

1943

524  
1943

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა მ გ ე

ტომი IV № 2

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР

ТОМ IV № 2

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE GEORGIAN SSR

Vol. IV № 2

თბილისი 1943 თბილისი  
TBILISSI



მათემატიკა—МАТЕМАТИКА—MATHEMATICS

Н. И. Мусхелишвили. Замечание к статье «Системы сингулярных интегральных уравнений с ядрами типа Коши» . . . . . 99

\*ბ. მუსხელიშვილი. შენიშვნა წერილისათვის „სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემები კომპლექსური ტიპის გულეებით“ . . . . . 101

Л. Г. Магнарадзе. Теория одного класса линейных сингулярных интегро-дифференциальных уравнений и ее применения к задаче колебания крыла аэроплана конечного размаха, утара о поверхность воды и аналогичным . . . . . 103

\*ლ. გ. მაღნარაძე. წრფივ სინგულარულ ინტეგრო-დიფერენციალურ განტოლებათა ერთი კლასის თეორია და მისი გამოყენება ჰაერობლანის ფრთის რხევის ამოცანაში, წყლის ზედაპირზე დარტყმის თეორიაში და სხვა ანალოგიურ შემთხვევაში . . . . . 109

დრეკადობის თეორია—ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ—THEORY OF ELASTICITY

А. Я. Горгидзе. Вторичные эффекты в задаче растяжения бруса, составленного из различных материалов . . . . . 111

\*ა. გორგიძე. შედგენილი ძელის გაჭიმვის მეორადი ეფექტები . . . . . 114

А. К. Рухадзе. Вторичные эффекты в задаче изгиба парой бруса, составленного из различных материалов . . . . . 115

\*ა. რუხაძე. შედგენილი ძელის წყვილძალით ღუნვის მეორადი ეფექტები . . . . . 122

ასტრონომია—АСТРОНОМИЯ—ASTRONOMY

G. Shajn. The *K*-term and the hypothesis of outward motion of matter . . . . . 123

\*გ. შაინი. *K*-წევრი და ნივთიერებათა გამოდინების ჰიპოთეზი . . . . . 129

ფიზიკა—ФИЗИКА—PHYSICS

Ю. А. Сикорский. Электропроводность кристаллов KJ, насыщенных иодом, в сильных электрических полях . . . . . 131

\*ი. სიკორსკი. იოდით გაჯენილი KJ-ის კრისტალების ელექტროგამტარობა მძლავრ ელექტრულ ველებში . . . . . 137

ქიმია—ХИМИЯ—CHEMISTRY

М. Е. Шিশниашвили и М. В. Пирцхалава. К вопросу «силикатирования» красновоземов . . . . . 139

\*მ. შიშნიაშვილი და მ. ფირცხალავა. წითელი მიწების „სილიკატირების“ საკითხისათვის . . . . . 144

\*M. Shishniashvili and M. Pirzkhallava. On «silication» of red soil . . . . . 144

Х. И. Арешидзе и А. М. Гахокидзе. Каталитическая ароматизация супсепского бензина . . . . . 147

\*ქრ. არეშიძე და ა. გახოკიძე. სუფსის ბენზინის კატალიზური არომატიზაცია . . . 151

\*Ch. Areshidze and A. Gahokidze. Catalytic aromatisation of petroleum from the Supsa deposit . . . . . 151

\*გარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წინა წერილის რეზიუმეს ან თარგმანს.

\*Заглавиe, отмеченное звездочкой, относится к резюме или к переводу предшествующей статьи.

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



Академик Н. И. МУСХЕЛИШВИЛИ

## ЗАМЕЧАНИЕ К СТАТЬЕ «СИСТЕМЫ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ЯДРАМИ ТИПА КОШИ»

В названной статье [1] мною было показано, что основные теоремы Ф. Нетера, касающиеся сингулярного интегрального уравнения с ядром типа Коши, не только легко обобщаются на систему таких уравнений, но что и самый метод доказательства Ф. Нетера может быть непосредственно перенесен на этот случай<sup>(1)</sup>.

Для того, чтобы иметь возможность сослаться непосредственно на рассуждения Ф. Нетера, я подобрал в [1] (стр. 991) «регуляризирующий» оператор  $\Lambda_1$  так, чтобы не только оператор  $\Lambda_1 \Lambda$  был Фредгольмовым, но чтобы и оператор  $\Lambda \Lambda_1$  обладал этим свойством, ибо, при доказательстве теоремы, соответствующей теореме II моей заметки [1], Ф. Нетер существенно использует указанное обстоятельство<sup>(2)</sup>.

На заседании семинара по интегралам типа Коши в Тбилисском Математическом Институте (20.3.1943), на котором было изложено только что упомянутое доказательство Ф. Нетера (вполне правильное, но слишком длинное), И. Н. Векуа сделал следующее интересное замечание: доказательство Ф. Нетера может быть значительно упрощено и притом так, что для его проведения достаточно потребовать, чтобы лишь один из операторов  $\Lambda_1 \Lambda$  и  $\Lambda \Lambda_1$  был Фредгольмовым.

Напомним, что речь идет о следующей теореме (теорема II заметки [1]): *разность  $l-l'$  чисел решений союзных однородных уравнений  $\Delta\varphi=0$   $\Delta'\psi=0$  зависит лишь от характеристической части<sup>(3)</sup> оператора  $\Lambda$ .*

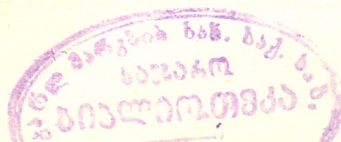
Предполагается, что теорема, дающая необходимые и достаточные условия разрешимости неоднородного уравнения  $\Delta\varphi=f$ , уже доказана (теорема I заметки [1]).

Я позволяю себе воспроизвести здесь доказательство И. Н. Векуа, ввиду его чрезвычайной простоты и краткости.

(1) Здесь, конечно, я не имею в виду обобщение понятия индекса на случай системы; это обобщение не столь просто; см. [2].

(2) В случае одного уравнения (который только и рассматривается Ф. Нетером), это обстоятельство необходимо имеет место. В случае же системы, один из операторов  $\Lambda_1 \Lambda$  и  $\Lambda \Lambda_1$  может быть Фредгольмовым, а другой — нет; см. [1].

(3) См. [1], стр. 989.





Пусть  $\Lambda_1$  оператор такой, что оператор  $\Lambda_1\Lambda$  является Фредгольмовым (случай, когда оператор  $\Lambda\Lambda_1$  является Фредгольмовым, рассматривается аналогично). Рассмотрим союзные однородные уравнения Фредгольма:

$$\Lambda_1\Lambda\varphi=0 \quad (1), \quad \Lambda'\Lambda_1\psi=0. \quad (2)$$

Эти уравнения, имеющие, как известно, одинаковое число линейно независимых решений, соответственно эквивалентны, очевидно, следующим уравнениям:

$$\Lambda\varphi=\sum_{i=1}^{l_1}\alpha_i\rho_i \quad (1'), \quad \Lambda_1\psi=\sum_{i=1}^{l'}\beta_i\sigma_i, \quad (2')$$

где  $\rho_i$  ( $i=1, 2, \dots, l_1$ ) и  $\sigma_i$  ( $i=1, 2, \dots, l'$ ) соответственно полные системы линейно независимых решений однородных уравнений  $\Lambda_1\omega=0$  и  $\Lambda'\omega=0$   $\alpha_i, \beta_i$ —произвольные постоянные.

Выражая условия разрешимости уравнений (1') и (2'), согласно теореме I заметки [1], получаем соответственно:

$$\sum_{i=1}^{l_1}\alpha_i\gamma_{ij}=0 \quad (j=1, 2, \dots, l') \quad (3), \quad \sum_{i=1}^{l'}\beta_i\gamma_{ji}=0 \quad (j=1, 2, \dots, l_1), \quad (4)$$

где

$$\gamma_{ij}=\int_L \rho_i\sigma_j dt \quad (i=1, 2, \dots, l_1, j=1, 2, \dots, l'). \quad (5)$$

Из (3) и (4) соответственно следует, что число остающихся произвольными постоянных  $\alpha_i$  равно  $l_1-r$ , а число остающихся произвольными постоянных  $\beta_i$  равно  $l'-r$ , где  $r$ —ранг матрицы  $\|\gamma_{ij}\|$ . Следовательно, числа линейно независимых решений уравнений (1') и (2') равны соответственно:  $l+l_1-r$  и  $l'+l'-r$ , где  $l$  и  $l'$ —числа линейно независимых решений уравнений  $\Lambda\omega=0$  и  $\Lambda'\omega=0$ . Следовательно,  $l+l_1-r=l'+l'-r$ , откуда и следует равенство

$$l-l'=l'_1-l_1, \quad (6)$$

доказывающее теорему, ибо регуляризирующий оператор  $\Lambda_1$  может быть взят одним и тем же для всех операторов  $\Lambda$ , имеющих одну и ту же характеристическую часть.

Для фактического вычисления разности  $l-l'$  по характеристической части оператора  $\Lambda$ , достаточно в качестве  $\Lambda$  или  $\Lambda_1$  взять любой оператор с той же характеристической частью, для которого соответствующая разность известна. Взяв, например, в качестве  $\Lambda$  его характеристическую часть,



получим, основываясь на результатах статьи [2], что  $l-l' = \alpha$ , где  $\alpha$  — индекс оператора  $\Lambda$ .

Заметим, наконец, что Ф. Нетер, при доказательстве теоремы, соответствующей теореме I моей статьи [1], использует фактически лишь то обстоятельство, что (в моих обозначениях) оператор  $\Lambda_1\Lambda$  является Фредгольмовым. Поэтому, доказательство теоремы I может быть получено путем произведения соответствующего доказательства Ф. Нетера без предположения, что и оператор  $\Lambda\Lambda_1$  есть оператор Фредгольма.

Академия Наук Грузинской ССР  
Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 30.3.1943)

მათემატიკა

აკადემიკოსი ნ. მუსხელიშვილი

შენიშვნა წერილისათვის „სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებათა სისტემები კოვის ტიპის გულებით“

რეზუმე

შენიშვნა ეხება F. Noether-ის ერთი ძირითადი დებულების დამტკიცების გამარტივებას, რომელიც აღნიშნული იყო პროფ. ი. ვეკუას მიერ.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
თბილისის მათემატიკური ინსტიტუტი

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. Н. И. Мусхелишвили. Системы сингулярных интегральных уравнений с ядрами типа Коши. Сообщения Акад. Наук Груз. ССР, т. III, № 10, 1942, стр. 987 — 994.
2. Н. И. Мусхелишвили и Н. П. Векуа. Красная задача Римана для нескольких неизвестных функций и ее приложения к системам сингулярных интегральных уравнений. Труды Тбилисского Математического Института, т. XII (печатается).



Л. Г. МАГНАРАДЗЕ

ТЕОРИЯ ОДНОГО КЛАССА ЛИНЕЙНЫХ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРО-  
 ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ К ЗАДАЧЕ  
 КОЛЕБАНИЯ КРЫЛА АЭРОПЛАНА КОНЕЧНОГО РАЗМАХА, УДАРА  
 О ПОВЕРХНОСТЬ ВОДЫ И АНАЛОГИЧНЫМ

1. В настоящей статье мы рассматриваем линейное сингулярное интегро-  
 дифференциальное уравнение следующего вида:

$$\sum_{r=0}^m \alpha_r(t_0) \varphi^{(r)}(t_0) - \sum_{r=0}^n \frac{1}{\pi} \int_C K_r(t_0, t) \varphi^{(r)}(t) \frac{dt}{t-t_0} = \check{f}(t_0), \quad (1)$$

где  $\alpha_r(t_0)$ ,  $f(t_0)$ ,  $K_r(t_0, t)$  — заданные, достаточное число раз дифференцируе-  
 мые функции,  $C$  — простой замкнутый, в достаточной степени регулярный  
 контур<sup>1</sup>. Интеграл понимается в смысле главного значения по Коши.

Известно, что к уравнению вида (1) приводят, например, граничные  
 задачи теории крыла конечного размаха, теории удара о поверхность воды,  
 теории воздушного винта и др. (см. ниже).

Помимо этих практических применений, к решению уравнения вида (1)  
 приводят некоторые граничные задачи теории функций, например, следую-  
 щая граничная задача Римана: определить пару функций  $\varphi^+(\chi)$  и  $\varphi^-(\chi)$ , го-  
 ломорфных соответственно внутри и вне контура  $C$ , удовлетворяющих гра-  
 ничному условию

$$\sum_{r=0}^m a_r(t) \frac{d^r \varphi^+(t)}{dt^r} - \sum_{r=0}^n b_r(t) \frac{d^r \varphi^-(t)}{dt^r} = f_0(t) \quad (2)$$

и еще некоторым добавочным условиям.

В условии (2)  $a_r(t)$ ,  $b_r(t)$ ,  $f_0(t)$  — заданные на контуре  $C$ , достаточное  
 число раз дифференцируемые функции, а  $\varphi^+(t)$  и  $\varphi^-(t)$  обозначают кон-  
 турные значения функций  $\varphi^+(\chi)$  и  $\varphi^-(\chi)$ , голоморфных соответственно внутри  
 и вне  $C$ .

<sup>1</sup> Результаты в основном остаются в силе, если  $C$  — совокупность нескольких про-  
 стых замкнутых или разомкнутых конечных дуг.







где

$$K(t_0, t) = \sum_{s=1}^{2m} \varphi_s(t_0) \int \frac{M_s(\xi)}{W(\xi) a_{2m}(\xi)} R(\xi, t) d\xi, \quad (4)$$

$$R(t_0, t) = \sum_{p=0}^m \left\{ \lambda_p(t_0) \sum_{r=0}^m (-1)^r \frac{\partial^{r+p} \sigma_r(t_0, t)}{\partial t_0^p \partial t^r} \right. \\ \left. + \sum_{r=0}^n (-1)^r \left[ \mu_p(t_0) \frac{\partial^{r+p} Q_r(t_0, t)}{\partial t_0^p \partial t^r} - \lambda_p(t_0) \frac{1}{\pi} \int_C \frac{\partial^{r+p} P_r(\tau, t)}{\partial t^{r+p}} \frac{d\tau}{\tau - t_0} \right] \right\}, \\ f_0(t_0) = \sum_{r=1}^{2m} \varphi_r(t_0) \left\{ C_r + \int \frac{M_r(\xi) d\xi}{W(\xi) a_{2m}(\xi)} \sum_{p=0}^m \left[ \mu_p(\xi) f^{(p)}(\xi) \right. \right. \\ \left. \left. - \lambda_p(\xi) \frac{1}{\pi} \int \frac{f^{(p)}(t) dt}{t - \xi} \right] \right\},$$

причем  $\sum_{r=0}^m C_r \varphi_r(t)$  — общее решение линейного однородного дифференциального уравнения:

$$\sum_{r=0}^{2m} a_r(t) \varphi^{(r)}(t) - \sum_{r=0}^{m+n} b_r(t) \varphi^{(r)}(t) = 0,$$

$W(\xi)$  — соответствующий детерминант Вронского, а  $M_r(\xi)$ ,  $r=0, 1, 2, \dots, m$ , — алгебраические дополнения элементов последней строки этого детерминанта.

При этом, конечно, мы предполагаем, что  $m \cong n^{(1)}$  и что  $a_{2m}(t) \neq 0$ , на контуре  $C$ .

3. Теперь покажем, что полученное уравнение допускает эффективное решение в некоторых частных случаях.

Пусть функции:  $\sigma_r(t_0, t)$ ,  $P_r(t_0, t)$ ,  $Q_r(t_0, t)$  — рациональны. Тогда из формул (4) и (5) следует, что

$$K(t_0, t) = \sum_{j=1}^N p_j(t_0) q_j(t).$$

Отсюда получим

$$\varphi(t) = \sum_{j=1}^N \gamma_j p_j(t) + f_0(t),$$

<sup>(1)</sup> Совершенно аналогично исследуется случай, когда  $m < n$ .



причем неизвестные  $\gamma_j$  удовлетворяют системе

$$\gamma_i - \sum_{j=1}^N a_{ij} \gamma_j = g_i, \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

где

$$a_{ij} = \frac{1}{\pi} \int_C p_i(t) q_j(t) dt \quad \text{и} \quad g_i = \frac{1}{\pi} \int_C f_0(t) q_i(t) dt.$$

Если, в частности, все  $a_{ij} = 0$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, N$ , тогда легко показать, что уравнение (3) допускает эффективное решение

$$\varphi(t_0) = f_0(t_0) + \frac{1}{\pi} \int_C K(t_0, t) f_0(t) dt.$$

4. Легко показать, что полученное выше регулярное интегральное уравнение Фредгольма (3), вообще говоря, не эквивалентно исходному уравнению (1). Но, как было показано выше, этим уравнением можно воспользоваться для построения эффективных решений уравнения (1).

Перейдем теперь к другому методу регуляризации уравнения (1), при помощи которого это уравнение можно привести к эквивалентному квази-регулярному или сингулярному интегральному уравнению.

Очевидно, что в том случае, когда  $m=0$  и  $n=0$ , уравнение (1) вырождается в сингулярное интегральное уравнение.

Случаи  $m=0$ ,  $m=1$  и  $n=0$ ,  $n=1$  нами были рассмотрены в статье [1].

Поэтому мы можем предполагать, что  $m \geq 1$ ,  $n \geq 2$ <sup>(1)</sup>. Введя обозначения

$$K_r(t_0, t_0) = \beta_r(t_0), \quad \gamma_r(t) = (-1)^r \frac{d^r \beta_r(t)}{dt^r},$$

$$Q_r(t_0, t) = \frac{K_r(t_0, t) - K_r(t_0, t_0)}{t - t_0}, \quad \eta_r(t) = \sum_{s=r+1}^n \gamma_{s-r-1}(t),$$

$$\mu_r(t_0, t) = \frac{\eta_r(t) - \eta_r(t_0)}{t - t_0}$$

и предполагая, что  $\alpha_m(t) \neq 0$ ,  $\gamma_0(t) \neq 0$  на контуре  $C$ , можно показать, что уравнение (1) приводится к следующему квази-регулярному уравнению Фредгольма

$$\varphi(t_0) - \frac{1}{\pi} \int_C K(t_0, t) \varphi(t) dt = f_0(t_0),$$

<sup>(1)</sup> Если  $m \geq 1$  и  $n=0$  или  $n=1$ , можно показать, что уравнение (1) приводится к определенному сингулярному уравнению. Но на этом мы здесь останавливаться не будем.



где

$$K(t_0, t) = \sum_{p=1}^{n-1} \psi_p(t_0) \frac{1}{\pi} \int_C d\tau \int^{\tau} R(\tau, t) \frac{N_p(\xi)}{V(\xi) \gamma_0(\xi)} \frac{d\xi}{\tau - \xi},$$

$$R(\tau, t) = \sum_{r=0}^{n-1} (-1)^{r+1} \frac{\partial^r \mu_r(\tau, t)}{\partial t^r}$$

$$+ \sum_{r=0}^n (-1)^r \int^{\tau} \left[ \frac{\beta_r^{(r)}(\xi)}{t - \xi} + \frac{\partial^r Q_r(\xi, t)}{\partial t^r} \sum_{s=1}^m \frac{\varphi_s(\tau) M_s(\xi)}{\alpha_m(\xi) W(\xi)} \right] d\xi,$$

$$f_0(t_0) = \sum_{r=1}^{n-1} C_r' \psi_r(t_0)$$

$$+ \sum_{r=1}^{n-1} \sum_{s=1}^m \psi_r(t_0) \frac{1}{\pi} \int_C \varphi_s(\tau) d\tau \int^{\tau} \frac{N_r(\xi) d\xi}{V(\xi) \gamma_0(\xi) (\tau - \xi)} \left[ C_s + \int^{\tau} f(\eta) \frac{M_s(\eta)}{W(\eta) \alpha_m(\eta)} d\eta \right];$$

при этом  $\sum_{s=1}^m C_s \varphi_s(t)$  есть общее решение следующего линейного однородного дифференциального уравнения:

$$\sum_{k=0}^m \alpha_k(t) \varphi^{(k)}(t) = 0,$$

$W(\eta)$  — соответствующий детерминант Вронского,  $M_s(\eta)$  — алгебраическое дополнение элементов последней его строки, а  $\sum_{r=1}^{n-1} C_r' \psi_r(t)$  — общее решение линейного однородного дифференциального уравнения:

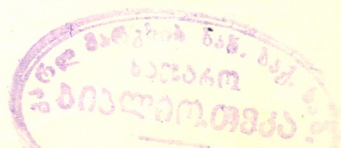
$$\sum_{r=0}^{n-1} \eta_r(t) \psi^{(r)}(t) = 0;$$

наконец,  $V(\xi)$  и  $N_r(\xi)$  обозначают, соответственно, детерминант Вронского и соответствующие алгебраические дополнения.

5. Перейдем теперь к граничной задаче (2). Полагая

$$\varphi(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_C \frac{\mu(t) dt}{t - \zeta}, \quad \zeta \text{ не на } C$$

и пользуясь следующими известными формулами для граничных значений интегралов типа Коши:





$$\frac{d^r \varphi^+(t_0)}{dt_0^r} = \frac{1}{2} \mu^{(r)}(t_0) + \frac{1}{2\pi i} \int_C \frac{\mu^{(r)}(t) dt}{t-t_0},$$

$$\frac{d^r \varphi^-(t_0)}{dt_0^r} = -\frac{1}{2} \mu^{(r)}(t_0) + \frac{1}{2\pi i} \int_C \frac{\mu^{(r)}(t) dt}{t-t_0},$$

$$r = 0, 1, 2, \dots, p, \quad p = \max(m, n),$$

можно показать, что решение граничной задачи (2) приводится к решению определенного сингулярного интегро-дифференциального уравнения, являющегося частным видом уравнения (1).

6. Приведем, наконец, некоторые сингулярные интегро-дифференциальные уравнения, имеющие важные применения в гидро-аэромеханике и являющиеся частным видом уравнения (1).

1°. Интегро-дифференциальное уравнение Прандтля для распределения циркуляции по крылу моноплана<sup>(1)</sup>:

$$\alpha(t_0) \varphi(t_0) + \frac{1}{\pi} \int_{-l}^l \frac{\varphi'(t) dt}{t-t_0} = f(t_0), \quad -l < t_0 < l.$$

Это уравнение является частным видом уравнения (1).

2°. Интегро-дифференциальное уравнение задачи удара бесконечно длинной упругой пластины о поверхность жидкости<sup>(2)</sup>. Это уравнение отличается от предыдущего лишь иным физическим смыслом коэффициентов.

3°. Интегро-дифференциальное уравнение теории упругого крыла<sup>(3)</sup>:

$$\alpha(t_0) \varphi(t_0) + \frac{\beta(t_0)}{\pi} \int_{-l}^l \frac{\varphi'(t) dt}{t-t_0} + \gamma(t_0) \int_0^{t_0} k(\tau) d\tau \int_l^\tau g(\tau_1) \varphi(\tau_1) d\tau_1 = f(t_0),$$

Это уравнение двукратным дифференцированием легко приводится к определенному уравнению вида (1).

4°. Интегро-дифференциальное уравнение теории воздушного винта, при помощи дифференцирования, тоже приводится к частному виду уравнения (1), с регулярными коэффициентами.

5°. Интегро-дифференциальное уравнение задачи колебания крыла конечного размаха<sup>(4)</sup>:

<sup>(1)</sup> См., например, [2].

<sup>(2)</sup> См. [3].

<sup>(3)</sup> См. [4].

<sup>(4)</sup> См. [5].



$$\alpha(t_0) \varphi(t_0) + \frac{\beta(t_0)}{\pi} \int_{-l}^l K(t_0-t) \varphi'(t) dt = f(t_0), \quad -l < t_0 < l,$$

где

$$K(\alpha) = \int_{\alpha}^{\infty} \frac{H_1^{(1)}(i\rho)}{\rho} d\rho \text{ при } \alpha > 0,$$

и  $K(-\alpha) = -K(\alpha)$ , причем  $H_1^{(1)}(\chi)$  обозначает функцию Hankel'я.

Пользуясь определением функции Hankel'я, легко показать, что последнее интегро-дифференциальное уравнение простыми преобразованиями также приводится к уравнению вида (1).

В следующих статьях мы более подробно остановимся на исследовании приведенных выше интегро-дифференциальных уравнений.

Академия Наук Грузинской ССР  
Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 20.12 1942)

მათემატიკა

ლიო მალნარაძე

წიგნი სინგულარულ ინტეგრო-დიფერენციალურ განტოლებათა ერთი კლასის თეორია და მისი გამოყენება ჰაეროვლანის ფრთის რხევის ამოცანაში, წყლის ზედაპირზე დარტყმის თეორიაში და სხვა ანალოგიურ შემთხვევაში

რეზუმე

შრომაში განხილულია ინტეგრო-დიფერენციალურ განტოლებათა ერთი კლასი (1) სახისა და ნაჩვენებია მეთოდი ასეთი განტოლების მიყვანისა კვაზირეგულარულ ან სინგულარულ ეკვივალენტურ განტოლებამდე.

შრომაში ნაჩვენებია აგრეთვე (1) განტოლების თეორიის გამოყენებანი რი-მანის სასაზღვრო ამოცანაში და ჰიდრო-აეროდინამიკის ზოგიერთ სასაზღვრო ამოცანაში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
თბილისის მათემატიკური ინსტიტუტი



## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. Л. Г. Магнардзе. Об одной системе линейных сингулярных интегро-дифференциальных уравнений и о линейной граничной задаче Римана. Сообщения Акад. Наук Груз. ССР, т. IV, № 1, 1943.
2. В. В. Голубев. Теория крыла аэроплана конечного размаха. Труды ЦАГИ, вып. 108, 1931.
3. А. Б. Лотов. Сборник статей по вопросам удара о поверхность воды. Труды ЦАГИ, вып. 152, 1935.
4. Я. М. Серебрянский. Аэродинамика упругого крыла. Труды ЦАГИ, вып. 329, 1937.
5. М. В. Келдыш. К теории крыла конечного размаха, колеблющегося в потоке воздуха. Доклады АН СССР, т. XXI, № 5, 1938.



А. Я. ГОРГИДЗЕ

## ВТОРИЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ЗАДАЧЕ РАСТЯЖЕНИЯ БРУСА, СОСТАВЛЕННОГО ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пусть имеем брус, составленный из различных материалов с одним и тем же коэффициентом Пуассона, но с разными, вообще говоря, модулями упругости.

Будем предполагать, что недеформированный брус состоит из ряда параллельных сплошных стержней, не касающихся друг друга, окруженных упругой средой, заполняющей пространство между стержнями и ограниченной снаружи цилиндрической поверхностью, образующие которой параллельны стержням.

Обозначим поперечное сечение недеформированного бруса через  $S$ ; это сечение состоит из областей  $S_1, S_2, \dots, S_m$ , соответствующих стержням и области  $S_0$ , соответствующей окружающему материалу.

Границы областей  $S_1, S_2, \dots, S_m$  обозначим через  $L_1, L_2, \dots, L_m$ . Граница же области  $S_0$  будет состоять из замкнутых контуров  $L_1, L_2, \dots, L_{m+1}$ , причем последний содержит внутри себя все предыдущие.

Будем предполагать также, что боковая поверхность бруса свободна от внешних напряжений, что компоненты смещения  $u, v, w$  остаются непрерывными при переходе через поверхности раздела (т. е. что различные части бруса спаяны между собою), и что усилия, действующие на свободном («верхнем») торце деформированного бруса, приводятся к растягивающей силе  $F$  весьма большой величины.

Примем, что начало координат находится в приведенном центре инерции ([1], стр. 404) «нижнего» (закрепленного) основания, а ось  $Oz$  направлена параллельно образующим боковой поверхности.

Обозначим через  $\xi, \eta, \zeta$  координаты точки недеформированного бруса, а через  $x, y, z$  координаты той же самой точки после деформации. Обозначим, наконец, через  $\lambda_j, \mu_j$  ( $j=1, 2, \dots, m$ ) постоянные Ляме составленных стержней, а через  $\lambda_0, \mu_0$  — окружающего материала.

Для решения нашей задачи мы будем пользоваться некоторыми формулами нелинейной теории упругости в том виде, как они приведены в [2].

При указанных выше условиях вопрос сводится к следующей математической задаче: требуется найти компоненты напряжения  $X_x, Y_y, \dots, Y_{z_2}$



удовлетворяющие в области, занятой телом, однородным уравнениям равновесия

$$\frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} + \frac{\partial X_z}{\partial z} = 0, \quad (1)$$

. . . . .

однородным условиям совместности и следующим условиям:

$$X_x \cos(n, x) + X_y \cos(n, y) + X_z \cos(n, z) = 0, \quad (2)$$

. . . . .

на свободной поверхности,

$$\begin{aligned} & [X_x \cos(n, x) + X_y \cos(n, y) + X_z \cos(n, z)]_j \\ & = [X_x \cos(n, x) + X_y \cos(n, y) + X_z \cos(n, z)]_0 \end{aligned} \quad (3)$$

. . . . .

на поверхностях раздела, где значки при квадратных скобках указывают на номер области;  $\cos(n, x)$ ,  $\cos(n, y)$  и  $\cos(n, z)$  — направляющие косинусы нормали деформированной поверхности.

Компоненты смещения мы будем искать с точностью до  $\nu^2$  и в дальнейшем в наших формулах будем сохранять члены, содержащие  $\nu^2$ , где  $\nu = \frac{F}{S_E}$  — постоянная,  $S_E = \sum_{j=1}^m S_j E_j$ .

В соответствии с этим решение поставленной нелинейной задачи будем искать в следующем виде:

$$u = -\nu \sigma x + \nu^2 u_1,$$

$$v = -\nu \sigma y + \nu^2 v_1,$$

$$w = \nu z + \nu^2 w_1,$$

где  $u_1$ ,  $v_1$ ,  $w_1$  — искомые функции, выражающие дополнительные смещения.

Вычисляя компоненты напряжения с принятой нами точностью, получим:

$$\begin{aligned} X_x &= \nu^2 \lambda_j (1 + \sigma) + \nu^2 X'_x, & X_y &= \nu^2 X'_y, \\ Y_y &= \nu^2 \lambda_j (1 + \sigma) + \nu^2 Y'_y, & X_z &= \nu^2 X'_z, \\ Z_z &= \nu E_j + \nu^2 [(\lambda_j + 2\mu_j)(1 + 2\sigma) - 2\lambda_j \sigma^2] + \nu^2 Z'_z, & Y_z &= \nu^2 Y'_z, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $X'_x$ ,  $Y'_y$ , ...,  $Y'_z$  — компоненты напряжения, соответствующие искомым смещениям  $u_1$ ,  $v_1$ ,  $w_1$  в области  $S_j$ .



Выражая, с точностью до  $\nu^2$ , направляющие косинусы нормали деформированной поверхности через направляющие косинусы нормали недеформированной поверхности, будем иметь:

$$\cos(n_j, x) = \cos \alpha, \quad \cos(n_j, \beta) = \cos \beta, \quad \cos(n_j, \gamma) = 0 \quad (j=0, 1, 2, \dots, m), \quad (5)$$

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

Подставляя выражения (4) в уравнения равновесия (1), в условия совместимости, в формулы (2), (3) и имея в виду (5), получим для определения компонентов напряжения  $X'_x, Y'_y, \dots, Y'_z$ :

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

.....

в области  $S_j$ , где  $j=0, 1, 2, \dots, m, \quad \theta' = X'_x + Y'_y + Z'_z$ ,

$$X'_x \cos \alpha + X'_y \cos \beta + \lambda_0(1+\sigma) \cos \alpha = 0,$$

$$Y'_x \cos \alpha + Y'_y \cos \beta + \lambda_0(1+\sigma) \cos \beta = 0,$$

$$Z'_x \cos \alpha + Z'_y \cos \beta = 0$$

на свободной поверхности,

$$[X'_x \cos \alpha + X'_y \cos \beta]_j - [X'_x \cos \alpha + X'_y \cos \beta]_0 + [\lambda_j(1+\sigma) - \lambda_0(1+\sigma)] \cos \alpha = 0,$$

$$[Y'_x \cos \alpha + Y'_y \cos \beta]_j - [Y'_x \cos \alpha + Y'_y \cos \beta]_0 + [\lambda_j(1+\sigma) - \lambda_0(1+\sigma)] \cos \beta = 0,$$

$$[Z'_x \cos \alpha + Z'_y \cos \beta]_j - [Z'_x \cos \alpha + Z'_y \cos \beta]_0 = 0$$

на поверхностях раздела.

Решая последнюю задачу и подставляя найденные значения в (4), получим:

$$\begin{aligned} X_x &= 0 & X_y &= 0, \\ Y_y &= 0, & X_z &= 0, \\ Z_z &= \nu E_j + 2\nu^2 \sigma E_j, & Y_z &= 0, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $j=0, 1, 2, \dots, m$ .

Соответствующие смещения будут

$$\begin{aligned} u &= -\nu \sigma x - \nu^2 \sigma^2 x, \\ v &= -\nu \sigma y - \nu^2 \sigma^2 y, \\ w &= \nu \gamma - \nu^2 \gamma, \end{aligned} \quad (7)$$

в области  $S_j$  ( $j=0, 1, 2, \dots, m$ ).



Легко убедиться, что компоненты напряжения (6) на торцевой поверхности  $\zeta=l$  удовлетворяют требуемым условиям:

$$\begin{aligned} \iint_S X_z d\sigma &= 0, & \iint_S Y_z d\sigma &= 0, & \iint_S Z_z d\sigma &= F, \\ \iint_S y Z_z d\sigma &= 0, & \iint_S x Z_z d\sigma &= 0, & \iint_S (x Y_z - y X_z) d\sigma &= 0, \end{aligned}$$

где  $d\sigma$ —элемент площадки деформированного сечения.

В заключение заметим, что если коэффициенты Пуассона для областей  $S_j$  ( $j=1, 2, \dots, m$ ) и  $S_0$  различны, тогда компоненты смещения  $u$  и  $v$  терпят разрыв при переходе через поверхность раздела, а  $w$  остается непрерывным.

Для устранения указанного разрыва требуется наложить на найденное решение (7) решение некоторой плоской задачи.

Академия Наук Грузинской ССР  
Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 28.12.1942)

დრეკადობის თეორია

ა. გორგიძე

შედგენილი ძელის ბაჭინვის მეორადი ეფექტები

რეზუმე

წინამდებარე წერილში განხილულია სხვადასხვა მასალისაგან შედგენილი ნებისმიერი განივი კვეთის მქონე ძელის გრძივი ძალით გაჭიმვის მეორადი ეფექტების ამოცანა. აქვე ნაჩვენებია ამოცანის ამოხსნის გზა იმ შემთხვევაშიც, 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. А. Я. Горгидзе и А. К. Рухадзе. О вторичных эффектах при кручении армированного кругового цилиндра. Сообщения Акад. Наук Груз. ССР, т. III, № 8, 1942, стр. 759.



А. К. РУХАДЗЕ

## ВТОРИЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ЗАДАЧЕ ИЗГИБА ПАРОЙ БРУСА, СОСТАВЛЕННОГО ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Во многих задачах техники часто приходится искать распределение напряжений в составных призматических телах. Деформации таких тел в линейной теории упругости хорошо изучены акад. Н. И. Мухелишвили ([1], стр. 387—419), вопрос же о вторичных эффектах, насколько нам известно, еще никем не рассматривался, если не считать одной работы [2]. Настоящая статья, так же как и статья А. Я. Горгидзе, помещенная в этом же номере (стр. 111—114), посвящена вопросам указанного типа. В частности, нашу статью можно рассматривать как продолжение только что упомянутой статьи, обозначений которой и будем придерживаться. Будем полагать, что имеем брус, составленный из различных материалов с одним и тем же коэффициентом Пуассона, но с различными модулями упругости, поперечное сечение которого  $S$  (в недеформированном состоянии) состоит из областей  $S_1, S_2, \dots, S_m$ , соответствующих стержням и области  $S_0$ , соответствующей окружающему материалу. Границы областей  $S_1, S_2, \dots, S_m$  обозначим через  $L_1, L_2, \dots, L_m$ , тогда граница области  $S_0$  будет состоять из замкнутых контуров  $L_1, L_2, \dots, L_m$  и замкнутого контура  $L_{m+1}$ , содержащего внутри себя все предыдущие.

Начало координат поместим в приведенном центре инерции<sup>(1)</sup> закрепленного основания, ось  $O\xi$  направим параллельно образующим боковой поверхности, а оси  $O\eta, O\zeta$  по приведенным главным осям инерции<sup>(1)</sup> этого сечения.

Обозначим через  $\xi, \eta, \zeta$  координаты точки недеформированного бруса, а через  $x, y, z$ —координаты той же точки после деформации; обозначим, далее, через  $\lambda_j, \mu_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) постоянные Ляме составляющих стержней, а через  $\lambda_0, \mu_0$ —окружающего материала. Предположим, что боковая поверхность бруса свободна от внешних усилий, что компоненты смещения  $u, v, w$  непрерывны при переходе через поверхности раздела, и что усилия, действующие на свободном торце  $\zeta = l$ , приводятся к изгибающей паре, момент которой равен по величине  $M_\eta$  и направлен вдоль оси  $O\eta$ .

<sup>(1)</sup> Мы применяем эти понятия, следуя акад. Н. И. Мухелишвили [1].



В настоящей работе мы будем пользоваться некоторыми формулами нелинейной теории упругости, в том виде, как они были приведены в [2].

При указанных условиях, изучаемый нами вопрос сводится к следующей задаче: ищутся компоненты напряжения  $X_x, Y_y, \dots, Y_z$ , удовлетворяющие в области, занятой телом, однородным уравнениям равновесия:

$$\frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} + \frac{\partial X_z}{\partial z} = 0, \quad (1)$$

. . . . .

однородным условиям совместимости и следующим граничным условиям:

$$X_x \cos \widehat{nx} + X_y \cos \widehat{ny} + X_z \cos \widehat{nz} = 0, \quad (2)$$

. . . . .

на свободной боковой поверхности,

$$[X_x \cos \widehat{nx} + X_y \cos \widehat{ny} + X_z \cos \widehat{nz}]_j = [X_x \cos \widehat{nx} + X_y \cos \widehat{ny} + X_z \cos \widehat{nz}]_0, \quad (3)$$

. . . . .

на поверхностях раздела, где значки при квадратных скобках указывают на номер области,  $\cos \widehat{nx}, \cos \widehat{ny}, \cos \widehat{nz}$  — направляющие косинусы нормали деформированной поверхности.

Компоненты напряжения и смещения будем искать с точностью до  $v^2$ , где  $v = \frac{M\eta}{I_E}$  ( $I_E$  — приведенный момент инерции сечения относительно оси  $O\eta$ ). Физически это означает изгиб бруса парой в случае, когда момент изгибающей пары имеет достаточно большую величину.

Решение задачи будем искать в виде:

$$u = \frac{1}{2} v[\chi^2 + \sigma(x^2 - y^2)] + v^2 u_1,$$

$$v = v\sigma xy + v^2 v_1, \quad (4)$$

$$w = -v\chi z + v^2 w_1,$$

где  $u_1, v_1, w_1$  — искомые дополнительные смещения.

Связь между направляющими косинусами нормали деформированной и недеформированной поверхностей дается, с указанной степенью точности, формулами:

$$\cos \widehat{nx} = \cos \alpha - v\sigma \cos \beta,$$

$$\cos \widehat{ny} = \cos \beta + v\sigma \cos \alpha, \quad (5)$$

$$\cos \widehat{nz} = -v\chi \cos \alpha.$$



Компоненты же напряжения, с той же степенью точности, имеют вид:

$$X_x = \nu^2 \lambda_j (1 + \sigma) x^2 - \nu^2 \frac{1}{2} \lambda_j \sigma y^2 - \nu^2 (\lambda_j + \mu_j) \zeta^2 + \nu^2 X'_x,$$

$$Y_y = \nu^2 \lambda_j (1 + \sigma) x^2 - \nu^2 \frac{1}{2} \lambda_j \sigma y^2 - \nu^2 \lambda_j \zeta^2 + \nu^2 Y_y,$$

$$Z_x = -\nu E_j x + \nu^2 2(1 + \sigma) [\lambda_j + \mu_j - \lambda_j \sigma] x^2 - \nu^2 \lambda_j \sigma^2 y^2 - \nu^2 (\lambda_j + \mu_j) \zeta^2 + \nu^2 Z'_x, \quad (6)$$

$$X_y = \nu^2 X'_y,$$

$$X_z = -\nu^2 \frac{1}{2} E_j x \zeta + \nu^2 X'_z,$$

$$Y_z = \nu^2 \mu_j \sigma y \zeta + \nu^2 Y'_z,$$

где  $X'_x, \dots, Y'_z$  — компоненты напряжения, соответствующие смещениям  $u_1, v_1, w_1$ .

Подставляя выражения (6) и (5) в уравнение равновесия (1) и в условия (2) и (3), получим:

$$\frac{\partial X'_x}{\partial x} + \frac{\partial X'_y}{\partial y} + \frac{\partial X'_z}{\partial \zeta} + (2\lambda_j - \mu_j)(1 + \sigma) x = 0,$$

$$\frac{\partial Y'_x}{\partial x} + \frac{\partial Y'_y}{\partial y} + \frac{\partial Y'_z}{\partial \zeta} + (\mu_j - \lambda_j) \sigma y = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial Z'_x}{\partial x} + \frac{\partial Z'_y}{\partial y} + \frac{\partial Z'_z}{\partial \zeta} - (2\lambda_j + 3\mu_j) \zeta = 0 \quad (\text{в области } S_j),$$

$$X'_x \cos \alpha + X'_y \cos \beta + \left[ \lambda_j (1 + \sigma) x^2 - \frac{1}{2} \lambda_j \sigma y^2 - (\lambda_j + \mu_j) \zeta^2 \right] \cos \alpha = 0,$$

$$Y'_x \cos \alpha + Y'_y \cos \beta + \left[ \lambda_j (1 + \sigma) x^2 - \frac{1}{2} \lambda_j \sigma y^2 - \lambda_j \zeta^2 \right] \cos \beta = 0, \quad (8)$$

$$Z'_x \cos \alpha + Z'_y \cos \beta + \frac{1}{2} E_0 x \zeta \cos \alpha + \mu_0 \sigma y \zeta \cos \beta = 0$$

на свободной боковой поверхности,



$$[X'_x \cos \alpha + X'_y \cos \beta]_j - [X'_x \cos \alpha + X'_y \cos \beta]_0$$

$$+ \left[ (\lambda_j - \lambda_0)(1 + \sigma) x^2 - \frac{1}{2} (\lambda_j - \lambda_0) \sigma y^2 - (\lambda_j + \mu_j - \lambda_0 - \mu_0) \chi^2 \right] \cos \alpha = 0,$$

$$[Y'_x \cos \alpha + Y'_y \cos \beta]_j - [Y'_x \cos \alpha + Y'_y \cos \beta]_0$$

$$+ \left[ (\lambda_j - \lambda_0)(1 + \sigma) x^2 - \frac{1}{2} (\lambda_j - \lambda_0) \sigma y^2 - (\lambda_j - \lambda_0) \chi^2 \right] \cos \beta = 0, \quad (9)$$

$$[Z'_x \cos \alpha + Z'_y \cos \beta]_j - [Z'_x \cos \alpha + Z'_y \cos \beta]_0$$

$$+ \frac{1}{2} (E_j - E_0) x \chi \cos \alpha + (\mu_j - \mu_0) \sigma y \chi \cos \beta = 0$$

на поверхностях раздела.

К этим соотношениям следует добавить условия **совместимости**, которые в нашем случае имеют вид:

$$\Delta X'_x + \frac{1}{1 + \sigma} \frac{\partial^2 T'}{\partial x^2} + \frac{\sigma}{1 - \sigma} (\lambda_j \sigma - 4\mu_j) + 2(2\lambda_j - \mu_j)(1 + \sigma) = 0,$$

$$\Delta Y'_y + \frac{1}{1 + \sigma} \frac{\partial^2 T'}{\partial y^2} + \frac{\sigma}{1 - \sigma} (\lambda_j \sigma - 4\mu_j) + 2(\mu_j - \lambda_j) \sigma = 0,$$

$$\Delta Z'_z + \frac{1}{1 + \sigma} \frac{\partial^2 T'}{\partial \chi^2} + \frac{\sigma}{1 - \sigma} (\lambda_j \sigma - 4\mu_j) - 2(2\lambda_j + 3\mu_j) = 0,$$

$$\Delta X'_y + \frac{1}{1 + \sigma} \frac{\partial^2 T'}{\partial x \partial y} = 0,$$

$$\Delta X'_z + \frac{1}{1 + \sigma} \frac{\partial^2 T'}{\partial x \partial \chi} = 0,$$

$$\Delta Y'_z + \frac{1}{1 + \sigma} \frac{\partial^2 T'}{\partial y \partial \chi} = 0,$$

где  $T' = X'_x + Y'_y + Z'_z$ .



Для решения поставленной задачи примем:

$$X'_x = (\mu_j - \lambda_j)(1 + \sigma)x^2 + \frac{1}{2}\lambda_j\sigma y^2 + (\lambda_j + \mu_j)\zeta^2 + p_j\bar{y}^2 + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2},$$

$$Y'_x = -(\lambda_j + \zeta\mu_j)(1 + \sigma)x^2 + \frac{1}{2}\lambda_j\sigma y^2 + \lambda_j\zeta^2 + p_jx^2 + \frac{\partial^2 F}{\partial x^2},$$

$$Z'_x = -2(1 + \sigma)[\lambda_j + \mu_j - \lambda_j\sigma]x^2 + \lambda_j\sigma^2 y^2 + [\lambda_j + \mu_j(2 + \sigma)]\zeta^2 + \sigma p_j(x^2 + y^2) \quad (11) \\ + \sigma\Delta F + E_j(h + mx + ny),$$

$$X'_y = -\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y},$$

$$X'_z = -\mu_j(1 + \sigma)x\zeta,$$

$$Y'_z = -\mu_j\sigma y\zeta,$$

где  $p_j, h, m, n$  — искомые постоянные,  $F$  — искомая функция, бигармоническая в области  $S$ ,  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ .

Легко установить, что напряжения (11) удовлетворяют уравнениям равновесия (7), граничным условиям (8) и (9) и условиям совместимости (10), если

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

$$\frac{\partial F}{\partial x} - i \frac{\partial F}{\partial y} = \int_S [p_0(x^2 \cos \beta + iy^2 \cos \alpha) - \mu_0(1 + \sigma)(\zeta x^2 \cos \beta - ix^2 \cos \alpha)] ds \quad (\text{на } L_{m+1}),$$

(12)

$$\left[ \frac{\partial F}{\partial x} - i \frac{\partial F}{\partial y} \right]_j - \left[ \frac{\partial F}{\partial x} - i \frac{\partial F}{\partial y} \right]_0 = \int_S [(p_j - p_0)(x^2 \cos \beta + iy^2 \cos \alpha) - (\mu_j - \mu_0)(1 + \sigma)(\zeta x^2 \cos \beta - ix^2 \cos \alpha)] ds \quad (\text{на } L_j),$$

$$p_j = \frac{1}{2}\mu_j \frac{\zeta + \sigma - 3\sigma^2}{1 - \sigma}.$$

(13)

Можно также показать, что условия однозначности производных  $\frac{\partial F}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial F}{\partial y}$  выполняются. Следовательно, применяя, например, общеизвестный метод акад. Н. И. Мухелишвили ([1], стр. 145—154), всегда можно определить функцию  $F$ .

Смещения, соответствующие напряжениям (11), будут:

$$\begin{aligned}
 u_1 &= \frac{1}{4} (\zeta + \sigma - \sigma^2) xy^2 + \frac{1}{2} (1 - \sigma) x \chi^2 - \frac{1}{12} \frac{\sigma^3 + 7\sigma^2 - 3\sigma - 2}{1 - \sigma} x^3 \\
 &\quad - \sigma \left[ hx + \frac{1}{2} m(x^2 - y^2) + nxy \right] - \frac{1}{2} m \chi^2 + u', \\
 v_1 &= -\frac{1}{4} (\zeta + \sigma - \sigma^2) yx^2 - \frac{1}{2} (1 - \sigma) y \chi^2 + \frac{1}{12} \frac{\sigma^3 + \sigma^2 - 5\sigma}{1 - \sigma} y^3 \\
 &\quad - \sigma \left[ hy + \frac{1}{2} n(y^2 - x^2) + mxy \right] - \frac{1}{2} n \chi^2 + v', \\
 w_1 &= -x^2 \chi + \frac{1}{3} \chi^3 + [h + mx + ny] \chi + \sigma \left[ \frac{1}{2} ux^2 - mxy \right],
 \end{aligned} \tag{14}$$

где  $u'$  и  $v'$  — смещения, соответствующие бигармонической функции  $F$ .

Нетрудно показать, что смещения  $u'$  и  $v'$  зависят лишь от  $x$ ,  $y$  и  $\sigma$  и, следовательно, компоненты смещения  $u$ ,  $v$  и  $w$  в нашем случае остаются непрерывными при переходе через поверхности раздела.

Возвращаясь к формулам (6), получим:

$$\begin{aligned}
 X_x &= \nu^2 p_j y^2 + \nu^2 \mu_j (1 + \sigma) x^2 + \nu^2 \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}, \\
 Y_y &= \nu^2 p_j x^2 - \nu^2 \zeta \mu_j (1 + \sigma) x^2 + \nu^2 \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}, \\
 Z_z &= -\nu E_j x + \nu^2 \mu_j (1 + \sigma) \chi^2 + \nu^2 \sigma p_j (x^2 + y^2) \\
 &\quad + \nu^2 \sigma \Delta F + \nu^2 E_j (h + mx + ny) \quad (\text{в области } S_j), \\
 X_y &= -\nu^2 \frac{\partial^2 F}{\partial y \partial x}, \\
 X_z &= -\nu^2 E_j x \chi, \\
 Y_z &= 0.
 \end{aligned} \tag{15}$$

Легко проверить, что напряжения (15) удовлетворяют на свободной торцевой поверхности условиям:

$$\begin{aligned}
 \iint_S X_z dx dy = 0, \quad \iint_S Y_z dx dy = 0, \quad \iint_S Z_z dx dy = 0^{(1)}, \\
 \iint_S (x Y_z - y X_z) dx dy = 0, \quad \iint_S y Z_z dx dy = 0^{(1)}, \quad \iint_S x Z_z dx dy = -M \eta^{(1)}.
 \end{aligned} \tag{16}$$

<sup>(1)</sup> Эти условия выполняются за счет надлежащего выбора постоянных  $h$ ,  $m$  и  $n$ .



В качестве примера рассмотрим случай, когда имеем упругий круговой брус, армированный продольным круговым стержнем, и предположим, что внешняя поверхность бруса, а также поверхность раздела стержня и окружающего материала—круговые концентрические цилиндры.

Обозначим радиусы окружностей  $L_1$  и  $L_2$  соответственно через  $1$  и  $r$ .

Нетрудно показать, что в этом случае:

$$F_1 = b_1(x^2 + y^2) + b'_1(x^2 - y^2) + b_3(x^4 - y^4) + b'_3(x^4 + y^4 - 6x^2y^2) \quad (\text{в области } S_1),$$

$$F_2 = a_1(x^2 + y^2) + a'_1(x^2 - y^2) + a_3(x^4 - y^4) + a'_3(x^4 + y^4 - 6x^2y^2) \quad (17)$$

$$+ a_{-1} \frac{x^2 + y^2}{x^2 + y^2} + a'_{-1} \log(x^2 + y^2) + a'_{-3} \frac{x^2 - y^2}{(x^2 + y^2)^2} \quad (\text{в области } S_0),$$

$$h = - \frac{\sigma(\sigma^2 + \sigma + 1)}{8(1 - \sigma^2)} \frac{E_0 r^4 + (E_1 - E_0)}{E_0 r^2 + (F_1 - E_0)} - 4\sigma \frac{a_1 r^2 + b_1 - a_1}{E_0 r^2 + E_1 - F_0}$$

где постоянные  $b_1, b'_1, b_3, \dots, a'_{-3}$  имеют следующие значения:

$$a_1 = \frac{\sigma^2 - \sigma - 3}{16(1 - \sigma)} \frac{1 + (1 - 2\sigma) \frac{\mu_0}{\mu_1} + (1 - 2\sigma) \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right) \frac{1}{r^4}}{1 + (1 - 2\sigma) \frac{\mu_0}{\mu_1} + (1 - 2\sigma) \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right) \frac{1}{r^2}} r^2 \mu_0,$$

$$b_1 = \frac{\sigma^2 - \sigma - 3}{16(1 - \sigma)} \frac{2(1 - \sigma)r^2 \frac{\mu_0}{\mu_1} + (1 - 2\sigma) \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right) \frac{1}{r^2} + \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right)}{1 + (1 - 2\sigma) \frac{\mu_0}{\mu_1} + (1 - 2\sigma) \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right) \frac{1}{r^2}} \mu_1,$$

$$a'_3 = \frac{1 - \sigma - 3\sigma^2}{96(1 - \sigma)} \mu_0, \quad b'_3 = \frac{1 - \sigma - 3\sigma^2}{96(1 - \sigma)} \mu_1, \quad (18)$$

$$a'_{-1} = \frac{\sigma^2 - \sigma - 3}{8(1 - \sigma)} \frac{(1 - 2\sigma) \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right) (r^2 - 1)}{1 + (1 - 2\sigma) \frac{\mu_0}{\mu_1} + (1 - 2\sigma) \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right) \frac{1}{r^2}} \mu_0,$$

$$a'_{-3} = \frac{\frac{1}{2} (1 + \sigma) \left[ \left( \frac{\mu_0}{\mu_1} - 1 \right) - \left( \frac{\mu_0}{\mu_1} + \frac{1}{3 - 4\sigma} \right) r^6 \right] \mu_0}{\left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right) \frac{1}{r^2} - \frac{4(1 - \sigma)}{r^2 - 1} + \left[ \frac{4(1 - \sigma)}{3 - 4\sigma} - \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right) \right] \left[ 3 - 3r^2 + r^4 - \frac{4(1 - \sigma) r^6}{\left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right) (r^2 - 1)} \right]},$$

$$a'_1 = \left[ \frac{2(1-\sigma)}{\left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right)\left(1 - \frac{1}{r^2}\right)} - \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{r^2}\right) \right] a_{-1},$$

$$a_3 = \frac{1}{3}(1+\sigma)\mu_0 + \frac{1}{3} \left[ \frac{-4(1-\sigma)}{\left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right)(r^2-1)} + \frac{1}{r^2} \right] a_{-1},$$

$$a'_{-3} = \frac{1}{12}\mu_0(1+\sigma)r^6 + \left[ \frac{2}{3} \frac{(1-\sigma)r^6}{\left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_1}\right)(1-r^2)} + \frac{1}{\sigma}r^4 - \frac{1}{2}r^2 \right] a_{-1},$$

$$b_3 = -\frac{1}{6}(1+\sigma)(\mu_0 - \mu_1) + a_3 - a_{-1} - 2a'_{-3},$$

$$b'_1 = -\frac{1}{4}(1+\sigma)(\mu_0 - \mu_1) + 2a_{-1} + a'_1 + 3a'_{-3}.$$

Академия Наук Грузинской ССР  
Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 28.12.1942)

დრეკადობის თეორია

ა. რუხადე

შედგენილი ძელის წყვილძალით ლუნვის მეორადი ეფექტები

რეზუმე

წინამდებარე წერილში მოცემულია სხვადასხვა მასალისაგან შედგენილი ძელის წყვილძალით ლუნვის მეორადი ეფექტების ანგარიში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
თბილისის მათემატიკური ინსტიტუტი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. Н. И. Мусхелишвили. Некоторые задачи теории упругости. Второе издание. 1935.
2. А. Я. Горгидзе и А. К. Рухадзе. О вторичных эффектах при кручении армированного кругового цилиндра. Сообщения Акад. Наук Грузинской ССР, т. III, № 8, 1942.



## THE $K$ -TERM AND THE HYPOTHESIS OF OUTWARD MOTION OF MATTER

By G. SHAJN

During the last 10—15 years there have been found serious arguments in favour of the outflow of matter hypothesis (Wolf-Rayet, P Cygni stars, Novae). As belongs Be stars the observed facts are difficult to interpret; in several cases, however, formation of tenuous shells is indicated. The author found recently evidences telling to the credit of outward motion of matter in the supergiants  $B_5-A_3$  [1].

The outward motion being very small and the emission lines insignificant or absent at all, it is very difficult to discover outflow of matter. But the number of considered stars being not too small, the analysis of radial velocities may possibly show the effect in question. This analysis must give the negative  $K$ -term, unless the group motion and the distribution of stars are too peculiar. The author used the general relation:

$$V = K + X \cos l \cos b + Y \sin l \cos b + Z \sin b + \bar{r} A \sin 2(l - l_0) \cos^2 b. \quad (1)$$

In what classes of stars the negative  $K$ -term is likely to appear? Though we do not exactly know the forces causing ejection or outward motion of matter, we may still suggest this effect to be present first of all in some supergiants where the radiation pressure overbalances, to some extent, the gravity, and in several types of variable stars. It must, however, be emphasised that the problem of radiation pressure in its application to stellar atmospheres is highly intricate. The residual intensity of the net stream properly determining the radial outward pressure is known to be a function of the atmospherical height, thus the effect in question varies from layer to layer. Another complication arises from the effect of ionisation. If many atoms possessing ultimate lines in the visible region of the spectrum move outward under radiation pressure, they become successively ionised within a small distance from the surface. Then, under the action of gravity the ions at last fall back to the surface until a recombination occurs. This is a sort of cyclical process. There are, however, several restrictions connected with the amount of ionising radiation and the electron density, the question of initial atom velocities being likewise important. Finally we must keep in mind the effect of diffusion drag suggested by Mc Crea [2].



The radiation pressure due to continuous absorption and the effect of integral equivalent width of all absorption lines seem to be easier to compute. Thus the author found that in supergiants of early type but few tenths of atmospheric mass may be supported by radiation pressure. Still even here we do not know whether this result is over- or underestimated. However, the selective radiation pressure can by no means be neglected for several kinds of atoms. In supergiants with temperatures of  $10000^{\circ}$ — $15000^{\circ}$  the computed acceleration due to radiation pressure for atoms of hydrogen and some other elements is of the same order as the gravity acceleration [3]. This holds, at least, for several layers of atmosphere. In the atmospheres of several supergiants of early class the radiation pressure seems even to overbalance the gravity; but the numerical results are far from being quite definite since they do not appeal to a detailed model of atmosphere. Besides, there may be present other agencies causing a strong decrease of gravity acceleration or even an expulsion of matter. At any rate, such forces are known to be effective even in solar atmosphere, though their origin remains unknown. Thus it is rather difficult to foresee in what classes of stars outward motion of gases may be suggested for. Starting from some general considerations the author decided to deal in this paper only with supergiants, Cepheids, and long-period variable Me stars.

First of all, equations [1] are solved for the supergiants cB5 — cA3. On selecting the c-stars of this type the classification made but with slit spectrograph was used. The sources are as follows: 47 stars from a special list by Merrill [4]; 4 stars observed by Harper [5], and one by Young [6]. Because of the high galactic concentration and the lack of observational material in the southern hemisphere, it would be hardly reasonable to expect the solution to give even approximately the standard value for the solar apex, especially its latitude. Despite this and the small number of stars, the equations have been solved at first in form (1). In order not to assign too much weight to the stars of the Perseus cluster (9 stars) they had been combined in three groups; thus we had only 46 observational equations (first column of Table 1). To control this, another solution has been made by assigning unity weight to all stars. A very poor determination of the solar apex is not surprising. The position of the galactic centre as well as the absolute magnitude of c-stars, as derived from  $\bar{r}A$ , turned out to be in good agreement with the best modern results (taking the interstellar absorption  $M = -5.6$ ). The most interesting result is, however, a large negative  $K$ -term. Next a second solution has been performed adopting the standard position for the solar apex and the galactic centre (second column). Finally we accepted in a third solution the standard value  $+20^{\circ}$  for the latitude, because of the impossibility to obtain practically the latitude of the solar apex (third column). In order to get a rather homogeneous group with respect to the distance, the author excluded the three brightest stars ( $\beta$  Orion,  $\alpha$  Cygni, and  $\eta$  Urs. Maj.).



Table 1

	1	2	3	4
$K$	$-6.8 \pm 1.8$	$-5.3 \pm 1.1$	$-5.8 \pm 2.0$	$-4.9 \pm 1.5$
$X$	$-16.2 \pm 2.7$		$-13.6 \pm 3.1$	
$Y$	$-4.7 \pm 2.1$		$-5.8 \pm 2.5$	
$Z$	$-30.4 \pm 7.0$			
$\bar{r}A \cos 2l_0$	$+8.2 \pm 3.0$		$5.5 \pm 2.2$	
$\bar{r}A \sin 2l_0$	$-21.5 \pm 2.3$		$-20.8 \pm 2.6$	
$l_a$	$16^\circ 3$		$23^\circ 2$	
$V_0$		$-18.5 \pm 1.8$		$-19.5 \pm 2.1$
$V_0 \cos b_a$			$-15.8$	
$l_0$	$325^\circ 4$		$322^\circ 4$	
$\bar{r}A$	$+23.0$	$+22.6 \pm 1.5$	$+21.5$	$+25.1 \pm 2.0$

Each of these three solutions gives a large negative value for the term  $K$ . Keeping in view that the mean residual of these stars  $\theta = 11.9$  km/sec shows a small dispersion, we may hardly avoid the conclusion that we are here dealing with a real phenomenon. This result cannot be explained by the non-uniform distribution of c-stars in galactic longitude since stars of type 0 and Bo—B2 at nearly the same distribution give even a positive  $K$ -term. The Einstein red shift for c-stars being taken account of the values of  $K$  in Table 1 should be increased. The hypothesis of any peculiar stream motion for supergiants is hardly tenable since the solar motion with regard to these stars shows probably no anomaly. The negative  $K$ -term may be interpreted in connection either with the spatial contraction of the c-stars system or the outward motion of gases in their atmospheres. But from the standpoint of stellar dynamics an expansion is rather to be suggested for. Besides, a relative negative shift for Ca II lines having been observed in addition to the negative  $K$ -term, the hypothesis of outward motion of gases becomes much more plausible.

The above conclusion being rather important it would be desirable to consider previous works with regard to the  $K$ -term for c-stars in question. Until quite recently no available informations were at hand. It was but in 1941 that Wilson's paper concerning the motion of c-stars appeared. Because of war-time conditions the author was able to read it not before his work had been completed [7]. Without dividing the c-stars into spectral groups R. Wilson found the  $K$ -term for 205 cB—cK5 stars to be equal to  $-2.0 \pm 0.8$ . But he did not emphasise this result. Including in his list also several stars of Miss Payne's index, where the spectra had been also described on basis of objective prism observations, R. Wilson was in the selection of c-stars more liberal than the author. It is open to doubt whether all these stars really belong to the c-class. Because of this and especially of the great difference in spectral classes



a comparison of the author's results with Wilson's data is not admissible. It is, however, remarkable that in Wilson's solution there appears a negative  $K$ -term, probably real, though noticeably smaller than that given in Table 1. Taking for control purposes all B<sub>5</sub>—A<sub>7</sub> stars from Wilson's list and adding the above mentioned Victoria and Dunlop observations the author solved anew equations [1]. The results for 66 stars are given in column 4 of Table 1. Here, as well as in our second solution we adopted the standard position for solar apex and galactic centre. Agreeing fairly well with the author's other solutions these results tell in favour of a real negative  $K$ -term in the considered supergiants.

Using Wilson's list of c-stars an analysis of the radial velocities by means of equations [1] has been carried out for the supergiants cA<sub>7</sub>—cK<sub>5</sub>.

When solving [1] separately for 40 stars of type cB<sub>0</sub>—cB<sub>5</sub> (mostly cB<sub>0</sub>—cB<sub>2</sub>) we adopted as known the position for galactic centre and solar apex. The results are as follows:  $K = +0.1 \pm 1.2$ ,  $V_0 = -16.1 \pm 3.3$ , and  $\bar{r}A = +29.5 \pm 2.7$ . In the second solution a standard value has been also adopted for  $V_0$  (20 km), and the  $K$ -term turned out to be  $-1.2 \pm 3.0$ . The failure to find considerable negative  $K$ -terms may be explained by several reasons. Firstly, the negative  $K$ -term as due to outward motion of gases may be to some extent compensated by the positive Einstein shift. Secondly, the effect of selective radiation pressure for hydrogen atoms decreases at temperatures above  $15000^\circ$  because of the increased ionisation. Thirdly, the c-characteristics in the spectra of type B<sub>0</sub>—B<sub>3</sub> are not so striking as in B<sub>7</sub>—A<sub>3</sub>, and, in addition, the difference in absolute magnitudes between supergiants and usual stars of the same type B<sub>0</sub>—B<sub>3</sub> is not large. At any rate, it is worth attention that the  $K$ -term for cB<sub>0</sub>—cB<sub>5</sub> is nearly smaller by 3—4 km than the  $K$ -term for the usual stars B<sub>0</sub>—B<sub>3</sub>.

When solving [1] for 114 supergiants cA<sub>7</sub>—cK<sub>5</sub>, divided into 24 groups, we adopted the standard value for solar apex. The results of two solutions (with and without weights) are as follows:

	I	II
$K$	$0.0 \pm 1.0$ km/sec	$-1.5 \pm 1.3$ km/sec
$V_0$	$-21.3 \pm 1.6$	$-19.4 \pm 1$
$\bar{r}A$	$+10.2$	$+11.0$
$l_0$	$310.9$	$328^\circ$

The reality of the negative  $K$ -term is open to doubt. At any rate, it must be small. This result is possibly not surprising if we take in view that the radiative acceleration for hydrogen atoms due to line  $L_\alpha$  and to ultra-violet continuous radiation decreases more than by 1000 times the temperature falling from  $10000^\circ$  to  $6000^\circ$ . In addition we must not neglect that the supergiants of later



type are nearly by two absolute magnitudes fainter than the  $cB_5 - cA_3$  stars, and, *ceteris paribus*, this leads to a decrease in the effect of radiation pressure. Although for several ultimate lines due to metals a displacement to the violet may be suggested for, the atmosphere as a whole is probably but little affected in what concerns only the radiation pressure. Thus the author is justified in drawing the conclusion that the negative  $K$ -term is very small or absent at all in the supergiants of type F-K and amounts nearly to  $-5$  km for the supergiants  $B_5 - A_3$ . As belongs  $cB_0 - cB_5$  stars a small outward motion in the atmosphere may be possibly suggested for but on basis of indirect considerations.

It would be evidently of interest to apply the method in question to variables of pulsation type. The analysis of radial velocities for 157 Cepheids having been recently made by Wilson [8] with the aid of (1) there is no need to repeat the calculations. His final result for the  $K$ -term is  $-3.0 \pm 1.0$  R. Wilson, however, does not emphasise the importance of the negative value for the  $K$ -term. A repetition of this result with some additional data may be found in Wilson's later paper [9]. On account of the small value for the mean peculiar motion  $\theta = 14.0$  km and the normal position for solar apex and galactic centre the reality of a negative  $K$ -term for the Cepheids is likely to be suggested for. It may be also pointed out that a negative  $K$ -term  $-3 \pm 8$  km has been found for RR Lyrae variables; but because of the high group motion (119 km), the high peculiar motion (72 km), and the error probability the above result does not seem to be real. It is worth mentioning, too, that Pannekoek suggested for the Cepheids a large discrepancy between the dynamical gravity acceleration and its effective value [10]. Such a parallelism between the negative  $K$ -term and the high discrepancy between  $g$  and  $g_{eff}$  for the supergiants,  $cB_5 - cA_3$  [1] as well as for Cepheids seems to be remarkable.

Our problem in its application to Me variables is more intricate. This is connected with the known fact that stars with rapid space motion (among them Me stars) do not generally move wholly at random but are subject to a certain «velocity assymetry», i. e. to a general group motion in a certain direction [11]. Taking into account the correlation found recently by Merrill, viz. that the speed of the centroid of Me stars rapidly increases with rising residual velocity [12], we are likely to obtain more or less exact results if basing but on Me stars with small residual velocities (the observed radial velocity corrected for standard solar motion). When for the first time (about 20 years ago) computing the  $K$ -term for absorption lines, Merrill and Allen found  $-0.2$  and  $-2.0$  respectively. Now disposing of numerous observational material Merrill showed the  $K$ -term to amount to about  $+8$  km for the total of Me stars and  $+0.1$  for Me stars with residual velocities  $\cong 25$  km. Using [1] but neglecting the rotational term  $\bar{r} A \sin 2(l-l_0) \cos^2 b$ , Merrill computed in a later work the centroid motion and the  $K$ -term from the residual velocities. Starting from



Merrill's result and several other considerations we analysed by means of relation [1] in its full form the observed radial velocities for 136 Me stars from emission lines, the group being confined by residual velocities  $\cong 23$  km for absorptions lines. The results of the solutions of 29 observational equations with weights proportional to the number of stars are given below:

$K$	$-10.5 \pm 1.0$ km/sec	$A$	$266.3$
$X$	$-22.3 \pm 1.7$	$D$	$+27.0$
$Y$	$-7.4 \pm 2.0$	$V_0$	$25.0$
$Z$	$-10.6 \pm 1.8$	$l_0$	$304.8$
$\bar{r}A \cos 2l_0$	$-1.9 \pm 1.8$	$\bar{r}A$	$+5.1$
$\bar{r}A \sin 2l_0$	$-4.8 \pm 1.8$		

The solar motion turns out to be in good agreement with the standard value, but the galactic rotation is badly determined. The luminosity of Me stars derived from  $\bar{r}A$  appears to be too low. The most interesting result is the negative  $K$ -term  $-10.5$ . Despite of the large difference between Merrill's old and new values for  $K$ -terms with regard to absorptions lines, our result concerning the  $K$ -term for emission lines is quite in harmony with the previous one of Merrill ( $-12.5$ ).

Though the accuracy of determination for  $K$ -terms is known to be low because of the kinematic property of Me stars (possibly  $\pm 4$  km even for the stars under consideration), the reality of a considerable negative  $K$ -term, found for emission lines, may be doubtlessly suggested for, at least to a large extent. Likewise it is not excluded that the  $K$ -term amounts to few negative kilometers even for absorption lines.

It is worth mentioning here that in P Cygni stars the displacement of emission lines with regard to the absorption ones is opposite by sign as compared with that holding for Me stars. Though this fact points out at some difference in the structure of atmospheres of these two star classes and probably also in the mechanism exciting the emission lines, there is no doubt left that also in Me stars the hydrogen atoms, responsible for the emission lines, are subject to outward motion, at least in several layers of the atmosphere.

Thus the author is allowed to conclude that the analysis of radial velocities is likely to show a remarkable negative  $K$ -term for the supergiants cB5—cA3, the long-period variable Me stars (emission lines), and probably also for the Cepheids. The same possibly holds to a lesser extent for cBo—cB5. The plausible interpretation of this phenomenon is an outward motion of gases in the atmospheres of the stars.

Academy of Sciences of the Georgian SSR  
Abastumani Astrophysical Observatory

(Received 16.1.1943)



ბ. შანიძე

 $K$ -წევრი და ნივთიერების გამომდინების ჰიპოთეზი

რეზიუმე

სხივურ სიჩქარეთა სრულმა ანალიზმა საშუალება მოგვცა გამოგვევლინა მნიშვნელოვანი სიდიდის უარყოფითი  $K$ -წევრის არსებობა  $cB_5 - cA_3$  ზებუმბერაზებში, ცვალებად ვარსკვლავებში — Me (ემისიური ხაზები და, ალბათ, ცეფეიდებშია). შეიძლება მას ადგილი ჰქონდეს აგრეთვე  $cB_0 - cB_5$  ვარსკვლავებში, თუმცა უფრო ნაკლები სიდიდით. ამ ფენომენის მისაღები ინტერპრეტაცია მდგომარეობს ნივთიერების აღმავალი მოძრაობის არსებობაში ჩამოთვლილ ვარსკვლავთა ატმოსფეროში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
აბასთუმანის ასტროფიზიკური ობსერვატორია

## REFERENCES—ციტირებული ლიტერატურა

1. Shajn. Bull. Astroph. Obs. Abastumany No 7, 1943 (in press).
2. Mc Crea. M. N. 95, 509, 1935.
3. Gerasimovič. M. N. 94, 757, 1934. Mc Crea. The Observatory No 277, 1939.
4. Merrill. Aph. J. 81, 351, 1935.
5. Harper. Publ. Dom A. O. VII, No 1, 1937.
6. Jounq. Publ. Dunlop Obs. I. No 5, 1939.
7. Wilson. Aph. J. 53, 212, 1941.
8. Wilson. Aph. J. 89, 229, 1939.
9. Wilson. Aph. J. 92, 191, 1940.
10. Pannekoek. Bull. Ast. Inst. Nether I. VIII, No 301, 1937.
11. Strömberg. Aph. J. 61, 363, 1925.
12. Merrill. Aph. J. 94, 213, 1941.

Ю. А. СИКОРСКИЙ

## ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ КРИСТАЛЛОВ KI, НАСЫЩЕННЫХ ИОДОМ, В СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

### 1. Введение

Изучением зависимости электропроводности диэлектриков от величины приложенного электрического поля занимались многие исследователи. Интерес к таким исследованиям обусловлен тем, что из характера этой зависимости можно составить представление о механизме электропроводности. Выяснение этой зависимости в сильных электрических полях дает возможность ближе подойти к вопросу о механизме пробоя.

Вопрос об электропроводности диэлектриков в сильных полях привлек также внимание ряда теоретиков, как, например, Хишпеля [1], Фрелиха [2], Фаулера [3] и др., давших теории пробоя или, точнее, предпробойного состояния.

Наряду с теоретическими работами о пробое диэлектриков ведутся экспериментальные работы с целью выяснить правильность той или иной теории, однако однозначного решения этой проблемы для всех диэлектриков пока нет. Так, например, Вальтер и Инге [4], изучая электронные токи в твердых диэлектриках в сильных электрических полях, пришли к выводу, что теория ударной ионизации не может объяснить повышенную темновую электропроводность в сильных полях, так как увеличение световой и темновой проводимости в одинаковых пределах изменения напряжения весьма различно. Исследуя возрастание электронной проводимости в сильных полях, Арсеньева [5] склоняется к правильности теории Писаренко [5]. Другие авторы приходят к отличным от указанных выводам.

Как известно, ток через диэлектрик осуществляется ионами и электронами. При комнатной температуре в слабых электрических полях ток через диэлектрик обусловлен ионной составляющей. В сильных полях, наоборот, преобладающее значение принадлежит электронам. Характер зависимости между силой тока и напряжением показывает, что вначале, при слабых полях, выполняется закон Ома. Затем наблюдается отступление от закона Ома, объяснимое тем, что в сильных полях происходит возникновение добавочных электронов. Впервые отступление от закона Ома наблю-



дал Пуль. Он выразил эту зависимость следующей эмпирической формулой:

$$\sigma = \sigma_0 e^{bE},$$

где  $b$ —постоянная, зависящая от температуры,  $\sigma_0$ —электропроводность в слабых полях,  $E$ —напряженность электрического поля.

Проверкой закона Пуля занимался целый ряд ученых. Пружинина-Грановская [6] наблюдала выполнение закона Пуля у слюды, Шиллер [7]— у гипса и так далее.

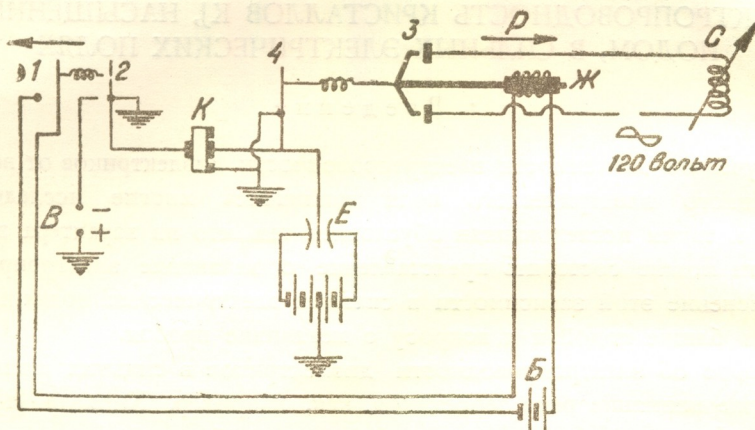


Рис. 1.

В данной работе изучались насыщенные иодом кристаллы КJ. До сего времени исследование проводимости в сильных полях производилось в таких диэлектриках, где носителями электропроводности являлись свободные электроны. Это имело место в опытах Вальтера и Инге [4], Арсеневой [5] и других. Параллельно с этим несомненный интерес представляет изучение такого диэлектрика, между атомами которого помещены добавочные ионы, являющиеся, по выражению Шоттки, акцепторами или донорами электронов. Примером такого диэлектрика являются взятые автором кристаллы КJ, насыщенные иодом. В них избыточные атомы иода помещаются в кристаллической решетке и связаны некоторым образом с ее атомами. Кристаллы КJ, насыщенные иодом, имеют два максимума в кривой поглощения, соответствующие, по данным Молльво [8], длине волны в 279 и 350 мμ. С точки зрения учения об энергетических зонах, в кристаллах КJ, насыщенных иодом, по представлениям Калабухова [9] и других, электроны перебрасываются тепловым движением из нижней зоны на уровни, соответствующие внедренным в кристаллическую решетку атомам иода. Вследствие этого в нижней зоне освобождаются свободные места, перемещающиеся по зоне и образующие в электрическом поле замененный или дырочный ток.



Целью данной работы является изучение поведения в сильных электрических полях кристаллов с дырочной электропроводностью.

## 2. Методика измерений

Для измерения тока был применен метод зарядки электрометра. Как известно, процесс измерений по этому методу сводится к следующему: вначале на кристалл подается напряжение, затем отземляется электрометр и одновременно с этим включается секундомер. При этом следят за скоростью перемещения нити. Измеряется первичный ток, поэтому промежуток времени между моментом включения напряжения и отземления электрометра должен быть по возможности малым, чтобы явление поляризации не сказалось на величине измеряемого тока. Кроме того, желательно, чтобы указанный промежуток времени был одинаковым во всех измерениях. Включение секундомера и отземление электрометра необходимо производить одновременно.

Соблюдение этих условий затруднительно, если включать напряжение, пускать секундомер и отземлять электрометр от руки, следствием чего явятся большие ошибки в определении силы тока. Для уменьшения этих ошибок, в данной работе была использована специальная схема, в которой все необходимые включения производились автоматически после нажатия кнопки телеграфного ключа. Действительно, при движении по направлению стрелки ножа ключа 1 (рис. 1) перемещается и нож ключа 2, связанный с 1 пружиной, причем расстояние между контактами ключей 1 и 2 рассчитано так, что когда нож 1 пройдет три четверти своего пути, замыкается ключ 2 и на кристалл *K* подается напряжение от выпрямителя *B*. Через промежуток времени, соответствующий движению ножа 1 на последней четверти своего пути, замыкается цепь электромагнитного реле *P* и ток батареи *B* создает в катушке электромагнита поле, втягивающее направо железный стержень *Ж*. При своем движении стержень *Ж* отземляет электрометр ключом 4 и одновременно с этим, замыкая ключ 3, включает электрический секундомер *C*. Промежутки времени секундомер отмечает с точностью до 0,01 секунды. После прохождения нитью электрометра известного числа делений, кнопку ключа 1 отпускают и все ключи одновременно возвращаются в первоначальное положение. Установка готова к следующему измерению.

В данной работе исследовались кристаллы КJ, насыщенные иодом. Для насыщения иодом, кристаллы КJ помещались в стеклянную толстостенную трубку, запаивную с одного конца, в которую насыпался кристаллический иод. Затем трубку запаивали и помещали в стальную цилиндрическую бомбу. Бомбу клали в электрическую трубчатую печь и нагревали до 500—600°C в течение десяти часов. Из приготовленных таким образом



кристаллов выкальвались пластинки толщиной в 2—3 мм. Одна сторона пластинки полировалась на шелку. Затем кристалл приклеивался парафином к стеклянной пластинке по методу Бэйли [10] и после этого производилась полировка другой стороны кристалла, пока толщина кристалла не достигала нужной величины. Готовые кристаллы помещались в специальном держателе на янтарной изоляции в шлифе. Шлиф присоединялся к вакуумной установке. Во время измерений вакуум поддерживался порядка  $10^{-7}$  мм ртутного столба, чтобы исключить поверхностную проводимость. Шлиф и держатель для кристаллов были подобны по конструкции тем, какими пользовался Калабухов [11] и другие. Измерения производились при комнатной температуре.

### 3. Результаты измерений

Кристаллы КJ, насыщенные иодом, обладают проводимостью, во много раз превышающей проводимость кристаллов ненасыщенных. Из рис. 2 видно,

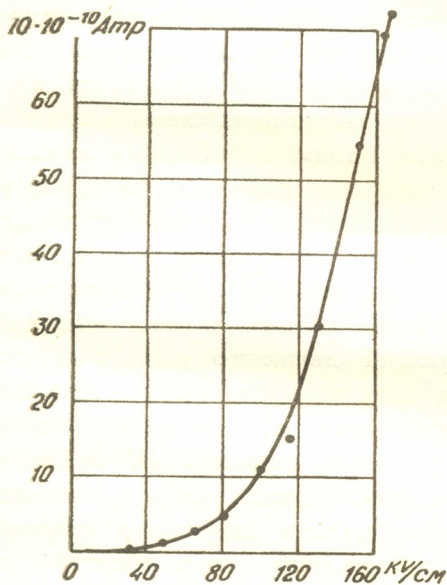


Рис. 2.

но, что ток, текущий через насыщенный иодом кристалл КJ, — порядка  $10^{-9}$  ампер, тогда как ток в ненасыщенных кристаллах КJ, в пределах тех же напряженностей, оказался порядка  $10^{-13}$  ампер. Этот же рисунок показывает, что имеет место резкое возрастание тока с полем по закону Пуля. Об этом говорит и прямолинейная зависимость между логарифмом проводимости и напряженностью электрического поля, изображенная на рис. 3. Интересно было выяснить, начиная с каких напряженностей заметно пулевское возрастание электропроводности. С этой целью на рис. 4 представлена зависимость силы тока от величины поля для малых напряженностей. Закон Пуля начинает выполняться при напряженностях, больших 20 кВ/см, о чем можно судить по рис. 5.

Пружинина-Грановская [6] и другие показали, что повышенная проводимость в сильных полях обусловлена свободными электронами.

Электроны, участвующие в повышенной электропроводности в сильных полях в кристаллах КJ, насыщенных иодом, не являются свободными.



Они обуславливают дырочный ток, образующийся путем перескоков электронов от одного сидящего в узле иона к другому. В то время как при чисто электронной проводимости электрон принадлежит всей решетке,

электрон, участвующий в дырочном токе, более связан с отдельными избыточными атомами иода, вкрапленными в основную решетку кристалла. При изучении различных явлений в кристаллах (явление пробоя, фотопроводимость и т. д.) существенно иметь в виду одно важное обстоятельство, а именно, преобладает ли связь электрона с отдельным атомом или со всей решеткой в целом. На это было обращено внимание автором [12] при изучении диэлектрических потерь в кристаллах.

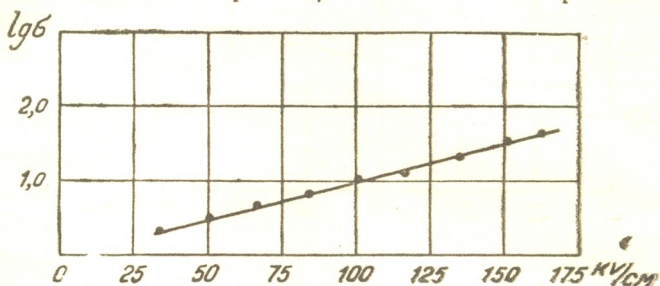


Рис. 3.

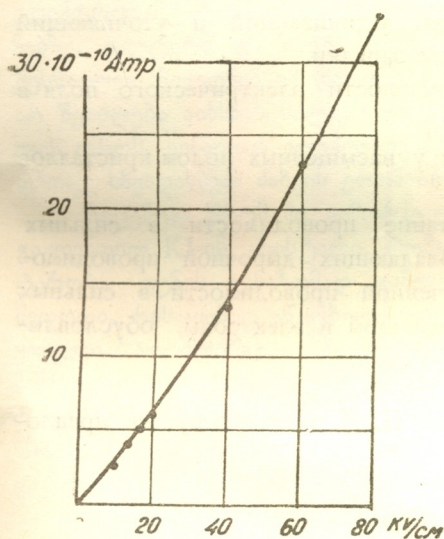


Рис. 4.

Одинаковых термических условиях. Приведенные на рис. 2—5 данные относятся к некоторым из исследованных кристаллов. Абсолютные значения сил токов от кристалла к кристаллу меняются, а у одного и того же кристалла с течением времени уменьшаются. Однако, на всех образцах наблюдается строгое выполнение закона Пуля.

Данная работа показывает, что в пулевском возрастании проводимости в сильных электрических полях участвуют электроны, обуславливающие дырочную проводимость. Выше было указано на то, что Пружинина-Грановская и другие наблюдали увеличение проводимости в сильных электрических полях при электронной проводимости. Таким образом, можно полагать, что в пулевском возрастании проводимости в сильных полях участвуют и свободные электроны и электроны, обуславливающие дырочную проводимость.

Следует заметить, что был исследован целый ряд образцов кристаллов, подвергавшихся насыщению в



Интересно отметить, что насыщенные иодом кристаллы КJ, размером

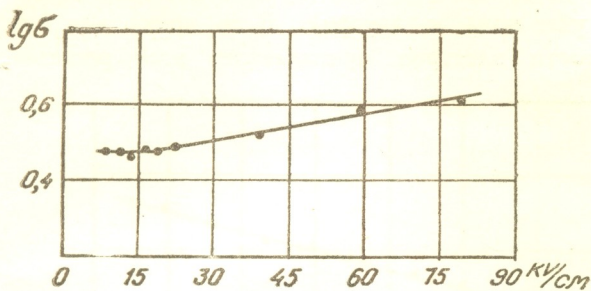


Рис. 5.

10×10×30 мм, в течение месяцев сохраняют в себе атомы иода. Иод из тонких пластинок этих кристаллов, толщиной 0,2—0,3 мм, через несколько дней диффундирует наружу, о чем можно судить по падающей изо дня в день проводимости, приближающейся

с течением времени к проводимости ненасыщенных иодом кристаллов.

#### 4. Заключение

Описанные в этой статье результаты можно резюмировать следующим образом:

1. Разработан автоматический метод, упрощающий и уточняющий процесс измерения слабых токов по методу зарядки.
2. Снята зависимость тока от напряженности электрического поля в кристаллах КJ, насыщенных иодом.
3. Найдено выполнение закона Пуля у насыщенных иодом кристаллов КJ, начиная с напряженностей 20 кВ/см.
4. Наблюдалось пулевское возрастание проводимости в сильных электрических полях в диэлектриках, обладающих дырочной проводимостью. Отсюда сделан вывод, что в увеличенной проводимости в сильных полях могут участвовать и свободные электроны и электроны, обуславливающие дырочную проводимость.

В заключение выражаю благодарность Н. П. Калабухову за предложение темы и интерес к работе.

Академия Наук Грузинской ССР  
Институт физики и геофизики  
Лаборатория электронных явлений в диэлектриках  
Тбилиси

(Поступило в редакцию 9.1.1943)

О. სიმონსკი

იოდით გაჟღენთილ KJ-ის კრისტალუგის ელექტროგამტარობა  
მძლავრ ელექტრულ ველეზუი

რეზუმი

უკანასკნელ ხანეზუი თეორეტიკოს და ექსპერიმენტატორ ფიზიკოსთა ყურადღეზა მიიქცია მძლავრ ელექტრულ ველეზუი მოთავსებულ დიელექტრიკების საკითხზა, ვინაიდან დენსა და ძაბვას შორის არსებულ დამოკიდებულების ხასიათის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ გარღვევის მექანიზმის შესახებ.

მრავალზა თეორეტიკოსზა [1, 2, 3] მოგვცა გარღვევის თეორიები, ხოლო ექსპერიმენტატორები ცდით ამოწმებენ აზა თუ იმ თეორიის სიმართლეს. წინათ პულზა მოგვცა ემპირიული დამოკიდებულება ელექტრულ დენსა და ძაბვას შორის მძლავრ ელექტრულ ველეზუი. შემდეგ პრუჟინინა-გრანოვსკაია [6] აკვირდებოდა ქარსზუი პულის კანონის არსებობას და შეამჩნია, რომ ქარბი ელექტროგამტარობა მძლავრ ელექტრულ ველეზუი დამოკიდებულია ელექტრონებზე. ვალტერი და ინგე [4] მყარ დიელექტრიკებზუი ელექტრული დენების შესწავლით მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ დარტყმითი იონიზაციის თეორიით არ შეიძლება აიხსნას მძლავრ ელექტრულ ველზუი ელექტროგამტარობა სიბნელის დროს, ვინაიდან ელექტროგამტარობის ზრდა სიბნელისა და განათებისას ფრიად სხვადასხვა ძაბვის ერთნაირ საზღვრამდე გადიდების დროს.

მოცემულ შრომაზუი გამორკვეულია მძლავრ ელექტრულ ველზუი იოდით გაჟღენთილ KJ-ის კრისტალი, რომელსაც ახასიათებს ხვრელითი ელექტროგამტარობა. დენის გასაზომად გამოყენებულია ელექტრომეტრის დატვირთვის მეთოდი, რისთვისაც აწყობილი იყო 1-ლ ნახაზზე გამოსახული სქემა, სადაც ყოველი აუცილებელი ჩართვები წარმოებს ავტომატურად, ტელეგრაფის ჩამრთველის ჩართვით, რაც გაზომვის შეცდომებს ამცირებს. გაზომვები ჩატარებულია კრისტალიდან გამოჭრილ თხელ კრისტალეზზე, სისქით 0,2—0,3 მმ, რომელიც გაჟღენთილი იყო იოდით მინის ჭურჭელზუი 500°C დროს და შემდეგ გაკრიალებული აბრეშუმის ქსოვილზე.

გამოკვლევის შედეგად მიღებული იყო შემდეგი:

1. გადიდებულია მძლავრ ელექტრულ ველზუი იოდით გაჟღენთილ KJ-ის კრისტალზუი დენსა და ძაბვას შორის დამოკიდებულება.
2. აღმოჩენილია იოდით გაჟღენთილ KJ-ის კრისტალეზუი პულის კანონი 20 kv/cm ძაბვიდან.
3. მძლავრ ელექტრულ ველეზუი მოთავსებულ დიელექტრიკებზუი, რომელთაც ხვრელითი გამტარობა ახასიათებს, შემჩნეულია გამტარობის პულსური



ზრდა. აქედან გამოტანილია დასკვნა, რომ მძლავრ ველებში გადიდებულ გამტარობაში შეიძლება მონაწილეობდნენ როგორც თავისუფალი ელექტრონები, ისე ელექტრონები, რომელნიც იწვევენ ხერელით გამტარობას.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ფიზიკისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტი

ლაბორატორია ელექტრული მოვლენებისა დიელექტრიკებში  
თბილისი

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. A. Hippeel. Phys. Rev., 54, 1096, 1938.
2. Frölich. Proc. Roy. Soc. (A), 160, 230, 1937.
3. Fowler. Proc. Roy. Soc. (A), 141, 56, 1933.
4. А. Ф. Вальтер и Л. Д. Инге. Ж. Э. Т. Ф., 10, 1034, 1940.
5. А. Н. Арсеньева. Ж. Т. Ф., 11, 550, 1941.
6. В. Н. Пружинина-Грановская. Ж. Э. Т. Ф., 10, 625, 1940.
7. H. Schiller. Ann. d. Phys., 83, 137, 1927.
8. E. Mollwo. Gött. Nachr., 1, 217, 1935.
9. Н. П. Калабухов. Ж. Э. Т. Ф., 12, 321, 1942.
10. P. L. Bayley. Phys. Rev., 43, 355, 1933.
11. N. Kalabuchow und A. Kurschew. ZS. f. Phys., 99, 254, 1936.
12. Ю. А. Сикорский. Сообщения Акад. Наук Груз. ССР, том III, № 8, 1942.

М. Е. ШИШНИАШВИЛИ и М. В. ПИРЦХАЛАВА

## К ВОПРОСУ «СИЛИКАТИРОВАНИЯ» КРАСНОЗЕМОВ

Понижение адсорбции фосфатов на красноземные почвы, имеющее существенное практическое значение, сводится, главным образом, к переводу фосфорной кислоты в фосфорнокислые соли, а растворимых солей алюминия—в окись алюминия, путем введения в почву соответствующих оснований [1, 2].

Существуют два метода—известкование [3, 4], широко применяемое на ряде почв, и в последнее время применяемый [5, 6] метод «силикатирования», сводящийся к применению доменных шлаков. Метод «силикатирования» следует считать более целесообразным, так как основание ( $\text{CaO}$ ), адсорбированное на  $\text{SiO}_2$ , отдается в почву медленно, что обуславливает более совершенное регулирование содержания основания в почве.

Пригодность шлаков или каких-либо иных материалов может определяться общим содержанием в них оснований и, главным образом, скоростью их отдачи. Наиболее пригодным для этих целей может оказаться тот материал, у которого изотермы десорбции оснований расположены в более низкой области рН. Такой материал играет роль буфера, причем, очевидно, чем ниже расположены изотермы десорбции оснований и чем они положе, тем выше буферная емкость системы.

В подобных случаях отдача оснований будет протекать более медленно и позволит вводить большие количества этих материалов, что обеспечит многолетний эффект «химической мелиорации».

В настоящей работе мы хотим дать в лабораторных условиях сравнительную оценку пригодности доменных шлаков и местных минеральных веществ для «химической мелиорации» красноземов.

Использование местных минеральных веществ имеет важное значение для широкого применения приема «химической мелиорации», хотя бы по причине затруднительности транспортировки шлаков на большие расстояния.

Методом количественного электролиза<sup>(1)</sup> можно снимать изотермы десорбции оснований и, таким образом, характеризовать эти материалы.

Принималось, что количественный электролиз является ускоренным процессом выщелачивания и гидролиза изучаемых образцов по сравнению с

<sup>(1)</sup> Описание метода количественного электролиза дано в работе [1].



теми же процессами, протекающими в природных условиях при их внесении в красноземы.

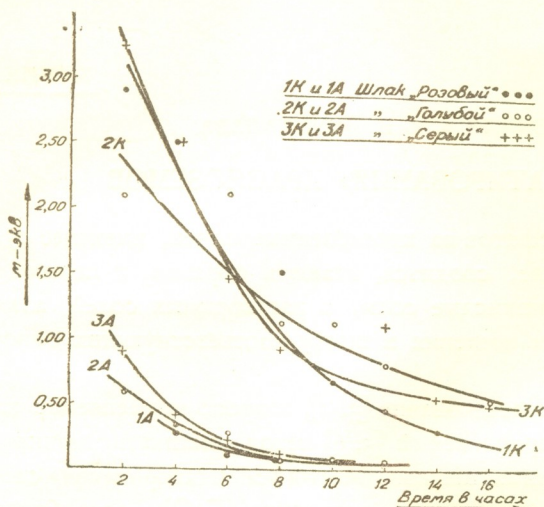


Рис. 1.

Опыт проводился в течение 16 часов, при градиентах потенциала на средней камере 20 в/см, причем через каждые 2 часа сливались растворы из катодной и анодной камеры для анализа на общее содержание оснований, кислот и в отдельности фосфорной кислоты.

На рис. 1 приведены изотермы десорбции оснований и кислот из трех образцов шлаков. Кривые 1К и 1А представляют собой изотермы десорбции оснований (1К) и кислот (1А) из «розового» шлака, кривые 2К, 2А и 3К, 3А — из «голубого» и «серого» шлака соответственно.

Наибольшим содержанием оснований (1,23 м.-экв.), наименьшим содержанием кислот (0,64 м.-экв.) характеризуется «розовый» шлак. На рис. 2 приведены изотермы де-

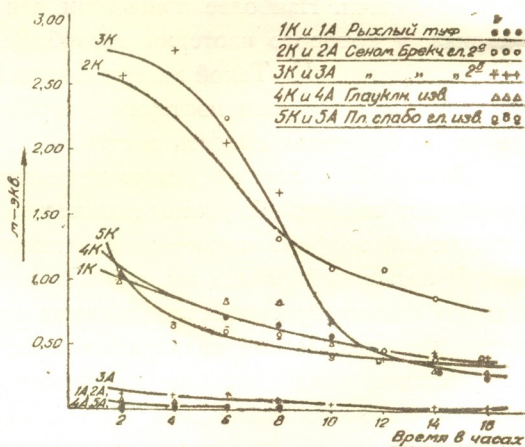


Рис. 2.

(1) Образцы глауконитовых известняков и рыхлого туфа взяты в с. Годагнис-цхоро в районе г. Кутаиси, мергелей в районе Гегечкори, Зугдиди и г. Кутаиси, микроклина в с. Джвари, ортоклазового порфира в с. Шроша и тешенита в с. Курсеби (последние три образца получены нами от акад. А. А. Гвалчрелидзе).

сорбции основания и кислот из глауконитовых известняков. Кривые 3К и 2К показывают скорость выноса оснований из двух образцов глауконитового известняка. Эти образцы, взятые в разное время и в различных местах, характеризуются наибольшим содержанием оснований в катодных фракциях (10,8 и 10,5 м.-экв.).

Кривая 4К показывает скорость выноса оснований из образца глауконитового известняка (взят под образцом 2К). Общее содержание оснований, извлекаемое из этого образца, составляет 4,58 м.-экв. Кривые 5К и 1К показывают то же самое, но из образцов слабо глауконитового известняка (образец 4К) и рыхлого туфа. Общее содержание извлекаемых электродиализом оснований в этих случаях составляет 4,15 (5К) и 4,29 (1К) м.-экв. Кривые 1А; 2А; 3А; 4А и 5А показывают содержание кислот в анодных фракциях из этих же образцов, и составляют 0,10; 0,10; 0,44; 0,22 и 0,14 м.-экв. соответственно (рис. 2).

На рис. 3 приведены изотермы десорбции оснований и кислот из мергелей. Кривая 1К показывает скорость выноса основания из образца, называемого красный «ткили», кривая 2К — из образца бурый «ткили» и кривая 3К — из образца синий «ткили». Кривая 4К показывает вынос основания из аптского мергеля. В этом случае вынос основания постепенно возрастает и достигает максимума при 5 фракций, а затем опять убывает. Общее содержание извлекаемых электродиализом оснований составляет из образца 1К — 4,15 м.-экв., 2К — 3,85 м.-экв., 3К — 4,77 м.-экв. и 4К — 6,31 м.-экв.

Кривые 1А, 2А, 3А и 4А показывают содержание кислот в анодных фракциях из этих же образцов и составляют за все время опыта 0,13; 0,15; 0,20 и 0,08 м.-экв. соответственно (рис. 3).

На рис. 4 приведены изотермы десорбции оснований и кислот из образцов тешенита<sup>(1)</sup>, микроклина, ортоклазового порфира и золы ахалцихского угля. Как это видно из кривых рис. 4, вынос оснований чрезвычайно мал, в то время как вынос кислот по сравнению с выносом оснований — значителен. Общее содержание извлеченных электродиализом оснований и

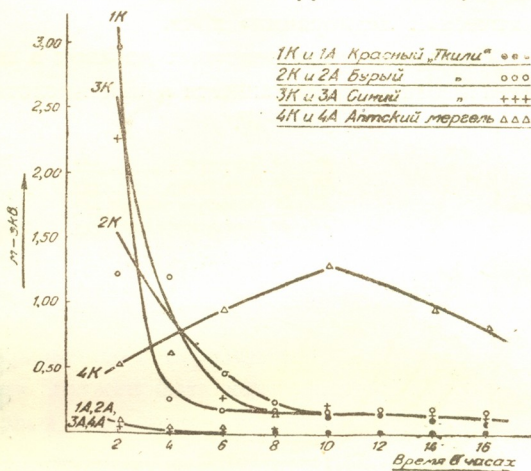


Рис. 3.

<sup>(1)</sup> Навеска образца для электродиализа была взята в количестве 5 г.



кислот составляет из тешенита 1К (оснований) 0,48 м.-экв., 1А (кислот) — 0,08 м.-экв., микроклина — 2К — 0,21 м.-экв., 2А — 0,11 м.-экв., ортоклазового порфира — 3К — 0,89 м.-экв., 3А — 0,08 м.-экв. и золя ахалцихского угля — 4К — 1,67 м.-экв., 4А — 1,06 м.-экв. (рис. 4).

Содержание  $P_2O_5$  в анодных фракциях, извлеченных в процессе электролиза из изученных нами образцов, в основном весьма низкое и составляет от 0,01 до 0,05% к навеске образца, а при работе с образцами тешенита, микроклина и ортоклазового порфира не удалось обнаружить даже следов  $P_2O_5$ . Очевидно, что эти количества  $P_2O_5$  не могут иметь практического значения.

Полученные экспериментальные данные показывают, что метод количественного электролиза позволяет дать в лабораторных условиях сравнительную оценку пригодности шлаков и местных минеральных веществ для «химической мелиорации» почв.

Смысл введения основных добавок в почву заключается в том, чтобы нейтрализовать содержащиеся в ней кислоты и разложить соли алюминия.

Однако, с течением времени введенные основания вымываются из почвы вследствие гидролиза, и почва подкисляется вновь. Поэтому простая нейтрализация почвы (напр., известью) дает сравнительно кратковременный эффект, а для длительного эффекта нужно продолжать вводить основание в таком количестве, чтобы компенсировать процесс подкисления почвы в естественных условиях. Вводить основание все время практически

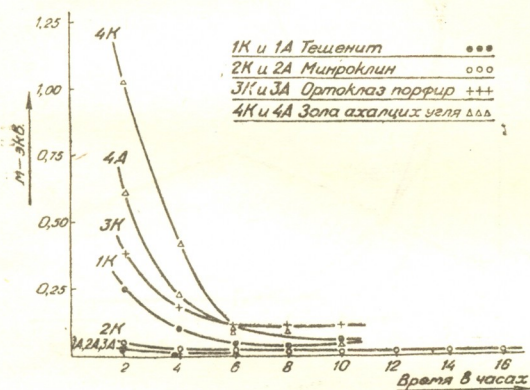


Рис. 4.

невозможно и, следовательно, речь может идти лишь о создании определенного, медленно реагируемого запаса оснований в почве. Очевидно, что мы не можем ввести запас свободных оснований, так как, с одной стороны, они будут быстро вымываться, а с другой — дадут после введения высокие значения рН в почве, что недопустимо для растений.

Поэтому нельзя вводить значительного избытка извести. Если же мы вводим известь, адсорбированную на  $SiO_2$  (шлак и другие вещества), то, во-первых, равновесные концентрации  $CaO$  значительно ниже значений растворимости, а, во-вторых, отдача  $CaO$  в почвенный раствор происходит медленно. Этим самым мы создаем систему, являющуюся адсорбционным буфером, т. е. обладающую большим запасом оснований и не дающую очень высоких значений рН.



При этом пужно, чтобы вымывание оснований происходило как можно равномернее и в то же время в достаточных количествах. Можно сказать, что чем положе кривые вымывания оснований, тем лучше материал. Из приведенных данных видно, что количество оснований, отдаваемых некоторыми материалами, в начале процесса очень велико, но оно быстро убывает во времени. Очевидно, они хуже тех материалов, которые отдают меньше количества оснований в начале процесса и больше в конце. Худшим материалом, с этой точки зрения, является чистая известь.

Конечно, скорость вымывания должна быть медленной, но достаточной для поступления нужного количества оснований. Это определяется общим количеством оснований, вымываемых в течение опыта. Так, например, общее содержание оснований в полевых шпатах велико, но большая часть их вымывается настолько медленно, что они являются уже непригодным материалом. Необходима медленная и равномерная отдача достаточного количества оснований.

Для внедрения приемов «химической мелиорации» на красноземах, как выше указывалось, существенное значение имеет изыскание и использование местного сырья. Полученные данные позволяют полагать, что глауконитовый известняк, доменные шлаки и мергеля («ткили») должны являться вполне пригодными для этих целей.

Вынос оснований из мергелей («ткили») почти в два раза меньше, чем это наблюдается при выносе оснований из шлаков и глауконита. Большим содержанием оснований (6,71 м.-экв.), извлеченных электродиализом, характеризуется аптский мергель по сравнению с образцами «ткили». Этот образец для «химической мелиорации» должен быть менее пригодным, так как отдача оснований в течение первых двух фракций в 3,2 раза меньше, чем из синего «ткили».

Экспериментальные данные изучения образцов тешенита, микроклина, ортоклазового порфира и золы ахалцихского угля показывают, что эти образцы не представляют практического интереса для их использования в качестве «адсорбционных» добавок.

В заключение следует отметить целесообразность предварительной оценки пригодности любого вида сырья в лабораторных условиях методом количественного электродиализа с целью его применения для «химической мелиорации» почв. При выборе и установлении дозировок сырья для введения в почву, необходимо учитывать не только значительное содержание извлекаемых электродиализом оснований (при минимальном содержании кислот), но также и скорость их отдачи.

Академия Наук Грузинской ССР  
Тбилисский Химический Институт  
Лаборатория почвенных коллоидов

(Поступило в редакцию 28.12.1942)



მ. შიშნიაშვილი და მ. პირცხალავა

წითელი მიწების „სილიკატირების“ საკითხისათვის

რეზიუმე

ფოსფატების მაღალი ადსორბციის მქონე წითელმიწოვან ნიადაგებისათვის განსაკუთრებით არსებითი არიან ღონისძიებანი, რომლებიც ფოსფორის ადსორბციის მნიშვნელოვნად შემცირების საშუალებას უნდა იძლეოდნენ. გაკირვის მეთოდთან შედარებით „სილიკატირების“ მეთოდი (ბრძმედის წიდისა და ზოგიერთი ადგილობრივი მინერალური ნივთიერების გამოყენება) ამ მიზნით მიზანშეწონილ ღონისძიებად უნდა ჩაითვალოს.

ოდენობითი ელექტროდიალიზის მეთოდის გამოყენება ნიადაგის „სილიკატირებისათვის“ („ქიმიური მელიორაციისათვის“) ბრძმედის წიდის და სხვადასხვა ადგილობრივ მინერალურ ნივთიერებათა ვარგისიანობის შედარებითი შეფასების მოხდენის შესაძლებლობას იძლევა.

შრომაში ნაჩვენებია, რომ გლაუკონტის კირქვის, ბრძმედის წიდების და მერგელების („ტკილი“) ნიმუშები ამ მიზნებისათვის სრულებით გამოსადეგი არიან. ელექტროდიალიზის ხმარებული რეჟიმის პირობებში აღნიშნული ნიმუშები გამცემი ფუძეების მნიშვნელოვან რაოდენობებს შეიცავდნენ.

ნიადაგში შესაყვანი ნედლეულის დოზირების განსაზღვრის დროს საჭიროა აღრიცხული იქნეს არა მხოლოდ ფუძეების მთლიანი შეცულობა, არამედ ელექტრო-დიალიზით ამოწმობილი ფუძეების საერთო შეცულობა და უმთავრესად კი მათი გამოტანის სისწრაფე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
თბილისის ქიმიის ინსტიტუტი

CHEMISTRY

ON «SILICATION» OF RED SOIL

By M. SHISHNIASHVILI and M. PIRZKHALAVA

Summary

Red soil is characterised by a high power of adsorption with regard to phosphates. Hence measures particularly fitted for its amelioration should considerably decrease this adsorption. The method of «silication», using blast-furnace slags and some other local mineral materials, is more promising to this end than the method of lining.

Quantitative electro dialysis enables us to appreciate the amount of «silication» (chemical amelioration) of soil given by the slags and mineral mate-

rials. The efficacy of glauconite limestone, blast-furnace slags, and marl («Tkili») is shown in this note.

Our samples of materials contain considerable quantities of bases permanently yielded by the electro dialysis. In order to find the portion of raw materials to be introduced into the soil, we must not only consider the total amount of bases, but also the portion extracted by electro dialysis, and chiefly the velocity of its yielding.

Academy of Sciences of the Georgian SSR  
Chemical Institute  
Tbilissi

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა—REFERENCES

1. М. Е. Шишнихшвили и М. В. Пирцхалава. Адсорбция фосфорной кислоты на красноземах. Труды Тбилисского Химического Института Акад. Наук Груз. ССР, т. V, стр. 1, 1942.
2. М. Е. Шишнихшвили и В. А. Каргин. К вопросу увеличения эффективности действия фосфорных удобрений на красноземные почвы, 5, стр. 22, 1942.
3. Д. Н. Прянишников. Агрохимия. ОГИЗ—СельхозГИЗ, 1940.
4. Н. Ремезов и С. Щерба. Теория и практика известкования почв. Москва, 1938.
5. В. А. Тарановская. Советские Субтропики, № 1, 1938; № 2—3, 1939.
6. Ф. Н. Германов. Почвоведение, № 9, 1937; № 3, 1939; Труды Научно-исследоват. института зернового хозяйства, т. I, 1939.



Х. И. АРЕШИДЗЕ и А. М. ГАХОКИДЗЕ

## КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АРОМАТИЗАЦИЯ СУПСИНСКОГО БЕНЗИНА

Избирательный дегидрогенизационный катализ, открытый и разработанный акад. Н. Д. Зелинским [1] и его школой, имеет не только теоретический, но и большой практический интерес. Это открытие дает возможность изучать химический состав нефти, облагораживать бензиновую фракцию, ароматизировать бензиновую и керосиновую фракцию, что имеет весьма большое народнохозяйственное значение. Ароматические углеводороды являются весьма желательными составными частями бензина, поэтому, чем больше ароматических углеводородов содержит бензин, тем он ценнее, как сырье для получения ароматических углеводородов. Большинство природных бензинов не содержит в достаточном количестве ароматических углеводородов. Метод акад. Н. Д. Зелинского дает возможность повысить процент ароматических углеводородов в бензинах.

Зелинский и Юрьев [2] ароматизировали уральский бензин (Чусовские Городки), в результате чего процент ароматических углеводородов в бензине повысился на 16,75%.

Зелинским и Казанским [3] было показано, вопреки утверждению некоторых авторов [4], что метод дегидрогенизационного катализа может с успехом применяться для исследования химического состава керосиновой фракции нефти.

Ароматизацией катализом новобогатинского (эмбенского) бензина Зелинский и Шуйкин [5] обнаружили, что в присутствии платинированного угля объемный процент ароматических углеводородов можно увеличить для отдельных фракций от 6 до 19%, а применением никелевого катализатора прирост ароматики можно повысить еще больше.

В этой же работе Зелинским и Шуйкиным [5] было показано, что каталитической ароматизацией сураханского бензина процент ароматических углеводородов можно повысить для фракции 75—105° на 51,6%, а фракции 105—125° на 52,5%.

Фракция 100—102° сураханского бензина до катализа содержала лишь следы ароматических углеводородов, а после катализа—59,3%. Для фракции 100—102° балаханского бензина процент ароматических углеводородов дегидрогенизационным катализом был повышен на 51,9%.



Зелинский и Юрьев [6] подвергли каталитической ароматизации бензины Грозненского, Бакинского, Стерлитамакского, Пермского и Новобогатинского месторождений и обнаружили, что каталитическая ароматизация грозненских и бакинских бензинов дает больший эффект по сравнению со стерлитамакскими и новобогатинскими бензинами.

Ароматизацией катализом отдельных фракций сураханского бензина Зелинский и Шуйкин [7] показали, что объемный процент ароматических углеводородов в фракции с точкой кипения  $118-120^{\circ}$  и  $120-124^{\circ}$  можно повысить на  $50,5\%$ . Фракция с точкой кипения  $105-125^{\circ}$  в результате каталитической ароматизации в присутствии никеля, отложенного на окиси алюминия, дает катализат, содержащий около  $53,5\%$  ароматики, в то время как до катализа фракция  $105-125^{\circ}$  содержала  $1\%$  ароматических углеводородов.

Эти авторы [8] ароматизировали катализом фракцию сураханского и балаханского бензина  $100-102^{\circ}$  и фракцию  $119,5-121,4^{\circ}$  сураханского бензина. Фракция  $100-102^{\circ}$  сураханского бензина до катализа содержала  $1\%$  ароматических углеводородов, а после катализа количество ароматических углеводородов составляло  $65\%$ . Фракция  $100-102^{\circ}$  балаханского бензина до катализа содержала  $1,5\%$  ароматики, а после катализа  $58,8\%$ . Фракция  $119,5-121,4^{\circ}$  сураханского бензина до катализа содержала  $2\%$  ароматических углеводородов, а после катализа  $54\%$ . Одним из нас [9] было показано, что каталитической ароматизацией мирзаанского бензина можно повысить процент ароматических углеводородов на  $29,06\%$ .

Доладугин и Егорова [10], пользуясь методом Н. Д. Зелинского, изучили содержание гексагидроароматических углеводородов в нефтях: балаханско-сабунчинской, сураханской, биби-эibatской, доссорской и грозненской.

В неопубликованной работе Арешидзе совместно с Айвазовым и Крихели [11] было показано, что бензольная фракция мирзаанской нефти содержит  $12\%$  гидроароматических углеводородов.

При исследовании группового состава супсинской нефти, одним из нас [12] было показано, что эта нефть содержит ароматических углеводородов больше, чем остальные нефти Грузинской ССР, и по богатству ароматических углеводородов из советских нефтей уступает только уральской нефти. Интересно было выяснить потенциальный источник ароматических углеводородов супсинского бензина, чему и посвящено данное исследование.

### Экспериментальная часть

Материал для опытов был получен путем фракционированной перегонки сырой супсинской нефти; собранные фракции: бензольной, толуольной и ксилольной взбалтывались по  $10-15$  мин. с  $25$  объемным процентом



серной кислоты удельного веса 1,76, после чего промывались сперва водой, затем 10-процентным раствором соды, снова водой, сушились над хлористым кальцием и перегонялись над металлическим (в виде проволоки) натрием.

Для количественного определения ароматических углеводородов применялся реактив Катвинкеля [13]. В градуированном мерном цилиндре с пришлифованной пробкой с двойным объемом с реактивом Катвинкеля взбалтывалась фракция супсинского бензина в течение 30 мин. и после двухчасового отстаивания измерялся объем. Полное удаление ароматики контролировалось повторным сульфированием. Полученные сернокислотным методом данные проверялись по изменению удельного веса анилиновой точки и показателя преломления по Саханову, и оказались совпадающими в пределах ошибок опыта.

Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Фракция супсинского бензина в °С	Процентное содержание фракции в нефти	$d_4^{20}$		$n_D^{20}$		Анилиновая точка		Объемный процент ароматики
		До удаления ароматики	После удаления ароматики	До удаления ароматики	После удаления ароматики	До удаления ароматики	После удаления ароматики	
60—95	5,6	0,7296	0,7147	1,4095	1,3978	40,5	51,5	12,5
95—122	7,8	0,7586	0,7433	1,4239	1,4091	37,1	53,5	17,0
122—150	6,4	0,7935	0,7716	1,4404	1,4215	34,5	56,0	25,5

После удаления ароматических углеводородов, деароматизированный бензин промывался сперва водой, затем 10-процентным раствором соды, снова водой, сушился над хлористым кальцием и перегонялся над металлическим (в виде проволоки) натрием. Гидроароматические углеводороды, входящие в состав деароматизированного супсинского бензина, переводились в ароматические углеводороды по методу акад. Зелинского [1].

Для этого был приготовлен платинированный уголь 20% платины (согласно указаниям Паккендорфа и Ледер-Паккендорф [14]). Катализатор помещался в каталитическую трубку электропечи (диаметр трубки 1,8 см, длина слоя катализатора 30 см, количество его 16 г) и восстанавливался в токе электролитического водорода сперва при 150° (6 час.), затем при 210° (6 час.).

Для проверки активности полученного катализатора, через трубку при 310° был пропущен циклогексан в слабом токе водорода. Процент дегидрогенизации находился из коэффициентов преломления света по данным Пав-



лова [15] о рефракции бинарных смесей  $C_6H_6 + C_6H_{12}$  в пределах от нуля до 100% каждого из компонентов. Катализатор почти нацело дегидрировал циклогексан до бензола. Над этим катализатором пропускались деароматизированные фракции супсинского бензина при 305—310° со скоростью 6 мл в час, ловушка охлаждалась твердой углекислотой со спиртом. Дегидрогенизация отдельных фракций проводилась в слабом токе водорода до тех пор, пока катализат не переставал показывать дальнейшего изменения показателя преломления. Это явление можно объяснить не только отсутствием гидроароматических углеводородов в продукте, подвергаемом дегидрированию, но и падением активности катализатора. Для выяснения вопроса проверялась активность катализатора после дегидрогенизации отдельных фракций. Активность эта оказалась почти прежней. Катализат перегонялся над металлическим натрием. Непредельных углеводородов в катализате не найдено. Вышеуказанным способом определялось количество образующихся при дегидрировании ароматических углеводородов.

Изменения свойств в результате катализа отдельных деароматизированных фракций супсинского бензина показаны в таблице 2.

Таблица 2

Фракция в °С	Показатель преломления $n_D^{20}$	Анили- новая точка	$d_4^{20}$	Прирост ароматики в результате катализа в об. проц.
60—95	1,4138	42,2	0,7287	15
95—122	1,4218	38,1	0,7487	19
122—150	1,4395	32,5	0,7904	44

Наши экспериментальные данные показывают, что супсинский бензин не следует рассматривать только как жидкое топливо. Этот бензин, особенно после дегидрогенизации, может служить источником получения весьма ценных ароматических углеводородов. Их можно выделить селективными растворителями или в виде производных.

#### Выводы

1. Исследован супсинский бензин, как потенциальный источник ароматических углеводородов, методом дегидрогенизационного катализа.



2. В результате дегидрогенизационного катализа на платинированном угле объемный процент ароматических углеводородов во фракции 60—65° увеличен на 15, во фракции 95—122° на 19, а во фракции 122—150° на 44.

Академия Наук Грузинской ССР  
Тбилисский Химический Институт  
Лаборатория химии нефти

(Поступило в редакцию 21.10.1942)

ქიმიკა

პრ. არეშიძე და ა. გახოკიძე

## სუფსის ბენზინის კატალიზური არომატიზაცია

რეზუმე

1. დეჰიდროგენიზაციული კატალიზის საშუალებით შესწავლილია სუფსის ბენზინი, როგორც არომატული ნახშირწყალბადების პოტენციური წყარო. კატალიზატორად ხმარებულა პლატინა გააქტივებულ ნახშირზე.

2. კატალიზის შედეგად არომატულ ნახშირწყალბადთა მოცულობით პროცენტმა იმატა: 15-ით ფრაქციაში 60—95°C, 19-ით ფრაქციაში 122—150°C და 44-ით ფრაქციაში 122—150°C.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
თბილისის ქიმიის ინსტიტუტი  
ნავთობის ქიმიის ლაბორატორია

CHEMISTRY

## CATALYTIC AROMATISATION OF PETROLEUM FROM THE SUPSA DEPOSIT

By CH. ARESHIDZE and A. GAHOKIDZE

Summary

1. The petroleum from the Supsa deposit has been investigated, as a potential source of aromatic hydrocarbons, by the method of dehydrogenising catalysis, using platinum carbon as a catalyst.

2. As a result the amount of aromatic hydrocarbons in the fraction 60—95° has been raised by 15 volume per cent, and in the fraction 122—150°—by 44 vol. %.

Academy of Sciences of the Georgian SSR  
Chemical Institute  
Tbilissi

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა—REFERENCES

1. Н. Д. Зелинский. Избранные труды, том I, стр. 505 — 507; том II, стр. 45 — 46. Москва, 1941; ЖРХО, 43, 1220, 1911; 44, 275, 1912; 45, 52, 1913; Вег., 44, 3124, 1911; 45, 3678, 1912.
2. Зелинский и Юрьев. Известия АН СССР, 7, 851, 1930.
3. Зелинский и Казанский. Избранные труды акад. Н. Д. Зелинского, том I, стр. 530. Москва, 1941.
4. Химический состав нефтей и нефтяных продуктов. Труды ГрозНИИ, стр. 177 — 183, ГОНТИ. Москва, 1931.
5. Зелинский и Шуйкин. ЖОХ, 4, 901, 1934.
6. Зелинский и Юрьев. Доклады АН СССР, 225, 1935.
7. Зелинский и Шуйкин. Известия АН СССР, 7, 229, 1935.
8. Зелинский и Шуйкин. Ж. Пр. Х., 9, 260, 1936.
9. Арешидзе. Облагораживание мирзаанского бензина путем дегидрогенизационного катализа (печатается в Докладах АН СССР и в Сообщениях АН Груз. ССР).
10. Химический состав нефтей и нефтяных продуктов. Труды ГрозНИИ, стр. 171 — 178, ГОНТИ. Москва, 1935.
11. Арешидзе и студенты Айвазов и Крихели. Курсовая работа химического факультета Тбилисского Государственного Университета им. Сталина. 1941 (рукопись).
12. Гахокидзе. Исследование группового состава супсинской нефти (печатается в Трудях Тбилисского Химического Института АН Груз. ССР, т. VII).
13. Kattwinkel. Brenstoffchemie, 8, 352, 1927.
14. Паккендорф и Ледер-Паккендорф. Вег., 67, 1388, 1934.
15. Павлов. ЖРХО, 58, 1309, 1926.



ი. კახაძე და ნ. კანდელაკი

ცხანარის სინკლინის მეზოზოოჟური ნალექების სტრატობრაფიისათვის

მდ. ჯეჯორისა და მისი მარჯვენა შენაკადის ქვედრულის წყალგამყოფზე სოფლებ წედისის, ცხანარისა (ზემო რაჭა) და ფასრაგოს (სამხრეთ ოსეთი) მიდამოებში ბაიოსური პორფირიტული წყების მუქ ფონზე მკვეთრად გამოიყოფიან თეთრი კირქვები, რომლებიც აქ იზოლებულ გამოსავალს იძლევიან და ე. წ. ცხანარის სინკლინს ჰქმნიან.

ნაოკი მოთავსებული არის პორფირიტული წყების დიდი ანტიკლინის ჩრდილო ფრთაში და წარმოადგენს თითქმის ნორმულ სინკლინს, გართულებულს ვასწვრივი წყვეტით, რომელიც ნაოკის აღმოსავლეთ ნაწილში ფლექსურში გადადის. სინკლინის გული უჭირავს ეოცენის ნალექებს, რომლებსაც შედარებით მცირე გავრცელება აქვთ და მეზოზოოჟური ნალექების გადარეცხილ ზედაპირზე არიან განლაგებული. ძირითადად კი სინკლინი მასივი კირქვებისა და შრეებრივი კირქვიან-მერგელოვანი ნალექებისაგან არის აგებული. მასივი კირქვები, რომელთა სიმძლავრე 30-სა და 100 მ შორის მერყეობს, სინკლინის სამხრეთ ფრთაში იძლევიან ეფექტურ კარნიზებს (მწვ. ველუანთა), რომლებიც მდ. ჯეჯორის ხეობას ჩრდილოეთიდან დაჰყურებენ.

კირქვებში საკმაოდ გავრცელებული არის კარსტი. მათშივე მოქცეული არის რკინის ნაშთური საბადო (წედისის), რომელიც არა ერთ ძველ ავტორს აქვს მოხსენებული და რომელიც 1935 წელშიც კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა.

მასივი კირქვები პორფირიტულ წყებაზედ არიან განლაგებული, ზოგან (სინკლინის სამხრეთ ფრთაში) უშუალოდ, ზოგან კი მცირე სიმძლავრის (2—3 მ) ტერიგენული ნალექების მეშვეობით.

კირქვების საერთო ხასიათი, მათი ტექსტურა (არამრეებრივობა), სიმძლავრის ხშირი და სწრაფი ცვლა და, როგორც ამის შედეგი, მათი ხშირად შტოკისებური ფორმა ისევე, როგორც მათში რიფმშენი მარჯნების უხვად არსებობა, ცხადყოფს, რომ ისინი სანაპირო რიფულ ფაციესს წარმოადგენენ. ამასვე ადასტურებს თანხლები ნალექების ხასიათიც. მართლაც, ცხანარის სინკლინში მასივი კირქვების გვერდით ფართოდ არიან გავრცელებული ნათლად შრეებრივი კირქვები და ფერადი (ნაცრისფერი, მოლურჯო, მოვარდისფრო და მოიისფრო) მერგელები. ეს ნალექები რაიმე გარკვეულ ჰორიზონტს როდი ეკუთვნიან და ცალკეულ რიფულ მასივებს შორის დადაბლებებს ავსებენ. გაშიშვლებებში უშუალოდ შეიძლება ამ ნალექებისა და რიფული კირქვების ერთი მეორეში ენისებური შეჭრისა და მათი ურთიერთ შენაცვლების დახახვა. საჭიროა



აღინიშნოს, რომ შრეებრივი კირქვების და ფერადი მერგელების დონე მეტწილად მასივი კირქვების ზედა ჰორიზონტებს შეეფერება, თუმცა ისინი ხშირად გაცილებით უფრო დაბალ დონეზეც გვხვდებიან.

ამრიგად, აქ გვაქვს რიფებისა და მათი თანმხლები ფაციესების გავრცელების ტიპური სურათი, რომელიც კლასიკურ ლიტერატურაში არა ერთხელ აღწერილა. უნდა აღინიშნოს, რომ ანალოგიური ფაციესები (მასივი კირქვები და მათი თანმხლები შრეებრივი კირქვები და ფერადი მერგელები) მსგავს დამოკიდებულებას იჩენენ მეზობელ ადგილებშიც (მთა ვალხოხი, რიბისის სინკლინი).

ძველი ავტორები [11, 12 და სხვ.] ცხანარის სინკლინის და სხვა ზემოხსენებული პუნქტების კარბონატული ნალექების ნაირობას ანგარიშს არ უწევდნენ და მათ მეტწილად ურგონულ კირქვებად აღწერდნენ, თუმცა გ. აბიხი [1] მათში იურის ელემენტებსაც ხედავდა. ამავე დროს, ჯერ კიდევ 1909 წ., გ. სმირნოვს [10] დასაშვებად მიაჩნდა ამ ნალექების ზედა იურულად დათარიღება. მაგრამ ზოგი ახალი მკვლევარი (ი. კუზნეცოვი, ს. მასლოვი), რომელიც ცხანარის სინკლინის მასივ კირქვებს და კირქვიან-მერგელოვან ნალექებს ისევ ცალკე სტრატეგრაფიულ ჰორიზონტებად სთვლის, მასივ კირქვებს ტიტონურ-ნეოკომურად ათარიღებს, ხოლო კირქვიან-მერგელოვან ნალექებს ზედა ცარცულს აკუთვნებს. მაშასადამე, შეიძლება ითქვას, რომ არც ამ მკვლევარებს მიუქცევიათ ყურადღება მასივი კირქვების რიფული ხასიათისა და ფაციესებისა ზემოაღნიშნული განაწილებისათვის.

უკვე 1932 წ. აკად. ა. ჯანელიძემ [4] გვიჩვენა, რომ ქორთის ანალოგიური მასივი კირქვები რიფულ ფაციესს წარმოადგენენ და ასაკით ლუზიტანიურს ეკუთვნიან და გამოსთქვა აზრი, რომ ცხანარისა და ოსეთის სხვა გამოსავლების მასივი კირქვები დაახლოებით ამავე ასაკის უნდა იყვნენ [5]. შემდეგში ეს აზრი სავსებით დადასტურებულ იქნა რიბისის სინკლინში, სადაც რიფული კირქვები სრული თანხმობით მოჰყვებიან მდიდარი ფაუნით დახასიათებულ კალოვიურ-ოქსფორდულ ნალექებს. ამ კირქვების ქვედა ნაწილში ნ. კანდელაკის მიერ ნახულ იქნა *Neumayria flexuosa* Müntst. და *Aspido-ceras* cf. *eucyphus* Opp., რომლებიც შემცველ ნალექებს რაურაკულად ათარიღებენ. ცხანარის სინკლინის სამხრეთ ფრთაში კი მწვ. ველუანთის ძირში მასივი კირქვების ფუძიდან 80 მ მანძილზე ნ. კანდელაკის მიერ აღებულ იქნა ინგლისისა და შვეიცარიის რაურაკულიათვის დამახასიათებელი მარჯანი—*Thamnastaea arachnoides* Park., ხოლო 30 მ უფრო ქვევით—*Chlamys* cf. *nattheimensis* Lor. უკანასკნელ ფორმას გავრცელების საკმაოდ დიდი ფარგლები ახასიათებს (კალოვიური-რაურაკული), მაგრამ იგი მაინც უფრო ხშირად გვხვდება ოქსფორდულში, საიდანაც პირველად იქნა აღწერილი.

რიფული კირქვების ამ და უფრო ქვედა ჰორიზონტებიდან ჩვენ სხვა ფაუნა ხელთ არა გვაქვს. ამის გამო მათი ასაკის უფრო ზუსტად დადგენა შესაძლებელი არ არის, მაგრამ დასაშვებია, რომ რიფების აგება ამ რაიონში ყველგან ერთდროულად არ ხდებოდა და რომ ოქსფორდული, რომელიც მეზობლად (ქორთა, რიბისა) თიხიან-ქვიშიანი ფაციესით არის გამოხატული, ცხანარის სინ-



კლინიში რიფული ფაციესით იყოს შენაცვლებული. ამრიგად, რიფული კირქეების ქვედა ჰორიზონტები, რომლებიც უშუალოდ ბაიოსურზე არიან განლაგებული, აქ, შესაძლოა, უკვე ოქსფორდულს ეკუთვნოდნენ.

ამ კირქეების ზედა ნაწილი სექვანურს ეკუთვნის, რაც აგრეთვე ფაუნით არის დადასტურებული—ამ ნაწილში ნ. კანდელაკის მიერ ნაპოვნი არის სექვანური *Pseudomelania Danae d'Orb.* და *Itieria moreana d'Orb.* (ვ. ჰელინცევის განსაზღვრები). ამ ქვესართულის დამახასიათებელი ფაუნა ქორთის მიდამოების რიფული კირქეების ზედა ჰორიზონტებშიაც არის ცნობილი [8].

ზემოთქმულიდან ცხადია, რომ რიფული კირქეები ძირითადად ლუზიტანიურად თარიღდებიან. მაგრამ, შესაძლოა, რომ მათი სულ ზედა ნაწილი, ქვედა ჰორიზონტების მსგავსად, ამ სართულის ფარგლებს სცილდებოდეს და კიმერიჯულში და ტიტონურშიც გადადიოდეს.

ამგვარადვე, ე. ი. ძირითადად ლუზიტანიურად თარიღდებიან რიფული კირქეების თანხლები და სინქრონული შრეებრივი კირქეები და ფერადი მერგელები. მაგრამ ამ საკითხზე შეჩერება არის საჭირო, რადგან, როგორც აღვნიშნეთ, ზოგი მკვლევარი ხსენებულ ნალექებს ზედა ცარცულს აკუთვნებს. ამის საბუთად მიაჩნიათ, როგორც ჩანს, ხსენებული ქანების კაჟით სიმდიდრე, რაც მათ უფრო აღმოსავლეთით გავრცელებულ და სენომანურად მიჩნეულ ფლიშურ ნალექებს უახლოებს, და ზოგ ადგილზე მათი პორფირიტულ წყებაზე უთანხმო განლაგება. სიქხადისათვის მოვიყვანოთ დეტალური ჭრილი სოფ. ფასრაგოს მიდამოებიდან, სადაც ეს ნალექები ბაიოსურზე ტრანსგრესიულად არიან განლაგებული.

1. პორფირიტული წყების ტუფბრეჭიების უსწორ-მასწორ ზედაპირზე განლაგებული ამავე წყების გადამუშავებული წვრილმარცვლოვანი მასალა ანდა კირქვის ბრეჭია ან ქვიშაქვა . . . . . 1 მ
  2. მუქი ნაცრისფერი, ზოგჯერ მოიისფრო ქვიშაქვა ქარსით და კვარცის წვრილი მარცვლებით მდიდარი, შეიცავს ტუფოგენური ქანების და მუქი ალევროლითების ლინზებს . . . . . 2—10 მ
  3. უფრო წვრილმარცვლოვანი კაჟიანი ქვიშაქვები. შრეების სიმძლავრე—15—20 სმ . . . . . 10 მ
  4. ქვიშაქვები თანდათან იცვლებიან კვარციტით და შემდეგ შავი, მუქი ნაცრისფერი და მომწვანო-მოყვითალო ლიდიტების თხელი შრეების მორიგეობით. . . . . 5—15 მ
  5. ფერადი (მუქი, მუქი-მწვანე და მოწითალო) კვარციტებისა და კაჟით მდიდარი არჟილითების მორიგეობა (სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულებით სიმძლავრე იზრდება) . . . . . 0,2—0,8 მ
  6. წითელი და ნაცრისფერი კირქეების დაკუთხული ნატეხებისგან შემდგარი კაჟით მდიდარი ბრეჭია. ჩანს ტუფოგენური მასალის წვრილი ჩანართები (სამხრეთ დასავლეთით სიმძლავრე იზრდება). . . . . 2—20 მ
  7. ბრეჭიისებური კირქვა და შემდეგ წითელი და ნაცრისფერი შრეებრივი კირქეების მორიგეობა . . . . . 5—9 მ
- სამხრეთ-აღმოსავლეთისკენ ამ დასტის ქვედა ნაწილში კირქებთან თანაბარი რაოდენობით ჩნდება ნაცრისფერი და რუხი მერგელოვანი თიხები, რომლებიც შემდეგ ამავე მიმართულებით ისევ ბრეჭიისებურ კირქეებში გადადიან.



8. წინა დასტის ქანები სრული თანდათანობით გადადიან ნაცრასფერი შრეებრივი კირქვების წყებაში, რომლის დენუდაციისგან გადარჩენილი სიმძლავრე 80 მ უღარის. შრეებრივი კირქვები შეიცავენ ფერადი მერგელების შრეებს, რომელთა რაოდენობა ნაოჭის ფრთებისკენ იზრდება. სინკლინის ცენტრულ ნაწილში კირქვები ნათლად შრეებრივი და მკვრივი არიან, ზოგან კი ლითოგრაფიული ქვის ტიპს უახლოვდებიან. მასივი კირქვების მახლობლად შრეებრივობა სუსტად არის გამოსახული, შრეებრივობის ზედაპირები კი ტალღისებური ხდებიან. გამოფიტვისას კირქვები ლინზისებურ აღნაგობას იჩენენ. მათში ძლიერ ხშირია ნაცრისფერი, წითელი და შოკოლადისფერი კაჟის კონკრეციები. ზოგ ადგილას კირქვები მთლიანად გაკაჟებული არიან, საერთოდ კი კაჟიანობა სინკლინის სამხრეთი ფრთისკენ საგრძნობლად კლებულობს.

ჭრილის აღწერიდან ჩანს, რომ კირქვიან-მერგელოვანი წყება ზოგადი ხა-სიათი მართლაც ძლიერ უახლოვდება ფლიშის კაჟიან შრეებს, რომლებსაც სენომანურად ათარიღებენ, თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ფლიშის ამ ნაღებებში სრულებით არ არის შემჩნეული ფაციესთა ის უეცარი ცვლა, რომელიც ცხანარის სინკლინის კაჟიან წყებას ახასიათებს და რომელიც რიფული კირქვების თანმხლები ნალექებისთვის საეხებით ბუნებრივი არის. ამავე დროს თვით ფლიშის კაჟიანი შრეების სენომანური ასაკი ჯერ კიდევ დასაბუთებულად ვერ ჩაითვლება და მათთან ანალოგიაზე დამყარებით განხილული ნალექებს ზედაცარტულად დათარიღება, ცხადია, ნაადრევი არის. მეორე მხრივ, კაჟის დაგროვება ყოველ ეპოქაში არის შესაძლებელი, მით უმეტეს ზედა იურაში, სადაც კაჟიან ღრუბლებს და რადიოლარიებს არც ისე მცირე გავრცელება ჰქონდათ. საინტერესოა აღვნიშნოთ, რომ აფხაზეთში, სადაც ზედა იურული ნალექების ჭრილი რაჭა-ოსეთის ამავე ასაკის ნალექების ჭრილთან საკვირველ მსგავსებას იჩენს, ლუზიტანიურ მასივ კირქვებში უხვად გვხვდება მუქი კაჟის კონკრეციებით მდიდარი კირქვების შუა-შრეები, ხოლო ზევით მომყოლ შრეებრივ კირქვებს ხშირად გაკაჟება ემჩნევათ [9].

ამრიგად, შრეებრივი კირქვების საერთო ხასიათი და კაჟიანობა მათი ზედაცარტულზე მიკუთვნების საბუთს არ იძლევიან. ასეთ საბუთად შეიძლება ჩათვლილიყო ვ. ბოგაჩევის [2] ცნობა მის მიერ ამ ნალექებში *Actinocamax* sp პოვნის შესახებ, მაგრამ ახლა თვით ავტორი უარყოფს განსაზღვრის სისწორეს<sup>(1)</sup>. მეორე მხრივ, როგორც ჩვენ ზემოთ აღვნიშნეთ, ეს ნალექები და რიფული კირქვები სინქრონულ ნალექებს წარმოადგენენ, რაც გაშიშვლებებზე უშუალო დაკვირვებით მტკიცდება, და მათ შორის არსებულ რაიმე ხარვეზზე ლაპარაკი ზედმეტია. ამას ჩვენ შეგვიძლია სხვა საბუთიც დავუმატოთ, სახელდობრ, ამ ნალექებში ჩვენ მიერ დაგროვილი ფაუნა. ასე, სოფ. ფასრაგოში, სადაც რიფული კირქვების სამი სერია არის წარმოდგენილი, მათ თანმხლებ ნალექებში (მერგელოვან კირქვებში) ნახულ იქნა *Phylloceras* ex gr. *viator* d'Orb. ამ ნიმუშის უფრო ზუსტად განსაზღვრა ვერ მოხერხდა, მაგრამ მისი ზედა იურული ასაკი ეჭვს არ იწვევს. ხოლო ამავე სოფლის მიდამოების გაკაჟებულ

(<sup>1</sup> ზეპირი გადმოცემა.)



კირქვებში დაგროვილი ფაუნა—*Isastrea bernensis* Et., *Camptonectes* sp., *Mytilus furcatus* Münt., *Pseudomelania Danae* d'Orb., *Ptygmatis carpathica* Zeusch. და *Itieria moreana* d'Orb.<sup>(1)</sup>—შემცველ ნალექებს უდავოდ ლუზიტანიურად ათარიღებს.

ზემოთქმულიდან ცხადია, რომ რიფული კირქვები და კირქვიან-მერგელოვანი წყება ძირითადად ლუზიტანიური ასაკის ნალექების ერთ კომპლექსს წარმოადგენენ და კირქვიან-მერგელოვანი ნალექების ბაიოსურზე უთანხმო განლაგება საერთოდ ამ კომპლექსის ტრანსგრესიულობაზე ლაპარაკობს (გავიხსენოთ რიფული კირქვების მდებარეობა უშუალოდ პორფირიტულზე). მაგრამ, როგორც ზემოთ იქნა თქმული, რიფული კირქვების ქვედა ჰორიზონტები, შესაძლოა, ოქსფორდულს ეკუთვნოდნენ და, მასასადამე, აქ თითქო დამოუკიდებელ ოქსფორდულ-ლუზიტანიურ ტრანსგრესიასთან გვაქვს საქმე იმ დროს, როდესაც მთელ რაჭა-ოსეთში ფართოდ არის გავრცელებული ქვედა-კალოვიურის ტრანსგრესია და კალოვიურ ნალექებს ზევით უწყვეტოდ მოჰყვება ზედა-იურული ნალექების თითქმის სრული ჭრილი კიმერიჯულამდე ჩათვლით. ეს დასკვნა, ცხადია, მართებული არ იქნებოდა. როგორც ჩვენ მიერ უკვე იქნა ნაჩვენები [7], კალოვიურის მარჩხმა ტრანსგრესიულმა ზღვამ თანდათანობით დაიკავა მასივი პორფირიტული წყების გავრცელების რაიონი ჯერ მოუსწორებელი კლდოვანი რელიეფით. ამიტომ გასაგები არის, რომ აქ უნდა ყოფილიყო ცალკეული კუნძულები, რომლებიც ზღვის გაღრმავებასთან ერთად მის დონეს ქვეშ ექცეოდნენ. ამის გამო პორფირიტულ წყებაზე შეიძლება უშუალოდ განლაგებული იყოს ზედა კალოვიური ან ოქსფორდული და უფრო მაღალი დონის ნალექები, როგორც ამას აქვს ადგილი ცხანარის სინკლინში, სადაც პორფირიტულ წყებას და ოქსფორდულს (s. l.) შორის კალოვიური სრულებით არ არის წარმოდგენილი.

გარდა ზემოთ აღწერილი ნალექებისა, ცხანარის სინკლინის ჩრდილო ფრთაში შიშვლდებიან ტუფბრეჭიები, რომლებშიც დიდი რაოდენობით ჩართული არის ზედა იურული რიფული კირქვების ნატეხები, სიდიდით მცირე ზომის როჰკიდან უზარმაზარ ლოდებამდე. ბრეჭიები ჰქმნიან მთელ ზოლს ფლიშური ნალექების სამხრეთი საზღვრის გასწვრივ ცხანარის სინკლინიდან ქსნის ხეობამდე და გაცილებით უფრო აღმოსავლეთითაც. საკითხი ამ ბრეჭიების გენეზისისა და სტრატეგრაფიული მდებარეობის შესახებ ლიტერატურაში არა ერთხელ ყოფილა განხილული.

სამხრეთ ოსეთში მას პირველად შეეხო ვ. ბოგაჩოვი [2], რომელსაც ფლიშურ და სამხრეთით მდებარე ნალექებს შორის ყველგან შეცოცება გაჰყავდა და რომელიც ბრეჭიებს ამ შეცოცებასთან დაკავშირებულ ტექტონიკურ ბრეჭიებად სთვლიდა. ნ. ვასოევიჩსაც [3] ისინი ამ შეცოცებასთან დაკავშირებულ ეოცენის ტექტონიკურ ლინზებად მიაჩნია. ლიხვისა და მისი მარჯვენა შენაკადის ფაუნის აუზებისთვის ბრეჭიების ტექტონიკური ხასიათი ნ. კანდელაკის [6] მიერაც იქნა დადასტურებული. მაგრამ ცხანარის სინკლინის ტუფბრეჭიები

(<sup>1</sup>) გასტროპოდები ვ. პჰელინცევის მიერ არის განსაზღვრული.



სხვა ბუნების არიან და მათ გარკვეული სტრატეგრაფიული დონე უჭირავთ. ეს კარგად ჩანს ამ სინკლინის ჩრდილო ფრთაში. აქ, მწვ. უკივლეთის ჩრდილო-ფერდობზე, რომელიც ლუზიტანიური (და, ეგებ, კიმერიჯულიც) რიფული კირქვებისაგან არის აგებული, მცირე (15—20 მ) კარნიზს ქვეშ გამოდის კონგლომერატ-ბრექჩიების საკმაოდ მძლავრი დასტა. იგი შედგება პორფირიტული წყების ტუფოგენური და ლაგური ქანების და ზედა-იურული კირქვების სხვადასხვა ზომის სუსტად დამუშავებული ხვინჯისა და დაკუთხული ნატეხებისგან. კირქვების ნატეხების რაოდენობა და სიდიდე ზევითკენ იზრდება და უშუალოდ უკივლეთის კირქვებს ქვეშ ზოგი ლოდის დიამეტრი რამდენიმე მეტრამდე აღწევს. ბრექჩიებში უხვად გვხვდება აგრეთვე ქარსიან-კვარციანი ქვიშაქვების და თიხა-ფიქლების დაკუთხული ნატეხები. გარდა ამისა, კონგლომერატ-ბრექჩიების დასტაში მეტად ხშირია დიდ მანძილზე ადვილად გასაკვლევი ქარსიან-კვარციანი ქვიშაქვებისა და ნაცრისფერი ქვიშიანი თიხების შუაშრები და ლინზები. უკვე ეს გარემოება სავსებით გამორიცხავს ამ დასტის ტექტონიკური გზით წარმოშობის შესაძლებლობას. როგორც ჩანს, აქ გვაქვს სანაპირო ნალექები, რომლებიც, შესაძლოა, ზვირთთაყემის ზოლში იქნენ დაგროვილი. ამავე დროს ბრექჩიების შედგენილობა ნათელჰყოფს, რომ ისინი წარმოშობილი არიან სამხრეთით განვითარებული პორფირიტული წყების და სანაპირო ზოლში (ნაწილობრივ, უთუოდ, კუნძულებზე) აგებული რიფების ხარჯზე. უკივლეთის ბრექჩიული დასტის ფუძე აქ დაფარული არის ქვედრულის ხეობისკენ ჩამოსული გრანდიოზული ზვავით, ხოლო მისი ხილული სიმძლავრე ათეული მეტრებით იზომება. უკივლეთიდან 300 მ სამხრეთით პორფირიტული წყების მომყოლი ბრექჩიების სისქე მხოლოდ 10—15 მ უდრის. მასთან აქ მასალა უფრო წვრილ-მარცვლოვანია, ხოლო რიფული კირქვების დიდი ლოდები საერთოდ სრულე-ბით არ ჩანან. კიდევ უფრო სამხრეთით კი ველუანთის მძლავრი კირქვები, როგორც ვიცით, უშუალოდ პორფირიტულ წყებაზე არიან განლაგებული. უკივლეთის აღმოსავლეთით აღწერილი დასტა იცვლება მერგელებისა და თიხების ფაციესით, რომლებიც მიმართებაზე მის ადგილს იჭერენ.

მოყვანილი ცნობებიდან გამომდინარეობს, რომ აღწერილი ბრექჩიებიც რიფების თანმხლებ ფაციესს ეკუთვნიან. მათი დალექვისას ახლო მიდამოში უკვე არსებობდა რიფები (მაგ., ველუანთა), რომლებიც ნგრევას განიცდიდნენ. ნგრევის შედეგად მიღებული მასალა ჩამოდიოდა რიფების დაქანებულ კალთებზე და მათ ახლოს სანაპირო ზოლში ილექებოდა აქვე მოტანილ პორფირიტული და სხვა წყებების გადამუშავებულ მასალასთან ერთად. უფრო შორს მხოლოდ წვრილმარცვლოვანი მასალა ილექებოდა (მერგელები და თიხები).

უკივლეთის რიფული კირქვების, ისევე როგორც ველუანთისა და სხვა მეზობელი პუნქტების ანალოგიური ნალექების, ასაკი, როგორც ვიცით, ლუზიტანიურია, ხოლო მათი ზედა ჰორიზონტები შესაძლოა კიმერიჯულს და ტიტონურსაც შეიცავდნენ. ამავე დროს, ცხადია, რომ ბრექჩიის დასტის დაგროვებისას რიფების ნაწილი უკვე აგებული იყო და, მაშასადამე, უკივლეთის რიფი, რომელიც ამ ბრექჩიებზე არის დაშენებული, უფრო სამხრეთით მდებარე რიფული კირქვების (მაგ., ველუანთის) ზედა ჰორიზონტებს უნდა ეთანადებოდეს.



ყოველივე ზემოთქმულის მიხედვით შეიძლება შემდეგი დასკვნები გამოვიტანოთ:

1. ცხანარის სინკლინის მეზოზოური ნალექები წარმოადგენენ რიფული კირქვებისა და მათი თანხლები ნალექებისაგან შემდგარ ერთ კომპლექსს, რომლის ასაკი ძირითადად ლუზიტანიური არის და რომლის შემადგენელი ნალექები (მასივი კირქვები, შრეებრივი კირქვები, ფერადი მერგელები და ბრექჩიები კირქვების ლოდებით) ზოგადად სინქრონული არიან.

2. რიფული კირქვების შემცველი ბრექჩიები ზედა-იურის გარკვეულ ინტერვალში (ოქსფორდულ-ლუზიტანიური) არიან დალექილი.

სხვათა შორის ჭრილების ზუსტი შესწავლა გვიჩვენებს, რომ ცხანარის სინკლინის შრეებრივი ნალექები და ბრექჩიები უშუალოდ ებმიან ფლიშურ ნალექებს, მაგრამ ეს საკითხი ამ წერილის ამოცანის ფარგლებს სცილდება და ჩვენ მასზე არ შეგჩერდებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტი  
თბილისი

(შემოვიდა რედაქციაში 28.12.1942)

## ГЕОЛОГИЯ

И. КАХАДЗЕ и Н. КАНДЕЛАКИ

### К СТРАТИГРАФИИ МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦХАНАРСКОЙ СИНКЛИНАЛИ

#### Резюме

На основании стратиграфических наблюдений и изучения соответствующей фауны авторы считают, что карбонатные осадки Цханарской синклинали (правобережье Джебжоры, левого притока р. Рион), которые рядом исследователей относились к титон-неокому и к верхнему мелу, представляют единый комплекс рифовых известняков и сопутствующих им фаций (слоистые известняки и пестрые мергели) и относятся в основном к лузитану. Наряду с этим возможно, что местами их нижние горизонты принадлежат еще к оксфорду, а верхи переходят в кимеридж и титон.

Эти отложения синхроничны аналогичным образованиям полосы Корта—Баджи-хеви, а также гряды Вал-хох и Рибисской синклинали.

Пачка туфобрекчий с глыбами рифовых известняков, выступающая под известняками северного крыла синклинали, представляет отложившиеся на склонах рифов осадки, полученные в результате разрушения существовавших южнее рифов, а также пород порфиритовой свиты. Эти брекчии залегают в определенном интервале верхней юры (оксфорд—лузитан) и



не могут быть увязаны со схожими, развитыми в зоне надвига флишевых толщ южного склона Главного хребта, брекчиями, так как последние имеют явно тектоническое происхождение.

Академия Наук Грузинской ССР  
Институт геологии и минералогии  
Тбилиси

ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Abich. Prodrömus einer Geologie der Kaukasischen Länder. St.-Petersburg, 1858.
2. В. Богачев. Нефть в юре Южной Осетии. Аз. нефт. хоз., № 12/84, Баку, 1928.
3. Н. В а с с о е в и ч. Геологический очерк Джавского района Юго-Осетии. СОПС АН СССР, Произв. силы Юго-Осетии, сб. II. Ленинград, 1932.
4. А. Djanelidze. La faune jurassique de Kortha et son âge. Bull. Inst. Géol. de Géorgie, v. I, fasc. 1. Tiflis, 1932.
5. А. Джанелидзе. Геологические наблюдения в Окрибе и в смежных частях Рачи и Лечхума. Тбилиси, 1940.
6. А. Канделаки. Геологические исследования в Юго-Осетии, 1934. Фонд. Отд. Груз. Геол. Упр. Тбилиси.
7. И. Кахалзе и Н. Канделаки. Отчет Юго-Осетинской геосъемочной партии. Фонд. Отд. Груз. Геол. Упр. Тбилиси, 1939.
8. И. Кузнецов. Геологическое строение части Западной Грузии в пределах Рачи, Лечхума и Имеретии. XVII Межд. Геол. Конгр., Эск. по Кавказу. (Груз. ССР, западная часть). Москва, 1937.
9. В. Курочкин. Некоторые материалы по изучению Абхазской металлогенической провинции свинца и цинка. Фонд. Отд. Груз. Геол. Упр. Тбилиси, 1937.
10. Г. Смирнов. Геологическое описание части Рачинского уезда Кутаисской губ. Мат. для геологии Кавказа, сер. I, кн. 6. Тифлис, 1909.
11. E. Favre. Recherches géologiques dans la partie centrale de la chaine du Caucase. Geneve, 1875.
12. E. Fournier. Description géologique du Caucase centrale. Marseille, 1896.



Д. И. СОСНОВСКИЙ

## ОПЫТ ХРОНОЛОГИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ

Восточная Грузия является тем плацдармом, на котором катастрофические изменения климата послетретичного времени сказались на растительном покрове с особенной силой. Изменения эти, с одной стороны, способствовали исчезновению или резкому преобразованию фитоценозов третичного времени, с другой—повлекли за собой инвазию целого ряда пришлых элементов, сложившихся в новые для страны фитоценозы. Все это вместе взятое привело в конце концов к тому, что на интересующей нас территории в настоящее время в непосредственном соседстве оказались фитоценозы весьма различного происхождения и возраста.

Согласно распространенному в науке взгляду, резкие изменения во флористическом (и, несомненно, фитоценологическом) характере Кавказа происходили уже в течение второй половины третичного времени. В это время основное ядро третичной флоры Кавказа носило резко выраженный тропический характер, доставшийся ему в наследство еще с меловой эпохи. Растительные фитоценозы в подавляющем большинстве должны были носить характер тропически-влажных лесов, сложенных представителями полтавской флоры в смысле А. Н. Криштофовича. В дальнейшем эта флора и растительность начали принимать более субтропический характер.

Начиная, примерно, с миоцена, в связи с резким похолоданием, на Кавказ начала внедряться флора умеренного типа, которую обычно принято называть по терминологии Криштофовича тургайской. Это обстоятельство способствовало постепенному вымиранию предшествовавшей растительности и вытеснению ее фитоценозами тургайского типа<sup>(1)</sup>. С наступлением ледникового периода полтавские фитоценозы частично подверглись полному уничтожению, частично же в более или менее измененном виде пережили эту трудную эпоху в различных убежищах, преимущественно западного Закавказья. Существовали ли подобные убежища на территории Восточной Грузии—вопрос пока не решенный, но теоретически их наличие здесь представляется допустимым. Межледниковые и послеледниковые эпохи способствовали возвращению вышеупомянутых фитоценозов на место их первоначального обитания, но только частично и притом в сильно измененном

<sup>(1)</sup> Энглер называл данную флору «арктотретичной». Малеев в своей последней работе предложил для нее название «ангаридской» флоры. Нам последнее название представляется предпочтительным.



виде. Очень трудно сказать, что сохранилось в Грузии от этой флоры помимо тех немногочисленных ее ископаемых остатков, которые нам пока известны. Можно согласиться с мнением Н. И. Кузнецова о том, что в миоцене на Кавказе растительность более высоких горных поясов носила несколько иной характер и, по существу, напоминала современную колхидо-гирканскую растительность. В плиоцене эта растительность «стала спускаться в нижние пояса гор и мало-помалу вытеснять субтропическую лесную растительность». С этой точки зрения можно вместе с Малеевым признать за полтавские реликты формы вечнозеленого подлеска Западной Грузии. Возможно, что и некоторым древесным породам-эдификаторам современных лесов также окажется возможным приписать полтавский возраст.

Подобные леса в настоящее время определяют лесной фон Западной Грузии. В Восточной Грузии они преобладают в ее западной трети: в Юго-Осетии, Месхетии и юго-западной Картли. На схеме (рис. 1) этот тип леса обозначен как плиоценовые леса<sup>1</sup> (S. Pl.). Характерны для него формации темнохвойных лесов и смешанные хвойно-буковые леса, а также леса с вечнозеленым подлеском. По направлению к востоку они постепенно выклиниваются и ютятся в верхних горизонтах глухих, мало тронутых человеком ущелий. Еще дальше к востоку они встречаются лишь вкрапленно на фоне лесов иного типа и возраста. Таковы, напр., остатки ельников в окрестностях Пассанаури, в Мтиулетии в уш. р. Арагвы и близ с. Манглиси.

Наши наблюдения последних лет дают право предполагать, что даже в третичную эпоху на подходящих местообитаниях, зачастую бок о бок с растительностью мезофильного типа, существовали очаги нагорно-ксерофитной растительности, в своем происхождении связанной с Передней Азией. Во время повторных ксеротермических периодов, нарушавших спокойствие третичного периода, нагорные ксерофиты внедрялись в самое сердце плиоценовых лесов, не только в пределах Закавказья, но даже и Предкавказья.

Предположения наши базируются на анализе современных ареалов и систематики произрастающих в Грузии и на Кавказе переднеазиатских форм. Особенно обильны реликты этого типа, обозначенные на нашей схеме как X. Pl., в Месхетии, Джавахетии, а также в южной Картли. Встречаются они также кое-где в северной Картли и в Кахетии (Кварельский район). Предположение об одновременном совместном существовании плиоценовых лесов наряду с нагорно-ксерофитной растительностью не содержит в себе ничего абсурдного, поскольку и в настоящее время такие факты нередки. Подобные явления мы можем наблюдать, напр., в

<sup>1</sup> Применяя название «плиоценовых» лесов, мы отнюдь не хотим сказать, что эти леса представляют собой дошедший до нас в неизменном виде тип лесов плиоценовой эпохи. Этим названием мы хотим лишь подчеркнуть возраст, к которому мы относим происхождение этих лесов. То же самое необходимо иметь в виду и по отношению ко всем прочим нашим хронологическим обозначениям.



б. Артвинском округе и в Аджарии в ущелье р. Аджарис-цхали. Впервые Н. И. Кузнецов склонен был считать, что ксерофитная растительность на Кавказе существовала со времен плиоцена. А. А. Гроссгейм высказывается еще более решительно, относя начало инвазии переднеазиатских ксерофитов на Кавказ к еще более раннему времени—среднему миоцену. Малеев датирует время возникновения всех ксерофитных очагов Западного Кавказа, включая и Предкавказье, межледниковой эпохой. Не отрицая возможности повторных инвазий ксерофитов на Кавказ в межледниковые периоды, мы тем не менее настаиваем на том, что ксерофитные фитоценозы были представлены на Кавказе уже в третичную эпоху. В пользу такого воззрения говорят многочисленные дизъюнкции ареалов, наличие корреспондирующих видов и, главным образом, участие во флоре Кавказа ксерофитов переднеазиатского происхождения, морфологически чрезвычайно резко изолированных, не имеющих близких форм, что свидетельствует об их высоком возрасте.

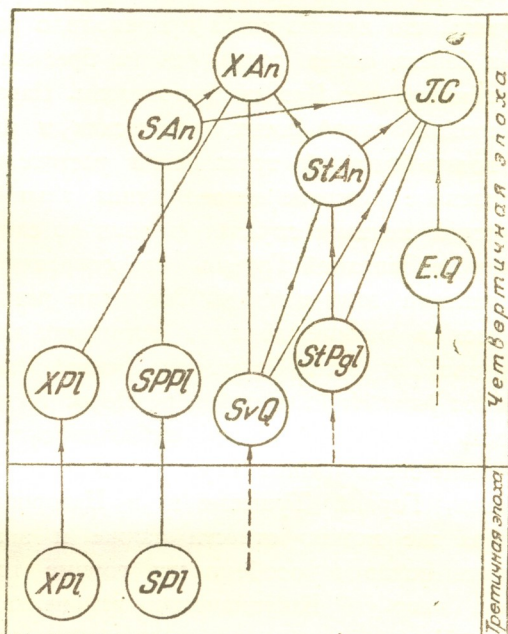


Рис. 1. Схема эволюции основных фитоценозов Восточной Грузии (объяснения символов см. в тексте).

Остается пока нерешенным вопрос о том, какая растительность одевала в третичное время вершины гор Большого и Южного Кавказа.

Можно согласиться с Кузнецовым и Медведевым, что на вершинах гор существовали уже и в то время очаги высокогорной растительности<sup>1</sup>. В своей основе они, повидимому, носили двойственный характер: с одной стороны, здесь могли существовать мезофитные фитоценозы типа современного субальпийского высокогорья с преобладанием древнеколхидских элементов, а также рододендровые заросли. С другой стороны, на скалистом субстрате могли развиваться открытые фитоценозы с господством ореофитов переднеазиатского происхождения. В течение ледникового периода характер высокогорной растительности Грузии подвергся столь значительным преобразованиям, что отдельных очагов этой древней растительности в настоящее время найти уже не удастся.

<sup>1</sup> Эту возможность не отрицал и В. П. Малеев.



Ледниковый период решительно нарушил все соотношения в растительном покрове, существовавшие накануне его наступления. Мощный ледниковый покров сковывал Главный Кавказский хребет, не менее значительным было и оледенение Южного Кавказа. Главные результаты резкого похолодания выразились не только в уничтожении или вытеснении плиоценовых лесов. Гораздо большее значение имеет то обстоятельство, что в эту эпоху на Кавказ проник целый ряд форм северного происхождения. Надо думать, что именно тогда происходило расселение таких древесных пород как береза, осина, сосна, рябина, бредина и др., складывавшихся в новые, необычные для Кавказа фитоценозы. Параллельно с этим на Кавказ влился широкой волной поток арктических и альпийских представителей луговой и водно-болотной травянистой растительности. В это время происходило усиленное развитие ценозов типа альпийских лугов и торфяных болот, которые местами спускались вниз до самого берега моря. Это имело место, напр., в Западной Грузии, где современные низовые торфяники являются реликтами этих ценозов. Отдельные реликты ледникового времени, спустившиеся в речные долины, возможно наблюдать кое-где и в Восточной Грузии. К этой категории фактов относится, например, произрастание *Caltha palustris* L. в пойме р. Иори. К этому типу мы относим растительность альпийских лугов, субальпийских березняков, субальпийских лесов, а также своеобразные горные сосняки, развитые особенно обильно в Мтиулетии, Горной Тушетии и в Нагорном Дагестане за пределами Грузии. Сюда же можно отнести также и значительную часть водно-болотных фитоценозов, в особенности горные торфяники, спорадически наблюдаемые, напр., в Бакурианском районе, в Мтиулетии и в Атенском ущелье.

Палеонтологические данные дают основание предположить, что в эту же эпоху уже существовали в восточном Закавказье и на крайнем востоке нынешней Грузии те своеобразные фитоценозы, которые кавказские ботаники называют то «светлыми лесами», то «пустынным лесом», то, совершенно неосновательно, даже «лесостепью». Наиболее удачным кажется нам название «аридные редколесья», которое введено в обиход геоботаниками Грузии. Несомненно, они имеют некую органическую связь с саваннами Старого Света и, пожалуй, даже более тесную, чем те «псевдосаванны» Средней Азии, о которых писал в свое время Овчинников. Они, очевидно, представляют собою производное сухих субтропиков. Возможно им приписать африканское происхождение. Главное свое развитие данный тип получил в четвертичную эпоху, поэтому на нашей схеме он обозначен под именем четвертичных саванн (S. Qv.). Пунктами преимущественного распространения растительности данного типа в Грузии являются район Ксани, Мцхета, Тбилиси, Удабно, Шираки—Эльдари, затем Бетани, Яглуджа, Самшвильдо. Эта эпоха совпадает с началом «арчево-фисташковой стадии» М. Г. Попова.



Последующее потепление климата в послеледниковую эпоху явилось причиной новой серии изменений в общем характере растительного покрова.

Рассмотрим вкратце эти изменения. Возвращались на ранее занятую ими территорию вытесненные ледниками леса. Но здесь происходило дальнейшее обеднение их флористического состава. Плиоценовые леса отступили на задний план и сохранились лишь кое-где в наиболее подходящих для них условиях существования. Большая же часть ранее принадлежавшей им площади к этому моменту оказалась занятой широколиственными лесами с преобладанием восточного бука, уже лишившимися своего характерного вечнозеленого подлеска и сложившимися в целый ряд новых фитоценологических группировок. Кое-где и до наших дней в этих лесах сохранились разрозненные колхидские и гирканские реликты. Последние количественно преобладают в лесах современной Кахетии. Западной границей для большинства из них является меридиан Тбилиси. Эти леса на схеме мы обозначаем как постплиоценовые (S. Ppl.), поскольку их общий фитоценологический и флористический характер окончательно сложился в постплиоценовую эпоху, где в рефугиумах этих лесов уже происходила их постепенная перекристаллизация.

Плиоценовые ксерофиты, повидимому, тоже пережили ледниковую эпоху на подходящих местообитаниях и впоследствии, возможно, вновь несколько расширили площадь своего обитания, не играя, значительной роли в общем растительном ландшафте страны.

Высокогорья Восточной Грузии оказались занятыми фитоценозами типа альпийских лугов, а вдоль своего нижнего бордюра, на месте контакта с реликтами плиоценовых и постплиоценовых лесов, были окаймлены субальпийскими лесами. На востоке попрежнему процветали четвертичные саванны.

Перейдем теперь к наиболее спорному вопросу о возрасте наших степных ценозов.

Возраст и происхождение этого типа растительности в Грузии, и на востоке области Главного хребта и в Закавказье, до сих пор еще являются невыясненными. Кузнецов в свое время высказывал мысль о том, что растительность типа черноземных ковыльных степей возникла и сложилась на Кавказе, в частности, в Нагорном Дагестане, и оттуда, по мере отступления великого ледника, спускаясь с гор, распространилась в пределы современных понтических степей—Трансильванию, Украину, на юго-восток Европейской части СССР и в западное Предкавказье. Эта точка зрения впоследствии оспаривалась А. А. Гроссгеймом, который окончательно сформулировал мысль о том, что степи проникли на Кавказ с севера, по всей вероятности в постгляциальную эпоху. Особое положение в данном вопросе занимает акад. Н. Н. Кецховели, который утверждает, что степи в Грузии вторичного происхождения и развились на месте уничтоженного человеком леса. С нашей точки зрения возможно и четвертое предположение:



признать за степями Грузии, Закавказья и восточной части Главного хребта переднеазиатское происхождение. Степи Закавказья, не исключая и степи Восточной Грузии, расположенные в пределах Степного плоскогорья, относятся к типу нагорных или «горных» степей, отличному от понтических равнинных степей. Об этом свидетельствуют, помимо особых свойственных им экологических условий, также их своеобразные взаимоотношения с лесными фитоценозами и с формацией альпийских лугов, а также наличие посреди них особых типов (трагантовых степей и др.).

Горные степи занимают довольно значительные пространства на возвышенных нагорьях южной Грузии, Армении и юго-восточного Азербайджана. За пределами Кавказа этот тип растительности распространен в нагорьях Передней Азии, где, можно считать, и находится его древняя колыбель. Сам А. А. Гроссгейм не отрицает возможности параллельного и, прибавим, независимого развития этого типа «как на равнинах юга Союза, так и на горных плато Передней Азии». Этот тип растительности мог появиться в Восточной Грузии уже в ледниковую эпоху, не занимая обширных площадей, но ютясь на основном фоне лесо-луговой растительности, подобно тому, как и в настоящее время мы наблюдаем в Закавказье фрагменты ковыльных фитоценозов, в области преобладания луговой альпийской растительности (напр. в Мтиулетии). Некоторые исследователи, напр. А. А. Гроссгейм, пытались даже выделить подобные участки в категорию «альпийских степей». Мы считаем вполне допустимым, что к концу плиоцена южные нагорья Закавказья (Джавахетское, Цалкинское, Карсское, Лорийское, Ленинканское, Гокчинское и др.) были в большей своей части одеты лесами, возможно даже того типа, который мы назвали плиоценовыми. Это тем не менее нисколько не противоречит возможности одновременного существования на подходящих склонах участков степи. Ведь и в переживаемую нами эпоху на наших южных нагорьях нередки примеры леса, «поставленного на степь», по терминологии Н. А. Троицкого. Мы вполне допускаем, что на наших глазах еще происходили процессы расселения степей за счет уничтоженного человеком леса. Но это вовсе не означает, что все степи Грузии и Закавказья исключительно вторичного происхождения. Да, кроме того, этим отнюдь не решается основной интересующий нас вопрос о происхождении и времени появления степного типа растительности в Закавказье. Мы считаем, вместе с А. А. Гроссгеймом, что степной тип развития и распространения в Закавказье получил в послеледниковую эпоху, поэтому на нашей схеме обозначаем его символом St. Pgl.—послеледниковые степи.

Высыхание обширного морского залива, вдававшегося в глубь восточного Закавказья, привело к освобождению обширных пространств суши и значительному усилению сухости климата Восточной Грузии. Вновь образовавшаяся суша заселилась растительностью нового для страны типа—пустынь и полупустынь, которую мы обозначаем под именем четвертичных



пустынь—Е. Q. Этот тип растительности проник в Закавказье и Грузию из Туранской низменности.

Дальнейший естественный ход эволюции всех упомянутых нами основных фитоценозов Восточной Грузии решительным образом нарушается благодаря преобразующей деятельности человека. Все виды хозяйственных воздействий: в дальнейшем направляют весь ход эволюции растительного покрова страны.

Воздействие человека на первобытный растительный покров распространялось как снизу вверх из равнин в горы, так и сверху вниз, в обратном направлении. Леса, начиная с предгорий, преобразуются в тот тип, который нами условно обозначается как антропогенные леса (S. Ap.), основной чертой которых являются постепенное исчезновение бука из их состава, прогрессирующая ксерофитизация, обеднение систематического состава, обогащение сорняками и последующее перерождение их в кустарниковые заросли («колючекустарниковые степи», «шибляк»). Разрушение почвенного слоя, в случае неразумной хозяйственной деятельности человека, может, в конце концов, привести к оголению склонов и постепенному переходу этого типа растительности во вторичные фитоценозы, обозначаемые нами как антропогенные нагорно-ксерофитные комплексы (X. Ap.) По сравнению с фитоценозами, в основном образованными постплиоценовыми ксерофитами, они отличаются особенностями своего флористического состава: значительным его однообразием и преобладанием видов более молодого происхождения, а также сорных форм. Влияние человека на послеледниковые степи Восточной Грузии способствовало превращению их в культурные земли—Т. С. нашей схемы, или же их дальнейшей эволюции в тип растительности, который большинством кавказских геоботаников понимается под именем полустепи или бородачевой степи. Мы обозначаем этот тип как антропогенные степи (St. Ap.). В тех случаях, когда этот тип развивается на крутых склонах с маломощным почвенным слоем и близкой каменистой подпочвой, он, обогащаясь ксерофитами, способен переходить во вторичные нагорно-ксерофитные комплексы (X. Ap.).

Наконец, современные реликты четвертичных саванн, значительно пополненные как фрагментами степной или полупустынной растительности, так и представителями нагорно-ксерофитного типа, после уничтожения древостоя, переходят или в заросли колючих кустарников (S. Ap.), или в антропогенные степи (St. Ap.), или же, в случае уничтожения почвенного слоя, даже во вторичные ксерофитные комплексы.

Воздействие человека на высокогорные фитоценозы приводит к обогащению растительности альпийских лугов вторичными фитоценозами типа *Nardetum*'ов, *Festucetum variae*, *Alchemilletum*'ов, *Sibbaldietum*'ов и т. п., а также к развитию пространств, занятых сорняками, или же образованию осыпей и скал, заселяющихся вторичными нагорно-ксерофитными группами



ровками. Это же воздействие приводит к постепенному снижению верхней лесной опушки и развитию на освободившейся площади растительности типа послелесных лугов.

Наблюдаемый нами ход эволюции главнейших фитоценозов Восточной Грузии должен служить постоянным предупреждением хозяйственнику, планирующему те или иные сельскохозяйственные мероприятия. Последние никоим образом не должны подталкивать естественные фитоценозы в сторону перерождения их в хозяйственно малоценные или даже бесполезные группировки. Необходимо или содействовать их переводу в культурные земли, или же обеспечить их такими мерами ухода, которые могли бы гарантировать им необходимые условия восстановления своего древостоя и травяного покрова. От этого зависят и повышение урожайности, и защита наших пашен, садов и виноградников от смыва, обеспечение скота необходимыми кормами и снабжение страны строевым, поделочным и топливным лесом.

Академия Наук Грузинской ССР  
Тбилисский Ботанический Институт

(Поступило в редакцию 2.2.1943)

ბოტანიკა

დ. სოსნოვსკი

## აღმოსავლეთ საქართველოს ძირითად ფიტოცენოზთა ქრონოლოგიზაციის ცდა

რეზუმე

აღმოსავლეთ საქართველოს მცენარეული საფარის შემადგენელი ფიტოცენოზები სხვადასხვა წარმოშობისა და სხვადასხვა ხნოვანებისაა. შეიძლება გავარჩიოთ ნაშთი პლიოცენური ტყეებისა (S. Pl.), რომელთა ევოლუციის შედეგად მყინვარეული ხანის დასასრულს პოსტპლიოცენური ტყეები (S. PPl.) შეიქმნა. ადამიანის ზეგავლენით ტყის ეს უკანასკნელი ტიპი ტყეზღჩქნართა განსაკუთრებული ტიპით—ანთროპოგენური ტყეებით (S. An.) შეიცვალა. სპორადულად კიდევ შერჩენილია პლიოცენურ ქსეროფიტთა (X. Pl.) რელიქტები, რომელნიც ანთროპოგენურ ქსეროფიტთა კომპლექსით (X. An.) შეიცვალა. ველები, რომლებიც აღმოსავლეთ საქართველოში უნდა ვიგულისხმოთ, ჯერ კიდევ მყინვარეულ ხანაში წარმოიშვა, უმთავრესად პოსტგლაციურში განვითარდა და ამიტომ შეიძლება ვუწოდოთ მათ პოსტგლაციური ველები (St. Cl.). ადამიანის ზეგავლენით ეს ველები ანთროპოგენურ ველებში გადადის (St. An.). უდაბნოები და ნახევარუდაბნოები (EQ) მთლიანად მეოთხეულს უნდა მიეკუთვნოს. არიდული მეჩხერი ტყეები (SQ) წარმოადგენს თავისებურ ტიპს, რომელიც სავანებს უახლოვდება. კომპლექსური აგებულობის გამო, მათ შეუძლიათ მოგვცენ St. An. ან X. An.. ბუნებრივ ფიტოცენოზთა უმეტესი ნაწილი კულტურულ მიწებში (T. C.) შეიძლება იყოს გადაყვანილი. ყველა ზემოდასახელებულ დამოკიდებულებათა ასახვას იძლევა თანდართული სქემა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
თბილისის ბოტანიკის ინსტიტუტი



Е. А. МАКАРЕВСКАЯ

## ВОЗРАСТНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛИСТА ШЕЛКОВИЦЫ

В нашем исследовании кормовых свойств листа шелковицы в процессе его развития [3], оказалось в некоторых случаях невозможным достигнуть за короткий срок необходимого для опыта насыщения листа водой. В дальнейшем выяснилось, что снятые с ветки и положенные или поставленные черешком в воду верхние листья давали прибавку в весе (в темноте) иногда даже после двух суток. Чем лист был ниже на ветке, тем он быстрее насыщался водой, часто за 1—2 часа, причем общий процент влаги, всосанной молодыми листьями, превышал в 2—3 раза процент всосанной старыми<sup>1</sup> (рис. 1). Из исследованных сортов: Акаки, Катанео и Татарика больше всех всасывал воду лист Татарика.

Интересно сопоставить различную скорость насыщения верхних и нижних листьев со скоростью их высыхания. Высыхание сильно возрастает для низко расположенных листьев, например, через 4 часа потеря воды в процентах: для верхних—27,65, для нижних—52,08 ([6], стр. 144).

Помимо этого было обнаружено, что в связи с возрастом меняется эластичность листа при хранении в спирту (денатурате). До 30 дней спиртованный лист остается мягким и гибким, с 30-дневного возраста он ста-

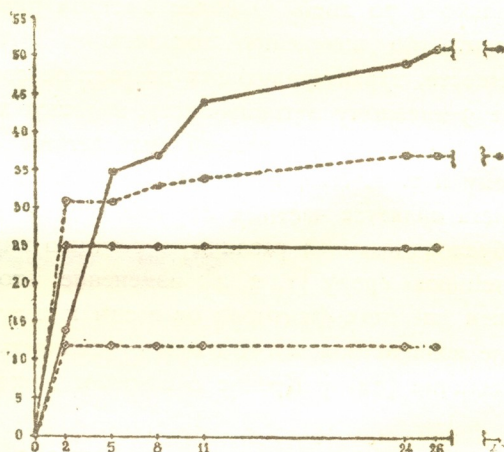


Рис. 1. Кривые насыщения водой листа Катанео (пунктирная линия) и Татарика (сплошная линия). Более высокие кривые принадлежат молодым листьям. По оси абсцисс — продолжительность опыта в часах, по оси ординат — число граммов воды на 100 г сухого веса.

<sup>1</sup> Величина насыщения в первые 2—3 часа в большинстве случаев больше у нижних листьев, что, повидимому, объясняется относительно меньшей их влажностью (во-дным дефицитом).



новится все более и более хрупким. Хрупкость листа, надо полагать, зависит от степени его обезвоживания спиртом. Степень хрупкости листа, нам кажется, имеет ту же основу, что и степень насыщения и высыхания листа. Полагаем, что эти различия в свойствах разновозрастного листа зависят от количества гидрофильных коллоидов этих листьев. Подтверждение этой мысли находим у Смирнова [5], который прямо говорит, что влагоемкость табачных листьев уменьшается с их возрастом и, что она определяется коллоидной частью их сухого вещества. То же уменьшение вододерживающей способности биокolloидов в связи со старением нашел Санде Бакхейзен у пшеницы [4].

Это возрастное изменение вододерживающей силы листа шелковицы обще не только растительному миру, но и животному, несущим в основе своей жизни одни и те же необратимые процессы старения коллоидов.

В то время как лист летнего разветвления становится ломким от спирта уже с 30-дневного возраста, весенний даже в 100-дневном возрасте не ломок у сортов Акаки и Татарика, у Аранчина становится ломким только с 70 дней. О более быстром развитии летнего листа можно также судить по изменению локализации и количества некоторых питательных веществ, характеризующих возрастное состояние листа [3]. То, что присуще 9-дневному летнему листу, является характерным для 20-дневного весеннего листа; 40-дневный лист летний соответствует 60-дневному весеннему и т. д. Это изменение созревания летнего (вышележащего на ветке) листа является частным случаем общей закономерности развития растения, обуславливающей различную реакцию нижней и верхней частей побега на внешнюю среду [1, 2, 4]; изменение это нельзя объяснить одним усилением внешних факторов от весны к лету. Сами по себе те или иные внешние воздействия могут однако усиливать или сглаживать специфические различия (см. у Кренке о влиянии дождей, засухи, обрезки и пр. [1]).

### В ы в о д ы

Скорость насыщения листа водой или, наоборот, быстрота его высыхания, также степень хрупкости спиртованного листа зависят от его возраста.

Дальнейшее уточнение методов определения вододерживающей способности листа (установление стандартных условий) при сравнительной простоте их может помочь возрастному контролю листа как в промышленном, так и в опытном шелководстве.

Академия Наук Грузинской ССР  
Тбилисский Ботанический Институт и  
Тбилисский Научно-исследовательский  
Институт Шелководства

(Поступило в редакцию 7.3.1942)



მ. მაკარევსკაია

ხნოვანობასთან დაკავშირებული თუთის ფოთლის წყლის შეკავების  
უნარიანობის ცვლილება

რეზუმე

წყლის გაჟღენთვის მიმართ სხვადასხვა ხნოვანობის ფოთლები სხვადასხვა უნარიანობით ხასიათდებიან (ჰიდროფილ კალოიდების რაოდენობა). ახალგაზრდა ფოთლები ზოგჯერ ორი დღე-ღამის განმავლობაშიც კი (სიბნელეში) მატულობენ წონაში, მაშინ როდესაც მობერებულნი, იმავე პირობებში, უკვე ორ საათში იჟღინთებიან. ამავე დროს ახალგაზრდა ფოთლის მიერ შეწოვილი სინოტივის საერთო პროცენტი 2—3 ჯერ აღემატება მობერებული ფოთლის მიერ შეწოვილ წყალს.

ფოთლის მობერებასთან ერთად წყლის დაკარგვის ხარისხი მატულობს სპირტის მოქმედებით.

წყლის დამჭერი ძალის განმსაზღვრელი მეთოდის შემდგომმა დაზუსტებამ (სტანდარტული პირობების დამყარება), მისი შედარებით სიმარტივის გამო, შესაძლებელია დაგვეხმაროს ფოთლის ხნოვანობის კონტროლის დადგენაში, რასაც მნიშვნელობა ექნება როგორც საწარმოო, ისე საცდელ მებარეშემოებისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
თბილისის ბოტანიკის ინსტიტუტი და  
თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი მებარეშემოების ინსტიტუტი

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ციტირებული ლიტერატურა

1. Н. П. Кренке. Теория циклического старения и омоложения растений и практическое ее применение. Москва, 1940.
2. Т. Д. Лысенко. Теоретические основы яровизации. Москва, 1939.
3. Е. А. Макаревская. Возрастные изменения некоторых веществ листа шелковицы. Сообщения Акад. Наук Груз. ССР, т. III, № , 1942.
4. Д. А. Сабинин. Минеральное питание растений. Москва, 1940.
5. А. И. Смирнов и сотрудники. К характеристике возраста табачных листьев. Труды Гос. ин-та табаковед., 46, 1928.
6. А. И. Федоров. Шелковица и ее культура. Ташкент, 1932.



ღავეთ კოზახიძე

სამედიცინო წურბელას მიერ ერთჯერ კვებისას გამოწოვილი სისხლის რაოდენობა და მისი შემადგენი ცვალეზალოზა

სამედიცინო წურბელას მიერ ერთჯერ კვებისას გამოწოვილი სისხლის რაოდენობის შესახებ ცალკეული ცნობები არსებობს, მაგრამ ისინი არ არის აგებული სპეციალური კვლევის შედეგებზე და ამიტომ მხოლოდ მიახლოებითად უნდა ჩავთვალოთ. ჩვენ განვიზრახეთ ამ საკითხის უფრო დაწვრილებით შესწავლა, თვით წურბელას სხეულის წონითი მონაცემების მიხედვით. ასეთი კვლევის წარმოებისას ჰირუდოთერაპიის პრაქტიკული ხასიათის საკითხის გარკვევა გვქონდა მხედველობაში, სახელდობრ, გვინდოდა მკურნალობის დროს წურბელას საორიენტაციო რაოდენობის დადგენა თვით წურბელას სხეულის წონითი მონაცემების მიხედვით, როდესაც წინასწარ ცნობილია ავადმყოფისაგან გარკვეული რაოდენობის სისხლის გაღების საჭიროება. ვიმედოვნებთ, ინტერესს მოკლებული არ იქნება საკითხის ბიოლოგიური მხარეც, სამედიცინო წურბელას კვების ზოგად პრობლემასთან და შეწოვილი სისხლის წურბელას საქმლის მომწელებელ ტრაქტში ცვალეზადობასთან დაკავშირებით.

ნაშრომი ორი ნაწილისაგან შედგება: პირველში მოცემულია სამედიცინო წურბელას მიერ ერთჯერ კვებისას გამოწოვილი სისხლის რაოდენობის დასადგენად შესრულებული კვლევის შედეგები (ცხრილი 1), ხოლო მეორეში—შეწო-

ცხრილი 1

№№ სერიის	1 წურბელას წონა გ კვებამდე			1 წურბელას მიერ ერთჯერ კვებისას გამოწოვილი სისხლის წონა გ		
	მაქსიმუმი	საშუალო	მინიმუმი	მაქსიმუმი	საშუალო	მინიმუმი
I	0,2500	0,2040	0,1105	1,6205	0,8009	0,2000
II	0,4892	0,3517	0,2600	2,4102	1,3659	0,5000
III	0,6993	0,5678	0,5007	3,0603	1,8896	0,6104
IV	0,9306	0,8691	0,7794	4,5798	3,8070	2,0031
V	1,2000	1,0969	1,0091	6,8381	4,9270	3,0044
VI	1,4607	1,3853	1,2803	7,0100	5,5754	3,4194
VII	1,7006	1,6500	1,5102	7,6106	5,8800	3,9109
VIII	1,9294	1,8425	1,7556	8,3290	6,2190	4,0032
IX	2,8896	2,2339	2,0306	9,9900	6,8778	4,5498
X	5,2505	4,2520	3,4100	11,0595	8,0958	6,4107



ვილი სისხლის ფორმიანი ელემენტების სამედიცინო წურბელას საჭმლის მომწელებელ ტრაქტში ცვალებადობა (ცხრ. 2)<sup>1</sup>.

როგორც 1-ლ ცხრილიდან ჩანს, სამედიცინო წურბელას მიერ ერთჯერ კვებისას გამოწვეული სისხლის რაოდენობა ყველა მოყვანილი სერიის მიხედვით საგრძნობლად მერყეობს. ასეთი რაოდენობითი მერყეობა შემდეგი მიზეზით შეიძლება იყოს გამოწვეული: ა) ცალკეულ, საცდელად აღებულ, ეგზ. წონით მონაცემების მაჩვენებლების არაერთგვაროვნობით; ბ) იმით, თუ რამდენად სრულად იყო ავსებული საჭმლით წურბელას საჭმლის მომწელებელი ტრაქტი წინა კვების დროს; გ) პერიოდით, რომელმაც განვლო წინა კვებისა და საცდელი კვების შორის; დ) ცალკეული, საცდელად აღებული, წურბელას საჭმლის მომწელებელი ტრაქტის ინდივიდუალური თავისებურებით; ე) წურბელას საცხოვრებელი არის ეკოლოგიური რეჟიმით წინა კვებისა და საცდელი კვების განმავლობაში და სხვ.

ერთი წურბელას მიერ ერთჯერ კვებისას გამოწვეული სისხლის რაოდენობა თვით საცდელ მშვიერ ეგზ. წონის პირდაპირ პროპორციულია. ასევე ნათელია საკითხი მშვიერი წურბელას მტაცებლური კვების შედარებითი დიდი ინტენსიურობისა, რაც წურბელას მიერ ერთჯერ კვებისას, საშუალოდ, თავისი სხეულის დონორი-ცხოველისაგან სამ-ოთხჯერ მეტი წონის სისხლის გამოწვევაში გამოიხატება.

საკვებად სამედიცინო წურბელა მკვებავი ცხოველის-დონორის სხეულზე სათანადო ადგილს (ყველაზე ნაზსა და შედარებით თმით დაუფარავს) ამოარჩევს. შემდეგ ემაგრება უკანა მისაწოვარით, სჭრის თავისი საკმაოდ ღონიერი პირის აპარატით დონორის კანს და მცირე დროის განმავლობაში გარეგნულად თითქმის უძრავ მდგომარეობაში რჩება. სწორედ ამ დროს ხდება დონორი-ცხოველის ქსოვილების გაჭრილი მიდამოს ჰირუდინიზება. როგორც კი გაიქვლენება გაჭრილი მიდამო ჰირუდინით და სისხლის შეუფერხებელი (შეუღდე-

<sup>1</sup> სამედიცინო წურბელას მიერ ერთჯერ კვებისას გამოწვეული სისხლის რაოდენობის გამოსარკვევად ჩატარებულ იქნა ცდების 10 სერია. თითოეულ სერიისათვის საშუალო მონაცემები გამოყვანილია 30 ეგზ. შესწავლის საფუძველზე (სულ 300 ეგზ.). საცდელი წურბლების მთელი რაოდენობა რამდენიმე დონორის სისხლით გამოიკვება. ვსარგებლობდით საქართველოს წყალსატევებში მოთავსებულ სამედიცინო წურბელათი. საცდელი წურბლების კვება ოთახის ჩვეულებრივი ტემპერატურის პირობებში (15—25°) და წლის ყველა სეზონში ვაწარმოეთ. ყველა საცდელი ეგზ. აწონას როგორც კვებამდე, ასევე კვების შემდეგ ანალიზურ სასწორზე 0,0001 გ სიზუსტის დაცვით ვაზდენდით.

შეწოვილი სისხლის ფორმიანი ელემენტების სამედიცინო წურბელას საჭმლის მომწელებელ ტრაქტში ცვალებადობის შესწავლა, როგორც თვით ბაჰია-დონორის სისხლის ანალიზის, ასევე მისგან გამოწვეული სისხლის (წურბელას საჭმლის მომწელებელ ტრაქტიდან უკანვე პერიოდულად გამონთხეული სისხლის სახით) ანალიზის შედეგად მოვახდინეთ, დაწყებული პირველ დღიდან ყოველ მე-6 დღეს. წურბელას საცდელი ეგზ. კვებამდე თითქმის ერთნაირი წონის (0,2000—0,2400 გრ) იყვნენ და გამოკვებიდან ცდის დასრულებამდე წყლის ერთნაირ ტემპერატურის (20°) გავლენის ქვეშ იმყოფებოდნენ.

სამუშაოს პირველი ნაწილის შესრულებაში დაწმარება გამიწია ზოონისტიტუტის უფრო ლაბორანტმა თ. ლევიძემ, ხოლო მეორე ნაწილის—ამავე ინსტიტუტის მეცნ. თანამშ. ე. კვინიკაძემ. ორივე თანამშრომელს გულითად მადლობას მოვახსენებ.



ბელი) ამოწოვა შესაძლებელი გახდება, წურბელა ჩვეულებრივ მთელი სხეულით იწეებს რითმულ, ტალღისებურ მოძრაობას, სისხლის გადასხმას დონორის ორგანიზმიდან თავის საჭმლის მომწელებელ ტრაქტში (თუმცა ეს ყოველთვის ერთგვარი რითმითა და ინტენსიურობით არ ხდება). სისხლის გამოწოვის პერიოდი სრულიად სხვადასხვა დროით შემოიფარგლება, რაც თვით წურბელას ხნოვანების, განვითარების სიძლიერისა და დამწეულობის ხარისხს გარდა, დონორიცხოველის ორგანიზმში სისხლის სიჭარბეზე, სისხლის დებეტის ხარისხზე და გარემოს ტემპერატურაზე არის დამოკიდებული.

მაძლარი წურბელა მშვიდთან შედარებით ბევრად უფრო მძიმეა, რაც მისი მოძრაობის ნაკლებ აქტიურობას აპირობებს. მას შემდეგ, რაც წურბელა უზრუნველყოფს თავის თავს საკვების სათანადო მარაგით, ის დიდი ხნის განმავლობაში შედარებით პასიურ ცხოვრებას ეწევა, ნელა მოძრაობს, თითქმის სრულებით აღარ ცურავს და წყალსატევის ფსკერზე ცხოვრობს. ამიტომ გასაგებია, რომ სარეწაო მიზნისათვის წარმოებული მასობრივი ჭერის დროს ჩვეულებრივ მოპოვებული წურბელა თითქმის ყოველთვის მშვიდია და სუფთა წყალში სათანადო ექსპოზიციით შენახვის (თუნდაც 10—20 დღის) შემდეგ ვარგისია ჰირუდოთერაპიაში გამოსაყენებლად.

წურბელას საჭმლის მომწელებელ ტრაქტში მოხვედრილი დონორის სისხლის-ფორმიანი ელემენტების დროში ცვალებადობა მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

სისხლის-ფორმიანი ელემენტების დასახელება	ბაჭია-დონორის სისხლის შემადგენლობა	სისხლის-ფორმიანი ელემენტების ცვალებადობა წურბელას საჭმლის მომწელებელ ტრაქტში დღეებით						
		1	6	11	16	21	26	31
ერიტროციტები . . .	4.600.000	2.090.000	3.340.000	1.070.000	500.000	310.000	220.000	130.000
ლეიკოციტები . . . . .	8.000	6.000	10.000	8.000	2.600	2.400	1.800	1.400
თეთრი სისხლი . . . . .	ნორმალური	ძლიერ დეგრადირებული	მ თ ღ ი ა ნ ა დ დ ე გ რ ა დ ი რ ე ბ უ ლ ი					

როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, ბაჭია-დონორის სისხლი, მოხვედრილი სამედიცინო წურბელას საჭმლის მომწელებელ ტრაქტში, პირველ დღესვე განიცდის ძლიერ ცვალებადობას, რაც ერიტროციტებისა და ლეიკოციტების რაოდენობის შემცირებასა და თეთრი სისხლის ძლიერ დეგრადირებაში გამოიხატა. მე-6 დღეს ერიტროციტებისა და ლეიკოციტების რაოდენობა შედარებით გადიდა სისხლის კონსისტენციის ერთდროულად შესქელებით, რაც, ალბათ, წურბელას საჭმლის მომწელებელი ტრაქტის კედლების მიერ საკვებად შეწოვილ სისხლში არსებული წყლის შედარებით ადრე ათვისებასთან არის დაკავშირებული. ჰემოლიზებული სისხლის ერიტროციტების კონტური უკვე გაურკვეველი გახდა; ლეიკოციტებიდან კი პიკენტური და ნეკროტული ბირთვები დარჩნენ,



ზოგიერთ უჯრედში მარცვლოვანობა შეინახა, მაგრამ პროტოპლაზმა არ იძლეოდა ნათელ კონტურს. აღნიშნულ იქნა დეტრიტებისა და ბაქტერიული სხეულაკების სიჭარბე. მე-11 დღეს ერთროციტებისა და ლეიკოციტების რაოდენობა კვლავ შემცირდა. ჰემოლიზებულ სისხლში ერთროციტების კონტური და თეთრი სისხლის ელემენტების დიფერენცირება თითქმის სრულებით შეუძლებელი გახდა. ნეიტროფილებიდან მხოლოდ ბირთვები დარჩა, პროტოპლაზმა სრულებით აღარ იყო. შემჩნეულ იქნა ბაქტერიული სხეულაკების სიჭარბე, რომლებიც ზოგიერთ ადგილას დაჯგუფებებსაც კი ჰქმნიდნენ. მე-16 დღეს ბაჭია-დონორის სისხლის სამედიცინო წურბელას საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში ცვალებადობა თითქმის ისეთივე სურათით აღინიშნა, როგორც მე-11 დღეს, მხოლოდ ერთროციტებისა და ლეიკოციტების რაოდენობა კიდევ უფრო შემცირდა. შემდეგში, მე-21 დღეს, ფიქსირებულია: ერთროციტებმა დაჰკარგეს ეოზინით შედგების უნარი, ლეიკოციტებს შორის უმრავლესობა ძლიერ გამოვლინებული ნეკრობიოზით იყვნენ, მაგრამ მარცვლოვანობასთან ერთად შეიძლებოდა თითოეული ეოზინოფილებისა და ბაზოფილების გარჩევა. შეიძლებოდა სპეციფიკური უჯრედებისა და სეგმენტირებული ბირთვების გამოცნობა. ლიმფოციტები ძნელი გამოსარჩევი გახდა ნეკრობიოზის გამო, რადგან პროტოპლაზმა აღარ იყო. მე-26 დღეს თითოეული ერთროციტები სრულებით აღარ ჩანდნენ, მაგრამ კიდევ შეიძლებოდა გარჩევა ცალკეული ლეიკოციტებისა, რომლებიც ნეკრობიოზის სტადიაში იმყოფებოდნენ. იშვიათად მოსჩანდნენ ეოზინოფილები ჰიკენტური ბირთვებით და ბაზოფილები, რომლებიც დიფერენცირებული იყვნენ მარცვლოვანობის მიხედვით, სპეციფიკური უჯრედების ნაწილმა კიდევ შეინახა ბირთვების კონფიგურაცია და მარცვლოვანობა. მონოციტების და ლიმფოციტების დიფერენცირება შეუძლებელი იყო. მე-31 დღეს ერთროციტების რაოდენობამ დაჰკარგა პრაქტიკული მნიშვნელობა, ხოლო თეთრი სისხლი ნეკრობიოზის სტადიაში იყო, გვხვდებოდა მხოლოდ თითოეული ეოზინოფილები და სპეციფიკური უჯრედების (ნეიტროფილების) ბირთვები. ასეთი იყო ბაჭია-დონორის სისხლის საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში თანდათანობითი ცვლილება.

მაშასადამე, როგორც დონორი-ცხოველის სისხლის სამედიცინო წურბელას საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში მოხვედრის შემდეგ წარმოებულმა სისტემატურმა ანალიზებმა ცხადჰყო, სისხლი ჰირუდინის მოქმედების გამო თუმცა არ დედება, მაგრამ ძირფესვიან შედარებით შენელებულ ცვლილებას განიცდის. ვფიქრობთ, ეს მოვლენა სისხლის ჩვეულებრივ დაკონსერვებად არ შეიძლება იყოს წოდებული. ამიტომ მიგვაჩნია, რომ ამ საკითხის ირგვლივ არსებული ლიტერატურული ცნობები სისხლის დინამიკის მსვლელობაზე სისწორეს მოკლებულია. აქ მოყვანილი შედეგები ცხადჰყოფენ, რომ სამედიცინო წურბელა მხოლოდ ერთი თვის განმავლობაში იკვებება სისხლით, ამ დროის შემდეგ კი წურბელა მხოლოდ სისხლის მთლიანად დაშლის პროდუქტებით სარგებლობს. რადგან სამედიცინო წურბელა ცივისისხლიანი ცხოველია, მისი სხეულის ტემპერატურა და მოძრაობის აქტიურობა დაპირობებულია გარემოს (წყალსატევის) ტემპერატურით, ამიტომ ალბათ, მისი საჭმლის მომნელებელ სისტემაში მოხ-



ვედრილი სისხლის შენახვის ხანგრძლივობა, ნაწილობრივ, ადგილსამყოფელის ტემპერატურულ რეჟიმთან უნდა იყოს დაკავშირებული.

წურბელას მიერ სისხლის გამოწოვისა და საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში შენახვის აქ აღნიშნული სპეციფიკა წურბლისათვის დამახასიათებელია განვითარების ყველა სტადიაში და, ალბათ, ამ სახეობის შედარებით მეტ პლასტიკურობას უზრუნველყოფს. წურბელასა და მისი საკვების ასეთი ურთიერთ დამოკიდებულობა ამ სახეობის მეტ ეკოლოგიურ გამძლეობას აპირობებს.

ჩატარებულ გამოკვლევებათა საფუძველზე შემდეგი ზოგადი, მხოლოდ საორიენტაციო მნიშვნელობის დასკვნები შეიძლება იქნეს დასაბუთებული:

1. მშვიერი სამედიცინო წურბელას მიერ ერთჯერ კვებისას მკვებავი ცხოველის-დონორის სხეულიდან გამოწოვილი სისხლის წონითი რაოდენობა თვით წურბელას მთელი სხეულის წონით მონაცემების პირდაპირ პროპორციულია: რამდენადაც მეტია მშვიერი წურბელას წონა, იმდენად მეტია მის მიერ გამოწოვილი სისხლის წონითი რაოდენობა.

2. პირუდოთერაპიის დროს მკურნალობის შემთხვევაში სამედიცინო წურბელას პრაქტიკულად საჭირო რაოდენობის განსასაზღვრავად შეიძლება ვისარგებლოთ 1-ლ ცხრილში მოყვანილი რიცხვებით. სახელდობრ, ერთი წურბელას 0,2040 გ წონისას საშუალოდ შეუძლია გამოსწოვოს 0,8009 გ სისხლი; 0,3517 გ წურბელას—1,3659 გ სისხლი; 0,5678 გ წურბელას—1,8869 გ სისხლი; 0,8692 გ წურბელას—3,8070 სისხლი; 1,0969 გ წურბელას—4,9270 გ სისხლი; 1,0969 გ წურბელას—4,9270 გ სისხლი; 1,3853 გ წურბელას—5,5754 გ სისხლი; 1,6500 გ წურბელას—5,8800 გ სისხლი; 1,8425 გ წურბელას—6,2190 გ სისხლი; 2,2339 გ წურბელას—6,8778 გ სისხლი; 4,2520 გ წურბელას—8,0958 გ სისხლი.

3. მშვიერი სამედიცინო წურბელას მიერ დონორი-ცხოველის ორგანიზმიდან გამოწოვილი სისხლის ინტენსივობა თუმცა სხვადასხვა ხასიათისა არის, მაგრამ, საშუალოდ, მშვიერ წურბელას თავის სხეულის წონის 3—4-ჯერ მეტი წონის სისხლი შეუძლია მოათავსოს თავის საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში.

4. მკვებავი ცხოველის-დონორის სისხლმა, მოხვედრილმა სამედიცინო წურბელას საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში, გამოავლინა შედარებით მეტი გამძლეობა, რადგან მასზე ნაწილობრივ პირუდინის მოქმედება არ იყო გამორიცხული; საერთოდ კი სისხლი შედარებით ძლიერ და ნელ ცვალებადობას განიცდის. სისხლის ძირითადი ფორმიანი ელემენტები იშლებიან ერთი თვის განმავლობაში (წყლის 20°-ის პირობებში), ამ დროის შემდეგ კი წურბელა სისხლის დაშლისას დარჩენილი ნარჩენებით საზრდოობს. სისხლის დაშლის ინტენსიურობა, მისი წურბელას საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში შენახვის ხანგრძლივობა, ალბათ, დამოკიდებულია როგორც შინაგან, ისევე გარეგანი ფაქტორების გარკვეულ კომბინაციაზე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ზოოლოგიის ინსტიტუტი

თბილისი

(შემოვიდა რედაქციაში 21.12.1942)



Д. Н. КОБАХИДЗЕ

## КОЛИЧЕСТВО КРОВИ, ВЫСОСАННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПИЯВКОЙ ПРИ ОДНОКРАТНОМ ПИТАНИИ И ЕЕ ДАЛЬНЕЙШЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ

Резюме

На основании изучения питания медицинской пиявки в 10-ти сериях (в каждой серии по 30 экз. пиявок, всего 300 экз.), выведены общие заключения относительно количества крови, высосанной голодной пиявкой (подробно см. табл. 1). В работе затронут также вопрос об изменениях основных форменных элементов крови в пищеварительном тракте пиявок с момента кормления их на питающем животном-доноре на каждый шестой день (цифровые данные см. табл. 2).

На основании проведенного исследования получают следующие выводы, которые нами выдвигаются пока лишь в порядке ориентировочном.

1. Весовое количество крови, высосанной голодной медицинской пиявкой из организма питающего животного-донора при однократном питании, прямо пропорционально весовым показателям самой пиявки. Чем больше по весу голодная пиявка, тем больше крови она высасывает.

2. Для определения практически требуемого количества медицинской пиявки при лечении в гирудотерапии можно пользоваться данными, приведенными в таблице 1. В частности, одна пиявка 0,2040 г веса в среднем может высосать 0,8009 г крови; 0,3517 г пиявка—1,3659 г крови; 0,5678 г пиявка—1,8896 г крови; 0,8691 г пиявка—3,8070 г крови; 1,0969 г пиявка—4,9270 г крови; 1,3853 г пиявка—5,5754 г крови; 1,6500 г пиявка—5,8800 г крови; 1,8425 г пиявка—6,2190 г крови; 2,2339 г пиявка—6,8778 г крови; 4,2520 г пиявка—8,0858 г крови.

3. Количество высосанной голодной пиявкой крови из организма животного-донора разное, но, в среднем, голодная пиявка может высосать и разместить в своем пищеварительном тракте количество крови в 3—4 раза превышающее ее вес.

4. Кровь животного-донора, попавшая в пищеварительный тракт пиявки, показала сравнительно большую устойчивость, так как частичное влияние гирудина не было исключено. Вообще же кровь подвергается значительным, но сравнительно медленным, изменениям. Основные форменные элементы крови полностью распадаются в продолжение одного месяца (при температуре воды 20°), после этого же срока пиявки питаются распавшимися остатками крови. Интенсивность распада, длительность сохранения крови в пищеварительном тракте пиявки зависят, очевидно, от определенной комбинации внутренних и внешних факторов.



30. ვანვიძია

დრო-კილოთა წარმოების პრინციპებისათვის უღურ ენაში

ცნობილია, რომ უღური ზმნა წარმოგვიდგენს პირის ფორმებს ([1], გვ. 25, § 99; [3], გვ. 51—54) მაშინ, როცა მთის კავკასიურ ენათა უმრავლესობაში ჩვეულებრივია ზმნის ცვალებადობა კლას-კატეგორიის მიხედვით, ანდა ზმნა სრულიად უცვლელია. იმავე დროს საყურადღებოა, რომ უღური ზმნა ამჟღავნებს დრო-კილოთა ფუძეების წარმოების რამდენადმე ისეთსავე პრინციპს, როგორიც დამახასიათებელია ქართველური ენების ზმნისათვის. სათანადო ლიტერატურაში მითითებულია და უღურში მართლაც დასტურდება დრო-კილოთა თითხმეტი ფორმა ([1], გვ. 25, § 98; [2], გვ. 52—63). ფუძის აგებულების მიხედვით ეს დრო-კილოები ჰქმნიან სამ ჯგუფს; თითოეული ჯგუფისათვის განკუთვნილია საკუთარი ფუძე იმგვარადვე, როგორც ეს გვაქვს ქართველურ ენებში ([4], გვ. 137 შმდ.; [5], 72 შმდ.; [6], გვ. 130 შმდ.). ოღონდ ვითარება ქართველურ ენებში გაცილებით უფრო რთულია და ფუძის აგებულების საკითხიც სხვაგვარად ისმის.

ამგვარი ვითარება ნათელია შემდეგი ტაბულით. ტაბულაში უღური ზმნის ყველა დრო-კილო განაწილებულია სამი ჯგუფის მიხედვით.

«Infin.» ქ ა რ ხ-ე ს-უ ნ—ცხოვრება.

A. დრო-კილოთა I ჯგუფი.

1. აწმყო<sup>(1)</sup> (das Praesens, настоящее) ქარ-ზუ-ხ-ს-ა—ნიშანი -ა.
2. ნაწყო უსრული (das Imperfekt, прошедшее несовершенное) ქარ-ზუ-ხ-ს-ა-ე—ნიშანი -ე -ი.

B. დრო-კილოთა II ჯგუფი.

3. აორისტი I (der Aorist, прошедшее совершенное I) ქარ-ზუ-ხ-ი—ნიშანი ი.

<sup>(1)</sup> დრო-კილოთა კვალიფიკაცია და ტერმინოლოგია რამდენადმე პირობითია; ვეყრდნობით ქართული ენის ვითარებას და მისი მიხედვით განვსაზღვრავთ დრო-კილოთა ფუნქციას (მნიშვნელობას). ფრჩხილებში მოთავსებულია ა. შიფერისა [1] და შემდგომ ა. ღირის [2] ტერმინები. ფორმა მოცემულია პირველ პირში (პირის ნიშანი -ზუ||-ზ).



4. ნაწილაკოვანი კავშირებითი (das un-  
schriebene Praesens des Conjun-  
ctivs, II настоящее врем. сослага-  
тельн. н.) ქარ-ყა-ზ-ხ-ი—ნიშანი ნაწილაკი ყა.
5. აორისტი II (das Perfekt, прошед-  
шее совершенное II) ქარ-ზუ-ხ-ე—ნიშანი -ე.
6. ნამყო წინარეწარსული (Plusquam-  
perfektum, давнопрошедшее вр.) ქარ-ზუ-ხ-ე-ე—ნიშანი -ე ← -ი.
7. პირობით-ნატვრითი ნაწილ. (Condi-  
tionalis, 3-ზე условно-желательное) გი-ზ-ქარ-ხ-ე-ე—ნიშანი ნაწილაკი გი-
8. კავშირებითი I (das Praesens des  
Conjunctivs, I настоящее  
время сослагат. н.) ქარ-ხ-ა-ზ—ნიშანი -ა.
9. კავშირებითი II (das Imperfekt des  
Conjunctivs, прошедшее сослага-  
тельное н.) ქარ-ხ-ა-ზუ-ე—ნიშანი -ე ← -ი.
10. ბრძანებითი კილო (Imperativ, по-  
велятельн. накл.): 2 პ. ქარ-ხ-ა (იმეორებს კავშირ. I-ს)
11. მყოფადი I (das bestimmte Futurum,  
будущее вр. I) ქარ-ზუ-ხ-ო—ნიშანი -ო.
12. პირობით-ნატვრითი I (der erste  
Optativ, условно-желательное I) ქარ-ზუ-ხ-ო-ე—ნიშანი -ე ← -ი.

### С. დრო-კილოთა III ჯგუფი.

13. მყოფადი II (das unbestimmte Fu-  
turum, будущее вр. II) ქარ-ხ-ალ-ზუ—იწარმოება აწმყო-მყო-  
ფადის მიმღობით, ნიშანი -ალ-
14. პირობით-ნატვრითი II (der II Opta-  
tiv, условно-желательное II) ქარ-ხ-ალ-ზუ-ე—ნიშანი -ე ← -ი.

თუ გავითვალისწინებთ ტაბულაში წარმოდგენილი დრო-კილოების ფორ-  
მებს და მათ წარმოებას, შესაძლებელია აღინიშნოს შემდეგი ზოგადი ნიშნები  
ულური ენის ზმნის უღვლილების სისტემისა.

1. დრო-კილოთა I ჯგუფის ფორმათა საწარმოებლად გამოყენებულია  
ზმნის გავრცობილი ფუძე: ქარ-ხ-ეხ-; გასავრცობ ელემენტს წარმოადგენს -ეხ-  
სუფიქსი, რომელიც საყურადღებო მონაცემია სხვა კავკასიურ ენათა შესატყვის  
ფორმანტებთან შედარების თვალსაზრისით [8].

დრო-კილოთა II ჯგუფის ფორმებში ფუძე წარმოდგენილია ამ -ეხ- ელ-  
მენტის გარეშე: ქარ-ხ-. III ჯგუფის დრო-კილოების ჯგუფის ფუძედ კი გვევ-



ლინება აწმყო-მყოფადის მიმღეობა, რომლის საწარმოებელი ელემენტი ა-ლ სუფიქსი: ქარ-ხ-ალ—მცხოვრები.

ფუძის აგების ასეთი პრინციპი, როგორც აღვნიშნეთ, რამდენადმე მსგავსია ქართველურ ენებში დადასტურებული პრინციპისა. ყოველ შემთხვევაში საყურადღებოა ფუძის გასავრცობი -ეს ელემენტი, რომელიც თავისი ფუნქციით თითქოს ეთანაბრება, მაგალითად, ქართული ზმნის თემის ნიშნებს ([9], გვ. 231—234). უღურ ენაში, ცხადია, მარტივი ვითარება გვაქვს ქართულთან შედარებით, მაგრამ ფუძის წარმოება ერთგვარად უნდა იყოს წარმოდგენილი.

თავისებურია III ჯგუფის ფორმათა წარმოება, რაც ცალკე გარკვევას მოითხოვს. უნდა მოვიგონოთ აქვე, რომ ქართულშიც III ჯგუფს თავისებური წარმოება ახასიათებს.

საყურადღებოა ის გარემოება, რომ დრო-კილოთა II ჯგუფი, რომელიც ყველაზე მარტივ ფუძეს შეიცავს, ყველაზე მრავალრიცხოვანია, რაც, უნდა ვიფიქროთ, იმის დამადასტურებელია, რომ ეს ჯგუფი პირველადია, სხვა დრო-კილოები კი უფრო ახალი წარმოშობისაა. ამ მხრივ უღური ენაც გვიჩვენებს ქართველური ენების ანალოგიურ ვითარებას.

2. თითოეულ დრო-კილოს აქვს თავისი საკუთარი მორფოლოგიური ნიშანი, ყველგან სუფიქსი და ყველგან ხმოვანი. იმავე დროს ზოგიერთი დრო-კილოს ფორმას ახასიათებს მრჩობლი წარმოება: ფორმა ემყარება სხვა დროს ან კილოს მთლიან ფორმას (არა ფუძეს). ამ შემთხვევაში დასტურდება ზმნის ფორმათა წარმოების თითქოს ისეთივე პრინციპი, როგორიც დამახასიათებელია სახელის ბრუნვის ფორმათა წარმოებისას თითქმის ყველა კავკასიურ ენაში. ერთი და იგივე ფორმანტი მეორდება სხვადასხვა დრო-კილოს ფორმაში, ხოლო განსხვავებას ამყარებს ამოსავალი ფუძე ან ფორმა.

დრო-კილოთა საწარმოებელ ელემენტებად გამოიყოფა:

სუფიქსი -ა: აწმყოში და კავშირებით I-ში (განიჩევიან ფუძის შედგენილობით).

„ -ი: I აორისტში (დამოუკიდებლად) და სხვა ფორმაზე დართვით: ნამყო უსრულში, ნამყო წინარეწარსულში, კავშირებით II-ში, პირობით-ნატვრით I-ში, პირობით-ნატვრით II-ში.

„ -ე: II აორისტში.

„ -ო: I მყოფადში.

თავისებური წარმოება გვაქვს, ერთი მხრით, ნაწილაკოვან კავშირებითსა [7] და ნაწილაკოვან პირობით-ნატვრითში: ამ ფორმათა საწარმოებლად გამოყენებულია ნაწილაკები ყა და გი; მეორე მხრით, მყოფადი II იწარმოება მიმღეობის ფორმიდან ოდენ პირის ნიშნის დართვით (მორფოლოგიური ელემენტი არ ერთვის): სავარაუდებელია, რომ აქ ჩამოცილებულია მეშველი ზმნა ბუ—(„არს“), რომელიც დეფექტური და თავისებური ზმნაა ([2], გვ. 79): ქარ-ხალ-ზუ ← \*ქარხალ-ზუ-ბუ ← \*ქარხალ+ბუ-ზუ—მცხოვრები ვარა და ა. შ.



3. პირის ნიშნებად წარმოდგენილი ფორმანტები გენეტურად უკავშირდებიან სათანადო ნაცვალსახელებს ([3], გვ. 51—54). საყურადღებოა, რომ პირის ნიშნის ადგილმდებარეობა არაა მკვიდრი: იგი შეიძლება მოგვევლინოს სუფიქსად, ინფიქსად და შეიძლება ენკლიტიკურად მიერთოს ზმნის ფუძის წინ მოთავსებულ სიტყვას. ზოგჯერ კი პირის ნიშანი სრულებით არა გვაქვს; ასეა, მაგალითად, კითხვით ფორმებში ([2], გვ. 51). ასეთი ვითარება უნდა აიხსნებოდეს იმით, რომ უღღურში ჩვენ ვხვდებით ენობრივი განვითარების ისეთ საფეხურს, როცა უღვლილების სისტემის ჩამოყალიბების პროცესი სავსებით არაა დასრულებული.

ამგვარად წარმოგვიდგება უღღური ზმნის დრო-კილოთა წარმოების ძირითადი პრინციპები. სხვა ნიშნებზე აქ არ შევჩერდებით. კერძოდ, ცალკე არ განვიხილავთ ნიჯური კილოს თავისებურებებს, რამდენადაც დრო-კილოთა წარმოების ზემოთ წარმოდგენილი პრინციპები საერთოა ორივე კილოსათვის<sup>1</sup>. უნდა აღინიშნოს, რომ უღღური ზმნის ზოგი დრო-კილოს საწარმოებელი ელემენტი ემთხვევა ქართული ენის ზოგ მორფოლოგიურ ელემენტს. სახელდობრ, შესაძლებელია შემდეგ ფორმანტთა შეპირისპირება:

უღღურში:		ქართულში:	
1. აორისტი I-ის სუფიქსი	-ი	ნამყო წყვეტილის	-ი;
2. აორისტი II-ის სუფიქსი	-ე	ნამყო წყვეტილის	-ე;
3. კავშირებითი I-ის სუფიქსი	-ა	კავშირებითის	-ა;
4. ნაწილაკოვანი კავშირებითი (წარმოების პრინციპით)		მცა-ნაწილაკიანი კავშირებითი [7].	

ამ მონაცემთა ურთიერთობის გათვალისწინება და აღნიშნული მორფოლოგიური ელემენტების გენეზისის გარკვევა საყურადღებოა საერთოდ კავკასიურენათა ურთიერთობის თვალსაზრისით. ეს საკითხი ცალკე კვლევის საგანი უნდა გახდეს.

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

(შემოვიდა რედაქციაში 7.2.1943)

<sup>1</sup> არ ვეხებით აგრეთვე სხვადასხვა ავტორის ნაშრომში წარმოდგენილ ვითარებას დრო-კილოთა წარმოების შესახებ (მაგალითად, ისეთ საყურადღებო ნაკვლევს, როგორიცაა G. Dumézil-ის Recherches comparatives sur le verbe caucasien. Paris 1933). მათი კრიტიკული განხილვა ცალკე იქნება მოცემული.



ВЛ. ПАНЧВИДЗЕ

О ПРИНЦИПАХ ОБРАЗОВАНИЯ ВРЕМЕН И НАКЛОНЕНИЙ  
В УДИНСКОМ ЯЗЫКЕ

Резюме

1. Все формы времен и наклонений удинского глагола распределяются по трем группам, при этом в каждой группе используется самостоятельная основа: в *первой* группе—основа с наращенным элементом -**ეს** -es, во *второй*—усеченная основа (без элемента -**ეს** -es), в третьей—причастье настоящего—будущего времени.

Имеем (приводятся формы 1 лица):

«Infin.» ჯარ-ბ-ე ს-უ ბ kar-x-es-un — 'жить'.

А. I группа:

1. Настоящее время

изъявительн. наклон.: ჯარ-ზუ-ბ-ს-ა kar-zu-x-s-a—окончание -ა.

2. Прошедшее несовершенное: ჯარ-ზუ-ბ-ს-ა-ე kar-zu-x-s-a-j—окончание -ე — -ო.

В. II группа:

3. Аорист I: ჯარ-ზუ-ბ-ი kar-zu-x-i—окончание -ი.

4. Сослагательное с частицей: ჯარ-ყა-ზ-ხ-ი kar-qa-z-x-i—частица ყა [7].

5. Аорист II: ჯარ-ზუ-ბ-ე kar-zu-x-e—окончание -ე.

6. Давнопрошедшее: ჯარ-ზუ-ბ-ე-ა kar-zu-b-e-j—окончание -ე — -ო.

7. Условно-желательное с частицей: გი-ზ-ქარ-ბ-ე-ე gi-z-kar-b-e-j, частица გი.

8. Сослагательное I: ჯარ-ბ-ა-ზ kar-x-a-z—окончание -ა.

9. Сослагательное II: ჯარ-ბ-ა-ზუ-ე kar-x-a-zu-j—окончание -ე — -ო.

10. Повелительное наклонение (2 л.): ჯარ-ბ-ა! kar-x-a!—(повторяет сослаг. I без личных показателей).

11. Будущее II: ჯარ-ზუ-ბ-ო karzu-x-o—окончание -ო.

12. Услов.-желательное I: ჯარ-ზუ-ბ-ო-ე kar-zu-x-o-j—окончание -ე — -ო.



## С. III группа:

13. Будущее II: ჰარ-ბ-აღ-ზეუ kar-x-al-zu—(на основе причастия: окончание -აღ).

14. Условно-желательное II: ჰარ-ბ-აღ-ზეუ-ე kar-x-al-zu-j—оконч. -ე ← -ო.

2. Каждая отдельная форма времени и наклонения имеет свой характерный формант (-ა, -ო, -ე, -ი, -თ). Исключение составляет сослагательное с частицей и условно-желательное с частицей. При этом в образовании некоторых форм проявляется принцип, который засвидетельствован при образовании падежных форм в кавказских языках: для образования формы используется целиком другая форма (времени или наклонения), а не основа.

3. Форманты, представленные в качестве личных показателей, генетически восходят к личным местоимениям ([10], стр. 162 сл.). При этом местонахождение личных показателей не фиксировано окончательно: они могут быть суффиксами, префиксами, или же энклитически присовокуплены к предшествующему слову. В некоторых случаях личные показатели не употребляются (например, в вопросительных предложениях). Все эти данные указывают на то, что в удинском засвидетельствована ступень языкового развития, когда система спряжения находится в процессе оформления.

4. Некоторые морфологические элементы (форманты времен и наклонений) генетически увязываются с формантами времен и наклонений в грузинском языке; таковы:

## В удинском:

1. Суффикс -ო -i в аористе I:
2. " -ი -e в аористе II:
3. " -ა -a в сослагательном I:
4. Сослагат. с частицей (по принципу образования).

## В грузинском:

- ო -i в аористе;
- ი -e в аористе;
- ა -a в сослагательном;
- сослагательное с частицей ზღოთსა [7].

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

Тбилиси



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. ვლ. ფანჯვიძე. მიცემით-სუბიექტიანი ზმნები უღურ ენაში. ენიმკი-ს მოამბე, ტ. XII, თბილისი, 1942.
4. ა. შანიძე. ქართული გრამატიკა, I. მორფოლოგია. ტფილისი, 1936.
5. ვ. თოფურია. სვანური ენა, I. ზმნა. ტფილისი, 1931.
6. არნ. ჩიქობავა. ჭანურის გრამატიკული ანალიზი. ტფილისი, 1939.
7. ვლ. ფანჯვიძე. ნაწილაკოვანი კავშირებითი უღურ ენაში. საქართ. მეცნ. აკადემიის მოამბე, ტ. III, 1941, № 8.
8. ვლ. ფანჯვიძე. «ინფინიტივის» ფორმათა წარმოება და მნიშვნელობა უღურ ენაში. საქ. მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. III, 1942, №№ 2, 4.
9. არნ. ჩიქობავა. ვრგატიული კონსტრუქციის პრობლემისათვის კავკასიურ ენებში: ამ კონსტრუქციის სტაბილური და ლაბილური ვარიანტები. ენიმკი-ს მოამბე, ტ. XII, თბილისი, 1942.
10. N. Troubetzkoy. Notes sur les désinences du verbe dans les langues Tchetcheno-lesghiennes. Bulletin de la Société de Linguistique de Paris. T. XXIX, f. 3. Paris, 1929.





Ответственный редактор акад. Н. И. Мухелишвили

---

Подписана к печати последняя форма 24.4.1943. Объем 5,5 печ. лист. Авторск. лист. 7,15.  
Колич. тип. зн. в 1 печ. листе 52.000. УЭ 1890. Заказ № 236. Тираж 600 экз.

---

Типография Академии Наук Грузинской ССР, Тбилиси, улица А. Церетели, 7.



გეოლოგია—ГЕОЛОГИЯ—GEOLOGY

ი. კანაძე და ნ. კანდელაკი. ცხანარის სინკლინის მეზოზოური ნალექების სტრატოგრაფიისათვის . . . . . 133

\*И. Кахадзе и Н. Канделаки. К стратиграфии мезозойских отложений Цханарской синклинали . . . . . 139

ბოტანიკა—БОТАНИКА—BOTANY

Д. И. Сосновский. Опыт хронологизации основных фитоценозов Восточной Грузии . . . . . 161

\* დ. სოსნოვსკი. აღმოსავლეთ საქართველოს ძირითად ფიტოცენოზთა ქრონოლოგიზაციის ცდა . . . . . 168

Е. А. Макаревская. Возрастное изменение водоудерживающей способности листа шелковицы . . . . . 169

\*ე. მაკარევსკაია. ხნოვანობასთან დაკავშირებული თუთის ფოთლის წყლის შეკავების უნარიანობის ცვლილება . . . . . 171

ზოოლოგია—ЗООЛОГИЯ—ZOOLOGY

დავით კობახიძე. სამედიცინო წურბელას მიერ ერთჯერ კვებისას გამოწვეული სისხლის რაოდენობა და მისი შემდეგი ცვლებადობა . . . . . 173

\*Д. Н. Кобахидзе. Количество крови, высосанной медицинской пиявкой при однократном питании и ее дальнейшее изменение . . . . . 178

ენათმეცნიერება—ЯЗЫКОВЕДЕНИЕ—LINGUISTICS

ვლ. ფანჩვიძე. დრო-კილოთა წარმოების პრინციპებისათვის უდურ ენაში . . . . . 179

\*Вл. Панчвидзе. О принципах образования времен и наклонений в удинском языке . . . . . 183



ПОЛОЖЕНИЕ О «СООБЩЕНИЯХ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР»

1. В «Сообщениях» помещаются статьи научных работников Академии Наук Грузинской ССР и других ученых, содержащие сжатое изложение наиболее существенных результатов 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 вышеназванных 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 Редколлегией для отзыва одному из действительных членов Академии Наук или же какому-либо другому специалисту по данной области, после чего вопрос о напечатании статьи решается Редколлекцией.

8. Статьи должны представляться автором в совершенно готовом для печати виде, вместе с резюме и иллюстрациями. Формулы должны быть четко вписаны от руки. Никакие исправления и добавления после принятия статьи к печати не допускаются.

9. Данные о цитируемой литературе должны быть возможно полными: необходимо указывать название журнала, номер серии, тома, выпуска, год издания, полное заглавие статьи; если цитируется книга, то необходимо указать полное заглавие, год и место издания.

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 датируется 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 отисков своей статьи и выпуск «Сообщений», содержащий эту статью.

Адрес редакции: Тбилиси, ул. Дзержинского, 8.