAPHY

Н. И. Схиртадзе. Камптовито-мончикитовые жильные породы Кутаисского и Тквибульского районов	803
* ნ. სხირტაძე. ქუთაისისა და ტყიბულის რაიონის კამპტონიტ-მონჩიკიტების ძარღვის ქანები	810

* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ვკუთვნის წინა წერილის რეზუმეს ან თარგმანს.

* Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме или к переводу представляющей статью.

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



Н. П. ВЕКВА

О РЕШЕНИИ СМЕШАННОЙ ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ НЬЮТОНОВА ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ МНОГОСВЯЗНОЙ ОБЛАСТИ

§ 1. Постановка задачи и обозначения

В этой статье мы рассматриваем такие же области, какие рассмотрены акад. Н. И. Мухелишвили в недавно опубликованной работе [1]. Именно, под областью мы будем понимать связную трехмерную область, ограниченную несколькими замкнутыми поверхностями S_0, S_1, \dots, S_m , не пересекающимися друг друга, из которых S_0 заключает внутри себя все остальные.

Предполагаем, что поверхности S_0, S_1, \dots, S_m имеют непрерывно изменяющиеся касательные плоскости и главные радиусы кривизны.

Будем обозначать конечные области, ограниченные поверхностями S_1, S_2, \dots, S_m , соответственно через D_1, D_2, \dots, D_m , а бесконечную область, состоящую из точек, расположенных вне поверхности S_0 , через D_0 . Обозначим через S полную границу области D , т. е. $S = S_0 + S_1 + \dots + S_m$.

Введем, далее, обозначения

$$S' = S_0 + S_1 + \dots + S_k$$

$$S'' = S_{k+1} + \dots + S_m$$

$0 \leq k \leq m$

Пользуясь методом, аналогичным методу, примененному акад. Н. И. Мухелишвили к решению основной смешанной задачи теории логарифмического потенциала [2], мы даем здесь решение следующей задачи.

Найти функцию, гармоническую внутри D , непрерывную вплоть до границы S и имеющую нормальные производные во всех точках границы S'' , по граничному условию:

$$U = f_1 \quad (\text{на } S'),$$

$$\frac{dU}{dn} = f_2 \quad (\text{на } S''),$$

где n — направление нормали, которую во всем дальнейшем будем считать обращенной внутрь D . Через f_1 и f_2 обозначены непрерывные функции, заданные соответственно на S' и S'' .

Во всем дальнейшем под функцией гармонической в бесконечной области мы подразумеваем гармоническую функцию, исчезающую на бесконечности.



§ 2. Некоторые вспомогательные предложения относительно потенциала смешанного типа

Рассмотрим комбинацию потенциалов двойного и простого слоев (которую мы назовем потенциалом смешанного типа):

$$W(P) = \frac{1}{2\pi} \int_S \mu(q) \frac{d(1/r)}{dn_q} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_S \frac{\nu(q)}{r} dS_q \quad (1)$$

где P — некоторая точка (x, y, z) пространства, не расположенная на S , q — переменная точка границы S , r — расстояние между P и q , $\mu(q)$ и $\nu(q)$ — непрерывные функции точки границы S , причем:

$$\mu(q) = 0 \text{ при } q \text{ на } S''$$

$$\nu(q) = 0 \text{ при } q \text{ на } S'.$$

Таким образом,

$$W(P) = \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \mu(q) \frac{d(1/r)}{dn_q} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} \frac{\nu(q)}{r} dS_q.$$

Теорема I. Если $W = a = \text{const.}$ внутри D , то $\mu = C_j$ на S_j ($j = 0, 1, \dots, k$) и $\nu = 0$ на S_j ($j = k+1, \dots, m$), где C_j ($j = 0, 1, \dots, k$) — постоянные, причем $C_0 = \frac{a}{2}$.

В самом деле, очевидно, что⁽¹⁾:

$$\left(\frac{dW}{dn} \right)_+ = \left(\frac{dW}{dn} \right)_- = 0 \text{ на } S'.$$

Отсюда следует, что функция W остается постоянной в каждой из областей D_j ($j = 0, 1, \dots, k$):

$$W = A_j \quad (j = 0, 1, \dots, k), \quad A_0 = 0.$$

Поэтому

$$\mu(p) = \frac{1}{2} [W(p)_+ - W(p)_-] = \frac{1}{2} (a - A_j) = C_j \text{ на } S_j \quad (j = 0, 1, \dots, k),$$

где $C_0 = \frac{a}{2}$.

Кроме того, очевидно, что

$$W_+ = W_- = a \text{ на } S''.$$

⁽¹⁾ Индексы $+$ и $-$ здесь и во всем дальнейшем указывают, что предельные значения достигаются при приближении к S соответственно изнутри и извне D .



Отсюда следует, что $W=a$ в областях D_j ($j=k+1, \dots, m$). Поэтому будем иметь:

$$0 = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{dW}{dn} \right)_- - \left(\frac{dW}{dn} \right)_+ \right] = \nu(p) \text{ на } S''$$

и наша теорема доказана. Обратное заключение также справедливо.

Теорема II. Если W удовлетворяет условию: $W_+ = a_j$ на S_j ($j=0, 1, \dots, k$) и $(dW/dn)_+ = 0$ на S'' , где a_j — постоянные, то $W = \text{const}$ в области D .

В самом деле, пусть в точке p_0 границы S функция W_+ имеет значение, равное нижней границе ее значений в D . Рассмотрим отдельно два возможных случая:

1. p_0 находится на S'' ; тогда $W = \text{const}$ в D , ибо в противном случае, как показали М. В. Келдыш и М. А. Лаврентьев [3], мы имели бы:

$$\left(\frac{dW}{dn} \right)_+ > 0 \text{ в точке } p_0,$$

что противоречит условию.

2. p_0 находится на S' ; тогда пользуясь рассуждением, приведенным в статье акад. Н. И. Мусхелишвили [1] (стр. 9) и заменяя, в случае надобности, нижнюю границу верхней, для того, чтобы можно было взять p_0 не на S_0 , приходим к тому же заключению.

§ 3. Решение видоизмененной смешанной задачи

Видоизмененной смешанной задачей будем называть следующую задачу:

Найти гармоническую функцию W , определенную в D и представляемую потенциалом смешанного типа [формула (1) § 2] по граничному условию:

$$\begin{aligned} W(p)_+ &= f_1(p) + a_j \text{ на } S_j \quad (j=0, 1, \dots, k) \\ \left(\frac{dW}{dn} \right)_+ &= f_2(p) \text{ на } S''. \end{aligned} \tag{1}$$

где f_1 и f_2 — непрерывные функции, заданные соответственно на S' и S'' , a_j ($j=0, 1, \dots, k$) — постоянные, не задаваемые заранее (и также подлежащие определению), кроме одной $a_0=0$.

В силу теоремы II предыдущего параграфа, эта задача не может иметь более одного решения.

Согласно условию, будем искать решение задачи в виде потенциала смешанного типа

$$W(P) = \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \mu(q) \frac{d(1/r)}{dn_q} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} \frac{\nu(q)}{r} dS_q,$$

с непрерывными плотностями $\mu(q)$ и $\nu(q)$.

Введем для упрощения письма обозначение:

$$a(p) = a_j \text{ (при } p \text{ на } S_j, j=0, 1, \dots, k).$$

На основании хорошо известных свойств потенциалов простого и двойного слоя, граничные условия (1) принимают вид

$$\mu(p) + \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \mu(q) \frac{d(1/r)}{dn_q} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} \frac{\nu(q)}{r} dS_q = f_1(p) + a(p) \text{ (при } p \text{ на } S'),$$

$$-\nu(p) + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} \nu(q) \frac{d(1/r)}{dn_p} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \mu(q) \frac{d^2(1/r)}{dn_p dn_q} dS_q = f_2(p) \text{ (при } p \text{ на } S'').$$

Система (2) представляет собою систему интегральных уравнений Фредгольма второго рода.

Рассмотрим систему однородных интегральных уравнений, соответствующую системе (2):

$$\mu(p) + \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \mu(q) \frac{d(1/r)}{dn_q} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} \frac{\nu(q)}{r} dS_q = 0 \text{ (при } p \text{ на } S'),$$

$$-\nu(p) + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} \nu(q) \frac{d(1/r)}{dn_p} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \mu(q) \frac{d^2(1/r)}{dn_p dn_q} dS_q = 0 \text{ (при } p \text{ на } S'').$$

Очевидно, что система (3) имеет решение⁽¹⁾:

$$\begin{aligned} \mu(p) &= 0 \text{ на } S_0, \mu(p) = C_j \text{ на } S_j \quad (j=1, 2, \dots, k), \\ \nu(p) &= 0 \text{ на } S'' \quad (C_j \text{— постоянные}). \end{aligned}$$

В силу теорем I и II § 2, легко доказать, что других решений система (3) не имеет.

Заменим теперь систему интегральных уравнений (2) эквивалентной системой, обладающей тем свойством, что соответствующая ей система однородных интегральных уравнений имеет только нулевое решение. А именно, вместо системы (2) рассмотрим систему интегральных уравнений:

$$\mu(p) + \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \mu(q) \frac{d(1/r)}{dn_q} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} \frac{\nu(q)}{r} dS_q - \int_{S'} K(p, q) \mu(q) dS_q = f_1(p) \text{ (при } p \text{ на } S')$$

$$-\nu(p) + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} \nu(q) \frac{d(1/r)}{dn_p} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \mu(q) \frac{d^2(1/r)}{dn_p dn_q} dS_q = f_2(p) \text{ (при } p \text{ на } S'')$$

⁽¹⁾ Ср., напр., [1], стр. 7. Следует иметь в виду, что

$$\int_{S'} \frac{d^2(1/r)}{dn_p dn_q} \mu(q) dS_q = \frac{d}{dn_p} \int_{S'} \frac{d(1/r)}{dn_q} \mu(q) dS_q.$$

где $K(p, q) = \rho_j(q)$, когда p и q одновременно находятся на S_j ($j = 1, 2, \dots, k$) и $K(p, q) = 0$ во всех остальных случаях. $\rho_j(q)$ — произвольные непрерывные функции, которые удовлетворяют единственному условию:

$$\int_{S_j} \rho_j(q) dS_q \neq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, k). \quad (6)$$

Выражение $\int_{S'} K(p, q) \mu(q) dS_q$, фигурирующее в левой части (5), сохраняет постоянное значение на каждой из поверхностей S_j ($j = 0, 1, \dots, k$):

$$\int_{S'} K(p, q) \mu(q) dS_q = c_j \text{ при } p \text{ на } S_j \quad (j = 0, 1, \dots, k), \quad (7)$$

$$c_j = \int_{S_j} \rho_j(q) \mu(q) dS_q, \quad c_0 = 0.$$

Рассмотрим систему однородных интегральных уравнений, соответствующую системе (5):

$$\mu(p) + \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \mu(q) \frac{d(1/r)}{dn_q} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} \frac{v(q)}{r} dS_q - \int_{S'} K(p, q) \mu(q) dS_q = 0 \text{ (при } p \text{ на } S')$$

$$-v(p) + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} v(q) \frac{d(1/r)}{dn_p} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \mu(q) \frac{d^2(1/r)}{dn_p dn_q} dS_q = 0 \text{ (при } p \text{ на } S'').$$

При помощи теорем I и II § 2 и условия (6) этого параграфа легко докажем, что эта система не имеет отличных от нуля решений.

Решение системы (5) дает решение исходной системы (2), так как, в силу (7), будем иметь:

$$\mu(p) + \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \mu(q) \frac{d(1/r)}{dn_q} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} \frac{v(q)}{r} dS_q = f_1(p) + c_j \text{ на } S_j \quad (j = 0, 1, \dots, k),$$

$$-v(p) + \frac{1}{2\pi} \int_{S''} v(q) \frac{d(1/r)}{dn_p} dS_q + \frac{1}{2\pi} \int_{S'} \frac{d^2(1/r)}{dn_p dn_q} dS_q = f_2(p) \text{ на } S'';$$

при этом постоянные a_j получают вполне определенные значения:

$$a_0 = 0, \quad a_j = c_j = \int_{S_j} \rho_j(q) \mu(q) dS_q \quad (j = 1, 2, \dots, k).$$

Очевидно, что все полученные здесь результаты справедливы и в том случае, когда S_0 отсутствует или поверхность S_0 входит в состав части S' (а не S'').



§ 4. Решение смешанной граничной задачи

Совершенно так же, как это делает акад. Н. И. Мусхелишвили (см. [1], § 8), при помощи решения видоизмененной граничной задачи можно решить и смешанную граничную задачу, поставленную в § 1. Решение имеет вид:

$$U(P) = W(P) + \sum_{j=1}^k \frac{A_j}{r_j(P)},$$

где A_j — однозначно определенные постоянные, $r_1(P), \dots, r_k(P)$ — расстояния точки $P(x, y, z)$ до точек P_1, P_2, \dots, P_k , произвольно зафиксированных соответственно внутри областей D_1, D_2, \dots, D_k .

Академии Наук Грузинской ССР
Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 1.6.1942)

მათემატიკა

ბ. ვეკუა

მრავალბმული არისათვის ნიუტონის პოტენციალის თეორიის ერთი
შერეული ტიპის სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის შესახებ

რეზუმე

აკად. ნ. მუსხელიშვილის შრომებში [1, 2] მოყვანილი მეთოდის გამოყენებით ჩვენ ვხსნით პოტენციალის თეორიის შერეული ტიპის ერთ სასაზღვრო ამოცანას სამგანზომილებიანი სივრცის მრავალბმული არისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
თბილისის მათემატიკური ინსტიტუტი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. Н. И. Мусхелишвили. О решении основных граничных задач теории ньютонова потенциала. Прикладная математика и механика, т. IV, вып. IV, 1940.
2. Н. И. Мусхелишвили. Об основной смешанной краевой задаче теории логарифмического потенциала для многосвязных областей. Сообщения Академии Наук Грузинской ССР, т. II, вып. IV, 1941.
3. М. Келдыш и М. Лаврентьев. Об единственности задачи Неймана. Доклады АН СССР. Новая серия, т. XVI, № 3, 1937, стр. 151—152.



ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

А. Я. ГОРГИДЗЕ и А. К. РУХАДЗЕ

О ВТОРИЧНЫХ ЭФФЕКТАХ ПРИ КРУЧЕНИИ АРМИРОВАННОГО КРУГОВОГО ЦИЛИНДРА

В некоторых задачах техники требуется знать распределение напряжения в составных телах. В этой заметке мы рассмотрим одну из таких задач—кручение армированного кругового цилиндра.

Вопрос кручения бруса, составленного из различных материалов, хорошо изучен в линейной теории упругости акад. Н. И. Мусхелишвили, ([1], стр. 387—419), вопрос же о вторичных эффектах, насколько нам известно, никем еще не рассматривался.

Пусть имеем круговой упругий брус, армированный продольным цилиндрическим стержнем и предположим, что внешняя поверхность бруса и поверхность раздела стержня и окружающего материала—круговые концентрические цилиндры.

Обозначим поперечное сечение бруса через S ; эта область состоит из областей S_1 и S_2 , где S_1 —поперечное сечение внутреннего цилиндра, а S_2 —кольцо между внутренним и внешним цилиндрами.

Мы предполагаем, что оба материала спаяны между собой.

Примем за плоскость Oxy плоскость поперечного сечения, ось Oz направим параллельно образующим цилиндра, а начало координат поместим в центре сечения. Для решения нашей задачи нам понадобятся некоторые формулы нелинейной теории упругости. Приведем их здесь.

Зависимость между компонентами тензора деформации и напряжения для окончательного состояния в координатах x, y, z имеет вид:

$$e_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right], \quad (1)$$

$$e_{xy} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) - \frac{1}{2} \left[\frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right],$$

$$X_x = (\lambda + 2\mu) e_{xx} + \lambda(e_{yy} + e_{zz}) + \frac{3}{2}(\lambda + 2\mu) e_{xx}^2 + \frac{\lambda}{2}(e_{yy}^2 + e_{zz}^2) - (\lambda + 2\mu)(e_{xx}e_{yy} + e_{xx}e_{zz}) - 2\lambda e_{yy}e_{zz} + (3\lambda + 5\mu)(e_{xy}^2 + e_{xz}^2) + 3\lambda e_{yz}^2, \quad (2)$$

$$X_y = 2\mu e_{xy} + (\lambda + 3\mu)(e_{xx}e_{xy} + e_{yy}e_{xy}) + (\lambda - 2\mu) e_{xy}e_{zz} + 5\mu e_{xx}e_{yz},$$



Формулы (1) впервые указаны Файлоном [2], а формулы (2)—Мернаханом [3]; постоянные, входящие в эти последние, определены по гипотезе Риза—Зволинского [4].

При указанных выше условиях вопрос сводится к следующей математической задаче: требуется найти компоненты напряжения X_x, Y_y, \dots, Y_z , удовлетворяющие в области, занятой телом, однородным уравнениям равновесия:

$$\frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} + \frac{\partial X_z}{\partial z} = 0, \quad (3)$$

однородным условиям совместимости и следующим условиям:

$$X_x \cos(n, x) + X_y \cos(n, y) + X_z \cos(n, z) = 0 \quad (\text{на } L_2),$$

$$\begin{aligned} & [X_x \cos(n, x) + X_y \cos(n, y) + X_z \cos(n, z)]_2 \\ & = [X_x \cos(n, x) + X_y \cos(n, y) + X_z \cos(n, z)]_1 \quad (\text{на } L_1), \end{aligned} \quad (4)$$

где L_1 и L_2 —окружности радиусов r и 1 , ограничивающие S_1 и S_2 , а значки при квадратных скобках указывают на номер области; $\cos(n, x)$, $\cos(n, y)$ и $\cos(n, z)$ —направляющие косинусы нормали деформированной поверхности.

Как известно, решение поставленной задачи в линейной теории упругости имеет вид:

$$u = -\tau y z,$$

$$v = \tau x z,$$

$$w = 0,$$

где через τ обозначена крутка.

Предположим, что τ такая величина, что в разложениях u , v и w по степеням τ нельзя (в отличие от линейной теории упругости) отбросить члены порядка τ^2 , но можно отбросить члены высшего порядка. В соответствии с этим, решение поставленной нелинейной задачи будем искать в следующем виде:

$$u = -\tau y z + \tau^2 u_1, \quad (5)$$

$$v = \tau x z + \tau^2 v_1,$$

$$w = \tau^2 w_1,$$

где u_1 , v_1 и w_1 —искомые функции, выражающие вторичные эффекты деформации.

Вычисляя компоненты напряжения X_x, Y_y, \dots, Y_x по формулам (2),

получим:

$$\begin{aligned} X_x &= \tau^2 \left[\frac{1}{4} \lambda x^2 + \frac{1}{4} (\lambda + 5\mu) y^2 - (\lambda + \mu) \zeta^2 \right] + \tau^2 X'_x, \\ Y_y &= \tau^2 \left[\frac{1}{4} (\lambda + 5\mu) x^2 + \frac{1}{4} \lambda y^2 - (\lambda + \mu) \zeta^2 \right] + \tau^2 Y'_y, \\ Z_x &= \tau^2 \left[\frac{1}{4} (\lambda + \mu) (x^2 + y^2) - \lambda \zeta^2 \right] + \tau^2 Z'_x, \\ X_y &= -\tau^2 \frac{5}{4} \mu x y + \tau^2 X'_y, \\ X_z &= -\tau^2 \mu x \zeta - \tau \mu y + \tau^2 X'_z, \\ Y_z &= -\tau^2 \mu y \zeta + \tau \mu x + \tau^2 Y'_z, \end{aligned} \quad (6)$$

где X'_x, Y'_y, \dots, Y'_z — дополнительные напряжения, соответствующие функциям u_1, v_1 и w_1 .

Выражая с точностью до τ^2 направляющие косинусы деформированной поверхности через направляющие косинусы недеформированной поверхности, получим:

$$\begin{aligned} \cos(n, x) &= \cos \alpha - \tau \zeta \cos \beta, \\ \cos(n, y) &= \cos \beta + \tau \zeta \cos \alpha, \\ \cos(n, \zeta) &= \tau (y \cos \alpha - x \cos \beta), \end{aligned} \quad (7)$$

где $\cos \alpha$ и $\cos \beta$ — направляющие косинусы недеформированной поверхности.

На основании формул (6) и (7) уравнения равновесия (3) и граничные условия (4) примут следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial X'_x}{\partial x} + \frac{\partial X'_y}{\partial y} + \frac{\partial X'_z}{\partial \zeta} + \frac{1}{4} (2\lambda - 9\mu) x &= 0, \\ \frac{\partial Y'_x}{\partial x} + \frac{\partial Y'_y}{\partial y} + \frac{\partial Y'_z}{\partial \zeta} + \frac{1}{4} (2\lambda - 9\mu) y &= 0, \\ \frac{\partial Z'_x}{\partial x} + \frac{\partial Z'_y}{\partial y} + \frac{\partial Z'_z}{\partial \zeta} - 2(\lambda + \mu) \zeta &= 0, \end{aligned} \quad (8)$$

в области S ;



$$X'_x \cos \alpha + X'_y \cos \beta + \left[\frac{1}{4} \lambda x^2 + \frac{1}{4} (\lambda + 5\mu) y^2 - (\lambda + \mu) \zeta^2 \right] \cos \alpha - \frac{5}{4} \mu xy \cos \beta = 0,$$

$$Y'_x \cos \alpha + Y'_y \cos \beta + \left[\frac{1}{4} (\lambda + 5\mu) x^2 + \frac{1}{2} \lambda y^2 - (\lambda + \mu) \zeta^2 \right] \cos \beta - \frac{5}{4} \mu xy \cos \alpha = 0,$$

$$X'_x \cos \alpha + Y'_x \cos \beta - \mu \zeta (x \cos \alpha + y \cos \beta) = 0 \quad (9)$$

на свободной боковой поверхности;

$$[X'_x \cos \alpha + X'_y \cos \beta]_2 - [X'_x \cos \alpha + X'_y \cos \beta]_1 + \left\{ \frac{1}{4} [\lambda_2 - \lambda_1 + 5(\mu_2 - \mu_1)] y^2 + \frac{1}{4} (\lambda_2 - \lambda_1) x^2 - (\lambda_2 - \lambda_1 + \mu_2 - \mu_1) \zeta^2 \right\} \cos \alpha - \frac{5}{4} (\mu_2 - \mu_1) xy \cos \beta = 0,$$

$$[Y'_x \cos \alpha + Y'_y \cos \beta]_2 - [Y'_x \cos \alpha + Y'_y \cos \beta]_1 + \left\{ \frac{1}{4} [\lambda_2 - \lambda_1 + 5(\mu_2 - \mu_1)] x^2 \right. \quad (10)$$

$$\left. + \frac{1}{4} (\lambda_2 - \lambda_1) y^2 - (\lambda_2 - \lambda_1 + \mu_2 - \mu_1) \zeta^2 \right\} \cos \beta - \frac{5}{4} (\mu_2 - \mu_1) xy \cos \alpha = 0,$$

$$[Z'_x \cos \alpha + Z'_y \cos \beta]_2 - [Z'_x \cos \alpha + Z'_y \cos \beta]_1 - (\mu_2 - \mu_1) \zeta (x \cos \alpha + y \cos \beta) = 0$$

на поверхности раздела.

К этим уравнениям надо прибавить условия совместимости, которые в нашем случае имеют вид:

$$\Delta X'_x + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2 \theta'}{\partial x^2} = \frac{\lambda}{2(\lambda+2\mu)} (2\lambda + 13\mu) - \frac{1}{2} (2\lambda - 9\mu),$$

$$\Delta Y'_y + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2 \theta'}{\partial y^2} = \frac{\lambda}{2(\lambda+2\mu)} (2\lambda + 13\mu) - \frac{1}{2} (2\lambda - 9\mu),$$

$$\Delta Z'_z + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2 \theta'}{\partial \zeta^2} = \frac{\lambda}{2(\lambda+2\mu)} (2\lambda + 13\mu) + 4(\lambda + \mu),$$

$$\Delta X'_y + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2 \theta'}{\partial x \partial y} = 0,$$

$$\Delta X'_z + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2 \theta'}{\partial x \partial \zeta} = 0,$$

$$\Delta Y'_z + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2 \theta'}{\partial y \partial \zeta} = 0,$$

где $\theta' = X'_x + Y'_y + Z'_z$.

(11)

Для решения поставленной задачи предположим, что

$$\begin{aligned} X'_x &= -\frac{1}{4}\lambda x^2 - \frac{1}{4}(\lambda + 5\mu)y^2 + \rho y^2 + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}, \\ Y'_y &= -\frac{1}{4}(\lambda + 5\mu)x^2 - \frac{1}{4}\lambda y^2 + (\lambda + \mu)\zeta^2 + \rho x^2 + \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}, \\ Z'_z &= -\frac{1}{4}(\lambda + \mu)(x^2 + y^2) + \lambda\zeta^2 + q(x^2 + y^2) + \sigma\Delta F + h, \\ X'_y &= \frac{5}{4}\mu xy - \frac{\partial^2 F}{\partial x\partial y}, \quad X'_z = \mu x\zeta, \quad Y'_z = \mu y\zeta. \end{aligned} \tag{12}$$

где ρ , q и h —искомые постоянные, $F(x, y)$ —искомая бигармоническая функция в области S ($S = S_1 + S_2$), $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$.

Легко установить, что напряжения (12) удовлетворяют уравнениям равновесия (8), граничным условиям (9) и (10) и условиям совместности (11), если

$$\rho = \frac{\mu(15 - 6\sigma)}{8(1 - \sigma)}, \quad q = \frac{\mu(7\sigma + 2)}{8(1 - \sigma)}, \tag{13}$$

$$\Delta\Delta F = 0 \quad (\text{в области } S), \tag{14}$$

$$\frac{\partial F}{\partial x} - i \frac{\partial F}{\partial y} = -\frac{1}{4}\rho_2 \left(e^{-i\alpha} + \frac{1}{3}e^{3i\alpha} \right) \quad (\text{на } L_2), \tag{15}$$

$$\left[\frac{\partial F}{\partial x} - i \frac{\partial F}{\partial y} \right]_2 - \left[\frac{\partial F}{\partial x} - i \frac{\partial F}{\partial y} \right]_1 = -\frac{r^2}{4}(\rho_2 - \rho_1) \left(e^{-i\alpha} + \frac{1}{3}e^{3i\alpha} \right) \quad (\text{на } L_1). \tag{16}$$

Простые вычисления показывают, что условия однозначности функции F и производных $\frac{\partial F}{\partial x}$ и $\frac{\partial F}{\partial y}$ выполняются.

Применяя общеизвестный метод акад. Н. И. Muskhelishvili ([1], стр. 145—154), получим

$$F(x, y) = -\frac{1}{48}\rho(x^4 + y^4 - 6x^2y^2) - \frac{1}{8}\rho(x^2 + y^2). \tag{17}$$



Подставляя значение функции $F(x, y)$ в (12) и принимая во внимание (6), получим:

$$\begin{aligned} X_s &= \tau^2 \rho \left[\frac{1}{4} x^2 + \frac{3}{4} y^2 - 1 \right], \\ Y_s &= \tau^2 \rho \left[\frac{3}{4} x^2 + \frac{1}{4} y^2 - 1 \right], \\ Z_s &= \tau^2 \left[q(x^2 + y^2) - \frac{1}{2} \rho \sigma + h \right], \\ X_y &= -\frac{1}{2} \tau^2 \rho xy, \quad X_s = -\tau \mu y, \quad Y_s = \tau \mu x. \end{aligned} \quad (18)$$

Соответствующие смещения будут:

$$\begin{aligned} u &= -\tau y \chi + \tau^2 \left[\frac{5-14\sigma}{64(1-\sigma)} x(x^2+y^2) + \frac{1}{2} x \chi^2 + \frac{(15-6\sigma)(2\sigma-1)}{64(1-\sigma)} x \right], \\ v &= \tau x \chi + \tau^2 \left[\frac{5-14\sigma}{64(1-\sigma)} y(x^2+y^2) + \frac{1}{2} y \chi^2 + \frac{(15-6\sigma)(2\sigma-1)}{64(1-\sigma)} y \right], \\ w &= 0. \end{aligned} \quad (19)$$

Легко проверить, что напряжения (18) удовлетворяют на торцевых поверхностях следующим условиям:

$$\begin{aligned} \iint_S X_s dx dy &= 0, \quad \iint_S Y_s dx dy = 0, \quad \iint_S Z_s dx dy = 0 \text{ (1)}, \\ \iint_S y Z_s dx dy &= 0, \quad \iint_S x Z_s dx dy = 0, \quad \iint_S (x Y_s - y X_s) dx dy = M. \end{aligned} \quad (20)$$

В заключение заметим, что если коэффициенты Пуассона для областей S_1 и S_2 различны, т. е. $\sigma_1 \neq \sigma_2$, тогда компоненты смещения u и v терпят разрыв при переходе через поверхности раздела. Этот разрыв имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} [u]_2 - [u]_1 &= -\frac{3}{64} \tau^2 \left\{ \frac{5-2\sigma_2}{1-\sigma_2} [r^2 - (2\sigma_2-1)] - \frac{5-2\sigma_1}{1-\sigma_1} [r^2 - (2\sigma_1-1)] \right\} x, \\ [v]_2 - [v]_1 &= -\frac{3}{64} \tau^2 \left\{ \frac{5-2\sigma_2}{1-\sigma_2} [r^2 - (2\sigma_2-1)] - \frac{5-2\sigma_1}{1-\sigma_1} [r^2 - (2\sigma_1-1)] \right\} y. \end{aligned}$$

(1) Последнее равенство выполняется, если

$$h = \frac{1}{2} [\rho_1 \sigma_1 r^2 + \rho_2 \sigma_2 (1-r^2) - q_1 r^4 - q_2 (1-r^4)].$$

Чтобы устранить указанный разрыв, следует наложить на найденное нами решение (19) решение некоторой вспомогательной плоской задачи, которое удовлетворяет следующим условиям:

$$[u]_2 - [u]_1 = A \cos \alpha,$$

$$[v]_2 - [v]_1 = A \sin \alpha,$$

$$[X_x \cos \alpha + X_y \sin \alpha]_2 - [X_x \cos \alpha + X_y \sin \alpha]_1 = 0,$$

$$[Y_x \cos \alpha + Y_y \sin \alpha]_2 - [Y_x \cos \alpha + Y_y \sin \alpha]_1 = 0$$

на линии раздела, где

$$A = \frac{3}{64} \tau^2 \left\{ \frac{5 - 2\sigma_2}{1 - \sigma_2} [r^2 - (2\sigma_2 - 1)] - \frac{5 - 2\sigma_1}{1 - \sigma_1} [r^2 - (2\sigma_1 - 1)] \right\} r.$$

Вводя комплексную переменную и пользуясь методом акад. Н. И. Мухелишвили ([1], стр. 412-419), найдем:

$$u = \frac{a}{\lambda + \mu} \left(1 - \frac{1}{r^2} \right) x, \quad v = \frac{a}{\lambda + \mu} \left(1 - \frac{1}{r^2} \right) y$$

в области S_1 ,

$$u = \frac{a}{\lambda + \mu} x + \frac{a}{\mu} \frac{x}{x^2 + y^2}, \quad v = \frac{a}{\lambda + \mu} y + \frac{a}{\mu} \frac{y}{x^2 + y^2}$$

в области S_2 ,

где

$$a = \frac{A}{r} \frac{1}{\frac{1}{\lambda_2 + \mu_2} + \frac{1}{\mu_2 r^2} - \frac{1}{\lambda_1 + \mu_1} \left(1 - \frac{1}{r^2} \right)}.$$

Академия Наук Грузинской ССР
Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 30.9.1942)

დრეკადრობის თეორია

ა. ზორბიძე და ა. რუხაძე

შეღებნილი წრიული ცილინდრის ბრახის მეორადი ეფექტების
შისახებ

რეზუმე

წინამდებარე წერილში განხილულია სხვადასხვა მასალისაგან შედგენილი წრიული ცილინდრის გრების მეორადი ეფექტების ამოცანა. ნაჩვენებია, რომ გრების აღნიშნული ამოცანის ამოხსნა დაიყვანება წრფივი დრეკადობის თეორიის კერძო სახის ამოცანის ამოხსნაზე. აქვე განხილულია ის შემთხვევაც, როცა შემადგენელი მასალის პუასონის კოეფიციენტები სხვადასხვაა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
თბილისის მათემატიკური ინსტიტუტი -





ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. Н. И. Мусхелишвили. Некоторые задачи теории упругости. Второе издание. 1935.
2. Э. Кокер и Л. Файлон. Оптический метод исследования напряжений. 1936, стр. 91.
3. F. D. Murnaghan. Finite deformations of elastic solid. Amer. Journ. of Math. vol. LIX, No 2, 1937, p. 235.
4. Н. В. Зволинский и П. М. Риз. О законе Гука для конечных смещений. Известия АН СССР. Отделение технических наук, № 8—9, 1938, стр. 17—20.



ФИЗИКА

Н. М. ПОЛИЕВКОВ

К ТЕОРИИ ДВИЖЕНИЯ ВОЛНОВОГО ПАКЕТА

В настоящей работе движение волнового пакета рассматривается в том частном случае, когда гамильтониан системы представляет собой полином второй степени от координат и импульсов, коэффициенты которого произвольно зависят от времени. Показано, что в этом случае поведение волнового пакета вполне определяется характером соответствующего классического движения: пакет устойчив, когда устойчиво это последнее; если же движение классически неустойчиво, то тогда волновой пакет расплывается. В заключение указан квантовомеханический аналог функций Ляпунова, играющий ту же роль в законах поведения волнового пакета, что и V -функция Ляпунова в случае классического движения.

1. Пусть некоторая классическая механическая система, обладающая n степенями свободы, описана n вещественными координатами q_s и n канонически им сопряженными вещественными импульсами p_s , причем гамильтониан системы имеет вид

$$H(q, p, t) = \frac{1}{2} a_{\alpha\beta}(t) p_\alpha p_\beta + b_{\alpha\beta}(t) p_\alpha q_\beta + \frac{1}{2} c_{\alpha\beta}(t) q_\alpha q_\beta + d_\alpha(t) p_\alpha + e_\alpha(t) q_\alpha + f(t), \quad (1)$$

где дважды повторенные греческие индексы означают суммирование по этим последним от 1 до n ⁽¹⁾. Величины $a_{\alpha\beta} = a_{\beta\alpha}$, $b_{\alpha\beta}$, $c_{\alpha\beta} = c_{\beta\alpha}$, d_α , e_α и f суть вещественные и непрерывные функции времени t , ограниченные при $t=0$.

Уравнения движения системы, записанные в канонической форме, таковы:

$$\dot{q}_s = \frac{\partial H}{\partial p_s} = a_{s\alpha}(t) p_\alpha + b_{s\alpha}(t) q_\alpha + d_s(t), \quad \dot{p}_s = -\frac{\partial H}{\partial q_s} = -b_{s\alpha}(t) p_\alpha - c_{s\alpha}(t) q_\alpha - e_s(t), \quad (2)$$

где точки над буквами означают полные производные по времени. Если известны начальные значения

$$q_s = q_{s0}, \quad p_s = p_{s0}, \quad \text{при } t=0, \quad (3)$$

⁽¹⁾ Дважды повторенные латинские индексы будут обозначать просто соответствующие числа, а не суммирование.

то тогда функции q_s и p_s , определяемые из (2), линейно выражаются через свои начальные значения:

$$\begin{aligned} q_s &= Y_{s\alpha}(t) q_{\alpha 0} + Z_{s\alpha}(t) p_{\alpha 0} + R_s(t), \\ p_s &= T_{s\alpha}(t) q_{\alpha 0} + U_{s\alpha}(t) p_{\alpha 0} + W_s(t). \end{aligned} \quad (4)$$

Эти выражения определяют классический закон движения; функции $Y_{\alpha\beta}(t) \dots W_s(t)$ мы в дальнейшем будем считать известными, а нужные нам их свойства отметим ниже.

Для суждения о характере движения в смысле его устойчивости или неустойчивости мы должны придать начальным значениям (3), соответственно, малые приращения δq_{s0} и δp_{s0} и исследовать разности между полученными таким путем варьированными q_s и p_s и основными, определенными по (4); эти разности таковы:

$$\begin{aligned} \kappa_s(t) &= \delta q_s(t) = Y_{s\alpha}(t) \delta q_{\alpha 0} + Z_{s\alpha}(t) \delta p_{\alpha 0}, \\ \pi_s(t) &= \delta p_s(t) = T_{s\alpha}(t) \delta q_{\alpha 0} + U_{s\alpha}(t) \delta p_{\alpha 0}. \end{aligned} \quad (5)$$

Если при любых бесконечно малых, но отличных от нуля δq_0 и δp_0 , некоторые из $|\kappa_s(t)|$ и $|\pi_s(t)|$ имеют бесконечно малые верхние пределы для любого $t > 0$, то тогда, как известно ([1], § 1), движение называется устойчивым в соответствующих q_s и p_s ; если же, в тех же условиях, указанные величины могут становиться сколь угодно большими при $t > 0$, то тогда движение называется неустойчивым в соответствующих динамических переменных.

Из (5) следует, что движение будет устойчивым в q_s , если все функции $Y_{s\alpha}(t)$ и $Z_{s\alpha}(t)$ ограничены для любого t ; если же хотя бы одна из них не является ограниченной, то тогда движение будет неустойчивым в q_s . Совершенно аналогично поведение функций $T_{s\alpha}(t)$ и $U_{s\alpha}(t)$ определяет характер движения по отношению к p_s .

Условимся теперь в обозначениях. Если заданы n^2 чисел $\xi_{\alpha\beta}$, где $\alpha, \beta = 1, 2, \dots, n$, то тогда под ξ будем понимать матрицу, составленную из этих чисел, причем первый индекс будет указывать строчку, а второй — столбец. Из матрицы ξ мы будем, когда нужно, образовывать транспонированную (ξ'), комплексно-сопряженную (ξ^*), обратную (ξ^{-1}) и иные матрицы — по общеизвестным правилам. Единичную матрицу будем всюду опускать, а где это невозможно — писать ее в виде обычной единицы. Примем также обозначения $S\rho(\xi)$ для суммы диагональных элементов матрицы ξ и $|\xi|$ — для ее детерминанта.

В принятых обозначениях уравнения для матриц Y , Z , T и U будут таковы:

$$\begin{aligned} \dot{Y} &= aT + bY, \quad \dot{Z} = aU + bZ, \quad Y_0 = \mathbf{1}, \quad Z_0 = \mathbf{0}, \\ \dot{T} &= -b'T - cY, \quad \dot{U} = -b'U - cZ, \quad T_0 = \mathbf{0}, \quad U_0 = \mathbf{1}, \end{aligned} \quad (6)$$

где a , b и c — матрицы, составленные из коэффициентов гамильтониана; индекс нуль обозначает значение матрицы при $t=0$. Из написанных уравнений следует:

$$\begin{aligned} UY' - TZ' &= \mathbf{1}, \quad Y'U - T'Z = \mathbf{1}, \quad ZY' - YZ' = \mathbf{0}, \\ U'Z - Z'U &= \mathbf{0}, \quad T'Y - Y'T = \mathbf{0}, \quad UY' - YU' = \mathbf{0}. \end{aligned} \quad (7)$$

Функции $R_s(t)$ и $W_s(t)$ нам ниже не понадобятся и поэтому мы их вовсе не рассматриваем.

Уравнения для величин κ_s и π_s , входящих в (5), легко получаются из (6):

$$\dot{\kappa}_s = \frac{\partial V_L}{\partial \pi_s}, \quad \dot{\pi}_s = -\frac{\partial V_L}{\partial \kappa_s}, \quad (8)$$

где

$$V_L = \frac{1}{2} a_{\alpha\beta}(t) \pi_\alpha \pi_\beta + b_{\alpha\beta}(t) \pi_\alpha \kappa_\beta + \frac{1}{2} c_{\alpha\beta}(t) \kappa_\alpha \kappa_\beta. \quad (9)$$

Функция V_L есть функция Ляпунова для рассматриваемой задачи; в зависимости от того, справедлива ли для V_L первая или вторая теорема Ляпунова ([1], § 16), движение устойчиво или неустойчиво во всех q_s и p_s .

2. Переходим к рассмотрению описанной системы с квантовомеханической точки зрения. Классический гамильтониан (1) должен теперь быть заменен выражением

$$\begin{aligned} H_Q &= \frac{1}{2} a_{\alpha\beta}(t) p_\alpha p_\beta + \frac{1}{2} b_{\alpha\beta}(t) (p_\beta q_\beta + q_\beta p_\alpha) \\ &+ \frac{1}{2} c_{\alpha\beta}(t) q_\alpha q_\beta + d_\alpha(t) p_\alpha + c_\alpha(t) q_\alpha + f(t), \end{aligned} \quad (10)$$

где p_α представляет собой оператор $-ih'\partial/\partial q_\alpha$, а h' есть постоянная Планка, деленная на 2π .

Для исследования изменения состояния системы во времени мы должны составить уравнение Шредингера

$$ih' \frac{\partial \Psi}{\partial t} = H_Q \Psi \quad (11)$$

и найти его решение по заданным начальным условиям. Мы предположим,



что при $t=0$ Ψ -функция в q -представлении имеет вид волнового пакета гауссовой формы

$$\Psi(q, 0) = e^{\frac{i}{\hbar} \alpha(q, 0)}, \quad (12)$$

$$\sigma(q, 0) = -i\hbar' \ln N + p_{\alpha 0}(q_{\alpha} - q_{\alpha 0}) + \frac{i\hbar'}{2} \Gamma_{\alpha\beta}(q_{\alpha} - q_{\alpha 0})(q_{\beta} - q_{\beta 0}),$$

где N есть множитель, нормирующий $\Psi(q, 0)$ на единицу; $q_{\alpha 0}$ и $p_{\alpha 0}$ вещественны, а $\Gamma_{\alpha\beta} = \Gamma_{\beta\alpha}$ суть комплексные числа, образующие матрицу⁽¹⁾

$$\Gamma = \left(\frac{1}{2} - \frac{i}{\hbar'} \Upsilon^{(p, q)} \right) \Upsilon^{(q, q)^{-1}}. \quad (13)$$

Элементы вещественных матриц $\Upsilon^{(p, q)}$ и $\Upsilon^{(q, q)}$ таковы:

$$\Upsilon_{rs}^{(p, q)} = k(p_r, q_s), \quad \Upsilon_{rs}^{(q, q)} = \Upsilon_{sr}^{(q, q)} = k(q_r, q_s), \quad (14)$$

где $k(\xi, \eta)$ означает квантовомеханический коэффициент корреляции между ξ и η :

$$k(\xi, \eta) = k(\eta, \xi) = \frac{1}{2} (\overline{\xi\eta + \eta\xi}) - \bar{\xi} \cdot \bar{\eta}, \quad k(\xi, \xi) \equiv 0;$$

чёртой обозначено среднее значение. Если ввести еще матрицу $\Upsilon^{(p, p)}$ с элементами

$$\Upsilon_{rs}^{(p, p)} = \Upsilon_{sr}^{(p, p)} = k(p_r, p_s), \quad (15)$$

то тогда мы получим полную характеристику распределения (12) в терминах теории вероятностей:

$$\bar{q}_s = q_{s0}, \quad \bar{p}_s = p_{s0} \quad \text{при } t=0; \quad (16)$$

$$\Upsilon^{(q, q)} \Upsilon^{(p, p)} - \Upsilon^{(p, p)} \Upsilon^{(q, q)} = 0, \quad \Upsilon^{(p, q)} \Upsilon^{(p, p)} - \Upsilon^{(p, p)} \Upsilon^{(p, q)} = 0, \quad (16')$$

$$\Upsilon^{(p, p)} \Upsilon^{(q, q)} - \Upsilon^{(p, q)}^2 = \frac{\hbar'^2}{4}.$$

Мы не останавливаемся на доказательстве того, что (16') представляют собой не только необходимые, но и достаточные условия для того, чтобы Ψ -функция имела гауссов вид.

Средние значения $\bar{q}_s = q_{s0}$ представляют собой, одновременно, значения q_s обращающие $|\Psi(q, 0)|^2$ в максимум, причем этот последний будет тем более острым, чем меньше величины $\Upsilon_{rs}^{(q, q)}$. Если все $\Upsilon_{rs}^{(q, q)}$, будучи малыми при $t=0$, остаются малыми для любого $t>0$, то тогда распределение будет иметь острый максимум в любой момент времени—волновой пакет будет устойчив; если же величины $\Upsilon_{rs}^{(q, q)}$ неограниченно возрастают с течением времени, то тогда максимум будет все менее и менее острым (и даже

⁽¹⁾ Предполагается, что детерминант $|\Gamma + \Gamma^*| \neq 0$; в противном случае нормировка невозможна и матрица $\Upsilon^{(q, q)}$ не существует.

может совершенно исчезнуть) — волновой пакет будет расплываться. Легко сообразить, что это расплывание будет происходить преимущественно в направлении тех осей конфигурационного пространства, для которых величины $\gamma_{rs}^{(q, p)}$ растут быстрее остальных; совершенно то же самое имеет место в отношении зависимости поведения волнового пакета в p -представлении от величин $\gamma_{rs}^{(p, p)}$.

Исходя из этих наглядных представлений, мы будем говорить, что волновой пакет устойчив (или неустойчив) в тех динамических переменных, для которых все коэффициенты корреляции, какие только можно из них составить, будучи малыми при $t=0$, остаются малыми (или неограниченно возрастают) при $t>0$.

Переходя к решению уравнения (11), положим

$$\Psi(q, t) = e^{\frac{i}{\hbar} \sigma(q, t)}, \quad (17)$$

и будем искать $\sigma(q, t)$ в виде⁽¹⁾

$$\sigma(q, t) = s(t) + p_{\alpha t}(q_{\alpha} - q_{\alpha t}) + \frac{1}{2} X_{\alpha\beta}(t)(q_{\alpha} - q_{\alpha t})(q_{\beta} - q_{\beta t}), \quad (18)$$

где значения $q_s = q_{st}$ обращают в нуль производные по q от мнимой части $\sigma(q, t)$; очевидно, что как q_{st} , так и p_{st} суть вещественные функции времени⁽²⁾. Функции $s(t)$ и $X_{\alpha\beta}(t) = X_{\beta\alpha}(t)$, вообще говоря, комплексны. Подставляя (17) и (18) в (11), мы получим уравнения:

$$\dot{S}(t) = L(t) + \frac{\hbar'}{2} \{a_{\alpha\beta}(t) X_{\alpha\beta}(t) + b_{\alpha\alpha}(t)\}, \quad s(0) = -i\hbar' \ln N, \quad (19)$$

$$p_{st} + \frac{\partial H}{\partial q_{st}} - \left(\dot{q}_{\alpha t} - \frac{\partial H}{\partial p_{\alpha t}} \right) X_{\alpha s}(t) = 0, \quad (19')$$

$$\dot{X}_{\nu\mu}(t) + a_{\alpha\beta}(t) X_{\alpha\nu}(t) X_{\beta\mu}(t) + X_{\nu\alpha}(t) b_{\alpha\mu}(t) + b_{\alpha\nu}(t) X_{\alpha\mu}(t) + c_{\nu\mu}(t) = 0, \quad X_{\nu\mu}(0) = i\hbar' \Gamma_{\nu\mu} \quad (19'')$$

В этих уравнениях $H = H(q_s, p_s, t)$ получается из классического гамильтониана (1) заменой q_s и p_s на q_{st} и p_{st} ; $L = p_{\alpha t} q_{\alpha t} - H$ есть классическая лагранжева функция. Очевидно, что как H , так и L вещественны.

Рассмотрим уравнение (19'); разделив $X_{\alpha\beta}$ на вещественную и мнимую части, мы получим⁽³⁾ для q_{st} и p_{st} классические канонические уравнения (2), решения которых (4) мы считаем известными; центр (точка максимума)

⁽¹⁾ Можно показать, на чем мы не останавливаемся, что $\sigma(q, t)$ в любой момент времени будет полиномом второй степени от q , если только $\sigma(q, 0)$ и H_Q имеют вид (10) и (12).

⁽²⁾ Заметим, что, согласно определению, $|\psi(q, t)|^2$ имеет максимум при $q_s = q_{st}$.

⁽³⁾ Учитывая, что детерминант $|X - X^*|$ не может тождественно равняться нулю для любого t ; это следует из того, что $|X - X^*|$ непрерывно зависит от времени и при $t=0$ отличен от нуля.

волнового пакета описывает строго-классическую траекторию как в q -, так и в p -представлениях.

Для решения уравнения (19) и (19'') мы перейдем к матричной записе; в матричной форме (19'') имеет вид уравнения Риккати:

$$\dot{X} + XaX + Xb + b'X + c = 0, \quad X_0 = \left(\gamma^{(p, q)} + \frac{ih'}{2} \right) \gamma^{(q, q)^{-1}}; \quad (20)$$

решение этого уравнения имеет вид $\xi\eta^{-1}$, где

$$\dot{\xi} = -b'\xi - c\eta, \quad \dot{\eta} = a\xi + b\eta, \quad \xi_0 = \gamma^{(q, q)} + \frac{ih'}{2}, \quad \eta_0 = \gamma^{(q, q)}. \quad (A)$$

Сравнивая эти уравнения с (6), мы сразу получаем их решения:

$$\xi = U(t) \xi_0 + T(t) \eta_0, \quad \eta = Y(t) \eta_0 + Z(t) \xi_0. \quad (B)$$

Итак,

$$X = \xi \cdot \eta^{-1} \equiv \xi(Z(t)X_0 + Y(t))'^* \{\eta(Z(t)X_0 + Y(t))'\}^{-1} = \left(\gamma_t^{(p, q)} + \frac{ih'}{2} \right) \gamma_t^{(q, q)^{-1}}; \quad (21)$$

используя (7) и (16'), легко находим:

$$\begin{aligned} \gamma_t^{(q, q)} &= \eta(Z(t)X_0 + Y(t))'^* = Y(t) \gamma^{(q, q)} Y'(t) + Y(t) \gamma^{(q, p)} Z'(t) \\ &\quad + Z(t) \gamma^{(q, p)} Y'(t) + Z(t) \gamma^{(p, p)} Z'(t), \\ \gamma_t^{(p, q)} &= \xi(Z(t)X_0 + Y(t))'^* - \frac{ih'}{2} = T(t) \gamma^{(q, q)} Y'(t) + T(t) \gamma^{(p, q)} Z'(t) \\ &\quad + U(t) \gamma^{(p, q)} Y'(t) + U(t) \gamma^{(p, p)} Z'(t), \\ \gamma_t^{(p, p)} &= \left(\frac{h'^2}{4} + \gamma_t^{(p, q)^2} \right) \gamma_t^{(q, q)^{-1}} = T(t) \gamma^{(q, q)} T'(t) + T(t) \gamma^{(p, q)} U'(t) \\ &\quad + U(t) \gamma^{(p, q)} T'(t) + U(t) \gamma^{(p, p)} U'(t), \end{aligned} \quad (22)$$

причем (16') сохраняется для любого момента времени.

Уравнение (19) в принятой записе имеет вид

$$\dot{S} = L + \frac{ih'}{2} Sp(aX + b);$$

используя равенство

$$\frac{d}{dt} \ln |M| = Sp(\dot{M}M^{-1}), \quad (23)$$

мы сразу находим:

$$S(t) = \int_0^t L(\tau) d\tau - ih' \left\{ \ln N - \ln \left| Y(t) + Z(t) \left(\gamma^{(p, q)} + \frac{ih'}{2} \right) \gamma^{(q, q)^{-1}} \right|^{\frac{1}{2}} \right\}. \quad (24)$$

Тем самым функция $\Psi(q, t)$ полностью определена; она сохраняет гауссов вид для любого момента времени¹⁾:

$$\Psi(q, t) = N \cdot \left| Y(t) + Z(t) \left(\gamma^{(p, q)} + \frac{ih'}{2} \right) \gamma^{(q, q)^{-1}} \right|^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{1}{2} \Gamma_{\alpha\beta}(t)(q_\alpha - q_{\alpha t})(q_\beta - q_{\beta t}) + \frac{i}{h'} p_\alpha t (q_\alpha - q_{\alpha t}) + \frac{i}{h'} \int_0^t L(\tau) d\tau}$$

$$\Gamma(t) = \left(\frac{1}{2} - \frac{t}{h'} \gamma^{(q, q)} \right) \gamma^{(q, q)^{-1}}. \quad (25)$$

Нам не удалось отыскать метод, отличный от матричного, столь же быстро и изящно решающий систему уравнений (19) и (19').

3. Переходим к исследованию полученных решений. Записывая (22) в элементах, имеем:

$$\begin{aligned} \gamma_{rs}^{(q, q)}(t) &= Y_{r\alpha}(t) Y_{s\beta}(t) \gamma_{\alpha\beta}^{(q, q)} + \{ Y_{r\beta}(t) Z_{s\alpha}(t) + Z_{r\alpha}(t) Y_{s\beta}(t) \} \gamma_{\alpha\beta}^{(q, p)} + Z_{r\beta}(t) Z_{s\alpha}(t) \gamma_{\alpha\beta}^{(p, p)}, \\ \gamma_{rs}^{(p, q)}(t) &= T_{r\alpha}(t) Y_{s\beta}(t) \gamma_{\alpha\beta}^{(q, q)} + \{ T_{r\beta}(t) Z_{s\alpha}(t) + U_{r\alpha}(t) Y_{s\beta}(t) \} \gamma_{\alpha\beta}^{(q, p)} + U_{r\alpha}(t) Z_{s\beta}(t) \gamma_{\alpha\beta}^{(p, p)}, \\ \gamma_{rs}^{(p, p)}(t) &= T_{r\alpha}(t) T_{s\beta}(t) \gamma_{\alpha\beta}^{(q, q)} + \{ T_{r\beta}(t) U_{s\alpha}(t) + U_{r\alpha}(t) T_{s\beta}(t) \} \gamma_{\alpha\beta}^{(p, q)} + U_{r\alpha}(t) U_{s\beta}(t) \gamma_{\alpha\beta}^{(p, p)}. \end{aligned} \quad (26)$$

Сравнивая друг с другом коэффициенты корреляции, характеризующие поведение волнового пакета и величины κ_s и π_r , которые определяют характер классического движения, мы сразу замечаем, что любое произведение $\kappa_s \kappa_r$, или $\pi_s \pi_r$ и соответствующий коэффициент корреляции имеют совершенно одинаковый вид и через одни и те же классические функции $Y_{\alpha\beta}(t) \dots U_{\alpha\beta}(t)$ зависят от времени и от своих начальных значений. Из этой аналогии вытекает наш основной результат: *если классическое движение устойчиво (или неустойчиво) в некоторых динамических переменных, то тогда волновой пакет также устойчив (или неустойчив) в отношении этих последних.*

Отметим, между прочим, одно любопытное соотношение; если обозначить через D якобиан от всех независимых (см. формулы (14) и (15)) коэффициентов корреляции $\gamma_{rs}^{(q, q)}$, $\gamma_{rs}^{(p, q)}$ и $\gamma_{rs}^{(p, p)}$ по их начальным значениям и через Δ — якобиан от κ_s и π_r по κ_{s0} и π_{r0} , то тогда нетрудно убедиться, что

$$D = \Delta^{2n+1}, \quad (27)$$

где n есть число степеней свободы системы. Соотношение (27) есть алгебраическое тождество между элементами детерминанта Δ и совершенно не зависит от уравнений, которым следуют эти последние.

С другой стороны, κ_s и π_r удовлетворяют каноническим уравнениям (8) и $\Delta = 1$; поэтому, в силу (27), якобиан D также равен единице.

¹⁾ Если гамильтониан имеет вид более сложный, чем (10), то тогда это обстоятельство уже не имеет места.

Составим, наконец, функцию

$$V_L^{(h)} = \bar{H}_Q - H_Q(\bar{q}_n, \bar{p}_n; t) = \frac{1}{2} a_{\alpha\beta}(t) \gamma_{\alpha\beta}^{(p, p)}(t) + b_{\alpha\beta}(t) \gamma_{\alpha\beta}^{(p, q)}(t) + \frac{1}{2} c_{\alpha\beta}(t) \gamma_{\alpha\beta}^{(q, q)}(t). \quad (28)$$

Сравнивая это выражение с классической функцией Ляпунова (9), мы видим, что единственное различие между этими двумя функциями заключается в замене произведений κ_n и π_n соответствующими коэффициентами корреляции. Можно убедиться, что волновой пакет устойчив (или неустойчив) как в q -, так и p -представлениях, если функция $V_L^{(h)}$ удовлетворяет условиям первой (или второй) теоремы Ляпунова. Следовательно, $V_L^{(h)}$ может считаться квантовомеханическим аналогом функции Ляпунова.

4. Исследование рассматриваемого частного случая можно считать вполне законченным. Мы установили тождественность между поведением волнового пакета и характером классического движения, как в смысле общих условий устойчивости, так и в смысле условий Ляпунова. Устойчивость или расплывание волнового пакета есть в данном случае явление не квантовое, а чисто классическое.

Все эти соотношения справедливы, однако, только тогда, когда гамильтониан квантовой системы имеет вид (10). В любом более сложном случае в поведении волнового пакета появляются уже чисто квантовые закономерности, не имеющие, повидимому, никакого классического аналога.

Эти общие закономерности требуют дальнейшего исследования, результаты которого нами будут изложены в одном из следующих номеров «Сообщений».

Тема исследования общей связи между поведением волнового пакета и характером классического движения была предложена мне акад. В. А. Фоком, за что выражаю ему глубокую признательность.

Академия Наук Грузинской ССР
 Институт физики и геофизики
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 3.8.1942)

შიზიკა

6. კონკლუზია

ტალღური პაკეტის ძრაობის თეორიისათვის რეზუმე

შრომში განხილულია ტალღური პაკეტის ძრაობის ერთი კერძო შემთხვევა. ნაჩვენებია მიზეზობრივი კავშირი კლასიკური ძრაობის ხასიათისა და ტალღური პაკეტის ყოფაქცევის შორის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ფიზიკისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტი
 თბილისი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. А. М. Ляпунов. Общая задача об устойчивости движения. ОНТИ, 1935.

О. Е. ЗВЯГИНЦЕВ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОЭФИЦИЕНТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТОК (ВЕК'и) И СТРОЕНИЕ БИНАРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ

За последние годы многие исследователи пытались найти закономерности в образовании интерметаллических фаз бинарных систем. Наиболее плодотворными в этой области оказались обобщения, высказанные Юм-Розери [1]. Этим автором было установлено несколько весьма важных закономерностей, применимых к некоторым группам металлов и сплавов. Следует отметить также интересную работу Н. В. Агеева [2] и некоторые другие [3].

Установленные до сих пор закономерности, однако, во многих случаях не дают возможности предвидеть характера интерметаллических фаз бинарных сплавов неизученных экспериментально систем. Мы все еще находимся в плену у чистого опыта.

Я предпринял это исследование с целью найти новые пути теоретического предвидения природы сплавов. При этом я исходил из следующих предположений.

1. Кристаллическая решетка металлических сплавов состоит из ионов металлов, причем электроны, отщепленные от атомов металлов, не образуют стабильных пар, цепочек или иных совокупностей, а распределяются в форме подвижного электронного «облака» во всей решетке сплава [10].

2. Это облако образуется свободными электронами, поступающими от обоих компонентов бинарных сплавов, и поэтому можно предположить, что потенциалы ионизации компонентов (катионов) в их общей решетке должны для достижения состояния равновесия с облаком электронов, приближаться друг к другу. В случае, если энергетические уровни ионов компонентов окажутся различными, решетка сплава не может образоваться. Следовательно, наличие твердых растворов и интерметаллических соединений будет зависеть от энергетических уровней ионов компонентов. Наиболее полно для настоящего времени энергетические уровни ионов в кристаллах характеризуются энергетическими коэффициентами ионов (ЭК и ВЭК) акад. А. Е. Ферсмана [4].

Для сравнения между собой ионов различной валентности удобно пользоваться ВЭК'ами.



3. Пользование ВЭК'ами требует знания валентности. Я принял, что у элемента-компонента системы, обладающего переменной валентностью, проявляется в сплавах высшая валентность при высоких температурах и низшая — при низких температурах плавления или превращения.

Так, например, в амальгамах, имеющих низкие температуры плавления, валентность ртути принимается мной за единицу; в сплавах свинца и олова валентность этих металлов принята за +2 в случаях, если сплавы плавятся ниже 660° , и за +4, если температура плавления выше 660° (температура плавления алюминия). Валентность железа принята за +3, кобальта и никеля — также +3. А. Е. Ферсман [4] о поведении этих элементов в кристаллических решетках говорит: «Никель, кобальт и марганец обладают повышенной энергией по сравнению с нормальной валентностью +2» (стр. 73). Валентность хрома +3 и +6, марганца +2 и +4, золота +3; валентность галлия принята +3, хотя возможно, что в случае низкоплавких сплавов следовало бы ее считать за +2, но ВЭК двухвалентного галлия неизвестен даже приблизительно.

4. Все двойные системы разбиты мной на 6 основных групп: а) системы с образованием непрерывного ряда твердых растворов, б) системы с образованием химических соединений¹⁾, в) системы с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге в жидком состоянии, г) системы с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии, д) системы с полной нерастворимостью компонентов друг в друге в твердом состоянии и е) системы с нерастворимыми друг в друге компонентами в жидком состоянии.

Очевидно, что компоненты систем, относящихся к группам а) и б), должны, согласно п. 2, обладать более близкими друг к другу ВЭК'ами, чем компонентов систем г), д) и е). Системы группы в) не должны занимать определенного положения: некоторые из них близки к группе б), т. к. имеют скрытый максимум (химическое соединение), а другие близки к группе д).

Исходя из изложенных четырех предпосылок, я приступил к классификации двойных металлических систем²⁾ в зависимости от величины ВЭК'ов их компонентов. Сначала мной были взяты системы, где один компонент был постоянным, а другие менялись. Таким образом был составлен ряд таблиц для нескольких десятков двойных систем. Пример такой таблицы для сплавов вольфрама приведен на стр. 777 (таблица 1). Достаточно беглого взгляда на эту таблицу, чтобы увидеть закономерное распределение систем на две части: 1) системы с компонентами малых ВЭК'ов, отличаю-

¹⁾ Интерметаллические химические соединения я понимаю в смысле, придаваемом этому понятию школой Н. С. Курикова [11].

²⁾ Сплавы металлов с неметаллами Si, S, Se, Te, C, B, N и др. не включены в рассмотрение.

ВСК	?	0,60	?	0,80	0,87	1,05	1,05	1,10	1,65	1,71	?	?	1,80	2,12	4,01
а) Полная растворимость														Mo	
б) Химическое соединение									Al	Fe ²⁺	Co	Ni	Ga		Re
в) Ограниченная растворимость в жидком состоянии															
г) Ограниченная растворимость в твердом состоянии															
д) } е) } Нерастворимость	Hg ²⁺	Ag	Sr ²⁺	Pb ²⁺	Ca	Mg	Cu ²⁺	Zn							

Сплавы платины (ВСК и Pt²⁺, Pt³⁺ и Pt⁴⁺ точно неизвестны)

ВСК	0,42	?	0,60	?	0,80	1,00	1,05	1,05	1,10	?	1,65	1,71	?	?	1,96	?	2,16	2,16	3,23	3,52	4,01	
а) Полная растворимость											As	Fe	Co	Ni	Rh	Ir	Pd			Mo	W	
б) Химическое соединение	Ti ⁴⁺	Hg ²⁺	Ag	Sr ²⁺	Pb ²⁺	Cd	Mg	Cu	Zn		Al	Be			Pb ²⁺	Sr ²⁺			Mn		Cr	Re
в) Ограниченная растворимость в жидком состоянии																						
г) Ограниченная растворимость в твердом состоянии																						
д) } е) } Нерастворимость																						

щихся от ВЭК'а вольфрама, с нерастворимостью компонентов друг в друге и 2) системы с ВЭК'ами второго компонента более 1,65, где проявляется взаимодействие компонентов друг с другом.

Не для всех элементов получились также простые и стройные таблицы, как для сплавов вольфрама. Так, например, для платины на протяжении всей таблицы от малых до больших ВЭК'ов проявляется химическое взаимодействие платины со вторым компонентом (табл. 2). Платина обладает переменной валентностью +2, +4, а в сплавах, вероятно, и +6. Следовательно, энергетические состояния платины могут приспособляться к ВЭК'у любого металла и, согласно п. 2, давать с ним химическое соединение или непрерывный ряд твердых растворов. Между выбранными крайними примерами, платиной и вольфрамом, могут быть и промежуточные случаи.

После анализа таблиц для сплавов с одним общим металлом-компонентом я перешел к составлению общей таблицы 3 для всех металлов¹, для которых имелись нужные данные о величине ВЭК'ов и характер диаграмм состояния. Некоторые металлы, имеющие переменную валентность, помещены в таблице дважды, а их сплавы сгруппированы в зависимости от температур плавления в две группы.

Из таблицы 3 с ясностью следуют качественные выводы:

а) Интерметаллические химические соединения в бинарных системах образуются металлами с близкими ВЭК'ами компонентов.

б) Полная растворимость металлов друг в друге в твердом состоянии наблюдается в системах, образованных металлами с близкими ВЭК'ами.

в) Ограниченная растворимость и нерастворимость компонентов бинарных систем металлов наблюдается преимущественно у металлов с большой разницей и величине ВЭК'ов.

г) Системы: ванадий—молибден, золото—кобальт, свинец—кадмий, свинец—олово, кадмий—олово, серебро—свинец, ртуть—свинец, кадмий—таллий и рублидий—натрий, не следующие правилу а), должны быть снова исследованы. Исследование многих из них сделано не полно; области низких температур по большей части не затронуты изучением².

л) Характер еще не изученных систем может быть, на основании таблицы 3, предсказан с большой долей вероятности. Так, например, в изучающейся в настоящее время в металлургической лаборатории Тбилисского Химического Института Академии Наук Груз. ССР системе марганец—хром должно быть химическое взаимодействие компонентов. Родий должен дать химические соединения со свинцом, галлием и металлами группы железа;

¹ При составлении таблицы 3 я пользовался сводным трудом Ганзен [5].

² Относительно нескольких из перечисленных систем в литературе : имеются указания на возможность существования в них химических соединений: Pb—Sn [6], Cd—Sn [7]. Относительно систем Au—Co [8], Na—Rb [9] надо сказать, что они изучены лишь поверхностно.

с последними, вероятно, возможно образование непрерывного ряда твердых растворов. Не умножая далее примеров предсказания, я полагаю, что их возможно делать на основе таблицы в большом числе.

е) Недостаточная точность при вычислении ВЭК'ов, недостаточная ясность в некоторых случаях в вопросе о валентности металлов не дают права идти далее качественной закономерности. В будущем я надеюсь подойти к вопросу с количественной стороны.

Академия Наук Грузинской ССР
 Тбилисский Химический Институт

(Поступило в редакцию 26.9.1942)

მიტალურები

მ. ზინაბიძე

კრისტალური ბინარული ენერგეტიკული კოეფიციენტები (ვიტები) და ბინარულ-ლითონური შენადნობის აღნაგობა

რეზიუმე

1. ორი კომპონენტიდან კრისტალური გისოსის წარმოქმნის შესაძლებლობა დამოკიდებულია ატომთა იონების ენერგეტიკული დონეებისგან, რომლებსგანაც გისოსი უნდა აიგოს. ეს დონეები შესაძლებელია დახასიათებული იქნენ ვიტების სიდიდებით, რომლებიც ა. ფერსმანის მიერ არის მოცემული.
2. ბინარულ სისტემებში ინტერლითონური ქიმიური ნაერთები წარმოიქმნიან ისეთი ლითონების მიერ, რომლებსაც კომპონენტთა მიახლოებული ვიტები აქვთ.
3. მყარ მდგომარეობაში ლითონების ერთიმეორეში სრული გახსნა შემჩნეულია იმ სისტემებში, რომლებიც მიახლოებულ ვიტებიანი ლითონების მიერ არიან წარმოდგარი.
4. ლითონების ბინარული სისტემების კომპონენტთა ხსნადობა და უხსნადობა შემჩნეულია უმთავრესად იმ ლითონებში, რომლებსაც ვიტების სიდიდების დიდი სხვაობა აქვთ.
5. ზემოთ მოხსენებულის საფუძველზე შესაძლებელია ზოგიერთ, ჯერ კიდევ შეუსწავლელი ან ნაკლებად შესწავლელი, ბინარული სისტემების ხასიათი იქნეს ნაწინასწარმეტყველები.
6. ვიტების გამოთვლის არასაკმარისი სიზუსტე, და ზოგიერთ შემთხვევებში ლითონების ვალენტურობის განსაზღვრის არასაკმარისი სიაშკარავე, რასაკვირველია, ჯერ უფლებას არ გვაძლევს ხარისხობრივი კანონზომიერების იქით წავიდეთ. მომავალში, ვიმედოვნებ, რომ საკითხს ოდენობითი მხრიდანაც მივუღებ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 თბილისის ქიმიის ინსტიტუტი



ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. В. Юм-Розери. Структура металлов и сплавов. 1936.
2. Н. В. Агеев. Успехи химии. 9, 1940, 151.
3. Zintl. Angew. Ch. 52, 1—6, 1939.
4. А. Е. Ферсман. Геохимия, т. III, 1937.
5. М. Hansen. Der Aufbau der Zweistofflegierungen. Berlin, 1936.
6. Degens. Z. anorg. Ch. 63, 1909, 207.
7. Матсуяма. Sc. Rep. Tôhoku Univ. 20, 1931, 649; Hauson and Pell-Walpole. J. Inst. Met. London, 56, 1935, 165. Шишокин, Андреев и Букин. Изв. сектора физико-химического анализа. Акад. Наук СССР, XI, 66, 1938.
8. Wagl. Z. anorg. Ch. 66, 1910, 60.
9. Rihsk. C. R. 197, 1933, 1404.
10. L. Pauling. The Nature of Chemical Bond. Oxford, 1939, глава 11; G. Masing. Naturwiss. 27, 1939; H. G. U. Dehlinger. Handbuch d. Metallphys. Bd. I; G. Voretius. Z. Electroch, 45, 1939, 16.
11. В. А. Немиллов. Успехи химии, 9, 1940, 1292.

Академик К. С. ЗАВРИЕВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО КОЭФИЦИЕНТА ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ОБОБЩЕННЫМ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ

Мы ограничиваемся изучением вынужденных колебаний упругой системы под влиянием гармонических колебаний, сообщенных извне определенным ее точкам или от действия периодически меняющихся по гармоническому закону сил. Все возмущающие силы или положения заданных точек мы полагаем меняющимися с одним и тем же периодом и одной и той же фазой. Влиянием внутренних сопротивлений пренебрегаем. При этом все грузы, связанные с упругой системой, будут испытывать колебания с тем же периодом и с той же фазой. Это обстоятельство облегчает применение приближенных методов исследования.

Ранее нами был разработан обобщенный метод последовательных приближений для определения частот свободных колебаний упругих систем [1]. Этот же метод с удобством может быть применен и к исследованиям вынужденных колебаний.

Рассмотрим сначала случай, когда опорным точкам сооружения сообщаются колебательные движения по закону

$$y_0 = b \cos pt. \quad (1)$$

Если бы сооружение было абсолютно жестким, то все точки его перемещались бы по тому же закону (1), и наибольшая сила инерции, соответствующая какому-либо грузу Q_i , определилась бы выражением

$$P_{ist} = \frac{Q_i}{g} bp^2. \quad (2)$$

Эта сила принимается, как «статическая» сила инерции. Обозначая действительное значение силы инерции, вычисленное с учетом упругих деформаций сооружения, через P_i , получим выражение динамического коэффициента

$$\mu_i = \frac{P_i}{P_{ist}}. \quad (3)$$

Величина динамического коэффициента упругой системы зависит от ее динамической жесткости, мерой которой является частота основных свободных колебаний.

В случае системы с одной степенью свободы, по теории гармонических колебаний имеем для коэффициента частоты k выражение

$$k = \sqrt{\frac{g}{y_{st}}}, \quad (4)$$

где g — ускорение силы тяжести, y_{st} — отклонение находящегося в колебательном движении груза Q от среднего положения, в предположении статического приложения его веса в направлении колебаний. Если к грузу приложена вынуждающая причина с коэффициентом частоты p , то динамический коэффициент определится по формуле

$$\mu = \frac{1}{1 - \frac{p^2}{k^2}}. \quad (5)$$

В общем случае колебаний системы со многими степенями свободы точное решение наталкивается на значительные трудности, и на практике задача решается приближенными методами. Наиболее простой, но вместе с тем и грубый метод заключается в том, что формулы (4) и (5) распространяются и на общий случай, причем под y_{st} понимается наибольшее отклонение от среднего положения выбранной точки упругой системы под действием статически приложенных сил, равных весам грузов и направленных по линии колебаний. После простых математических преобразований из формулы (4) получается выражение для числа основных свободных колебаний в минуту

$$n = \frac{300}{\sqrt{y_{st}}}. \quad (6)$$

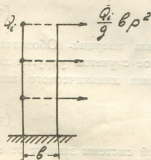
Это — известная формула Гайгера. Тогда формулу (5) можно записать в виде

$$\mu = \frac{1}{1 - \frac{m^2}{n^2}}, \quad (7)$$

где m — число вынужденных колебаний в минуту.

Обобщенный метод последовательных приближений позволяет решать задачу определения динамического коэффициента вынужденных колебаний с любой наперед заданной степенью точности. В качестве первого приближения примем расчетные силы инерции равными их статическим значениям по формуле (2) (черт. 1). Тогда, приложив в местах сосредоточения масс силы, направленные в сторону колебаний и равные

$$S_{ii} = \frac{Q_i}{g} b \quad (\text{черт. 2а}),$$



Черт. 1.

мы можем записать, на основании сопоставления с черт. 1,

$$P_{i1} = p^2 S_{i1}. \quad (8)$$

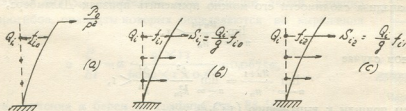
Полное перемещение точки (i) от действия сил P_{i1} принимает следующее значение:

$$y_{i1} = b + p^2 f_{i1}. \quad (9)$$

Вторым приближением для сил инерции будет служить выражение:

$$P_{i2} = \frac{Q_i}{g} p^2 y_{i1} = \frac{Q_i}{g} b p^2 + \frac{Q_i}{g} f_{i1} p^4 = p^2 S_{i1} + p^4 S_{i2}, \quad (10)$$

где силы S_{i2} получаются путем умножения масс на перемещения точек их сосредоточения от действия сил S_{i1} (черт. 2b).



Черт. 2.

Полное перемещение точки (i) от действия сил P_{i2} запишется, на основании черт. 2a и b, в следующем виде:

$$y_{i2} = b + p^2 f_{i1} + p^4 f_{i2}. \quad (11)$$

Для n-го приближения имеем:

$$P_{in} = p^2 S_{i1} + p^4 S_{i2} + \dots + p^{2n} S_{in}. \quad (12)$$

Выражение для динамического коэффициента запишется, на основании формулы (3),

$$\mu_{i(n-1)} = \frac{P_{in}}{P_{ist}} = \frac{P_{in}}{P_{i1}} = 1 + p^2 \frac{S_{i2}}{S_{i1}} + p^4 \frac{S_{i3}}{S_{i2}} \frac{S_{i2}}{S_{i1}} + \dots \quad (13)$$

Выражения $\frac{S_{i2}}{S_{i1}}, \frac{S_{i3}}{S_{i2}} \dots$ не изменятся, если мы на черт. 2a силы S_i изменим в отношении $\frac{b}{g} : 1$, так как в одном и том же отношении изменятся все числители и знаменатели этих выражений. Из теории обобщенного метода последовательных приближений в применении к расчету свободных колебаний [1] известно, что, принимая $S_{i1} = Q_i$, мы получили бы $\frac{S_{i1}}{S_{i2}}, \frac{S_{i2}}{S_{i3}} \dots$ равными значениям квадратов коэффициентов частот основных свободных колебаний системы в соответствующих приближениях «по силам»: $k_{i1}^2, k_{i2}^2, \dots$, причем

$$\lim_{n \rightarrow \infty} k_{in} = k.$$

Таким образом, выражение (13) мы можем записать в следующем виде:

$$\mu_{in} = 1 + \frac{p^2}{k_{i1}^2} + \frac{p^2}{k_{i1}^2} \frac{p^2}{k_{i2}^2} + \dots + \left(\frac{p^2}{k_{i1}^2} \frac{p^2}{k_{i2}^2} \dots \frac{p^2}{k_{in}^2} \right) + \dots \quad (14)$$

Наиболее интересным на практике является случай, когда удовлетворено условие

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p^2}{k_{in}^2} = \frac{p^2}{k^2} < 1. \quad (14')$$

Поэтому в дальнейшем мы им и ограничимся.

В данном случае условие (14') является достаточным для сходимости ряда (14), так как μ представляет собой ряд с положительными членами, и для анализа сходимости его можно применить признак Даламбера, т. е.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{u_{n+1}}{u_n} < 1.$$

В данном случае

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{u_{n+1}}{u_n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p^2}{k_{in}^2} = \frac{p^2}{k^2} < 1,$$

т. е. мы пришли к выражению (14').

В частном случае системы с одной степенью свободы выражение (14) приводится к виду (5), так как

$$k_{i1} = k_{i2} = \dots = k.$$

Для общего случая, имея в виду, что приближенные значения k быстро сходятся, мы можем, начиная с некоторого значения k_{in} , все остальные приравнять окончательному значению k , т. е. принять

$$k_{in} = k_{i(n+1)} = k_{i(n+2)} = \dots = k.$$

При этом получаем последовательные приближения для μ :

$$\mu_{i1} = \frac{1}{1 - \frac{p^2}{k_{i1}^2}}, \quad (15)$$

$$\mu_{i2} = 1 + \frac{p^2}{k_{i1}^2} \frac{1}{1 - \frac{p^2}{k_{i2}^2}}, \quad (15')$$

$$\mu_{i3} = 1 + \frac{p^2}{k_{i1}^2} \left[1 + \frac{p^2}{k_{i2}^2} \frac{1}{1 - \frac{p^2}{k_{i3}^2}} \right] \quad (15'')$$

и т. д. Выбор выражения зависит от быстроты сходимости для k . Сопоставляя (15) с (5), заключаем, что выражение (5) представляет собой первое приближение для динамического коэффициента любой упругой системы со многими степенями свободы.

Операции по вычислению μ следует уложить в таблицы, как это видно на нижеследующем примере.

Определим динамический коэффициент вынужденных колебаний каменного столба сечением $0,6 \times 1$ м высотой 9 м под действием собственного веса и сообщенных его основанию горизонтальных гармонических колебаний с периодом $T=1$ сек. и наибольшим ускорением $\tau=1$ м/сек². Объемный вес кладки 2 т/м³, модуль упругости 60000 т/м².

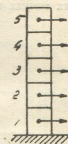
Разобьем сплошную нагрузку на 5 сосредоточенных грузов (черт. 3) величиной

$$Q = 2 \times 1 \times 0,6 \times \frac{9}{5} = 2,16 \text{ т.}$$

Прогибы точек сосредоточения грузов от действия горизонтальных сил S_{in} определяем при помощи линий влияния для прогибов, ординаты которых определяются из выражения

$$\sigma \frac{l^3}{EI} = \alpha \frac{9^3 \times 11}{6000 \times 1 \times 0,6^3} = 0,0675 \alpha,$$

причем значения α берем из графика стр. 88 [2].



Черт. 3.

Таблица последовательных приближений k_i

№№ точек	Ординаты линий влияния				
	в	в т. № 2	в т. № 3	в т. № 4	в т. № 5
1	$2,25 \times 10^{-5}$	$9,00 \times 10^{-5}$	$15,75 \times 10^{-5}$	$22,5 \times 10^{-5}$	$29,2 \times 10^{-5}$
2	$9,00 \times 10^{-5}$	$60,75 \times 10^{-5}$	$121,50 \times 10^{-5}$	$182,25 \times 10^{-5}$	243×10^{-5}
3	$15,75 \times 10^{-5}$	$121,50 \times 10^{-5}$	$281,2 \times 10^{-5}$	450×10^{-5}	$618,75 \times 10^{-5}$
4	$22,5 \times 10^{-5}$	$182,25 \times 10^{-5}$	450×10^{-5}	772×10^{-5}	$1102,5 \times 10^{-5}$
5	$29,2 \times 10^{-5}$	243×10^{-5}	$618,75 \times 10^{-5}$	$1102,5 \times 10^{-5}$	1640×10^{-5}

Продолжение таблицы

$S_i = Q_i$	f_{i1}	$S_{i2} = \frac{Q_i}{g} f_{i1}$	f_{i2}	$S_{i3} = \frac{Q_i}{g} f_{i2}$	f_{i3}	$k_{i1}^2 = \frac{S_{i1}}{S_{i2}}$	$k_{i2}^2 = \frac{S_{i2}}{S_{i3}}$	$k_{i3}^2 = \frac{f_{i1}}{f_{i2}}$
2,16	$1,70 \times 10^{-3}$	$0,375 \times 10^{-3}$	916×10^{-8}	$2,02 \times 10^{-6}$	$0,054 \times 10^{-6}$	5760	185	169
2,16	$13,3 \times 10^{-3}$	$2,93 \times 10^{-3}$	7450×10^{-8}	$16,4 \times 10^{-6}$	$0,441 \times 10^{-6}$	738	178	169
2,16	$32,1 \times 10^{-3}$	$7,07 \times 10^{-3}$	18500×10^{-8}	$40,7 \times 10^{-6}$	$1,09 \times 10^{-6}$	306	174	169
2,16	$54,7 \times 10^{-3}$	$12,1 \times 10^{-3}$	32100×10^{-8}	$70,6 \times 10^{-6}$	$1,90 \times 10^{-6}$	179	171	169
2,16	$78,5 \times 10^{-3}$	$17,3 \times 10^{-3}$	46800×10^{-8}	103×10^{-6}	$2,76 \times 10^{-6}$	125	168	169

При составлении последнего столбца мы руководствуемся следующими соотношениями:

$$k_{in}^2 = \frac{S_{in}}{S_{i(n+1)}} = \frac{\frac{Q_i}{g} f_{i(n-1)}}{\frac{Q_i}{g} f_{in}} = \frac{f_{i(n-1)}}{f_{in}}$$



Как видим по последнему столбцу таблицы, окончательное значение коэффициента частоты основных свободных колебаний системы

$$k = \sqrt{169} = 13.$$

Коэффициент частоты вынужденных колебаний

$$p = \frac{2\pi}{T} = 6,28, \quad p^2 = 40.$$

Для динамических коэффициентов вынужденных колебаний в соответствующих точках получаем значения:

$$\mu_1 = 1 + \frac{40}{5760} \left(1 + \frac{40}{185} \frac{1}{1 - \frac{40}{169}} \right) = 1,01,$$

$$\mu_2 = 1,07,$$

$$\mu_3 = 1,17,$$

$$\mu_4 = 1,29,$$

$$\mu_5 = 1 + \frac{40}{125} \frac{1}{1 - \frac{40}{169}} = 1,42.$$

В предположении абсолютно твердого тела силы инерции

$$P_{st} = \frac{Q}{g} \tau_0 = \frac{2,16}{9,81} \times 1 = 0,22 \text{ т.}$$

Действительные значения сил инерции при вынужденных колебаниях

$$P_1 = \mu_1 P_{st} = 1,01 \times 0,22 = 0,22 \text{ т, } P_2 = 0,24 \text{ т,}$$

$$P_3 = 0,26 \text{ т,}$$

$$P_4 = 0,28 \text{ т,}$$

$$P_5 = 0,31 \text{ т.}$$

Рассмотренный случай, когда вынужденные колебания происходят в результате сообщения отдельным точкам заданных колебательных движений, имеет значение при исследованиях сейсмостойкости сооружений. Для расчета конструкций промышленных зданий, находящихся под воздействием машин, необходимо изучить случай, когда вынужденные колебания упругой системы вызываются периодически меняющимися силами, приложенными к точкам системы. При этом предполагаем, что величины всех сил меняются по гармоническому закону с одним и тем же периодом и одной и той же фазой:

$$P = P_0 \cos pt. \quad (16)$$

В этом случае «статические» силы инерции, т. е. вычисленные в предположении, что они не оказывают влияния на деформации системы, представляются в следующем виде:

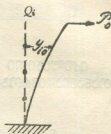
$$P_{ist} = P_{i1} = \frac{Q_i}{g} p^2 y_{i0}, \quad (17)$$

где y_{i0} — отклонения точек сосредоточения масс Q_i от действия одних лишь сил P_0 (черт. 4).

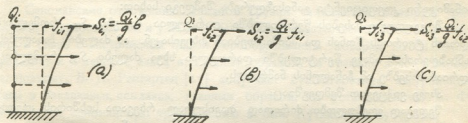
Что же касается динамических коэффициентов, то для них сохраняются выражения (14) или (15), (15'), (15'') с тем, однако, чтобы первая схема представляла собой воздействие сил $\frac{P_0}{p^2}$ (черт. 5).

Действительно, сопоставляя черт. 4 с черт. 3, записываем:

$$y_{i0} = p^2 f_{i0}.$$



Черт. 4.



Черт. 5.

Отсюда:

$$P_{i1} = \frac{Q_i}{d} p^2 y_{i0} = \frac{Q_i}{g} p^4 f_{i0} = p^4 S_{i1}. \quad (17')$$

Во втором приближении, при совместном действии сил P_0 и P_{i1} , имеем:

$$y_{i1} = p^2 f_{i0} + p^4 f_{i1},$$

$$P_{i2} = \frac{Q_i}{g} p^2 y_{i1} = \frac{Q_i}{g} p^4 f_{i0} + \frac{Q_i}{g} p^6 f_{i1} = p^4 S_{i1} + p^6 S_{i2}.$$

Продолжая точно также, получаем:

$$P_{in} = p^4 S_{i1} + p^6 S_{i2} + \dots + p^{2(n+1)} S_{in},$$

откуда

$$\mu_{i(n-1)} = \frac{P_{in}}{P_{i1}} = 1 + p^2 \frac{S_{i2}}{S_{i1}} + p^4 \frac{S_{i3}}{S_{i1}} + \dots + p^{2(n-1)} \frac{S_{in}}{S_{i1}}$$

или

$$\begin{aligned} \mu_{in} &= 1 + p^2 \frac{S_{i2}}{S_{i1}} + p^4 \frac{S_{i3}}{S_{i2}} \frac{S_{i2}}{S_{i1}} + \dots + p^{2n} \left(\frac{S_{i(n+1)}}{S_{in}} \dots \frac{S_{i2}}{S_{i1}} \right) \\ &= 1 + \frac{p^2}{k_1^2} + \frac{p^2}{k_1^2} \frac{p^2}{k_2^2} + \dots + \left(\frac{p^2}{k_1^2} \frac{p^2}{k_2^2} \dots \frac{p^2}{k_n^2} \right), \end{aligned}$$

т. е. мы пришли к формуле (14).

Академия Наук Грузинской ССР

Энергетический сектор

Тбилиси

(Поступило в редакцию 9.9.1942)

აკადემიკოსი კ. ზავრიევი

იძულებითი რხევის დინამიკური კოეფიციენტის განსაზღვრა
 თანამიმდევრობითი მიახლოებათა განვითარებადობული მეთოდით

რეზუმე

თუ ნაგებობის საყრდენ წერტილებს მინიჭებული აქვთ ჰარმონიული რხევა, ერთი და იგივე პერიოდით $T = \frac{2\pi}{P}$ და ერთი და იმავე ფაზით, მაშინ დინამიკური კოეფიციენტი განისაზღვრება შემდეგი სახით:

შეჯგუფებული მასების წერტილებში დართულია ძალები S_{i1} , რომელნიც უდრიან ტვირთის წონას და მიმართებიან რხევისაკენ. ამ ძალების ჩანაღუნის განსაზღვრისას იმავე წერტილებში დართულია სხვა ძალები S_{i2} , რომელნიც უდრიან მასებზე ამ ჩანაღუნის ნამრავლს.

ასევე ვიქცევით შემდეგშააც.

შედგად ვღებულობთ ძირითად თავისუფალ რხევათა სიხშირის კოეფიციენტის თანმიმდევრობით მნიშვნელობას $k_1 = \frac{S_{i2}}{S_{i1}}$, $k_2 = \frac{S_{i3}}{S_{i2}}$ და ა. შ., რის შემდეგაც დინამიკური კოეფიციენტი შეიძლება განსაზღვრული იქნეს ფორმულით (14'), რომელიც შესაძლებელია გარდაიქმნეს (15), (15'), (15''). ეს სამართლიანია მხოლოდ (14') შემთხვევაში. ოპერაციები ადვილად ლაგდება ცხრილებში, როგორც ეს ნაჩვენებია რიცხვობრივ მაგალითებზე.

თუ კი ყველა ძალების სიდიდები იცვლებიან ჰარმონიული კანონის მიხედვით ერთსა და იმავე პერიოდით და ერთსა და იმავე ფაზით: $P_0 = P \cos pt$ და საყრდენები უძრავია, მაშინ ყველა გამოსახულება რჩება იგივე როგორც ზემოთ, მხოლოდ k ძალების თანმიმდევრობითი მნიშვნელობანი S_i განისაზღვრებიან ნახაზი 5-ის სქემით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ენერგეტიკის სექტორი

თბილისი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. К. С. Завриев. Свободные колебания балок на упругом основании. Сообщения Акад. Наук Груз. ССР, т. III, № 6, 1942.
2. К. С. Завриев. Динамическая теория сейсмостойкости. Труды Тбил. научно-исследовательского института сооружений. Вып. XXVI. Тбилиси, 1936.



А. Л. ЦАГАРЕЛИ

К ВОПРОСУ О ПРОЯВЛЕНИИ АВСТРИЙСКОЙ ФАЗЫ В ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ

Сеноманские отложения Западной Грузии отличаются большим фациальным разнообразием и уже это обстоятельство естественно было бы поставить в связь с австрийской фазой горообразования, которая, по Штилле, проявляется в течение альба и, главным образом, на границе альб—сеномана; поэтому, В. П. Ренгартен [17] допускает существование австрийской фазы в Закавказьи, ссылаясь, главным образом, на установленную Б. Ф. Меффертом сеноманскую трансгрессию в быв. Кутаисской губернии.

Н. Б. Вассоевич [2], принимая трансгрессию глауконитовых песчаников Б. Ф. Мефферта, все же считает австрийскую фазу нехарактерной для Кавказа, но зато он придает большое значение новой, предтуронской фазе, которая выражена в ряде мест Кавказа пред- или нижнетуронским перерывом (между прочим и «трансгрессией» свиты «Мтавари» Мефферта).

После опубликования работ Ренгартена и Вассоевича, факты, на которых эти авторы основывались, получили иное толкование: «трансгрессия» глауконитовых песчаников в окрестностях Кутаиси на самом деле представляет собой явление местного подводного размыва, с образованием внутрiformационного (а не базального!) конгломерата [9, 23], а свита «Мтавари» считается нетрансгрессивной вулканогенной свитой. Таким образом, допущение австрийской и предтуронской фаз в Закавказьи и, в частности, в Западной Грузии, оказывается как бы лишним основанием.

Однако параллельно с этим, работами грузинских геологов выявлены другие факты, с несомненностью указывающие на наличие движений в сеноманское время: оживление вулканических явлений в долине р. Чхеримелы [4], в районе Гумбри («Гумбриновая свита», [23]) и в западной Абхазии [16]; явления размыва в основании сеноманских глауконитовых песчаников в окрестностях Кутаиси [9, 23], что Меффертом принималось за трансгрессию; трансгрессивное залегание сеноманских кварцево-глауконитовых песчаников на северной периферии Дзирульского массива [12] и кварцево-глауконитовых известняков на южной периферии в районе Харагоули [3]; и, наконец, регрессивный характер сеноманских глауконитовых песчаников в левобережной Раче [9] и в центральной Абхазии [19, 20, 21, 22].

Все эти движения по времени своего проявления естественно могут быть приурочены к австрийской и предтуронской фазам. Но, не будучи связаны с угловыми несогласиями, они не могли бы считаться непосредственными показателями орогенической фазы, т. е. проявлением складчатости.

Применяя, однако, недавно предложенный А. И. Джанелидзе [8] метод фацеального анализа, мне удалось подметить проявление австрийской складчатости в долине р. Чхеримелы.

Меловые отложения долины р. Чхеримелы образуют две синклинали, оси которых простираются приблизительно на NO: Харагоульскую [3] и Молитскую [4]. Эти синклинали разделены большим антиклинальным поднятием, в ядре которого обнажается Дзирульский кристаллический массив. Обе синклинали уже существовали в домеловое время, что доказывалось угловым несогласием между неокомскими известняками и байосской порфиритовой серией и также другими явлениями [3]. Но в продолжение нижнего мела, до альба включительно, в обеих синклиналих отлагаются более или менее одинаковые фации (ургон, аптские аммонитовые мергеля и альбские вулканогенная свита и глауконитовые песчаники). Это сходство даст нам право предполагать, что две соседние синклинали не были отделены друг от друга в нижнем мелу. Зато, начиная с сеномана, истории и фации обеих синклиналей существенно отличаются друг от друга, и эта разница сохраняется в течение всего верхнего мела. В Харагоульской синклинали сеноманские кварцево-глауконитовые известняки залегают трансгрессивно (с базальным конгломератом) на альбе, и море наступает с SW на NO [3]; максимальная мощность свиты достигает 100 м (около Харагоули) и по направлению развития трансгрессии (к NO) постепенно уменьшается. Но, кроме этого, мощность сеномана еще более уменьшается в SO крыле синклинали, обращенном к антиклинальному поднятию.

В Молитской синклинали сеноман залегают согласно и без перерыва на альбе, и его мощность достигает почти 600 м; но такая большая мощность имеется только в районе Молиты—Зваре: к северо-востоку (к Сурами [5]) и, главное, к западу (к Марелиси) она быстро убывает, показывая, что с этой стороны мы приближаемся к возвышенности.

Но самое большое различие имеется в фациях обеих синклиналей: в Молитской синклинали между альбом и сеноманскими кварцево-глауконитовыми известняками залегают очень мощная (до 500 м) свита массивных туфо-брекчий, в низах содержащая сеноманские иноцерамы ([19], таблица разрезов), тогда как в сеномане Харагоульской синклинали не имеется никаких следов вулканического материала.

Объяснить все эти явления без складчатости, простой кратковременной эмерсией в Харагоульской синклинали, и отложением вулканического материала непосредственно около очагов подводных извержений

(грубые туфобрекчии), т. е. только в Молитской синклинали—невозможно; в таком случае сеноманская трансгрессия в Харагоули должна была бы двигаться с SO к NW, т. е. от Молитского моря к Харагоульской суше, а не к NO, т. е. вдоль оси Харагоульской синклинали и почти параллельно Молитской синклинали; а это показывает, что обе синклинали уже разделены выдвинувшимся из моря антиклинальным поднятием.

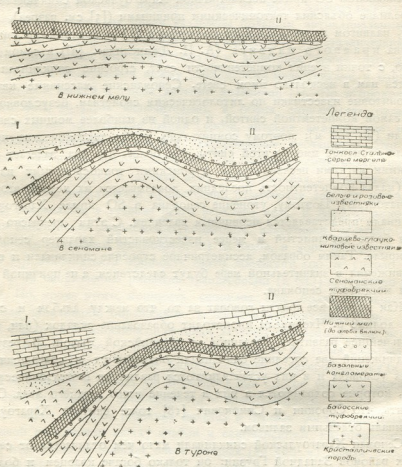
Это подтверждается и утонением сеномана по направлению к данному поднятию. Правда, утонение кварцево-глауконитовых известняков в вертикальном SO крыле ассиметричной Харагоульской синклинали П. Д. Гамкрелидзе объяснил тектоническими причинами ([3], см. разрез), в частности, надвигом антиклинального поднятия с SO и послынными движениями типа краевого надвига (А. И. Джанелидзе, [9]) в самом крыле; однако, с точки зрения компетентности свит, строение синклинали представится нам в несколько ином свете. Сеноманские массивные кварцево-глауконитовые известняки по литологическим свойствам, безусловно, являются самой компетентной свитой, и одной из наиболее мощных свит синклинали (до 100 м); поэтому сомнительно, чтобы тектонические причины вызвали утонение именно этой свиты, тем более, что она залегает между альбскими мягкими песчаниками и туронскими тонкослонистыми известняками (малая компетентность последних доказывается их мелкой вторичной складчатостью). Поэтому, утонение сеномана в SO крыле Харагоульской синклинали представляется первичным явлением. С этим прекрасно согласуется более песчанистый и менее известковистый характер сеномана в этом крыле. Таким образом, ассиметричное строение синклинали и послынные движения в значительной мере будут следствием, а не причиной уменьшения мощности сеномана.

Как видим, все факты говорят за то, что между альбм и сеноманом в долине р. Чхеримелы происходит образование складок (или, вернее, их дальнейшее развитие), связанное с австрийской фазой. В результате этих движений две соседние синклинали оказываются в совершенно различных условиях и в них устанавливаются различные геотектонические режимы, которые сохраняются в них в течение всего верхнего мела. Следует отметить, что Сорокин и Симонович [18] тоже считали Харагоульскую синклинали отдельным заливом.

Сеноман Харагоульской синклинали мало чем отличается от сеномана других районов Западной Грузии: он только богаче кварцем и более известковист; в остальном это тоже глауконитовая фация. Туронские же бело-розовые кремнистые известняки (так же как и сенон) в Харагоули [3] ничем не отличаются от разновозрастных известняков какого-либо другого района Западной Грузии. Таким образом, Харагоульская синклинали явно принадлежит к Грузинской глыбе.

Молитская синклиналь после австрийской фазы превращается в арену интенсивного прогибания и седиментации. Как мы видели, сеноман там имеет 600-метровую мощность. Турон и сенон тоже очень мощны—400 м [19]. Не менее важно и то, что верхний мел Молитской синклинали фациально также отличается от Харагоульского верхнего мела (и, следовательно, от верхнего мела Грузинской глыбы): там сеноман имеет существенно

Схема развития Молитской (I) и Харагоульской (II) синклиналей в мелу (Масштаб мощностей приблизительный, горизонтальный масштаб нарушен: антиклиналь должна быть немного шире)



вулканогенный характер (грубые туфобрекчии), а турон и сенон представлены тонкослоистыми, несколько сланцеватыми, стально-серыми мергелями [4, 19]. Точно такими фациями представлены соответствующие ярусы верхнего мела в Триаletском хребте [6, 7, 19], где они имеют еще большую мощность.

Вулканогенная свита в Триалетском хребте, датируемая от альба до сеномана, представляет собой древнейшую обнаженную свиту данного хребта, за исключением еще сомнительных аптских мергелей, отмеченных Варенцовым [7]; она регистрирует древнейший известный этап развития Триалетской геосинклинали; этот этап уже является геосинклинальным, но так как более древние этапы развития неизвестны [7], он считается началом заложения геосинклинального трога на месте Аджаро-Триалетской горной системы.

История Молитской синклинали подтверждает такой взгляд; как мы уже видели, до альба включительно этот район принадлежит к Грузинской глыбе, но в связи с австрийской фазой, в его развитии происходит резкий перелом, приводящий к геосинклинальному режиму. В центральной части трога такой режим мог наступить и несколько раньше (напр. в альбе), но в общем образование Аджаро-Триалетского трога, по существующим данным, приурочивается к границам проявления австрийской фазы.

Теперь перейдем к другим, отмеченным выше проявлениям движений в сеномане Западной Грузии, и постараемся выяснить их характер.

На северной периферии Дзирульского массива, между альбом и сеноманом наблюдается эмерсия (трансгрессия сеномана [12]), а в районе Кутаиси—омеление моря [9, 23]. Однако эти явления не вызваны складчатостью, так как они не подчиняются наблюдаемой складчатой структуре, в частности окрибскому антиклинальному поднятию; омеление и внутриформационные конгломераты наблюдаются также и западнее, в Мегрелии [1, 10, 11, 14, Мефферт], т. е. за пределами окрибского поднятия, что еще более подчеркивает неорогенический характер движений.

Такая картина наблюдается на границе сеномана. В самом сеномане полоса Дзирульский массив—Кутаиси—Мегрелия медленно опускается: происходит некоторое углубление моря (весьма слабое) в западной части полосы и трансгрессия в Дзирульском массиве [12]. Зато тенденция поднятия появляется севернее, в южном крыле рачинской синклинали и в центральной Абхазии. В Раче хорошо известна регрессия глауконитовых песчаников, которые заканчиваются регрессивным конгломератом [9]. Такая же картина регрессии наблюдается и в Абхазии, где она доходит даже как будто до нижнетуронского перерыва [15, 16, 19, 20, 21, 22]. В конце сеномана восходящие движения коснулись и северной периферии Дзирульского массива ([12], предтуронская эмерсия). Эти движения тоже нельзя считать орогеническими, так как прежде всего отсутствуют угловые несогласия, и движения имеют медленный, эпигогенический характер.

С первого взгляда сеноманская регрессия может быть поставлена в связь с предтуронской фазой (хотя бы как синорогеническое движение), о которой говорилось в начале статьи, и, таким образом, предтуронская фаза получит новое подтверждение. Но не надо забывать, что эта фаза

пока зафиксирована лишь в виде предтуронского перерыва, без всяких признаков складкообразования [2]; с другой стороны, региональный подход к сеноманской регрессии в Раче и Абхазии скорее ставит под сомнение, нежели подтверждает существование этой фазы.

Рассмотренные нами движения распространяются с юга на север и начало их и по времени (перед сеноманом и, вероятно, в конце альба) и географически (граница между Грузинской глыбой и Аджаро-Триалетским трогом) совпадает с проявлением австрийской фазы. Все это показывает, что в сеномане мы имеем дело с австрийскими синорогеническими движениями, результатом которых кое-где может являться предтуронская регрессия. Это заставляет с осторожностью подходить вообще к предтуронскому или нижнетуронскому перерыву на Кавказе в отношении его трактовки.

Академия Наук Грузинской ССР
 Институт Геологии и Минералогии

Тбилиси

(Поступило в редакцию 8.8.1942)

გეოლოგია

ა. ცაგარელი

ავსტრიული ფაზისის საკითხი დასავლეთ საქართველოში

რეზიუმე

ცარცული ფაციესების განხილვის საფუძველზე ავტორი ასკვნის, რომ ჩხერიმელის ხეობის ორი სინკლინი (ხარაგოულის. და მოლითის), რომლებიც ნეოკომურ ტრანსგრესიამდე უკვე არსებობდნენ, ქვედა ცარცულში ალბურამდე ერთმანეთისაგან გამოყოფილი არ იყვნენ. ეს მტკიცდება მათი ფაციესური მსგავსებით. სენომანურის წინ, ავსტრიული ფაზისის შედეგად, მათი გამყოფი ანტიკლინური ამალემა მოკლე ხნით ზღვის დონის ზევით ამოდის და სინკლინების შემდეგი ისტორია უკვე სულ სხვადასხვანაირია: მოლითის სინკლინში იღეჭება აჭარა-თრიალეთის ქედის მონათესავე ფაციესები, ხოლო ხარაგოულის სინკლინში კი ბაქნური ფაციესის კირქვები.

ავსტრიულ ფაზისს უკავშირდება სინოროგენეტური აწევები, რომლებიც ტალღებრივად ვრცელდებიან სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ: ჯერ ზევით იწევს ძირულის მასივის და ქუთაის-სამეგრელოს ზოლი; შემდეგ აწევა ვრცელდება ჩრდილოეთისაკენ, ხოლო იმავე დროს ძირულის მასივის და სამეგრელოს ზოლი იძირება.

ამ მოძრაობებს ზოგჯერ უკავშირდება ტურონულისწინა ან ქვედატურონული ხარვეზი და ამის მიხედვით ავტორი აღნიშნავს, რომ კავკასიის სხვა ადგილებში შემჩნეული სინქრონული ხარვეზების ახალ ოროგენეტულ ფაზისად მიჩნევა საფრთხილოა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გეოლოგიის და მინერალოგიის ინსტიტუტი
 თბილისი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. С. Букия. Отчет фосфоритовой партии. Фонды ГГУ. 1940.
2. Н. Б. Вассоевич. Несколько замечаний по вопросу о времени проявления на Кавказе орогенических фаз Альпийской эры дислокации. Изд. Гос. Треста «Грузнефть». Сер. Геол., вып. 3. Тифлис, 1935.
3. П. Д. Гамкрелидзе. Геологическое описание части долин рек Дзирулы и Чхеримелы. საქ. გეოლ. ინ-ტის შრომები, ტ. I, ნაკვ. 2, 1932.
4. П. Д. Гамкрелидзе. Отчет Чхеримельской партии (Молитский район). Фонды ГГУ. 1931.
5. П. Д. Гамкрелидзе. Отчет Сурамской партии. Фонды ГГУ. 1932.
6. პ. გამყრელიძე. თრიალეთის ქედის ჩ. დ. ნაწილის გეოლოგიური აგებულება. ტფ. საზ. უნ-ტის შრომები, ტ. IV, 1936.
7. П. Д. Гамкрелидзе и В. Я. Эдлашвили. Геологическое описание листа К-38-XXI Фонды ГГУ. 1941.
8. А. И. Джанелидзе. К вопросу об орогенических фазах. Сов. Геол., № 5—6, 1940.
9. А. И. Джанелидзе. Геологические наблюдения в Окрибе и в смежных частях Рачи и Лечхума. Изд. Гр. Фил. АН СССР. Тбилиси, 1941.
10. აღ. ჯანელიძე. ასნის მთის გეოლოგიური კომპლექსი. საქ. სსრ მეცნ. აკად. შრომები, ტ. 11, № 1—2, 1941.
11. С. И. Ильин и А. Г. Эбервин. Очерк геологического строения полосы третичных отложений южной Абхазии. Тр. НГРИ. Сер. Б., вып. 38 и 54, 1936.
12. И. Р. Кахалдзе и Н. А. Канделаки. Отчет Юго-Осетинской геосъемочной партии. Работы 1939 г. Фонды ГГУ. 1940.
13. ი. კაკარავა. ტყვარჩელის რაიონის გეოლოგია. საქ. გეოლ. ინ-ტის შრომები, ტ. I, ნაკვ. 2, 1932.
14. ი. კაკარავა. სამეგრელოს სამხ. კირქვიანი ზოლის ნაწილის გეოლოგია. საქ. გეოგრა. საზ-ბის შრომები, ტ. I, 1939.
15. В. И. Курочкин. Геологическое описание бассейнов среднего течения р. Бзыби и ее правого притока р. Геги в Западной Абхазии. Фонды ГГУ. 1939 (1938).
16. В. И. Курочкин. Очерк геологического строения части Гагринского и Гудаутского районов АССР Абхазии. ГГУ. 1940 (1939).
17. В. П. Ренгартен. Тектоническая характеристика складчатых областей Кавказа. Тр. III. Всесоюзн. съезда геологов 20—26 сент. 1928 г., вып. II. Ташкент, 1939.
18. А. Сорокин и С. Симонович. К геологии Кутаисской губернии. Шорпанский уезд. Долина р. Чхеримелы. Мат. для геол. Кавказа. Сер. I, кн. 13, 1886.
19. А. Л. Пягарели. Горизонт с *Inoceramus labiatus* в Грузии. Сообщ. Акад. Наук Груз. ССР, т. II, № 8, 1941.
20. Г. Р. Чхотуа. Очерк геологического строения бассейна верховьев Бзыби и Гумисты в Абхазии. Фонды ГГУ. 1936.
21. Г. Р. Чхотуа. Очерк геологического строения бассейна рр. восточной Гумисты, Келасури и Амхела. Фонды ГГУ. 1937.
22. Г. Р. Чхотуа. Отчет Чхалтинской геосъемочной и поисково-разведочной партии за 1939 г. Фонды ГГУ. 1940.
23. მ. გრისთავი. ქუთაისის მიდამოების ცარცის შუა ნაწილის სტრატოგრაფია (იბეჭდება).



ГЕОЛОГИЯ

В. П. КОЛЕСНИКОВ

О КАВКАЗСКИХ ОЛЕДЕНЕНИЯХ

История третичных и четвертичных бассейнов Понто-Каспийской области богата примерами зависимости между интенсивностью движений земной коры в области Кавказа и площадью древних морей [1]. Особенно сильное влияние оказывали движения земной коры на замкнутые бассейны. Намечается определенная закономерность: чем интенсивнее были движения, тем сильнее сокращалась площадь замкнутого бассейна [2]. Объяснение этого явления было дано Н. И. Андрусовым [3], который считал, что развивающиеся тектонические впадины стягивали большие массы воды, что естественно влекло за собою как сокращение зеркала замкнутого бассейна, так и понижение уровня его вод.

Так, например, замкнутые моря Понто-Каспийской области испытывали следующие сильные сокращения площади. Сарматское море во время резкого усиления движений в верхнесарматское время сократилось по площади почти в два раза. Не менее резкая регрессия имела место в начале эоценового века: она также была связана с орогенезом. Исключительно сильную регрессию испытала каспийская часть послепонтического (балаханского) моря в связи с сильными преакчагальскими движениями. Такого же характера регрессии, но более слабые, имели место в преапшеронский, предбакинский, предхазарский и предхвалынский века. Особенно сильна была регрессия в послехвалынское время.

В миоценовую эпоху, когда Кавказ представлял собою холмистую страну, здесь, несомненно, не было площадей, покрытых вечными снегами. Во всяком случае, в этой области до сих пор еще не обнаружены миоценовые отложения ледникового происхождения.

В плиоцене, когда высота Кавказа значительно увеличилась, на его вершинах (может быть немногих) появились снега и ледники. Имеется предположение, что они присутствовали здесь уже в балаханском и акчагальском веках; с большей уверенностью можно говорить об апшеронских ледниках, следы деятельности которых мы встречаем в Восточном Кавказе в виде так называемых «ледниковых брекчий», залегающих в толще апшеронских конгломератов.

В четвертичное время, когда высота Кавказа еще более увеличилась, конечно, должна была увеличиться и площадь вечных снегов, но особенно сильному их развитию в это время способствовало наступившее великое четвертичное оледенение.

О количестве оледенений судят обычно по числу ледниковых морен и речных террас. Происхождение морен и террас принято объяснять последовательными оледенениями, разделенными более теплыми интергляциалами. Но по мере накопления нового материала, этот прочно укоренившейся взгляд начинает терять свою прежнюю убедительность.

Сравнивая историю четвертичных бассейнов, в частности Каспия, с историей кавказских оледенений, мы невольно приходим к выводу, что кажущаяся многократность оледенений зависит, главным образом, от орогенических движений.

Остановимся вначале на вопросе о развитии террас. Вполне естественно ожидать, что эрозионная деятельность рек, впадающих в тот или иной замкнутый бассейн, должна была сильно возрасти в эпохи усиления орогенеза, не только вследствие увеличения крутизны профиля их истоков, но и вследствие понижения базиса эрозии. О размерах изменения последнего в третичное время судить трудно, но в четвертичное время базис эрозии, например рек Каспийского бассейна, испытывал понижения достигавшие 56 м ниже уровня океана (послехвалынское время—Баб-эль-абвабская фаза) [4].

Какой величины достигали четвертичные поднятия в горной части Кавказа (в области истоков рек), неизвестно, но, по видимому, они были весьма значительны, так как в области предгорий, на берегу Каспия, наиболее древние четвертичные отложения (бакинские) в настоящее время приподняты на высоту до 200 м [5].

Изучение колебаний уровней Каспийского и Черного морей показывает, что эти колебания по размерам сильно отличались, а именно, Каспий испытывал несравненно более резкие изменения уровня вод, чем Черное море.

Если деятельность кавказских рек стоит, главным образом, в тесной связи с изменениями уровня Черного и Каспийского морей, то мы вправе ожидать, что и деятельность таких крупных артерий Русской равнины, как Днепр и Волга, должна также зависеть от тех же причин. Таким образом, при изучении четвертичной истории рек Русской равнины нельзя проводить прямую параллель между ними, если эти реки принадлежат к бассейнам разных морей, а необходимо в основу такой параллелизации класть историю развития самих морских бассейнов.

Выдвигаемая точка зрения, что террасы рек Понто-Каспийской области, а именно—их количество и высота стоит, главным образом, в тесной зависимости от изменений уровня Черного и Каспийского морей, а изменения последнего вызываются движениями земной коры, особенно движе-

ниями таких ее подвижных участков как Кавказ, противоречит общепринятому взгляду, что террасы являются следами речной деятельности, обусловленной оледенениями. Действительно, многие террасы кавказских рек хорошо увязываются с конечными моренами некогда спускавшихся с Кавказа ледников. Таких морен существует несколько и каждая из них считается остатками того или иного оледенения. Однако, эти данные совершенно не говорят за то, что Кавказ испытал несколько оледенений, а только свидетельствуют о том, что площадь, занятая вечными снегами и льдами, изменялась. Она, несомненно, должна была увеличиваться в эпохи усиления движений земной коры, так как даже незначительное поднятие Кавказского хребта несомненно увеличивало площадь вечных снегов и тем самым усиливало питание ледников.

Следовательно, в Понто-Каспийской области усиление движений земной коры в предгорных частях области вызывало вследствие развития впадин сокращение зеркал и понижение уровней существующих здесь четвертичных замкнутых бассейнов, а в высокогорных областях Кавказа поднятия способствовали увеличению площадей, занятых вечными снегами. Увеличение крутизны истоков рек и понижение базиса эрозии усиливало речную деятельность. Таких эпох усиления движений насчитывается в четвертичное время несколько, и в современном рельефе они отмечены речными и морскими террасами, которые принято сопоставлять с альпийскими (гюнц, миндель, рисс, вюрм).

Если до сих пор мы не могли с уверенностью параллелизовать в Понто-Каспийской области четвертичные континентальные и морские отложения, то для сопоставления наших отложений с альпийскими мы имеем еще меньше оснований, тем более, что многократность оледенений как на Русской равнине, так и в горных областях вызывает серьезные сомнения.

Едва ли можно считать совпадением, что к концу межледниковых эпох глубинная эрозия значительно усиливалась под влиянием вертикальных движений земной коры, весьма крупных перед третьим оледенением и меньших перед четвертым [6]. Эти-то движения в условиях ледниковой эпохи и способствовали то увеличению площади льдов на Кавказе, то уменьшению ее.

Гораздо меньше имеется оснований для предположения о повторности оледенений, тем более что, по словам знатока четвертичных отложений Кавказа А. Л. Рейнгарда [6], «мы до сих пор не знаем на Кавказе ни одного пункта, где бы имелось палеонтологически хорошо охарактеризованное отложение межледникового возраста, заключенное между образованиями ледниковых эпох».

Чем, как не поднятиями, можно объяснить то явление, что в разное время ледники на Кавказе развивались неодинаково. Так, например, второе по древности оледенение (миндельское) почему-то захватило преимущест-

венно Центральный Кавказ, тогда как третье (рисское) в центральной части Кавказа было незначительным, а в Восточном и Западном Кавказе наиболее крупным. Ставя изменения размеров ледников в зависимость от поднятий, проявившихся не везде на Кавказе одинаково, мы, конечно, не можем утверждать, что такие же поднятия в Альпах были одновременны Кавказским, а следовательно не имеем основания применять для кавказских четвертичных отложений альпийскую терминологию.

Прав Л. А. Варданянц [7], высказавший пожелание, чтобы «геоморфологи приняли в качестве основы именно общую схему стратиграфии Кавказа и чтобы в своих выводах они опирались на эту схему, а не на отвлеченную для Кавказа схему альпийских оледенений». А. Л. Рейнгард считает безразличным—будем ли мы применять альпийскую схему оледенений, как это обычно делается и как это делает он сам, «вполне отдавая себе отчет в некоторой рискованности такого приема» [6], или предпочтем дать кавказским оледенениям местные названия и проведем параллель между ними и геологической историей какого-либо из прилегающих к Кавказу водных бассейнов.

Однако, едва ли можно считать безразличным—проводить ли параллель с отдаленной альпийской областью или же сопоставлять ледниковые отложения Кавказа с морскими, хотя бы каспийскими. Первый прием прямого заимствования довольно отвлеченной и по разному толкуемой схемы ничего не обещает для дальнейшего развития наших представлений о геологической истории Кавказа, тогда как второй прием является верным залогом дальнейшего движения в этом направлении. Едва ли следует доказывать, что только комплексное изучение морских и четвертичных отложений позволит в конце концов упорядочить их стратиграфию.

В качестве стратиграфической схемы следует рекомендовать схему подразделения четвертичных отложений Каспийского моря, как наиболее детально разработанную. Эта схема имеет еще то преимущество, что составлена она для отложений бассейна, бывшего в течение всего четвертичного периода замкнутым, и в силу этого очень чутко реагирующим на движения земной коры. В Черноморском бассейне следы влияния этих движений значительно затушеваны неоднократными нарушениями изоляции четвертичного Черного моря.

Сопоставление ледниковых отложений Кавказа и каспийских образований позволит более детально восстановить четвертичную историю этой области и тем самым даст солидные основания для параллелизации каспийских отложений с черноморскими. И только после этого, путем сопоставления полученной схемы со средиземноморской, мы будем иметь возможность параллелизовать кавказские оледенения с альпийскими.

В истории развития Каспийского моря мы можем отметить несколько регрессий, несомненно, вызванных усилением движений земной коры, а



именно: предбакинская сильная регрессия, предхазарская менее значительная регрессия, предхвалынская сравнительно слабая регрессия, послехвалынская наиболее сильная регрессия.

Наиболее молодая, послехвалынская регрессия (Баб-эль-абвабская фаза), приходится на послеледниковое время (по С. А. Ковалевскому [8], 13 столетий тому назад). Она была кратковременной и соответствующая ей морская терраса ныне затоплена Каспием. Остальные морские террасы, хорошо увязывающиеся с речными, четко определяют возраст последних.

Условные альпийские термины	Каспийские термины	Колебания уровня Каспия
Стадии отступления Вюрм	Хвалынский век	Хвалынская трансгрессия (аккумуляция). Предхвалынская регрессия (размыв).
Рисс—вюрм Рисс	Хазарский век	Хазарская трансгрессия (аккумуляция). Предхазарская регрессия (размыв).
Миндель—Рисс Миндель	Бакинский век	Бакинская трансгрессия (аккумуляция). Предбакинская регрессия (размыв).

Существовало ли на Кавказе еще одно «оледенение», сопоставляемое обычно с альпийским гюнцем, до сих пор не установлено. Если подходить к этому вопросу с точки зрения всеобщности четырехкратного оледенения или с точки зрения всеобщности орогенических фаз, то, конечно, на Кавказе гюнц должен быть. Однако, так как нет уверенности ни во всеобщности четырехкратного оледенения, ни в одновременности орогенических фаз, то совершенно отпадает необходимость усилий четвертичников отнести на Кавказе к гюнцу отложения стратиграфическое положение и происхождение которых в настоящее время не ясно.

Академия Наук СССР
Институт геологических наук

(Поступило в редакцию 19.5.1942)

გეოლოგია

3. კოლმსნიკოზი

კავკასიონის გამყინვარებისათვის

რეზუმე

მეოთხეულის გამყინვარების მრავლობით ხასიათს ავტორი საეკვოს ხდის და კავკასიონისა და ალპების გამყინვარების თაზისების პარალელიზაცია ნაადრევად მიაჩნია.

51. „მოამბე“, ტ. III, № 8.



საქართველოს
საბჭოთაო აკადემია

თვით ამ ფაზისებს ტექტონიკურ მოძრაობებს უკავშირებს და გამოთქვამს სურვილს, რომ ცდა ამ ფაზისებსა და კასპიის ზღვის დონის მოძრაობათა შორის პარალელიზმის დამყარებისკენ იყოს მიმართული. კასპიის ზღვის დონის ქანობასაც (რეგრესიები და ტრანსგრესიები) იმავე ტექტონიკურ მოძრაობათა შედეგად სთვლის.

სსსრ მეცნიერებათა აკადემია
გეოლოგიურ მეცნიერებათა ინსტიტუტი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. В. П. Колесников. Схема стратиграфического подразделения неогеновых отложений Повто-Каспийской области. Стратиграфия СССР, т. XII, 1940.
2. В. П. Колесников. Доклады АН, т. XXIII, № 8, 1939.
3. Н. И. Андрусов. Тр. Геол. Ком., нов. сер., вып. 110, 1923.
4. С. А. Ковалевский. Тр. Геол.-разв. конторы Азнефти, вып. 2, 1933.
5. В. Д. Голубятников. Тр. Межд. Асс. по изуч. четв. периода. Вып. III, 1937.
6. А. Л. Рейнгард. (См. [5]), вып. 1, 1937.
7. Л. А. Варданыц. Изв. географ. общ., т. LXVI, № 4, 1934.
8. С. А. Ковалевский. Тр. Азерб. Нефт. геол.-разв. треста, вып. 14, 1934.

Н. И. СХИРТЛАДЗЕ

КАМПТОНИТО-МОНЧИКИТОВЫЕ ЖИЛЬНЫЕ ПОРОДЫ КУТАИССКОГО И ТКВИБУЛЬСКОГО РАЙОНОВ

В районе Кутаиси и Тквибули распространение камптонитовых и мончикитовых жил главным образом приурочено к областям развития тешенитовых интрузий. Большинство этих жил, образуя пластовые тела разных мощностей (0,5—1,5 м), залегают между сланцами нижнего бата [2], причем некоторые в отдельных случаях секут интрузивные тела тешенитов и в одном случае кварцевого диорита. Кстати нужно отметить, что в возрастном отношении, повидимому, они являются верхне-третичными. Породы этих жил вообще базальтового облика. Хотя макроскопически они очень сходны, все же легко их отличить друг от друга по окраске и зернистости. После обработки материалов оказалось, что породы более крупнозернистые, темно-серого цвета, представляют собой камптониты, а другие — мелкозернистые с зеленовато-серой окраской — мончикиты.

Камптониты. Наиболее мощные выходы камптонитовых жил были встречены нами в двух пунктах: в сел. Курсеби, вдоль берега р. Цхалцитела, один из них был описан еще в 1912 г. Д. С. Белянкиным [1] (с правого берега р. Цхалцитела); на левом же берегу этой реки, не доходя до южной периферии Курсебской тешенитовой интрузии, в углистых сланцах нижнего бата залегает пластовая жила камптонита мощностью в 3 м с простиранием SO 100—105°.

Порода из центральной части пластовой жилы полнокристаллическая с крупными выделениями водяно-прозрачного анальцима и радиально-лучистого цеолита; кое-где выделяется кальцит и игольчатые кристаллы черного амфибола.

Микроструктура голокристаллически-порфировая. Главной составной частью породы являются Са—На полевые шпаты, моноклинный пироксен, бурый амфибол, серпентинизированный оливин и анальцим.

Плагиоклаз большей частью свежий. По составу он соответствует лабрадору: так, максимум угла угасания в зоне \perp РМ дает 33°, что соответствует $Al_{40}An_{60}$. Измерение на столике Федорова дает следующее: $ng=63^\circ$; $nm=57^\circ$; $np=43,5^\circ$. Дв. закон [001] Pl № 52; $2V=-72^\circ$; в том же зерне по коорд. сп. P (010)— $ng=32^\circ$; $nm=62^\circ$; $np=71^\circ$; Pl № 57. Моноклинный пироксен представлен бледно-фиолетовым, слабо плеохроичным титанавгитом. $Cng=48^\circ$; $ng-pr=0,023$; $2V=+54^\circ$. Окраска ме-



няется следующим образом: ng —светло-лиловые, nm —розовато-лиловые, цвета $pr=ng$. Схема абсорбции $nm > ng = pr$. В поперечных сечениях хорошо выражена структура песочных часов; по краям и вдоль трещин переходит в хлорит и магнетит.

Темнобурый амфибол относится к типу баркевикита. Минерал характеризуется резким плеохроизмом: по ng —темнобурый; nm —коричневатокрасный; pr —светло-желтый. Схема абсорбции $ng \equiv nm > pr$. $Cng = 12,5^\circ$; $2V = -78^\circ$; $ng - pr = 0,022$.

Биотит темно-коричневого цвета встречается в виде неправильных чешуек и лейст, часто прорастает баркевикит; периферические части таких чешуек изменены в хлорит, но в некоторых случаях целиком замещаются этим последним.

Свежий оливин в породе отсутствует, но встречаются характерные для него формы, часто с округленными углами ромбовидных удлинённых шестиугольных зерен, ввиду развития грани (021). Все эти формы замещены волокнистым серпентином вместе с кальцитом и с высокодвупреломляющим слюдоподобным минералом, повидимому идингситом. Кстати нужно указать, что кроме упомянутых серпентина и слюдоподобного минерала в состав пород входит также много хлорита в виде розеткообразных и пластинчатых агрегатов. Последние местами обнаруживают слабый плеохроизм по схеме абсорбции $ng > pr$. Хорошо выражена спайность, по которой минерал гаснет прямо. Измерение преломления дало следующие показатели: $ng' = 1,590 \pm 0,002$. $nr' = 1,584 \pm 0,002$, что соответствует клинохлору.

Анальцитом водяно-прозрачный, с хорошо выраженной кубической спайностью, главным образом заполняет промежутки между кристаллами, местами же образует крупные и неправильные участки размером 8 мм².

Томсонит образует радиально-лучистые выделения (обр. № 72⁷). Минерал в проходящем свете водяно-прозрачный. Знак главной зоны то положительный, то отрицательный; светопреломление: $ng' = 1,534 \pm 0,002$, $nr' = 1,527 \pm 0,001$.

Апатита много—в виде игольчатых кристаллов длиной иногда до 2,5 мм; мелкие кристаллики часто скучиваются вместе и образуют лучистые пучки. Рудный минерал представлен магнетитом; крупные кристаллы до 3 мм² величиной обрастают биотит. Мелкие неправильные зернышки располагаются по трещинкам пироксена.

Углистые сланцы в контакте становятся более компактными и довольно сильно хлоритизированы. Между прослойками угля и глинистого вещества попадаются редкие зерна призматического, сильно измененного андалузита со светопреломлением $1,541 > n > 1,516$; местами скопляются участки сероватой и изотропной массы, повидимому, галлуазита ($n = 1,556 \pm 0,02$).

Аналогичные породы были встречены к востоку от сел. Набослеви (обр. № 229¹) в двух местах: в русле р. Рованис-цхали (между сс. Набо-

слеви и Кока—обр. №№ 134, 137) и с. Опурчхети на правом берегу реки Риони, вдоль шоссе на дороге, на 100 м выше от Мачилоурис-геле (обр. № 5). Камptonит Набослеви на поверхности обнажается в виде больших валунов; коренные выходы перекрыты осыпями сланцев и растительностью; окраска породы—темно-серая; структура—характерная голокристаллическая порфиристая. В виде вкрапленников содержится основной плагиоклаз—лабрадор ($\angle PM = 38^\circ$; Pl № 70) микроинового характера с величиной зерна от 0,04—1,1 мм; пироксен (титанавгит) частично изменен в хлорит и в магнетит; $Cng = 48^\circ$; $2V = +56^\circ$; плеохроизм $ng = pr$ —светло-фиолетовый—розовый; размер зерен достигает 6,5 мм².

Баркевикит, которым здесь обрастает биотит, по своему количеству и степени идиоморфности уступает авгиту. $Cng = 13^\circ$; $2V = -74^\circ$ со схемой



Фото 1. Камptonит с левого берега р. Цхалцитела. 45×Ник. ||.

абсорбции $nm \equiv ng > pr$, размер зерен от 0,018—0,8 мм. Серпентин-хлоритовая масса и анальцит занимают третью часть всей породы.

Камptonит Опурчхети (обр. № 5) отличается от вышеописанных пород только тем, что здесь наряду с анальцитом присутствует много томсонита.

К этой же группе пород я отношу условно жилу из Курсеби (обр. № 80, 80^a) на южном склоне г. Саболоке, на 200 м ниже усадьбы Сакапделидзе и обр. №№ 192, 91, взятые между Курсебской платформой и ст. Гелати, вдоль железной дороги, против железнодорожного столба с отметкой 20/21.



Первая жила мощностью 1,2 м с простираем NW 280° сечет тешенит; вторая залегает между сланцами нижнего бата в виде пластовых жил, мощность ее достигает 1,5 м.

Порода из первой жилы (обр. №№ 80, 80) вообще сильно хлоритизирована. Мелкокристаллическая основная масса образована из плагиоклаза и анальцима. В виде вкрапленников содержит: лабрадор, более или менее хорошо сохранившиеся неправильные зерна фиолетового титанавгита, оливин всегда замещенный серпентином, и роговая обманка—хлоритом и магнетитом.

Во второй жиле (обр. № 192) между кристаллами лабрадора располагаются анальцим и хлорит; часть последнего образована за счет баркевикита; мелкие таблички биотита, которые иногда прорастают баркевикит по краям, часто окружены зернышками магнетита. Титанавгит целиком превращен в смесь кальцита и магнетита; в породе присутствует много магнетита и апатита.

Количественный минералогический состав камтонита
(Обр. № 72^в, Курсеби).

Плагиоклаз	17,9 %	Серпентин по оливину	7,6%
Титанавгит	16,00 "	Хлорит и кальцит	21,5 "
Баркевикит	6,7 "	Рудные минералы	12,9 "
Биотит	6,2 "	Апатит	0,30 "
Анальцим и др. цеолиты	10,9 "		
		Сумма 100%	

Химический состав камтонита (обр. № 72^в).

Аналитик О. Ф. Размадзе. Уд. вес пород 2,861.

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	H ₂ O —	H ₂ O +	Сумма
43,15	2,04	15,34	2,51	8,00	0,20	7,51	8,27	3,72	1,63	0,35	0,73	2,13	4,39	99,97

Магматические формулы:

по Левинсон-Лессингу: $3,12 \overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 4,49 SiO_2$; $R_2O : RO = 1 : 5,72$; $\alpha = 1,47$;

по Озавну: $S = 51,47$, $a = 2,63$, $c = 2,65$, $f = 14,54$, $n = 7,79$.

Мончикиты. Мончикиты были встречены в следующих местах района: в с. Кока, между с. Набослеви и Кока, в с. Сормони и на окраине г. Кутаиси, т. н. Чома.

Мончикит с. Кока является секущей жилой тешенита, мощность которой достигает 0,63 м; простираем NW 285°.

По внешнему виду (обр. № 157) порода мелкозернистая, порфирировая; в однородной зеленовато-серой массе выделяются удлиненные кристаллы черного амфибола и белые участки радиально-лучистого цеолита.

Под микроскопом порода, главным образом, состоит из баркевикита, титанавгита, серпентинизированного оливина, хлорита и анальцима; в меньшем количестве присутствует плагиоклаз; много апатита и ильменита.

Баркевикит образует микролиты в основной массе; кроме того, наблюдается в виде более крупных (0,03—0,16 мм) игольчато-призматических кристаллов. Минерал характеризуется резким плеохроизмом: ng —темно-коричневый; nm —коричневый; np —светло-коричневый. Схема абсорбции $ng > nm > np$; $Cng = 10,5^\circ$; $2V = -74^\circ$.

Титанавгит менее идиоморфный, чем баркевикит. Кристаллики светло-лилового цвета характеризуются слабым плеохроизмом по ng —светло-лиловый, по nm —розовато-лиловый; np —светло-лиловый. $ng - np = 0,023$; $2V = +52^\circ$. Минерал по краям часто переходит в хлорит. В виде включений содержатся магнетит и частично апатит.

В незначительном количестве присутствует биотит в виде неправильных пластинок, местами переходящий в хлорит.

Из рудных минералов присутствует скелетообразный ильменит, переходящий по краям в лейкоксен; местами наблюдаются мелкие выделения апатита, пронизывающие цеолитовые участки.

Большую роль в составе породы играют цеолиты, главным образом анальцим, часто скопляющийся вместе с кальцитом и хлоритом в отдельных участках в виде мидалин; светопреломление $n = 1,487 \pm 0,002$.

Натролит в проходящем свете водяно-прозрачный, образует неправильные пластинки и радиально-лучистые скопления. Минерал характеризуется прямым погасанием положительным знаком главной зоны; светопреломление $ng' = 1,492 \pm 0,002$; $np' = 1,477 \pm 0,001$.

Томсонит по количеству уступает натролиту и легко отличается от последнего своим высоким двупреломлением $ng - np = 0,011 - 0,016$. Знак главной зоны то положительный, то отрицательный.

Плагиоклаз присутствует лишь в виде микролитов и сильно замещается анальцимом и натролитом. В одном случае удалось измерить светопреломление; результаты: $1,559 > n > 1,551$, что приблизительно соответствует андезину № 45.

Мончикит из с. Сормони (обр. № 141 из коллекции Г. С. Дзюценидзе).

Пластовая жила этой породы мощностью 1,10 м залегает в сланцах нижнего бата, на левом берегу р. Риони, не доходя до самого селения Сормони, вдоль аробной дороги.

По внешнему виду порода плотная, темно-серого цвета с порфирым выделением черного амфибола.

Микроструктура приближается к гипокристаллически-порфировой; хлоритизированная анальцим содержащая основная масса переполнена микролитами амфибола, пироксена и плагиоклаза. Порфиновые вкраплен-



ники образованы темнобурым и сильно плеохроичным баркевикитом. $Cng=10^\circ$; $2V=-74^\circ$; $ng-pr=0,019$; размер зерен от 0,01 до 0,07 мм.

Титанавгит менее идиоморфный, чем баркевикит, характеризуется бледно-фиолетовой окраской и слабым плеохроизмом по схеме $ng > pr$. Кое-где выделяются листочки биотита.

Плагиоклаз в виде микролитов и неправильных лейст часто замещается хлоритом, содержит апатит и баркевикит; по составу близок к лабрадору (№ 43—48). Из рудных минералов присутствуют ильменит

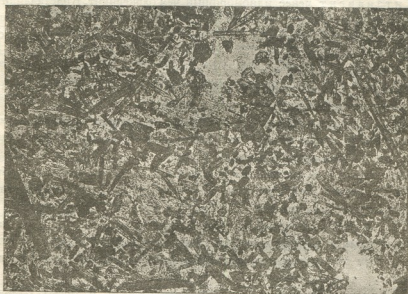


Фото 2. Мончикит из с. Сормони. $86\times$ Ник. II.

и магнетит. Из вторичных много бледно-зеленого хлорита и кальцита; последний заполняет неправильные поры породы; в некоторых местах кальцит образует радиально-лучистые скопления; в этом случае, повидимому, кальцит образован на месте цеолита.

Порода № 147 из Рованис-цхали (между сс. Набслеви и Кока) нами определяется как мончикит.

Эта порода как по внешнему облику, так и по минералогическому составу очень близка к сормовскому мончикиту; разница лишь в том, что порода № 147 в основной массе содержит много анальцима и в виде порфириковых выделений присутствуют баркевикит и серпентинизированный оливин, причем за счет последнего образован вторичный биотит и в нескольких местах выделяются округлые зерна эпидота.

Мончикит из местности Чома залегает в сланцах юры и по простиранию сечет кварцевый диорит. Мощность жил приблизительно 0,40 м.

Мончикит из Чома несколько отличается от вышеописанной мончикитовой породы и представляет собой плотную темно-серого цвета жильную породу с крупными выделениями амфибола, размер которого иногда достигает 1,5 см. Вблизи контакта в ней имеются ксенолиты кварцевого диорита. Микроструктура порфировая, слабо хлоритизированная основная масса сильно окристаллизована, состоит из андезина № 46 и микролитов амфибола и титанавгита. Порфировые вкрапленники образованы баркевикитом, титанавгитом и кальцитизированным оливином. Баркевикит опацилизирован, дает хорошо образованные призматические кристаллы размером от 0,2 до 16 мм; плеохроизм сильный, по ng—красно-бурый; pm=ng; pr—темно-желтый; Cng=12°.

Титанавгит по количеству уступает баркевикиту; для него характерны следующие свойства: цвет—бледно-сиреневый, плеохроизм заметный по ng—светло-сиреневый, pm—розовато-сиреневый, pr=ng; Cng=48°; 2V=+52°.

Как уже было отмечено выше, мончикит контактирует с кварцевым диоритом; в контакте порода становится компактной и в нее попадают ксенолиты вмещающих пород, поэтому местами наблюдается окварцевание и в этих же местах в виде новообразований появляется силлиманит.

Количественный минералогический состав типичного мончикита (в %/о). Обр. № 157.

1. Баркевикит	24,40%	6. Серпентин по оливину	8,50%
2. Титанавгит	14,50 „	7. Рудный минерал	8,00 „
3. Плаггиоклаз	13,70 „	8. Титанит	0,24 „
4. Биотит	1,90 „	9. Апатит	0,36 „
5. Основная масса вместо анальпима и хлорита	28,4 „		
			Сумма 100%

Химический состав мончикита (обр. № 157).

Анализатор О. Ф. Размадзе. Уд. вес пород 2,842.

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	H ₂ O	+ H ₂ O	Сумма
41,65	1,23	15,61	3,91	9,58	0,24	8,28	9,24	2,32	3,20	0,16	0,44	0,74	3,42	100,11

Магматические формулы:

по Левинсон-Лессингу: 3,14 $\overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 4 \cdot SiO_2$; R₂O : RO = 1 : 4; α = 1,3;

по Озанну: S = 47,57, a = 2,3, c = 2,59, f = 15,0, n = 5,15.

Приведенный выше химический анализ указывает на принадлежность породы к группе камптонит-мончикитов.

Заканчивая это краткое сообщение, необходимо указать, что камптониты и мончикиты в Западной Грузии до сих пор мало известны. Мы не-

имеем петрографической характеристики этих пород, за исключением одной жилы, описанной Д. С. Белянкиным под названием метаморфического диабазы или камптонита. Б. Ф. Мефферт [3], работавший в этом районе, на своей геологической карте вместо тешенитов выделяет мончикиты. Однако, в тексте не указываются ни мончикиты, ни их точное местонахождение; не дано и их петрографическое описание. Как выясняется, Б. Ф. Мефферт за мончикиты принимал широко распространенные в этом районе анальцимовые базальты (долеритоподобные), весьма отличающиеся от типичных мончикитов.

Академия Наук Грузинской ССР
 Институт Геологии и Минералогии
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 2.7.1942)

პეტროგრაფია

ბ. სხირტლადე

ჭუთაისისა და ტყიბულის რაიონის კამპტონიტ-მონჩიკიტების
 ძარღვის ქანები
 რეზუმე

ჭუთაის-ტყიბულის რაიონში კამპტონიტები და მონჩიკიტები უმთავრესად ტეშენიტების გავრცელების ზოლში გვხვდება, სადაც უმეტესობა ამ ქანების სხვადასხვა სიმძლავრის (0,5—2,5 m) შრე-ძარღვების სახით არიან შემოჭრილი ქვედა ბათის [2] ფიქლებში; ამასთანავე, ზოგიერთი ძარღვი ტეშენიტის ინტრუზიულ სხეულს ჰკვეთს, ერთ შემთხვევაში კი მონჩიკიტი ცარცულის შემდგომი დროის კვარციან დიორიტს ჰკვეთს. უკანასკნელი გარემოების გამო შესაძლოა, რომ ხსენებული ძარღვების ამონახვევა ზედა მესამეულში მომხდარიყო.

გარეგნულად ძარღვის ეს ქანები საერთოდ ბაზალტურ ელფერს ატარებენ და ერთმანეთის მსგავსი არიან. მასალის მიკროსკოპული შესწავლით გამოირკვა, რომ ძარღვები, რომელთაც ახასიათებთ შედარებით მსხვილმარცვლოვანი აგებულება და მუქი-მორუხო ფერი—წარმოადგენენ კამპტონიტებს, ხოლო მეორენი წვრილმარცვლოვანი აგებულებისა და მომწვანო-მორუხო ფერის—მონჩიკიტებს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტი
 თბილისი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. Д. С. Белянкин. Тешенит из Курсеби и его положение в системе горных пород. Изв. Петерб. Политехи. Ин-та, том XXI, вып. 1. Петербург, 1914.
2. А. И. Джанелидзе. Геологические наблюдения в Окрибе и в смежных районах Рачи и Лечхума. Изд. Груз. Фил. АН СССР. Тбилиси, 1940.
3. Б. Ф. Мефферт. Геол. очерк области проектируемых мощных гидроэлектростанций Грузии в бассейнах р. Ингури, Цхенис-Шхали, Риони и Куры. Труды ВГРО, вып. 349. Ленинград, 1934.



ბოტანიკა

ლ. ჯავახიძე და ჭ. ლორნიძე

ასაკის გავლენა მერქნის მიერ წყლის შთანთქმვაზე

დრო დიდ გავლენას ახდენს კოლოიდურ ნივთიერებათა მდგომარეობაზე. როგორც ცხოველურ, ისე მცენარეულ ორგანიზმებში დროის გავლენა იწვევს ცვლილებებს, რომელთა შეჯამებული გამოხატულებაც მობერების პროცესს წარმოადგენს. ორგანიზმის კოლოიდთა მობერებას მოჰყვება ხოლმე ნივთიერებათა გარდაქმნის პროცესების შენელება და საზოგადოდ ფუნქციათა შესუსტება. სიბერის პროცესის ერთ-ერთ საუკეთესო მაჩვენებლად უნდა ჩავთვალოთ კოლოიდების მიერ წყლის დაკარგვა, მათი ლიოფილობის შემცირება და გაჯირჯვლის უნარის შესუსტება. კოლოიდების გაჯირჯვლის ასაკობრივი შესუსტება საკმაოდ შესწავლილია ცხოველურ ორგანიზმებში. მოიპოვება რამდენიმე გამოკვლევა ზოგიერთ მცენარეულ კოლოიდებზედაც, განსაკუთრებით კი ფოთლის კოლოიდების ასაკობრივ ცვლილებებზე. რაც შეეხება მერქანს, ამ მხრივ იგი სრულიად შეუსწავლელი დარჩა, თუმცა, ჩვენი აზრით, ის უნდა ჩაითვალოს საუკეთესო ობიექტად ამგვარი ხასიათის გამოკვლევებისათვის.

ჩვენი გამოკვლევის მიზანს შეადგენდა იმის გამორკვევა, თუ როგორი შთანთქმითი უნარიანობით ხასიათდება მერქანი წყლის მიმართ, მის სხვადასხვა ასაკში. ამ საკითხის გამორკვევა შეიძლება როგორც ცოცხალ მერქანზე, ისე მოკლულ და აგრეთვე მკვდარ მერქანზედაც. რადგან მერქნის მთავარი შემადგენელი მასა—წყალგამტარი ელემენტები და საზოგადოდ უჯრედის გარსები—მკვდარ მეტაპლაზმატურ წარმონაქმს მიეკუთვნება, ჩვენ ვარჩიეთ, საკითხის გართულების თავიდან ასაცილებლად, ეს პირველი გამოკვლევა ჩაგვეტარებინა მკვდარ მერქანზე. ამ მიზნით საცდელი ნიმუშები აღებულ იქნა მერქნის კოტრებიდან, რომელნიც ოთხი წლის განმავლობაში ოთახის პირობებში ინახებოდნენ. ამ ხანგრძლივი შენახვით მიღწეული იყო იმ ყოველგვარი პირობების გათანაბრება კოტრის მთელ მასაში, რომლებიც, შესაძლებელია, ხელის შემშლელი ყოფილიყვნენ ცდებისათვის. საცდელ ორგანიზმებად შევარჩიეთ *Picea orientalis* (L.) Link და *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach., რადგან ჩვენი მერქნიანი ჯიშებიდან მათ ახასიათებთ მერქნის სტრუქტურის უდიდესი ერთგვაროვნობა და, ამასთანავე სიმარტივე, რასაც ცდების სიწმინდისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს. შერჩეულ კოტრებიდან (2 ნაძვისა და 6 სოჭის) გამზადდა თანაბარი ზომის ცილინდრები (19 მმ X 10 მმ), ამოღებული კოტრის

გადანაკურის ყველა შესაძლებელი პუნქტიდან. ეს ცილინდრები თავსდებოდა წყალსადენის ნაღულ წყალში ორი დღე-ღამით, და ზუსტი აწონვის მეშვეობით ისაზღვრებოდა მათ მიერ შთანთქმული წყლის რაოდენობა. სულ იყო გამოცდილი 636 ცილინდრი.

ცდების შეჯამებული შედეგები მოგვეყავს ცხრილების სახით, სადაც შთანთქმული წყლის რაოდენობა ნაჩვენებია პროცენტებში, ჰაერმშრალი მერქნის წონის მიმართ.

წყლის შთანთქმის ასაკობრივი ცვალებადობა ნაძვის მერქანში
ცხრილი 1

მერქნის ასაკი	1—20	25—50	47—66	67—80	84—95	104—120	120—139
24 საათში	68	72	65	57	50	44	47
48 საათში	75	74	72	66	62	55	57
განსხვავება	7	2	7	9	12	11	10

ცხრილი გვიჩვენებს, თუ როგორ თვალსაჩინოდ ეცემა წყლის შთანთქმა მერქნის მიერ, ხნოვანობის მიხედვით. აქ აღსანიშნავია აგრეთვე ის გარემოება, რომ 80 წლამდე მერქანმა პირველ 24 საათში შთანთქა წყლის თითქმის მთელი ის რაოდენობა, რომლის შეკავებაც მას შეუძლია. შემდეგი 24 საათის განმავლობაში მერქანმა შეიწოვა წყალი მხოლოდ 9 პროცენტამდე (გაჯირღვლებული მერქნის წონაზე გადაანგარიშებით), ხოლო უფრო ხნირმა მერქანმა—80—140 წლამდე—შეიწოვა 19 პროცენტამდე.

მსგავსი მდგომარეობაა სოკის შემთხვევაშიაც, იმ განსხვავებით, რომ აქ ეს მოვლენები კიდევ უფრო თვალსაჩინოა (იხ. ცხრილი 2).

შთანთქმული წყლის რაოდენობა სოკის მერქანში

ცხრილი 2

მერქნის ასაკი	2—12	14—21	25—32	34—41	46—56	55—70	830—100	100—120
24 საათში	103	97	94	87	84	65	58	41
48 საათში	105	102	95	90	96	80	74	57
განსხვავება	2	5	1	3	12	15	16	16

სოკის მერქანი, ნაძვისაგან განსხვავებით, არსებობის პირველ პერიოდებში გაცილებით მეტ წყალს შთანთქავს, ხოლო შთანთქმის სისწრაფის საგრძნობ შემცირებას უფრო ადრე იჩენს—46—56 წლიდან. უკანასკნელი გარემოება ალბათ იმით უნდა აიხსნას, რომ ნაძვთან შედარებით სოკს მწიფე მერქანი უფრო ადრე უნვითარდება.

ჩატარებული გამოკვლევის შედეგების ყოველმხრივი ანალიზი ნებას გვაძლევს შემდეგი დავასკვნათ:

1. წყლის შთანთქმის ოდენობა მერქნის ქსოვილების მობერების პროცესის კარგი მაჩვენებელია და მისი ცვალებადობის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ მერქნის კოლოიდთა ლიოფილური თვისებების ასაკობრივ შესუსტებაზე.

2. მერქნის მიერ წყლის შთანთქმის უნარიანობა სოკს უფრო ინტენსიურად უმცირდება, ვიდრე ნაძვს; ამასთანავე, მის მიერ წყლის შთანთქმის სისწრაფეც უფრო ადრე კლებულობს.

3. მერქნის ქსოვილების უსიცოცხლო შემადგენელი სტრუქტურული ელემენტების კოლოიდური სისტემები ისეთსავე ჰისტერეზისს და ასაკობრივ ცვლილებებს განიცდიან, როგორც ცნობილია ცოცხალი მცენარეული და ცხოველური ქსოვილებისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
თბილისის ბოტანიკური ინსტიტუტი
ანატომიისა და ფიზიოლოგიის განყოფილება

(შემოვიდა რედაქციაში 29.8.1942)

БОТАНИКА

Л. И. ДЖАПАРИДЗЕ и К. И. ЛЕОНИДЗЕ

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА НА ПОГЛОЩЕНИЕ ВОДЫ ДРЕВЕСИНОЙ

Резюме

Происходящие с течением времени изменения свойств коллоидных систем общеизвестны. Возрастные изменения водных свойств являются одним из наиболее ярких проявлений процесса старения. Набухаемость коллоидов, как одно из этих свойств, имеющее немаловажное значение для жизнедеятельности тканей, широко изучается на растительных, и особенно, животных объектах. В отношении древесины подобных исследований в возрастном разрезе не имеется, несмотря на то, что проблема набухания древесины является одной из основных проблем технологии и использования древесины.

Нами проведено повозрастное испытание на водопоглощаемость 636 образцов комнатно-сухой древесины, взятой от двух экземпляров *Picea orientalis* (L.) Link. и шести экземпляров *Abies nordmanniana* (Stev.) Sprach. Эти опыты показали, что величина водопоглощения является хорошим показателем процесса старения древесины означенных пород и по ее изменению можно судить о возрастном снижении лиофильности коллоидов древесины. Выяснено, что возрастное падение водопоглощаемости сильнее выражено у пихты, у которой и скорость водопоглощения снижа-

ეჭა ვ ბოლეს რანნემ ვოზრასტე პო სრავნიუ მ ს ელუ. ისსლედივანიე პოკაზივავთ, ქო მერტვე სტრუქტურნიე ელემენტი თკანიე დრევსინი, ვ ოთნოშენი იქ ვოდნიქ სვოიქვ, პრეტერპეავთ თაკოქ ჯე გისტერეზისი თე ჯე ვოზრასტნიე იქმენიე, ქორე ობეიქვსენი ქო ჯივიქ რასტილნიქ ჯივოთნიქ თკანიე. ვმესე ს თემ პოდტვერჟდაესთ, ქო დრევსინა ჯავლესთ პრეკრასნიმ ობექტომ დოქ იქუქენი რასლიქნიქ სტარქესქიქ პროცესოვ.

აკადემია ნაუქ გრუვიქსოქ სსრ
 თბილსიქ ბოტანიქესქიქ ინსტიტუტი
 ოთელ ანათომიი თ ფიზიოლოგიი რასტილნიქ



БОТАНИКА

Е. А. МАКАРЕВСКАЯ

ВОЛНООБРАЗНЫЙ ХОД ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЧЕРЕНКАХ ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ

Законченные нами, совместно с К. М. Илуридзе-Молчан и М. Н. Чрелашвили, работы по изучению процесса дыхания и сопутствующих ему ферментов в черенках виноградной лозы в период хранения и тепличной стратификации [9, 10, 11] позволяют дать некоторые обобщающие выводы.

В результате наших исследований мы приходим к заключению, что влажность и температура предпрививочного периода являются сильными регуляторами физиологического состояния черенков в прививочный период и, что, в общем, в тепличный период выгодными для материала показателями будут некоторая активация дыхания и фермента пероксидазы, а также сравнительно низкие сопровождающие показатели каталазы⁽¹⁾.

При детальном разборе материала, в ходе изучаемых процессов обнаруживается определенная волнообразность. Рассмотрим, например, изменение энергии дыхания черенков в зависимости от содержания в них воды.

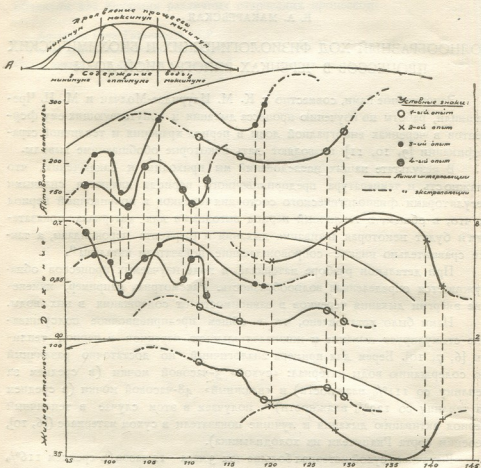
Нами было установлено, что в общем предпрививочное подсушивание стимулирует дыхание и жизнедеятельность черенков в период теплицы [6, 7, 10]. Берем для примера аналогичный, но достаточно различный по содержанию воды материал: «сухой» 3-часовой мочки (в среднем за теплицу со 111⁰/₀ влажности) и «влажный» 48-часовой мочки (в среднем за теплицу со 129⁰/₀ влажности)⁽²⁾, получаем в этом случае в тепличный период активацию дыхания и лучшие показатели в сухом материале ([6, 10], черенки сорта Ркацителли из холодильника).

Вымачивая сухой материал больше чем 3 часа—12 часов (в среднем 116⁰/₀ влажности), получаем, как и в предыдущем случае, снижение дыхания в сравнении с материалом 3-часовой мочки; вымачивая тот же сухой материал еще больше (до 127⁰/₀ влажности в период теплицы), не получаем, одна-

⁽¹⁾ На лучшую регенерацию материала при сравнительно низком показателе каталазы указывают как работы нашего Отдела [3, 6, 10], так и исследования других авторов [4].

⁽²⁾ «Сухой»—хранившийся до прививки при 5—3⁰/₀ влажности песка, «влажный»—хранившийся при 10—7⁰/₀ влажности песка. Перед прививкой черенки обычно вымачиваются. Нормы и условия мочки как практически, так и теоретически—неразработанная область.

ко, дальнейшего снижения дыхания в сравнении с материалом 12-часовой мочки, а, наоборот, наблюдается скачок вверх, показатель дыхания материала 48-часовой мочки близок к показателю дыхания материала 3-часовой мочки, несмотря на различное содержание воды в тех и других черенках (111 и 127⁰/₀), в то время как при почти одинаковом содержании



Фиг. 1.

А—схема протекания процесса. Число волн указано произвольно.

Абсциссы выражают процентное содержание воды в материале. Ординатами дается расположение показателей изучаемых процессов. Активность каталазы выражена в мл O_2 на 1 г сухого вещества за 5 мин. Дыхание выражено в мл O_2 , поглощенного 1 г сухого вещества за 1 час, для второго опыта энергия процесса выражена в процентах потери количества граммов сухого вещества за 2 недели тепличного периода (шкала справа). Жизнедеятельность здесь характеризует материал в отношении процента и качества его каллюсообразования и корнеобразования (В опыте 1-ом материал с 119⁰/₀-ой влажностью исследовался только на жизнедеятельность, его показатель приводится здесь вне зависимости от показателей других процессов). Пунктиром дана экстраполяция.



воды как у сухих, так и у влажных черенков 48-часовой мочки (127—129%), показатели у них различны [10]. Приведенные примеры показывают, что дыхание не находится в прямолинейной зависимости от фактора нарастающей влажности. Интенсивность дыхания снижается, или, наоборот, повышается не равномерно, а волнообразно. Подобное же обнаруживается и из других опытов. (Фиг. 1, дыхание).

Чем может быть обусловлен неравномерный ход процесса на отдельных этапах его развития? Эта неравномерность есть показатель взаимно переплетающихся факторов, как внешних с внутренними, так и внутренних между собой. Например, влажность материала, меняющаяся под воздействием извне, создает внутри объекта, в свою очередь, в каждый момент меняющуюся под воздействием этой, только что наступившей, влажности новую ответную реакцию на поступление воды в объект, нарушается равновесие, и на определенной стадии получается как бы отклонение в обратную сторону от предшествующей направленности процесса¹.

Рассмотрим, в какой зависимости с волнообразной кривой дыхания находится кривая изменения активности фермента, участвующего в этом процессе. Возьмем, например, тот же самый сухой материал первого рассмотренного нами опыта, начиная с 3-часовой мочки и кончая 48-часовой мочкой. Из рассмотрения показателей видно, что дыхание, каталаза и пероксидаза довольно хорошо коррелируют в этом материале; подходя к влажному материалу 48-часовой мочки (129% влажности), получаем уже расхождение—каталаза идет вверх, дыхание и пероксидаза вниз (фиг. 1, опыт 1-ый) [10].

Возьмем еще два примера, наглядно иллюстрирующих волнообразную изменчивость показателей каталазы и дыхания по поглощению O_2 в связи с изменением влажности черенков. На этих примерах также видно чередующееся совпадение и несовпадение хода изучаемых процессов, причем совершенно отчетливо намечается противоположная направленность процессов между крайними точками исследованного этапа их развития: именно, активность каталазы в области 98 и 119%-ой влажности идет в общем на повышение, при увеличивающемся увлажнении, а дыхание, наоборот, на снижение (фиг. 1, опыт 3 и 4-ый), [9, 11], материал 3309, подсушенный, 1-я серия опытов на материале из холодильника и 2-я серия опытов на аналогичном материале из подвала). Только что сказанное показывает,

¹ В некоторой своей доле эта неравномерность в ходе процесса может быть обусловлена недостаточной, несмотря на строгий подбор, однородностью материала и недостаточным еще совершенством методов исследования. Однако, повторяющаяся одна и та же закономерность, например, снижение в известном материале показателей дыхания и активности каталазы к 12 или 24 часам мочки и повышение этих показателей к 48 часам мочки и т. п. [2, 9, 10, 11], позволяют нам выделить волнообразность хода процессов, как явление, в основном независимое от методических неточностей.



что нельзя установить постоянную определенную связь процесса дыхания в целом с показателями сопутствующих ему ферментов. Процесс дыхания, как таковой, весьма сложен. В самое последнее время читаем о нем: «... Что касается обычных процессов дыхания..., то об их течении пока имеются лишь весьма ограниченные сведения. Но и на основании имеющихся данных можно все же с определенностью утверждать, что эти процессы не могут быть уложены в простую единообразную схему... Один и тот же физиологический процесс может обслуживать потребность организма в различных направлениях, и уже осложнение энергетических функций иными может быть одной из причин разнообразия химических превращений, сопровождающих процессы дыхания» ([1], стр. 115).

Целый ряд веществ, те или иные градации температуры и влажности по одному влияют на процесс дыхания и по другому на ферментную систему. Оптимальные условия для развития одного процесса более сужены, или расширены, чем для другого. Отдельные волны кривых, выражающих процессы в зависимости от их ширины могут или следовать друг другу, или отклоняться.

Еще более сложным, чем процесс дыхания, является процесс регенерации, проявление материалом своей жизнедеятельности, и надо заранее предвидеть, что кривая жизнедеятельности растительного организма не сможет коррелировать во всех точках с кривыми физиологических и биохимических процессов. Как раз это и подтверждается при просмотре литературы, например, по вопросу о связи каталазы и жизнедеятельности семян [5]. Цель исследователей в данном случае установить эту связь, но это им не вполне удастся, связь, если существует, то чаще без прямой пропорциональности.

Для характеристики зависимости дыхания и жизнедеятельности наших черенков возьмем уже рассмотренный нами материал (фиг. 1, опыт 1-ый). Крайние по содержанию воды варианты этого материала, со 111⁰/₀-ой и со 129⁰/₀-ой влажностью, дают полную согласованность показателей жизнедеятельности с показателями дыхания, именно—более высокому показателю дыхания у более сухого материала соответствует и более высокое проявление жизнедеятельности этого материала (материал 111⁰/₀-ой влажности дает каллюсообразование у 95⁰/₀ черенков, корнеобразование у 63⁰/₀; материал со 129⁰/₀-ой влажностью дает каллюсообразование у 81⁰/₀, корнеобразование у 15⁰/₀) ([6, 10], черенки Ркапители из холодильника после 14 дней теплицы). Если взять материал с влажностью, промежуточной между первыми двумя (со 116⁰/₀-ой влажностью), то дыхание его, по сравнению с наиболее сухим материалом, будет снижено настолько же, насколько оно снижено и у наиболее влажного материала (129⁰/₀-ой влажности). Однако результаты по каллюсообразованию у материала 116⁰/₀-ой влажности не хуже, чем у материала 111⁰/₀-ой влажности (96⁰/₀), только



по корнеобразованию замечается снижение (28%). Если дальше взять материал со 127%-ой влажностью, то получаются результаты каллюсообразования такие же, как у наиболее влажного материала (79%, корнеобразование лучше у первого, чем у второго), однако, дыхание материала 127%-ой влажности сравнительно высокое в исследованном ряду, оно близко к дыханию наиболее сухого материала, последний же выделяется по прививочной оценке, как наилучший (фиг. 1, опыт 1-ый) [6, 10].

Во многих случаях у нас получается совпадение энергии дыхания прививок в тепличный период с проявлением их жизнедеятельности. Например, максимальный подъем дыхания у вариантов одного из наших опытов падает на 9—12-ый день тепличного периода, а у материала из хранения при 3° на 6-ой день; ища причину этого отклонения, мы а priori предположили, что взятый материал был наиболее жизнедеятельным в первую половину периода (быстрее проходили процессы, связанные с тепличной стратификацией). При рассмотрении результатов прививки действительно оказалось, что этот материал из хранения при 3° на 9-ый день теплицы имел лучшую оценку (табл. 1) [6, 10].

Каллюсообразование и корнеобразование черенков лозы
(в процентах)

Таблица 1

Сорт	Хранение в °С					
	8		3		-3	
	каллюс	корни	каллюс	корни	каллюс	корни
Ркашители	0	0	82	36	—	—
101-14	0	0	88	88	73	60

Наряду с этим, как уже отмечалось (фиг. 1, опыт 1-ый), встречается и обратная корреляция жизнедеятельности черенков и дыхания (фиг. 1, опыт 2-ой) [6, 10].

На основании наблюдавшегося в различных опытах развития отдельных процессов в зависимости от содержания воды в материале, можно приближенно представить себе протекание процесса по волнообразной кривой. Эта кривая охвачена огибающей (фиг. 1, А), которая выражает область интенсивного проявления процесса и области его ослабления, затухания вследствие недостаточного, или, наоборот, избыточного содержания воды. Эти области составляют максимум первого порядка, и физиологически различно обоснованные минимумы первого порядка процесса; в каждом из этих трех основных состояний наблюдаются еще свои максимумы и минимумы второго порядка (отдельные волны кривой). Волнообразная кривая наглядно объясняет, каким образом можно получить совершенно

одинаковые показатели при резко различных физиологических состояниях и различные показатели при одинаковом, казалось бы, состоянии материала.

При более широком подходе к процессам, протекающим по волнообразной кривой, находим, что соответствующие им периодические явления наблюдаются в природе весьма часто.

«На каждой ступени развития материи мы встречаемся с качественно различными периодическими процессами. Из этого не следует, что у этих столь различных процессов не могут наблюдаться черты сходства и аналогии... Все эти процессы до самого последнего времени оставались неизученными, если не считать отдельных высказываний ряда ученых...» ([12], стр. 7—8).

Мы думаем, что периодический характер физиологических и биохимических процессов в нашем материале, возможно, обусловлен изменениями коллоидно-химических систем, которые являются полем деятельности развивающихся процессов и, как известно, показывают периодические изменения свойств при некоторых воздействиях; так, например, под действием плавно возрастающей концентрации солей на золи вискозы, вязкость последней изменяется периодически [12].

В этом направлении мы намерены исследовать наш материал в целях выяснения характера периодичности некоторых процессов, протекающих в результате жизнедеятельности растительного организма.

Академия Наук Грузинской ССР
 Тбилисский Ботанический Институт
 Отдел физиологии и анатомии растений

(Поступило в редакцию 7.9.1942)

ბოტანიკა

მეცნიერ მაკარევსკაია

ვაზის კალმებში ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური პროცესების
 ტალღისებრივი მსვლელობა

რეზიუმე

იმ გამოკვლევების საფუძველზე, რომლებიც ჩატარებული იყო ჩვენს მიერ, ქ. ილურიძე-მოლჩანისა და მ. ჭრელაშვილთან ერთად, დავასკვნით, რომ ვაზის კალმებში სუნთქვის პროცესის მსვლელობა და კატალაზის და პეროქსიდაზის აქტივობის ცვლადობა გამოიხატება ტალღისებრივი მრუდით. პროცესის მსვლელობის ტალღისებრივი ხასიათი ძირითადად კანონზომიერად განისაზღვრება და არ არის დამოკიდებული მეთოდიკურ არასიზუსტებზე.

ტალღისებრივად მიმდინარე პროცესებისადმი უფრო ფართოდ მიდგომისას ვხედავთ, რომ მათი მსგავსი პერიოდული მოვლენები ფართოთ გავრცელებულია



ბუნებაში. ჩვენს მასალაში შესწავლილი პროცესების ტალღისებრივე ხასიათი, შესაძლებელია, გამოწვეული იყოს კოლოიდურ-ქიმიური სისტემების ცვალებადობით; ეს უკანასკნელები წარმოადგენენ მიმდინარე პროცესების მოქმედების ასპარეზს და, როგორც ცნობილია, გვიჩვენებენ თვისებების პერიოდული ცვალებადობას ზოგიერთი ზეგავლენის დროს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
თბილისის ბოტანიკის ინსტიტუტი
მცენარეთა ანატომიის და ფიზიოლოგიის
განყოფილება

BOTANIQUE

LE COURS ONDULATOIRE DES PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES DANS LES GREFFES DE LA VIGNE

Par E. MAKAREVSKAJA

Résumé

En vertu des recherches collectives faites avec K. Ilouridze-Molchan et M. Tchrelachwili sur les greffes de la vigne, l'auteur arrive a la conclusion que le cours du processus de la respiration et le changement de l'activité de la catalase et de la peroxydase dans les greffes de la vigne se manifeste par une courbe ondulée. Le cours ondulatoire du processus est en général régulier et ne peut pas être expliqué par des inexactitudes méthodiques.

Il est possible que le caractère ondulatoire des processus examinés dans notre material dépend de changement des systèmes colloïdo-chimiques qui se trouvent être champs de l'activité des processus développés et démontrent les variations périodiques des propriétés sous certaines influences.

Academie des Sciences de la RSSG
Institut Botanique de Tbilissi
Section d'Anatomie et de Physiologie végétale

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა—OUVRAGES CITÉES

1. В. С. Буткевич. К современному состоянию вопроса о химизме процессов дыхания у растительных организмов. Сборник работ по физиологии растений. Памяти К. А. Тимирязева. Москва, 1941.
2. К. М. Илуридзе-Молчан. Влияние предпрививочного подсушивания и мочки виноградных побегов на активность каталазы. Сообщения Акад. Наук Груз. ССР, т. II, № 1—2, 1941.
3. Т. А. Кевели. Изменение активности каталазы и пероксидазы у ивы в связи с возрастом и корнеобразованием. Сообщения Акад. Наук Груз. ССР, т. III, № 4, 1942.



4. С. И. Кокина. Об окислительно-восстановительных процессах у пустынных растений. Ботанический журнал, 24, I, 1939.
5. Е. Лемани и Ф. Айхеле. Физиология прорастания семян злаков. Ленинград, 1936.
6. Е. А. Макаревская. Мочка черенков виноградной лозы как фактор предпрививочного воздействия. (Рукопись). 1941.
7. Е. А. Макаревская. Предпрививочное хранение виноградных побегов. Виноделие и виноградарство СССР, 5, 1939.
8. Е. А. Макаревская. Физиология прививки виноградной лозы. Тезисы докладов Сессии Груз. Фил. АН СССР, 27—30 сен. 1939. Тбилиси, 1939, и Тезисы докладов совещания по физиологии растений 28 янв., 3 февр. 1940 г. Москва, 1940, стр. 225.
9. Е. А. Макаревская, К. М. Илуридзе-Молчан и М. Н. Чрелашвили. Влияние содержания воды на энергию дыхания и активность каталазы и пероксидазы в черенках виноградной лозы. (Рукопись). 1942.
10. Е. А. Макаревская, К. М. Илуридзе-Молчан и М. Н. Чрелашвили. Дыхание виноградных черенков, активность каталазы и пероксидазы в период хранения и тепличной стратификации. (Рукопись). 1942.
11. М. Н. Чрелашвили. Энергия дыхания и активность пероксидазы в черенках виноградной лозы в связи с содержанием воды. (Научный отчет, рукопись). 1942.
12. Ф. М. Шемякин и П. Ф. Михалев. Физико-химические периодические процессы. Москва, 1938.



ГЕНЕТИКА

В. Л. МЕНАБДЕ и А. А. ЕРИЦЯН

К ФИЛОГЕНЕЗУ *TRITICUM TIMOPHEEVI* ZHUK.

Исследования [2, 3, 4, 6, 8, 10, 12] показали генетическую изолированность грузинской пшеницы *Triticum Timopheevi* Zhuk. На этом основании Лиленфельд и Кихара [13] предложили для данного вида установить в системе р. *Triticum* самостоятельную филогенетическую группу с геномом AAGG.

Светозарова [8] впервые высказала мысль о генетическом единстве *Triticum Timopheevi* и *Triticum armeniacum*.

Другие исследователи [1, 7, 9], не располагая, однако, экспериментальными данными, выдвинули ряд гипотез о генезисе *Triticum Timopheevi* Zhuk.

Для установления филогенетической связи *Tr. Timopheevi* с другими видами рода *Triticum* методом циклических скрещиваний нами ведутся цитогенетические исследования пшениц Грузии. В 1938 г. цикл наших экспериментальных объектов был пополнен видом *Tr. armeniacum*, полученным от М. Г. Туманян под № 1111/36. Ниже, в сводной таблице 1, дается многолетний результат скрещиваний *Tr. Timopheevi* с другими видами рода *Triticum* по индексу плодовитости.

Как видно из табл. (см. стр. 824), высокий индекс плодовитости (0,4—2,5) является наиболее характерным для исходных форм пшениц, участвующих в наших скрещиваниях в качестве родительских форм. Гибриды—*Tr. Timopheevi* × *Tr. spontaneum*, *Tr. Timopheevi* × *Tr. monosocum* (и обратно)—во всех случаях скрещивания—абсолютно стерильны. При этом гибридные растения очень часто гибли в разной стадии развития (в стадии стеблевания вплоть до колошения). Так, в некоторых комбинациях гибриды F₁ имели усиленное развитие (массовое стеблевание), а перед колошением листья постепенно теряли хлорофилл; в начале они приобретали светло-зеленую окраску со следами антоциана, а потом постепенно, приобретая окраску типа *xantha* или же *flavescens*, отмирали. В результате таких аномалий растение, не развив генеративных органов, гибло. В других комбинациях этого же цикла скрещиваний наблюдалось в F₁ развитие гигантских растений (гетерозис) с крупными колосьями, но и они оказались абсолютно стерильными, хотя все они цвели свободно на коллекционно-гибридологическом



участке. Некоторые растения F_1 искусственно были опылены пылью своих родителей, но безрезультатно.

Таким образом, эти виды (*Tr. Timopheevi*, *Tr. monosocum* и *Tr. spontaneum*) генетически резко разнородны, хотя *Tr. monosocum* и *Tr. Timopheevi*, участвующие в скрещиваниях, были взяты из одной географической зоны (Рача, Лечхуми) и даже из одной популяции. В пределах группы тетраплоидных пшениц ($2n=28$ хр.) наиболее низким индексом плодовитости ($0-0,006$) обладают гибриды F_1 —*Tr. Timopheevi*×*Tr. dicoccoides*, *Tr. Timopheevi*×*Tr. dicocum*, *Tr. Timopheevi*×*Tr. palaeo-colchicum* (такие же результаты были получены от реципрокных скрещиваний). При этом указанный индекс плодовитости был получен лишь при свободном опылении; при изоляции же было получено совершенно стерильное потомство.

У этой группы гибридов мейозис сильно нарушен [2]. Более повышенный (но в общем очень низкий, практически стерильный) индекс плодовитости ($0-0,099$) наблюдается у гибридов F_1 —*Tr. Timopheevi*×*Tr. durum* и *Tr. Timopheevi*×*Tr. persicum*. В течение мейозиса и у этой группы гибридов обнаружен ряд резких неисправностей [2]. Незначительный процент плодобразования отмечен у них лишь в условиях свободного опыления.

Почти такую же картину мы наблюдали в поведении гибридов F_1 от скрещиваний *Tr. Timopheevi* со всеми

видами 42-хромосомных пшениц. Здесь индекс плодовитости варьировал в пределах $0-0,07$. Сравнительно повышенный индекс отмечен у гибридов *Tr. Timopheevi*×*Tr. macha* ($0-0,07$), с другими же видами индекс плодовитости значительно ниже ($0-0,013$). Мейозис резко нарушен [2]. Таким образом, во всех случаях нашей группировки все гибриды *Tr. Timopheevi*

Таблица 1

Родители и их гибриды	Индекс плодовитости—Index of the fertility	
<i>Tr. macha</i>	0,4—1,0	0,8—2,0
<i>Tr. spelta</i>	0,4—1,2	0,8—2,0
<i>Tr. vulgare</i>	0,0—0,8	0,0—2,0
<i>Tr. palaeo-colchicum</i>	0,0—0,8	0,0—2,0
<i>Tr. persicum</i>	0,0—0,8	0,0—2,0
<i>Tr. durum</i>	0,0—0,8	0,0—2,0
<i>Tr. dicocum</i>	0,0—0,8	0,0—2,0
<i>Tr. dicoccoides</i>	0,0—0,8	0,0—2,0
<i>Tr. artemisiatum</i>	0,0—0,8	0,0—2,0
<i>Tr. monosocum</i>	0,0—0,8	0,0—2,0
<i>Tr. spontaneum</i>	0,0—0,8	0,0—2,0
F_1	0,0—0,8	0,0—2,0
F_2	0,0—0,8	0,0—2,0

с другими видами рода *Triticum* дают практически бесплодное потомство и, как правило, незначительный индекс плодовитости наблюдается лишь в условиях свободного опыления, но и в этих условиях большинство растений—абсолютно стерильно.

Поэтому, мы считаем вполне обоснованным предложение Лиленфельд и Кихара о выделении *Tr. Timopheevi* в самостоятельную филогенетическую ветвь в системе рода *Triticum*.

Совершенно иную картину мы получили от скрещивания *Tr. Timopheevi* × *Tr. armeniacum*. Гибриды этой комбинации имели высокий индекс плодовитости (0,3—1,1) и при этом все растения F₁ были плодovиты. Плодообразование имело место как при свободном, так и при изолированном цветении. Здесь же следует отметить, что в опытах Светозаровой [8] гибриды *Tr. Timopheevi* × *Tr. armeniacum* практически были стерильны. Так, при свободном опылении индекс плодовитости в опытах Светозаровой составлял всего 0,08—0,11 зерна на колос, тогда как у нас в тех же условиях плодовитость варьировала в пределах 7,1—21,7 зерна на колос. В опытах Светозаровой гибриды *Tr. Timopheevi* × *Tr. armeniacum* по плодовитости почти не отличались от гибридов *Tr. Timopheevi* × *Tr. dicoccoides*. При этом пыльца гибридов F₁ *Tr. Timopheevi* × *Tr. armeniacum* в опытах Светозаровой «была полностью деформирована», в наших же опытах она в своей массе была развита совершенно нормально.

В общем в выводах Светозаровой отсутствует согласованность между цитологическими и гибридологическими данными, что автор пытается объяснить явлением транслокации между негомологичными хромосомами [8].

Мейозис гибридов F₁ *Tr. Timopheevi* × *Tr. armeniacum* в основном протекает нормально. Рис. 1 иллюстрирует один из нормальных типов метафазы первого деления МКП.

Правильность течения мейозиса нарушается лишь наличием двух унивалентов (рис. 2) и неориентацией бивалентов в метафазе первого деления МКП. Эти аномалии констатированы нами в количестве 18—30%. В единичных случаях также отмечены квадриваленты в виде колец (рис. 3). Все последующие фазы мейозиса первого и второго деления протекают вполне нормально (рис. 4).

Особо следует подчеркнуть характер строения бивалентных групп хромосом. В основном преобладают биваленты «закрытого» типа с двумя или же с тремя хиазмами, но в некоторых клетках установлено небольшое количество бивалентов (1—3) «открытого» типа (см. рис. 2 и 3). Такой характер строения бивалентов вообще нами констатирован в мейозисах «чистых линий» (исходных родительских форм) и внутривидовых гибридов, а также в мейозисе таких межвидовых гибридов, исходные формы которых относятся к одной и той же филогенетической группе (*Tr. monococcum* × *Tr. spontaneum*, *Tr. durum* × *Tr. turgidum*). Но подобный тип

строения бивалентов нами не замечен в мейозисах филогенетически отдаленных межвидовых гибридов.

Таким образом, констатированный нами в мейозисе гибридов *Tr. Timopheevi* × *Tr. armeniacum* вышеописанный тип строения бивалентов (характерный для близких межвидовых гибридов), и в целом правильное течение редукционного деления, безусловно, указывают на наличие тесной филогенетической близости между *Tr. Timopheevi* и *Tr. armeniacum*.



Рис. 1. *Tr. armeniacum* × *Tr. Timopheevi*. Первая метафаза с 14 бивалентными кольцами. Fig. 1. Metaphase I with 14 bivalents.



Рис. 2. *Tr. armeniacum* × *Tr. Timopheevi*. Первая метафаза с 2 унивалентами. Fig. 2. Metaphase I with 2 univalents.



Рис. 3. *Tr. armeniacum* × *Tr. Timopheevi*. Первая метафаза с одним квадрилентным кольцом. Fig. 3. Metaphase I with one quadrivalents.



Рис. 4. *Tr. armeniacum* × *Tr. Timopheevi*. Второе деление—нормальное. Fig. 4. 2-nd division—normal.

В дополнение к вышеописанным фактам в таблицах 2, 3, 4, 5 и 6 приведены результаты гибридологического анализа некоторых признаков F_1 , F_2 и их родителей.

Как установлено, показателем степени филогенетической близости является плодовитость гибридного потомства [3].

Как видно из таблицы 2, гибридное потомство F_1 и F_2 *Tr. Timopheevi* × *Tr. armeniacum* обладает относительно высоким индексом плодовитости. Следует особо подчеркнуть отсутствие бесплодных растений. Бесплодие, как это следует считать доказанным, является характерным свойством для филогенетически отдаленных гибридов. В нашем эксперименте, как было отмечено, имело место лишь некоторое снижение плодовитости, и то в F_2 , где всего 8% растений имели индекс плодовитости 0,2. Подавляющая же масса гибридных растений этого поколения имела высокий

индекс плодovitости (0,5—1,3). В общем 92% растений F_2 и все растения F_1 по индексу плодovitости не выходили за рамки родительских форм. Вариабилитет других признаков показан в таблицах 3, 4, 5 и 6. Как видим, варьирование анализируемых признаков протекает исключительно в

Таблица 2—Table 2

Индекс плодovitости. Index of the fertility

	0,2	0,5	0,8	1,1	1,4
♀	40	30	20	10	
♂			6,6	46,7	46,7
F_1		75	25		
F_2	4,3	34,7	40	20	10

Таблица 4—Table 4

Число зерен в колосе.
Number of grains in the ear

	4	12	20	28	36	44
♀		20	62	18		
♂			7	20	53	20
F_1		95	5			
F_2	16	52	28	4		

Таблица 6—Table 6

Длина колоса в мм.
Length of the ear in mm

	30	40	50	60	70
♀	10	60	20	10	
♂	7	20	60	13	
F_1					
F_2	4	20	56	16	4

Таблица 3—Table 3

Плотность колоса. Density of the ear

	30	35	40	45	50	55	60	65
♀	30	70						
♂				20	40	26	7	7
F_2	8	32	52	8				

Таблица 5—Table 5

Число колосков в колосе.
Number of earlets in the ear

	14	16	18	20	22	24	26	28	30
♀	40	30	20	10					
♂				3	5	7	20	53	12
F_1				60	40				
F_2	4	6	19	23	24	18	4	2	

рамках родительских видов. Анализ других признаков—«длина колосковой чешуи», «длина зубца и ости», «длина колоска», «длина и высота зерна»—дал аналогичную картину. Таким образом, из данных фактов следует констатировать весьма ограниченный вариабилитет гибридов F_2 *Tr. Timopheevi* × *Tr. armeniacum*, вся изменчивость которых исчерпывается выщеплением

родительских и промежуточных форм. Никаких новообразований и hiatus'ов, обычно свойственных отдаленным скрещиваниям, мы здесь не смогли обнаружить. Следовательно, отсутствие широкого диапазона формoобразования, весьма бедное расщепление, легкая скрещиваемость, высокая плодovitость F_1 и F_2 , процесс расщепления, характерный только для близких видов, отсутствие каких-либо дисгармоний в процессе расщепления также указывают на филогенетическое единство скрещиваемых видов.



Все это говорит в пользу безусловного участия генома *Tr. armeniacum* в формообразовании *Tr. Timopheevi*. Вид этот возник или непосредственно из *Tr. armeniacum* путем приспособительного отбора эволюционно более «культурных» форм или же гибридным путем при обязательном участии *Tr. armeniacum*.

Но когда это могло случиться? Надо полагать, что это могло случиться лишь тогда, когда картвельские племена пребывали на территории обитания диких пшениц.

В настоящее время дикие пшеницы зафиксированы в южной части Армении (рр. Шорбулаг и Даралагез) и в Нахичевани. По Якубцинеру, встречаются также и в Иране. Следует допустить обитание их в Турции (около Вана).

Tr. Timopheevi в настоящее время возделывается лишь на полях Западной Грузии (Лечхуми, Рача и в пограничных с ними зонах Мегрелии, Имеретии).

Как нам представляется, исторические истоки *Tr. Timopheevi* коренятся на территории Урарту. Очевидно, этот вид (как и в целом пшеница «зандури») — живой реликт халдской (месхской) земледельческой культуры. Поэтому, нельзя ли допустить, что в этот тупик — Мегрелия — Рача — Лечхуми — пшеницу «зандури» завезли предки картвельских племен (халды, месхи) при своем передвижении с юга на север? По данным лингвистов, халдский язык в значительной степени приближается к мегрельскому. И в современном грузинском языке сохранилось много элементов халдо-урартуйского языка (общность топонимики). Как бы то ни было, генетический материал убедительно показывает монофилетическое происхождение *Tr. armeniacum* и *Tr. Timopheevi*, а раз это так, то следует заключить, что изначальная родина культивируемого вида — *Tr. Timopheevi* — находится в области обитания дикой родоначальной пшеницы — *Tr. armeniacum*.

Природа *Tr. Timopheevi* двойственна: в ней представлены свойства как ксерофильных, так и мезофильных растений. Первое из этих свойств генетически связано с исходной родиной данного вида (Урарту), а второе — приобретено в процессе длительного отбора в соответствии с условиями мезофильной среды (Западная Грузия). В общем процесс видообразования *Tr. Timopheevi* можно представить следующим образом. Первый этап: проникновение *Tr. armeniacum* в посевы древнейшей пшеницы «зандури» и его пребывание в данных посевах в качестве сорного растения. Второй этап: действие приспособительного отбора в агрикультуре «зандури». Третий этап: направленный отбор, формирование вида и выход его в самостоятельную культуру. Грузинское название пшеницы «зандури» безусловно следует отнести к *Tr. monosocum* — к наиболее древнему, первоосновному виду пшеницы. Это подтверждается и данными Гюльденштедта (1773 г.), впервые давшего ботаническое описание «зандури».

Но если допустить, что *Tr. armeniacum* непосредственно не является исходной формой, на базе которой шло формирование нового вида—*Tr. Timopheevi*, а последний не является прогрессивным звеном в эволюции основного вида, то нельзя не признать убедительным то положение, что *Tr. armeniacum* является одним из сочленов, воспроизведшим *Tr. Timopheevi*, ибо в структуре изучаемого вида в основном представлен геном данной дикой пшеницы.

Выводы

1. Легкая скрещиваемость *Tr. Timopheevi* и *Tr. armeniacum* между собой, высокая плодовитость F_1 и F_2 , отсутствие бесплодия, правильность редукционного деления и процесс расщепления, характерный только для близких видов, воочию доказывают принадлежность указанных видов к одной филогенетической ветви, географо-исторически изолированной от других таковых ветвей в системе рода *Triticum* L.

2. Генетический анализ показывает, что в основе *Tr. Timopheevi* заложен геном *Tr. armeniacum*, а потому родовым типом *Tr. Timopheevi* следует признать одну из форм *Tr. armeniacum*.

Академия Наук Грузинской ССР
Тбилисский Ботанический Институт

(Поступило в редакцию 23.5.1942)

გენეტიკა

3. მენაბდე და ა. შანიანი

TRITICUM TIMOPHEEVI-ს ფილოგენეზისათვის

რეზუმე

1. ავტორები იხილავენ *Tr. Timopheevi*-ს გენეტიკურ ურთიერთობას გვარ *Triticum*-ის სისტემაში.

2. მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემები ადასტურებენ გამოკვლეული სახის დამოუკიდებელ ფილოგენეტიკურ ჯგუფად გამოყოფის საფუძვლიანობას (13).

3. ამავე ჯგუფში თავსდება ხორბლის გარეული სახე *Triticum armeniacum* Makusch., რაც დასტურდება ციტო-გენეტიკური ანალიზით: ჰიბრიდთა სწორი მეიოზისი (სურათები: 1, 2, 3, 4), მაღალი ფერტილობა და დათიშვის ხასიათი (ტაბულები: 2, 3, 4, 5, 6).

4. *Tr. armeniacum*-ი წარმოადგენს *Tr. Timopheevi*-ს საწყის ფორმას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
თბილისის ბოტანიკის ინსტიტუტი



А. А. САДОВСКИЙ

МАКСИЛЛЯРНЫЕ ШИПЧИКИ У ЛИЧИНОК EPHEMEROPTERA

В специальных описаниях максилл личинок *Ephemeroptera* отмечается наличие нескольких крупных шипов, расположенных в верхнем внутреннем углу жевательной лопасти; только для личинок р. *Iron* sp. Steinmann [1] и опирающийся на его работу Rousseau [2] отмечают максиллярное вооружение в виде клешней. Eaton [3] изображает в своей известной монографии максиллы личинок р. *Epeorus* с очень характерным трезубцем, наконец, Trägårdh вооружает максиллы *Prosopistoma foliaceum* чрезвычайно характерными шипами. Вообще же более подробно еще никто не исследовал строения максилл у личинок *Ephemeroptera*.

Имея в своем распоряжении большое количество личинок р. *Iron* из бассейна средней и верхней Куры и Терека, я обратил особое внимание на строение столь характерных для этого рода максиллярных «клешней», впервые изображенных Steinmann'ом. Исследование это дало возможность выяснить совершенно своеобразное строение этого органа, резко отличное от того изображения, которое дал Steinmann. Предпринятый затем просмотр максилл у личинок поденок *Ephemerella* sp., *Oligoneuriella rhenana* Imh., *Leptophlebia* sp., *Habrophlebia* sp., *Caenis* sp., *Prosopistoma foliaceum* Fourcr., *Baëtis* sp., *Cloëon* sp., *Ametropus*, *Rhitrogena*, *Ecdyonurus*, *Heptagenia* выявил наличие в жевательной лопасти максилл этих личинок совершенно определенной и крайне своеобразной структуры, претворяющей в отряде *Ephemeroptera* довольно сложную эволюцию. Ее крайней и наиболее сильно специализированной формой являются чрезвычайно любопытные образования на максиллах у личинок р. *Iron* и совершенно такие же образования у личинок *Prosopistoma foliaceum* (Fourcr.). Краткому рассмотрению эволюционного ряда этих образований и посвящена настоящая работа.

Максиллы личинок *Ephemeroptera* состоят из двучленистого основного ствола и отходящих от него жевательной лопасти и двух- или трехчленистого щупика¹. Нас здесь интересует исключительно жевательная лопасть. Это в огромном большинстве случаев округло-треугольная пластинка с бо-

¹ Данные Eaton'a о 4-члениковом щупике у личинок *Prosopistoma* не верны, как показало специальное исследование нашего материала. К сожалению, эта ошибка вошла и в русскую литературу (см. Яковсон и Бианки [4], стр. 887).

лее или менее прямым жевательным краем. Однако у круга форм, группирующихся вокруг сем. *Baëtidae*, лопасть эта является как бы непосредственным продолжением основного ствола максиллы и внешне очень мало отличается от него; жевательный край выражен у нее, однако, ясно.

Характерным для жевательного края максилл всех личинок *Ephemeroptera* является развитие на всем его протяжении двух узких, сильно хитинизированных продольных гребней—одного с внутренней и другого с наружной поверхности жевательной лопасти. В дальнейшем мы будем называть их наружным гребнем (*Crista externa*) и внутренним (*Cr. int.*). Гребни эти густо усажены по своему краю жесткими волосками, образующими как бы два гребешка, плоскости которых наклонены друг к другу под углом в $60-90^\circ$. Между этими гребнями находится узкая полоска из тонкого хитина, ясно заметная при ее рассматривании со стороны медиального края лопасти. Благодаря ее тонине, а также нежности хитина на наружной и внутренней сторонах жевательной лопасти, оба вооруженных щетинками гребня могут поворачиваться под действием особых мышц вокруг своей длинной оси, раскрываясь и захлопываясь, как книга. Этот аппарат для активного захвата пищи и прodelьвает значительную эволюцию среди личинок *Ephemeroptera*.

В простейшем случае, как это имеет место в родах *Ecdyonurus*, *Heptagenia*, *Rhitrogena* (рис. 1), наблюдается только значительное удлинение щетинок на обоих концах гребня, в результате чего здесь образуется по пучку длинных жестких волос,—первый намек на шипчики.

Такое устройство является наиболее при митивным и представляет собой, по видимому, исходное состояние жевательного края максилл у личинок *Ephemeroptera*; из него уже развились путем эволюции более сложные формы максиллярного вооружения, как мы их



Рис. 1. Максилла *Ecdyonurus* sp. из Куры.



Рис. 2. Максилла *Baëtis* sp. из Куры.

встречаем в сем. *Baëtidae* и у родов *Iron*, *Epeorus*, *Prosopistoma*.

В сем. *Baëtidae* (у родов *Baëtis* и *Cloëon*) (рис. 2) наблюдается, по сравнению с *Ecdyonurus* и *Heptagenia*, значительный шаг вперед в направлении развития специального максиллярного вооружения. Здесь имеет место значительное сближение обоих гребней, в результате чего заключенная между ними краевая полоска принимает вид узкой щели. Только в своей передней части, там, где она подходит к углу жевательной лопасти, полоска эта несколько расширяется вследствие слабого расхождения обоих гребней; в результате здесь между гребнями образуется небольшое поле, которое назовем концевым (*Ag. term.*).

Одновременно с этим изменением происходит дифференцировка щетинок внутреннего и наружного гребня. Передняя щетинка каждого из них превращается в сильно хитинизированный зуб; зубы эти теряют связь со своими хитиновыми гребнями и перемещаются внутрь от них, с правой и с левой стороны концевго поля. Они превратились в правый и левый внутренние зубы щипчиков. Предпоследняя щетинка каждого гребня видоизменяется в чрезвычайно мощный хитиновый зуб; зубы эти приподняты над краевым полем и охватывают внутренние зубы щипчиков. Это наружные зубы.

Развитые подобным образом в сем. *Baëtidae* наружные и внутренние максиллярные зубы представляют собою простейшую форму уже щипчиковобразного вооружения, повидимому, крайне характерного для максилл личинок *Ephemeroptera*. Оно наблюдалось нами у личинок из родов *Baëtis*, *Cloëon*, *Caenis* и может быть легко узнано на рисунках Eaton'a и Rousseau в родах *Ephemerella*, *Chitonophora*, *Tricorhytus*, *Siphylurus*.

В описанном устройстве для нас осталось лишь не вполне ясным, насколько зубы щипчиков могут, расходясь и захлопываясь, захватывать пищу. Попытка искусственно, с помощью тонких иглоок, раскрыть под микроскопом щипчики удалась, но при этом расхождение зубцов было очень небольшое. Повидимому, здесь перед нами еще крайне несовершенный аппарат, лишь в процессе дальнейшей эволюции развивающийся в настоящие щипцы.

Окончательное превращение зубов жевательного края в настоящие щипцы осуществлено у родов *Iron*, *Prosopistoma* и, повидимому (насколько об этом можно судить по рисункам Eaton'a), у близкого к *Iron* рода *Epeorus* (рис. 3). У личинок р. *Iron* щипчики впервые опознал Steinmann, но он не разобрался в деталях их строения и изобразил вместо щипчиков тишичную клешню; ее перенес *bona fide* в свой определитель Rousseau ([2], табл. 50, фиг. В). Eaton, напротив, видел сам и изобразил на своей табл. 55, фиг. 8 все детали строения этих щипчиков, но он не узнал в них щип-

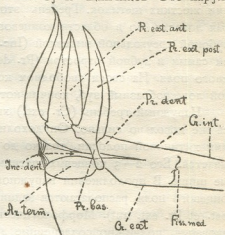


Рис. 3. Схема строения максиллярного вооружения у Iron-образных личинок из бассейна Куры.

Ar. term.—концевое поле; Cr. ext.—наружный гребень; Cr. int.—внутренний гребень; Inc. dent.—вырез, отделяющий зубной отросток; Pr. bas.—суставной отросток заднего наружного зуба щипчиков к наружному гребню; Pr. dent.—зубной отросток; Pr. ext. ant.—средний зуб; Pr. ext. post.—задний зуб; Fiss. med.—щель медиального края жевательной лопасти (здесь сильно р шпирена).



чиков как целого. Он полагал, что имеет дело с обычным трезубцем, утверждая, что «*lacinia of maxilla I terminated by three subequal subulate fangs*» (стр. 237; ср. также стр. 245, где указано, что у *Iron* «*mouth-parts similar to those of Epeorus*»). По нашим данным, у грузинских личинок *Iron* оба гребня, внутренний и наружный, сильно сближены, вследствие чего краевая полоска сжата до степени узкой щели (Fiss. med.). В своем переднем конце эта щель расширяется в хорошо выраженное концевое поле. Внутренний гребень развит чрезвычайно сильно и вооружен двумя рядами жестких щетинок. Гребень этот тянется вдоль всего жевательного края лопасти, но в области концевого поля его конец как бы отщеплен глубокой треугольной вырезкой (Inc. dent.) от тела лопасти и превращен тем самым в зубной отросток (Pr. dent.), расположенный над краем концевого поля. На своем свободном конце зубной отросток образует большой ложкообразный зуб, кончик которого оттянут и плавно загнут кверху.

Наружный гребень (Cr. ext.) хитинизирован значительно слабее, но все же довольно сильно. Он доходит в виде сплошной, усаженной щетинками хитиновой полоски, только до концевого поля; здесь он резко обрывается. Его 2—3 концевых щетинки видоизменены в длинные и массивные шипы. В продолжении наружного гребня, уже над наружным краем концевого поля, располагаются задний и передние наружные зубы (Pr. ext. post. et Pr. ext. ant). Морфологически это самостоятельные хитиновые образования, подвижно сочлененные друг с другом, с внутренним зубом и с жевательной лопастью.

Задний наружный зуб имеет форму более или менее равнобедренного треугольника, поставленного против внутреннего зуба. Снаружи от его основания отходит длинный базальный отросток (Pr. bas.), подвижно сочлененный с особым бугорком жевательной лопасти. Основание этого зуба сочленено спереди при помощи мало подвижного сустава с задним углом основания переднего наружного зуба, последний в свою очередь сочленяется передним углом своего основания с основанием внутреннего зуба щипчиков. Все эти довольно сложные соотношения видны на рисунке 3.

В спокойном состоянии все зубы раздвинуты. Захлопывание щипчиков производится путем сокращения мышцы, расположенной внутри жевательной лопасти и связанной с апофизами переднего и заднего наружных зубов и с зубным отростком. Задний наружный зуб, опирающийся своим базальным отростком на неподвижный бугорок жевательной лопасти, начинает под действием тянущей его внутрь мышцы опрокидываться вперед, навстречу внутреннему зубу. Через сустав, соединяющий передний наружный угол его основания с передним наружным зубом, движение это передается последнему и передний наружный зуб начинает наклоняться к внутреннему. Но так как зубной отросток, несущий внутренний зуб, тоже от-



тягивается мышцей вниз и внутрь, то внутренний зуб перемещается навстречу наружному, вследствие чего щипчики закрываются.

Раскрытие щипчиков происходит вследствие упругих сил в изогнутом зубном отростке. Распрямляясь после расслабления мышц жевательной лопасти, он возвращается на свое место и отталкивает при этом от себя передний, а через него и задний наружный зуб, в результате чего щипчики раскрываются.

Этот чрезвычайно своеобразный механизм действует, следовательно, на основе упругой пружинки, каковой является зубной отросток.

Совершенно аналогичное устройство находим мы и у личинок *Prosopistoma foliaceum*. Здесь также внутренний и наружный гребни отделены друг от друга лишь очень узкой краевой щелью. Внутренний гребень высокий и сильно хитинизированный; его передний конец образует, как и у личинок *Iron*, зубной отросток, вооруженный на своем конце сильным и длинным внутренним зубом. Наружный гребень довольно высокий и доходит спереди только до концевого поля, где он внезапно обрывается. Дальше кпереди лежат два наружных зуба—задний (Pr. ext. post) и передний (Pr. ext. ant.), соединенные своими основаниями друг с другом, с внутренним зубом и с наружным гребнем.

Функционирование щипчиков у *Prosopistoma foliaceum* (Fourcroy) совершенно такое же, как и у личинок *Iron*: эластический зубной отросток максилл притягивается мышцами жевательной лопасти книзу; при этом передний наружный зуб опускается и несколько наклоняется внутрь, надавливая на основание заднего наружного зуба. Под влиянием этого давления и тянущего действия мышцы оба наружных зуба сближаются друг с другом и наклоняются навстречу внутреннему зубу, т. е. происходит захлопывание щипчиков. При расслаблении мышцы эластически деформированный зубной отросток выпрямляется, раздвигая своим движением вершины всех зубов, т. е. щипчики раскрылись.

Великолепное изображение широко раскрытых щипчиков *Prosopistoma foliaceum* можно найти в определителе Rousseau (табл. 44, рис. d). Совершенно ясно виден откинутый вверх передний наружный зуб и расположенные под ним задний наружный и внутренний.

Изображение, даваемое Eaton'ом на табл. 45, недостаточно ясно и наличие щипчиков скорее угадывается.

Если руководствоваться изображениями, даваемыми Rousseau и Eaton'ом для максилл личинок *Epeorus*, то вряд ли может возникнуть сомнение в том, что и у этого рода мы имеем не трезубцы, как это изображают оба указанных автора, а настоящие щипчики того же типа, как и у *Iron*.

Сравнение максиллярного вооружения трех последних родов с таким у представителей сем. *Baëtidae* выявляет крупный прогресс в эволюции щипчиков; у *Baëtidae* наружные зубы представляют собой простые ши-

პი ნარუჟნოგო ი ვნუტრენნოგო გრებნეი. У *Iron*, *Prosopistoma* ი, ვეროატი, უ *Epeorus* დვა კრეინიხ შიპა ოტჩლენიუთს ოტ ნარუჟნოგო გრებნი ი პრევრეატიუთს ვ დვა პოდვიჟნიხ ნარუჟნიხ ზუბა შიპიჩიკოვ. ნარეადუ ს ეტიმ ვნუტრენნიი გრებენი რავნივავთ სვოეობრავნიი ზუბნიი ოსტროსტოკ, სლუჟაშიი ვ კაჩესტვე ელასტიჩესკოი პლასტინკი, ავტომატიჩესკი რასკრევაუიჩეი შიპიჩიკი პოსლე რასლავლენიი მიშც ჯევატელნიი ლოპასტი.

რავლიჩნიხ ფორმი მაქსილარნიხ შიპიჩიკოვ ევლენიუთს, პოვიდომო, შიროკო რასპროსტრანენნიი სრედი ლიჩინოვ *Ephemeroptera*; ეთო ზასტავლენთ პოლავატი, ქო ონი იგრავთ ვაჟნიუი როლ პრი პრინეატიი შიპიჩიკოვ ლიჩინკი. ვ სვავი ს ეტიმ, ბეტი მოჟეტ, ზდესე ნე ლიშნე ოტმეტიტი, ქო ვოობე როტოვნიე ქაწი უ ლიჩინოვ ეთოგო ოტრეადი ნერედკო ობლავდუთ შიპიჩიკი ილი კლესნიე-მი, რასპოლოჟენნიი ვ ინიხ მესტაქ. ტაკ, ვ როდოვ *Ecdyonurus* ი *Heptagenia*, მაქსილე კოტორიხ ლიშენი, კაკ მი ვიდეღი, შიპიჩიკოვ, ტაკოვნიე ობრავიუთს ნა ჯვალაქ, ბლავდარე პოდვიჟნიოსი ვნუტრენნოგო ზუბა. У ლიჩინოვ ივ როდოვ *Ametropus* ი *Baetisca* მი ნაოდიმ ნასტოეაიჩეი კლესნიე ნა კონცაქ ნიჟნეგუბნიხ შიპიჩიკოვ.

Академия Наук Грузинской ССР

Зоологический Институт

Тбилиси

(Поступило в редакцию 20.8.1942)

ზოოლოგია

ა. სადოვსკი

EPHEMEROPTERA-ს მატლების მაქსილარული ჩქიფების შესახებ

რეზუმე

ავტორი აღგენს Ephemeroptera-ს მატლების მაქსილებზე თავისებური ჩქიფების არსებობას და მიუთითებს მათი ევოლუციის გზას.

როგორც ცნობილია, Ephemeroptera-ს მატლები მაქსილები შედგებიან ბრტყელი, პეტად თუ ნაკლებად ოთხკუთხედიანი საღეჭი ლაპოტებისაგან (*lacinia*) და სახსრიანი ზრდილისგან, ე.წ. მაქსილარული საცეცისაგან (*palpus maxillaris*). განსახილველი ჩქიფების განვითარების ანატომიურ წინაპირობას წარმოადგენს მაქსილის საღეჭი ლაპოტის მედიალური კიდეის გასწვრივ მდებარე ქიტინის მკვეთრი გაწვრილება, რაც, როგორც ჩანს, ყველა Ephemeroptera-თა მატლების დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს. წვრილი ქიტინის ამ ზოლის განვითარების გამო *lacinia*-ს ზედა და ქვედა ზედაპირის შემომვლელი ქიტინის კიდეები შესაძლებელია დაახლოებული იქნენ ერთმანეთთან თავისებური, თითქოს ჩქიფისებური მოძრაობის საშუალებით. ამის საფუძველზეა, რომ ვითარდებიან Ephemeroptera-ს მატლების მაქსილარული ჩქიფები.

უმარტივეს შემთხვევაში (Ecdyonurus, Heptagenia, Rhitrogena) ზურგისა და მუცლის ფირფიტა lacinia-ს კიდეები შესამჩნევად გამსხვილებული არიან ორ, მორფოლოგიურად კარგადშე სამჩნევ, გარეთა (მუცლის) და შიგნითა (ზურგის) კიდის ზოლებად; მათ შორის მოთავსებულია ღრმად ჩაშვებული და ამიტომ განსაკუთრებულ მედიალური ხვრელის ძირას მდებარე წვრილი ქიტინის ზოლი.

კიდის ზოლები დასერილია ხშირი და გრძელი ბუსუსებით, რომელნიც განწყობილი არიან ყოველი კიდის ზოლის ერთ სიბრტყეზე, როგორც სავარცხლის კბილები; ამასთან ერთად ორივე სავარცხლის სიბრტყეები დახრილი არიან ერთმანეთის მიმართ 60—90° კუთხით. ყოველი სავარცხლის წინა და უკანა ბოლოზე მოთავსებული ბუსუსები სხვებზე გაცილებით უფრო გრძელი, მსხვილი და მაგარია და შეგროვილია მკვრივ კონებად. Lacinia-ს შიგნით, განსაკუთრებული კუნთების არსებობის გამო, კიდეების გამსხვილებულ ზოლებს, თავისი გრძელი ლერძის გარშემო მოტრიალებით, შეუძლიათ დაახლოება ერთმანეთთან ისე, რომ ჯაგრების ორივე სავარცხლები იხურებიან, როგორც დაიხურება ხოლმე წიგნი. სავარცხლის გაღება კი წარმოებს თავისთავად, მისი დახურვის დროს დეფორმირებული ქიტინის წვრილი მედიალური ზოლის დრეკადობის გამო.

Baëtidae-ს ოჯახში (ნახ. 2) ყოველი კიდის ზოლის ორი წინა ბუსუსი სახეს იცვლის მაგარ ეკლებად, რომელთაგან წინა ეკალი გამოეთიშება თავის სოლს და, გადაინაცვლებს რა ორთავე ზოლს შორის მოთავსებულ მედიალურ ხვრელში, გადაიქცევა შიგნითა კბილად, ხოლო მისი მომდევნო მეორე ეკალი ვითარდება ყოველი კიდის ზოლზე მეტისმეტად მძლავრ გარეთა კბილად და შემოფარგლავს გვერდიდან შიგნითა კბილს; აქ ჩვენ წინ უკვე ნამდვილი, მაგრამ ჯერ კიდევ მეტად პრიმიტიული მაქსილარული ჩქიფებია.

Iron, Epeorus, Prosoptoma გვართა მატლებში ჩქიფების განვითარება გაცილებით უფრო შორსაა წასული და წარმოადგენს ღრმად დიფერენცირებულსა და მეტად რთულ აპარატს (ნახ. 3). აქ შიგნითა კიდის ზოლზე ვითარდება მხოლოდ ერთი—წინა, შიგნითა კბილი, რომელიც არ ეთიშება საღეჭ ლაპოტის ქიტინოვან კიდეს. სამაგიეროდ საღეჭი კიდე კიდის ზოლის ქვეშ ჰქმნის ლაპოტის სხეულში მომავალ ამონაჭერს, რის გამოც ეს კბილი ზის კბილის განსაკუთრებულ და თავისუფალ ზრდილზე; ამავე დროს ეს კბილი მობრუნებულია თავისი გასწვრივი ლერძის მიმართ 90° ისე, რომ მისი სიბრტყე, საღეჭი ლაპოტების გვერდითი ზედაპირთან ერთად, წარმოშობს სწორ კუთხეს.

კიდის ზოლის გარეთა ორთავე წინა ჯაგრიდან ვითარდება ორი მძლავრი გარეთა კბილი, რომელნიც, გამოეთიშება რა ამ ზოლს, შეერთებული არიან სახსრების საშუალებით ერთმანეთთან, ამავე ზოლთან და შიგნითა კბილთან.

მოსვენებითი მდგომარეობაში ყოფნის დროს ყველა კბილი გაშლილია. ჩქიფების დახურვის დროს უკანა გარეთა კბილი განსაკუთრებული კუნთის ზემოქმედების შედეგად იწყებს გადაწევას წინ გარეთა კბილისაკენ. ეს მოძრაობა განსაკუთრებული სახსრის საშუალებით გადაეცემა კბილის ზრდილს, რომლის მოღუნვის გამო მასზევე მჯდარი წინა კბილი იწყებს გადაწევას და-



ნარჩენი კბილებისაკენ და ჩქიფებიც დაიხურებიან. ჩქიფების გახსნის შემდეგ კბილის მოლუნული ზრდილის დრეკადი ძალების შედეგად. კბილის ზრდილისაღებში ლაპოტის მოლუნვის შემდეგ იწყებს გაშლას, უბრუნდება თავისადგილს და ამავე დროს ყველა კბილს სწევს ერთმანეთისაგან.

Prosopistoma-თა მატლების მაქსილარული ჩქიფებიც სრულიად ანალოგიური მოწყობილობისაა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
 ბოლოვების ინსტიტუტი
 თბილისი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. P. Steinmann. Tierwelt der Gebirgsbäche. Ann. de Biol. lac. V, II, 1907, p. 75.
2. E. Rousseau. Les Larves et Nymphes aquatiques des Insectes d'Europe. 1921.
3. A. E. Eaton. A revisional Monograph of recent Ephemeroidea or May-Flies. Trans. Linn. Soc. London (2) III; Zool., 1883—1888.
4. Г. Г. Яковсон и В. Л. Бианки. Прямокрылые и ложносетчатокрылые Российской империи и сопредельных стран. СПб. 1905.



А. Г. ДЖАНАШВИЛИ

К ВОПРОСУ О КАННИБАЛИЗМЕ СРЕДИ НЕКОТОРЫХ ХИЩНЫХ
МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Каннибализм—довольно широко распространенное явление в животном мире как среди позвоночных, так и беспозвоночных.

Большей частью это явление имеет место у хищников, но каннибализм наблюдается и среди растительноядных животных, например, у некоторых зерноядных птиц, гусениц и т. п.

В некоторых хозяйствах, особенно пушно-промысловых, звери-каннибалы причиняют довольно большой вред, поедая и уничтожая молодняк.

В случае, когда каннибализм встречается среди животных вредителей, это может принести большую пользу тому или другому виду хозяйства, истреблением большого количества вредителей. Фридерикс [1], указывая на явление каннибализма среди насекомых, отмечает, что «даже этот род враждебных отношений может являться полезным, именно может служить для устранения большого числа особей».

Но если такая оценка может быть дана в отношении насекомых, о которых и идет речь у вышеприведенного автора, и даже некоторых вредителей—грызунов, то этого нельзя сказать относительно драгоценных пушно-промысловых зверей, как, напр., соболь, куница, выдра, калан и т. п., которые, в большинстве случаев, приносят малочисленный приплод.

Случаи каннибализма среди названных пушных зверей могут являться, подчас, губительными. Поэтому, в звероводческих хозяйствах необходимо немедленное устранение склонных к каннибализму особей.

Несомненно, что явление каннибализма среди млекопитающих связано с расстройством материнского инстинкта, или инстинкта выхаживания детенышей.

Причины, вызывающие расстройство материнского инстинкта и связанное с ним явление каннибализма, до сего времени недостаточно изучены и, притом, разные авторы различно толкуют это ненормальное явление.

Петряев и Старков [2] в качестве причин, вызывающих каннибализм среди хищных млекопитающих, называют: «тяжелые глистные заболевания; недостаток сырого корма; тесноту в домиках; расстройства при родах; недостаток молока и воспаление молочных желез». Далее, те же авторы [2]



полагают, что в явлении каннибализма «плохой корм или авитаминоз скорее могли бы иметь значение».

У Антропова [3], который наблюдал явление каннибализма среди хорьков в Свердловском Зоопарке, возникает вопрос—не связан ли каннибализм с агалактией. К сожалению, автор не дает ответа на поставленный им вопрос. Редакция журнала, в котором помещена цитированная статья, делает примечание к статье, в котором указывается, что «хорькам, вероятно, не хватало минерального питания и липоидов» [3].

По наблюдениям того же автора [3], каннибализм среди хищных млекопитающих может быть вызван голодовкой животного.

Полагают также, что здесь играют роль «состояния возбуждения—страх, испуг» [2]. Подтверждение этого мы находим в статье Круминой [4] по поводу наблюдений за хорьками в Московском Зоопарке, где самка, съевшая своих детенышей, по выражению автора, «сильно волновалась, так как клетка ее находилась около многолюдной дорожки».

В настоящей работе я хочу привести несколько случаев каннибализма, имевших место в Тбилисском Зоопарке, на основании которых я прихожу к заключению, что каннибализм вызывается ненормальным состоянием (недоразвитием или воспалением) млечных желез, вызывающим агалактию, что и обуславливает нарушение материнского инстинкта, или инстинкта выхаживания детенышей.

В одной из клеток Тбилисского Зоопарка, к которой ежедневно подходила большая толпа посетителей, долгое время (3—4 года) жили две львицы: «Фатьма» и «Маруся». Последняя была почти ручной, ласково отзывалась на зов не только обслуживающего персонала, но даже посетителей, разрешала гладить себя, брала из рук корм и т. д., «Фатьма» же отличалась большей дикостью, яростно скалила зубы на всякого подходившего к ее клетке, даже на обслуживающий персонал, не говоря уже о посторонних.

Половая зрелость и течка у обеих наступила почти одновременно. Обе они были покрыты самцом и после этого были изолированы в отдельных клетках, но условия содержания были совершенно одинаковы.

Перед тем как предполагался их окот, для каждой из них была устроена отдельная «родильная камера». Обе родильные камеры как по наружному, так и по внутреннему оборудованию были совершенно одинаковы.

Первой дала приплод «Фатьма», вырастившая всех детенышей как первого, так и последующих приплодов.

«Маруся» дала приплод с некоторым опозданием, но загрызла своих детенышей на 3 день, после появления их на свет. Необходимо отметить, что эта львица пожирала своих детенышей и при последующих родах, если не удавалось своевременно отбирать и выращивать молодняк искусственным путем, с помощью собаки-кормилицы.

Надо добавить, что в первые дни к своим детенышам «Маруся» относилась исключительно заботливо⁽¹⁾, она с большой осторожностью ложилась в гнездо, стараясь не задавить детенышей; если детеныш сползал с гнезда, мать осторожно брала его зубами, переносила обратно в гнездо и облизывала. В клетке со своими детенышами она оставалась дольше, чем «Фатима», которая часто выскакивала в свободную (запасную) клетку и по целым часам оставляла своих львят без присмотра.

Как видно из сказанного, внешние условия (теснота клеток, нахождение последних около дорожки, по которой ежедневно проходила многочленная толпа, кормление, уход, содержание и т. д.) не могли вызвать у зверя явлений каннибализма; иначе такое явление наблюдалось бы также и у «Фатимы».

Причину каннибализма надо было искать в другом, а именно в ненормальном состоянии млечных желез, последствием которого была агалактия и связанное с этим расстройство материнского инстинкта, или инстинкта выхаживания детенышей.

В этом мы убедились по следующим фактам.

В 1936 году, в порядке опыта, приплод «Маруси» в количестве трех экземпляров, был оставлен при матери в течение 4 дней.

За все это время через особую форточку велось наблюдение за поведением львицы в отношении ее молодняка⁽²⁾. Во время этих наблюдений можно было заметить, как мать («Маруся») облизывала львят, подкладывала их под соски, ложилась в гнездо с большой осторожностью, чтобы не задавить своим телом львят и с такой же осторожностью вставала в случае надобности. «Маруся» даже не реагировала на то, что за ее поведением велось наблюдение, тогда как в таких случаях «Фатима» бросалась на наблюдательную форточку, скалила зубы, ударяла лапой, рычала и не отступала от форточки до тех пор, пока от нее не отходили. Притом она вскакивала со своего гнезда с такой быстротой и неосторожностью, что иногда львята с гнезда разбрасывались в разные стороны.

При наших наблюдениях можно было убедиться, что львята сосали, ибо они часто были прикреплены и при этом по соскам «Маруси» можно было заметить, как они были очищены и обсосаны. Что львята сосали, доказывалось еще и тем, что когда львица приподнималась (что проделывала с большой осторожностью) со своего гнезда, можно было видеть, как от сосков отрывались и падали на мягкую подстилку львята.

На четвертый день в клетке «Маруси» были обнаружены два трупа львят, которые были загрызены львицей (у одного была отгрызена голова, у второго голова и передние конечности), третий львенок был жив, его

⁽¹⁾ Этого не проявляла другая львица—«Фатима».

⁽²⁾ Такие же наблюдения велись и над другой львицей—«Фатимой».

удалось отнять у матери и вырастить искусственным путем, при помощи собаки-кормилицы.

Необходимо тут же отметить, что после того как у львицы «Маруси» отбирали живых или мертвых детенышей, она в течение первых 3—4 дней вела себя беспокойно, ела мало, часто визжала, не была такой ласковой как прежде, нюхала часто место, где находилось ее гнездо и детеныши, ложилась на месте гнезда и т. п., но постепенно успокаивалась и через 10—12 дней (иногда через месяц), после того как у нее отбирали детенышей, у нее наступала течка¹.

Две тушки львят, которые были найдены в клетке, нами были отобраны и вскрыты.

Вскрытие и анализ кишечника показали, что последний был полон шерстью, но совершенно не было найдено молочных веществ. Шерсть в кишечнике (как в желудке, так и в собственно кишках) была окутана слюной и жидкостью кишечника.

Из этого факта (не говоря уже о том, что соски у матери были обсосаны) можно было заключить, что львята сосали, но за отсутствием лактации они оставались голодными, последствием чего и являлась их смерть. Несомненно, что мать пожирала своих детенышей уже после их смерти.

Кроме описанной львицы каннибализм, в условиях Тбилисского Зоопарка, наблюдался у кавказской куницы-белодушки (*Martes foina nehringi* Sat.), которая как и львица «Маруся», пожирала своих детенышей через 2—3 дня после появления их на свет. Такое ненормальное явление наблюдалось в течение нескольких лет (1933—1935), пока самка эта не выбыла из Зоопарка.

Необходимо отметить, что она была почти ручной, брала корм из рук, подбегала к сетке вольера на зов, не убегала от входящего в вольер, ее можно было погладить по спинке и т. д.

Означенная куница, так же как и львица, в первые дни после родов проявляла к своим детенышам исключительную материнскую заботу: она весь день проводила в домике, где находились куньята, даже для корма днем не выходила из гнезда. На всякого входящего в ее вольер она яростно бросалась и старалась укусить. Но когда куница загрызала своих детенышей, она теряла всю свою дикость и превращалась опять в ручного зверька.

Вольер куницы, за 3—4 месяца до родов, обыкновенно изолировался, так что вход в него был запрещен всем, корм давался через маленькую форточку и вообще уход за ней был поручен одному лицу.

¹ У львов течка не связана с определенным сезоном, а наступает в разное время года.

Несмотря на все эти предосторожности и устранение всякого рода отрицательных внешних условий (в содержании, уходе, кормлении и пр.), которые могли бы вызвать у животного каннибализм, куница все-таки пожирала своих детенышей.

Один раз (1932 г.) нам удалось подобрать в вольере куницы тушку куньенка, у которой были отгрызены голова, передние и задние конечности. Тушка была вскрыта нами и показала, что кишечник был полон комками шерсти, но не содержал даже следов молочных веществ.

Отсюда можно было заключить, что причиной гибели куньят была агалактия.

Кроме вышеозначенных животных, в Тбилисском Зоопарке явление каннибализма наблюдалось и у уссурийской енотовидной собаки (*Nyctereutes procyonoides ussuriensis* Mats.).

Собака эта ежегодно давала, в условиях Тбилисского Зоопарка, приплод в количестве 4—11 щенят, которых всегда выращивала благополучно.

В 1932 году эта самка дала приплод в количестве 6 щенят. На третий день после родов щенки все были загрызены, часть была съедена, часть оставлена. Вскрытие последних показало, что кишечники щенков были пусты, если не считать маленьких комков шерсти, которые можно было обнаружить как в желудке, так и в кишках.

При осмотре этой самки енотовидной собаки обнаружилось, что она страдала воспалением млечных желез, некоторые из сосков оказались даже нагноенными.

Самку эту вылечили и в последующие годы она каждый раз давала приплод в количестве 4—8 щенят, которые выращивались вполне благополучно и в дальнейшем явлений каннибализма у нее не наблюдалось.

Таким образом, подводя общие итоги вышеизложенному, можно заключить, что явление каннибализма среди некоторых хищных млекопитающих может быть вызвано агалактией, что с своей стороны является последствием ненормального состояния (недоразвитость, воспаление) млечных желез.

Агалактия является одним из факторов, расстраивающих материнский инстинкт, или инстинкт выхаживания детенышей.

Таким образом, каннибализм является последствием расстройства материнского инстинкта, а не вызывается внешними факторами (теснота помещения, корм и пр.).

Тбилисский Государственный Университет
им. Сталина
Кафедра Зоологии позвоночных

არჩ. ჯანაშივილი

ზოგიერთ მტაცებელ ძუძუმწოვარ ცხოველებს შორის კანიბალიზმის მოვლენის საკითხისათვის

რეზუმე

წერილი ეხება ზოგიერთ მტაცებელ ძუძუმწოვრებში კანიბალიზმის მოვლენის საკითხს, რომელზედაც დაკვირვებანი ავტორის მიერ ჩატარებულმა თბილისის ზოოპარკის ცხოველებზე მთელი რიგი წლების განმავლობაში.

პირად დაკვირვებათა და ლიტერატურული წყაროების სათანადო ანალიზის შედეგად ავტორი მიდის შემდეგ დასკვნებამდე:

1. ზოგიერთ მტაცებელ ძუძუმწოვრებში კანიბალიზმის მოვლენა შესაძლებელია გამოწვეული იქნეს აგალაქტიით, რაც თავის მხრით წარმოადგენს სარძევე ჯირკვლების არა ნორმალურ (განუვითარებლობა, ანთება) მდგომარეობაში ყოფნის შედეგს;

2. აგალაქტია წარმოადგენს მშობლიური, ანუ შთამომავლობის აღზრდის, ინსტინქტის დამრღვევ ერთ-ერთ ფაქტორთაგანს;

3. მშობლიური ინსტინქტის დარღვევის შედეგად გამოიწვევა კანიბალიზმი;

4. გარეგნული ფაქტორები (მოვლა-შენახვა, ბინის სივიწროვე, საკვები) კანიბალიზმის მოვლენას არ იწვევენ.

სტალინის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
 ხერხემლიანთა ზოოლოგიის კათედრა
 თბილისი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. К. Фридерикс. Экологические основы прикладной зоологии и энтомологии. Ленинград—Москва, 1932.
2. П. А. Петряев и И. Д. Старков. Болезни и паразиты пушных зверей. Ленинград—Москва, 1934.
3. С. Антропов. Некоторые данные по размножению степного хорька (*Putorius ewersmanni*) в неволе. Бюллетень Зоопарков и Зоосадов СССР, № 2. Москва, 1933.
4. Крумина. Размножение степного хоря (из работ Н. И. С. Моск. Зоопарка). Бюллетень Зоопарков и Зоосадов СССР, № 2—3. Москва, 1934.



ლიტერატურის ისტორია

აკადემიკოსი კ. ქაქელიძე

როსტომიანის ერთი საკითხისათვის

როსტომიანის ერთი, საკმაოდ მოზრდილი, ნაწილი, როგორც ცნობილია, გაულექსავეს სერაპიონ სოგრატიძე-საბაშვილს. სათანადო სამეცნიერო ლიტერატურაში საბოლოოდ გარკვეულია, რომ სერაპიონს, თავისი შრომის შესრულებისას, ხელთ ჰქონია არა სპარსული დედანი უშუალოდ, არამედ მისი პროზული თარგმანი, რომელიც სერაპიონს გაულექსავეს და რომელიც ჩვენამდე არ შენახულა.

ერთ დროს ჩვენ ვფიქრობდით, რომ ის უნდა ეკუთვნოდეს აღორძინების პერიოდის დამდეგის მწერალს კედელაურს ([1], გვ. 175); ეს შეხედულება შემდეგ სხვებმაც გაიზიარეს ([2], გვ. 74). უკანასკნელი წლების ჩვენი დაკვირვებით, სერაპიონს ხელთ უნდა ჰქონოდა კლასიკური პერიოდის პროზული თარგმანი, რომლის არსებობა დღეს არავის ეეჭვება ([3], გვ. 284). იმ არგუმენტს, რომელიც ამ შეხედულების სასარგებლოდ თავის დროს მოგვყავდა ჩვენ, ახლა შეგვიძლია დავეუმატოთ ონომასტიკური ხასიათის მოსაზრებანიც.

ამ შემთხვევაში უნდა გვახსოვდეს შემდეგი გარემოება. მომეტებული ნაწილი შაჰნამეს სპარსული სახელებისა ჩვენში ეროვნულ, ქართულ სახელად ქცეულა. ეს სახელები ქართულ წარმოთქმაში ერთი და იმავე სახით არ წარმოგვიდგება, არც ლიტერატურულში, არც ზეპირში: სხვადასხვა დროს, სხვადასხვა ადგილას და სხვადასხვა პირთა გამოთქმაში ისინი სხვადასხვა ვარიაციით გვევლინებიან. განვიხილოთ რამდენიმე მათგანი.

სპარსული „ისფანდიერ“ კლასიკურ პერიოდში ცნობილი იყო ჩვენში როგორც „სპანდიატ“ ([4] გვ. 13), resp. „სპანდიარ“ ([5], გვ. 55, ა). „სპანდიატ“ ეწოდება მას სერაპიონის შრომაშიაც ([6] I, 1082, II, 5175—5180, 5183 და სხვ.).

სპარსული სახელი „კაიკაუს“ კლასიკური ხანის ქართულ ლიტერატურაში ცნობილი იყო როგორც „ქექაოზ“ ([5], გვ. 112, ა), რაც ლეონტი მროველის შრომის მარიამისეულ ნუსხაში დამახინჯებულია როგორც „ქეკაოს, კექაოს, ქელკაოს, კეპოს, ქესაპოს“ ([4], გვ. 11). სერაპიონის შრომაშიაც ეს სახელი ჩვენ გვაქვს როგორც „ქექაოზ“ ([6], II, 2956, 2962—3).

სპარსული „ტაჰამთან“, რომელიც როსტომის გოლიათობისა და მამაცობის ეპითეტადაა ნახმარი სპარსულში, კლასიკური პერიოდის ქართულ მწერლობაში ქცეულა როსტომის მეორე სახელად „თაჰამთან“-ის ფორმით ([5], გვ. 55,*, 80,**) ; სერაპიონის შრომაშიაც „თაჰამთან“, resp. „თაამთან, თამთან“, არის როსტომის საკუთარი სახელი ([6], I, 1840, 1843, II, 31432, 3985).

ისმის საკითხი: რატომ ოდნავ მაინც არ შეიცვალა ამ სახელების ფორმა სერაპიონის შრომაში შედარებით იმასთან, რაც კლასიკურ პერიოდში გვაქვს? რატომ მოხდა, რომ „თაჰამთან“ სერაპიონის შრომაშიაც დარჩა საკუთარ სახელად და არა ეპითეტად? იმიტომ რომ სერაპიონის შრომა წარმოადგენს კლასიკური პერიოდის პროზული თარგმანის ვალექსევას და არა აღორძინების პერიოდისას. სერაპიონს რომ ხელთ ჰქონოდა კლასიკური პერიოდის შემდეგ წარმოშობილი თარგმანი, ამ უკანასკნელში ეს სახელები ცოტა რაიმე განსხვავებით მაინც იქნებოდა მოცემული.

ჩვენს დებულებას განსაკუთრებით ამტკიცებს როსტომის ცოლის, ზურაბის დედის, სახელი. სპარსულად ის არის „თაჰმინე“, ქართულად კი კლასიკურ პერიოდში ის ცნობილი იყო როგორც „თუმიანი“ ([5], გვ. 80,**) ; „თუმიანი“ ეწოდება მას სერაპიონის შრომაშიაც ([6], I, 2633, 2644, 2916). საიდან გაჩნდა სერაპიონის შრომაში სახელი „თუმიანი“, რომელშიაც სპარსული ფორმა (თაჰმინე) არც ისე უცვლელადაა მოცემული? თუ ხალხურ როსტომიანში ის „ხურომანად“ შეიცვალა, ნუთუ აღორძინების ხანის ახალ თარგმანში მან ცოტადენი ცვლილება მაინც არ განიცადა? პასუხი მხოლოდ ერთია: სერაპიონის „თუმიანი“ კლასიკური პერიოდის „თუმიანისაგან“ მომდინარეობს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ქართული ლიტერატურის ინსტიტუტი
თბილისი

(შემოვიდა რედაქციაში 8.10.1942)

ИСТОРИЯ ЛИТЕРАТУРЫ

Академик К. КЕКЕЛИДЗЕ

К УЯСНЕНИЮ ОДНОГО ВОПРОСА ИЗ ИСТОРИИ РОСТОМИАНИ

Резюме

В статье выясняется, что оригиналом стихотворной редакции Ростомיאни, принадлежавшей Серапиону Согратидзе-Сабашвили, является прозаический перевод классического периода грузинской литературы, а не эпохи возрождения.

Академия Наук Грузинской ССР
Институт грузинской литературы
Тбилиси

ციტირებადი ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. კ. კეკელიძე. ქართული ლიტერატურის ისტორია, ტ. II, გამ. 1, 1924.
2. ა. ბარამიძე. ნარკვევები ქართული ლიტერატურის ისტორიიდან, ტ. II, 1940.
3. კ. კეკელიძე. ქართული ლიტერატურის ისტორია, ტ. II, გამ. 2, 1941.
4. ლეონტი მროველი. მეფეთა ცხოვრება, მარიამისეული ვარიანტი, გამ. ე. თაყაი-შვილისა.
5. ისტორიანი და აზმანი შარავანდედთანი, გამოცემა კ. კეკელიძისა, 1941.
6. როსტომიანი. ტ. I, გამოც. იუსტ. აბულაძისა, 1916, ტ. II, საიუბილეო გამოცემა 1934.

დ. კაბანაძე

დემეტრე თავდადებულის ფულის ზედწერილის შინაარსი

ქართულ ნუმისმატიკაში ცნობილი მონეტების მეტი წილი ორენოვანია და თითო-ორიოთხეულს ცალზე თუ არის აღბეჭდილი მხოლოდ ქართული ზედწერილი. მიუხედავად ამისა, სწორედ ამ წმინდა ქართული მონეტების რიცხვიდან ყველა არაა საბოლოოდ გარკვეული, მათზე აღბეჭდილი ზედწერილები არაა სწორად წაკითხული და ამ ზედწერილების შინაარსი სწორად არაა გაგებულნი.

ჩვენ აქ შევეხებით ერთ-ერთ ასეთ ფულს, დემეტრე თავდადებულის სპილენძის მონეტას, რომელიც გამოქვეყნებული ჰქონდა მ. ბარათაშვილსა და ვ. ლანგლუასა, მაგრამ ამ მონეტაზე აღბეჭდილი ზედწერილის შინაარსი ვერც ერთმა და ვერც მეორემ ვერ გაიგეს და სწორად ვერ გახსნეს. ამ გაუგებრობის მიზეზი, ალბათ, მათ ხელთ მყოფი მასალის სიმცირე ან ამ მონეტების ცუდი შენახულობა თუ იყო.

მაგალითად, მ. ბარათაშვილმა ამ საინტერესო და საკმაოდ იშვიათ მონეტის ზედწერილის ქარაგმა ასე გახსნა: „შ(ეფ)ი ძ(ი) ო(ვით). ს(ოსლა) ნ(ისა)“ [1]. ეს, რა თქმა უნდა, სწორი არ იქნება თუნდაც იმიტომ, რომ დავითის სახელის ასეთი დაქარაგმება (ოც) ქართულში მიღებული არ არის და არსად გვხვდება.

რაც შეეხება ვ. ლანგლუას, მას ეს ზედწერილი ფაქტიურად არც კი გაუხსნია. იგი დაკმაყოფილდა მონეტაზე შერჩენილი მთავრული ასოების ჩამოთვლით, რაც შინაარსის გაგებისათვის არაფერს იძლევა, რადგან ამ ასოების თანამიმდევრობა დარღვეულია, ზოგიერთი კი სწორად არაა წაკითხული.

ე. პახომოვთან და დოც. თ. ლომოურთან კერძო საუბარმა გამოარკვევა, რომ ეს ზედწერილი არც მათ ჰქონიათ წაკითხული. ამიტომ ჩვენ ვცდილობთ ქართული ნუმისმატიკის ამ ხარვეზის შევსებას; მით უმეტეს რომ მეტნაკლებად შენახული ცალეების თავმოყრაში ბედმა ჩვენ უფრო გავვიღიმა და ხელთ აღმოგვაჩნდა ასეთი მონეტების საკმაო რიცხვი, ხოლო ეს კი, რა თქმა უნდა, წინათ დაშვებული შეცდომების შესწორების საშუალებას გვაძლევს.

ამ ზედწერილის გახსნის დროს ჩვენ, უპირველეს ყოვლისა, გამოვიყენეთ დემეტრე თავდადებულის დროის სხვა ქართული ფულების ზედწერილთა შინაარსი, რამაც საინტერესო დასკვნები მოგვცა. ჩვენ უნებლიეთ მივაქციეთ ყურადღება იმ გარემოებას, რომ 1280 მახლობელ წლებში, ე. წ. ქართულ-ჰულაგუიდურ თბილურ დრამებზე ჩნდება სულ ახალი ხასიათისა და შინაარსის ზედ-

წერილები, რომლებიც დამახასიათებელია ამ ეპოქისათვის, სახელდობრ, ამ ქართულ-ჰულაგუიდურ დრამაზე, ისევე როგორც ვახტანგ III და დავით VI დრამებზე, არაბული დამწერლობით გადმოცემულია ქრისტიანული ლოცვა: „სახელითა მამისაჲთა და ძისაჲთა და სულისა წმინდისაჲთა“.



სურ. 1.

ში გამოიხატება, ამ ზედწერილის ნაწყვეტების საერთო ჯამმა შემდეგი სურათი გადაგვიშალა:

ამრიგად, რაკი პირველი სწორი ნაბიჯი უკვე გადადგმული იყო, ამ მიმართულებით გაგრძელებულ კვლევასაც სათანადო შედეგი უნდა მოეტანა. მართლაც, როდესაც მივმართეთ მ. ბარათაშვილის მიერ შემოღებულ მეთოდს, რაც ცალკეულ მონეტებზე შერჩენილ ზედწერილთა ნაწყვეტების შეჯამება-

ცალების №№ და რაოდენობა		სხვადასხვა ცალზე შერჩენილი ზედწერილის ნაწყვეტები					
1-ლი ცალი	1	ღ	ჟ	ქ	ღ	ს	ქ
მე-2 "	1	ჟ	ჟ	ქ	ღ	ს	ქ
მე-3 "	1	ს			ღ		
მე-4 "	1	ღ	ჟ	ქ	ღ	ს	ქ
მე-5 "	1	ქ					
		ღ	ჟ	ქ	ღ	ს	ქ

ე. ი. — „გო[ვ]რ[ა]წამს მამაი, ძეი და სული წმინდაი“. ეს ქრისტიანულ-რელიგიური ფორმულა მშვენიერად უდგება იმ ლოცვას, რომელსაც ჩვენ გავეცანით XIII ს. მეორე ნახევრის ქართულ დრამებზე და უპირისპირდება იმ მუსლიმანურ რელიგიურ ფორმულას, რომელსაც ჩვენ ვხედავთ XIII ს. ჰულაგუიდურ თითქმის ყველა ფულის ნიშანზე.

ვინაიდან ამ მონეტის გამოქვეყნების დღიდან თითქმის ერთმა საუკუნემ განვლო, გამოქვეყნებულიც შეცდომებს შეიცავს, ხოლო ქართულად ეს მონეტა შეცდომებითაც კი არ ყოფილა გამოქვეყნებული, ამიტომ ჩვენ სასიამოვნო მოვალეობად მივიჩნიეთ მისი ხელახლა გამოქვეყნება და ქვემოთ მოგვყავს მისი დაწვრილებითი საერთო აღწერა.



სურ. 2.

Æ. d=18—25 mm-დე; p=1,30-დან 3,33 gr-დე¹⁾.

¹⁾ ცნობები დიამეტრისა და წონის შესახებ მოცემულია მინიმალურ-მაქსიმალური იმ ცალების მიხედვით, რომლებიც ჩვენ ხელთ იყო.

As. მანეტის ცენტრში გამოხატულია ასომთავრული **შ**, ხოლო ამის მუცელში აგრეთვე ასომთავრული **წ**. ეს ორი ასო წარმოადგენს დემეტრეს დაქარაგმებულ სახელს და ჩამულია ორნამენტოვან ჩარჩოში, რომელიც მოგვაგონებს რუსუდან დედოფლის სპილენძის მონეტაზე გამოყვანილს ასეთსავე ჩარჩოს. მას გარს შემოვლებული აქვს წერტილოვანი რკალი, ხოლო ჩარჩოსა და რკალს შორის დარჩენილ სეგმენტებში ვერტიკალურად ჩამოწერილია: მარცხნივ **შ**, ხოლო მარჯვნივ **წ** (ზოგჯერ ეს ასოები ადგილს იცვლიან).

ზედწერილი მთლიანად ასე უნდა იკითხებოდეს: „ნეფეთა მეფე დემეტრე“.

Rs. მონეტის ცენტრში გამოხატულია ის ნიშანი რომელიც ბირველად ჩნდება თამარისა და დავით სოსლანის სახელით 1200 წელს მოჭრილ მონეტაზე. ოღონდ აქ ეს ნიშანი უფრო წმინდად და მოხდენილად არის გამოყვანილს და კავებითაა მორთული. ამ ნიშნის ზედა კუთხე სცილდება გარშემოვლებული ხაზოვანი რკალის საზღვრებს. ამ რკალს ირგვლივ არტყია ის ზედწერილი, რომლის შესახებ ზემოთ გვქონდა საუბარი და რომელიც, თვის მხრით, კიდევ მეორე რკალშია მოქცეული.

საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმი

ნუმისმატიკის კაბინეტი

(შემოვიდა რედაქციაში 5.10.1942)

ИСТОРИЯ

Д. КАПАНАДЗЕ

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕГЕНДЫ МЕДНОЙ МОНЕТЫ ДИМИТРИЯ II САМОПОЖЕРТВОВАТЕЛЯ

Резюме

Большинство грузинских средневековых монет двуязычно, лишь незначительная их часть помечена только грузинской легендой. К числу таких, чисто-грузинских монет, относится давно известная и вполне правильно определенная медная монета Димитрия II. Однако, круговая легенда этой монеты до настоящего времени все еще оставалась неправильно прочтенной. Правильному ее чтению, видимо, препятствовало отсутствие достаточного количества более или менее хорошо сохранившихся экземпляров. Теперь же удалось подобрать экземпляры, которые, взаимно восполняя друг друга, дали полный набор букв, отчеканенных на монете.

Оставалось только установить порядок и последовательность этих букв и расшифровать неизбежные в грузинской нумизматике сокращения слов.

В этой части работы были использованы другие, современные Димитрию II, монеты, а именно грузино-хулагуидские диргеми, а также дирге-

мы Давида VI и Вахтанга III. Обратило на себя внимание то обстоятельство, что характер легенд на грузинских монетах второй половины XIII века заметно меняется,—на них появляются христианские символы и молитвы, выбитые арабским шрифтом.

Таким путем с полной достоверностью было установлено, что и на этой медной монете отчеканена та же христианская молитва, которой помечен тифлисский диргем. Эта молитва лишь несколько видоизменена и выбита уже по грузински: «веруем в отца, сына и духа святого».

Государственный Музей Грузии
 Нумизматический кабинет
 Тбилиси

ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Баратаев. Нумизматические факты царства Грузинского. №№ 1—3, вып. 3, табл. VIII. СПб, 1844, стр. 157.



ვლ. ფანჩიქიძე

ნაწილაკოვანი კავშირებითი უღურ ენაში⁽¹⁾

(უღურ ქართული ენობრივი ურთიერთობის საკითხისათვის)

უღურ ენაში დასტურდება კავშირებითი კილოს ერთი ფორმა, რომელიც ხასიათდება თავისებური წარმოებით. იგი საყურადღებოა აგრეთვე უღურის სხვა კავკასიურ ენებთან (კერძოდ ქართულთან) მიმართების თვალსაზრისითაც. ჩვენ უწოდებთ ამ ფორმას ნაწილაკოვანს კავშირებითს (ა. შიფნერთ— „Das umschriebene Präsens des Conjunctivs“—[1], § 111; ა. დირით— „2-е согласительное наклонение“—[2], გვ. 61). აღნიშნულ ფორმას ცალკე მორფოლოგიური ნიშანი არ აქვს, იგი მთლიანად იმეორებს აორისტი I-ის (ა. შიფნერთ— „Das erste Präteritum oder der Aorist“— [1], § 104; ა. დირით— „прошедшее совершенное время I“—[2], გვ. 55) ფორმას, კავშირებითის შინაარსის გადმოსაცემად კი დაირთავს -ყა ნაწილაკს (სათანადო პირის ნიშნით)⁽²⁾. უღური ენის ორივე კილოში (ვართაშნულსა და ნიჯურში) ამ ფორმის წარმოების პრინციპი და მნიშვნელობა ერთგვარად არის წარმოდგენილი. გვაქვს:

A. ვართაშნული კილო

«Inf.»: ქარხეს-უნ—(ცხოვრება (გარდაუვალი მნიშვნელობით).

აორისტი I.

- მხ. რ. 1 პ. ზუ ქარ-ზუ-ხ-ი—(მე ვიცხოვრე და ა. შ.
- 2 პ. უნ ქარ-რუ-ხ-ი (— ქარ-ნუ-ხ-ი)
- 3 პ. შონო ქარ-რე-ხ-ი (— ქარ-ნე-ხ-ი)
- მრ. რ. 1 პ. დან ქარ-დან-ხ-ი
- 2 პ. ვაან ქარ-რან-ხ-ი (— ქარ-ნან-ხ-ი)
- 3. პ. შონორ ქარ-ყუნ-ხ-ი

⁽¹⁾ წაკითხულია მოხსენებად კავკასიურ ენათა განყოფილების სხდომაზე 1942 წლ. 27 ივლისს.
⁽²⁾ პირის ნიშანთა შესახებ უღურ ენაში იხ. [4], გვ. 209; [8], გვ. 54 და 60.

ნაწილაკოვანი კავშირებითი

- მხ. რ. 1 პ. ზუ ქარ-ყა-ზ-ხ-ი (← ქარ-ყა-ზუ-ხ-ი)—მე ვიცხოვრო და ა. შ.
 2 პ. უნ ქარ-ყა-ნ-ხ-ი (← ქარ-ყა-ნუ-ხ-ი)
 3 პ. შონო ქარ-ყა-ნ-ხ-ი (← ქარ-ყა-ნე-ხ-ი)
- მრ. რ. 1 პ. ძან ქარ-ყა-ძან-ხ-ი .
 2 პ. ვან ქარ-ყა-ნან-ხ-ი
 3 პ. შონორ ქარ-ყა-ყუნ-ხ-ი

მაგალითად:

- ბართა, მე კლასა მანყაზ დი!—დაე, ამ კლასში დავრჩე!
 ბართა, მეთვრ ხაშყანბი ეფ ხაშენ ხალხნა ბეშა! ([3] მთ. 5, 16).
 —დაე, ამგვარად ანათოს თქვენმა ნათელმა ხალხის წინაშე!
 ბართა, თამყანბაქი ბიხლონ ფიო ფეხამბარი მუზინ! ([3],
 მთ. 2, 15),—დაე, აღსრულდეს ღვთისაგან თქმული მოცი-
 ქელის ენით!
 შონორ იჩლო მურად აყაყუნ-ბაფი, ძან-ალ ბეშა მურადა ([2],
 86a).—მათ თავიანთ სინატრელს მიიადწიონ, ჩვენც ჩვენ სა-
 ნატრელს.
 გვახ-თე ბენსა ირაჰმლულ, ბართა, ვი სოლოხა ქე მაყა-ტუ-აბ-
 ბაქი, ეკა-ბსა აჩაატინ ([3], მთ. 6, 3).—როდესაც სიკეთეს
 ჰშვრები, დაე, შენმა მარცხენამ ნუ იცოდეს, რას აკეთებს
 მარჯვენა?

რამდენადმე თავისებური ვითარება გვაქვს ნიჯურ კილოში. ყა ნაწილაკი
 აქაც დაერთვის აორისტი I-ის ფორმას, მაგრამ ამასთან გვაქვს პარალელური
 ფორმებიც: ყა ნაწილაკი დაერთვის აორისტი II-ის ფორმასაც. გვაქვს:

ნიჯური კილო

a. აორისტი I.

- მხ. რ. 1 პ. ზუ ქარ-ზ-ხ-ი—მე ვიცხოვრე და ა. შ.
 2 პ. ჰუნ ქარ-ზ-ხ-ი
 3 პ. შოო ქარ-ე-ხ-ი
- მრ. რ. 1 პ. ძან ქარ-ძან-ხ-ი
 2 პ. ვან ქარ-ნან-ხ-ი
 3 პ. შოროხ ქარ-ტუნ-ხ-ი

b. აორისტი II.

- მხ. რ. 1 პ. ზუ ქარ-ზ-ხ-ე || ქარ-ხ-ე-ზ—მე ვიცხოვრე და ა. შ.
 2 პ. ჰუნ ქარ-ზ-ხ-ე || ქარ-ხ-ე-ნ
 3 პ. შოო ქარ-ე-ხ-ე || ქარ-ხ-ე-ნე

- მრ. რ. 1 პ. დან ქარ-დან-ხ-ე || ქარ-ხ-ე-დან
- 2 პ. ვან ქარ-ნან-ხ-ე || ქარ-ხ-ე-ნან
- 3 პ. შოროხ ქარ-ტუნ-ხ-ე | ქარ-ხ-ე-ტუნ

ნაწილაკოვანი კავშირებითი

- მხ. რ. 1 პ. ზუ ქარ-ხ-ი-ყა-ზ⁽¹⁾ || ქარ-ხ-ე-ყა-ზ—მე ვიცხოვრო და ა. შ.
- 2 პ. ჰუნ ქარ-ხ-ი-ყა-ნ || ქარ-ხ-ე-ყა-ნ
- 3 პ. შოო ქარ-ხ-ი-ყა-ნ || ქარ-ხ-ე-ყა-ნ

- მრ. რ. 1 პ. დან ქარ-ხ-ი-ყა-დან || ქარ-ხ-ე-ყა-დან
- 2 პ. ვან ქარ-ხ-ი-ყა-ნან || ქარ-ხ-ე-ყა-ნან
- 3 პ. შოროხ ქარ-ხ-ი-ყა-ტუნ || ქარ-ხ-ე-ყა-ტუნ

მაგალითად:⁽²⁾

ყაანბან ნენე გენა:—ლა ლ-ყ ა-ნ-ბ აქი ვი მუზ!—სიმამრი ეუბნება
სიძეს:—დაგიმუნჯდეს (შენი) ენა!
ხეირ-ყა-მ-ბაქიდ ვი მიდა ეასუნ!—დაილოცოს შენი აქ მოსვლა!
ბართა, შოო ყოროხჩი-ყ ა-ნ-ბ აქი!—დაე, იგი მეველე გახდეს!
ბართა, შოო პურე-ყ ა-ნ!—დაე, იგი მოკვდეც!
ბართა, შოტრლონ ყოლა-მ-ბ-ე-ყ ა-ტუნ!—დაე, მათ მოარჩი-
ნონ!
ბართა შოტრლონ ქეე-ყ ა-ტუნ!—დაე მათ შეჭამონ!

აღსანიშნავია, რომ ყა, სხვა შემთხვევაში ცალკე ხმარებული, უღრის ქარ-
თულში და კავშირს. მაგალითად:

ვართაუნული:

ბაბა, ნანალულ ყა ხიბ ხუნჩი—მამა, დედინაცვალი და სამი ქალი-
შვილი.
ბეღ ყა ხაშ—მზე და მთვარე...

ნიჯური:

თამანცი ზუ ყა ბეზ დოლდამ ტაშტამირ, მოტრლოდ იშა არდანცი
—წავედით მე და ჩემი ამხანაგი ტაშტამირი, მათ ახლოს მი-
ვედით.

ამგვარია საერთოდ ნაწილაკოვანი კავშირებითის წარმოება უღღრში. მა-
გრამ ეს ფორმა განსაკუთრებით საყურადღებოა ქართული ენის (resp. ქართვე-
ლური ენების) მონაცემებთან შეპირისპირებით.

(1) ყა ნაწილაკი სათანადო პირის ნიშნით ნიჯურში ჩვეულებრივ ფუძის ბოლოშია, თუმ-
ცა შეიძლება ინფიქსიც იყოს.

(2) ნიჯურის ნიშნები მოგვეყვას ჩვენი ჩანაწერებიდან ნიჯურ კილოზე მუშაობისას 1937
წლის ზაფხულში.

განხილული ფორმა შინაარსობრივად ეთანაბრება ქართულ კავშირების-მეორეს, წარმოების პრინციპის მიხედვით კი იგი ზედმიწევნით ემთხვევა ძველ ქართულში დადასტურებულ მცა-ნაწილაკიან ფორმას. როგორც ცნობილია ([5], გვ. 79), მცა ნაწილაკი დაერთვის თხრობითი კილოს ფორმებს (აწმყოს, აორისტის...) და მათ აძლევს კავშირებითი კილოს მნიშვნელობას.

მაგალითად ([5], გვ. 80):

რახათა მოკლან იგი (მათე 27, 7, მარკოზ 14,55)
რახათამცა მოკლეს იგი (მათე 26, 59).

უდური ზმნაც გამოავლენს (როგორც ზემოთ ვნახეთ) ამ ფორმის ამგვარ-სავე წარმოებას და მნიშვნელობას. ამდენად ჩვენ გვაქვს საყურადღებო სტრუქტურული დამთხვევა უდურსა და ქართულს შორის.

რაც შეეხება უდურსა და ქართულში წარმოდგენილ ნაწილაკთა გენეტურ ურთიერთობას, ჩვენ მიზნად არ ვისახავდით ამ საკითხის აქ გარკვევას. შესაძლებელია ოღონდ შემდეგი აღინიშნოს. ერთი შეხედვით უა პარალელური გამოდის -ცა ელემენტისა მცა ნაწილაკში. ა. შანიძე ამბობს: „ეს მცა ნაწილაკი რთული სუფიქსია და წარმოდგება მ და ცა ნაწილებსაგან. მისი პირველი ნაწილი მ ნაშთი უნდა იყოს რალაც სიტყვისა, მეორე კი, ცა არის ცნობილი კავშირი, რომელიც მნიშვნელობით უახლოვდება და კავშირს და რომელიც ლათინურ ქუე-სავით (que) სიტყვის ბოლოს დაისმის ხოლმე: კაციცა...“ ([5], გვ. 80).

მაგრამ საკითხი რთულდება იმით, რომ ქართულ მცა ნაწილაკში გვაქვს მ-ელემენტიც, რომელიც ახსნას მოითხოვს და რომელთანაც სავარაუდოა კონიუქტივობის დაკავშირება (არნ. ჩიქობავა, ვ. თოფურია). ამასთან სვანურში გვაქვს ამ მცა ნაწილაკის შესატყვისი ნაწილაკები მსგავსი ფუნქციით. სახელდობრ ვ. თოფურია აღნიშნავს: „... ამგვარადვე დაერთვისთ მ-ცა ნაწილაკის შესატყვისი უ ბალსზემოურსა და ქვემოსვანურში, ხოლო უ | უჟ, უფრო ოჟ | უღ ბეჩო-ურში და ოღ | უღ | ოჟ... ეცერულში ([6], გვ. 61) და შემდგომ: „ანალოგიური დანიშნულებისაა უშგულს ჩაწერილ ლექსებში უჟ, უჟი, უღჟ, უღჟი (და პროზაში უჟ) ნაწილაკები რომ იხმარებიან...“ ([6], გვ. 61, შნშ. 2).

მაგალითად:

ა) ბალსზემოური:

ქჷჟ ესერ აჩანდ, ქჷჟ ესერ უნგრმე რჷშ ი ჩჷჟ, ესერ უნვიდ—ივი-დესო, დაიჭიროს რაშიო და მოიყვანოსო ([6], გვ. 61 ა).

ბ) ეცერული:

ჟოდ ატჷხ—დაბრუნდეს ([6], გვ. 62ა).

მინ ესერ ჟადრინებ, ეჩქად ჩჷღ უდღირჷხ—ისინიც ავღენო, მანამდე ჟამონ ([6], გვ. 62ა).

როგორც ირკვევა, სვანური წარმოგვიდგენს რთულ ვითარებას: ქართული მცა ნაწილაკის შესაბამისად აქ გვაქვს: უ | უჟ | ოღ | უღ | ოღჟ | უღჟ | ოჟ | უჟ... ნაწილაკები.

ისმება საკითხები:

1. ქართულ მცა- ნაწილაკში მ ხომ არაა იმავე ფუნქციისა, როგორც -ცა?
2. რა მიმართებაშია ერთმანეთთან ქართული მცა და სვანური ხსენებული ნაწილაკები?
3. როგორი მიმართებაა სვანურში **ოღუ** || **უღუ** და **უ** || **უ**-ს ფორმანტებს შორის?
4. ხომ არაა -**ოღუ** || **უღუ** შედგენილი მონაცემი (**ო-ღუ**)?
5. ხომ არ შეიძლება **ო-ღუ**-ს კავშირი ჰქონდეს უღურ ყა-სთან?
6. როგორია ყა-ს ეტიმოლოგია უღურში და მისი ვითარება სხვა ლეზგიურ ენებში?

ეს საკითხები მოითხოვს სპეციალურ ძიებას, რაც ჩვენ მიზანს არ შეადგენს ამჟამად და მათ არც ვეხებით. უღურ-ქართულ-სვანურის მიმართება გენეტიური თვალსაზრისით შესაძლებელია განვიხილოთ მას შემდეგ, რაც გაირკვევა სვანურ-ქართულის ურთიერთობა⁽¹⁾.

ასეთია ნაწილაკოვანი კავშირებითის წარმოება და მისი სტრუქტურული დამთხვევა ქართულის სათანადო ფორმასთან. უღურში დასტურდება სხვა შეხვედრებიც ქართულ ენასთან ანალოგიური ხასიათისა ([7], გვ. 8—11). ასეთი ვითარება გამოავლენს საყურადღებო ერთიანობას ენობრივი აზროვნების თვალსაზრისით. როგორც საერთოდ, ისე აქ განხილულ კონკრეტულ შემთხვევაში ბუნებრივად დაისმის საკითხი: რით და როგორ აიხსნება ასეთი დამთხვევა? ამ საკითხს აქ არ ვეხებით, ვკმაყოფილდებით ოდენ ფაქტის აღნიშვნით.

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

(შემოვიდა რედაქციაში 16.6.1942)

ЯЗЫКОВЕДИЕНИЕ

В.Л. ПАНЧВИДЗЕ

СОСЛАГАТЕЛЬНОЕ С ЧАСТИЦЕЙ ჟა qa В УДИНСКОМ ЯЗЫКЕ

(К вопросу о языковых взаимоотношениях удинского и грузинского)

Резюме

В удинском языке засвидетельствована одна форма сослагательного наклонения, образуемая посредством частицы ჟა qa. Частица эта пристав-

⁽¹⁾ სვანურში არსებულ ვითარებას ყურადღება მიმაქცივინებს და ამდენად წარმოადგენს საკითხთა დასმის საშუალებას მომცეს აკად. არნ. ჩიქობავამ და პროფ. ვ. თოფურიაშვილმა.

სვანურ-ქართულის ურთიერთობას ამ ნაწილაკთა თვალსაზრისით არკვევს დოცენტი ს. ჩხენკელი.

ляется к законченной форме 1-го аориста повествовательного наклонения ([1], §§ 104, 111; [2], стр.стр. 55, 61).

А. Варташенский говор

«Infin.» ქარხესუბ kar-x-es-un—«жить».

Аорист I

ზეუ	ქარ-ზეუ-ბ-ი ⁽¹⁾	kar-zu-x-i—«я жил» и т. д.
უნ	ქარ-რუ-ბ-ი	kar-ru-x-i
შონო	ქარ-რე-ბ-ი	kar-re-x-i
ჯან	ქარ-ჯან-ბ-ი	kar-jan-x-i
ვაან	ქარ-რან-ბ-ი	kar-ran-x-i
შონორ	ქარ-ყუნ-ბ-ი	kar-qun-x-i

Сослагательное с частицей უა და

ზეუ	ქარ-ყა-ზ-ბ-ი	kar-qa-z-x-i—«чтоб я жил» и т. д.
უნ	ქარ-ყა-ნ-ბ-ი	kar-qa-n-x-i
შონო	ქარ-ყა-ნ-ბ-ი	kar-qa-n-x-i
ჯან	ქარ-ყა-ჯან-ბ-ი	kar-qa-jan-x-i
ვაან	ქარ-ყა-ნან-ბ-ი	kar-qa-nan-x-i
შონორ	ქარ-ყა-ყუნ-ბ-ი	kar-qa-qun-x-i

Некоторое своеобразие выявляется при образовании этой формы в ниджском говоре: частица უა და приставляется как к форме аориста 1-го, так и аориста 2-го.

В. Ниджский говор:

«Infin.» ქარხესუბ || ქარხსუბ—«жить»

Сослагательное с частицей უა და

ზეუ	ქარ-ბ-ი-ყა-ზ	ქარ-ბ-ე-ყა-ზ ⁽²⁾ —«чтоб я жил» и т. д.
ჰუნ	ქარ-ბ-ი-ყა-ნ	ქარ-ბ-ე-ყა-ნ
შონო	ქარ-ბ-ი-ყა-ნ	ქარ-ბ-ე-ყა-ნ
ჯან	ქარ-ბ-ი-ყა-ჯან	ქარ-ბ-ე-ყა-ჯან
ვაან	ქარ-ბ-ი-ყა-ნან	ქარ-ბ-ე-ყა-ნან
შონობ	ქარ-ბ-ი-ყა-ტუნ	ქარ-ბ-ე-ყა-ტუნ

⁽¹⁾ Суффикс -ი -ი является формантом аориста I, ზეუ, რუ (— ზუ)... и т. д.—личными показателями ([4], стр. 209).

⁽²⁾ Первая форма образована из аориста 1-го, вторая—из аориста 2-го.

Исключительного внимания заслуживает то обстоятельство, что в древнегрузинском засвидетельствована форма с аналогичной функцией и с аналогичным принципом образования. Как известно, частица -მცა-მსა в древнегрузинском языке придает аористу (или другой форме) значение сослагательного наклонения ([5], стр. 79).

Например:

Сослагательн. II:

რადთა მოკლან იგი rajta moqlan igi—«чтобы они убили его».

Сослагат. с частицей -მცა -მსა:

რადთამცა მოკლეს იგი rajtamca moqlles igi—«чтобы они убили его».

Явление это обычно в древнегрузинском языке ([5], стр. 80).

Аналогичное явление имеем и в сванском языке ([6], стр. 61—62).

Наличие в удинском и грузинском языках общих форм с таким адекватным значением и с одинаковым, в принципе, образованием, указывает на общее языковое мышление в обоих языках и имеет важное значение для выяснения взаимоотношений этих языков (в аспекте взаимоотношений кавказских языков).⁽¹⁾

Академия Наук Грузинской ССР

Институт языка имени акад. Н. Я. Марра

ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Schiefner. Versuch über die Sprache der Uden. S.-Petersburg, 1863.
2. А. Дирр. Грамматика удинского языка. Сб. МОМПК, XXXIII, Тбилиси, 1903.
3. «უღური ოთხთავი» (თარგმანი ს. ბეჟანოვისა). Сб. МОМПК, XXX, Тбилиси, 1902.
4. Вл. Панчвидзе. К вопросу о взаимоотношении диалектов удинского языка. Сообщение второе. Сообщения Академии Наук Грузинской ССР, т. II, № 1—2. 1941.
5. ა. შანიძე. «მცა» ნაწილაკი ძველს ქართულში. «პრომეთე», 1918 წ. № 1.
6. ვ. თოფურია. სვანური ენა. I. ზმნა. ტფილისი, 1931.
7. ვლ. დანჩვიძე. მორფოლოგიური შეხვედრები უღური ენისა ქართულთან (resp. ქართველურ ენებთან). «საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის საზოგ. მეცნ. განყოფილების (მესამე) სამეცნიერო სესია, 1941 წლის 18 და 20 ოქტომბერი. მუშაობის გეგმა და მოხსენებათა თეზისები». თბილისი, 1941.
8. ვლ. დანჩვიძე. მიცემით-სუბიექტიანი ზმნები უღურ ენაში. «ენი მკი-ს მოამბე», ტ. XII, თბილისი, 1942.

⁽¹⁾ В грузинском (resp. картвельских языках) наблюдаются и другие встречи с удинским аналогичного характера—[7], стр. 8—11.



ЯЗЫКОВЕДЕНИЕ

К. В. ЛОМТАТИДЗЕ

ОБ ОДНОЙ ФОНЕТИЧЕСКОЙ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
 В АБХАЗСКО-АБАЗИНСКИХ ДИАЛЕКТАХ¹

Предметом данной работы являются губно-зубные троечные спиранты *v v f*.

Из них в современном литературном абхазском языке наличны лишь *v* и *f*.

П. Чарая первый отметил, что в абхазском языке употребляется звук *v* (у него: $\varphi^?$) и что этот звук встречается только в одном слове *а́ва* «тонкий» ([Г] стр. 56, прим. 1). Он же замечает, что «последнее (т. е. *ава*—К. Л.) в Абжуве более употребительно» (наверно по сравнению с *а́ра* К. Л.).

Пределы распространения упомянутого звука уточняются С. Н. Джанашиа; он отмечает, что звук *v* свойственен говору одного или двух сел абжуйского диалекта ([2], стр. 69, примеч. 3).

В бзыбском диалекте этого звука уже нет. Нами лично он был зафиксирован в речи представителей сел Тамыша и Чилоу (абжуйск. диалект). Он, должно быть, встречается и в речи некоторых других сел этого же диалекта, но одно безусловно ясно: он находится и тут на пути к исчезновению.

Этот звук не что иное, как абруптивная ровня того же абхазского *v*, которые вместе с *f* составляют тройку губно-зубных спирантов (*v v f*).

v также считается в абхазском языке очень редким по употреблению звуком. Главным образом, мы его встречаем в слове *а́вага* «бок» и в производных от него же словах: *авапэ́за* «селезенка», *авацэ́с* «ребро». Корень этого же слова выступает в роли прерверба, напр.

- a-va-gəlara* «сбоку, рядом стоять»
- a-v-sara* «сбоку отгонять» и т. п.

Он встречается и в некоторых других словах. Этим же звуком передается русский губно-зубной звук *в*, напр. «ведро» абх. *avedga*; «Иван»

¹ Доложено на сессии Отделения Литературы и Языка АН СССР 27.1.1941. Доклад представляет собой извлечение из монографии «Фонетическая система абазинских диалектов».

абх. Ivaп¹), хотя абхазское *v* надо считать звуком более напряженного образования.

f является придыхательной разновидностью того же *v*. Он фигурирует также в ограниченном количестве слов, как напр., аҭага «кушать» «есть»; аҭәуә' «запах» и т. д.

Что же касается абазинских диалектов², то в ашхарском, подобно некоторым говорам абжуйского диалекта, в вышеупомянутом слове «тонкий» налицо *v*.

В литературе отмечается наличие этого звука (*v*) и в тапантском диалекте ([3], стр. 247).

В действительности, хотя в нем этот звук и встречается, но только в заимствованных из кабардинского языка словах (напр. тапантск. *uеj*—каб. *uaj* «грязь» и т. п.); а слово «тонкий» в тапантском диалекте выступает в виде аса (вместо аҭа), т. е. в нем нет звука *v*. Это, должно быть, не случайное явление; в тапантском диалекте и вовсе не должно было быть этого звука (*v*).

Если, с одной стороны, в ашхарском и абжуйском диалектах слово «тонкий» передается через аҭа (и мы полагаем, что от него получена разновидность ара в бзыбском диалекте, как дальнейшая трансформация *v* в *p*), то в тапантском диалекте вместо него выступает (а)са. аҭа и аса нами рассматриваются, как два разных рефлекса одного и того же фонетического материала.

Во всех случаях наличия этих губно-зубных стирантов (v v f) мы предполагаем момент разложения определенных лабиализованных сложных звуков, рефлексом которых, в одном случае (в тапантском), является длабиализованный вид основного звука. Второй рефлекс, наличный в остальных диалектах, таков: основные звуки этих сложных лабиализованных фонем исчезают, причем сохраняется момент их лабиализации, а также юртанная их артикуляция.

Отражением этих сложных лабиализованных звуков и являются соответственно *v* и *f*. *v* должен отражать собою лабиальный момент абруптивного лабиального сложного звука; *v*—звонкого того же ряда, а *f*—придыхательного.

Таким образом, сохранившийся в одном диалектном кругу (в тапантском) в упомянутом случае *с* и в другом диалектном кругу—*v*, это—два разных момента разложения одного и того же звука. На более ранней ступени

¹ Для характеристики этого звука существенно, что то же самое имя, усвоенное абхазским языком из грузинского языка, произносится как Iwapa, т. е. абх. з (*v*) отнюдь не соответствует грузинскому з (*v*).

² Принято делить их на два диалекта: ашхарский и тапантский.

развития абхазского языка мы ожидали бы в нем сложный звук, совмещающий в себе основные моменты ζ и ν , а именно — * ζ^o (1). К сожалению, других примеров для установления таких соответствий пока еще не имеется в нашем распоряжении.

Выясняя такой путь изменения этих форм упомянутого слова, само собой ставится вопрос о взаимоотношении его с грузинским словом წვრილი || წვლილი ($\zeta w r i l i$ || $\zeta w l i l i$), где -ლი -il является основообразующим суффиксом.

Что же касается звука ν , если мы будем придерживаться вышеупомянутого принципа, то звуком, исторически включающим в себя звук ν , мы должны были бы признать звонкий лабиальный звук * ζ^o (2).

Основным лексическим фондом для звука ν в абхазском языке является слово «бок» и образованные от него слова. И чрезвычайно интересно, что этот корень в тапантском языке представлен не в виде νa , а в виде ζa . Абхазско-ащхарское $\dot{\nu} a g a$ по-тапантски будет (a) ζa («бок»); абх. $a \nu \dot{\nu} a p \dot{\nu} z a$, тапант. $a \zeta a p \dot{\nu} z a$ «селезенка»; абх. $a \nu a \zeta \dot{\nu} s$, тапант. $a \zeta a \zeta \dot{\nu} s$ «ребро».

А в глагольных формах на месте абхазского νa выступает в тапантском диалекте $\zeta q a$ (напр. $a-\zeta q a-g \dot{\nu} l a r a$ «стоять сбоку, рядом»).

К. Буда считает $\zeta q a$ чуждым абхазскому языку и связывает его, с одной стороны, с кабардинским $\zeta a g a$ («бок», «ребро») (3) и, с другой, с уبخским $\zeta \dot{\nu} g \dot{\nu}$ («бок», «ребро») ([5], стр. 246—247).

Против такой увязки этих слов ничего нельзя возразить, но для нас является бесспорным, что $\zeta q a$ и ζa одно и то же слово и что его отнюдь нельзя считать по своему происхождению чуждым абхазскому языку корнем. Это тот же самый элемент, что и в абхазском νa , и является результатом видоизменения первоначального * $\zeta^o a$.

Что касается $q a$ (в $\zeta q a$), трудно представить себе, чтобы эта часть слова являлась корневой. Тогда было бы непонятно, почему $\zeta q a$ выступает в усеченном виде, когда мы имеем дело с отдельным словом (ζa «бок»), а в полном виде, — когда налицо преверб ($\zeta q a$). Против этого говорят соответствующие образования абхазского языка (ср. $\dot{\nu} a g a$ и νa).

По нашему мнению, не исключена возможность объяснения $\zeta q a$ при помощи данных абхазского языка. Надо полагать, что $\zeta q a$ — сложное слово, что оно происходит из ζa и $q a$; ζa то же самое слово «бок», а $q a$ — аффикс направления, которому в абхазском языке часто соответствует $x i a$, ср. абх. $a p-x i a$ и тапант. $a p-q a$ «вперед», «сперва», где корнем является (a) p , а $x i a$ || $q a$ — аффиксом направления.

(1) Нам думается, что эта основа входит в состав слова $\dot{\nu} a-t a-\zeta^o$ «ветка», которое можно толковать так: «стонкая, маленькая рука» (ср. $a-t a-x w$ «ветвь»).

(2) Можно было допустить и другой звук — переднеязычный, лабиальный, звонкий.

(3) У Лопатинского, между прочим $\zeta a \dot{\nu} a$ [9].

На основе такого анализа ясно будет, почему именно в провербе и в наречии выступает оно в сложном виде. Итак, ჯა ($\leftarrow *zaqa$) имеет значение «сбоку» (по-грузински: ჯვერდობ, ჯვერდობკენ).

Думается, что и в этом случае тапантский диалект нам сохранил делабиализованную разновидность основного сложного лабиального звука, а остальные диалекты—его же лабиальный момент, и что исходной абхазской формой для обозначения слова «бок» мы должны были иметь $*zo(a)$.

С этим вполне естественно увязывается корень грузинского слова ჯვალ $zwal$ «кость».

В грузинском слове ჯვალ $zwal$ корневым элементом является ჯვ- (dz), а -al (al) является детерминантом основы ([6], стр. 94—95).

С груз. корнем ჯვ- ჯვ- совпадает абхазское $*zo(a)$; но как же объяснить в абхазском авага элемент га? Что и тут корнем является ва (*resp.* $*zo(a)$), это становится бесспорным, если учесть наличие от него же образованных слов (ავაგა, ავაგას) и проверба (ვა-|| ვ-). Совершенно справедливо замечает Н. Я. Марр относительно формы авага, что это—*pluralia tantum* ([7], стр. 37); -га в абхазском языке выражает собирательность.

Несколько в ином положении находимся в отношении к звуку f. В абхазских словах f свойственен и тапантскому диалекту, но имеются и такие случаи, когда абхазскому f в тапантском соответствует c, напр.:

абжуйский, бзыбский, ашхарский	f-ba	}	«шесть»
тапантский	c-ba ⁽¹⁾		

Согласно вышеупомянутой закономерности исходной формой этого слова можно было считать $*c^o$ -ba.

Есть и другой случай. Божество грома и молнии у абхазов носит название აფ', по Марру, и არ'⁽²⁾ ([7], стр. 77). Этим же словом передается и «гром» в выражении «af usa ajt» «пусть ударит, поразит тебя (муж.)-гром» (проклинание). В тапантском диалекте означенное слово звучит ас. Оно имеет значение как грома, так и молнии.

Тут тапантский диалект нам сохраняет опять-таки делабиализованный вид предполагаемого $*c^o$, а остальные диалекты—лабиальный момент в виде придыхательного f.

Что такое предположение близко к действительности, видно из следующего. Как было упомянуто выше, в абхазском языке af, ac выражают как «божество молнии и грома», так и «гром и молнию», но интересно

(1) Все эти разновидности (как напр. აც, ავა; ჯა, ავაგა; c-ba, f-ba) засвидетельствованы и у Гюльденштедта и Клапрота, но отнесены эти формы к разным диалектам неправильно (см. об этом в специальной работе «Абазинские материалы Гюльденштедта и Клапрота»).

(2) А priori можно полагать, что и в других случаях на место v v f выступят p-f p, как дальнейшее их преобразование.



также, что в самом абхазском языке существует глагол, выражающий действие молнии а ма со э с га «сверкание молнии» (буквально: «молнить») и потом от него образованное имя существительное а ма со э с (или же а ф а ма со э с) «молния», которое легко разлагается на составные элементы. *s* в нем корень глагола а-*s*-га «бить», «ударить», а ма со — хотя отдельно и не встречается, но оно то же самое слово, что и нижне-адыгейское ма со а (и каб. ма ва) «огонь», который расчленяется на *ma* и *ʃa*; а это последнее не что иное, как *so*, сохранившееся в вышеупомянутом абхазском глаголе а ма со э с га) и который, должно быть является корнем слова «огонь». Отсюда же а ма со э с га будет значить: «удар огня, ударить огнем», т. е. «удар грома, ударить громом». Так же образуют этот глагол и адыгейские языки (ср. напр., каб. ма ва-*qopsk*).

Мы думаем, что в этом звуке *so* (а ма со э с) как раз и предлежит тот более древний вид исследуемого звука, который лег в основу как тапантского *as*, так и а ф других диалектов.

Интересно, что наличное в современном абхазском языке а м с а («огонь») то же самое слово, что и наличный в абхазском языке ма с о э (в слове а ма со э с), только в слове а м с а второе *a* усечено, а *ca* (|| *soa*) тот же самый элемент, который нам известен из грузинского языка в слове ცეცხლი *se-cx-li* «огонь», восходящий к форме **სე-ც-ლი* **se-c-x-li* и, по видимому, к форме **სე-ც-ლი* **se-c-li*. По крайней мере, абхазско-адыгейские языки не дают возможности предполагать в нем *x*. Да и по данным грузинского языка легко объясняется фонетическое наращение *x* (*c* → *cx*).

Немаловажное значение имеет то обстоятельство, что в абхазском слове а м с а *c* не лабиализованный звук, как это имеется в идентичном ему **ma-so(a)*- (в слове а ма со э с).

Разумеется, нельзя сказать, чтобы абхазское а м с а «огонь» и слово того же корня *as* «молния», «гром» (← «огонь») в тапантском диалекте являлись бы фактами одной и той же эпохи и результатом одних и тех же изменений. *c* в тапантском *as* сравнительно новое явление и ведет начало из лабиальной разновидности, тогда как *c* в слове а м с а относится к более ранней эпохе.

Вопрос о первичности а м с а и а ма со э с, т. е. лабиализованных и нелабиализованных разновидностей, является очередным вопросом и требует специального изучения.

Выше мы приводили по одному или, в лучшем случае, по два примера для абхазско-тапантского звукосоответствия; базируясь на этом, устанавливали предполагаемую разновидность этих соответствий и приходили к выводу о несуществовании троечных губно-зубных спирантов *vʃf* в абхазском языке на определенной ступени его развития. Убедительными делают эти предположения и данные нижнеадыгейско-кабардинского звукосоответствия.



Проф. Н. Ф. Яковлев приводит звукосоответствие, наличное в нижнеадыгейском и кабардинском языках [8]. По таблице шестой видно, что:

- 1. Кабардинскому *v* соответствует в нижнеадыгейском ξ_1^0 (напр., каб. *və* нижнеадыгейск. $\xi^0ə$ «хороший»).
- 2. Кабардинскому *v* соответствует в нижнеадыгейском, с одной стороны, ξ_1^1 , с другой стороны, *so*. (Напр., 1. каб. *və*, нижнеадыгейск. $\xi_1^1ə$ «расплав»; 2. каб. *və* нижнеадыгейск. *soə* «бык»).
- 3. Кабардинскому *f* в нижнеадыгейском — ξ_0 (напр. каб. *fə*, нижнеадыгейск. $\xi_0ə$ «кожа»).

Но кабардинскому *v* соответствует также нижнеадыгейское ξ_0 (напр., нижнеадыгейское *hənpɔə*, каб. *həvə* «скирда») (2).

Как видно из этих соответствий, и в кабардинском языке спиранты *v* и *f* ведут начало от вышеупомянутых нижнеадыгейских лабиальных согласных, теряя основной их элемент и сохраняя гортанную их артикуляцию.

Исходя из природы этих самых спирантов и учитывая данные тапантского диалекта, можно сказать, что кабардинское *v* нельзя считать соответствующим нижнеадыгейскому *so*, хотя это с первого взгляда и кажется очевидным. Нижнеадыгейское *so* в кабардинском языке должно было дать придыхательное *f*, а не звонкий *v*. Нужно думать, что еще до того как нижнеадыгейское *so* дало в кабардинском языке *v*, оно должно было, на кабардинской почве, стать звонким ξ_0 , и через ξ_0 (а может быть потом и через ξ_0) мы могли получить *v*.

Что это реальная возможность, доказывается тем, что определенным придыхательным звукам нижнеадыгейского языка в кабардинском соответствуют их звонкие виды. Напр., нижнеадыгейский *sa*, каб. *za* «зуб» и т. п. ([8], таблица X).

В обоих случаях как в абхазском (в убыхском), так и в кабардинском языке имеют место одни и те же процессы—с той лишь разницей, что в кабардинском языке они доведены до конца, а в абхазском (и убыхском также) замечаются лишь зачатки процесса. В нем эти процессы не получили развития (3). Потому именно в абхазском языке налицо и то, что характерно для нижнеадыгейского (наличие ξ_0 , *so*, ξ_0 ...), и то, что характерно для кабардинского языка (наличие *v* и *f*).

В тапантском же диалекте, хотя в нем и теперь происходит делябиализация упомянутых согласных звуков (*so*, ξ_0 , *so*...), однако, теперь уже в основу этого процесса кладется иной принцип, и результат получается сов-

(1) Аналогичное явление засвидетельствовано и в убыхском языке, напр. у Дирра встречаем *meŋ-v(w)*, а у Джезила *meŋ-z'v* ([4], стр. 4).

(2) На этот факт обратил наше внимание Г. В. Рогова.

(3) Должно быть, этим и объясняется такое редкое употребление фонем *v* и *f* в абхазском языке.

სემ დრუგოი (პოდრობნეე იბ ეთომ სმ. ვ ნაშეი რაბოთე «ფონეტიჩესკაი სისტემა აბაზინსკიხ დიალექთოვ»).

მყ პოლაგაემ, ცჳო ეტი სპირანტი (v v f) პოლუჩენი იზ ეპოყნუთყი ლაბიალნი სლოჳნი ჳუკოვი პეზავისიპო დრუგ იბ დრუგო—ვ კაჳდომ იზ ეტიხ ეყიკოვი.

კრომე რასსოტრენნიხ ჳაკონომერნიხ სოოტვესტივი, ვ ნეკოტორიხ სლუჩაიხ ჳამეჩაეტყი იბ იტკლონენიე იბ ნიი. კ ტაკიხ სლუჩაიხ იბნოსიტყი, ნაპრიმერ, ნალიჩე ვ ნეკოტორიხ სლოვაი ჳუკოვი f კაკ ვ ტაპანტსკომ დიალექტე (სმ. ვყიშე), ტაკ ი ვ ნიჳნეადყეიგესკომ ეყიკოვი (ნაპრ. კაბარდინსკოე ოჳჳჳ, ნიჳნეადყეიგესკოე ოჳf «მუჳჩინა»).

ი ვ ეტიხ სლუჩაიხ f მყ სჩიტაემ ვტორიჩნიმ ეყილენიემ. ნეკოტორე ფაქტი, დოკაჳყვავიოყიე ეტო, ი თეპერე იმეოტყი ვ ნაშემ რასპორყენიემ, ნო ეტოტ ვოპროს, რავნო კაკ ი იბნოვინი ვოპროს იბ ლაბიალიზოვანიხ ჳუკოვი, ტრებუოტ სპეციალნიო იზუჩენიე. დლა ეტოგო ნეიბოჳიპო ვიიტი ჳა პრედელი კაკ აბხაჳსკიხ დიალექთოვ, ტაკ ი აბხაჳსკო-უბყისკო-ადყეიგესკიხ ეყიკოვი; ვ ეტომ იბნოშენიემ ვესყმა იბტერესნი ი დანიე კარტველსკიხ, ა ტაკჳე დრუგიხ კავკაჳსკიხ ეყიკოვი.

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

(Поступило в редакцию 21.5.1942)

ენათმეცნიერება

ჳ. ლოჳთათიპო

ერთი ფონეტიკური კანონზომიერების შესახებ აფხაზურ-აბაზურ დიალექტებში

რეჳუჳე

ნაშრომში განხილულია ხსენებულ დიალექტთა შორის არსებული კანონზომიერება, რომლის მიხედვითაც აფხაზურის ყველა დიალექტში, გარდა ტაპანტურისა, ერთი მხრივ გვაქვს ო ვ ფ სპირანტები, ხოლო ტაპანტურში სათანადო სიტყვებში გვევლინება ო ძ ც აფრიკატები.

ორივე ეს სახეობა ჩათვლილია რთულ ლაბიალიზებულ წი ძ ც სამეულის ცვლილების სხვადასხვა შედეგად: ერთ შემთხვევაში — დელაბიალიზაცია (წ ძ ც), მეორეში — ძირითადი თანხმოვნის დაკარგვა და შენარჩუნება ლაბიალური მომენტისა ყელის არტიკულაციითურთ (ო ვ ფ). ამ ნიადაგზე ო ვ ფ მიჩნეულია შედარებით ახალი წარმოშობის ბგერებად.

ასევე მეორეული წარმოშობისადაა (ამავე ლაბიალიზებულ აფრიკატთა ან სპირანტთაგან) მიჩნეული ო ვ ფ საერთოდ აფხაზურ-ადიღეური ჯგუფის ენებში (კერძოდ, ყაბარდოულში).

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

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. П. Чарая. Об отношении абхазского языка к яфетическим. Материалы по яфетическому языкознанию. IV. 1912.
2. ს. ჯანაშია. ეგნატე ინგოროყვას გენეალოგიისათვის. ლიტერატურული მემკვიდრეობა. 1935.
3. Г. П. Сердюченко. Об абазинских диалектах. Сборн. памяти Н. Я. Марра. 1938.
4. C. Dumézil. La langue des Oubyks. 1932.
5. K. Bouda. Das Abasinische, eine unbekannte abchasische Mundart. Zeitschrift der Deutsch. Morgenländ. Gesellsch. Bd. 94. H. 2. 1940.
- 6 არნ. ჩიქობავა. ქართული ძვალ-სიტყვის ზანური შესატყვისისათვის. სსრკ მეცნ. აკადემიის საქართვე. ფილიალის მოამბე, ტ. I, № 1, 1940.
7. Н. Я. Марр. Абхазско-русский словарь. 1926.
8. N. Jakovlev. Kurze Übersicht über die tscherkessischen (adygeischen) Dialekte und Sprachen. Caucasia. 6.
9. Л. Лопатинский. Русско-кабардинский словарь. СМОМПК, т. XII.

Ответственный редактор акад. Н. И. Мухелишвили

Подписано к печати 23.11.1942. Объем 7,25 печ. форм. Авторских форм 9,25.
 Колич. тираж. в 1 печ. листе 52.000. УЭ 13201. Заказ № 596. Тираж 600 экз.

Типография Академии Наук Грузинской ССР, Тбилиси, улица А. Церетели, 7.



ბოტანიკა—БОТАНИКА—BOTANY

ლ. ჯაფარიძე და ქ. ლეონიძე. ასაკის გავლენა მერქნის მიერ წყლის შთანთქმაზე . 811
 *Л. И. Джанаридзе и К. И. Леонидзе. Влияние возраста на поглощение воды древесиной 813
 Е. А. Макаревская. Волнообразный ход физиологических и биохимических процессов в черешках виноградной лозы 815
 *გვეგენია მაცარევესკაია. ვახის კალმებში ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური პროცესების ტალღისებრი მსვლელობა 820
 *E. Makarevskaja. Le cours ondulatoire des processus physiologiques et biochimiques dans les greffes de la vigne 821

ბანეტიკა—ГЕНЕТИКА—GENETICS

В. Л. Менабде и А. А. Ерициан. К филогенезу Triticum Timopheevi Zhuk. . . 823
 *ვ. მენაბდე და ა. ერიციაანი. Triticum Timopheevi-ს ფილოგენეზისათვის . . . 829
 *V. Menabde and A. Eritzian. On the phylogenesi of Triticum Timopheevi Zhik. 830

ზოოლოგია—ЗООЛОГИЯ—ZOOLOGY

А. А. Садовский. Максимальные шипчики у личинок Ephemeroptera 831
 *ა. სადოვსკი. Ephemeroptera-ს მარტლების მაქსიმალური ჩტიფების შესახებ 836
 А. Г. Джанашиян. К вопросу о каннибализме среди некоторых хищных жлековитаянших 839
 *არჩ. ჯანაშიელი. ზოგიერთ მტაცებელ ძუძუმწოვარ ცხოველებს შორის კანიბალიზმის მოვლენის საკითხისათვის 844

ლიტერატურის ისტორია—ИСТОРИЯ ЛИТЕРАТУРЫ—HISTORY OF LITERATURE

ქ. ქვეკელიძე. როსტომიანის ერთი საკითხისათვის 845
 *К. Кекелидзе. К выяснению одного вопроса из истории Ростомяни 846

ისტორია—ИСТОРИЯ—HISTORY

დ. კაპანაძე. დებეტრე თავდადებულის ფულის ზედწერილის შინაარსი 849
 *Д. Капанадзе. Содержание легенды мелкой монеты Димитрия II Самопожертвователя 851

ენათმეცნიერება—ЯЗЫКОВЕДЕНИЕ—LINGUISTICS

ვლ. ფანჩიძე. ნაწილაკიანი კავშირებითი უღერ ენაში 853
 *В.л. Панчиладзе. Сослагательное с частицей ya da в удинском языке 857
 К. В. Домгатиладзе. Об одной фонетической закономерности в абхазо-абхазских диалектах 861
 *ქ. ლომთათიძე. ერთი ფონეტიკური კანონზომიერების შესახებ აფხაზურ-აბაზურ დიალექტებში 867

3060 3 006.
ЦЕНА 3 РУБ.

344057520
01051110033

УТВЕРЖДЕНО

Президиум Академии Наук Грузинской ССР
8.4.1941 и 2.4.1942

ПОЛОЖЕНИЕ О «СООБЩЕНИЯХ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР»

1. В «Сообщениях» помещаются статьи научных работников Академии Наук Грузинской ССР и других ученых, содержание которых представляет 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 6 печ. листов каждый. Совокупность выпусков за год (всего 10 выпусков) составляет один том.

4. Статьи печатаются на одном из следующих языков: грузинском, русском, французском, английском, немецком. 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. Разделение статей на части для напечатания в различных выпусках не допускается.

7. 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 Редакцией для отзыва одному из действительных членов Академии Наук или же какому-либо другому специалисту по данной области, после чего вопрос о напечатании статьи решается Редакцией.

8. Статьи должны представляться автором в совершенно готовом для печати виде, вместе с резюме и иллюстрациями. Формулы должны быть четко выписаны от руки. Никакие исправления и добавления после принятия статьи к печати не допускаются.

9. Данные о цитируемой литературе должны быть возможно полными: необходимо указывать название журнала, номер серии, тома, выпуска, год издания, полное название статьи; если цитируется книга, то необходимо указать полное название, год и место издания.

10. Цитируемая литература должна приводиться в конце статьи в виде списка. При ссылке на литературу в тексте статьи или в подстрочных примечаниях, следует указывать номер по списку, заключая его в квадратные скобки.

11. В конце статьи и резюме авторы должны указывать, на соответствующих языках, местонахождение и название учреждения, в котором проведена работа. Статья датруется днем поступления в редакцию.

12. 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.

13. Авторы получают бесплатно 50 оттисков своей статьи и выпуск «Сообщений», содержащий эту статью.

Адрес редакции: Тбилиси, ул. Дзержинского, 8.