

41/13

524/3



საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა მ გ ე

ტომი II № 1-2

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР

ТОМ II № 1-2

MITTEILUNGEN

DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER GEORGISCHEN SSR

BAND II Nr 1-2

SSR

თბილისი 1941 ტვილისი
TBILISSI



მათემატიკა—МАТЕМАТИКА—MATHEMATIK

| | |
|--|----|
| П. С. Александров. Теорема сложения в теории размерности бикомпактных пространств | 1 |
| *Paul Alexandroff. Der endliche dimensionstheoretische Summensatz für bikom- pakte Räume | 5 |
| Arnold Walfisz. Zur additiven Zahlentheorie. VII. Erste Mitteilung | 7 |
| *А. Э. Вальфиз. Аддитивная теория чисел. VII. Сообщение первое | 14 |
| А. К. Харадзе. Об одном применении полиномов, аналогичных яковиевым | 15 |
| *A. Kharadze. Über eine Anwendung von Polynomen, die den Jacobischen analog sind | 20 |
| В. Д. Купрадзе. К теории интегральных уравнений с интегралом в смысле главного значения по Коши. Сообщение первое | 23 |
| Elias Vesoua. Über harmonische und metaharmonische Funktionen im Raum | 29 |
| *ილია ვეკუა. ჰარმონიული და მეტაჰარმონიული ფუნქციების შესახებ სივრცეში | 33 |

ღრეპადობის თეორია—ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ—ELASTIZITÄTSTHEORIE

| | |
|--|----|
| А. К. Рухадзе. К задаче деформации стержня со слабо изогнутой осью | 35 |
|--|----|

ჰიდროდინამიკა—ГИДРОДИНАМИКА—HYDRODYNAMIK

| | |
|--|----|
| Д. Е. Долидзе. Общая линейная краевая задача гидродинамики | 43 |
| *D. Dolidze. Das allgemeine lineare Randwertproblem der Hydrodynamik | 49 |

მათემატიკის დასუქმების საკითხები—ПРОБЛЕМЫ ОБОСНОВАНИЯ
МАТЕМАТИКИ—GRUNDLAGENFRAGEN DER MATHEMATIK

| | |
|---|----|
| Л. П. Гокиели. О так называемых «содержательных аксиомах» математической логики. Сообщение четвертое | 51 |
|---|----|

ფიზიკა—ФИЗИКА—PHYSIK

| | |
|--|----|
| В. И. Мамасахлисов. К теории рассеяния света | 59 |
|--|----|

ქიმიკა—ХИМИЯ—CHEMIE

| | |
|--|----|
| Б. Канделаки и Л. Василевская. Студнеобразование и тиксотропия | 67 |
| И. Тавბერიдзе, Н. Долидзе и Б. Канделаки. Коллоид-химическое изуче- нение марганцевого шлама фабрики № 25-бис (Чиагура) | 75 |
| С. Г. Курашвили. Определение марганца в марганцевых рудах броматным методом | 81 |

გეოლოგია—ГЕОЛОГИЯ—GEOLOGIE

| | |
|--|----|
| აღ. ჯანელიძე. ასხის მთის გეოლოგიური კომპლექსი | 87 |
| *А. Джанелидзе. Геологический комплекс горы Аски | 98 |

ობობატიკა—ЭНЕРГЕТИКА—ENERGETIK

| | |
|---|-----|
| М. А. Мостков. О «факторе экономичности» при энергоэкономических расчетах | 99 |
| М. А. Мостков. Об энергии напорных трубопроводов | 100 |

* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური გეუთუნის წინა წერილის რეზიუმეს ან თარგმანს.
* Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме или к переводу предше-
ствующей статьи.
* Die mit einem Stern versehenen Titel betreffen die Zusammenfassung oder Über-
setzung des vorangehenden Artikels.



საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა მ ბ ე

ტომი II

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР

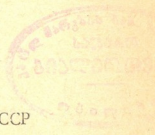
ТОМ II

MITTEILUNGEN

DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER GEORGISCHEN SSR

BAND II

3959



თბილისი 1941 თბილისი
TBILISSI

სარედაქციო კოლეგია

აკად. ნ. მუსხელიშვილი (პასუხისმგებელი რედაქტორი), აკად. ს. ჯანაშია (პასუხისმგებელი რედაქტორის მოადგილე), პროფ. ლ. გოციელი (პასუხისმგებელი მდივანი).

Редакционная коллегия

Акад. Н. И. Мухелишвили (ответственный редактор), акад. С. Н. Джанашиа (заместитель ответственного редактора), проф. Л. П. Гокиели (ответственный секретарь).

პასუხისმგებელი რედაქტორი აკად. ნ. მუსხელიშვილი.

ბელმოწ. დასაბ. 15.3.1941 წ.

УД7835

შეკვეთის № 19

თაბახთა რაოდენობა 13,75

ტირაჟი 1000

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის სტამბა, აკაკი წერეთლის ქ. № 7.



რ ე ლ ა შ ც ი ი ს ა ბ ა ნ ე

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის დაარსება უდიდესი მნიშვნელობის მოვლენაა საბჭოთა საქართველოს სამეცნიერო ცხოვრებაში. ეს მოვლენა ერთერთი ბრწყინვალე მაჩვენებელია იმისა, თუ როგორ შედეგებს იძლევა ლენინურ-სტალინური ბრძნული ნაციონალური პოლიტიკა და როგორ სწრაფად იზრდება წინათ დაჩაგრული ერების კულტურა ახალს, სოციალისტურ საფუძველზე. აკადემიამ მუშაობა დაიწყო მაშინ, როცა მთელი ჩვენი ხალხი ზვიმობდა საქართველოში საბჭოთა ზეგისუფლების დამყარების ოცი წლის თავს. აკადემიის შექმნა შედეგია იმ დიდი მუშაობისა, რამელსაც საბჭოთა საქართველოს მეცნიერები, პარტიისა და ზეგისუფლების მუდმივი ყურადღების და მხრუნველობის პირობებში, აწარმოებდნენ 20 წლის მანძილზე. რედაქცია „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მუშაობისა“, რომელიც უშუალოდ გაგრძელებას წარმოადგენს „სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის საქართველოს ფილიალის მუშაობისა“-ს, კარგად ვრძნობს მასზე დაკისრებულს, ამჟამად გაზრდილ პასუხისმგებლობას და მთელ თავის ძალდონებს მოაწმარს იმ ამოცანას, რამ მისი მუშაობა სათანადო ხიმაღლესე მიმდინარეობდეს.

ОТ РЕДАКЦИИ

Учреждение Академии Наук Грузинской ССР—крупнейшее событие в научной жизни Грузии. Это событие является одним из ярких показателей того, к каким успехам приводит мудрая национальная политика Ленина—Сталина, как бурно растет и возрождается на новой социалистической основе культура ранее угнетенных народов. Академия начала свою работу в те дни, когда весь наш народ праздновал двадцатилетие установления Советской власти в Грузии. Образование Академии Наук является результатом той большой, напряженной работы, которую ученые Советской Грузии, окруженные вниманием и заботой партии и правительства, вели на протяжении двадцати лет. Хорошо сознавая возросшую ответственность, редакция „Сообщений Академии Наук Грузинской ССР“, являющихся непосредственным продолжением „Сообщений Грузинского Филиала Академии Наук СССР“, приложит все усилия к тому, чтобы ее работа протекала на должной высоте.

ვინაიდან „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე“ წარმოადგენს „სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის საქართველოს ფილიალის მოამბის“ უშუალო გაგრძელებას, წინამდებარე ტომი გამოდის მე-II ნომრად.

Ввиду того, что „Сообщения Академии Наук Грузинской ССР“ являются непосредственным продолжением „Сообщений Грузинского Филиала Академии Наук СССР“, настоящий том выходит за номером II.

МАТЕМАТИКА

П. С. АЛЕКСАНДРОВ, член-корр. АН СССР

ТЕОРЕМА СЛОЖЕНИЯ В ТЕОРИИ РАЗМЕРНОСТИ
БИКОМПАКТНЫХ ПРОСТРАНСТВ

Основным результатом этой заметки является следующая теорема:

Теорема 1. Пусть в бикомпактном хаусдорфовом пространстве Φ дано конечно число замкнутых множеств; если размерность каждого из этих множеств не превосходит числа n , то размерность их соединения («теоретико-множественной суммы») также не превосходит n .

При этом под размерностью какого-либо нормального (в частности, бикомпактного хаусдорфова) пространства мы всегда понимаем—как это теперь уже, впрочем, общепринято—размерность, определенную при помощи покрытий (см., например, [1]). Размерность пространства R мы всегда обозначаем через $\dim R$.

Если так называемую индуктивную размерность пространства R обозначать через $\text{ind } R$, то имеет место следующее предложение, которое мы выведем из теоремы 1, применив классическое построение Урысона, лишь слегка видоизмененное в соответствии с нашими более общими условиями:

Теорема 2: Для всякого бикомпактного хаусдорфова пространства Φ верно неравенство: $\dim \Phi \equiv \text{ind } \Phi$.

Заметим, что прилагая данное в этой работе доказательство теоремы 1 к случаю, когда Φ —метрическое пространство (в этом случае обе теоремы известны с самого возникновения теории размерности), мы получим более простое доказательство, чем опубликованные до сих пор.

Переходим к доказательству теоремы 1.

Лемма. Пусть в бикомпакте Φ дана: конечная система замкнутых множеств

$$\alpha = \{A_1, \dots, A_w\}$$

и окрестности $O_i = OA_i$ множеств A_i .

Тогда существует открытое покрытие

$$\omega = \{o_1, \dots, o_s\}$$

бикомпакта Φ , удовлетворяющее условию: если $o_h \cap A_i \neq \emptyset$, то $o_h \subseteq O_i$.

Доказательство леммы. Пусть

$$p \in A_1 \circ \dots \circ A_w = A,$$

и при этом, пусть p содержится в $A_{i_1}, \dots, A_{i_\mu}$ и только в этих элементах системы α . Возьмем такую окрестность Op точки p , что

$$Op \subseteq O_{i_1} \circ \dots \circ O_{i_\mu} \circ (\Phi \setminus A_{i_{\mu+1}}) \circ \dots \circ (\Phi \setminus A_{i_{\mu\omega}}),$$

где $i_{\mu+1}, \dots, i_{\mu\omega}$ суть те среди чисел $1, 2, \dots, \omega$, которые отличны от всех i_1, \dots, i_μ .

Построивши такую окрестность Op для каждой точки $p \in A$, выберем из этих окрестностей конечное число, пусть Op_1, \dots, Op_u , покрывающих все множество A . Соединение этих Op_i образует некоторую окрестность OA множества A ; строим для каждой точки $q \in \Phi \setminus OA$ окрестность Oq , лежащую в $\Phi \setminus A$; среди этих Oq выбираем конечное число:

$$Oq_1, \dots, Oq_s,$$

покрывающих все множество $\Phi \setminus OA$.

Полагаем теперь:

$$o_1 = Op_1, \dots, o_u = Op_u; o_{u+1} = Oq_1, \dots, o_s = Oq_s,$$

и обозначаем через ω покрытие бикompакта Φ , состоящее из всех открытых множеств o_1, \dots, o_s .

Если $o_h \circ A_i \neq \emptyset$, то $h \leq u$ и o_h есть некоторое Op_h ; тогда $p_h \in A_i$, так как в противном случае было бы $o_h = Op_h \subseteq \Phi \setminus A_i$, в противоречии с нашим предположением $o_h \circ A_i \neq \emptyset$. Но если $p_h \in A_i$, то $o_h = Op_h \subset O$, ч. т. д.

Доказательство теоремы 1 достаточно провести для случая двух множеств. Итак, пусть в бикompакте Φ даны два замкнутые множества A_1 и A_2 , размерность каждого из которых не превосходит n . Докажем, что $A = A_1 \circ A_2$ имеет размерность $\leq n$. Для этого надо доказать, что в любое данное открытое покрытие ω множества A можно вписать замкнутое покрытие α кратности, не превосходящей $n+1$.

Возьмем покрытие

$$\alpha_0 = \{A_1^0, \dots, A_{s_0}^0\}$$

множества $A_0 = A_1 \circ A_2$, вписанное в ω . Для каждого A_i^0 возьмем окрестность $O_i = OA_i^0$, содержащуюся во всех тех элементах покрытия ω , в которых содержится A_i^0 . На основании леммы построим покрытие

$$\omega' = \{o'_1, \dots, o'_s\}$$

бикompакта Φ , такое, что всякое o'_i , пересекающееся с каким-либо A_i^0 , содержится в соответствующем O_i . Строим теперь для $\lambda = 1, 2$ замкнутое покрытие α_λ кратности $\leq n+1$ множества A_λ ,

$$\alpha_\lambda = \{A_{i_1}^\lambda, \dots, A_{s_\lambda}^\lambda\},$$

вписанное в ω и в ω' .

Пусть

$$A_1^0, \dots, A_{m_i}^0$$

все элементы α_i , не пересекающиеся с A_0 . Обозначим, далее, через $A_{1,1}^1, \dots, A_{1,m_1,1}^1$ все элементы α_1 , пересекающиеся с A_1^0 , а через $A_{i,1}^1, \dots, A_{i,m_i,1}^1$, $i > 2$, все элементы α_i , пересекающиеся с A_i^0 , но не пересекающиеся ни с одним из множеств A_1^0, \dots, A_{i-1}^0 . Положим

$$B^i = A^i, \text{ для } i = 1, 2, \dots, m_i$$

и

$$B_i^0 = A_{i,1}^0 \circ \dots \circ A_{i,m_i,1}^0 \circ A_{i,1}^1 \circ \dots \circ A_{i,m_i,1}^1, \text{ для } i = 1, 2, \dots, s_0$$

(некоторые B_i^0 могут при этом оказаться пустыми).

Множества B_i^0, B_1^1, B_2^1 образуют, очевидно, замкнутое покрытие α множества A , вписанное в ω . Остается доказать, что кратность покрытия α не превосходит $n+1$. Для этого заметим прежде всего, что никакое B_i^1 не пересекается ни с каким B_k^2 , так как точка, принадлежащая к B_i^1 и B_k^2 , принадлежала бы к A_0 и поэтому не существует, так как ни B_i^1 , ни B_k^2 по своему своему определению не пересекается с A_0 .

Далее, так как α_0, α_1 и α_2 суть системы множеств, каждая из которых имеет кратность $\equiv n+1$, то не может существовать более $n+1$ множеств каждого из типов B_i^0, B_i^1, B_i^2 с непустым пересечением. Поэтому, если кратность системы α превосходит число $n+1$, то это означает, что в α существуют $n+2$ множеств вида

$$B_{i_1}^0, \dots, B_{i_\mu}^0; B_{i_{\mu+1}}^1, \dots, B_{i_{n+2}}^1 \quad (1)$$

или вида

$$B_{i_1}^0, \dots, B_{i_\mu}^0; B_{i_{\mu+1}}^2, \dots, B_{i_{n+2}}^2 \quad (2)$$

с непустым пересечением. Докажем, что это невозможно. При этом, конечно, достаточно ограничиться одним каким-нибудь случаем, например, случаем (1).

Итак, пусть существует точка p , принадлежащая множествам

$$B_{i_1}^0, \dots, B_{i_\mu}^0; B_{i_{\mu+1}}^1, \dots, B_{i_{n+2}}^1$$

Принадлежит множеству $B_{i_k}^0$, точка p принадлежит некоторому множеству $A_{i_k, \nu}^0$, пересекающемуся с $A_{i_k}^0$; при этом, если бы $\lambda=2$, то точка p принадлежала бы к $A_{i_k, \nu}^1$, значит к A_2 , и к $B_{i_{\mu+1}}^1$, т. е. $B_{i_{\mu+1}}^1$ пересекалось бы с A_2 , значит и с A_0 , что невозможно. Итак,

$$p \in A_{i_1, \nu_1}^1 \circ \dots \circ A_{i_\mu, \nu_\mu}^1 \circ B_{i_{\mu+1}}^1 \circ \dots \circ B_{i_{n+2}}^1$$

т. е.

$$p \in A_{i_1, \nu_1}^1 \circ \dots \circ A_{i_\mu, \nu_\mu}^1 \circ A_{i_{\mu+1}}^1 \circ \dots \circ A_{i_{n+2}}^1$$



При этом все A_{i_k, ν_k}^1 различны между собою, так как A_{i_k, ν_k}^1 пересекается с $A_{i_k}^0$ и не пересекается ни с каким A_j^0 , $j < i_k$. Так как и все $A_{\mu+r}^1$ различны между собою и отличны от всех A_{i_k, ν_k}^1 , то точка p принадлежит $n+2$ элементам покрытия α_1 , что невозможно.

Теорема 1 этим доказана.

Переходим к доказательству теоремы 2. Так как для пустого множества \emptyset имеем $\dim \emptyset = \text{ind } \emptyset = -1$, то достаточно, предполагая, что из $\text{ind } \Phi \equiv n-1$ следует $\dim \Phi \equiv n-1$, вывести из $\text{ind } \Phi \equiv n$ неравенство $\dim \Phi \equiv n$. Но если $\text{ind } \Phi \equiv n$, то для каждой точки $p \in \Phi$ и каждой окрестности O_p этой точки существует такая лежащая в O_p окрестность O'_p той же точки, что $\text{ind}(\overline{O'_p} \setminus O_p) \equiv n-1$ и тем более $\dim(\overline{O'_p} \setminus O_p) \equiv n-1$. Поэтому теорема 2 будет доказана, если мы докажем следующее предложение:

Теорема 3. Если для любой точки $p \in \Phi$ и любой окрестности O_p этой точки можно найти такую содержащуюся в O_p окрестность O'_p той же точки, что $\dim(\overline{O'_p} \setminus O_p) \equiv n-1$, то $\dim \Phi \equiv n$.

Доказательство теоремы 3. В предположениях теоремы 3 надо для каждого данного открытого покрытия ω найти вписанное в ω замкнутое покрытие α кратности $\equiv n+1$.

Построим для каждой точки $p \in \Phi$ такую окрестность O_p , что:

$$1^\circ \dim(\overline{O_p} \setminus O_p) \equiv n-1.$$

2°. $\overline{O_p}$ содержится в некотором элементе покрытия ω . Возьмем конечное множество таких окрестностей O_p , покрывающее все пространство Φ ; пусть эти окрестности будут:

$$O_1 = O_{p_1}, \dots, O_s = O_{p_s}.$$

По теореме 1 множество

$$A' = (\overline{O_1} \setminus O) \circ \dots \circ (\overline{O_s} \setminus O)$$

имеет размерность $\equiv n-1$, так что существует замкнутое покрытие

$$\alpha' = \{A'_1, \dots, A'_n\}$$

кратности $\equiv n$ множества A' , вписанное в ω . Заклучим каждое множество A'_i в окрестность O'_i так, чтобы система множеств $\overline{O'_i}$ была подобна системе α' и вписана в ω . Соединение всех O'_i есть некоторая окрестность O' множества A' .

Полагаем теперь

$$A_1 = \overline{O_1} \setminus O'$$

.....

$$A_i = \overline{O_i} \setminus (O_1 \circ \dots \circ O_{i-1} \circ O'), \quad i = 2, \dots, s$$

и рассмотрим систему множеств

$$\alpha = \{A_1, \dots, A_s, \dots, \bar{O}_1, \dots, \bar{O}_n\}.$$

Так как

$$A_1 \circ \dots \circ A_s \circ O = \Phi,$$

то и подавно система α является (замкнутым) покрытием пространства Φ , и покрытие это, очевидно, вписано в ω .

Далее, если $i < k$, то

$$A_i \circ A_k \subseteq \bar{O}_i \circ (\bar{O}_k \setminus (O_i \circ O')) = \emptyset,$$

так как

$$O_i \circ O' \supseteq \bar{O}_i;$$

поэтому кратность покрытия α , самое большее, на единицу превосходит кратность системы $\bar{O}_1, \dots, \bar{O}_n$ в свою очередь не превосходящую n . Итак, кратность покрытия α меньше или равна $n+1$, ч. т. д.

Грузинский Филиал АН СССР
Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 24.1.1941)

MATHEMATIK

DER ENDLICHE DIMENSIONSTHEORETISCHE SUMMENSATZ FÜR BIKOMPAKTE RÄUME

Von PAUL ALEXANDROFF in Moskau

Zusammenfassung

Für den mittels Überdeckungen definierten Dimensionsbegriff (vgl z. B. P. Alexandroff, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'URSS, 26, 1940, S. 619—622) wird bewiesen:

Satz 1. Die Vereinigungsmenge von endlich vielen höchstens n -dimensionalen abgeschlossenen Mengen eines bikompakten Hausdorffschen Raumes ist höchstens n -dimensional.

Bezeichnet man mit $\dim \Phi$ die Dimension des Bikomaktums Φ (im soeben erklärten Sinne) und mit $\text{ind } \Phi$ die induktive Dimension von Φ , so

folgt aus Satz 1 mit Hilfe einer bekannten, noch von Urysohn herrührenden Konstruktion, der

Satz 2: $\dim \Phi \cong \text{ind } \Phi$.

Georgische Abteilung
d. Akad. d. Wiss. d. USSR
Mathematisches Institut
Tbilissi

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ZITIERTE LITERATUR

1. И. С. Александров. О размерности бикомпактных пространств. Доклады АН СССР, XXVI, № 7, 1940, стр. 627.
-



MATHEMATIK

ZUR ADDITIVEN ZAHLENTHEORIE. VII

Erste Mitteilung

Von ARNOLD WALFISZ

Im folgenden bedeuten $r, s, p, n, m, a, q, Q, P$ ganze Zahlen; hierbei ist $r \equiv 3, p$ (mit und ohne Indizes) Primzahl, $n > 2, q > 0, 0 < Q < \sqrt{n}$, die natürliche Zahl P liegt oberhalb einer geeigneten absoluten Konstanten $\equiv 3$.

a sei stets teilerfremd zu q ; es läuft also z. B. $\sum_{a=1}^q$ über die zu q teilerfremden a mit $1 \equiv a \equiv q$. Der Strich bei p -Summen heisst: es sei überdies $p \equiv s \pmod{q}$, z. B. läuft $\sum'_{p \equiv n}$ über die $p \equiv n, p \equiv s \pmod{q}$. Der Strich bei s -Summen heisst: es sei überdies $(s, q) = 1$.

φ und μ sind die Funktionen von Euler und Möbius. Mit B bezeichne ich unterschiedslos komplexe Zahlen, deren absolute Beträge unterhalb nur von r abhängiger Schranken liegen; mit B_Q unterschiedslos komplexe Zahlen, deren absolute Beträge unterhalb nur von r und Q abhängiger Schranken liegen.

$u, v, x, \alpha, \beta, \varepsilon$ sind reell; $x \equiv 2, \varepsilon > 0$.

Zur Abkürzung setze ich

$$e(u) = e^{2\pi i u}, \quad E(u) = E_{a, q}(u) = e\left(\frac{au}{q}\right), \quad (1)$$

$$\pi(x) = \sum_{p \leq x} 1, \quad (2)$$

$$\pi(x; q, s) = \sum'_{p \leq x} 1, \quad (3)$$

$$v_r(m) = \sum_{p_1 + p_2 + \dots + p_r = m} \log p_1 \log p_2 \dots \log p_r, \quad (4)$$

$$N_r(m) = \sum_{p_1 + p_2 + \dots + p_r = m} 1, \quad (5)$$

$$S_r(m) = \sum_{q=1}^{\infty} \left(\frac{\mu(q)}{\varphi(q)} \right)^r \sum_{a=1}^q E(-m), \quad (6)$$

$$C_r = \prod_{p=3}^{\infty} \left(1 + \frac{(-1)^{r+1}}{(p-1)^r} \right). \quad (7)$$

Weitere Bezeichnungen werden noch später eingeführt.
Bekanntlich ist

$$\pi(x) = B \frac{x}{\log x}, \quad (8)$$

$$\pi(x; q, a) = \frac{x}{\varphi(q) \log x} + Bq \frac{x}{\log^2 x} \quad (q \equiv Q), \quad (9)$$

$$\sum_{s=1}^q E(s) = \mu(q). \quad (10)$$

Die absolut konvergente Reihe (6) haben Hardy und Littlewood in ihrer III Abhandlung zur Partitio Numerorum summiert. Sie bewiesen, dass $S_r(n) = 0$, falls n und r verschiedene Parität besitzen, während bei gleicher Parität

$$S_r(n) = 2 C_r \prod_{\substack{p|n \\ p > 2}} \left(1 + \frac{p}{(1-p)^{r-1}} \right). \quad (11)$$

Ferner machten Hardy und Littlewood die Annahme: *es gibt eine absolute Konstante $\theta < \frac{3}{4}$, so dass die Nullstellen aller Dirichletscher L -Funktionen $L(\sigma + it)$ der Halbebene $\sigma \equiv \theta$ angehören.* Unter dieser Annahme zeigten sie, dass, sobald n und r dieselbe Parität besitzen,

$$v_r(n) = \frac{n^{r-1}}{(r-1)!} S_r(n) + O(n^{r+\theta-\frac{1}{4}+\epsilon}), \quad (12)$$

insbesondere

$$v_r(n) \sim \frac{n^{r-1}}{(r-1)!} S_r(n). \quad (13)$$

In Verbindung mit (11), ergab (13)

$$v_r(n) \sim \frac{2 C_r}{(r-1)!} n^{r-1} \prod_{\substack{p|n \\ p > 2}} \left(1 + \frac{p}{(1-p)^{r-1}} \right). \quad (14)$$

Durch eine einfache Überlegung erhalten schliesslich Hardy—Littlewood aus (14): besitzen n und r dieselbe Parität, so ist

$$N_r(n) \sim \frac{2 C_r}{(r-1)!} \frac{n^{r-1}}{\log^r n} \prod_{\substack{p|n \\ p > 2}} \left(1 + \frac{p}{(1-p)^{r-1}} \right). \quad (15)$$

Inzwischen bewies Виноградов ohne jede Annahme den Spezialfall $r=3$ von (15), indem er zeigte, dass für alle n

$$N_3(n) = \frac{n^2}{2 \log^3 n} S_3(n) + B n^3 \log^{-\frac{7}{2}} n \log \log n \quad (16)$$

ist. Dabei machte Виноградов einerseits von einer neuen und wichtigen Abschätzung trigonometrischer Summen Gebrauch (sein Theorem 1), andererseits benutzte er eine $\pi(x; q, a)$ -Abschätzung aus meiner zweiten gleichnamigen Arbeit, die ich, gestützt auf einen tiefliegenden Siegelschen Satz über die Klassenzahl quadratischer Körper, erhalten habe.

Seitdem habe ich erkannt, dass man bei diesem Problem der additiven Primzahltheorie, sowie bei anderen ähnlichen Fragestellungen, den Siegelschen Satz entbehren kann, und bin hierauf in der vierten gleichnamigen Arbeit eingegangen (die im folgenden kurz mit IV genannt wird). Auf diese Weise bekam ich die Abschätzung (16).

Die Виноградовsche Arbeit hat viele andere Untersuchungen veranlasst; merkwürdigerweise ist aber dabei der Fall $r > 3$ von (13)—(15) nicht behandelt worden, obwohl hier gar keine prinzipiellen Schwierigkeiten vorliegen. Dies soll in der vorliegenden Arbeit nachgeholt werden.

Zunächst gebe ich, im Anschluss an IV, §§ 7—8, einen direkten Beweis von

$$v_r(n) = \frac{n^{r-1}}{(r-1)!} S_r(n) + B \left(\frac{n}{\log n} \right)^{r-1}, \quad (17)$$

woraus (13)—(15) folgen, sobald n und r die gleiche Parität besitzen.

In der zweiten Mitteilung beweise ich

$$N_r(n) = \frac{n^{r-1}}{(r-1)! \log^r n} S_r(n) + o \left(\frac{n^{r-1}}{\log^r n} \right), \quad (18)$$

von $r=3$ ausgehend, durch Induktion. Sobald n und r gleiche Parität haben, liefert dies (15). Eine ganz ähnliche Induktion habe ich schon in der ersten gleichnamigen Arbeit durchgeführt.

Ich führe zunächst einige neue Bezeichnungen ein und stelle die aus IV benutzten Hilfsmittel zusammen.

Es sei

$$R = \log P, \quad \xi = \exp(-\log^{3/2} R), \quad (19)$$

$$U(\alpha) = \sum_{p \leq P} e(\alpha p) \log p, \quad (20)$$

$$I(\beta) = \sum_{m=1}^P e(\beta m), \quad (21)$$

$$V(\alpha, a, q) = \frac{1}{\varphi(q)} I\left(\alpha - \frac{a}{q}\right). \quad (22)$$

Hierbei sei P so gross, dass $PR^{-30} \geq 1$ ist. Das Intervall $0 \leq \alpha \leq 1$ teile ich in üblicher Weise mittels der Fareybrüche

$$\frac{a}{q}, \quad 1 \leq a \leq q \leq PR^{-30} \quad (23)$$

in Teilintervalle ein. Ein solches Teilintervall heisse $\mathfrak{M}_{a, q} = \mathfrak{M}$, sobald $q \leq R^{30}$; m , sobald $R^{30} < q \leq PR^{-30}$. Beidemal hat es die Gestalt

$$\alpha = \frac{a}{q} + \beta, \quad -\vartheta_1 q^{-1} P^{-1} R^{30} \leq \beta \leq \vartheta_2 q^{-1} P^{-1} R^{-30}, \quad (24)$$

wobei

$$\frac{1}{2} \leq \vartheta_1 \leq 1, \quad \frac{1}{2} \leq \vartheta_2 \leq 1, \quad (25)$$

und α -Werte, die sich um Eins unterscheiden, als identisch anzusehen sind.

Stelle ich in IV die Hilfssätze 11, 14, 15, die Formel (7.3), sowie die Definition von $\overline{\sigma}(q)$, Seite 134, zusammen, so ergibt sich der folgende

Hilfssatz 1. Auf \mathfrak{M} gilt

$$U(\alpha) = V(\alpha, a, q) + B \frac{\overline{\sigma}(q) q_0^{1/2}}{\varphi(q)} (P^{-1} + |\beta|)^{-1} + BP\xi^c. \quad (26)$$

Hierbei ist q_0 eine nur von P abhängige natürliche Zahl, die der Ungleichung

$$q_0 \geq R^2 \log^{-7} R \quad (27)$$

genügt;

$$\overline{\sigma}(q) = 1 \text{ für } q_0 | q, \quad \overline{\sigma}(q) = 0 \text{ für } q_0 \nmid q; \quad (28)$$

c bedeutet eine geeignete positive absolute Konstante.

Ferner ist auf \mathfrak{M}

$$V(\alpha, a, q) = \frac{B}{\varphi(q)} (P^{-1} + |\beta|)^{-1} = BP. \quad (29)$$

Hilfssatz 2. Für

$$R^{30} \equiv q \equiv PR^{-30}, \quad -1 \equiv \theta \equiv 1, \quad \alpha = \frac{a}{q} + \theta q^{-1} P^{-1} R^{30} \quad (30)$$

ist

$$U(\alpha) = BPR^{-3}. \quad (31)$$

Das ist IV, Hilfssatz 20 mit $c=30$.

Hilfssatz 3.

$$\sum_{\mathfrak{m}} \int_{\mathfrak{m}} U^r(\alpha) e(-\alpha P) d\alpha = BP^{r-1} R^{1-r}. \quad (32)$$

Beweis. Nach (23) (24), (25), (30), (31), (20), (1), (2), (8) und (19) ist die linke Seite der Behauptung

$$\begin{aligned} B \sum_{\mathfrak{m}} \int_{\mathfrak{m}} |U(\alpha)|^r d\alpha &= BP^{r-2} R^{-3(r-2)} \int_0^1 |U(\alpha)|^2 d\alpha \\ &= BP^{r-2} R^{-r} \sum_{p \leq P} \log^2 p = BP^{r-2} R^{-r} \cdot PR^{-1} \cdot R^2 = BP^{r-1} R^{1-r}. \end{aligned}$$

Hilfssatz 4. Auf \mathfrak{M} ist

$$U^r(\alpha) = V^r(\alpha, a, q) + B \frac{\overline{\varphi}(q) q_0^{\frac{r}{2}}}{\varphi^r(q)} (P^{-1} + |\beta|)^{-r} + BP^r \xi^c. \quad (33)$$

Beweis. (26), (28), (29), (19).

Hilfssatz 5.

$$v_r(P) = \sum_{\mathfrak{M}} \int_{\mathfrak{M}} V^r(\alpha, a, q) e(-\alpha P) d\alpha + BP^{r-1} R^{1-r}. \quad (34)$$

Beweis. Nach (33), (24), (25) ist

$$\begin{aligned} \int_{\mathfrak{M}} U^r(\alpha) e(-\alpha P) d\alpha &= \int_{\mathfrak{M}} V^r(\alpha, a, q) e(-\alpha P) d\alpha \\ &= B \overline{\varphi}(q) q_0^{\frac{r}{2}} \{\varphi(q)\}^{-r} \int_{-\infty}^{\infty} (P^{-1} + |\beta|)^{-r} d\beta + BP^r \xi^c q^{-1} P^{-1} R^{30} \\ &= B \overline{\varphi}(q) q_0^{\frac{r}{2}} \{\varphi(q)\}^{-r} P^{r-1} + BP^{r-1} R^{30} \xi^c q^{-1}. \end{aligned}$$

In Verbindung mit (27), (28), (19), ergibt dies

$$\begin{aligned}
 & \sum_{\mathfrak{M}} \int_{\mathfrak{M}} U^r(\alpha) e(-\alpha P) d\alpha - \sum_{\mathfrak{M}} \int_{\mathfrak{M}} V^r(\alpha, a, q) e(-\alpha P) d\alpha \\
 &= BP^{r-1} q_0^{\frac{r}{2}} \sum_{\substack{q \leq R^{30} \\ q_0 | q}} \{\varphi(q)\}^{-r} + BP^{r-1} R^{30} \xi^c \sum_{q \leq R^{30}} q^{-1} \\
 &= BP^{r-1} q_0^{\frac{r}{2}} \sum_{\substack{q \leq R^{30} \\ q_0 | q}} q^{\frac{1}{4}-r} + BP^{r-1} R^{30} \xi^c \log R \\
 &= BP^{r-1} q_0^{\frac{r}{2} + \frac{1}{4}-r} + BP^{r-1} R^{1-r} \\
 &= BP^{r-1} q_0^{\frac{1}{4} - \frac{r}{2}} + BP^{r-1} R^{1-r} \\
 &= BP^{r-1} R^{\frac{1}{2}-r} \log^7\left(\frac{r}{2} - \frac{1}{4}\right) R + BP^{r-1} R^{1-r} = BP^{r-1} R^{1-r}. \tag{35}
 \end{aligned}$$

Aus (1), (4), (20), (32), (35) folgt

$$\begin{aligned}
 v_r(P) &= \int_0^1 U^r(\alpha) e(-\alpha P) d\alpha \\
 &= \left(\sum_{\mathfrak{M}} \int_{\mathfrak{M}} + \sum_{\mathfrak{m}} \int_{\mathfrak{m}} \right) U^r(\alpha) e(-\alpha P) d\alpha \\
 &= \sum_{\mathfrak{M}} \int_{\mathfrak{M}} U^r(\alpha) e(-\alpha P) d\alpha + BP^{r-1} R^{1-r} \\
 &= \sum_{\mathfrak{M}} \int_{\mathfrak{M}} V^r(\alpha, a, q) e(-\alpha P) d\alpha + BP^{r-1} R^{1-r}. \tag{34}
 \end{aligned}$$

Hilfssatz 6.

$$\sum_{\substack{m_1, \dots, m_r=1 \\ m_1 + \dots + m_r = P}}^P 1 = \frac{P^{r-1}}{(r-1)!} + BP^{r-2}. \tag{36}$$

Beweis.

$$\sum_{\substack{P \\ m_1, m_2, m_3=1 \\ m_1+m_2+m_3=P}} I = \sum_{m_1=1}^{P-2} \sum_{\substack{P-m_1 \\ m_2, m_3=1 \\ m_2+m_3=P-m_1}} I = \sum_{m_1=1}^{P-2} (P-m_1-1) = \frac{P^2}{2} + BP,$$

also ist (36) für $r=3$ erfüllt. Gilt ferner (36) für ein gewisses r , so ist es wegen

$$\begin{aligned} \sum_{\substack{P \\ m_1, m_1, \dots, m_r=1 \\ m+m_1+\dots+m_r=P}} I &= \sum_{m=1}^{P-r} \sum_{\substack{P-m \\ m_1, \dots, m_r=1 \\ m_1+\dots+m_r=P-m}} I \\ &= \sum_{m=1}^{P-r} \left\{ \frac{(P-m)^{r-1}}{(r-1)!} + BP^{r-2} \right\} = \frac{1}{(r-1)!} \sum_{m=1}^{P-1} (P-m)^{r-1} + BP^{r-1} \\ &= \frac{1}{(r-1)!} \sum_{m=1}^{P-1} m^{r-1} + BP^{r-1} = \frac{P^r}{r!} + BP^{r-1} \end{aligned}$$

auch für $r+1$ richtig.

Hilfssatz 7.

$$\int_{\mathfrak{M}_{a,q}} I \left(\alpha - \frac{a}{q} \right) e(-\alpha P) d\alpha = \frac{1}{(r-1)!} P^{r-1} E(-P) + BP^{r-1} R^{-30(r-1)} q^{r-1}. \quad (37)$$

Beweis. Aus (1), (21), (24), (25), (36) folgt

$$\begin{aligned} E(P) \int_{\mathfrak{M}_{a,q}} &= \int_0^1 I(\alpha) e(-\alpha P) d\alpha + B \int_{\frac{1}{2}q^{-1}P^{-1}R^{30}}^{\infty} \beta^{-r} d\beta \\ &= \sum_{\substack{P \\ m_1, \dots, m_r=1 \\ m_1+\dots+m_r=P}} I + Bq^{r-1} P^{r-1} R^{-30(r-1)} \\ &= \frac{P^{r-1}}{(r-1)!} + BP^{r-1} R^{-30(r-1)} q^{r-1}. \end{aligned}$$

Beweis von (17). Wegen (34), (22), (37), (6) ist

$$\begin{aligned} v_r(P) &= \sum_{\mathfrak{M}} \left(\frac{\mu(q)}{\varphi(q)} \right)^r \int_{\mathfrak{M}} I \left(\alpha - \frac{a}{q} \right) e(-\alpha P) d\alpha + BP^{r-1} R^{1-r} \\ &= \sum_{q \leq R^{30}} \left(\frac{\mu(q)}{\varphi(q)} \right)^r \sum_{a=1}^q \left\{ \frac{1}{(r-1)!} P^{r-1} E(-P) + BP^{r-1} R^{-30(r-1)} q^{r-1} \right\} \\ &\quad + BP^{r-1} R^{1-r} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{P^{r-1}}{(r-1)!} \sum_{q \leq R^{30}} \left(\frac{\mu(q)}{\varphi(q)} \right)^r \sum_{a=1}^q E(-P) + BP^{r-1} R^{-30(r-1)} \sum_{q \leq R^{30}} \left(\frac{q}{\varphi(q)} \right)^r \\
 &+ BP^{r-1} R^{1-r} \\
 &= \frac{P^{r-1}}{(r-1)!} \sum_{q=1}^{\infty} \left(\frac{\mu(q)}{\varphi(q)} \right)^r \sum_{a=1}^q E(-P) + BP^{r-1} \sum_{q > R^{30}} q \{ \varphi(q) \}^{-r} \\
 &+ BP^{r-1} R^{1-r} \\
 &= \frac{P^{r-1}}{(r-1)!} S_r(P) + BP^{r-1} \sum_{q > R^{30}} q^{\frac{3}{2}-r} + BP^{r-1} R^{1-r} \\
 &= \frac{P^{r-1}}{(r-1)!} S_r(P) + BP^{r-1} R^{30 \left(\frac{3}{2}-r \right)} + BP^{r-1} R^{1-r} \\
 &= \frac{P^{r-1}}{(r-1)!} S_r(P) + BP^{r-1} R^{1-r}, \text{ w. z. b. w.}
 \end{aligned}$$

Georgische Abteilung
 d. Akad. d. Wiss. d. USSR
 Mathematisches Institut
 Tbilissi

(Eingegangen am 6. Januar 1941.)

МАТЕМАТИКА

А. Э. ВАЛЬФИШ

АДДИТИВНАЯ ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ. VII

Сообщение первое

Резюме

Для числовой функции (4) доказывается оценка (17), причем $r \geq 3$, $S_r(n)$ —сингулярный ряд (6).

Грузинский Филиал АН СССР
 Тбилисский Математический Институт

ZITIERTE LITERATUR—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. G. H. Hardy and J. E. Littlewood. Some problems of 'partitio numerorum' III: On the expression of a number as a sum of primes. Acta Mathematica 44 (1922), 1—70.
2. I. Vinogradov. Some theorems concerning the theory of primes. Математический Сборник, новая серия 2 (1937), 179—195.
3. A. Walfisz. Zur additiven Zahlentheorie. I. Acta Arithmetica 1 (1936), 123—160; II. Mathematische Zeitschrift 40 (1935), 592—607; IV. Труды Тбилисского Математического Института 3 (1938), 121—192.



МАТЕМАТИКА

А. К. ХАРАДЗЕ

ОБ ОДНОМ ПРИМЕНЕНИИ ПОЛИНОМОВ, АНАЛОГИЧНЫХ ЯКОБИЕВЫМ

Исследования Montel'я, Чакалова, Favard'a, Pompeiu и других выявили глубокую связь так называемой «ξ-проблемы» с теорией ортогональных полиномов Чебышева. Дело в том, что для некоторых классов функций основной интервал изменения величин ξ, фигурирующих в различных формулах и теоремах анализа, может быть существенно сужен.

Так, например, Чакалов показал [1], что для действительных полиномов степени 2n или 2n—1, рассматриваемых в интервале (—1, 1), значение ξ из теоремы о конечном приращении найдется между крайними корнями полинома Legendre'a степени n. Favard [2] развил этот результат дальше для остаточного члена формулы Taylor'a в лагранжевой форме, для которого концы интервала изменения ξ определяются крайними корнями гипергеометрического полинома.

В другой формулировке эти же результаты, в сущности говоря, устанавливают наличие корней производных в соответствующем интервале для семейств действительных полиномов, удовлетворяющих тем или иным условиям.

Например, если $f(x) \equiv F^{(p+1)}(x)$ удовлетворяет условию:

$$\int_{-1}^1 (1-x)^p f(x) dx = 0, \tag{1}$$

то метод Favard'a дает возможность установить наличие корня уравнения $F^{(p+1)}(\xi) = 0$ в интервале (x_1, x_n) , где x_1 и x_n —крайние корни гипергеометрического полинома.

Легко видеть, что равенство (1) эквивалентно формуле Taylor'a. Действительно, применяя, с одной стороны, теорему о среднем к интегралу левой части и, с другой стороны, раскрывая выражение интеграла при условии $f(x) \equiv F^{(p+1)}(x)$, получим формулу Taylor'a в лагранжевой форме.

В моей работе [3] решается «ξ-проблема» для обобщенной теоремы о конечном приращении в случае симметричного пучка отрезков с центром в начале.

Настоящая заметка касается обобщений того же характера, но здесь, вместо теоремы о конечном приращении, исходной является формула, соответствующая способу трапеций в теории механических квадратур.

Пусть действительный полином $\varphi(x) \equiv f'''(x)$ удовлетворяет условию:

$$\int_{-1}^1 (1-x^2) \varphi(x) dx = 0. \quad (2)$$

Это равенство эквивалентно формуле:

$$f(1) - f(-1) = f'(1) + f'(-1) - \frac{2}{3} f'''(\xi), \quad -1 < \xi < 1.$$

Как нами уже было вскользь отмечено в заметке [4] и как это вытекает из общей теории Favard'a [2], в данном случае решение « ξ -проблемы» дается корнями якобиевых полиномов $Q_n(x)$, удовлетворяющих условию:

$$\int_{-1}^1 (1-x^2) Q_n(x) \psi(x) dx = 0, \quad (3)$$

где $\psi(x)$ — произвольный полином степени не выше $n-1$.

Этот результат мы непосредственно получим, как частный случай, из тех общих выводов, которые и составляют содержание настоящей работы.

Пусть α — примитивный корень уравнения $\alpha^k - 1 = 0$. Отметим в комплексной плоскости точки с афисами $1, \alpha, \dots, \alpha^{k-1}$. Соединим их с началом прямолинейными отрезками и рассмотрим полученный таким образом симметричный, дискретный пучок отрезков с центром в начале и с концами в точках $1, \alpha, \dots, \alpha^{k-1}$.

Ясно, что при $k=2$ «пучок» представляет собою обычный интервал $(-1, 1)$ действительной оси.

В общем случае указанный выше пучок отрезков будем обозначать символом $[\alpha^{k-1}; 1]$ и будем изучать поведение тех или иных семейств полиномов на этом пучке.

Пусть $\Phi'(\alpha) = \varphi(\alpha)$. Введем в рассмотрение линейный интегральный оператор $I^{(k)}\varphi(\alpha) d\alpha$, определяемый следующим равенством:

$$I^{(k)}\varphi(\alpha) d\alpha = \Phi(1) + \alpha^{k-1} \Phi(\alpha) + \dots + \alpha \Phi(\alpha^{k-1}). \quad (4)$$

Очевидно, при $k=2$, это выражение приводится к определенному интегралу

$$\int_{-1}^1 \varphi(\alpha) d\alpha = \Phi(1) - \Phi(-1).$$

Существует семейство действительных полиномов $Q_n^{(k)}(\tau)$, удовлетворяющих условию:

$$I^{(k)}(1-\tau^k) Q_n^{(k)}(\tau) \psi(\tau) d\tau = 0, \tag{5}$$

где $\psi(\tau)$ — произвольный полином степени $n-1$.

При $k=2$ условие (5) сведется к следующему:

$$\int_{-1}^1 (1-x^2) Q_n^{(2)}(x) \psi(x) dx = 0,$$

т. е. семейство $\{Q_n^{(k)}(\tau)\}$, в частности, содержит яacobисвы полиномы, определяемые равенством (3).

Легко обнаружить, что если n отлично от чисел вида km или $km+1$, то $Q_n^{(k)}(\tau)$ будет тождественным нулем.

Далее, полиномы $Q_n^{(k)}(\tau)$ имеют все простые корни, симметрично расположенные «внутри» пучка $[\alpha^{k-1}; 1]$.

Выпишем для примера первые пять полиномов при $k=3$:

$$Q_0^{(3)}(\tau) = 1; \quad Q_1^{(3)}(\tau) = \tau; \quad Q_2^{(3)}(\tau) = \frac{7}{6} \left(\tau^3 - \frac{1}{7} \tau \right);$$

$$Q_3^{(3)}(\tau) = \frac{5}{3} \left(\tau^4 - \frac{2}{5} \tau \right); \quad Q_4^{(3)}(\tau) = \frac{65}{27} \left(\tau^6 - \frac{8}{13} \tau + \frac{2}{65} \right);$$

.....

Эти полиномы нормированы условием $Q_n^{(3)}(1) = 1$. Корни их симметрично расположены на пучке трех отрезков, соединяющих начало с вершинами правильного треугольника, совпадающими с корнями уравнения $\tau^3 - 1 = 0$.

Что касается $Q_2^{(3)}(\tau)$, $Q_3^{(3)}(\tau)$, $Q_4^{(3)}(\tau)$... — все их коэффициенты равны нулю.

Рассмотрим теперь семейство действительных полиномов $f(\tau) \equiv F^{(k+1)}(\tau)$, принимающих на пучке $[\alpha^{k-1}; 1]$ действительные значения и удовлетворяющих условию:

$$I^{(k)}(1-\tau^k) f(\tau) d\tau = 0. \tag{6}$$

При $k=1$ придем к равенству (2).

Если раскрыть выражение левой части равенства (6), получим некоторое условие, которому удовлетворяют полином $F(\tau)$ и его производные на концах пучка.

В этом случае нетрудно обнаружить, что существует корень полинома $F^{(k+1)}(\tau)$ на пучке, находящемся «внутри» $[\alpha^{k-1}; 1]$ и ограниченном корнями наибольшего модуля полинома $Q_n^{(k)}(\tau)$.

Для упрощения рассуждений мы будем рассматривать случай $k=3$. Выводы будут совершенно аналогичны и в общем случае.

Пусть $\{F(\zeta)\}$ —семейство полиномов с действительными коэффициентами степени $6m+1$, четвертая производная которых принимает действительные значения на трехконечном пучке $[\alpha, \alpha^2; 1]$, где α —корень уравнения $\zeta^3=1$. Пусть это семейство, кроме того, удовлетворяет условию:

$$I^{(3)}(1-\zeta^3)F^{(IV)}(\zeta) d\zeta=0. \quad (7)$$

Простыми вычислениями, основанными на свойствах оператора $I^{(3)}$, легко обнаружить, что условие (7) равносильно следующему равенству:

$$F(1)+\alpha^2 F(\alpha)+\alpha F(\alpha^2)-[F'(1)+F'(\alpha)+F'(\alpha^2)] \\ +\frac{1}{2}[F''(1)+\alpha F''(\alpha)+\alpha^2 F''(\alpha^2)]-\frac{3}{8}F^{(IV)}(\xi)=0.$$

Это равенство представляет собою расширение формулы трапезий на случай трехконечного пучка. Действительно, условие (7) аналогично равенству (2), приводящему к указанной формуле.

Докажем, что уравнение (8) относительно ξ имеет корень на трехконечном пучке, внутреннем к основному пучку $[\alpha, \alpha^2; 1]$ и имеющем концы в точках, соответствующих корням наибольшего модуля полинома $Q_{3m}^{(3)}(\zeta)$.

Обозначим левую часть равенства (8) через $\varphi(\xi)$. Элементарные вычисления показывают, что:

$$I^{(3)}(1-\zeta^3)\varphi(\zeta) d\zeta=0. \quad (9)$$

Возьмем полином $Q_{3m}^{(3)}(\zeta)$ и обозначим его корни через $\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_{3m}$. Как уже было указано, эти корни симметрично расположены на пучке, при этом каждому действительному корню x_p , находящемуся на отрезке $(0, 1)$, соответствуют два взаимно-сопряженных корня, симметричных с x_p относительно начала.

Для упрощения записи в последующих формулах опустим верхний индекс в обозначении полинома Q . Следуя методу Чакалова—Favard'a, составим выражение интерполяционного полинома:

$$\psi(\zeta)=\sum_{i=1}^{3m}\frac{[Q_{3m}(\zeta)]^2}{(\zeta-\zeta_i)^2 [Q'_{3m}(\zeta_i)]^2}\varphi(\zeta_i).$$

Отсюда видно, что $\psi(\zeta_i)=\varphi(\zeta_i)$. Следовательно, разность $\psi(\zeta)-\varphi(\zeta)$ делится на $Q_{3m}(\zeta)$ и, таким образом, имеем равенство:

$$\psi(\zeta)=\varphi(\zeta)+Q_{3m}(\zeta)P(\zeta), \quad (10)$$

где $P(\zeta)$ —полином степени не выше $3m-2$, ибо степень $\varphi(\zeta)$, по условию, равна $6m-3$, а $\psi(\zeta)$ —полином степени $6m-2$.

Умножим обе части равенства (10) на $1-\tau^3$ и затем применим к обеим частям линейный оператор $I^{(3)}$. В силу равенства (9) и свойства полинома $Q_{3m}(\tau)$, находим:

$$I^{(3)}(1-\tau^3)\psi(\tau) d\tau = 0.$$

Если подставим сюда выражение для $\psi(\tau)$ и затем вычислим левую часть последнего равенства, получим равенство следующего типа:

$$\lambda_1\varphi(\tau_1) + \lambda_2\varphi(\tau_2) + \dots + \lambda_{3m}\varphi(\tau_{3m}) = 0,$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{3m}$ — положительные числа. Теперь ясно, что если действительные количества $\varphi(\tau_i)$ не все нули, то обязательно найдутся по крайней мере два значения $\varphi(\tau_q)$ и $\varphi(\tau_r)$ противоположных знаков, а это значит, что уравнение $\varphi(\xi) = 0$ удовлетворяется по крайней мере один раз на пучке, ограниченном корнями наибольшего модуля полинома $Q_{3m}(\tau)$, что и требовалось доказать.

Легко распространить эти рассуждения на случай любого k .

При $k=2$ полиномы $Q_n^{(2)}(\tau)$ принадлежат к семейству яacobиевых, уравнение же $\varphi(\xi) = 0$ приводится к формуле трапеций.

Таким образом, « ξ -проблема», соответствующая формуле:

$$f(1) - f(-1) = f'(1) + f'(-1) - \frac{2}{3} f'''(\xi),$$

решается следующим образом: для семейства полиномов $\{f(x)\}$, удовлетворяющих условию

$$\int_{-1}^1 (1-x^2) f'''(x) dx = 0,$$

найдется корень третьей производной в интервале, лежащем внутри основного интервала $(-1, 1)$ и ограниченном крайними корнями яacobиева полинома соответствующей степени.

Гбилиский Государственный Университет
имени Сталина

Кафедра математического анализа

(Поступило в редакцию 4.2.1941)

ÜBER EINE ANWENDUNG VON POLYNOMEN, DIE DEN JACOBISCHEN ANALOG SIND

Von A. KHARADZE

Zusammenfassung

Es sei α eine primitive k -te Einheitswurzel. In der komplexen Ebene mögen die Punkte $1, \alpha, \dots, \alpha^{k-1}$ vorliegen. Diese Punkte verbinden wir mit dem Koordinatenanfangspunkt durch geradlinige Strecken. Auf diese Weise entsteht ein diskreter «Strahlenbüschel» mit dem Zentrum im Anfangspunkte und den Enden in den Punkte $1, \alpha, \dots, \alpha^{k-1}$. Die Gesamtheit der Werte der Veränderlichen ζ auf diesem Büschel möge mit $[\alpha^{k-1}; 1]$ bezeichnet werden.

Für $k=2$ ergibt sich insbesondere das Intervall $(-1, 1)$ der reellen Achse.

Es sei $F(\zeta)+c$ das unbestimmte Integral eines gewissen Polynoms $f(\zeta)$. Bezeichnen wir mit $I^{(k)}f(\zeta) d\zeta$ den funktionalen Operator $F(1)+\alpha^{k-1}F(\alpha)+\dots+\alpha F(\alpha^{k-1})$. Bei $k=2$ führt dieser Operator offenbar auf das gewöhnliche Integral

$$\int_{-1}^1 f(x) dx = F(1) - F(-1).$$

Es gibt reelle Polynome $Q_n^{(k)}(\zeta)$ des Grades $n=km$ oder $n=km+1$, die der Bedingung

$$I^{(k)}(1-\zeta^k) Q_n^{(k)}(\zeta) \varphi(\zeta) d\zeta = 0,$$

für ein beliebiges Polynom $\varphi(\zeta)$ des Grades $\leq n-1$, genügen.

Man zeigt leicht, dass alle Wurzeln des Polynoms $Q_n^{(k)}(\zeta)$ einfach sind und im Büschel $[\alpha^{k-1}; 1]$ symmetrisch zum Anfangspunkt liegen.

Es möge eine Familie von reellen Polynomen $f(\zeta) \equiv F^{(k+1)}(\zeta)$ gegeben sein, die auf den Büscheln $[\alpha^{k-1}; 1]$ reelle Werte annehmen und an den Endpunkten der Büschel der Bedingung

$$I^{(k)}(1-\zeta^k) F^{(k+1)}(\zeta) d\zeta = 0$$

genügen.

Dann verschwindet $F^{(k+1)}(\zeta)$ notwendig auf dem «innerhalb» von $[\alpha^{k-1}; 1]$ gelegenen Büschel, das seine Endpunkte in denjenigen Wurzeln des Polynoms $Q_n^{(k)}(\zeta)$ besitzt, die den grössten absoluten Betrag haben.

Für $k=2$ ergibt sich daraus insbesondere der folgende Satz:

Das reelle Polynom $f(x) \equiv F'''(x)$ genüge an den Enden des Intervalls $(-1, 1)$ der Bedingung

$$\int_{-1}^1 (1-x^2) F'''(x) dx = 0, \quad (1)$$

d. h. es sei

$$F(1) - F(-1) - [F'(1) + F'(-1)] = 0.$$

Das Polynom $Q_m(x)$ möge die Bedingung

$$\int_{-1}^1 (1-x^2) Q_m(x) \varphi(x) dx = 0 \quad (2)$$

erfüllen, wobei $\varphi(x)$ ein beliebiges Polynom des Grades $\leq m-1$ ist.

Dann verschwindet $F'''(x)$ notwendig in demjenigen Intervall, dessen Endpunkte mit den äussersten Wurzeln von $Q_m(x)$ zusammenfallen.

Bedingung (2) definiert Polynome, die zur Klasse der Jacobischen gehören.

Wendet man auf das Integral (1) den Mittelwertsatz an, so erhält man die bekannte Formel der Analysis:

$$f(1) - f(-1) = f'(1) + f'(-1) - \frac{2}{3} f'''(\xi).$$

Für die Familie der reellen Polynome $\{f(x)\}$ liegt somit der ξ -Wert notwendig zwischen den äussersten Wurzeln des Jacobischen Polinome des entsprechenden Grades.

Staatliche J. Stalin-Universität
Tbilissi

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ZITIERTE LITERATUR

1. L. Tchakaloff. Sur le théorème des accroissements finis. Comptes Rendus de l'Ac. d. Sc., Paris, t. 192, 1931, p. 32.
2. J. Favard. Sur les zéros réels des polynomes. Bul. Soc. Math. Fr., t. LIX, 1931, p. 229.
3. A. Kharadzé. Sur un opérateur fonctionnel et sur la généralisation des polynomes de Legendre. Comptes Rendus de l'Ac. d. Sc., Paris, t. 201, 1935, p. 923.
4. А. К. Харадзе. Об одном применении теоремы Грассе'а. Сообщения Груз. Физ. АН СССР, т. I, № 3, 1940.



В. Д. КУПРАДЗЕ

К ТЕОРИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ИНТЕГРАЛОМ
 В СМЫСЛЕ ГЛАВНОГО ЗНАЧЕНИЯ ПО КОШИ

Сообщение первое

Пусть γ — простой замкнутый контур, имеющий в каждой точке ограниченную кривизну; s и t — комплексные координаты точек, лежащих на γ ; $a(s)$, $c(s)$, $K(s, t)$, $B(s, t)$ — определенные на γ функции, удовлетворяющие условию Hölder'a, $\varphi(s)$ — искомая функция, также удовлетворяющая условию Hölder'a. Тогда наиболее общий вид линейного одномерного интегрального уравнения с интегралом в смысле главного значения по Коши будет

$$K\varphi(s) \equiv a(s)\varphi(s) - \lambda c(s) \int_{\gamma} \left\{ \frac{K(s, t)}{t-s} + B(s, t) \right\} \varphi(t) dt = f(s).$$

Обозначив

$$K(s, s)c(s) = b(s), \quad \frac{K(s, t) - K(s, s)}{t-s} + B(s, t) = A(s, t),$$

можно написанному уравнению придать вид:

$$K\varphi(s) \equiv a(s)\varphi(s) - \lambda b(s) \int_{\gamma} \left\{ \frac{1}{t-s} + A(s, t) \right\} \varphi(t) dt = f(s). \quad (1)$$

Однородное уравнение, соответствующее (1), будет

$$K\varphi(s) = 0. \quad (2)$$

Уравнение, получающееся из данного путем транспозиции переменных в ядре, будем обозначать чертой над оператором, так что союзное с (2) уравнение будет

$$\bar{K}\bar{\varphi}(s) \equiv a(s)\bar{\varphi}(s) - \lambda \int_{\gamma} \left\{ \frac{1}{s-t} + A(t, s) \right\} \bar{\varphi}(t) dt = 0. \quad (3)$$

Обозначим через \bar{k} и \bar{k} соответственно числа линейно независимых решений (2) и (3).

Теория уравнений типа (1), (2) опирается на следующие теоремы:
 Теорема А. Если

$$a^2(s) + \lambda^2 \pi^2 b^2(s) \neq 0, \quad s \in \gamma, \quad (4)$$

тогда существует оператор L типа K такой, что уравнение

$$LK\varphi(s) = Lf(s)$$

будет регулярным или квази-регулярным уравнением Фредгольма 2-го рода.

Теорема В. Для того, чтобы уравнение (1) приводилось к эквивалентному уравнению Fredholm'a, необходимо и достаточно, чтобы

$$n = \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma} d \log \frac{a(s) + \lambda \pi i b(s)}{a(s) - \lambda \pi i b(s)} \equiv 0. \quad (5)$$

Теорема С. Необходимым и достаточным условием существования решения уравнения (1) являются \bar{k} равенств

$$\int_{\gamma} f(s) \bar{\varphi}_i(s) ds = 0, \quad (6)$$

где \bar{k} функции $\bar{\varphi}_i(s)$, $i = 1, 2, \dots, \bar{k}$ суть фундаментальные решения уравнения

$$\bar{K}\bar{\varphi}(s) = 0.$$

Теорема D.

$$k - \bar{k} = 2n. \quad (7)$$

Из теоремы А следует, что k и \bar{k} ограниченные числа.

Из теоремы С следует, что либо уравнение (1) имеет единственное решение, либо решение содержит \bar{k} произвольных постоянных.

Из теоремы D видно, что число условий разрешимости неоднородного уравнения может не совпадать с числом решений однородного уравнения.

Указанные теоремы более или менее полно были сформулированы F. Noether'ом в 1921 г. [1]. Доказательства, данные Noether'ом, неполны и в некоторых случаях весьма туманны. После работы Noether'a уравнениям типа (1) посвящались ряд работ, в частности, обширные исследования G. Giraud [2], который, пользуясь чрезвычайно сложным и длинным аппаратом, получает некоторые теоремы Noether'a.

Эlegantное доказательство теоремы В дано С. Г. Михлиным [3], а затем И. Н. Векуа [4].

Ниже мы имеем в виду дать простые, как нам кажется, доказательства теорем С и D.

Пусть $\omega(s)$ есть решение уравнения

$$L\omega(s) \equiv a(s)\omega(s) + \lambda b(s) \int_{\gamma} \left[\frac{1}{t-s} - A(t, s) \right] \omega(t) dt = 0. \quad (8)$$

Сделав замену

$$\omega(s) = b(s)\bar{\varphi}_i(s) \quad (9)$$

в уравнении (3), получим:

$$a(s)\omega(s) + \lambda b(s) \int_{\gamma} \left[\frac{1}{t-s} - A(t, s) \right] \omega(t) dt = 0.$$

Следовательно, уравнение (8) имеет столько же решений, сколько и уравнение (3) и эти решения суть

$$\omega_i(s) = b(s)\bar{\varphi}_i(s), \quad i = 1, 2, \dots, \bar{k}.$$

Очевидно, верно также обратное предложение.

Функции

$$\sqrt{b}(s)\bar{\varphi}_i(s), \quad i = 1, 2, \dots, k$$

линейно независимы и детерминант Gram'a, им соответствующий

$$\left\| \int_{\gamma} b(s)\bar{\varphi}_i(s)\bar{\varphi}_j(s) ds \right\| \neq 0, \quad i, j = 1, 2, \dots, \bar{k} \quad (10)$$

отличен от нуля. Композиция $LK\varphi(s)$ может содержать полярности только ниже первого порядка. Действительно, элементарные вычисления показывают, что

$$LK\varphi(s) \equiv [a^2(s) + \lambda^2 \pi^2 b^2(s)] \varphi(s) + \lambda \int_{\gamma} K^*(s, t) \varphi(t) dt,$$

где

$$K^*(s, t) = \frac{a(t)b(t) - a(s)b(s)}{t-s} - b(s)[a(s)A(s, t) + a(t)A(t, s)] - \int_{\gamma} \frac{b(\tau)}{(\tau-s)(t-\tau)} d\tau + \lambda b(s) \int_{\gamma} \frac{A(\tau, s)b(\tau)}{t-\tau} d\tau + \lambda b(s) \int_{\gamma} b(\tau)A(\tau, s)A(\tau, t) dt.$$

С другой стороны, при тех предположениях, которые нами сделаны относительно $A(s, t)$ и $b(s)$, нетрудно показать, что

$$\int_{\gamma} \frac{b(\tau)}{(\tau-s)(t-\tau)} dt = O \left[\frac{1}{(c-t)^\alpha} \right], \quad \alpha < 1, \quad (11)$$

$$\int_{\gamma} \frac{A(\tau, s)b(\tau)}{t-\tau} d\tau = O \left[\frac{1}{(s-t)^\beta} \right], \quad \beta < 1.$$

Следовательно, уравнение

$$LK\varphi(s) = Lf(s) \quad (12)$$

представляет линейное квази-регулярное уравнение Fredholm'a. Поэтому уравнение

$$K\varphi(s) = f(s) \quad (13)$$

может иметь только конечное число линейно независимых решений.

Аналогично показывается, что уравнение

$$\bar{K}\bar{\varphi}(s) = 0 \quad (14)$$

допускает только конечное число независимых решений; пусть эти решения будут $\bar{\varphi}_i(s)$ ($i=1, 2, \dots, k$).

Теперь мы можем приступить к доказательству теоремы С.

Доказательство необходимости:

Пусть уравнение (1) имеет решение. Тогда можем написать систему равенств:

$$\int_I f(s)\bar{\varphi}_i(s) ds = \int_I \bar{\varphi}_i(s)K\varphi(s) ds = \int_I \varphi(s)\bar{K}\bar{\varphi}_i(s) ds = 0$$

и необходимость условий

$$\int_I f(s)\bar{\varphi}_i(s) ds = 0, \quad i=1, 2, \dots, k \quad (15)$$

доказана.

Доказательство достаточности:

Рассмотрим два случая:

1. $LK\varphi(s) = 0$ имеет только нулевое решение ($r = 0$, r — число нетривиальных решений).
2. $LK\varphi(s) = 0$ имеет r отличных от нуля линейно-независимых решений.

Каждый из этих случаев разделим на два подслучая:

$$\text{a) } \bar{k} = 0; \quad \text{b) } \bar{k} \neq 0.$$

Рассмотрим в отдельности каждый из четырех случаев.

1а) $r = 0$, $\bar{k} = 0$; условия (15) выполнены; из (12), которое разрешимо вследствие условия $r = 0$, имеем:

$$L[K\varphi(s) - f(s)] = 0,$$

откуда, по условию $\bar{k} = 0$, получаем

$$K\varphi(s) = f(s).$$

1б) $r=0$, $\bar{k} \neq 0$. Из уравнения (12), согласно с (9), теперь имеем:

$$K\varphi(s) - f(s) = \sum_{i=1}^{\bar{k}} c_i b(s) \bar{\varphi}_i(s), \quad (16)$$

где c_i — определенные постоянные.

Умножая (16) на $\varphi_j(s) ds$, интегрируя по γ и принимая во внимание условия (15), получаем:

$$\sum_{i=1}^{\bar{k}} g_{ij} c_i = 0, \quad j = 1, 2, \dots, \bar{k},$$

откуда, по свойству детерминанта Грама, имеем:

$$c_i = 0, \quad i = 1, 2, \dots, \bar{k},$$

и, наконец, из (16):

$$K\varphi(s) = f(s).$$

2а) $r \neq 0$, $\bar{k} = 0$. Уравнение, получающееся из уравнения $LK\varphi(s) = 0$ транспозицией переменных в ядре

$$\overline{LK}\psi(s) = 0,$$

имеет r решений; следовательно, уравнение

$$K\bar{L}\psi(s) \equiv \overline{LK}\psi(s) = 0 \quad (17)$$

также имеет r решений; обозначим эти решения через $\psi_i(s)$, $i = 1, 2, \dots, r$. Условия (15) выполнены. Для разрешимости (12) теперь необходимо и достаточно r условий:

$$\int \psi_i(s) Lf(s) ds = 0, \quad i = 1, 2, \dots, r. \quad (18)$$

Эти условия выполняются автоматически; действительно, вследствие условия $\bar{k} = 0$, из (17) следует:

$$\bar{L}\psi_j(s) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, r;$$

поэтому:

$$\int_{\gamma} \psi_j(s) Lf(s) = \int_{\gamma} f(s) \bar{L}\psi_j(s) ds = 0.$$

Следовательно, (12) разрешимо и так как $\bar{k} = 0$, из

$$L[K\varphi(s) - f(s)] = 0$$

следует

$$K\varphi(s) = f(s).$$

2b) $r \neq 0$, $k \neq 0$; теперь из (17)

$$\bar{L}\psi_j(s) = \sum_{i=1}^k l_{ij} \bar{\varphi}_i(s) \quad j=1, 2, \dots, r,$$

поэтому условия разрешимости (12) снова выполнены, так как

$$\int_{\Gamma} \psi_j(s) Lf(s) ds = \int_{\Gamma} f(s) \bar{L}\psi_j(s) ds = \sum_{i=1}^k l_{ij} \int_{\Gamma} f(s) \bar{\varphi}_i(s) ds = 0$$

и из (12), по условию $\bar{k} \neq 0$,

$$K\varphi(s) - f(s) = \sum_{i=1}^k d_i b(s) \bar{\varphi}_i(s);$$

отсюда, повторяя рассуждения, примененные в случае 1b, получаем

$$d_i = 0, \quad i=1, 2, \dots, \bar{k}$$

и, следовательно,

$$K\varphi(s) = f(s).$$

Таким образом, теорема С доказана полностью.

Из наших рассуждений следует, что при выполнении условий (4) и (15), уравнение (1) всегда приводится к эквивалентному и разрешимому неоднородному уравнению Fredholm'a

Доказательство теоремы D будет дано во втором сообщении.

Грузинский Филиал АН СССР

Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 24.1.1941)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. F. Noether. Über eine Klasse singularer Integralgleichungen. Math. Ann. B. 82, S. 42—63, 1921.
2. G. Giraud. Équations à integrales principales étudiées suivie d'une application. Ann. l'ecole Norm. Sup. T. 51, F. 3, 4, 1934; T. 53, F. 1, 1936; T. 56, F. 2, 1939.
3. S. Michlin. Sur une certaine classe d'équations intégrales singulières. C. R. de l'Acad. l'URSS, V. XXIV, № 4, 1939.
4. И. Н. Векуа. О линейном сингулярном интегральном уравнении, содержащем интеграл в смысле главного значения по Коши. Доклады АН СССР, т. XXVI, 1940.

ÜBER HARMONISCHE UND METAHARMONISCHE FUNKTIONEN IM RAUM

VON ELIAS VECOUA

1. Betrachten wir im dreidimensionalen Raume ein Gebiet T von folgenden Eigenschaften: Es existiert in diesem Gebiet mindestens ein Punkt, der mit jedem Punkt des Gebietes durch eine gänzlich dem Gebiete angehörende geradlinige Strecke verbunden werden kann. Ein solches Gebiet nennen wir einen Stern und einen Punkt von obigen Eigenschaften den Mittelpunkt des Sternes. Im allgemeinen kann ein Stern offenbar unendlich viele Mittelpunkte haben, wie es z. B. bei einem konvexen Gebiet der Fall ist. Der Nullpunkt des Koordinatensystems möge im Mittelpunkt des Sternes liegen, und die sphärischen Koordinaten eines Raumpunktes seien r, φ, ϑ .

Wir beweisen den folgenden Satz:

Satz 1. *Es sei $\omega(r, \varphi, \vartheta)$ eine harmonische Funktion, die im Gebiete T regulär ist, höchstens bis auf den Anfangspunkt des Koordinatensystems, wo eine Singularität vom Typus $\frac{1}{r}$ vorliegen darf. Ferner sei*

$$u(r, \varphi, \vartheta) = \omega(r, \varphi, \vartheta) + \int_0^r H(r, \rho, \lambda) \omega(\rho, \varphi, \vartheta) d\rho \quad (1)$$

mit

$$H(r, \rho, \lambda) = -\frac{\lambda}{2} \sqrt{\frac{\rho}{r-\rho}} J_1(\lambda \sqrt{r(r-\rho)}). \quad (2)$$

Dann ist die Funktion $u(r, \varphi, \vartheta)$ metaharmonisch, d. h. sie genügt der Gleichung

$$\Delta u + \lambda^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \lambda^2 u = 0 \quad (3)$$

Ferner ist diese Funktion im ganzen Gebiet T regulär, höchstens bis auf den Anfangspunkt des Koordinatensystems, wo eine Singularität vom Typus $\frac{1}{r}$ vorliegen darf. Dabei ist jede im Gebiete T auf diese Art reguläre Funktion in der Gestalt (1), und zwar auf eine einzige Art, darstellbar.¹⁾

¹⁾ Einen analogen Satz bewies ich in der Arbeit [1] für ein beliebiges einfach zusammenhängendes ebenes Gebiet.

Wir zeigen zunächst, dass

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial H}{\partial r} \right) - \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\rho^2 \frac{\partial H}{\partial \rho} \right) + \lambda^2 r^2 H = 0 \quad (4)$$

ist. In der Tat, führt man die neuen Veränderlichen

$$\frac{r}{\rho} = \xi, \quad r\rho = \eta$$

ein, so nimmt Gleichung (4) die Gestalt

$$\frac{\partial^2 H}{\partial \xi^2 \partial \eta} + \frac{1}{2\eta} \frac{\partial H}{\partial \xi} + \frac{\lambda^2}{4} H = 0 \quad (5)$$

an und

$$H(r, \rho, \lambda) = -\frac{\lambda}{2} \frac{1}{V \sqrt{\xi-1}} J_1(\lambda V \eta \sqrt{\xi-1}) = -\frac{\lambda}{2} \frac{1}{V \sqrt{\xi-1}} J_1(z)$$

mit $z = \lambda V \eta \sqrt{\xi-1}$.

Eine Differentiation ergibt

$$\frac{\partial H}{\partial \xi} = \frac{\lambda}{4} \frac{J_1(z)}{(\xi-1)^{3/2}} - \frac{\lambda^2 V \eta}{4(\xi-1)} J_1'(z),$$

$$\frac{\partial^2 H}{\partial \xi^2 \partial \eta} = -\frac{\lambda^3}{8} \frac{J_1''(z)}{V \sqrt{\xi-1}}.$$

Setzt man diese Ausdrücke in (5) ein, so folgt

$$-\frac{\lambda^3}{8V \sqrt{\xi-1}} \left[J_1''(z) + \frac{1}{z} J_1'(z) + \left(1 - \frac{1}{z^2}\right) J_1(z) \right] = 0$$

was zu beweisen war.

Schreiben wir jetzt folgende Formeln auf, die leicht aus (2) erhalten werden können:

$$H(r, r, \lambda) = -\frac{\lambda^2 r}{4}, \quad \left(\frac{\partial H}{\partial r} \right)_{\rho=r} = -\frac{\lambda^2}{8} + \frac{\lambda^4 r^2}{32},$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial \rho} \right)_{\rho=r} = -\frac{\lambda^2}{8} - \frac{\lambda^4 r^2}{32}.$$

Differenziert man beide Seiten von (1) nach r und wendet (6) an, so ergibt sich unschwer

$$\frac{\partial u}{\partial r} = \frac{\partial \omega}{\partial r} - \frac{\lambda^2 r}{4} \omega + \int_0^r \frac{\partial H}{\partial r} \omega(\rho, \vartheta, \varphi) d\rho.$$

Multipliziert man dies mit r^2 und differenziert sodann nach r , so bekommt man, mit Hilfe der zweiten Formel (6),

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial u}{\partial r} \right) = \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \omega}{\partial r} \right) - \frac{7}{8} \lambda^2 r^2 \omega + \frac{\lambda^4 r^4}{32} \omega - \frac{\lambda^2 r^3}{4} \frac{\partial \omega}{\partial r}$$

$$+ \int_0^r \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial H}{\partial r} \right) \omega(\rho, \vartheta, \varphi) d\rho.$$

Mit Rücksicht auf (4), kann man die letzte Gleichung in die Form

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial u}{\partial r} \right) &= \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \omega}{\partial r} \right) - \frac{7}{8} \lambda^2 r^2 \omega + \frac{\lambda^4 r^4}{32} \omega - \frac{\lambda^2 r^3}{4} \frac{\partial \omega}{\partial r} \\ &- \lambda^2 r^2 \int_0^r H(r, \rho, \lambda) \omega(\rho, \varphi, \vartheta) d\rho + \int_0^r \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\rho^2 \frac{\partial H}{\partial \rho} \right) \omega(\rho, \varphi, \vartheta) d\rho \end{aligned} \quad (7)$$

setzen. Partielle Integration ergibt, wegen (6),

$$\begin{aligned} \int_0^r \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\rho^2 \frac{\partial H}{\partial \rho} \right) \omega(\rho, \varphi, \vartheta) d\rho &= \frac{\lambda^2 r^3}{4} \frac{\partial \omega}{\partial r} - \frac{\lambda^2 r^2}{8} \omega - \frac{\lambda^4 r^4}{32} \omega \\ &+ \int_0^r H(r, \rho, \lambda) \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\rho^2 \frac{\partial \omega}{\partial \rho} \right) d\rho. \end{aligned}$$

Setzt man dies in (7) ein, so folgt nach (1)

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial u}{\partial r} \right) = -\lambda^2 r^2 u + \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \omega}{\partial r} \right) + \int_0^r H(r, \rho, \lambda) \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\rho^2 \frac{\partial \omega}{\partial \rho} \right) d\rho. \quad (8)$$

Da der Laplacesche Operator in sphärischen Koordinaten die Gestalt

$$\Delta u = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \Delta^* u$$

besitzt, wobei

$$\Delta^* u = \frac{1}{\sin^2 \vartheta} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{\sin \vartheta} \frac{\partial}{\partial \vartheta} \left(\sin \vartheta \frac{\partial u}{\partial \vartheta} \right),$$

so folgt aus (8) unschwer

$$\Delta u + \lambda^2 u = \Delta \omega + \frac{1}{r^2} \int_0^r H(r, \rho, \lambda) \rho^2 \Delta \omega d\rho. \quad (9)$$

Diese Formel ist, wie man ohne Schwierigkeiten nachweisen kann, für jede Funktion ω gültig, die im Gebiete T regulär ist, höchstens bis auf den Anfangspunkt des Koordinatensystems, wo eine Singularität von Typus $\frac{1}{r}$ vorliegen darf.

Aus Formel (9) ergibt sich sofort unser Satz. In der Tat, für eine harmonische Funktion ω ist die rechte Seite von (9) identisch Null und daher u metaharmonische. Ist umgekehrt u eine metaharmonische Funktion, so lässt sich aus der Integralgleichung (1) vom Volterraschen Typus die Funktion ω

stets eindeutig bestimmen, die nach (9) im Gebiete T harmonisch ist. Man stellt unschwer fest, dass die Funktion ω eine Singularität von der Gestalt $\frac{1}{r}$ besitzt, sofern eine solche bei u vorhanden ist, und umgekehrt.

2. Es sei T eine Kugel mit dem Nullpunkt des Koordinatensystems als Mittelpunkt. Bekanntlich lässt sich jede im Inneren der Kugel reguläre harmonische Funktion in die Reihe

$$\omega(r, \varphi, \vartheta) = \sum_{m=0}^{\infty} r^m Y_m(\varphi, \vartheta) \quad (10)$$

entwickeln, wobei $Y_m(\varphi, \vartheta)$ die Laplacesche Funktion ist.

Setzt man (10) in (1) ein, so bekommt man, nach einer einfachen Rechnung,

$$u(r, \varphi, \vartheta) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{r}} J_{m+1/2}(\lambda r) Y'_m(\varphi, \vartheta), \quad (11)$$

wobei

$$Y'_m(\varphi, \vartheta) = \left(\frac{2}{\lambda}\right)^{m+1/2} \Gamma\left(m + \frac{3}{2}\right) Y_m(\varphi, \vartheta)$$

auch Laplacesche Funktionen bilden.

Auf diese Weise ergibt sich der folgende

Satz 2. Eine beliebige metaharmonische Funktion, die innerhalb einer Kugel mit dem Nullpunkt des Koordinatensystems als Mittelpunkt regulär ist, kann in eine Reihe der Gestalt (11) entwickelt werden¹⁾.

Setzt man in (1) für ω den Ausdruck $\frac{1}{r}$ ein, so bekommt man nach einer einfachen Rechnung die s. g. elementare Lösung

$$\frac{\cos \lambda r}{r}$$

der Gleichung (3).

Staatliche J. Stalin-Universität
Tbilissi

(Eingegangen am 3. Februar 1941.)

¹⁾ Soviel ich weiss, erfordert ein strenger Beweis dieses Satzes mit anderen Hilfsmitteln ziemlich lange Betrachtungen.

ილია გიკაშა

ჰარმონიული და მეტაჰარმონიული ფუნქციების შესახებ სივრცეში

რეზუმე

1. სამგანზომილებიან სივრცეში განვიხილოთ არე T , რომელშიც მოიძებნება ერთი მაინც ისეთი წერტილი, რომლის შეერთება შეიძლება ამავე არის ნებისმიერ წერტილთან წრფის მონაკვეთით, რომელიც ყველა თავისი წერტილით T არეში მდებარეობს. ასეთ არეს ვუწოდოთ ვარსკლავი, ხოლო აღნიშნულ წერტილს ვარსკლავის ცენტრი. ცხადია, საზოგადოდ ვარსკლავში შეიძლება არსებობდეს მრავალი ცენტრი, მაგ. ამოზნექილი არე. ვთქვათ კოორდინატთა სისტემის სათავე მდებარეობს T ვარსკლავის ცენტრში, ხოლო r , φ , ψ წერტილის სფერული კოორდინატებია სივრცეში.

ჩვენ ვამტკიცებთ შემდეგ თეორემას:

თეორემა 1.^a ვთქვათ $w(r, \varphi, \psi)$ ჰარმონიული ფუნქციაა, რომელიც რეგულარულია T არეში ყველგან გარდა (შეიძლება) კოორდინატთა სათავისა, სადაც მას შეიძლება ჰქონდეს განსაკუთრებულობა $\frac{1}{r}$ სახის. მაშინ ფუნქცია

$$u(r, \varphi, \psi) = w(r, \varphi, \psi) + \int_0^r H(r, \rho, \lambda) w(\rho, \varphi, \psi) d\rho, \quad (1)$$

სადაც

$$H(r, \rho, \lambda) = -\frac{\lambda}{2} \sqrt{\frac{\rho}{r-\rho}} J_1(\lambda \sqrt{r(r-\rho)}), \quad (2)$$

არის მეტაჰარმონიული, ე. ი. აკმაყოფილებს განტოლებას:

$$\Delta u + \lambda^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \lambda^2 u = 0 \quad (3)$$

და რეგულარულია ყველგან T არეში გარდა (შეიძლება) სათავისა, სადაც მას შეიძლება ჰქონდეს განსაკუთრებულობა $\frac{1}{r}$ სახის. ყოველი ასეთი სახის მეტაჰარმონიული ფუნქცია შეიძლება წარმოდგენილი იყოს (1) სახით და ასეთი წარმოდგენა ერთადერთია.

^a ანალოგიური თეორემა ნებისმიერი T არისათვის ჩვენ მიერ დამტკიცებულია სიბრტყის შემთხვევაში შრომაში [1].

2. ვთქვათ კერძოდ T წარმოადგენს სფეროს, რომლის ცენტრი კოორდინატთა სათავეში მდებარეობს. მაშინ, როგორც ცნობილია, ყოველი ჰარმონიული ფუნქცია, რომელიც რეგულარულია T სფეროს შიგნით, შეიძლება დაიშალოს მწკრივად:

$$w(r, \varphi, \vartheta) = \sum_{m=0}^{\infty} r^m Y_m(\varphi, \vartheta),$$

სადაც $Y_m(\varphi, \vartheta)$ ლაბლასის ფუნქციებია.

თუ შევიტანთ ამ მწკრივს (1) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$u(r, \varphi, \vartheta) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{r} J_{m+1/2}(\lambda r) Y'_m(\varphi, \vartheta), \tag{2}$$

სადაც

$$Y'_m(\varphi, \vartheta) = \left(\frac{2}{\lambda}\right)^{m+1/2} \Gamma\left(m + \frac{3}{2}\right) Y_m(\varphi, \vartheta)$$

აგრეთვე ლაბლასის ფუნქციებია.

ამგვარად, მივიღეთ შემდეგი თეორემა:

თეორემა 2. ნებისმიერი მეტაჰარმონიული ფუნქცია, რეგულარული სფეროს შიგნით ცენტრით სათავეში, შეიძლება დაიშალოს (2) სახის მწკრივად.⁽¹⁾

თუ (1) ფორმულაში w -ს ნაცვლად $\frac{1}{r}$ -ს ჩავსვამთ, მაშინ მივიღებთ

$\Delta u + \lambda^2 u = 0$ განტოლების ე. წ. ელემენტარულ ამოხსნას

$$\frac{\cos \lambda r}{r}.$$

სტალინის სახელობის თბილისის უნივერსიტეტი

დიფერენციალურ და ინტეგრალურ

განტოლებათა კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 3.2.1941)

ZITIERTE LITERATUR—ციტირებული ლიტერატურა

1. I. N. V é c o u a. Sur une représentation complexe de la solution générale des équations du problème stationnaire plan de la théorie de l'élasticité. (Comptes Rendus (Doklady) de l'Acad. des Sciences de l'URSS, 1947. V. XVI, № 3).

⁽¹⁾ რამდენადაც ვიცით, ამ თეორემის მკაცრი დამტკიცება სხვა გზით მოითხოვს საკმარისად გრძელ მსჯელობას.



ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

А. К. РУХАДЗЕ

К ЗАДАЧЕ ДЕФОРМАЦИИ СТЕРЖНЯ СО СЛАБО ИЗОГНУТОЙ ОСЬЮ

В одной из своих работ П. М. Риз [1] дал решение задач растяжения, изгиба парой п кручения стержней «слабо изогнутых» в ненапряженном состоянии.

В настоящей работе мы даем решение задачи изгиба поперечной силой для подобных тел.

Этим, вместе с упомянутыми результатами, исчерпываются все случаи упругого равновесия при свободной боковой поверхности.

1. Рассмотрим однородный изотропный стержень, закрепленный торцом $\zeta=0$. Поместим начало координат в центре тяжести этого сечения, а оси Ox и Oy направим по главным осям инерции сечения.

Будем считать, что боковая поверхность стержня свободна от внешних условий, а усилия, действующие на торце $\zeta=l$, эквивалентны одной изгибающей силе W .

Будем также полагать, что ось стержня в ненапряженном состоянии — плоская кривая, которую можно считать параболой, расположенной в плоскости $Ox\zeta$.

Уравнение боковой поверхности такого стержня будет иметь вид:

$$f\left(x + k\frac{\zeta^2}{2}, y\right) = 0. \tag{1}$$

Будем считать k настолько малым, что члены, содержащие k в квадрате и более высоких степенях, могут быть отброшены.

Для простоты мы будем считать, что сила W приложена к центру тяжести $\zeta=l$ торца и параллельна оси Ox . Общий случай может быть рассмотрен совершенно аналогично.

Под стержнем со слабо изогнутой осью мы будем, следуя П. М. Ризу, подразумевать тело, ограниченное поверхностью (1).

Произведем преобразование координат:

$$\xi = x + k\frac{\zeta^2}{2}, \quad \eta = y, \quad \zeta = \zeta. \tag{2}$$

В пространстве (ξ, η, ζ) рассматриваемое тело переходит в цилиндрическое тело, ограниченное поверхностью $f(\xi, \eta) = 0$. Это тело мы будем обозначать через T .

Далее из формул (2) будем иметь:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} &= \frac{\partial}{\partial \xi}, & \frac{\partial}{\partial y} &= \frac{\partial}{\partial \eta}, \\ \frac{\partial}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial \zeta} + k\zeta \frac{\partial}{\partial \xi}. \end{aligned} \quad (3)$$

Вспользуемся этими формулами и преобразуем основные уравнения равновесия упругого тела и граничные условия к координатам ξ, η, ζ .

Для этого зададимся следующими компонентами смещения [которые при $k=0$ дают решение задачи изгиба призматического стержня, ограниченного поверхностью $f(\xi, \eta) = 0$]:

$$\begin{aligned} u &= -\tau\eta\zeta + A \left[\frac{1}{2} \sigma (l - \zeta) (\xi^2 - \eta^2) + \frac{1}{2} k\zeta^2 - \frac{1}{6} \zeta^3 \right] + k\omega^{(1)}, \\ v &= \tau\xi\zeta + A\sigma(l - \zeta)\xi\eta + kv^{(1)}, \\ w &= \tau\varphi(\xi, \eta) - A \left[\left(k\zeta - \frac{1}{2} \zeta^2 \right) \xi + \chi(\xi, \eta) + \xi\eta^2 \right] + k\omega^{(1)}, \end{aligned} \quad (4)$$

где $A = \frac{W}{JE}$ — постоянная (E — модуль Юнга, J — момент инерции сечения S призматического тела, ограниченного поверхностью $f(\xi, \eta) = 0$, относительно оси, параллельной оси $O\eta$ и проходящей через центр тяжести этого сечения), $\varphi(\xi, \eta)$ и $\chi(\xi, \eta)$ — обычные функции кручения и изгиба призматического тела, ограниченного поверхностью $f(\xi, \eta) = 0$, $u^{(1)}, v^{(1)}, w^{(1)}$ — искомые компоненты смещения; мы будем их искать как функции от ξ, η, ζ .

Соответствующие этим смещениям напряжения будут:

$$\begin{aligned} X_x &= \lambda\tau k\zeta \varphi'_\xi - \lambda A k\zeta \left[\chi'_\xi + \left(k\zeta - \frac{1}{2} \zeta^2 \right) + \eta^2 \right] + k\tau_{11}, \\ Y_y &= \lambda\tau k\zeta \varphi'_\xi - \lambda A k\zeta \left[\chi'_\xi + \left(k\zeta - \frac{1}{2} \zeta^2 \right) + \eta^2 \right] + k\tau_{22}, \\ Z_z &= -EA(l - \zeta)\xi + k\tau(\lambda + 2\mu)\zeta \varphi'_\xi \\ &\quad - kA(\lambda + 2\mu)\zeta \left[\chi'_\xi + \left(k\zeta - \frac{1}{2} \zeta^2 \right) + \eta^2 \right] + k\tau_{33}, \\ X_y &= k\tau_{12}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$X_s = \tau\mu(\varphi'_\xi - \eta) - A\mu \left[\chi'_\xi + \frac{1}{2} \sigma(\xi^2 - \eta^2) + \eta^2 \right] + A\mu k \sigma \zeta (l - \zeta) \xi + k \tau_{13},$$

$$Y_s = \tau\mu(\varphi'_\eta + \xi) - A\mu[\chi'_\eta + (\sigma + 2)\xi\eta] + k\tau\mu\zeta^2 + A\mu k \sigma \zeta (l - \zeta) \eta + k \tau_{23},$$

где $\tau_{11}, \tau_{22}, \dots, \tau_{33}$ — напряжения, соответствующие системе перемещений $u^{(1)}, v^{(1)}, w^{(1)}$.

Уравнения равновесия упругого тела, на основании формул (3), примут вид:

$$\frac{\partial \tau_{11}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{12}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{13}}{\partial \zeta} + \tau(\lambda + \mu) \zeta \varphi''_{\xi\xi} - A(\lambda + \mu) \zeta \chi''_{\xi\xi} + A\mu \sigma (l - 3\zeta) \xi = 0,$$

$$\frac{\partial \tau_{21}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{22}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{23}}{\partial \zeta} + \tau(\lambda + \mu) \zeta \varphi''_{\xi\eta} - A(\lambda + \mu) \zeta \chi''_{\xi\eta} + 3\tau\mu\zeta - 2A(\lambda + \mu)\eta\zeta + A\mu\sigma(l - 3\zeta)\eta = 0,$$

$$\frac{\partial \tau_{31}}{\partial \xi} + \frac{\partial \tau_{32}}{\partial \eta} + \frac{\partial \tau_{33}}{\partial \zeta} + \tau(\lambda + 2\mu) \varphi'_\xi - (\lambda + 2\mu)A \left[\chi'_\xi + \left(l\zeta - \frac{1}{2} \zeta^2 \right) + \eta^2 \right] - A(\lambda + 4\mu)(l - \zeta)\zeta = 0.$$

Условия, выражающие отсутствие напряжений на боковой поверхности, принимают вид:

$$\begin{aligned} & \tau_{11} \cos \widehat{n\xi} + \tau_{12} \cos \widehat{n\eta} + \lambda \tau \zeta \varphi'_\xi \cos \widehat{n\xi} + \tau \mu \zeta (\varphi'_\xi - \eta) \cos \widehat{n\xi} \\ & - \lambda A \zeta \left[\chi'_\xi + \left(l\zeta - \frac{1}{2} \zeta^2 \right) + \eta^2 \right] \cos \widehat{n\xi} \\ & - \mu A \zeta \left[\chi'_\xi + \frac{1}{2} \sigma (\xi^2 - \eta^2) + \eta^2 \right] \cos \widehat{n\xi} = 0, \\ & \tau_{21} \cos \widehat{n\xi} + \tau_{22} \cos \widehat{n\eta} + \lambda \tau \zeta \varphi'_\xi \cos \widehat{n\eta} + \tau \mu \zeta (\varphi'_\eta + \xi) \cos \widehat{n\xi} \\ & - \lambda A \zeta \left[\chi'_\xi + \left(l\zeta - \frac{1}{2} \zeta^2 \right) + \eta^2 \right] \cos \widehat{n\eta} \\ & - A \eta \zeta [\chi'_\eta + (\sigma + 2) \xi \eta] \cos \widehat{n\xi} = 0, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} & \tau_{31} \cos \widehat{n\xi} + \tau_{32} \cos \widehat{n\eta} + A\mu\sigma(l - \zeta)\xi\zeta \cos \widehat{n\xi} + \tau\mu\zeta^2 \cos \widehat{n\eta} \\ & + A\mu\sigma(l - \zeta)\eta\zeta \cos \widehat{n\eta} - EA(l - \zeta)\xi\zeta \cos \widehat{n\xi} = 0, \end{aligned}$$

где $\cos \widehat{n\xi}$ и $\cos \widehat{n\eta}$ — направляющие косинусы нормали поверхности $f(\xi, \eta) = 0$.

Эти уравнения соответствуют некоторой задаче равновесия тела T под действием объемных и поверхностных сил; поэтому к ним следует присоединить также условия совместности, которые в нашем случае имеют вид:

$$\begin{aligned} \Delta\tau_{11} + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2\theta}{\partial\xi^2} + 2\tau(\lambda+\eta)\zeta\varphi_{\xi\xi}''' - 2A(\lambda+\mu)\zeta\chi_{\xi\xi}''' - \lambda A(2l-\zeta) &= 0, \\ \Delta\tau_{22} + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2\theta}{\partial\eta^2} + 2\tau(\lambda+\mu)\zeta\varphi_{\xi\eta}''' - 2A(\lambda+\mu)\zeta\chi_{\xi\eta}''' \\ - 4(\lambda+\mu)A\zeta - \lambda A(2l-\zeta) &= 0, \\ \Delta\tau_{33} + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2\theta}{\partial\xi^2} + 2(\sigma+2)\mu A\zeta - 2(\sigma+2)\mu A(l-2\zeta) \\ - 2A(\lambda+\mu)(2l-3\zeta) - A(\lambda+2\mu)(2l-\zeta) &= 0, \\ \Delta\tau_{12} + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2\theta}{\partial\xi\partial\eta} + 2\tau(\lambda+\mu)\zeta\varphi_{\xi\eta}''' - 2A(\lambda+\mu)\zeta\chi_{\xi\eta}''' &= 0, \\ \Delta\tau_{13} + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2\theta}{\partial\xi\partial\zeta} + \tau(2\lambda+3\mu)\varphi_{\xi\xi}'' - A(2\lambda+3\mu)\chi_{\xi\xi}'' - 3A\mu\sigma\xi &= 0, \\ \Delta\tau_{23} + \frac{1}{1+\sigma} \frac{\partial^2\theta}{\partial\eta\partial\zeta} + \tau(2\lambda+3\mu)\varphi_{\xi\eta}'' - A(2\lambda+3\mu)\chi_{\xi\eta}'' - 2A(2\lambda+3\mu)\eta \\ - 3A\mu\sigma\eta + 3\mu\tau &= 0, \end{aligned} \quad (8)$$

где $\theta = \tau_{11} + \tau_{22} + \tau_{33}$.

Положим:

$$\begin{aligned} \tau_{11} &= -\lambda\tau\zeta\varphi_{\xi\xi}' + \lambda A\zeta \left[\chi_{\xi\xi}' + \left(l\zeta - \frac{1}{2}\zeta^2 \right) + \eta^2 \right] \\ &\quad - 2\mu\tau\zeta(\varphi_{\xi\xi}' - \eta) + 2\mu A\zeta\chi_{\xi\xi}' + \tau_{11}^{(1)}, \\ \tau_{22} &= -\lambda\tau\zeta\varphi_{\xi\xi}' + \lambda A\zeta \left[\chi_{\xi\xi}' + \left(l\zeta - \frac{1}{2}\zeta^2 \right) + \eta^2 \right] + \tau_{22}^{(1)}, \\ \tau_{33} &= -\lambda\tau\zeta\varphi_{\xi\xi}' + \lambda A\zeta \left[\chi_{\xi\xi}' + \left(l\zeta - \frac{1}{2}\zeta^2 \right) + \eta^2 \right] \\ &\quad + 2\mu\zeta \left[\left(l\zeta - \frac{1}{2}\zeta^2 \right) + \eta^2 \right] A - 2\mu\tau\eta\zeta \\ &\quad + A\mu(\sigma+1)(l-\zeta)\zeta^2 - a\zeta + \tau_{33}^{(1)}, \\ \tau_{12} &= -\mu\tau\zeta(\varphi_{\xi\eta}' + \xi) + A\mu\zeta\chi_{\xi\eta}' + \tau_{12}^{(1)}, \end{aligned} \quad (9)$$

$$\tau_{13} = -A\mu\sigma(l-\zeta)\xi\zeta + \frac{I}{2}A\mu\sigma\xi\zeta^2 - \tau\mu\varphi + A\mu\chi + \frac{\partial\psi}{\partial\xi} + \tau_{13}^{(1)},$$

$$\tau_{23} = -\mu\tau\zeta^2 - A\mu\sigma(l-\zeta)\eta\zeta + \frac{I}{2}A\mu(\sigma+2)\eta\zeta^2 - \frac{3}{2}\mu\tau\xi^2 + \frac{\partial\psi}{\partial\eta} + \tau_{23}^{(1)},$$

где $\psi(\xi, \eta)$ — функция, определяемая по следующим условиям:

$$\Delta\psi = 2\tau\mu\eta - \tau\mu\varphi'_\xi + A\mu\chi'_\xi + a \quad (в S), \quad (10)$$

$$\frac{d\psi}{dn} = (\tau\mu\varphi - A\mu\chi) \cos \widehat{n\xi} + \frac{3}{2}\tau\mu\xi^2 \cos \widehat{n\eta} \quad (на C),$$

C — граница области S ; постоянная a определяется по условию существования решения последней задачи.

Легко можно проверить, что система напряжения $\tau_{11}^{(1)}, \tau_{22}^{(1)}, \dots, \tau_{23}^{(1)}$ будет удовлетворять однородным уравнениям равновесия, однородным уравнениям совместности и следующим граничным условиям на боковой поверхности:

$$\begin{aligned} \tau_{11}^{(1)} \cos \widehat{n\xi} + \tau_{12}^{(1)} \cos \widehat{n\eta} + \zeta X_n^{(1)} &= 0, \\ \tau_{21}^{(1)} \cos \widehat{n\xi} + \tau_{22}^{(1)} \cos \widehat{n\eta} + \zeta Y_n^{(1)} &= 0, \\ \tau_{31}^{(1)} \cos \widehat{n\xi} + \tau_{32}^{(1)} \cos \widehat{n\eta} + \zeta^2 Z_n^{(2)} + \zeta Z_n^{(1)} &= 0, \end{aligned} \quad (11)$$

где

$$\begin{aligned} X_n^{(1)} &= -A\mu[\sigma(\xi^2 - \eta^2) + 2\eta^2] \cos \widehat{n\xi} - A\mu(\sigma+2)\xi\eta \cos \widehat{n\eta}, \\ Y_n^{(1)} &= -A\mu(\sigma+2)\xi\eta \cos \widehat{n\xi}, \\ Z_n^{(2)} &= \left(\frac{I}{2}\mu\sigma + E\right)A\xi \cos \widehat{n\xi} + \frac{I}{2}A\mu(\sigma+2)\eta \cos \widehat{n\eta}, \\ Z_n^{(1)} &= -AEI\xi \cos \widehat{n\xi}. \end{aligned} \quad (12)$$

Определение напряжений $\tau_{11}^{(1)}, \tau_{22}^{(1)}, \dots, \tau_{23}^{(1)}$ можно провести по методу, указанному Е. Almansi [2], но так как в нашем случае метод Almansi приводит к довольно длинным вычислениям, то вычисление этих напряжений мы проведем непосредственно, более упрощенным методом.

Для этого положим:

$$\begin{aligned} \tau_{11}^{(1)} &= \zeta \left[\frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} + \frac{5\sigma+4}{2} A\mu\xi^2 + \frac{\sigma+2}{2} A\mu\eta^2 \right] + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \eta^2} - A\mu l(\sigma+1)\xi^2, \\ \tau_{22}^{(1)} &= \zeta \left[\frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2} + \frac{5\sigma+4}{2} A\mu\xi^2 + \frac{\sigma+2}{2} A\mu\eta^2 \right] + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \xi^2} - A\mu l(\sigma+1)\xi^2, \end{aligned}$$

$$\tau_{21}^{(1)} = -\zeta \frac{\partial^2 F}{\partial \xi \partial \eta} - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \xi \partial \eta}, \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \tau_{12}^{(1)} = & -\frac{5\sigma+4}{2} A\mu \xi^2 \zeta^2 + 2A\mu(1+\sigma)l\xi\zeta + \frac{\partial\omega}{\partial \xi} \\ & + \int_0^\xi \left[(1-\sigma) \Delta F - \frac{2\sigma+1}{2} (3\sigma-4) A\mu \xi^2 \right. \\ & \left. - \frac{2\sigma+1}{2} (3\sigma-2) A\mu \eta^2 - 2\mu\sigma b \right] d\xi, \end{aligned}$$

$$\tau_{22}^{(1)} = -\frac{\sigma+2}{2} A\mu \eta^2 \zeta^2 + \frac{\partial\omega}{\partial \eta},$$

$$\begin{aligned} \tau_{33}^{(1)} = & A\mu(1+\sigma)\zeta^3 - A\mu(1+\sigma)\zeta^2 + \zeta [\sigma \Delta F + (3\sigma^2 - 2\sigma - 4) A\mu \xi^2 + (3\sigma^2 + 2\sigma - 2) A\mu \eta^2 + \\ & + 2\mu(1+\sigma)b] + \sigma \Delta \Phi + 2\mu(1+\sigma) A l \xi^2 - A\mu\sigma(1+\sigma) l (\xi^2 + \eta^2). \end{aligned}$$

Тогда можно убедиться, что однородные уравнения равновесия, однородные условия совместности и граничные условия (12) будут удовлетворены, если функции ω , F и Φ определены по следующим условиям:

$$\Delta \Delta F + 6A\mu(1+2\sigma) = 0, \quad (\text{в } S),$$

$$\frac{\partial F}{\partial \xi} = \int_0^s \left[\left(\frac{5\sigma+4}{2} A\mu \xi^2 + \frac{\sigma+2}{2} A\mu \eta^2 \right) \cos \widehat{n\eta} - (\sigma+2) A\mu \xi \eta \cos \widehat{n\xi} \right] ds, \quad (14)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \eta} = \int_0^s \left[\left(\frac{3\sigma+4}{2} A\mu \xi^2 + \frac{3\sigma-2}{2} A\mu \eta^2 \right) \cos \widehat{n\xi} - A\mu(\sigma+2) \xi \eta \cos \widehat{n\eta} \right] ds \quad (\text{на } C),$$

$$\Delta \Delta \Phi - 2A\mu(1+2\sigma)l = 0 \quad (\text{в } S),$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \xi} = - \int_0^s A\mu(\sigma+1) l \xi^2 \cos \widehat{n\eta} ds \quad (\text{на } C), \quad (15)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \eta} = \int_0^s A\mu(\sigma+1) l \xi^2 \cos \widehat{n\xi} ds;$$

$$\Delta \omega + \Delta F + \frac{\sigma-4}{2} A\mu \xi^2 + \frac{5\sigma-2}{2} A\mu \eta^2 + 2\mu b = 0 \quad (\text{в } S),$$

$$\frac{d\omega}{dn} + \cos n\tilde{\xi} \int_0^s \left[(1-\sigma)\Delta F - \frac{2\sigma+1}{2} A\mu(3\sigma-4)\xi^2 - \frac{2\sigma+1}{2} A\mu(3\sigma-2)\eta^2 - 2\mu\sigma b \right] ds \quad (\text{на } C). \quad (16)$$

Простые вычисления показывают, что условия однозначности функций F , Φ и производных $\frac{\partial F}{\partial \xi}$, $\frac{\partial F}{\partial \eta}$, $\frac{\partial \Phi}{\partial \xi}$, $\frac{\partial \Phi}{\partial \eta}$ при обходе контура C выполняются¹.

Постоянная b в формулах (16) определяется по условию существования решения задачи (16), т. е., как легко видеть,

$$b = -\frac{1}{2\mu(1+\sigma)S} \iint_S [\sigma\Delta F + (3\sigma^2 - 2\sigma - 4)A\mu\xi^2 + (3\sigma^2 + 2\sigma - 2)A\mu\eta^2] d\xi d\eta. \quad (17)$$

Отметим, наконец, что на торцевой поверхности $\xi=l$ напряжения X_x , Y_y , ..., Y_x , вообще говоря, не будут удовлетворять требуемым условиям. Поэтому, чтобы удовлетворить и этим условиям следует к полученному решению прибавить решение некоторой задачи Сен-Венана, нейтрализующее лишние напряжения на указанной торцевой поверхности.

Полученные нами результаты легко обобщаются на случай стержня с боковой поверхностью, определяемой уравнением:

$$f\left(x+k_1\frac{\tilde{x}^2}{2}, y+k_2\frac{\tilde{y}^2}{2}\right) = 0.$$

2. В качестве примера рассмотрим случай, когда S —круг радиуса R . В этом случае, как легко проверить, будем иметь:

$$a = \frac{2\sigma+3}{2} A\mu R^2,$$

$$\begin{aligned} \phi = & \frac{1}{3} \mu\tau\eta^3 - \frac{3}{8} \mu\tau R^2\eta - \frac{5}{24} \mu\tau(\eta^3 - 3\eta\xi^2) + \frac{1}{8} A\mu\sigma R^2(\xi^2 - \eta^2) \\ & + \frac{2\sigma+3}{16} A\mu R^2(\xi^2 + \eta^2) - \frac{1}{16} A\mu(\xi^4 - \eta^4) - \frac{1}{32} A\mu(\xi^4 - 6\xi^2\eta^2 + \eta^4), \end{aligned}$$

¹ Напомним, что начало координат помещено в центре инерции торца $\xi=0$ и оси Ox и Oy направлены по главным осям инерции этого торца.

$$F = -\frac{4\sigma+3}{8} A\mu R^2 (\xi^2 + \eta^2) + \frac{\sigma+1}{4} A\mu R^2 (\xi^2 - \eta^2) - \frac{\sigma+2}{12} A\mu (\xi^4 - \eta^4) \\ + \frac{1}{16} A\mu (\xi^4 - 6\xi^2\eta^2 + \eta^4) - \frac{3}{32} A\mu (1+2\sigma) (\xi^2 + \eta^2 - R^2)^2, \quad (18)$$

$$\Phi = \frac{1}{2} A\mu (\sigma+1) R^2 \eta^2 + \frac{1}{12} A\mu (\sigma+1) (\xi^4 - \eta^4) + \frac{1}{32} A\mu (1+2\sigma) (\xi^2 + \eta^2 - R^2)^2,$$

$$\omega = -\frac{\sigma+3}{16(1+\sigma)} A\mu R^2 (\xi^2 + \eta^2) + \left[\frac{3\sigma^2+8\sigma-3}{16(1+\sigma)} - \frac{2\sigma^2+126+7}{24} \right] A\mu R^2 (\xi^2 - \eta^2) \\ + \frac{7\sigma+11}{24} A\mu \xi^4 - \frac{\sigma-1}{24} A\mu \eta^4 - \frac{4\sigma^2+11\sigma}{96} A\mu (\xi^4 - 6\xi^2\eta^2 + \eta^4).$$

Грузинский Филиал АН СССР
 Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 31.1.1941)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. М. Риз. Деформации стержня со слабо изогнутой осью. Доклады АН СССР, т. XXIV, №№ 2 и 3, 1939.
2. E. Almansi. Sopra la deformazione dei cilindri sollecitati lateralmente. Rend. Ac. Lincei, s. 5, t. X, 1901.

ГИДРОДИНАМИКА

Д. Е. ДОЛИДЗЕ

ОБЩАЯ ЛИНЕЙНАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ГИДРОДИНАМИКИ

Рассмотрим неустановившееся движение вязкой несжимаемой жидкости, заполняющей внутреннюю или внешнюю область D , ограниченную твердой замкнутой регулярной поверхностью T . Пусть t —время, x_1, x_2, x_3 —координаты точки, ν —кинематический коэффициент вязкости, ρ —плотность, p —давление, $\vec{v}(v_1, v_2, v_3)$ —вектор скорости. Основная краевая задача, при отсутствии объемных сил, формулируется в следующем виде: найти \vec{v} и p , регулярные внутри области, удовлетворяющие линейным уравнениям гидродинамики:

$$\nu \Delta \vec{v} - \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \text{grad } p, \quad \text{div } \vec{v} = 0; \quad \Delta = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i^2}, \quad (1)$$

и предельным условиям: при $t > 0$, \vec{v} задается на границе, а в начальный момент \vec{v} есть заданная функция координат во всей области. При этом область считается неизменной. От предельных значений \vec{v} мы будем требовать только непрерывность.

В случае внешней области, искомые функции должны удовлетворять еще некоторому условию на бесконечности. Без ограничения общности можем считать, что движение на бесконечности затухает.

Рассматриваемая задача имеет самостоятельный физический интерес, когда жидкость с малым числом Рейнольдса ограничена неподвижной поверхностью или симметричной поверхностью, вращающейся вокруг точки или оси симметрии. Кроме того, решение этой задачи послужит нам основой при решении нелинейной задачи.

1. Легко показать, что рассматриваемая задача может иметь только единственное решение, причем давление определяется с точностью до произвольной функции, зависящей от времени. В самом деле, рассмотрим задачу с нулевыми предельными условиями. Из системы (1) имеем:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_D v^2 dD = 2\nu \int_D \vec{v} \Delta \vec{v} dD - \frac{2}{\rho} \int_D \vec{v} \text{grad } p dD.$$

Применением формулы Грина легко установить

$$\int_D \vec{v} \Delta \vec{v} dD \equiv 0,$$

а в силу уравнения неразрывности и формулы Гаусса,

$$\int_D \vec{v} \operatorname{grad} p dD = 0.$$

Следовательно, получаем:

$$\frac{d}{dt} \int_D v^2 dD \equiv 0,$$

откуда легко вытекает наше предложение.

Далее, нетрудно проверить, что рассматриваемую задачу можно свести к задаче с нулевым начальным условием. Для этого допустим, что \vec{v}_0 есть такое решение системы (1), которое удовлетворяет заданному начальному условию. Представим его как вихрь нового вектора \vec{A} . Этот вектор будет определяться с точностью до градиента произвольного вектора; поэтому, без ущерба общности, можем принять: $\operatorname{div} \vec{A} = 0$ и, исключая p из системы (1), получим:

$$v \Delta \vec{A} - \frac{\partial \Delta \vec{A}}{\partial t} = 0. \quad (2)$$

Начальное значение вихря вектора \vec{A} , очевидно, равняется вихрю начального значения вектора \vec{A} , т. е.

$$\vec{v}_0(x_1, x_2, x_3, 0) = \operatorname{rot} \vec{A}(x_1, x_2, x_3, 0).$$

Из последнего условия можно определить вектор $(\vec{A})_{t=0}$, ибо это есть задача определения вектора по заданному вихрю и нулевому расхождению, что решается обычным способом (см., напр., [1]); при этом контурное значение нормального компонента A_n можем считать равным нулю.

Легко проверить непосредственно, что решение уравнения (2), удовлетворяющее заданному начальному условию, можно представить в следующем виде:

$$\vec{A}_1 = \frac{1}{8(V \pi v t)^3} \int_{-\infty}^{+\infty} d\xi_1 \int_{-\infty}^{+\infty} d\xi_2 \int_{-\infty}^{+\infty} \vec{A}(\xi_1, \xi_2, \xi_3, 0) e^{-\frac{1}{4vt} \sum_{i=1}^3 (x_i - \xi_i)^2} d\xi_3.$$

Таким образом, \vec{v}_0 будет определено и, представляя искомое решение нашей задачи в виде суммы $\vec{v}_0 + \vec{v}_1$, будем для \vec{v} иметь нулевое начальное

условие. Следовательно, наша задача сформулируется окончательно в следующем виде: найти регулярное внутри области решение системы

$$\nu \Delta v_i - \frac{\partial v_i}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i}, \quad \sum_{i=1}^3 \frac{\partial v_i}{\partial x_i} = 0, \quad (3)$$

которое удовлетворяет следующим предельным условиям:

$$(v_i)_T = f_i, \quad v_i(x_1, x_2, x_3, 0) = 0. \quad (4)$$

2. При построении решения (3), (4) мы воспользуемся решением соответствующей установившейся задачи, которое дано в статье Одкви-ста [2]. Заменяя в системе (3) $\frac{\partial v_i}{\partial t}$ нулем, решения u_i полученной системы

удовлетворяющие заданным краевым условиям, построим с помощью так называемых гидродинамических потенциалов двойного слоя. Для определения плотностей этих потенциалов получается система трех квази-регулярных интегральных уравнений Фредгольма. Решение последней системы во внешней области существует при всяких непрерывных граничных значениях скорости; в случае внутренней области необходимое и достаточное условие существования решения выражается в виде равенства нулю потока скорости сквозь поверхность T , т. е.

$$\int_T \sum_{i=1}^3 u_i \cos(n, x_i) dT = 0. \quad (5)$$

Пусть $M(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$ — переменная точка поверхности, n_0 — внутренняя нормаль к поверхности в некоторой ее точке P_0 , γ — угол между $r = MP$ и внутренней нормалью n в точке M .

Рассмотрим тензор

$$v_{ik}(P, M, t) = \kappa B(P, M, t) + \frac{\partial}{\partial x_k} \varphi_i(P, M, t) + u_{ik}(P, M, t), \quad (6)$$

где $\kappa = 1$ при $i = k$, $\kappa = 0$ при $i \neq k$,

$$B(P, M, t) = \frac{r \cos \gamma}{16(V \pi \nu)^3 (V t)^5} e^{-\frac{r^2}{4\nu t}}$$

$$\Delta \varphi_i = - \frac{\partial B}{\partial x_i}, \quad (7)$$

u_{ik} — решение установившейся задачи, удовлетворяющей следующим предельным условиям:

$$u_{ik}(P_0, M, t) = - \left(\frac{\partial \varphi_i}{\partial x_k} \right)_{P=P_0} + R_{ik}(P_0, M, t), \quad u_{ik}(P, M, 0) = 0, \quad (8)$$

где R_{ik} —компоненты такого тензора, который определяется из условия, что если через σ обозначить площадь поверхности T , имеем:

$$\sigma \sum_{k=1}^3 R_{ik} \cos(n_0, x_k) = - \int_T B(P_0, M, t) \cos(n_0, x_i) dT_{P_0},$$

$$\sum_{k=1}^3 R_{ik} \cos(q_0, x_k) = 0, \quad (9)$$

где q_0 —произвольное касательное направление к поверхности T в точке P_0 .

Функция $B(P, M, t)$ —регулярна и при $t=0$ обращается в нуль во всех внутренних точках области; кроме того, внутри области она удовлетворяет уравнению:

$$\nu \Delta B - \frac{\partial B}{\partial t} = 0.$$

Тогда, в силу уравнения (7), функции φ_i также регулярны внутри области и мы можем считать, что обращаются в нуль при $t=0$, u_{ik} содержит t как параметр, поэтому второе условие формул (8) можем считать выполненным. В силу уравнения (7) и непрерывности $B(P, M, t)$ и ее производных во всей замкнутой области $D+T$ при $t>0$, $\left(\frac{\partial \varphi_i}{\partial x_k}\right)_{P=P_0}$ будет непрерывной в точках поверхности при $t>0$. Согласно условий (9), то же самое имеет место для R_{ik} . На основании формул (7), (8) и (9), не трудно проверить, что удовлетворяется условие:

$$\int_T \sum_{k=1}^3 u_{ik} \cos(n_0, x_k) dT_{P_0} = 0. \quad (10)$$

Следовательно, условие существования u_{ik} выполнено и тензор u_{ik} можем считать известным.

Согласно изложенному легко заметить, что при $t>0$ v_{ik} регулярны во всей замкнутой области, внутри области удовлетворяют уравнению:

$$\sum_{k=1}^3 \frac{\partial v_{ik}}{\partial x_k} = 0$$

и следующим предельным условиям:

$$v_{ik}(P_0, M, t) = \nu B(P_0, M, t) + R_{ik}(P_0, M, t), \quad v_{ik}(P, M, 0) = 0. \quad (11)$$

3. Искомые компоненты скорости представим в виде:

$$v_i(P, \tau) = \int_0^t d\tau \int_T \sum_k W_k(M, \tau) v_{ki}(P, M, t-\tau) dT, \quad (12)$$

где W_i — произвольные непрерывные функции; тогда для определения ρ система (3) дает:

$$\frac{\partial \rho}{\partial x_i} = \rho \int_0^t d\tau \int_T \sum_k \left(\nu \Delta v_{ki} - \frac{\partial v_{ki}}{\partial t} \right) W_k(M, \tau) dT.$$

Как легко заметить, выражение (12) удовлетворяет начальному условию (4); следовательно, для решения задачи до конца остается удовлетворить краевому условию.

Рассмотрим функцию

$$I_{ik}(P, M, t) = \int_0^t \left[\frac{\partial \varphi_i(P, M, t-\tau)}{\partial x_k} + u_{ik}(P, M, t-\tau) \right] d\tau.$$

Она регулярна внутри области для всех значений t ; на поверхности она имеет значение

$$I_{ik}(P_0, M, t) = \int_0^t R_{ik}(P_0, M, t-\tau) d\tau.$$

Пользуясь формулами (9), последнюю формулу можно переписать в виде:

$$I_{ik}(P_0, M, t) = - \frac{\cos(n_0, x_k)}{\sigma} \int_T \cos(n_0, x_i) dT_{P_0} \int_0^t B(P_0, M, t-\tau) d\tau.$$

Как известно из теории тепловых потенциалов, интеграл в правой части последней формулы есть непрерывная функция точки поверхности. Отсюда видно, что

$$\int_T I_{ik}(P, M, t) dT$$

будет непрерывным везде, как внутри области, так и при переходе через поверхность.

Теперь легко заметить, что функция:

$$\int_0^t d\tau \int_T W_k(M, \tau) \left(\frac{\partial \varphi_k}{\partial x_i} + u_{ki} \right) dT$$

непрерывна в замкнутой области; поэтому ее предельные значения при стремлении точки P к поверхности будут равняться ее значению в точке поверхности, т. е.

$$\int_0^t d\tau \int_{\bar{T}} W_k(M, \tau) R_{ki}(P_0, M, t-\tau) dT.$$

Таким образом, поведение функции v_i вблизи поверхности будет характеризоваться выражением:

$$H_i(P, t) = \int_0^t d\tau \int_{\bar{T}} W_i(M, \tau) B(P, M, t-\tau) dT,$$

которое представляет собою тепловой потенциал двойного слоя с плотностью W_i . Обозначим через H_i^+ и H_i^- его предельные значения соответственно изнутри и извне, через H_i^0 — значение в точке P_0 ; как известно, имеют место следующие равенства [3]:

$$H_i^+ = W_i + H_i^0, \quad H_i^- = -W_i + H_i^0,$$

согласно которым получим для предельных значений v_i :

$$v_i^+ = W_i + v_i^0, \quad v_i^- = -W_i + v_i^0.$$

На основании последних зависимостей, удовлетворяя краевым условиям (4), для определения неизвестных W_i получим следующую систему трех интегральных уравнений:

$$\begin{aligned} \lambda W_i(P_0, t) + \int_0^t d\tau \int_{\bar{T}} [W_i(M, \tau) B(P_0, M, t-\tau) \\ + \sum_k W_k(M, \tau) R_{ki}(P_0, M, t-\tau)] dT = f_i(P_0, t), \end{aligned} \quad (13)$$

где $\lambda = +1$ в случае внутренней задачи, $\lambda = -1$ если задача внешняя.

Система (13) есть квази-регулярная система трех интегральных уравнений типа Вольтерра, имеющих сингулярность теплового потенциала двойного слоя. К ней применима обычная теория, согласно которой устанавливается существование (единственного) решения, которое можно найти последовательными приближениями.

Сделаем несколько замечаний относительно внешней задачи.

а) Построенное нами решение удовлетворяет условию затухания движения на бесконечности, б) u_{ik} существуют независимо от условий (10), поэтому можно положить $R_{ik} = 0$ и система (13) дает три независимых интегральных уравнения теплопроводности, в) как показал Одквист, в случае плоской задачи, u_{ik} , вообще говоря, не существуют (парадокс Стокса). Поэтому построение решения в этом случае приведенным методом невозможно. Это еще не означает, что решение плоской неустановившейся за-

дачи не существует; в одной из наших предыдущих работ [4] мы показали существование, а также дали способ построения такого решения.

Для построения решения плоской задачи во внутренней области, в формулу (6) нужно подставить: $B = \kappa \frac{r \cos \gamma}{4\pi v l^2} e^{-\frac{r^2}{4vt}}$.

Грузинский Филиал АН СССР
 Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 31.1.1941)

HYDRODYNAMIK

DAS ALLGEMEINE LINEARE RANDWERTPROBLEM DER HYDRODYNAMIK

Von D. DOLIDZE

Zusammenfassung

Verf. betrachtet die nichtstationäre Bewegung einer zähen inkompressiblen Flüssigkeit in einem inneren oder äusseren Gebiet, das durch eine reguläre geschlossene Fläche begrenzt ist. Bei festem Gebiet werden die linearisierten Gleichungen der Hydrodynamik, unter vorgegebenen Geschwindigkeitwerten auf der Begrenzung und im Anfangszeitpunkt, integriert. Zunächst wird ein s. g. Fundamentaltensor konstruiert, mit dessen Hilfe sich das Problem auf die Lösung eines Systems dreier quasiregularer Integralgleichungen vom Volterraschen Typus zurückführen lässt. Indem auf dieses System die übliche Theorie angewandt wird, kann die einzige vorhandene Gruppe der Lösungen aufgebaut werden.

Georgische Abteilung
 d. Akad. d. Wiss. d. USSR
 Mathematisches Institut
 Tbilissi

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ZITIERTE LITERATUR

1. Г. Вилля. Теория вихрей, 1936, стр. 31.
2. F. K. G. Odqvist. Über die Randwertaufgaben der Hydrodynamik zäher Flüssigkeiten. Mathematische Zeitschrift, B. 32, 1930, S. 329.
3. Г. Мюнтц. Интегральные уравнения, 1934, стр. 262.
4. Д. Е. Дolidze. Краевая задача линеаризованной системы гидродинамических уравнений на плоскости и в симметричном пространстве. Труды Тбилисского Математического Института, т. VII, 1940, стр. 65.
4. „აზობრ“, ტ. II, № 1—2.



ПРОБЛЕМЫ ОБОСНОВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

Л. П. ГОКИЕЛИ

О ТАК НАЗЫВАЕМЫХ «СОДЕРЖАТЕЛЬНЫХ АКСИОМАХ»
 МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛОГИКИ

Сообщение четвертое¹

В предыдущих сообщениях, в связи с рассмотрением вопроса о возможности формализации отношения между общим и отдельным, а также формализации процесса логического вывода, мы показали несостоятельность попыток аксиоматизации логики. Возможность сослаться в случае того или иного отдельного на соответствующее общее нельзя получить путем ссылки на особую аксиому — «правило подстановки», в общем виде декретирующую возможность в соответствующих случаях вместо общего «подставить» отдельное. Также возможность перехода от предпосылки к выводу нельзя саму базировать на особой предпосылке, выставляемой в виде определенной аксиомы — «схемы вывода» и декретирующей возможность от предпосылки переходить к выводу.

Может быть подумают, что отвергая, например, «схему вывода», мы тем самым отрицаем возможность получения логических выводов. Думаящие так заранее же связывают судьбу вывода со «схемой вывода», между тем как наше утверждение заключается именно в том, что попытка видеть в «схеме вывода» выражение процесса вывода создаст логически ложное положение. Именно учет настоящего характера вывода приводит к неприемлемости «схемы вывода». Дело не в том, что «схема вывода» неполно, несовершенно представляет процесс вывода, а в том, что попытка в связи с выводом апеллировать к «схеме вывода» отмечена логической порочностью.

Может быть теперь скажут, что, например, «схема вывода» выступает не в качестве особой предпосылки для получения вывода, но лишь описывает процесс вывода. Но ведь само это «описание» таково, что в качестве определенной предпосылки выставляется принцип о переходе от пред-

¹ Предыдущие сообщения см. в «Сообщениях Груз. Фил. АН СССР», т. I, №№ 6, 9, 10.

посылки к выводу, и, таким образом, предлагается одна из аксиом логики. Если бы «схема вывода» описывала вывод, то мы имели бы не вывод, а его логическую порочность. Соображения, подобные тем, которые были выше высказаны для «схемы вывода», можно, конечно, высказать и для «правила подстановки».

Мы показали, что невозможна формализация отношения между общим и отдельным, а также процесса логического вывода. Попытка осуществить такую формализацию под знаком переключения соответствующих аксиом: «правила подстановки» и «схемы вывода» в группу так называемых «содержательных аксиом» представляет такую маскировку трудности, которая лишь с еще большей отчетливостью выдает ее.

Нельзя пытаться защитить концепцию аксиоматизации логики, отвечая на аргументы, выдвигаемые против возможности формализации отношения между общим и отдельным, процесса логического вывода и т. д. ссылкой на то, что здесь мы имеем дело с «пределами формализма» и т. д. (этот вопрос был затронут в первом сообщении, т. I, № 6, стр. 422). Ведь смысл этих аргументов заключается в демонстрации невозможности формализации логики, а не в том, чтобы провести «предел формализма» около, так сказать, сферы действия этих аргументов. Значение их не в том, что они вычерчивают некоторые пределы формализма при формализации логики, а в том, что они говорят именно о невозможности формализации логики. Иначе получится, что трудности попыток формализации логики демонстрируют лишь границы для формализма в логике и сами находятся по ту сторону этой границы, вместо того, чтобы адресоваться к самим попыткам формализации логики. Когда мы в связи с рассмотрением попыток формализации логики находим соответствующие трудности, то дело нельзя представлять себе таким образом, что именно затрагиваемые трудностями вопросы и как раз благодаря наличию в них соответствующих трудностей выходят за пределы постановки проблемы *формализации* логики, и потому и не нарушают благополучного разрешения этой проблемы. Было бы, конечно, очень удобно, если бы трудности из-за приличия сами же отводили себя и, например, можно было бы всякий новый аргумент, выставляемый против возможности формализации логики, расценивать как лишь суживающий предполагаемые до этого пределы формализации логики, т. е. фактически способствующий делу формализации логики, путем выяснения истинных рамок проблемы формализации логики и отбрасывания того, что в действительности и не должно относиться к этой проблеме. К этим попыткам увильнуть от аргументов, направленных против возможности формализации логики, с помощью ссылки на «пределы формализма», весьма близки попытки ответить на эти аргументы указанием на то, что соответствующие обстоятельства находятся за пределами логики, касаются голых, лишенных какой-либо содержательности, «действий», и, таким образом,

сама логика, как таковая, опять целиком остается во власти формализма. Здесь искажается понятие логики, она противопоставляется действительности, вместо того, чтобы касаться именно действительности и быть с ней неразрывно связанной.

В теориях аксиоматизации логики признанию нахождения соответствующих обстоятельств (отношение между общим и отдельным, получение логических выводов и т. д.) за «пределами формализма» дается то направление, что их тем не менее опять пытаются формализовать, но уже под ширмой «содержательных аксиом». Это вполне соответствует попыткам *формализации логики* и в соответствующей форме демонстрирует логическую порочность таких попыток.

В ссылке на «содержательные аксиомы» трудность проявляется лишь в более откровенной форме. Здесь делу не поможет указание на то, что в попытках аксиоматизации логики имеется в виду не сама логика, а некоторая формальная схема, сходная с ней. Такое возможное возражение мы рассматривали в одном из предыдущих сообщений. Мы указывали, что нельзя на аргументы, направленные против возможности формализации логики, отвечать ссылкой на то, что при формализации логики имеется в виду не сама логика, а ее формальная схема, так как ведь вопрос стоит именно об *этой* возможности формализации *логики* и построения соответствующей формальной схемы. Ведь вопрос о формализации стоит относительно самой логики, а не опять формализованной логики.

Когда говорят о схеме, выражающей логику с формальной стороны, то уже поздно говорить о том, что логики, как таковой, и не имеют в виду. Здесь уже поздно предлагать забыть о том, что ставился вопрос о формализации именно логики. Когда предлагают *забыть* о том, что ставился вопрос о формализации логики, то здесь лишь в негативной форме опять проявляется *логическое* участие в деле проблемы формализации логики. Ссылка, для оправдания попытки формализации логики, на то, что здесь имеется в виду не сама логика, а ее формализация, представляет в лучшем случае лишь повторное указание на наличие попытки формализации логики, а не дополнительный аргумент для оправдания *этой* попытки.

Смысл постановки проблемы аксиоматизации логики заключается именно в том, что соответствующие попытки должны касаться логики, как таковой, а не авансом касаться той новой, особой «логики», которую сами они должны оформить. Если мы, говоря об особой аксиоматической «логике», хотя бы и «условно» пользуемся термином: логика, но это потому, что не забыли, что хотели формализовать именно логику. Нельзя разрешение трудности формализации логики видеть в том, чтобы говорить о двух пластах логики, выражающих две логики: одну—обычную содержательную, а другую—аксиоматическую. Поскольку здесь говорят о двух пластах *логики*, то именно *логика* и должна выражать их родство, но как раз относительно этой

единой логики ставится хотя бы и тот же вопрос о возможности формализации и указание на соответствующие «пласты» само же аннулирует себя и не может вызвать расчленения логики в такой степени, чтобы вопрос и не адресовался в полной мере к логике, как к таковой. Достаточно начать рассмотрение различных «пластов» логики и предпринять их *логическое* сопоставление, чтобы тут же продемонстрировать несостоятельность точки зрения «пластования» *логического*.

Нельзя думать, что обычная логика с обычными понятиями существования, общего и отдельного и т. д. существует лишь в виде некоторого пласта и на нем можно установить другой пласт опять же логики, но уже имеющей аксиоматический характер и корректирующей возможности обычной логики. Существование в обычном смысле не может служить в качестве опоры для нового характера того же существования — в виде особого «аксиоматического» существования, делающего возможным *существование* того, что в обычном смысле не *существует*. Когда мы говорим о существовании в различных областях, существовании различных объектов и т. д., различие касается самих этих объектов, а не общего смысла *их* существования. Существование всегда сохраняет свой общий смысл. Не *существует* (и здесь опять демонстрируется необходимость апеллирования к общему смыслу понятия существования при постановке вопросов о существовании) специфического «аксиоматического» существования, так же как и нет особого «логического» существования (в виде, например, логической непротиворечивости и т. д.), противопоставленного существованию в обычном предметно-содержательном смысле. Ведь логика именно касается действительности, а не противопоставляется ей.

Общие понятия, прилагаемые к тем или иным случаям, сохраняют свой единый характер и не надо думать, что приложение общего к отдельному вызывает особое пластование общего, отнимает у него единый характер и, таким образом, общее не в состоянии быть тем, чем оно является. Точка зрения единства общего и отдельного именно говорит о том, что общее, как таковое, и существование этого общего проявляется в отдельном и расчлененность отдельного не только не нарушает единства общего, но именно это единое общее и проявляется в отдельном. Правильная точка зрения относительно характера общего как раз говорит о том, что *общее*, как таковое, неразрывно с отдельным и *существует* именно в связи с отдельным.

Мы указывали выше, что критика точки зрения попыток аксиоматизации логики не может быть ослаблена с помощью ссылки на то, что при этой аксиоматизации имеется в виду не сама логика, как таковая, а соответствующая формальная схема. Когда мы говорим хотя бы о невозможности формализовать отношение между общим и отдельным с помощью «аксиомы подстановки», то сами наши аргументы, базирующиеся на единстве общего и отдельного, заранее же обрекают не удачу попытку подкрепить крити-



куемую концепцию указанием на то, что здесь имеется в виду не само отношение между общим и отдельным, а то, что можно подставить вместо него. Ведь аргументы, подобные тем, которые говорят о невозможности отношения между общим и отдельным понимать как акт подстановки, скажут нам о том, что нельзя пытаться *подставить* вместо отношения между общим и отдельным «принцип подстановки». Таким образом, здесь не поможет ссылка на то, что имеют в виду не само отношение между общим и отдельным, а *заменяющую* его формальную схему.

Теперь, быть может, кто-нибудь нам скажет, что и он признает точку зрения единства общего и отдельного, но смысл этого единства приходится дифференцировать в связи с отдельными случаями, отдельными областями и т. д., и, в частности, в соответствующих аксиоматических теориях этому отношению общего и отдельного надо придавать характер, выражаемый «аксиомой подстановки». Такое возражение заранее опровергается самим смыслом единства общего и отдельного. Отдельные случаи проявления единства общего и отдельного не только не нарушают, но именно выражают единый смысл единства общего и отдельного и именно в силу общего смысла единства общего и отдельного вместо него нигде нельзя *подставить* «принцип подстановки».

Мы, таким образом, видим, что попыткам аксиоматизации логики не может помочь ссылка на то, что здесь имеется в виду не настоящий, содержательный смысл соответствующих понятий, а их специфическая «символическая» обработка, даваемая самой аксиоматикой. Нельзя попытки аксиоматизации логики подкреплять ссылкой на заранее же признаваемый законным специфический «аксиоматический» смысл соответствующих понятий. В аксиоматике приходится пользоваться теми или иными понятиями: общего и отдельного, вывода, множества и т. д., и от того, что их применяют в аксиоматике, они не перестают сохранять свой общий смысл и характер. Нельзя говорить об особом «символическом» смысле этих понятий. Во-первых, использованные в связи с какими-либо объектами, они относятся в данном случае именно к этим объектам, а не к обозначаемым их знакам, а, во-вторых, использованные хотя бы и для «символов», они используются именно в своем настоящем, а не в каком-либо «символическом» смысле. Их «символическое» «окружение» не может заранее же связать тот их общий смысл, которым они и *участвуют* в соответствующем высказывании.

Сама возможность построения аксиоматических теорий предполагает понятия общего и отдельного, логического вывода, множества и т. д. и было бы слишком поздно формировать эти понятия с помощью самой аксиоматики. Может быть скажут, что эти понятия, правда, заранее же используются и при построении, в частности, теорий аксиоматизации логики, но они используются стихийно, с помощью же теорий аксиоматизации логики мы их уже вводим сознательно. На это ответим, что именно созна-

тельное отношение к делу говорит о наличии здесь определенного логического круга. Ведь это именно *те же* понятия, которые хотят базировать на соответствующем аксиоматическом фундаменте и предложить в «аксиоматически» оформленном виде, и если до этого уже имеют их и пользуются ими хотя бы и в связи с попыткой их аксиоматического обоснования, то такое обоснование не может понадобиться и соответствующая попытка не может не создать логически ложного положения. Нельзя противопоставлять друг другу «стихийный», связанный с действительностью, смысл соответствующих понятий и их логическое содержание.

Мы выше выяснили логическую порочность попыток формализации логики, в связи с рассмотрением «правила подстановки» и «схемы вывода». Теперь, может быть, в пользу выставления этих правил скажут, что они стимулируются попыткой отобразить определенные логические процессы и потому они так или иначе связаны с логикой. На это ответим: мы именно и подчеркивали, что имеем дело с попытками формализации логики, а не чего-либо другого, и показали неудачу именно *этих* попыток, выяснили, что эти попытки отмечены логической порочностью. Невозможность формализации в данном случае касается именно *логики*. Трудность попыток формализации логики связана с тем, что они, с одной стороны, должны касаться логики, как таковой, не могут избежать употребления соответствующих понятий в их настоящем содержательном смысле и т. д., а с другой стороны,—они хотят делу придать чисто внешний характер. Логическую порочность создает именно попытка с помощью соответствующих формальных принципов отобразить *логику*. То, что эти попытки не могут не касаться логики и здесь не могут не использоваться соответствующие понятия в их настоящем, предметно-содержательном смысле, говорит опять именно об объективной силе самой логики, а не в пользу этих попыток придать *логике* «аксиоматический» характер и базировать ее на определенных «соглашениях».

В наших сообщениях мы хотели показать несостоятельность попыток аксиоматизации логики, в связи с рассмотрением двух «содержательных аксиом» математической логики: «правила подстановки» и «схемы вывода». Нашей задачей было способствовать критике попыток формализации логики, развивая эту критику в связи с рассмотрением современных теорий аксиоматизации логики.

Данная классиками теории диалектического материализма общая критика концепции формализации логики представляет прочный фундамент для дальнейшего развития этой критики и ее разработки в том или ином специальном разрезе. Конечно, надо учитывать все значение, в частности, и предшествовавшей работы Гегеля, давшего, конечно в соответствующем идеалистическом аспекте, критику точки зрения формализации логики и, в частности, формализации логического умозаключения. Правда, из этой кри-

тики Гегеля нельзя прямо извлечь тех специальных аргументов, которые нами были приведены, но здесь для нас весьма важен общий философский смысл этой критики.

«Если, говорит Гегель [1], умозаключение рассматривается только как состоящее из *трех суждений*, то это — формальный взгляд, не принимающий во внимание того отношения между определениями, которое единственно и важно в умозаключении. Вообще, лишь субъективная рефлексия разделяет соотношение терминов на отдельные посылки и отличное от них заключение:

«Все люди смертны,
Кай — человек,
Следовательно, он смертен».

На вас сразу же нападает скука, как только вы услышите такое умозаключение; это происходит от той бесполезной формы, которая посредством отдельных предложений создает некую видимость различия, тотчас же исчезающую в самой вещи. Главным образом вследствие этой субъективной формы процесс умозаключения представляется какой-то субъективной *уловкой*, к которой разум или рассудок вынужден, дескать, прибегать в тех случаях, когда они не могут познавать *непосредственно*. — Но, конечно, природа вещей (разумное) действует не таким образом, чтобы сперва устанавливалась некоторая большая посылка (соотношение некоторой особенности с некоторым существующим всеобщим), а затем появлялось бы, во вторых, некоторое отдельное соотношение некоторой единичности с особенностью, откуда бы наконец, в третьих, возникало бы некоторое новое предложение. — Этот движущийся через отдельные предложения процесс умозаключения есть не что иное, как некоторая субъективная форма; природа же дела состоит в том, что различные понятийные определения вещи объединены в существенном единстве. Эта разумность есть не уловка, а, напротив, по сравнению с еще присущей *суждению непосредственно* соотношения, *объективное*, а та непосредственность познания есть, скорее, чисто субъективное; умозаключение же есть, напротив, истина суждения. — Все вещи суть *умозаключение*, некоторое всеобщее, сомкнутое через особенность с единичностью; но, конечно, они не суть состоящее из *трех предложений* целое». По поводу последней фразы Ленин в своих философских тетралях пишет [2]: «Очень хорошо! Самые обычные логические «фигуры» — ... суть школьно размазанные, *sit venia verbo*, самые обычные отношения вещей». Такие отношения выражаются, в частности, делаемыми нами умозаключениями и т. д., но когда последние хотят обосновать формальным путем и базировать на определенных аксиомах, то именно эта школьная размазня приводит к логически ложному положению. Это касается, конечно, не самого производства умозаключений, а имен-

но попытке придать *этому* процессу чисто формальный характер. Попытка формализации логических умозаключений представляет попытку формализации соответствующих отношений вещей, но *эта* попытка именно не достигает своей цели и то обстоятельство, что и она принуждена касаться соответствующих отношений вещей, говорит не в пользу формалистической концепции, но наоборот, само же свидетельствует об объективном значении логических умозаключений. Попытка формализовать ход логического умозаключения отмечена определенной логической порочностью. Неприемлемость, в частности, «правила подстановки», «схемы вывода» и т. д. заключается не только в том, что они представляются излишними и ничего нового не дают, но именно связана с создаваемым ими логически ложным положением. Я думаю, что приведенные в моей работе соображения могут способствовать утверждению такой оценки соответствующих принципов аксиоматизированной логики.

Грузинский Филиал АН СССР
Тбилисский Математический Институт

(Поступило в редакцию 10.1.1941)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гегель. Наука логики, т. II. Москва, 1939, стр. 111—112.
2. В. И. Ленин. Философские тетради. Москва, 1936, стр. 172.



ФИЗИКА

В. И. МАМАСАХЛИСОВ

К ТЕОРИИ РАССЕЯНИЯ СВЕТА

Дисперсионная формула, выведенная Гейзенбергом и Крамерсом [1], как известно, не учитывает магнитного момента электрона. Однако, спиновый член в выражении для энергии взаимодействия электрона с излучением, вообще говоря, не мал по сравнению с членом, линейным относительно вектора потенциала. Цель настоящей работы заключается в том, чтобы вывести дисперсионную формулу с учетом магнитного момента электрона методом теории возмущения Дирака в отличие от А. Г. Власова [2], исследовавшего этот вопрос методом функционалов Фока. Обозначим число квантов с частотой, лежащей в интервале от ω_α до $\omega_\alpha + d\omega_\alpha$, направлением распространения, лежащем внутри телесного угла $d\Omega$ и с данным направлением поляризации через n_α . Будем эти кванты называть квантами колебания α . Соответствующий элемент объема в пространстве волнового вектора обозначим через dK , причем:

$$dK = \frac{\omega_\alpha^2}{c^3} d\omega_\alpha d\Omega.$$

Эффект рассеяния, как известно, состоит в том, что электрон поглощает квант, например, колебания α и испускает квант колебания β . Число квантов колебания β обозначим через n_β , причем соответствующий элемент объема в пространстве волнового вектора равен

$$dK' = \frac{\omega_\beta^2}{c^3} d\omega_\beta d\Omega'.$$

Введем две системы координат x, y, z и x', y', z' для квантов колебания α и β соответственно. Для составляющих вектор-потенциала падающего кванта колебания α можем написать

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

$$A_y = \frac{c}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK}{2\omega_\alpha}} \left(\eta e^{i \frac{\omega_\alpha}{c} \tau} + \eta^* e^{-i \frac{\omega_\alpha}{c} \tau} \right),$$

$$A_x = 0,$$

где c —скорость света, \hbar —постоянная Планка, поделенная на 2π .

Аналогично мы можем написать и для рассеянного кванта колебания β .
Например, для $A_{x'}$ имеем:

$$A_{x'} = \frac{c}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK'}{2\omega_\beta}} \left(\xi e^{i \frac{\omega_\beta}{c} \tau'} + \xi'^* e^{-i \frac{\omega_\beta}{c} \tau'} \right).$$

Для составляющих магнитной напряженности волны колебания α имеем:

$$H_x = -\frac{\partial A_y}{\partial \tau} = -\frac{i\omega_\alpha}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK}{2\omega_\alpha}} \left(\eta e^{i \frac{\omega_\alpha}{c} \tau} - \eta^* e^{-i \frac{\omega_\alpha}{c} \tau} \right),$$

$$H_y = \frac{\partial A_x}{\partial \tau} = \frac{i\omega_\alpha}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK}{2\omega_\alpha}} \left(\xi e^{i \frac{\omega_\alpha}{c} \tau} - \xi^* e^{-i \frac{\omega_\alpha}{c} \tau} \right),$$

$$H_z = 0.$$

Аналогично мы можем написать и для составляющих магнитной напряженности волны колебания β .

Например, для $H_{x'}$ имеем:

$$H_{x'} = -\frac{\partial A_{y'}}{\partial \tau'} = -\frac{i\omega_\beta}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK'}{2\omega_\beta}} \left(\eta' e^{i \frac{\omega_\beta}{c} \tau'} + \eta'^* e^{-i \frac{\omega_\beta}{c} \tau'} \right).$$

Энергия взаимодействия электрона с излучением имеет вид

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

где P —«импульс» электрона и σ —спиновый момент количества движения электрона. Квадратичный относительно вектор-потенциала член приводит к непосредственному двухквантовому переходу, причем соответствующий матричный элемент, если ограничиться одной поляризацией ξ и ξ' для падающего и рассеянного квантов соответственно и считать, что длина волны очень велика по сравнению с размерами атомной системы, как известно, равен

$$\left(\infty \left| \frac{e^2}{2mc^2} A^2 \right| ik \right) = \frac{e^2 \hbar}{16\pi^3 m} \sqrt{\frac{dK dK'}{\omega_\alpha \omega_\beta}} \sqrt{n_\alpha (n_\beta + 1)} \cos(x, x') \delta_{0i},$$

где m —масса электрона, (x, x') —угол между направлениями поляризации падающего и рассеянного кванта, а $\delta_{0i}=0$, при $i \neq 0$ и $\delta_{0i}=1$, когда $i=0$, причем индексы 0 и i соответствуют начальному и конечному состояниям электрона, а индексы 0 и k —начальному и конечному состояниям поля излучения. Остальные члены в выражении для энергии взаимодействия обуславливают одноквантовые переходы и играют роль в промежуточных состояниях во втором приближении теории возмущения. Второе приближение теории возмущения, как известно, содержит член

$$\sum_{j,l} \frac{(00|V|jl)(jl|V|ik)}{E_j + E_e - E_0 - E_0'}$$

где суммирование происходит по всем промежуточным состояниям атомной системы и поля излучения, E_0 и E_j —энергия начального и промежуточного состояния атомной системы, а E_0' и E_e' —энергия начального и промежуточного состояния поля излучения.

Двухквантовый переход поля излучения из состояния с числами квантов n_α и n_β в состояние с числами квантов $n_\alpha - 1$ и $n_\beta + 1$ может быть рассмотрен как результат двух промежуточных одноквантовых переходов. А именно, сперва испускается квант колебания β , причем атомная система переходит из начального состояния в промежуточное состояние с индексом j . При этом имеем

$$\begin{aligned} n_\alpha &\rightarrow n_\alpha \\ n_\beta &\rightarrow n_\beta + 1. \end{aligned}$$

Соответствующий матричный элемент равен

$$\begin{aligned} (00|V|jl) &= \frac{e}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{hdK'}{2\omega_\beta}} (0|x'|j) (0|\xi' + \xi'^*|l) \\ &+ \frac{eh}{2mc} \frac{i\omega_\beta}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{hdK'}{2\omega_\beta}} (0|\sigma_{y'}|j) (0|\xi' - \xi'^*|l) \end{aligned}$$

или, если ввести магнитный момент электрона \vec{M} , причем

$$\vec{M} = -\frac{eh}{2mc} \vec{\sigma},$$

$$(00|V|jl) = \frac{i}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{hdK'}{2\omega}} [\omega_{0j} (0|D_{x'}|j) (0|\xi' + \xi'^*|l) - \omega_\beta (0|M_{y'}|j) (0|\xi' - \xi'^*|l)],$$

где

$$(0|D_{x'}|j) = (0|ex'|j) = \frac{1}{i\omega_{0j}} (0|\dot{D}_{x'}|j).$$

Так как

$$\begin{aligned}\xi' + \xi'^* &= \sqrt{\frac{2}{m\hbar\omega_\beta}} P', \\ \xi' - \xi'^* &= -i\sqrt{\frac{2m\omega_\beta}{\hbar}} \cdot q',\end{aligned}$$

где q' и p' — координата и импульс радиационного осциллятора, то для матричных элементов в случае испускания будем иметь

$$\begin{aligned}\langle 0 | \xi' + \xi'^* | l \rangle &= i\sqrt{n_\beta + 1}, \\ \langle 0 | \xi' - \xi'^* | l \rangle &= -i\sqrt{n_\beta + 1}.\end{aligned}$$

Поэтому матричный элемент рассматриваемого перехода равен

$$\langle 00 | V | jl \rangle = -\frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK'}{2\omega_\beta}} \sqrt{n_\beta + 1} [\omega_\beta \langle 0 | D_x | j \rangle + \omega_\beta \langle 0 | M_y | j \rangle].$$

Второй промежуточный переход состоит в поглощении кванта колебания α , причем имеем

$$\begin{aligned}n_\beta + 1 &\rightarrow n_\beta + 1, \\ n_\alpha &\rightarrow n_\alpha - 1.\end{aligned}$$

Для соответствующего матричного элемента имеем

$$\langle jl | V | ik \rangle = \frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK}{2\omega_\alpha}} \sqrt{n_\alpha} [\omega_\beta \langle j | D_x | i \rangle - \omega_\alpha \langle j | M_y | i \rangle].$$

Рассматриваемый двухквантовый переход через промежуточные состояния может быть осуществлен и в другой последовательности. А именно, сперва поглощается квант колебания α , а затем испускается квант колебания β .

Соответствующие матричные элементы будут

$$\begin{aligned}\langle 00 | V | jl \rangle &= \frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK}{2\omega_\alpha}} \sqrt{n_\alpha} [\omega_\beta \langle 0 | D_x | j \rangle - \omega_\alpha \langle 0 | M_y | j \rangle], \\ \langle jl | V | ik \rangle &= -\frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \sqrt{\frac{\hbar dK'}{2\omega_\beta}} \sqrt{n_\beta + 1} [\omega_\beta \langle j | D_x | i \rangle + \omega_\alpha \langle j | M_y | i \rangle].\end{aligned}$$

При первой последовательности перехода имеем

$$\begin{aligned}\hbar\omega_\beta &= E_e' - E_0', \\ -\hbar\omega_\alpha &= E_k' - E_e',\end{aligned}$$

а при второй последовательности —

$$\begin{aligned}-\hbar\omega_\alpha &= E_e' - E_0', \\ \hbar\omega_\beta &= E_k' - E_e'.$$

Если подставить полученные выражения для матричных элементов в известную формулу для вероятности перехода в секунду

$$P = \frac{2\pi}{h} \delta(E_i + E_k - E_0 - E_0') \left| \langle 00 | V | ik \rangle + \sum_j \frac{\langle 00 | V | j l \rangle \langle j l | V | ik \rangle}{E_j + E_k - E_0 - E_0'} \right|^2$$

и просуммировать по всем промежуточным состояниям поля излучения, получим

$$P = \frac{dKdK'}{128\pi^5 h^2} \frac{n_\alpha(n_\beta + 1)}{\omega_\alpha \omega_\beta} \delta(\omega_\beta - \omega_\alpha - \omega_{0i}) \times \\ \times \left| \sum_j \left\{ \frac{[\omega_{0j} \langle 0 | D_{x'} | j \rangle + \omega_\beta \langle 0 | M_{y'} | j \rangle] [\omega_{ji} \langle j | D_x | i \rangle - \omega_\alpha \langle j | M_y | i \rangle]}{\omega_\beta - \omega_{0j}} - \right. \right. \\ \left. \left. \frac{[\omega_{0j} \langle 0 | D_x | j \rangle - \omega_\alpha \langle 0 | M_y | j \rangle] [\omega_{ji} \langle j | D_{x'} | i \rangle + \omega_\beta \langle j | M_{y'} | i \rangle]}{\omega_\alpha + \omega_{0j}} \right\} + \frac{e^2 h}{m} \cos(x, x') \delta_{0i} \right|^2.$$

На основании закона сохранения энергии имеем

$$\omega_\beta - \omega_\alpha - \omega_{0i} = 0.$$

Так как, кроме того,

$$\omega_{0i} = \omega_{0j} - \omega_{ij},$$

то можем написать

$$\omega_\beta - \omega_{0j} = \omega_\alpha - \omega_{ij} = \omega_\alpha + \omega_{ij}.$$

Легко видеть, что смешанные члены, содержащие произведения матричного элемента электрического дипольного момента и матричного элемента магнитного дипольного момента, взаимно сокращаются вследствие коммутативности M_x и M_y с величинами D_x и их производными любого порядка $D_x^{(n)}$.

Действительно, рассмотрим выражение

$$\omega_\beta \sum_j \left(\frac{\omega_{ji} \langle 0 | M_{y'} | j \rangle \langle j | D_x | i \rangle}{\omega_\alpha - \omega_{ij}} - \frac{\omega_{0j} \langle 0 | D_x | j \rangle \langle j | M_{y'} | i \rangle}{\omega_\alpha + \omega_{0j}} \right).$$

Так как

$$\frac{\omega_{ji}}{\omega_\alpha + \omega_{ji}} = \omega_{ji} \left(\frac{1}{\omega_\alpha} - \frac{\omega_{ji}}{\omega_\alpha^2} + \frac{\omega_{ji}^2}{\omega_\alpha^3} - \dots \right),$$

наша сумма разобьется на сумму членов вида

$$\omega_\beta \sum_j \frac{\omega_{ji}^n \langle 0 | M_{y'} | j \rangle \langle j | D_x | i \rangle - \omega_{0j}^n \langle 0 | D_x | j \rangle \langle j | M_{y'} | i \rangle}{\omega_\alpha^n}.$$

Если воспользоваться формулой

$$\langle j | \dot{D}_x | i \rangle = i \omega_{ji} \langle j | D_x | i \rangle,$$

откуда

$$(j|D_x^{(n)}|i) = i^n \omega_{ji}^n (j|D_x|i),$$

получим

$$\frac{\omega_\beta}{(i\omega_\alpha)^n} \sum_j (0|M_{y'}|j) (j|D_x^{(n)}|i) - (0|D_x^{(n)}|j) (j|M_{y'}|i).$$

Полученное выражение есть матричный элемент

$$(0|M_{y'}D_x^{(n)} - D_x^{(n)}M_{y'}|i),$$

который вследствие коммутативности $M_{y'}$ с $D_x^{(n)}$ равен нулю.

Известно, кроме того, что вследствие существующих условий коммутативности между D_x и \dot{D}_x , из выражения, содержащего произведения матричных элементов только электрических дипольных моментов D_x и $D_{x'}$, можно выделить член, равный

$$-\frac{e^2 \hbar}{m} \cos(x, x') \delta_{0i}$$

и сокращающийся, следовательно, с последним членом нашей формулы.

В результате получается следующая формула для вероятности того, что в секунду будет поглощен квант колебания α и испущен квант колебания β , причем атомная система из состояния с индексом 0 перейдет в состояние с индексом i :

$$P = \frac{dK dK'}{128\pi^5 \hbar^2} n_\alpha (n_\beta + 1) \omega_\alpha \omega_\beta \delta(\omega_\beta - \omega_\alpha - \omega_{0i}) \left| \sum \frac{(0|D_{x'}|j) (j|D_x|i)}{\omega_\alpha - \omega_{ij}} - \frac{(0|D_x|j) (j|D_{x'}|i)}{\omega_\alpha + \omega_{0j}} + \frac{(0|M_{y'}|j) (j|M_{y'}|i)}{\omega_\alpha - \omega_{ij}} - \frac{(0|M_{y'}|j) (j|M_{y'}|i)}{\omega_\alpha + \omega_{ij}} \right|^2.$$

Если в этой формуле положить магнитный момент электрона равным нулю, то получается дисперсионная формула Гейзенберга и Крамерса.

Будем считать, что частота падающего кванта очень велика по сравнению с частотами перехода, т. е.

$$\omega_\alpha \gg |\omega_{ij}| \text{ и } \omega_\alpha \gg |\omega_{0j}|.$$

В этом случае мы можем приближенно положить

$$\frac{1}{\omega_\alpha - \omega_{ij}} = \frac{1}{\omega_\alpha + \omega_{ji}} \approx \frac{1}{\omega_\alpha} - \frac{\omega_{ji}}{\omega_\alpha^2},$$

$$\frac{1}{\omega_\alpha + \omega_{0j}} \approx \frac{1}{\omega_\alpha} - \frac{\omega_{0j}}{\omega_\alpha^2}.$$

Первые два члена нашей суммы сведутся к матричным элементам

$$\frac{1}{\omega_{\alpha}} (0|D_x D_x - D_x D_x| i)$$

и

$$\frac{i}{\omega_{\alpha}^2} (0|D_x \dot{D}_x - \dot{D}_x D_x| i).$$

Первый матричный элемент равен нулю вследствие коммутативности D_x и D_x .
 Последние два члена сведутся к матричным элементам

$$\frac{1}{\omega_{\alpha}^2} (0|M_y M_y - M_y M_y| i)$$

и

$$\frac{1}{\omega_{\alpha}^2} (0|M_y \dot{M}_y - \dot{M}_y M_y| i).$$

В результате, для вероятности перехода получим

$$P = \frac{dK dK'}{128\pi^5 \hbar^2} n_{\alpha}(n_{\beta} + 1) \frac{\omega_{\beta}}{\omega_{\alpha}} \delta(\omega_{\beta} - \omega_{\alpha} - \omega_{0i}) |(0|D_x \dot{D}_x - \dot{D}_x D_x| i) + (0|M_y \dot{M}_y - \dot{M}_y M_y| i) - i\omega_{\alpha} (0|M_y M_y - M_y M_y| i)|^2.$$

Если учесть только первый член полученной формулы, то, как известно, это приведет к формуле Томсона для эффективного сечения рассеяния. Остальные два члена дают поправку к формуле Томсона, связанную с магнитным моментом электрона.

Тбилисский Государственный Университет
 имени Сталина

(Поступило в редакцию 30.1.1941)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. H. A. Kramers und W. Heisenberg. Zs. f. Phys., 31, 681, 1925.
2. А. Г. Власов. Применение метода функционалов Фока к теории излучения. Журнал эксп. и теор. физики, т. 10, вып. 11, 1940, стр. 1151.

Б. КАНДЕЛАКИ и Л. ВАСИЛЕВСКАЯ

СТУДНЕОБРАЗОВАНИЕ И ТИКСОТРОПИЯ

В работе изучается студнеобразование в органической и водной среде, роль тиксотропной температуры и сольватного слоя в этом процессе и подтверждаются закономерности, установленные предыдущими работами для водных растворов агара и желатины [1, 2].

Одним из отличительных свойств студней считали то, что они не имеют определенной точки перехода из жидкого состояния в твердое [3]. Мы считаем, что оптимальные тиксотропные температуры при застудневании выступают в роли точек кристаллизации. При тиксотропии причиной ожиджения является не только механическое, но и эквивалентное ему тепловое возмущение; причиной застудневания—понижение температуры или покой.

Исследования проводились со стеариновыми мылами магния, кадмия в бензольном растворе и с водным раствором агар-агара.

Способ приготовления стеаратов магния и кадмия представляет комбинацию нескольких способов, предложенных различными авторами [4], с небольшими нашими коррективами и основан на двойном замещении калиевого мыла эквивалентным количеством уксуснокислой соли магния или кадмия.

Полученное магниевое и кадмиевое мыло—белое, жирное на ощупь—являлось исходным продуктом в наших опытах. Если теоретически на 2 кислотных остатка приходится 1 металл, то в нашем продукте—стеарате магния—состав колеблется следующим образом: на 2 кислотных остатка приходится 1,19 или 1,02 металла. В случае стеарата кадмия на 2 кислотных остатка приходится 1,13 или 1,07 металла. Несоответствие находим и у других авторов [4], только у них оно больше. Несоответствие объясняется тем, что у металлических мыл ярко выявлена адсорбционная способность к осаждающей соли. Перекристаллизовывать препараты нет смысла, так как вместо очистки происходит разложение продукта, и мы работали с мылом полученного нами состава.

Полученные мыла—кристаллические. При сравнительно небольшом увеличении в поле зрения микроскопа ясно видны игольчатые кристаллы и одного и другого мыла. Температура плавления стеарата магния 108—110°

и стеарата кадмия 112—114°. Применялся метод плавления в капилляре. Переплавленные стеараты под микроскопом уже не имеют кристаллического строения.

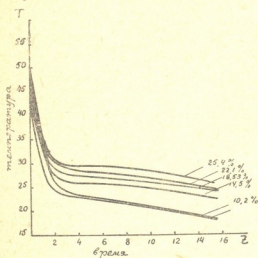


График 1

вновь не застудевали. Это говорит о том, что при комнатной температуре сольватный слой достигает таких размеров, что мешает сцеплению частиц и образованию скелета студня.

Для быстрого нахождения температурной области скачка вязкости снимали кривые охлаждения наших растворов. Все кривые снимались в одинаковых условиях опыта.

В одной серии опытов производилось охлаждение 5,4, 10,2, 14,5, 18,53, 22,1, и 25,4% растворов кристаллического стеарата магния. Температура термостата 13,5—13,8°. Результаты опытов изображены на графике 1.

Другая серия опытов с растворами из плавленного стеарата магния дают ту же картину (график 2).

Кривые располагаются последовательно одна над другой с увеличением концентрации. Самым существенным в этих кривых являются площадки—замедление скорости охлаждения, так как, как это будет показано ниже, они являются температурами тиксотропного застудневания. На кри-

Растворение мыл в бензоле плод двумя методами: 1) нагреванием в колбе с обратным холодильником кристаллического стеарата и 2) растворением плавленного стеарата. По второму методу растворение идет быстрее и лучше.

Полученные растворы в случае низких концентраций были прозрачные, а концентрированные — мутно-прозрачные.

Для выявления тиксотропных свойств наших студней при 15—18° их энергично встряхивали до разжижения. При той же температуре они

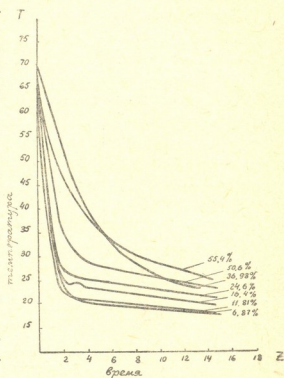


График 2

вых они ясно видны. На графике 1 видно, что для 5,4% замедление наступает при $t=23,2^{\circ}$; для 10,2%— $23,8^{\circ}$; 14,5%— $26,7^{\circ}$; 18,5%— $27,4^{\circ}$ и т. д.

Кривые охлаждения 50 и 55,4% растворов—пологие, скорость охлаждения более равномерная. Последнюю можно объяснить трудностью ориентированного сцепления частиц и полидисперсностью системы. Но вся кривая располагается выше, чем кривые менее концентрированных растворов. Это говорит о сближении частиц при более высокой температуре с увеличением концентрации.

Кривые охлаждения бензольных растворов стеарата кадмия (график 3) аналогичны кривым стеарата магния, только у соответствующих концентраций замедления скорости охлаждения наступают при более высоких температурах.

Закономерность, наблюдаемая в ходе кривых охлаждения бензольных растворов стеаратов, была проверена на водных растворах агары в 0,68, 0,7, 0,79, 0,86 и 1,4%. Последовательность расположения кривых в зависимости от концентрации такая же, как у стеаратов. Замедление скорости охлаждения явно заметно на всех кривых. Экспериментально проверено также, что эти температуры замедленной скорости охлаждения одновременно являются температурами тиксотропного превращения у растворов агары, аналогично тому, как ниже описано у стеаратов.

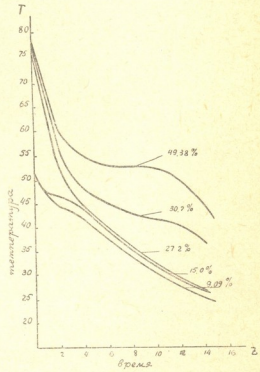


График 3.

Литература [5, 6] относительно зависимости степени сольватации от концентрации и наше мнение о зависимости температуры перегибов от концентрации приводят нас к тому выводу, что основной причиной в задержке скорости охлаждения является уменьшение свободной поверхности твердой фазы при сцеплении частиц во время образования скелета студня. И только когда мы лучше будем знать природу сольватации и сможем точно измерить величину степени сольватации в зависимости от концентрации и температуры, тогда будет яснее доля ее участия в задержке скорости охлаждения.

Зависимость температурных оптимальных тиксотропных точек от концентрации приводится на графике 4.

Кривые в средней части имеют тенденцию выпрямляться, а в более высокой и более низкой концентрациях загибаются вверх и вниз. Возможно,

что при более высоких концентрациях кривые направляются к точке, близкой к температуре плавления кристаллического стеарата, а при низких концентрациях к точке кристаллизации бензола.

Для доказательства совпадения найденных нами перегибов на кривых

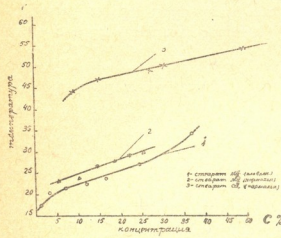


График 4.

охлаждения с температурными точками тиксотропного золь-гель превращения, мы измеряли вязкость наших растворов при охлаждении. Определение вязкости производилось методом педения шарика в вискозиметре Гепплера. При каждом измерении вязкости нагретый до кипения раствор той или иной концентрации наливался в вискозиметр, охлаждался до заданной опытом температуры, выдерживался при этой температуре 0,5 часа, затем измерялась вязкость (η_1). При той же температуре проба подвергалась энергичному механическому воздействию.

Не дав времени на организацию студня, измеряли вязкость (η_2). Затем мы опять давали 0,5 часа на организацию скелета студня при той же температуре и измеряли вязкость (η_3). В таблицах 1, 2 и 3 приведены значения η_2 и η_3 для 15% стеарата кадмия, 6,87 и 15% стеарата магния.

Тиксотропия 6,87% раствора плавленого стеарата магния

Таблица 1

| Температура в °С | η_2 в секундах | η_3 в секундах |
|------------------|---------------------|---------------------|
| 15,7 | 7,0 | 8,0 |
| 21,6—21,9 | 4,7 | 10,6 |
| 27,3 | 3,0 | 3,7 |

В таблице 1 стеарат магния в 6,87% показывает наиболее резкое увеличение вязкости с $\eta_2=4,7$ до $\eta_3=10,6$ при температуре 21,6°, т. е. при той же температуре, при которой расположена площадка на кривой охлаждения этого же раствора. Температура 21,6° есть оптимальная точка для тиксотропного застудневания 6,87% бензольного раствора стеарата магния. Затем при более низкой температуре (15,7°) вязкость уменьшается. Хорошо развитый сольватный слой является мешающим застудневанию фактором, т. е. его влияние пересиливает силы, организующие скелет студня. Аналогичную картину дают остальные таблицы.

Тиксотропия 15% раствора стеарта магния

Таблица 2

| Температура в °С | η_2 в секундах | η_3 в секундах |
|------------------|---------------------|---------------------|
| 15 | 8,1 | 9 |
| 22,5 | 3,05 | 3,15 |
| 23,3 | 1,9 | 2,65 |
| 30,3 | 1,15 | 1,15 |
| 30,5 | 1,12 | 1,15 |

Тиксотропия 15% стеарата кадмия

Таблица 3

| Температура в °С | η_2 в секундах | η_3 в секундах |
|------------------|---------------------|---------------------|
| 30,8 | 1,7 | 3 |
| 47,5 | 1,25 | 6,3 |

Такое совпадение температурных точек скачка вязкости с температурой задержки скорости охлаждения у бензолных растворов стеаратов магния, кадмия и водного раствора агар-агара позволяют сделать вывод, что по кривым охлаждения можно определять оптимальную температуру тиксотропии.

5% студень стеарата магния был рассмотрен в кордиоидультрамикроскопе в процессе застудневания. В поле зрения сперва видны мерцающие частицы. Со временем вырисовываются нитеобразные частицы, а через 20 часов—сильно сжатые волокна, внутри которых видны почти параллельно идущие друг другу нити.

Полученные нами студни стеаратов тиксотропны при определенной концентрации и температуре. В оптимальной тиксотропной точке, являющейся характерной для студня определенной концентрации, наблюдается резкое изменение свойств: скачкообразное выделение тепла и сильное увеличение вязкости. Здесь силы притяжения между частицами пересиливают силы отталкивания и постепенно, пройдя ряд промежуточных образований (цепи, ячейки, сетки), организуется скелет студня. Сольватный слой в исследуемой системе выполняет ту же роль, что и гидратный в системе агар—вода. При температуре выше оптимальной тиксотропной точки, он является одним из факторов устойчивости, придает стабильность частицам и тем самым мешает их беспорядочному осаждению, и значит, способствует, студнеобразованию. При температуре ниже тиксотропной, сольватный слой, увеличиваясь, мешает сближению и сцеплению твердых частиц, т. е. мешает студнеобразованию. Механическим воздействием при комнатной температуре исследованные нами студни разжижаются и, оставленные при этой температуре в покое, обратно в студень не переходят. Оголившиеся при разжижении частицы при низкой температуре покрываются сольватной оболочкой скорее, чем вновь сближаются, тем более что и подвижность

их сильно снижена. Увеличивающийся сольватный слой при низкой температуре, при наличии уже образовавшегося и неразрушенного скелета, увеличивает общую устойчивость студня за счет увеличения объемной вязкости системы, а при высоких концентрациях, возможно, и в результате переплетения сольватных оболочек по Рабинерсону [7].

Застудневание в коллоидных растворах аналогично явлению кристаллизации в кристаллических системах. Тиксотропная точка—такая же равновесная между состоянием золя и студня, какой является точка кристаллизации между кристаллом и его расплавом. Так же как и у кристаллов, обнаруживаемая нами тиксотропная температура при помощи кривых охлаждения или скачка вязкости при охлаждении будет лежать всегда немного ниже истинной равновесной температуры. При малой скорости кристаллизации во время быстрого охлаждения образуется плохо выкристаллизовавшаяся масса. Когда скорость охлаждения велика при термическом застудневании, образуется непрочный, с плохо организованным скелетом, студень. Если скорость охлаждения мала, скелет студня организуется лучше и студень получается более упругий, эластичный [1, 2]. В связи с этим интересно мнение Баларева [8] о том, что реальные кристаллические системы, выделенные из водных растворов, имеют строение, аналогичное типичным гелям.

Результаты исследования можно формулировать следующим образом:

1. Дана методика получения металлических мыл магния и кадмия в кристаллическом состоянии и наиболее свободных от примесей.
2. Определена их точка плавления и установлено, что плавленый продукт изотропен.
3. Микроскопически зафиксирована кристаллическая форма стеаратов.
4. В бензольных растворах стеаратов установлена тиксотропия при соответствующей температуре и концентрации, найдены тиксотропные оптимумы.
5. Установлено, что по кривым охлаждения (стеараты, агар) легко находить тиксотропную область.
6. Отмечена последовательность в расположении кривых охлаждения с увеличением концентрации, а также между температурами тиксотропии и концентрацией.
7. Сольватный слой при температуре ниже оптимальной тиксотропной является мешающим и при температуре выше тиксотропной—способствующим студнеобразованию. Бензол в роли дисперсионной среды у стеаратов ведет себя, в основном, так же, как вода с агаром.
8. Предполагается, что тиксотропные температуры в коллоидных системах выполняют ту же роль, что в кристаллических системах температуры плавления и кристаллизации.

Тиксотропная температура — критическая температура, ниже которой имеем скачкообразное выделение тепла, резкое повышение вязкости и обратимое золь-гель превращение, а выше этой температуры система находится в состоянии золя. Иначе говоря, тиксотропная температура есть равновесная температура между состоянием золя и студня.

Коллоидная лаборатория химического института
Грузинского Филиала АН СССР
и Кафедра физической и коллоидной химии ГИИ
имени С. М. Кирова

(Поступило в редакцию 3.2.1941)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Канделаки, Г. Кикодзе и Н. Долидзе. Ж. Ф. Х., т. X, в. 3. 1937.
2. ჯ. კანდელაკი და ბ. კიკოდვე და ნ. დოლიძე. Труды Тбилисского Химического Института, т. II 1937, стр. 1.
3. Н. П. Песков. Физико-химические основы коллоидной науки. 1932, стр. 369.
4. M. Fischer. Kolloid-Z. 51, 39, 1930; Wo. Ostwald. Kolloid-Z. 1934.
5. Hugo Fricke and Lillian Jacobson. J. physical. chem. 43, 781, 1939.
6. А. В. Думанский. Лиофильность коллоидных систем. 1940, стр. 119.
7. А. И. Рабинерсон. Проблемы коллоидной химии. 1937, стр. 291.
8. D. Balagew. Kolloid-Beihfte, 50, I, 1939.

Тиксотропная температура — критическая температура, ниже которой имеем скачкообразное выделение тепла, резкое повышение вязкости и обратимое золь-гель превращение, а выше этой температуры система находится в состоянии золя. Иначе говоря, тиксотропная температура есть равновесная температура между состоянием золя и студня.

Коллоидная лаборатория химического института
Грузинского Филиала АН СССР
и Кафедра физической и коллоидной химии ГИИ
имени С. М. Кирова

(Поступило в редакцию 3.2.1941)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Кандецаки, Г. Кикодзе и Н. Долидзе. Ж. Ф. Х., т. X, в. 3. 1937.
2. ზ. ქიქოძე და ბ. კახიჯიშვილი. Труды Тбилисского Химического Института, т. II 1937, стр. 1.
3. Н. П. Песков. Физико-химические основы коллоидной науки. 1932, стр. 369.
4. M. Fischer. Kolloid-Z. 51, 39, 1930; Wo. Ostwald. Kolloid-Z. 1934.
5. Hugo Fricke and Lilian Jacobson. J. physical. chem. 43, 781, 1939.
6. А. В. Думанский. Лиофильность коллоидных систем. 1940, стр. 119.
7. А. И. Рабинерсон. Проблемы коллоидной химии. 1937, стр. 291.
8. D. Balagew. Kolloid-Beihfte, 50, I, 1939.



ХИМИЯ

И. ТАВБЕРИДЗЕ, Н. ДОЛИДЗЕ и Б. КАНДЕЛАКИ

КОЛЛОИД-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ МАРГАНЦЕВОГО ШЛАМА
 ФАБРИКИ № 25-БИС (Чиатура)

Целью проведенной нами работы являлось изучение некоторых свойств шламов фабрики № 25-бис (Чиатура), получаемых на фабрике при мокром обогащении марганцевых руд перевисского участка. Опыты главным образом проводились на пробах, взятых с сгустителя. Исследовались: химический состав шлама и промывной воды, дисперсность, устойчивость суспензии в чистой воде, а также в присутствии различных электролитов и неэлектролитов и их воздействие на скорость осаждения различных составных частей шлама. В Перевисском нагорье, питающем рудой фабрику № 25-бис, главное распространение имеет мягкая, глинистоземлистая руда, известная под местным названием «бельта», трудно обогащаемая отсадкой. Потеря в шламах этой разновидности руды очень велика. Удельный вес шлама был найден равным 2,35.

Опыты на возможность некоторого разделения марганцевых минералов от пустой породы с помощью воды не дали положительных результатов. Устойчивость суспензии 1%-ой концентрации незначительна. В течение 20-ти минут твердая фаза почти полностью выпадает.

Устойчивость суспензии в дистиллированной воде значительно выше. Находящиеся в промывной воде электролиты, повидимому, играют немаловажную роль в деле ускорения седиментации.

Анализы промывной воды показали большое количество минеральных солей, в особенности бикарбонатов, сульфатов и сульфитов различных металлов. Количество их в двух различных пробах колеблется в довольно широких пределах. Несмотря на присутствие во многих рудах карбонатов марганца и железа, ионы этих металлов в отработанной воде не обнаружены.

Защитные коллоиды значительно увеличивают стабильность суспензии, но не показывают особого дифференциального отношения в стабилизации рудных и нерудных пород. В случае танина заметно незначительное увеличение содержания марганца в сливе.

Был проведен ситовой анализ шлама мокрым путем. Отдельные классы (фракции) ситового анализа потом подверглись химическому анализу. Мате-

риал, взятый со сгустителя фабрики, является крайне дисперсным; около 80% от всей массы состоит из частиц, имеющих диаметр менее 60 м. Высокодисперсная фракция более богата марганцем и соответственно бедна кремнеземом. Дисперсность отдельных фракций шлама, прошедшего через наиболее тонкое сито, определялась седиментационным анализом, основанным на различии гидростатического давления суспензии и дисперсионной среды, и методом непосредственного измерения падения концентрации на определенной глубине суспензии (метод взятия весовых проб).

На устойчивость суспензии марганцевых шламов влияют находящиеся в дисперсионной среде электролиты, которые в зависимости от количества и свойств могут играть как стабилизирующую, так и сенсibiliзирующую роль.

Были проведены опыты на скорость осаждения 0,4%-й суспензии в бассейной и дистиллированной воде. Кривые почти во всех случаях показывали S-образный ход осаждения, указывающий о сильной флокуляции в середине процесса осаждения. Промыванием шлама на фильтре устойчивость приготовленной из него суспензии незначительно изменяется.—Фильтрат необработанной суспензии показал явную щелочную реакцию. В нем отсутствуют многовалентные катионы, могущие сильно повлиять на заряд. Количество двухвалентных и одновалентных катионов доходит до 100 мг/л, из коих $\frac{2}{3}$ приходится на двухвалентные катионы.

Более сильное влияние на увеличение устойчивости суспензии оказывают коллоидные стабилизаторы. При этом наилучшими из испытанных нами веществ (желатина, гуммиарабик, танин, ализаринрот и др.) оказался танин. Прибавление небольших количеств этого вещества к суспензии шлама резко повышает ее устойчивость. При этом происходит практически незначительное обогащение марганцем твердой фазы слива. Стабилизированная суспензия подвергалась дисперсионному анализу взятием весовых проб (пипеточный метод).

При концентрации стабилизатора равной 0,02% стабилизации близка к пределу.

Пользуясь цифровыми данными пипеточного анализа стабилизированной суспензии и допуская, что компоненты анализируемой массы имеют близкие удельные веса, можно с помощью формулы Стокса получить приближенную картину истинной дисперсности шлама.

Сопоставляя результаты ситового и пипеточного анализов, можно общую приближенную картину дисперсности исследуемого шлама выразить следующей таблицей (см. стр. 77).

Как видим, исследуемый шлам крайне дисперсен. Около 24% от общей массы состоит из частиц размером равным и ниже 4,4 м. Такая высокая степень дисперсности, повидимому, является главной причиной трудности механического обогащения марганцевых шламов.

| Диаметры частиц в микронах | Процент фракции от общей массы | Диаметры частиц в микронах | Процент фракции от общей массы |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| >200 | 2,6 | 21,4—9,6 | 18,69 |
| 200—100 | 8,2 | 9,6—4,4 | 16,07 |
| 100—60 | 9,0 | <4,4 | 23,63 |
| 60—21,4 | 20,85 | | |

Изучение устойчивости суспензии проводилось также и двухплечевым седиментометром конструкции проф. П. А. Ребиндера. На рис. 1 представлены кривые зависимости скорости осаждения 1,7⁰/₀ суспензии от концентрации прибавленного NaOH. Кривая 1 представляет устойчивость суспензии в бассейновой воде; кривая 2—в дистиллированной воде, а остальные кривые—в дистиллированной воде при различных концентрациях щелочи. Суспензия, как видно, наиболее устойчива в дистиллированной воде. Увеличение концентрации щелочи вызывает увеличение скорости осаждения, которая доходит до предела при концентрации равной $4,7 \cdot 10^{-2} N$ NaOH (кривая 3); в течение 12—13 минут происходит полное выпадение твердой фазы.

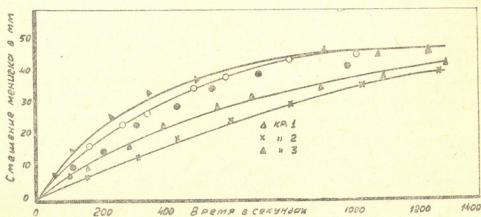


Рис. 1.

Выше $4,7 \cdot 10^{-2} N$ щелочь почти не меняет агрегированного состояния суспензии. Отмывание щелочи стабилизирует суспензию. Первая же перемена воды (отвечающая $3,4 \cdot 10^{-2} N$ NaOH) дает резкое увеличение устойчивости. Этот эффект еще больше усиливается при повторной, а частично и при третьей смене воды. Стабилизированная таким образом суспензия не осаждается полностью в течение уже нескольких дней. Дальнейшее продолжение отмывания приводит опять к уменьшению стабильности суспензии.

В связи с несомненным различием в полярности рудных и нерудных веществ в шламе, можно было предполагать, что нерудные частицы в результате такой обработки приобретут большую устойчивость по сравнению с частицами рудных минералов, и что, разделяя таким образом суспензию на две части (слив и осадок), можно путем многократного повторения этой операции достичь заметного освобождения осадка от глинистых примесей. Это явление имело бы большое значение в деле механического обогащения шламов, например, в флотации, так как известно, что гидратированные алюмосиликаты сильно мешают флотации. Однако химический анализ осадка и твердой фазы слива не дает резкой разницы в их химических составах.

Несомненно, что частицы рудных и нерудных минералов имеют весьма прочную связь, так как при столь значительном времени осаждения стабилизированной суспензии должна была сказываться хотя бы и небольшая разница в удельных весах этих частиц.

Ускорение осаждения шлама имеет немаловажное значение в деле использования оборотной воды на фабрике.

Весьма малое количество желатины вызывает значительное ускорение осаждения шлама. При сравнительно высоких концентрациях желатина, как и другие коллоиды, вызывает увеличение стабилизации. Процесс сенсibilизации изучался прямым наблюдением изменения скорости осаждения верхней границы суспензии и цилиндрах при различных концентрациях желатины. Несмотря на гетерогенность системы при концентрациях выше 1—2‰, в бассейновой воде суспензия осаждается компактно, с резким осветлением верхней части цилиндра. В присутствии желатины такое осаждение наблюдается и при меньшей концентрации суспензии. Испытаны были два сорта желатины—чистый и технический. Максимум сенсibilизации наступает при концентрации желатины 6—18 мг/л. При этом скорость осаждения в середине процесса по сравнению с несенсibilизированной суспензией возрастает примерно вдвое. Чистая желатина несколько эффективнее действует на ускорение осаждения марганцевых шламов, чем техническая, но особой разницы между ними нет. Порядок прибавления желатины не влияет существенно на изменение осаждения твердой фазы.

Наблюдения над осадками от сенсibilизированных и несенсibilизированных суспензий показали, что с желатиной образуется более хлопьевидный, занимающий большой объем осадок, чем без желатины.

Можно предполагать, что суспензия благодаря желатине структурирована как одно целое; так как вначале оседание идет медленно, происходит общее сжатие всей системы, затем структура, повидимому, разрушается и начинается беспорядочное быстрое осаждение. К этому заключению побуждает и тот факт, что с увеличением количества сенсibilизатора замедление в начальной стадии оседания выявляется заметнее. К тому же склоняет и наблюдение над осадком шлама с 67,64 мг/л желатины через 25 часов. Он

имеет студнеобразный характер, при наклонении пробирки сохраняет форму, а затем откалывается кусками.

Проделанную работу можно резюмировать следующим образом:

1. Комбинируя ситовой и седиментационный методы, сделан дисперсионный анализ шлама фабрики 25-бис с химическими анализами отдельных фракций.

2. Исследовано содержание электролитов в промывной воде и влияние их выщелачивания из шламового осадка на устойчивость суспензии.

3. Установлено, что прибавление гидрофильных коллоидов (желатина, гуммиарабика, танин) способствует разделению в шламе пустой породы от руды в незначительной степени.

4. Натриевая щелочь до концентрации $4,7 \cdot 10^{-2} N$ увеличивает склонность суспензии к агрегации, а дальнейшее увеличение ее концентрации остается неэффективным.

5. Отмывание щелочи от шлама дистиллированной водой сильно повышает устойчивость суспензии, причем и в этом случае по химическому составу твердые фазы осадка и слива разнятся друг от друга в незначительной степени.

6. В отличие от других гидрофильных коллоидов желатина при малых концентрациях вызывает сенсibilизацию шламовой суспензии.

7. Установлен большой объем осадка в сенсibilизированных системах и наличие более хлопьевидной структуры по сравнению с несенсibilизированной суспензией.

Грузинский Филиал АН СССР
Тбилисский Химический Институт
Коллоидная лаборатория

(Поступило в редакцию 3.2.1941)



ХИМИЯ

С. Г. КУРАШВИЛИ

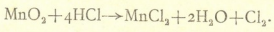
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРГАНЦА В МАРГАНЦЕВЫХ РУДАХ
 БРОМАТНЫМ МЕТОДОМ

Определение марганца в марганцевых рудах в большинстве случаев лабораторной практики производится по известному методу Фольгарда. Определение марганца по этому методу может быть проведено достаточно быстро и с высокой степенью точности в тех случаях, когда содержание марганца в рудах достаточно высокое. Однако в целом ряде случаев, при оценке результатов, желательно иметь сравнительные данные, полученные по разным методам.

Желая выработать для массового пользования второй и, по возможности, равноценный метод, мы остановились на броматном методе определения марганца, предложенном Кольтгофом и Сендэлом [1]. Этот метод нашел применение для определения марганца в некоторых сплавах, однако вопрос его использования для определения марганца в марганцевой руде затронут впервые нами, в связи с чем мы встретились с необходимостью изучения целого ряда вопросов:

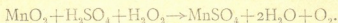
- 1) условия перевода руды в раствор;
- 2) зависимость полноты разложения руды от степени ее измельчения;
- 3) подбор реакционной среды, допускающей полное превращение двухвалентного марганца в четырехвалентный;
- 4) выяснение необходимого количества окислителя $KBrO_3$, продолжительности кипячения, требующегося для полного окисления марганца, и продолжительности отстаивания;
- 5) условия промывания осадка четырехвалентного марганца, его растворения и последующего титрования как иодометрического, так и перманганатометрического.

В процессе анализа одной из главных задач является переводение марганцевой руды в раствор. Следует заметить, что в марганцевых рудах большая часть марганца присутствует в виде пиролюзита, который, как уже известно, растворим в соляной кислоте:



Однако, соляная кислота не подходила в качестве растворителя ввиду того, что она разрушает $KBrO_3$ и осаждения перекиси марганца не проис-

ходит. Поэтому, во избежание излишней траты KBrO_3 , мы считали растворение руды в соляной кислоте не рациональным. Более целесообразно растворение руды производить в серной или азотной кислоте в присутствии восстановителя, в особенности в первой, как более дешевой. В качестве восстановителя мы пользовались перекисью водорода и нитритом натрия. Однако из этих двух восстановителей мы нашли более целесообразным остановиться на перекиси водорода, применение которой, в противоположность нитриту натрия, не связано с образованием вредных газов. Растворение марганцевой руды в серной кислоте в присутствии восстановителя происходит по следующему уравнению:



Полное растворение навески марганцевой руды требует различного времени, в зависимости от степени измельчения руды. При предварительном истирании пробы в агатовой ступке на растворение затрачивается не более 10 минут. При подборе условий осаждения марганца в виде перекиси с помощью бромата калия, было учтено то обстоятельство, что обычно осадок не имеет стехиометрического состава. Согласно данным Кольтгофа и Сендзела, наибольшее приближение к составу перекиси (MnO_2) достигается в среде, содержащей избыток ионов цинка или железа. Однако и в этом случае осадок не является стехиометрическим и требуется введение эмпирического коэффициента при пересчетах титрования. Величина фактора по Кольтгофу при работе в присутствии цинка и железа различна и составляет в первом случае 0,002801 и во втором — 0,002774 (теоретическая величина фактора равна 0,002747). При постановке опытов мы вводили поэтому железо (в виде закисного сульфата) или цинк.

Как показали предварительные опыты, наилучшие результаты получаются именно в присутствии железа. Кислотность раствора рассчитывалась таким образом, чтобы она не была выше 0,8—1N. Опыты по выяснению необходимого количества KBrO_3 показали, что результаты при употреблении последнего от 0,5 до 2 г постоянны. Наиболее подходящее время кипячения — 10 минут. Существенное значение имеет промывание осадка. Последний не проходит сквозь фильтр при фильтровании спустя 10 минут после осаждения, о чем свидетельствует прозрачность фильтрата при продолжительном стоянии¹. Однако при промывании осадка вскоре в фильтрате можно было заметить легкую муть. Опыты по промыванию осадка как чистой, так и подкисленной (H_2SO_4) водой показали, что осадок проходит сквозь фильтр в обоих случаях. Что прохождение осадка

¹ Что полнота осаждения марганца достигнута, показали опыты по кипячению фильтрата, причем ни в одном случае дополнительного выпадения MnO_2 не было замечено.

сквозь фильтр объясняется не только пептизацией, но механическим прохождением (осадок имеет обыкновение ползти по фильтру вверх выше его краев) можно было заметить по тому, что некоторые частицы, прошедшие в фильтрат, имели значительные размеры. Отмеченное прохождение сквозь фильтр имело место и при употреблении плотных фильтров (синий баг) хотя и в меньшей мере. С целью недопущения потерь был использован следующий прием, неизменно приводивший к хорошим результатам. Фильтрат от осадка MnO_2 попадал на вторую воронку, расположенную под первой (первая должна быть укреплена достаточно высоко над второй) и только после этого попадал в подставленный сосуд. При таком способе фильтрования легко было заметить, что второй (нижний) фильтр, оставаясь свободным от осадка при фильтровании, покрывался темноватым налетом при промывании осадка. Хотя налет этот по количеству содержащегося в нем марганца очень невелик, но в дальнейшем обработке подвергались оба фильтра. Что касается титрования марганца, то нами были использованы оба варианта, предложенные Кольтгофом и Сендэлом. Первый из них заключается в обработке осадка вместе с фильтром кислым раствором КJ. Выделившийся при этом иод титруется гипосульфитом. Второй вариант заключается в обработке осадка с фильтром избытком титрованного раствора соли Мора и оттитровании избытка последней перманганатом. Этот вариант нами предпочитался вследствие большей его дешевизны, а также и потому, что при иодометрическом титровании рекомендуется для связывания адсорбированных осадков ионов трехвалентного железа прибавлять растворимый фторид, необходимость чего отпадает при употреблении соли Мора. Прежде чем приступить к анализу руд, нами был проведен ряд опытов с чистыми растворами сернокислого марганца в присутствии соответствующих примесей, по количеству и по составу имитирующих руду. Производство анализов протекало по следующей схеме: брался определенный объем сернокислого марганца ($MnSO_4$), добавлялось 5—10 см³ 5% раствора сернокислого железа ($FeSO_4$) или 25 см³ 15% $ZnSO_4$, 25 см³ раствора H_2SO_4 (1:4), 0,5—2 г бромата калия (количество бромата калия употреблялось в зависимости от взятого для исследования количества раствора сернокислого марганца) и 70 см³ воды. Полученная смесь подвергалась кипячению в течение 10 минут, после чего осадок отстаивался в течение 10 минут, фильтровался через двойной (в описанной выше форме) фильтр и промывался горячей водой, подкисленной серной кислотой.

Полученный осадок помещался в тот же сосуд, в котором было произведено осаждение марганца, растворялся предварительно приготовленным раствором иодистого калия⁽¹⁾ и титровался гипосульфитом. Опыты проводились над растворами сернокислого марганца разных концентраций.

(1) 2 мл 1N H_2SO_4 , содержащие 1—2 г КJ.

Результаты опытов показали, что броматный метод определения марганца достаточно удовлетворителен по точности и с успехом может быть применен для проведения массовых анализов.

Дальнейшие опыты ставились для определения марганца в марганцевых рудах. В результате многих опытов выяснилось, что наилучшие результаты получаются при работе в следующих условиях.

Навеска 0,15—0,2 г товка измельченной руды растворялась в 25 мл H_2SO_4 (1:4) при добавлении по каплям (10—15 капель) перекиси водорода и смесь подвергалась кипячению в течение 10 минут до полного растворения руды. Затем к раствору прибавляли 5—10 мл 5%-й сернокислой закиси железа, около 2 г $KBrO_3$ (бромат калия добавлялся в зависимости от количества взятой руды), 70 мл воды и раствор кипятили в течение 10 минут до полного окисления марганца. После 10-минутного отстаивания, раствор фильтровался через двойной, в описанной форме, фильтр, где осадок промывался горячей водой, подкисленной серной кислотой, до прекращения реакции выделения свободного иода из кислого раствора KI в фильтрате. При иодометрическом варианте нами во всех пробах добавлялось по 0,5 г фтористого калия или натрия.

Было установлено, что растворение осадка перекиси марганца при помощи иодистого калия в кислой среде протекает быстрее, нежели растворение осадка с избыточным количеством соли Мора.

Опытом было установлено, что наличие нерастворимой в кислоте породы не оказывает влияния на точность количественного определения марганца. Установлено также, что высокая степень измельчения руды, т. е. превращение ее в пудру, весьма способствует быстрому растворению руды в кислоте. Результаты анализов марганцевой руды по описанной схеме приведены в таблице (для сравнения приводятся данные, полученные для тех же проб по методу Фольгарда).

Приведенные результаты свидетельствуют о пригодности применения описанного нами броматного метода определения марганца в марганцевых рудах, так как в отношении точности он не уступает известному методу Фольгарда. Следует отметить, что если при применении броматного метода получаются преувеличенные результаты по сравнению с методом Фольгарда, то это указывает на то, что осадок перекиси марганца не был хорошо промыт и некоторое количество бромата калия, вследствие адсорбции, осталось в осадке, в результате чего при дальнейшем воздействии иодистого калия в кислой среде вызывается повышенное выделение свободного иода и соответственно с этим увеличивается расход гипосульфита натрия. Преуменьшенные результаты, по сравнению с методом Фольгарда, свидетельствуют о неполноте перевода двухвалентного марганца в четырехвалентный, что имеет место при отсутствии в растворе избытка ионов железа или

щипка. На основании полученных результатов можно полагать, что броматный метод в описанной нами модификации может найти распространение при анализе марганцевых руд и применяться на равных правах с методом Фольгарда.

| №№ проб и месторождение | Получено Mn в % по броматному методу | Получено Mn в % по методу Фольгарда |
|--|---|---|
| Стандарт № 44 Никопольского рудника | 52,15 | 52,58 |
| № 10 } № 11 } с рудника имени тов. Кага- № 13 } новича (Чиатура) № 14 } № 15 } | 33,32 30,01 36,93 38,64 17,24 | 33,00 30,03 37,30 38,39 17,38 |
| Марганцевая руда «Мцвари» | 26,32 | 26,36 |
| № 16 } № 17 } с рудника имени тов. Орл- № 18 } жоникидзе (Чиатура) | 42,68 39,69 1,03 | 42,75 40,00 11,05 |
| № 27 } № 29 } с рудника имени тов. Берия № 30 } (Чиатура) № 31 } № 32 } | 21,18 32,65 45,72 37,31 24,68 | 21,38 32,80 45,84 37,18 24,89 |

Броматный метод имеет даже некоторое преимущество ввиду его большого удобства при проведении массовых анализов, так как он допускает одновременное проведение анализа большого числа проб. В связи с этим:

- 1) выяснены условия перевода марганцевой руды в раствор с установлением необходимых концентраций кислоты (H_2SO_4) и восстановителя (H_2O_2);
- 2) изучены условия продолжительности кипячения исследуемого раствора, промывания осадка перекиси, а также установлено необходимое для полноты окисления марганца количество окислителя ($KBrO_3$);
- 3) проведено сравнительное изучение иодометрического и перманганатометрического вариантов титрования осадка.

Установлено, что броматный метод определения марганца в марганцевых рудах по своей точности не уступает известному методу Фольгарда

и с успехом может быть использован при производстве массовых анализов марганцевой руды. Продолжительность проведения анализа руды, начиная со взвешивания, не превышает 1 час 15 минут.

Считаю приятным долгом выразить чувство глубокой благодарности профессору И. В. Тананасву за предоставление темы и оказанное руководство.

Грузинский Филиал АН СССР
Тбилисский Химический Институт

(Поступило в редакцию 4.2.1941)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Kolthoff und Sandell. Ind. and Engin. Chem. Anal. I, 1929 S. 181.



გეოლოგია

აკადემიკოსი ალ. ჯანელიძე

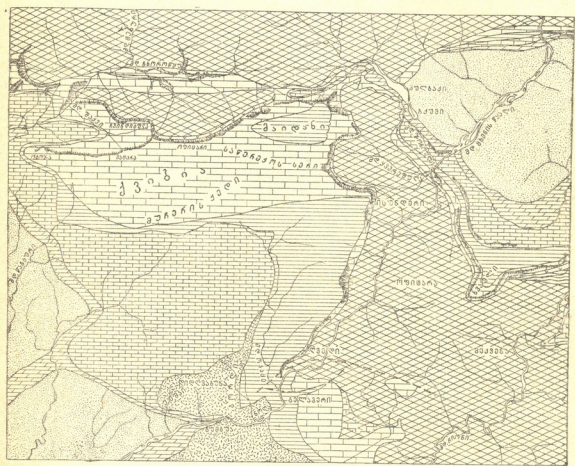
ასხის მთის გეოლოგიური კომპლექსი

ასხის მთა ლეჩხუმისა და სამეგრელოს საზღვარზე მდებარეობს. ამ სახელით, როგორც ტოპოგრაფიული რუკებიდან ჩანს, რამდენიმე მწვერვალსაც აღნიშნავენ, მაგრამ უფრო გავრცელებული გაგებით ეს არის მდ. ჯონოულის დასავლეთით მდებარე ვრცელი მაღლობი, რომლის საბალახოები ზაფხულობით სამეგრელოს, ლეჩხუმის და იმერეთის მეზობელი თემებიდან მორეკილი საქონლით აივსება ხოლმე. ამ საბალახოებს დასავლეთისაკენ წაგრძელებული სამკუთხედის ფორმა აქვს. აღმოსავლეთით სამკუთხედის ფუძეს წარმოადგენს ჯონოულის ღრმა ხეობისკენ და სოფ. ზუბისკენ ჩამოწყვეტილი კირქვის შევული კარნიზი ანუ კოყე⁽¹⁾. სამხრეთი გვერდი იქნება საკმაოდ მაღალი სოგორი⁽²⁾, რომელსაც საწერაქოს⁽³⁾ სერს უწოდებენ,—ერთ-ერთი გორაკი ასხი (2447 მ) სწორედ ამ სერზე მდებარეობს. სამკუთხედის ჩრდილო გვერდი ჯერ ისევ ჯონოულის და შემდეგ მისი მარჯვენა შენაკადის, ლაურცხის ლელის ხეობას გადაჰყურებს. აღმოსავლეთისკენ ისიც კირქვების გრანდიოზული კარნიზით არის გამოსახული, ხოლო შემდეგ დასავლეთისკენ ისეთივე სოგორით, როგორც საწერაქოს სერია. ეს ორი სოგორი ასხის ჯერის სამხრეთ დასავლეთით ერთდება და აქ არის სამკუთხედის წვერო. სამკუთხედის ფუძის სიგრძე დაახლოებით 5 კმ იქნება, სამხრეთი გვერდის—9 კმ, და ჩრდილოისა თითქმის ამდენივე. ასხის შუა ნაწილი ანუ მაიდანის წარმოადგენს ვრცელ დავაკებას, რომელიც მთლად მოფენილია მრავალრიცხოვანი ბორცვებით და კარსტული ძაბრებით. მაიდანის აბსოლუტური სიმაღლე მცირედინად აღემატება 2100 მეტრს.

ამრიგად გაგებული ასხის მთა გეომორფოლოგიურად და, როგორც დაფინახავთ, გეოლოგიურადაც მხოლოდ ნაწილი არის ბევრად უფრო ვრცელი ერთეულისა, რომელიც ჯერჯერობით შემდეგნაირად შეიძლება შემოვასაზღვროთ: მდ. ჯონოულის სოფ. ქულბაქიდან შესართავამდე და შემდეგ ცხენისწყალი ბუმბუკას ხიდანმდე; აქედან სოფ. დობერაზენამდე (ტეხურის ხეობაში კურზუს აღმოსავლეთით) კირქვიანი მთების კალთა, ხოლო დობერაზენიდან ტეხური, მისი მარცხენა შენაკადი ჩხოროწყუ, ასხის ჯვარი, ლაურცხის მარც-

(1) კოყეს ლეჩხუმში ჩვეულებრივად ჩამოწყვეტილ კლდეებს უწოდებენ.
 (2) სოგორს რაქაში მცირე ჰედს ეტყვიან.
 (3) წერტი, სხვაგვარად თომი ანუ ქუჩი, ბალახი არის.

ხენა ტოტი—ფიცრის კარვის ღელე და ჯონოული ქულბაქამდე. აი ამ საზღვრებში მოქცეულ მთელ მთიან კუთხეს (400 კმ²), რომლის შეფარდებითი სიმაღლე დასავლეთისკენ საშუალოდ 600 მ იქნება, ხოლო აღმოსავლეთისკენ 1700 მ, ვუწოდებ მე ასხის მთის კომპლექსს.



- 1 [diagonal lines] 2 [horizontal lines] 3 [dotted] 4 [vertical lines] 5 [horizontal lines] 6 [stippled] 7 [vertical lines] 8 [horizontal lines] 9 [stippled] 10 [diagonal lines]

სურ. 1. ასხის მთის კომპლექსის გეოლოგიური რუკა. 1—პორფირიტული წყება; 2—ბათური ფიქლები; 3—ფერადი წყება; 4—ნეოკომური; 5—აპტერი, ალბური და გლაუკონიტაინი ქვიშაქვები; 6—გლაუკონიტაინისგედა კირქვები და შუა ცარცის ვულკანოგენური წყება; 7—ტერონ-სენონის კირქვები; 8—ეოცენი; 9—ოლიგოცენი და ნეოგენი; 10—ქვედა ნეოკომურის ნაწვევები პორფირიტულ წყებაზე.

მისთვის დამახასიათებელი არის რამდენიმე ასი მეტრის სისქე კირქვების საფარი და შედარებით სუსტად დასერილი რელიეფი, თუმცა გამოთქმა პლატო, რომელსაც ზოგჯერ ხმარობენ ხოლმე, უეჭველად გადაჭარბებულად უნდა წაითვალოს: ნამდვილი პლატო აქ არსად გვხვდება.

არ უსის არც მიწისზედა მდინარეები. კარსტის გრანდიოზული განვითარების გამო ღრენაყი თითქმის მთლიანად მიწისქვეშა ქსელის საშუალებით

წარმოებს. საკუთრივ ასხზე, მაგალითად, წყაროც კი არსად მოიპოვება და პირუტყვი თუ ადამიანი კარსტულ რაბოებში⁽¹⁾ შემორჩენილი გუბეების ამარა არის. რადგან კირქვების ფუძე საერთოდ დასავლეთისკენ არის დახრილი, კარსტული წყალიც ძირითადად იქეთკენ მოძრაობს და ასაზრდოებს ისეთ მდინარეებს, როგორც არიან წაჩხური (ტეხურის მარცხენა შენაკადი), აბაშა და სხვა. ეს გარემოება მეფერტს [1] სწორად აქვს შენიშნული.

ცხადია, ასეთ პირობებში მოსახლეობა და აგრიკულტურა შეუძლებელი არის. მთელი მასივი დაფარულია საბალახოებით ან ტყეებით. გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ მდ. ოკაციის (ერთიგის ცხენისწყალს სოფ. ნოლასთან) ხეობა, რომელიც დაკავშირებული არის შუა ცარცის თიხიან-ქვიშიანი ქანების ზოლთან, უმთავრესად ალბურ მერგელებთან და თიხებთან. თვით ეს მდინარეც ქვემო ნაწილში ქვედა ცარცის კირქვებზე გადადის და აქ მისი ღრმა კალაპოტი იმდენად ვიწრო ნაპრალში არის მოთავსებული, რომ კაცი ვერც კი შეამჩნევს, სანამ ზედ არ გადაადგება. მიწისზედა წყლები გვხვდება აგრეთვე სოფ. სოფ. გორდისა, დიდღვებუნისა და ჟუშკის მიდამოში, სადაც გაშიშვლებულია შუა ცარცის ვულკანოგენური წყება.

კირქვების ფუძე, რომელიც ძირითადად პორფირიტული ბაიოსით არის წარმოდგენილი, მხოლოდ კირქვის კარნიზებს ქვეშ შიშვლდება ჩხოროწყუს, ჯონოულის და ცხენისწყლის ხეობაში (სოფ. ნოლამდე). სამხრეთ-დასავლეთისაკენ, რელიეფისა და წყებათა საერთო დაძირვის გამო, უძველესი ფორმაციები თანდათანობით იფარებიან და აღარც კარნიზები არის.

უკვე გეომორფოლოგიური თვალსაზრისით შესაძლებელი არის ასხის მთის კომპლექსში რამდენიმე ნაწილი გავარჩიოთ.

ა) ჩრდილო, აღმოსავლეთი და სამხრეთი კალაოა სოფ. ნოლამდე. აქ კირქვის კარნიზებს ქვეშ გაშიშვლებულია, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ვულკანოგენური ბაიოსი და, მცირე მანძილზე, ფერადი წყებაც. ამ სასაზღვრო ზოლის არც ჰიდროგრაფია და არც რელიეფი დანარჩენი კომპლექსისას არა ჰგავს.

ბ) საკუთრივ ასხის მთა, რომელიც ზემოთ იქნა შემოსაზღვრული.

გ) საწერქოს სერი დასავლეთისკენ, ადგილში, რომელსაც დიდი კარავი ჰქვია, ორად იყოფა: ჩრდილო ტოტი მწვერვალებით ოფიცარი, მატარა, ოგეჯა და სამხრეთი ტოტი, ტოპოგრაფიულ რუკაზე მუჩერის ქედად წოდებული. ამ ორ ქედს შუა მოთავსებული არის, მაიღნის რამდენადმე სიმეტრიულად, სინკლინური მთა ქვიბია. ქვიბია საკმაოდ მსუბუქად არის დასავლეთისკენ დახრილი, მაგრამ ოდიშის ნეოგენური აუზისაკენ შრეებისა და რელიეფის დაქანება უეცრად მატულობს და წარმოიშვება მკაფიოდ გამოსახული მაღალი მიუხლი, რომელიც საერთოდ კავკასიონის კირქვიანი ქედების სამხრეთ საზღვარს მიუყვება და უკვე აბიხის მიერ იქნა შემჩნეული.

⁽¹⁾ რაბო (გავონილია სოფ. ღვედში) თიხა-ქვიშით ამოვსებული კარსტული ძაბრების ტაფობს ეწოდება. კარსტულ მხარეებში ეს თითქმის ერთადერთი ადგილია, სადაც ხენათესვა შეიძლება. სიტყვის მნაშენელობას თუ ოდნავ შევცვლით, ეს იქნება აგრეთვე ისიც, რასაც ბალკანეთის ქვეყნებში პოლეს უწოდებენ.

დ) ქეიბიის ჩრდილოეთით, მატარა-ოგეჯის ქედის გადაღმა მოთავსებულია მსგავსი, მაგრამ უფრო მცირე სინკლინური ჩაღრმავება, რომელსაც შაქვის მთა შეიძლება ვუწოდოთ (შაქვი პატარა ლეღა, ტეხურის მარცხენა შენაკადი). შაქვის სინკლინი დასავლეთისკენ თანდათან ფართოვდება, მაგრამ მხოლოდ ტეხურამდე. შემდეგ იგი გადადის ძლიერ შევიწროებულ, პრაქტიკულად იზოკლინურ დობერაზენის სინკლინში. ნეოგენის აუზში ვასვლამდე ტეხური ამ სინკლინს მიჰყვება. მდინარის მარჯვენა და მარცხენა ნაპირზე, ერთი-მეორისაკენ თითქმის შვეულად დაქანებული კირქვები 700 მეტრის სიმაღლიდან დაპყრებენ ხეობას.

ასხის მთა და ქეიბია კომპლექსის ჩრდილო, მაღალ ნაწილს წარმოადგენს. მაღალი და საკმაოდ ციკაბო ფერდით, რომელიც საწერეთოს სერისა და მუჩერის სამხრეთ ფრთას მიჰყვება, მისგან მკაფიოდ იმიჯნება მეორე, ბევრად უფრო დაბალი ნაკვეთი. უკანასკნელი თავის მხრით შეიძლება გავყოთ ორად:

ე) მდინარე ოკაცის ხეობა და მის აღმოსავლეთით მდებარე მთა. აქ ზედა ცარცი დაცული აღარ არის.

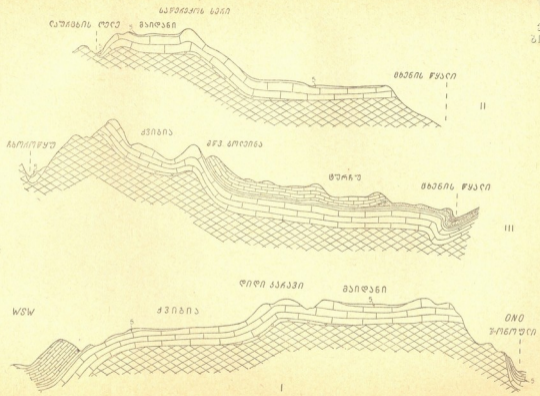
ვ) მდ. ოკაცის დასავლეთით მდებარე ნაწილი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ზედა ცარცული კირქვების სქელი საფარი. მხოლოდ სოფ. სოფ. გორდის, დიდღვაზუნის და ჟუშკის ზოლში უკანასკნელი ეროზიას გადაურეცხავს და ცარცის ვულკანოგენური ფორმაცია გაუშინებელია. განსაკუთრებით აღსანიშნავია მთა ტურჩუ, რომელიც გრანდიოზულ კარსტულ რაბოს (პოლეს) წარმოადგენს.

ეს ქვედა საფეხურიც სავსებით იმეორებს ზედა საფეხურის მორფოლოგიას. ისიც დასავლეთისკენ არის დახრილი და სამეგრელოს შესამეფული აუზისაკენ მკაფიო მუხლით თავდება.

ასხის მთის კომპლექსის პირველი გეოლოგიური რუკა სიმონოვიჩმა მოგვცა. ეს დოკუმენტი, რომელშიც არსებითი ცვლილება არც ფურნიეს შეუტანია, დღეს უკვე მოძველებული არის. პირიქით, საკმაოდ მიახლოებით არის ასახული ამ რაიონის გეოლოგიური აგებულება მეფერტის შრომებში [1, 2], რომელნიც ამ კუთხის შესახებ ჩვენ წარმოადგენათა განვითარების მნიშვნელოვან ეტაპს წარმოადგენენ. მიუხედავად ზოგი შეცდომისა, რუკა ფორმაციათა გაგრეცელების ძირითადად სწორ სურათს იძლევა, ხოლო ქრილებზე უკვე შეიძლება ამ კუთხის ტექტონიკის თავისებურების ეჭვი ავიღოთ. ამიტომ მე ლაპარაკი მომიხდება ძირითადად მხოლოდ იმ შესწორებებზე და დამატებებზე, რომელთაც ამ ავტორის შეხედულებანი საჭიროებენ.

პ ო რ ფ ი რ ი ტ უ ლ ი წ ყ ე ბ ა, რომელიც ასხის კომპლექსის ფუძეს წარმოადგენს, თითქმის ერთიანად მასივი ტუფბრექჩიებისაგან შედგება.

მეფერტის რუკის მიხედვით მას უნდა მოჰყვებოდეს ფერადი წყების უწყვეტელი ზოლი, მაგრამ ეს შემცდარი სტრატეგრაფიული სქემის გამოხატულება არის და არა სინამდვილისა. ვულკანოგენური ფერადი, მართალია, ზუბთან გვხვდება ცხენისწყლის მარჯვენა ნაპირზე, მაგრამ ზევით შორს არ მდის და მალე ისოლება. ასხის კარნიზის ძირშიც ჯონოულისკენ ქვედა ნეოკომურის კირქვები უშუალოდ ეხებიან ბაიოსს. სამხრეთით ისუნდერის თავზე,



სურ. 2. I, მაიდანისა და ტეიზის გასწვრივი კრილი; II და III, ორა მერიდანულა კრილი. (სიგნატურა როგორც სურ. 1-ზე)

ლაგუნური ფერადი უნდა იყოს, როგორც ამას ღელის მიერ ჩამოტანალი თაბაშირი ამტკიცებს, მაგრამ უფრო დასავლეთით ღვედისკენ პორფირიტულს ისევ ტრანსგრესიული ცარცი ადევს თავზე. ტეხურის ხეობაშიც, როგორც თვით ტეხურის, ისე ჩხოროწყუს გასწვრივ, ცარცის და ბაიოსის უშუალო შეხება გვაქვს. სამაგვიროდ ზევით ოფიცარის კარნიზს ქვეშ ჩხვინდგულასა და ჯვარს შუა ფერადი წყება მშვენივრად არის განვითარებული. მას ნარავეი ხასიათი აქვს. წარმოდგენილია თაბაშირიანი ლაგუნური ნალექები და შიგ ვულკანური ზეწარიც გვხვდება თანამგზავრი ტუფოგენური ნალექებით. ამ უდავო ფერადს ქვეშ განვითარებულია მწვანე, შედარებით ფხვიერი ტუფბრექჩიების სქელი წყება, რომელიც ტიპური ბაიოსისგან საგრძნობლად განსხვავდება. შესაძლებელია ისიც სოფ. ქვილიშორის მიდამოების ტუფების ანალოგი იყოს და აგრეთვე ფერადს ეკუთვნოდეს, მაგრამ ამ საკითხის გამორკვევის საშუალება არა მქონია.

ამრიგად ქვედა ცარცის ტრანსგრესია ცხადად არის გამოხატული. ამ მხრივ უკვე თქმულს უნდა დაემატოთ, რომ ზუბის ჩრდილოეთით, მდ. ყვრეშულის სათავეებთან, ასხზე მიმავალი გზის პირას შეიძლება ვნახოთ, თუ როგორ იწყება ქვედა ნეოკომური ფუძის კონგლომერატით, რომელიც ძირითადად პორფირიტული წყების მასალისგან შედგება. უფრო სამხრეთით გაერცვლებული კვარცის ქვიშები აქ არ არის.

ნეოკომური კირქვების სისქე კომპლექსის შუა ზოლში, კერძოდ საკუთრივ ასხზე, ოთხასიოდე მეტრამდე აღწევს.

ამონიტების მდიდარი ფაუნით დახასიათებული აბტური მკიდროდ არის ბარემულთან დაკავშირებული. მას მაიდანზე დიდი ფართობი უჭირავს და ისევე ინტენსიურად არის დაკარსტული, როგორც ნეოკომური, რაც სხვაგან იშვიათად გვხვდება.

შუა ცარცის ქრილი სამხრეთისაკენ (ნოლა-გორდის რაიონი) ისეთივე არის, როგორც ქუთაისში წყალწითელაზე ან წყალტუბოს მიდამოში: ალბური თიხები, გლაუკონიტიანი ქვიშაქვა, გლაუკონიტიანისზედა კირქვები, ვულკანოგენური წყება. ზოგან თითქო გლაუკონიტიანი ქვიშაქვებიც ვულკანოგენური ფაციესით არის შენაცვლებული, რაც ჯერ კიდევ შემოწმებას მოითხოვს. გლაუკონიტიანისზედა კირქვა გორდის სამხრეთით ფუძის კონგლომერატით იწყება. ვულკანოგენური ფაციესი კირქვებთან ხშირ მორიგეობაში იმყოფება და ჩრდილოეთისკენ სავსებით ისოლება.

ზედა ცარცული კირქვების სისქე გორდთან 300—400 მეტრამდე იქნება.

მეფერტის მიხედვით ზედა ცარცი სრული თანდათანობით უნდა გადადიოდეს ქვედა მეესამეულში. ამ შეხედულობის მცდარობა დღეს საეჭვო აღარ არის [4]. კერძოდ, ბუმბუას ხიდან ცხენისწყლის მარცხენა ნაპირზე ტრანსგრესიული ეოცენი უშუალოდ ვულკანოგენურ ცარცს ადევს თავზე. საერთოდ ბუმბუას ხილსა და ქუთაისს შუა ზედა ცარცული კირქვები არსად გადარჩენილა. თვით ბუმბუას ხიდან (ისევ მარცხენა ნაპირზე) შუა ეოცენს ქვეშ წი-

ნასწარი განსაზღვრის თანახმად პალეოცენიც უნდა იყოს და ამგვარად შუა ეოცენის ტრანსგრესიის გვერდით დასტურდება ჭვედა ეოცენისაც.

ბუმბუას ხილსა და დიბერაზენს შუა ეოცენის კირქვებს მოჰყვება თევზებია-ნი (ლიროლევისიანი) მერგელები, ტრანსგრესიული მიკოპური და ტრანსგრესიულივე ჩოკრაკული.

სტრატეგრაფიის ამ მოკლე მიმოხილვის შემდეგ შეიძლება ტექტონიკაზე გადავიდეთ. ამ მხრივაც მეფერტის რუკაში რამდენიმე შესწორება არის შესატანი.

ასხის კომპლექსის სამხრეთით ამ მკვლევარს გაჰყავს რეგიონული ხასიათის შესხლეტის ხაზი, რომელიც დასავლეთისკენ მდ. ხოფს იქით გრძელდება, ხოლო აღმოსავლეთისკენ დღნორისასა და თხმორზე გავლით სოფ. საკეცამდე მიდის [2]. როგორც ვიცით, აღმოსავლეთისკენ ოკრიბასა და რაჰაში ასეთი წყვეტა არ არსებობს [3]. არ არსებობს იგი არც ბუმბუას ხილის დასავლეთით [5]. ბუმბუას ხილსა და ნოლას შუა მშვენიერად გამოისახული სინკლინი არის. ნაოკი სამხრეთისკენ არის გადაწოლილი, მაგრამ გაწყვეტის მაჩვენებელი არაფერი ჩანს. მეფერტს აქ, ცხენისწყლის მარცხენა ნაპირზე მეორე შეცოცების ხაზიც გაჰყავს და მის საბუთად ეოცენის და ვულკანოგენური ცარცის უშუალო კონტაქტი მიაჩნია, რადგან ეოცენის ტრენსგრესია მისი აზრით დასავლეთ საქართველოში არ არსებობს. ნამდვილად კი ხსენებული ანორმული შეხება გრძელდება ბუმბუას ხილიდან მათხოჯის მონასტრამდე და იქ პერიკლინურ რკალს აკეთებს. ასე რომ შეხების ტრანსგრესიითი ბუნება ყოველ ექვს გარეშე არის.

ნოლასა და ღვედს შუა მართლაც არსებობს უკიდურესი სიცხადით გამოსახული შესხლეტა, მაგრამ არა იქ, სადაც მეფერტი აღნიშნავს, არამედ ცხენისწყლის მარჯვენა ნაპირზე. აქ ოციოდე გრადუსით სამხრეთ-დასავლეთისკენ დაქანებულ აპტურს ებჯინება და თავზე დაჰკურებს პორფირიტული წყება. გადაადგოლების ვერტიკალური ამპლიტუდი 100 მეტრი თუ იქნება. აწეულია ჩრდილო ბაგე.

დასავლეთისკენ შესხლეტის ამპლიტუდი სწრაფად კლებულობს, ხოლო აღმოსავლეთისკენ, რაკი მას კირქვები აღარ მიჰყვება, პორფირიტულ წყებაში მისი გაკვლევა აღარ ხერხდება. მაგრამ სოფ. ოსუნელის ჩრდილოეთით ცნობილი არის კარვად დასაბუთებული შესხლეტა, რომელიც ჩემ მიერ წინათ იქნა შენიშნული [3]. აქაც ჩრდილო ბაგე არის აწეული. საკმაო საფუძველი არის ვიფიქროთ, რომ ეს ორი წყვეტა ერთისადაიმავე ტექტონიკური ხაზის ნაწილებს წარმოადგენს.

ბუმბუას ხილის სინკლინი აღმოსავლეთისაკენ ერთხანს ცხენისწყალს მიჰყვება, მაგრამ სოფ. გელავერთან მარცხენა ნაპირზე გადის და შემდეგ უდაბნოსაკენ¹ პერიკლინურად თავდება. აქ სინკლინის ღერძთან დაკავშირებულია მკირამპლიტუდიანი სამხრეთისაკენ მიმართული შესხლეტა, რომლის გასწვრივ

¹ ძველი ნამონასტრევი, მდებარეობს ღვედსა და მელაურს შუა.

ჩრდილო ფრთის ფრგონი უშუალოდ ებჯინება სამხრეთი ფრთის ალბურ თიხებს. წვეტის ხაზს რკალური ფორმა აქვს და ორივე ბოლოთი მთავარ შესხლეტას უერთდება.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ გელავერ-ბუმბუს სინკლინის ჩრდილო ფრთაში ეოცენის და ზედა ცარცის კირქვები სამხრეთისკენ არიან გადახრილი, მაგრამ ზვეითკენ ანტიკლინური გადახრის ნაცვლად ისინი თითქმის ჰორიზონტული წოლით უერთდებიან ტურჩუს ზედა ცარცს. ამრიგად სინკლინს ჩრდილოეთისკენ საზღვრავს არა ანტიკლინი, არამედ მკაფიო მონოკლინური მუხლი. ღვედის შესხლეტაც სწორედ ამ მუხლთან არის დაკავშირებული.

მეორე დიდი შესხლეტის ხაზის მეფერტს ასხის მთის კომპლექსის ჩრდილოეთით გაჰყავს. ეს დისლოკაცია ლჩხუმში უნდა იწყებოდეს მდ. ლაჯანურის ხეობიდან [2]. რომ იქ იგი დაუსაბუთებელი არის, ეს ადრევე მაქვს აღნიშნული [4]. ასხის ჯვრის დასავლეთითაც მდგომარეობა ისეთივე არის. ჩხოროწყუს ხეობაში განვითარებული არის მეტად შვეიწროებული ქვედა ცარცის სინკლინი, რომელიც ლაშის ყელისა და საზაფხულო კარვის ღელის (ლაურცხის მარჯვენა ტოტი) სინკლინის ანალოგს წარმოადგენს [4]. სინკლინის გულში მოთავსებულია ნამარხიანი აბტური. რადგან სინკლინის ჩრდილო ფრთაში წარმოდგენილი არის ქვედა ნეოკომურიც, შესხლეტის დასაშვებად საფუძველი აღარ რჩება. ჩხოროწყუსა და ტეხურის შეერთების შემდეგ ტექტონიკური პირობები უფრო რთულია, მაგრამ შესხლეტვის სინამდვილეზე ვერც აქ დავრწმუნდი. პირიქით, მწვერვალი მიგარია აგებული ჩანს არა ზედა ცარციით, როგორც მეფერტი აღნიშნავს, არამედ ნეოკომურით, რომელიც ბუნებრივად ადევს თავზე პორფირიტულ წყებას. ამრიგად გაწყვეტისათვის არც იქ რჩება ადგილი.

ამ მთავარ შესხლეტას იგივე ავტორი უკავშირებს მეორეს, რომელიც ჯვრის დასავლეთით იწყება ჩხოროწყუს ხეობაში, სამხრეთიდან მოუვლის შაქვის სინკლინს და მიგარია დასავლეთით ისევ მთავარ შესხლეტას უერთდება. ეს ტექტონიკური ხაზი ორ ადგილას შევამოწმე: ჯვარზე და ტეხურის ხეობაში. ჯვარზე მეფერტის მიერ აღნიშნული ზედა ცარცის ნაცვლად ჩხოროწყუს სინკლინის ნეოკომური კირქვები არის ნორმულად განვითარებული, ხოლო ტეხურის ხეობაში მეფერტის რუკა ძირითადად შემცდარი აღმოჩნდა და რუკაზე აღნიშნული წვეტის მსგავსი სრულიად არა ჩანს რა. დობერაზენ-შაქვის სინკლინის ჩრდილოეთისკენ სრულიად ნორმულად მოსდევს ანტიკლინი, რომლის გასწვრივ ბაიოსური არის გაშიშვლებული, და შემდეგ ჩხოროწყუს სინკლინი. ორივე უკანასკნელი ნაოკი სწრაფად იკარგება მიგარიათ დიდი ანტიკლინის სამხრეთ ფრთაზე გაეკეებით. სამუშაოდ, ეს მხარე ჯეროვანად დავილი არა მაქვს და ზოგი რამ ჯერ კიდევ შემოწმებას მოითხოვს. ყოველ შემთხვევაში ამ დეტალებს ჩვენთვის ახლა მნიშვნელობა არა აქვს.

თქმულის შემდეგ შესაძლებელი არის ასხის მთის კომპლექსის საზღვრები რამდენადმე დავახუსტოთ. ჩრდილოეთისაკენ საზღვარი იქნება ლაშისყელ-საზაფხულო კარვის ღელის სინკლინი და ჩხოროწყუს სინკლინი, ხოლო სამხრეთით ბუმბუა-გელავერის სინკლინი და ღვედ-ოსუნელის შესხლეტა. აქედან კარ-

გად ჩანს, რომ ასხის მთის კომპლექსი ყველა ზნრით მკაფიოდ არის ტექტონიკურად გამიჯნული. მხოლოდ ჯონოიულის შესართავსა და სოფ. ლედს შუა საზღვარი წმინდა ეროზიული არის და ასხის მასივი ბუნებრივად ებმის ხვამლ-კორმალიასას.

ხსენებულ ორ ხაზს შუა მოთავსებული ზოლის ინდივიდუალობა საბუთდება არა მარტო ტექტონიკით, არამედ განსაკუთრებით მისი გეოლოგიური წარსულითაც. ზედა იურაში აქ ნაწილობრივ ლავუნები და ძირითადად ემერსია გვაქვს. რელიეფი ამ დროს საქართველოს ბელტისას უკავშირდება. ცარცული ნალექების სისქე კი 800 მეტრზე მეტი იქნება. მაშასადამე, ამ ხნის განმავლობაში ზოლი, სულ მცირე, 900 მეტრით მაინც დაძირულა. ის გარემოება, რომ გელავერ-ბუმბუას სინკლინის სამხრეთით ცარცული ნალექების სისქე ნაკლები არის, ნათელს ხდის რომ დაძირვის მაქსიმუმი სწორედ ასხის მთის ზოლს ემთხვევა. ამ მხრივ ეს ზოლი ლეჩხუმის სინკლინის უშუალო გაგრძელებას წარმოადგენს [4].

მდგომარეობა კიდევ უფრო მკაფიო ხდება ეოცენის ტრანსგრესიების დროს, როდესაც ასხის მთის ზოლში ზედა ცარცული ნალექები ხელუხლებელი რჩება, ხოლო სამხრეთით და ჩრდილოეთით წარმოებს ინტენსიური დენუდაცია, რომელიც ზოგან პორფირიტულ წყებამდე აღწევს (ლაშისყელის სინკლინი).

დაძირვა გრძელდება ოლიგოცენსა და მიოცენშიც ქვედა სარმატულამდე ჩათვლით. ქვედა სარმატულს შემდეგ კი ზღვამ საბოლოოდ დასტოვა რაქა-ლეჩხუმის სინკლინი და, ჩანს, ასხის მთის ზოლიც. იწყება საწინააღმდეგო მოძრაობა—აწევა და დღეს საკუთრივ ასხის მთის აბტური 1700—1800 მ უფრო მაღლა მდებარეობს, ვიდრე ამავე ასაკის ნალექები გელავერ-ბუმბუას სინკლინის სამხრეთით. ეს განსხვავება კიდევ მეტი იქნება, თუ შესადარებლად ლეჩხუმის სინკლინის აბტურს მივმართავთ.

ის გარემოება, რომ ჩრდილოეთით და სამხრეთით ასხის მთის ზოლი საკმაოდ მკვეთრად ისაზღვრება იზოკლინური ნაოქებით და რომ თვით ზოლში ნალექები თითქმის ჰორიზონტული დარჩენილან (თუ საწერეკოს სერის მონოკლინურ მუხლს მხედველობაში არ მივიღებთ), გვაფიქრებინებს, რომ მოძრაობას ბელტური ხასიათი აქვს.

უკანასკნელი დასკვნა ბევრად უფრო მკაფიო სახეს მიიღებს, თუ ასხის მთის კომპლექსისა და რაქა-ლეჩხუმის სინკლინის დამოკიდებულებას განვიხილავთ.

რაქა-ლეჩხუმის სინკლინი დასავლეთისაკენ ლაშისყელის იზოკლინური სინკლინით გრძელდება. იზოკლინურივე ხასიათი აქვს რაქა-ლეჩხუმის სინკლინს მდ. ლაჯანურის აღმოსავლეთითაც. ამ ორ ადგილს შუა კი სინკლინი ფართოდ არის გაშლილი და მის ფსკერზე ცარცული შრეები პრაქტიკულად ჰორიზონტული უნდა იყვნენ, ნეოგენის ნალექებში კი ზეწრული ხასიათის ტალღებრივად გაშლილი დეხვირის ანტიკლინი არის განვითარებული. სინკლინის ასეთი უწვეულო ფორმა მხოლოდ იმით შეიძლება აიხსნას, რომ შუა ლეჩხუმში (ლაჯანურის ხეობიდან სარეწკელამდე) ცარცულ ნალექებს ქვეშ რაღაც შედარებით უდრეკი სხეული ანუ ბელტი არის, რომელმაც ნორმული დანაოქება შეუძლე-

ბელი გახადა. ეს ბელტი, ცხადია, ასხის მთის ბელტის გაგრძელებას წარმოადგენს. ცარცულ პერიოდში და მესამეულში ქვედა სარმატულამდე ჩათვლით ორივე ბელტის ისტორია ერთგვარად მიმდინარეობდა, ხოლო შემდეგ ასხის მთის ბელტს თითქმის 2000 მეტრის შეფარდებითი აწვევა განუცდია. ამრიგად წარმოშობილა კირქვების ის მონოკლინური ნაოჭი, რომელიც ასხის მთას საზღვრავს აღმოსავლეთისაკენ, და რომელსაც შეიძლება ჯონოულის მუხლი ვუწოდოთ. ბუნებრივია, რომ ამ ფლექსურისებურ ნაოჭში ცარცული შრეები ძლიერ გათხელებულა და შემდეგ, ჩანს, გაწყვეტილა კიდეც. ამის მაჩვენებელია პორფირიტული წყების ზოლი, რომელიც აღმოსავლეთით უვლის ასხის მთას და ლაშისყელის სინკლინის სამხრეთ ფრთამდე აღწევს. აქედან ჯვარის გადასავლისკენ სინკლინის ფსკერი, როგორც ვიცით, ზევით ამოდის [4] და კირქვები გაწყვეტილი აღარ არიან. ის მონოკლინური მუხლიც, რომელიც ასხის მთის კომპლექსს ოდიშისაკენ საზღვრავს, დიფერენციული აწვევის შედეგი არის და საშუალებას გვაძლევს წარმოვიდგინოთ, თუ როგორი იქნებოდა ჯონოულის მუხლი მისი განვითარების საწყის სტადიაში.

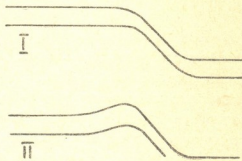
აღნიშნულ ვერტიკალურ მოძრაობათა არსებობა ბუნებრივად აყენებს საკითხს მათი მექანიზმის შესახებ. კერძოდ, დანაოჭების მოვლენებთან უნდა იყვნენ ისინი დაკავშირებული, თუ დამოუკიდებელ მოვლენას უნდა წარმოადგენდნენ, როგორც შეიძლება ვიფიქროთ ოსცილაციური თეორიების მიხედვით.

ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად საჭირო იქნება უფრო დეტალურად შევხვით ასხის მთის კომპლექსის ტექტონიკას.

მეფერტის მიერ მოცემული ჭრილები უკვე საკმაოდ სწორ წარმოდგენას იძლევიან ამ ტექტონიკის თავისებურებაზე. პირველივე შეხედვით აქ თითქო კოლოფურ ნაოჭებთან გვაქვს საქმე და უკვე აქედან ცხადი ხდება, რომ ასეთი სტრუქტურის წარმოშობა მხოლოდ ტანგენსური შეკუმშვის შედეგად შეიძლება წარმოშობილიყო. დეტალური ანალიზი ამ შეხედულებას კიდევ უფრო ამტკიცებს, თუმცა იმავე დროს ადვილად ვრწმუნდებით, რომ ნამდვილ კოლოფურ ნაოჭებზე აქ ლაპარაკი არ შეიძლება. მართლაც, ცარცული კირქვები უთანხმოდ ადევს ადრევე დანაოჭებულ პორფირიტულ წყებას, რომლის აგებულება ჯერჯერობით შესწავლილი არ არის. ამიტომ არავითარი საფუძველი არა გვაქვს ვიფიქროთ, რომ ცარცული კირქვების სტრუქტურას პორფირიტული წყებაც იმეორებს. არ ეგუება კოლოფური ნაოჭების წარმოდგენას არც საწერეთის სერისა და მუჩრის მონოკლინური მუხლის არსებობა. მაგრამ ის გარემოება, რომ ასხის მთის კომპლექსი ჩრდილოეთითაც და სამხრეთითაც იზოკლინური ნაოჭებით ისაზღვრება, რომ ამ ნაოჭების მიმართულება კარგად ეთანხმება კავკასიონის ნაოჭებისას და რომ ბუმბუა-გელავერის სინკლინი აღმოსავლეთისაკენ შესხლეტაში გადადის და არა ნახსლეტში, ცხადად მოწმობს, რომ საქმე გვაქვს სწოროდ ტანგენსურ შემჭიდროებასთან, რომელიც კავკასიონის დანაოჭებასთან არის დაკავშირებული.

შეიძლებადა გვეფიქრა, რომ ზემოხსენებული მონოკლინური მუხლი, რომელიც საკუთრივ ასხის მაღლობს ტურჩუ-კინჩხის საფეხურისაგან ჰყოფს, ნამდვილ ფლექსურს წარმოადგენს და გაწელებისა და ვერტიკალური გადაადგი-

ლების შედეგად უნდა ჩაითვალოს, მაგრამ ახლო დაკვირვება ასეთ დასკვნას არ ამართლებს. საწვრტეკოს სერის ანტიკლინი სწორედ ხსენებულ მუხლთან არის დაკავშირებული. იგი ტანგენსური შეკუმშვის უდავო მოწამე არის და ნათლად ამტკიცებს, რომ მოვლენა დამანაოკებელი ძალების შედეგი არის. ეს კარგად ჩანს ტიპური ფლექსურის და საწვრტეკოს სერის მუხლის სტრუქტურული კრილის შედარებიდანაც (სურ. 3). რაც შეეხება საკუთრივ ვერტიკალურ გადაადგილებას, რომელიც ნაოკს ასეთ თავისებურ ხასიათს აძლევს, იგი ზედა საფეხურის აწევის შედეგი არის და არა ქვედა საფეხურის დაწევისა, როგორც ფლექსურის შემთხვევაში იქნებოდა, და არგანის ძირული დანაოკების მსგავსი მექანიზმით უნდა აიხსნას.



სურ. 3

ასეთი არის ასხის მთის კომპლექსის აზვევების მექანიზმი. მაგრამ, როგორც ვიცით, აზვევებს წინ უძღოდა ხანგრძლივი და საკმაოდ ინტენსიური დაძირვა. უკანასკნელი მოვლენა კავკასიონის გეოსინკლინის დაძირვის ნაწილ შემთხვევას წარმოადგენს მხოლოდ და მისი ახსნაც დამოუკიდებლად ვერ განიხილება.

ამრიგად ასხის მთის კომპლექსი შედგება ორი ბელტისაგან: ჩრდილოეთით არის საკუთრივ ასხის ანუ ქვიბია-მიდნის ბელტი, ხოლო სამხრეთით ტურჩუ-კინჩხის ბელტი. აღმოსავლეთით მათ წინ უდევს ლეჩხუმის ბელტი. სამივე ეს პატარა სხეული საქართველოს ბელტის კიდევ მდებარეობს და შედარებით დიდ მოძრაობას (აზვევება-დაძირვა) იჩენს, რაც კარგად ეთანხმება ბუზნოვის მიერ შემჩნეულ საერთო მოვლენას. ურთიერთშორის და საქართველოს ბელტთან ეს სხეულები დაკავშირებული არიან უფრო პლასტიური ზოლებით, რომლებშიც ვითარდება არა მარტო მონოკლინური, არამედ იზოკლინური ნაოკებიც კი. უკანასკნელი გარემოება ამტკიცებს, რომ ეს სწორედ პლასტიური ზოლებია და არა მხოლოდ გაწყვეტის ხაზი.

ღია რჩება საკითხი, თუ რას წარმოადგენენ ეს სხეულები, საქართველოს ბელტის განაპირა ნაწილს, რომელიც კავკასიონის გეოსინკლინის განვითარებაში იქნა ჩართული, თუ, პირიქით, გეოსინკლინის პერიფერიულ უბნებს, რომელნიც ბათური დროის დანაოკების შემდეგ გამტკიცდნენ და საქართველოს ბელტს შეეზარდნენ. ამ საკითხის გადაწყვეტა შეუძლებელი არის, სანამ ცარცისწინა ნაოკების ხასიათი არ იქნება შესწავლილი.

ყოველ შემთხვევაში ახლავ შეიძლება აღინიშნოს ამ კუთხის ტექტონიკის თავისებურობა და მისი დიდი მნიშვნელობა დასავლეთ საქართველოს გეოლოგიური აგებულების გაგებისათვის.

სტალინის სახელობის თბილისის სახ. უნივერსიტეტი
გეოლოგიური ინსტიტუტი

(შემოვიდა რედაქციაში 3.2.1941)

Академик А. И. ДЖАНЕЛИДЗЕ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ГОРЫ АСХИ

Резюме

Под комплексом горы Асхи автор понимает часть известняковых предгорий южного склона Кавказа между рр. Джоноули и Цхенис-Цкали с одной стороны и р. Техур с другой. Он характеризуется мощным развитием меловых известняков и представляет собой западное продолжение Рачинско-Лечхумской зоны. Особенностью его является глыбовый характер тектоники. Вопрос о том, является ли комплекс горы Асхи краевой частью Грузинской глыбы, вовлеченной в движения Кавказской геосинклинали, или его следует рассматривать, как периферическую часть геосинклинали, уже после юрской складчатости достигшей значительной степени жесткости, остается открытым до детального изучения домеловой тектоники.

Тбилисский Государственный Университет

им. Сталина

Геологический Институт

ვიტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. М е ф ф е р т. Геологические исследования в Мингрелии. Труды Г.Г.—Р.У., вып. 64. Москва—Ленинград, 1931.
2. Б. М е ф ф е р т. Геологический очерк Лечхума. Матер. по общей и прикл. геологии, вып. 140. Ленинград, 1930.
3. А. Д ж а н е л и ძ ე. Геологические наблюдения в Окрибе и в смежных частях Лечхума и Рачи (печатается).
4. ა ლ. ჯ ა ნ ე ლ ი ძ ე. რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინის გაგრძელება დასავლეთისკენ. სსრკ მეცნ. აკ. საქართველოს ფილიალის მოამბე, ტ. 1, № 10, თბილისი, 1940.
5. ი. კ ა ჭ ა რ ა ვ ა. სამეგრელოს სამხრეთი კირქვიანი ზოლის გეოლოგია. (ხელთნაწერი).



ЭНЕРГЕТИКА

М. А. МОСТКОВ

О «ФАКТОРЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ» ПРИ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ

При оценке двух различных объектов народно-хозяйственного значения и при выборе их параметров, может быть предложен критерий

$$\tau = \frac{\Delta K}{\Delta D}, \quad (1)$$

имеющий размерность времени и называемый нами «фактором экономичности». Здесь K —капиталовложения и D —доходность сравниваемых объектов.

Рассматривая в качестве примера объекты энергетического строительства, можно представить доходность в виде

$$D = \sum s \dot{E} - I,$$

где s —цена единицы энергии \dot{E} данной обеспеченности, I —годовые издержки, в общем случае равные

$$I = pK + \psi \dot{E}.$$

здесь p —доля годовых затрат, пропорциональных капиталовложениям, ψ —стоимость топливной слагающей на 1 квт·час.

Фактор экономичности может быть применен при нахождении выгоднейших решений как при сравнении различных объектов энергетического или комплексного значений, так и при установлении размеров отдельных сооружений, являющихся составной частью проекта.

Применяя фактор экономичности к *отдельным схемам* энергетического использования, будем иметь:

а) при сравнении двух объектов, обладающих одинаковым количеством энергии равного качества, однако различных по капиталовложениям и эксплуатационным издержкам: из (1), поскольку $\Delta \dot{E} = \Delta s = 0$,

$$\tau_1 = \frac{\Delta K}{\Delta I} = \frac{\Delta K}{\sum p \Delta K - \sum \Delta \psi \dot{E}}. \quad (2)$$

В таком виде этот критерий совпадает с введенным в проектную практику последнего времени так называемым сроком окупаемости⁽¹⁾, выража-

⁽¹⁾ Впервые предложен С. Куцель-Краевским [1].

ющим количество лет, в течение которых окупятся дополнительные вложения (ΔK), сопровождаемые уменьшением издержек эксплуатации ($-\Delta I$). Экономически приемлемый срок окупаемости устанавливается некоторыми инструкциями [2] в 15—25 лет;

б) при сравнении двух объектов, обладающих хотя и одинаковым количеством энергии, однако разного качества:

$$\tau_2 = \frac{\Delta K}{\Delta s \Delta \mathcal{E} - \Delta I}, \quad (3)$$

где $\Delta \mathcal{E}$ относится к вторичной энергии, а Δs — разность цены первичной и вторичной энергии;

в) то же, но при различных количестве и качестве энергии двух сравниваемых объектов

$$\tau_3 = \frac{\Delta K}{\sum s \Delta \mathcal{E} - \Delta I}, \quad (4)$$

где $\Delta \mathcal{E}$ относится к энергии равной обеспеченности, которой соответствует цена s , и

г) при сравнении объектов, предусматривающих покрытие растущей потребности: если за T лет и при нехватке за этот период энергии для первого объекта в $\Delta \Pi_1$ и для второго в $\Delta \Pi_2$ оценить стоимость потерянной для народного хозяйства энергии в δ_s за 1 квт-час, то

$$\tau_4 = \frac{\Delta K}{\left(s + \delta_s \right) \frac{\Delta \Pi_1}{T} - \delta_s \frac{\Delta \Pi_2}{T} - \Delta I}. \quad (5)$$

Применяя понятие «фактора экономичности» к оценке комплексных объектов, или сравнивая их с объектами одностороннего использования, наравне с учетом дополнительных капитальных затрат на создание компонентов комплекса, необходимо учесть дополнительные годовые издержки и дополнительную доходность равную $\sum nA$, т. е. сумму от реализации объема A комплексной продукции (например, годового объема воды для ирригации или водоснабжения), имеющей цену n .

Применяя, наконец, понятие фактора экономичности к определению экономически наиболее выгодных размеров отдельных сооружений ГЭС, напишем, полагая в простейшем случае $\psi = ds = 0$:

$$D = s\mathcal{E} - I, \text{ или } dD = s d\mathcal{E} - p dK,$$

что приводит к выражению

$$\tau = \frac{1}{s \frac{d\mathcal{E}}{dK} - p}. \quad (6)$$

Пусть, например, надо определить экономически выгоднейший диаметр напорного трубопровода; если иметь в виду, что $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 - \delta\mathcal{E}$, где $\delta\mathcal{E}$ — потеря энергии на трение, равная для трубы (диаметром x) α/x^5 , а стоимость трубопровода $K = \beta x^2$, то выражение (6) дает, после простых действий, для экономического диаметра

$$x = \sqrt[7]{\frac{5s\alpha}{2\beta(p + 1/\tau)}} \quad (7)$$

Представляется существенно важным сравнить полученный результат с обычным расчетом, основанным на условии получения минимума суммы издержек βx^2 и стоимости потерянной энергии, равной $s\alpha/x^5$.

Последнее условие

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\beta x^2 + \frac{s\alpha}{x^5} \right) = 0$$

дает, как известно,

$$x = \sqrt[7]{\frac{5s\alpha}{2\beta p}} \quad (7')$$

Сравнивая (7) и (7'), находим, что результат, полученный исходя из фактора экономичности (7), однако без выполнения условия минимума, приводит к формуле обычного вида (7'), но с введением взамен p (годовая доля издержек эксплуатации), значения $p + 1/\tau$.

Поскольку величина $1/\tau$ соизмерима с значением p , заключаем, что полученные по (7) размеры сооружения (в данном случае диаметр трубопровода) будут меньшими, т. е. капитальные затраты соответственно сократятся.

Распространяя вышеприведенный вывод на экономический расчет других сооружений заключаем, что введение фактора экономичности:

- 1) позволяет обобщить методику экономических расчетов как для отдельных сооружений, так и для оценки и выбора наилучшего решения при сравнении разных объектов, и
- 2) дает основание к уменьшению размеров сооружений, т. е. позволяет обоснованно давать им более экономные решения.

Для полноты анализа необходимо уточнить понятие цены энергии (s) и других продуктов комплекса (n), упирающееся в изучение структуры производства и потребления.

Надо помнить, что «на рентабельность нельзя смотреть торгашески, с точки зрения данной минуты. Рентабельность надо брать с точки зрения

общенародного хозяйства в разрезе нескольких лет. Только такая точка зрения может быть названа действительно ленинской, действительно марксистской» (Сталин).

Грузинский Филиал АН СССР
Энергетический сектор
Тбилиси

(Поступило в редакцию 3.1.1941)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник «Проблемы Волго-Каспия», т. II. Изд. АН СССР, 1934, стр. 53.
 2. Инструкция по составлению водно-энергетических схем. Изд. Гидроэнергопроект, 1940.
-

ЭНЕРГЕТИКА

М. А. МОСТКОВ

ОБ ЭНЕРГИИ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Рассмотрим горизонтальный напорный трубопровод постоянного диаметра и толщины стенок, питающий активную турбину.

При местной скорости воды \bar{v} запас кинетической энергии на 1 погонный метр длины трубы будет

$$\omega \frac{\gamma}{g} \frac{\bar{v}^2}{2},$$

(ω —сечение), а за 1'', принимая скорость распространения изменения давления равной a , т. е. на длине $x=a \cdot 1$

$$\mathcal{E}_k = \omega \frac{\gamma}{g} \int_0^a \frac{\bar{v}^2 dx}{2}. \quad (1)$$

Запас потенциальной энергии на 1 погонный метр длины, накопленный за счет: деформации воды, при местном внутреннем давлении \bar{p} , составит

$\omega \frac{\bar{p}^2}{2K}$ (K —объемный модуль упругости воды), а деформации оболочки трубы (при отсутствии концевых закреплений), составит

$$\frac{1}{2} \frac{2\pi \bar{p} r^2 \sigma}{E}.$$

Общий запас потенциальной энергии за 1'' будет, таким образом, составлять

$$\mathcal{E}_n = \frac{\omega}{2K} \left(1 + \frac{K}{E} \frac{D}{\delta} \right) \int_0^a \bar{p}^2 dx. \quad (2)$$

Заменяя в (2) выражение в скобках через $\frac{K}{\gamma} \frac{g}{a^2}$, получим из (1) и (2):

$$\rho \frac{v}{v_0} \frac{p_0}{p} \frac{1 + \bar{\varepsilon}_v}{1 + \bar{\varepsilon}_p} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\mathcal{E}_k}{\mathcal{E}_n}}. \quad (3)$$

(¹ Аллиев [1] не учитывает изменения скорости и давления, приходя к неточному выводу $\rho = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\mathcal{E}_k}{\mathcal{E}_n}}$.

Здесь $\rho = \frac{\gamma}{\rho_0} \frac{av_0}{2g}$ — известная из теории гидравлического удара «характеристика» трубопровода, $\underline{\varepsilon}_x = \frac{\int_0^x \varepsilon_x dx}{x}$ и $\underline{\varepsilon}_p = \frac{\int_0^x \varepsilon_p dx}{x}$ представляют поправки на средние скорость и давление в трубе, причем $\bar{v} = v(1 + \underline{\varepsilon}_v)$ и $\bar{p} = p(1 + \underline{\varepsilon}_p)$, p_0 и v_0 — начальные давление и скорость у турбины, p и v то же в процессе изменения давления.

Выражая (3) в относительных величинах ($\zeta^2 = \frac{p}{p_0}$ и η — открытие), а также, в первом приближении, полагая $\varepsilon_v = \varepsilon_p$, получим, поскольку для свободного истечения $\frac{v}{v_0} = \eta \zeta$,

$$\frac{\rho \eta}{\zeta} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\partial_k}{\partial_n}} \tag{3'}$$

Общий запас накопленной в трубопроводе за t'' энергии составит $\partial = \partial_n + \partial_k$, т. е.

$$\varepsilon = \rho \eta^2 \zeta^2 + \frac{\zeta^4}{4\rho} \tag{4}$$

где $\varepsilon = \partial/q_0 p_0$ представляет относительную энергию, и q_0 — полный расход при открытии $\eta = \eta_0 = 1$.

Согласно (4) заключаем, что при переменных η и ζ изменяется и значение ε . В зависимости, однако, от ρ , т. е. для различных трубопроводов, или для разных начальных условий данного трубопровода, величина ε может быть различной, вначале уменьшаясь, а затем увеличиваясь с возрастанием ρ .

Беря $\frac{d\varepsilon}{d\rho} = 0$, находим, что при

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{\zeta}{\eta} \tag{5}$$

значение ε проходит через относительный минимум, составляющий

$$\varepsilon_{\min} = \eta \zeta^3 \tag{6}$$

при котором $\partial_n = \partial_k$.

Учитывая, что, в процессе регулирования турбины, трубопровод может последовательно проходить через различные значения $\rho_* = \frac{\rho \eta}{\zeta}$, заключаем, что на процесс регулировки или, что то же, на величину временной неравномерности, окажет влияние зона, в которой будет работать турбина. В частности, при работе турбины в зоне ε_{\min} на ее регулирование трубопровод влияния не окажет.

Исходя из (4), напишем

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \eta} = 2\rho\eta\zeta^2 + \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} \left(2\rho\eta^2\zeta + \frac{\zeta^3}{\rho} \right).$$

Далее, определяя из первой строки известных «цепных» уравнений удара

$$\frac{\partial \zeta}{\partial \eta} = - \frac{\rho\zeta_1}{\zeta_1 + \rho\eta_1}, \quad (7)$$

можно, относя рассуждения к моменту начала движения регулятора, получить:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \eta} = \frac{\zeta_1^3(2\rho\eta_1 - \zeta_1)}{\zeta_1 + \rho\eta_1}. \quad (8)$$

Поскольку $2\rho\eta_1 - \zeta_1$ определяет знак производной, то выражение (8) подтверждает указанный выше (5) критерий вида кривой энергии.

Отметим, что полученным выводом устанавливается неполнота предложенного Алиеви—Егером [2] критерия

$$2\rho - 1 \geq 0.$$

Грузинский Филиал АН СССР
 Энергетический сектор
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 20.1.1941)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. L. Allievi. Théorie du coup de bélier, 1921, p. 9.
2. C. Jaeger. Note II relative au coup de bélier etc. Schw. Bauz. В. 103, 10. II. 1934, p. 63.



БОТАНИКА

К. М. ИЛУРИДЗЕ-МОЛЧАН

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПРИВИВОЧНОГО ПОДСУШИВАНИЯ И МОЧКИ
 ВИНОГРАДНЫХ ПОБЕГОВ НА АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ

Отдел анатомии и физиологии растений Тбилисского Ботанического Института, учитывая значение физиологического состояния материала, предназначенного для прививки, проводит работу по биохимии хранения и тепличного срастания виноградных побегов. Заострив внимание на изучении процесса дыхания, тесно связанного с превращениями веществ, мы столкнулись с необходимостью в первую очередь изучить поведение фермента каталазы, являющейся, по некоторым литературным данным, показателем энергии дыхания [2].

Предыдущие опыты отдела [3, 4] указывают на некоторую возможность регулировать температурными воздействиями жизнедеятельность побега виноградной лозы при его хранении. При наличии связи жизнедеятельности побега с активностью каталазы, изучение поведения этого фермента приобретает, отчасти, и практическое значение в деле получения наиболее удачных прививок [3].

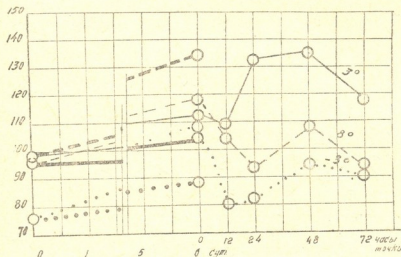
Из ряда работ [7, 8] известно, что хотя ферментативные показатели и считаются генотипическими признаками растений, но направление действия их может быть, до известной степени, искусственно смещено влиянием температуры, влажности, наркотиков и т. д.

Одной из задач современной биохимии является изыскание возможностей, для каждого отдельного случая, сознательного управления действиями различных ферментов, от соотношения которых и будет зависеть направление биохимического процесса, а с ним и физиологические свойства растений.

Настоящее сообщение является результатом двухгодичного экспериментирования, которое имело целью выяснить зависимость активности каталазы в виноградных побегах от предпрививочного подсушивания и мочки этих побегов.

Для опыта первого года предоставлен был материал из Кахетии: Ркацители (привой), 101-14 (подвой). На второй год из Борчалинского района был взят подвой 3309. В подсушивание и мочку шел материал, хранив-

шийся перед прививкой при температуре 8, 3 и -3°C . В период хранения материал, как обычно, был прикопан в песок 8—10% влажности. Перед мочкой материал первого года был взят из песка и хранился открытым в подвале при температуре 12°C в течение 6 дней, часть материала (контрольного) оставалась в песке. Подсушенный материал вымачивался при температуре 15°C . Материал второго года 3309 подсушивался и вымачивался в комнате при 20°C . Этим воздействиям он был подвергнут на месяц



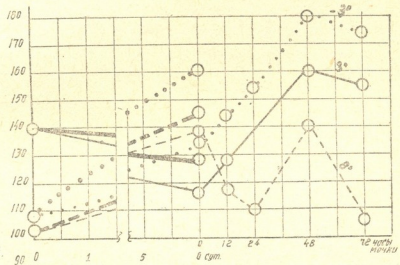
Фиг. 1. Ркацители. Активность каталазы в $\text{cm}^3 \text{O}_2$ на 1 г сырого вещества за 5 минут. Левая сторона диаграммы характеризует подсушивание в днях, правая — мочку. На оси ординат отложены $\text{cm}^3 \text{O}_2$, на оси абсцисс — сроки анализа; жирными линиями обозначен контрольный материал, хранившийся в песке.

(при 8°) и на 1,5 месяца (при -3°) позже материала первого года; анализировался только вымоченный материал. Метод определения каталазы газометрический⁽¹⁾.

Несмотря на то, что в первый и второй год сорта были взяты неодинаковые, сроки и условия воздействия были иные, максимальное поднятие активности каталазы в обоих случаях мочки приходится на 48 часов (рис. 1, 2 и 3); в остальном, активность каталазы при мочке зависит от сорта, условий хранения и т. д. Так, у привоя Ркацители в хранении наибольшая активность у материала, хранившегося при 8°C , наименьшая при -3°C . Это же соотношение остается и к концу хранения. Дальнейшая предпрививочная обработка (подсушивание, мочка) меняет соотношение вышеуказанных показателей. Так, против контроля подсушивание (рис. 1)

⁽¹⁾ Методика определения каталазы в побеге виноградной лозы дана в предыдущих работах отдела [3, 6].

повышает активность каталазы в материале при 3 и -3°C хранения и, наоборот, в материале при 8° хранения снижает ее. При общем для всего материала падении активности после первых часов мочки, т. е. до 12 часов, мочка изменяет соотношение показателей; именно, наибольшей активностью после 12 часов обладает уже материал из хранения при 3° , но не при 8° ; это показание остается до конца мочки. В материале при более низких температурах хранения (3 и -3°), поднятие активности наблюдается уже к 24 часам, тогда как при 8° повышение начинается лишь после 24 часовой мочки. Максимальная активность каталазы во всем материале приходится на 48-ой час мочки, но эта максимальная при мочке активность все же



Фиг. 2. 101-14. Активность каталазы в $\text{cm}^3 \text{O}_2$ на 1 г сырого вещества за 5 минут. Обозначения те же, что на фиг. 1.

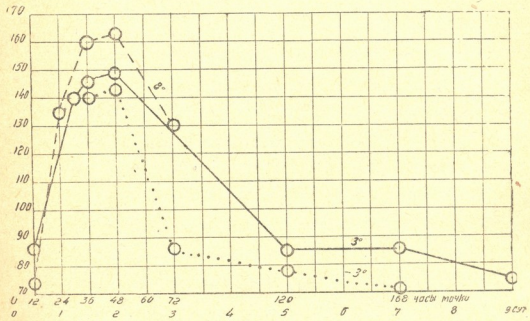
ниже активности перед мочкой; только в материале, взятом при 3°C , активность при мочке выше предшествующего показателя (рис. 1).

У подвойного сорта 101-14 (рис. 2), обратно привою, в период хранения наблюдается наивысший показатель активности в материале более низких температур хранения (3 и -3°). К концу хранения, при общем снижении активности, в материале всех трех температур хранения соотношение показателей здесь, так же как и в привое, остается без изменения. Подсушивание, по сравнению с контролем в песке, снижает активность каталазы всех вариантов опыта.

С момента вымачивания в материале подвоя 101₁₄ при 3 и -3° хранения, так же как и в материале привоя, наблюдается более ранний, чем в материале при 8° подъем активности. Этот подъем имеется уже к 12 часам мочки. Материал же при 8° хранения, так же как и привойный, дает падение активности до 24 часов, после чего наблюдается резкий подъем активности. Максимальные показатели активности каталазы (к 48 час.) у 101-14

(в противоположность привою) везде выше показателей, полученных до мочки. Дальнейшая мочка во всем опытном материале снижает активность каталазы.

У 3309 (подвой) активность каталазы в период хранения очень близка к активности сорта 101-14 [5]. В период мочки (рис. 3) он дает несколько иное, чем у 101-14, расположение кривых активности каталазы. Так, после 12 часов мочки наблюдается резкий подъем активности в материале при всех трех температурах хранения, тогда как у 101-14 материал при 8° дает снижение. Эта разница, как мы выяснили по имеющимся у нас данным, обусловлена сроком мочки и подсушивания (предпрививочное хранение



Фиг. 3. 3309. Активность каталазы в см³ О₂ на 1 г сырого вещества за 4 минуты. На оси абсцисс—время анализов побега в мочке.

3309 длине). Максимальные показатели активности, подобно данным первого года, совпадают с двухсуточной мочкой. В связи с этой вершиной активности каталазы на вторые сутки для нас представляет интерес работа Кантария [1], установившего предел предпрививочного насыщения водой подвойного материала. Он приходит к заключению, что основное напитывание водой материала происходит за одни сутки, для подсохшего (напр., при пересылке) материала он дает срок мочки двое суток.

В ы в о д ы

1. Подсушивание в подвойном материале снижает активность каталазы, в привойном же, за исключением материала, хранившегося при 8°, повышает активность.

2. В результате мочки, в привое, за исключением материала при 3° хранения, наблюдается, в общем, уменьшение активности каталазы, тогда как в подвое, наоборот, отмечается увеличение активности.

3. Максимальный подъем активности каталазы при мочке наблюдается к 48 часам, независимо от условий хранения побегов и условий мочки.

4. Мочка изменяет соотношение показателей активности каталазы материала, хранившегося при трех испытанных нами различных температурах по сравнению с предшествующими мочке показателями.

5. В материале из холодного хранения (3 и -3°) замечается при мочке более ранний, чем в материале, хранившемся при 8°C , подъем активности, причем в подвойном материале более ранний, чем в привойном.

Таким образом, как видно из полученных опытных данных, намечается возможность некоторого управления активностью каталазы в побеге виноградной лозы путем предпрививочных воздействий, в нашем случае мочкой и подсушиванием материала.

Грузинский Филиал АН СССР
Тбилисский Ботанический Институт
Отдел анатомии и физиологии растений

(Поступило в редакцию 5.11.1940)

BOTANIQUE

DE L'INFLUENCE SUR L'ACTIVITÉ DE LA CATALASE DU DÉSSECHEMENT PARTIEL ET DE LA MOUILLURE DES SARMENTS AVANT LE GREFFAGE

Par KÉTÉVANA M. ILURIDZE-MOLCHAN

Résumé

1 Le desséchement partiel du sujet abaisse l'activité de la catalase; le desséchement du greffon, par contre, la relève, sauf les cas où les greffons ont été conservé a 8°C .

2 Après la mouillure, les greffons, à l'exception de ceux qui ont été conservé a 3°C , montrent, en général, l'abaissement de l'activité de la catalase, tandis que les sujets montrent l'accroissement de l'activité.

3. Pendant la mouillure, le maximum de l'accroissement de l'activité de la catalase est observé vers 48^{h} . Ce maximum est atteint indépendamment des conditions de la conservation des sarments et de la mouillure.

4. La mouillure change la proportion des coefficients de l'activité de la catalase du matériel conservé, dans nos expériences, dans trois conditions de

temperature différentes, en comparaison avec les coefficients du même matériel avant la mouillure.

5. Le matériel conservé au frais (3° — -3°C) montre, après la mouillure, un relèvement de l'activité plus précoce, en comparaison avec le matériel conservé à 8°C ; cette précocité est plus nette dans les sujets.

Pour conclure, notons que nos observations indiquent la possibilité de gouverner l'activité de la catalase des sarments par les manipulations faites avant le greffage, dans notre cas, en se servant de la mouillure et du dessèchement partiel.

Filiale Géorgienne de l'Académie des Sciences
de l'URSS

Institut botanique de Tbilissi

Section d'Anatomie et de Physiologie végétale

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—OUVRAGES CITÉES

1. В. Кантария. Определение длительности пропитывания водой подвойного материала перед прививкой. Вестник Грузинского Государственного сельскохозяйственного института 1 (5) (на груз. яз. с русским резюме), 1938.
2. Е. Леман и Ф. Айхеле. Физиология прорастания семян злаков. Ленинград, 1936.
3. Е. А. Макаревская и К. М. Илуридзе-Молчан. Каталаза виноградных побегов в период хранения и срастания. Доклады АН, 26, 5, 1940.
4. Е. А. Макаревская. Предпрививочное хранение виноградных побегов. Виноделие и виноградарство СССР, 5, 1939.
5. Е. А. Макаревская и К. И. Илуридзе-Молчан. Каталаза виноградных побегов. Сообщение 2-ое. Печатается в Докладах АН.
6. Е. А. Макаревская. Активность каталазы у побегов виноградной лозы. Сообщения Груз. Фил. АН СССР, т. I, № 5, 1940.
7. А. И. Опариш. Проблемы управления биохимическими процессами. Вестник АН СССР, 9—10, 1938.
8. Б. А. Рубин. Ферменты и сортовые различия растений. Известия АН СССР. Биологическая серия, № 5, 1937.



БОТАНИКА

Л. И. ДЖАПАРИДZE и Н. Н. БРЕГАДZE

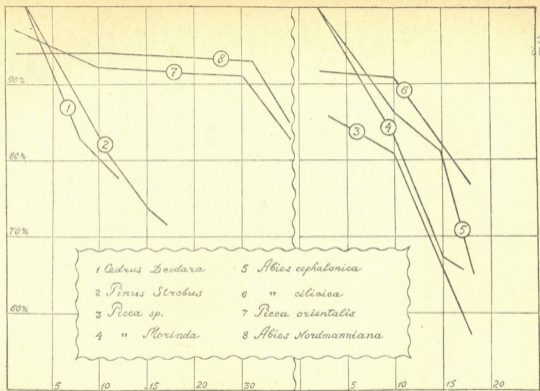
О РАЗЛИЧИИ ПЕРВЫХ СТАДИЙ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
В ЛОКАЛИЗАЦИИ ТОРУСОВ У НЕКОТОРЫХ ХВОЙНЫХ

(Материалы к изучению спелой древесины. № 9)

Необходимо показать, что возрастные изменения в локализации торусов протекают не однотипно у различных хвойных. С этой целью привлекаем следующий материал: 1) спелодревесные местные организмы: *Abies Nordmanniana* (Stev.) Spach. и *Picea orientalis* (L.) Link.; 2) спелодревесные иноземные: *Abies cephalonica* Link., *A. cilicica* Carr., *Picea Morinda* Link. и *Picea* sp.; 3) иноземные ядрообразующие организмы: *Pinus Strobus* L. и *Cedrus Deodara* Loud.

Исследования проводятся в связи с некоторыми вопросами по гистофизиологии водного ложка, разрабатываемыми в Тбилисском Ботаническом Институте [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Методика исследования дана особо [5, 6].

Для решения поставленной задачи имеем определение положения торусов для нескольких (3—4) возрастных точек радиуса ствола, в пределах 20—30 лет от камбия. На основании этого материала вычерчены кривые, показывающие возрастное колебание числа пор с центральной позицией торуса. Полученные кривые по своему построению располагаются в три группы. Кривые 1 и 2 несколько вогнуты книзу и в нижней своей части обнаруживают тенденцию к пологости, но в общем их падение стремительное. Эти кривые относятся к иноземным ядровым породам, культивируемым в Тбилисском Ботаническом саду. Кривые 3, 4 и 5, напротив, выгнуты вверх, однако имеют такое же стремительное падение. С некоторой оговоркой к этой группе можно отнести и кривую 6. Эта группа кривых относится к иноземным спелодревесным породам, культивируемым в Тбилисском Ботаническом саду. В свете выставленных нами положений [5, 6, 7], согласно которым падение числа пор с центральной позицией торуса связано со старением водопрводящей ткани, можно полагать, что древесина перечисленных иноземных хвойных в условиях Тбилиси очень рано и быстро стареет. Совершенно иную картину дают кривые 7 и 8, относящиеся к местным спелодревесным породам и постро-



1 *Cedrus Deodara* 5 *Abies cephalonica*
 2 *Pinus Strobus* 6 " *cilisiica*
 3 *Picea sp.* 7 *Picea orientalis*
 4 " *Morinda* 8 *Abies Nordmanniana*

Фиг. 1. Уменьшение процента пор с центральной позицией торуса, в связи со старением древесины (на абсциссе—взраст древесины в годах).
 Fig. 1. Decrease of the percentage of pits with central position of the torus in connection with the ageing of the wood. (On the abscissa—the age of the wood in years).

енные на основании анализа особей, взятых в своих естественных условиях обитания (Бакуриани). Как видно, число функционирующих пор, за тот же период времени, держится почти на одном уровне. Следовательно, старческое ослабление водопроводящей функции у них происходит позже. Дальнейшее поведение в них торусов, в связи с скачкообразными особенностями старения, рассмотрено нами особо [5].

Грузинский Филиал АН СССР
Тбилисский Ботанический Институт
Отдел анатомии и физиологии растений

(Поступило в редакцию 16.12.1940)

BOTANY

ON THE DIFFERENCE OF THE FIRST STAGES OF AGE CHANGES
IN THE LOCALIZATION OF THE TORI IN SOME CONIFERS

(Materials for the study of ripe wood, No. 9)

By L. I. DJAPARIDZE and N. N. BREGADZE

Summary

It seems necessary to show that age changes in the localization of the tori develop differently in different conifers. We choose to this end the following material: 1) local ripe wood organisms: *Abies Nordmanniana* (Stev.) Spach. and *Picea orientalis* (L.) Link.; 2) foreign ripe wood organisms: *Abies cephalonica* Link., *A. cilicica* Carr. and *Picea Morinda* Link.; 3) foreign heartwood-forming organisms: *Pinus Strobus* L. and *Cedrus Deodara* Loud.

The investigation has been undertaken in connection with some questions on physiology of the water carrying tracts worked out by the Tbilissi Botanical Institute [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. The methodics of investigation are given separately [5, 6].

To solve this problem we determined the position of the tori for several (3—4) age points of the stem radius within the limits of 20—30 years from the cambium. In conformity with this material, curves were traced showing the age vacillation in the number of pits with a central position of the torus. The curves obtained are disposed in three groups according to their structure. The curves 1 and 2 are somewhat concave below and in their lower part show a tendency towards sloping, but generally their fall is a precipitous one. They refer to foreign heartwood species cultivated in the Tbilissi Botanical Garden. The curves 3, 4 and 5, on the contrary, are arched upwards but have a similar precipitous fall. With certain limitation, the curve No. 6 may be considered as belonging to this group, representing

foreign ripe wood species cultivated in the Tbilissi Botanical Garden. According to our statements [5, 6, 7] the decrease of the number of pits with a central position of the torus is connected with the ageing of the water-conducting tissue; therefore it may be assumed that the wood of the mentioned foreign conifers grows old very early and rapidly under the conditions of Tbilissi. The curves 7 and 8, representing local ripe-wood species and traced according to the analysis of individual trees taken in their natural conditions of growth (Bakuriani), behave quite differently. The number of active pits for the same period of time remains almost unaltered. Consequently, in these samples the weakening of the water conducting function with growing age occurs later. The ulterior behaviour of the tori therein in connection with the peculiar leap-like ageing is discussed by us in a separate paper [5].

Georgian Branch of the Academy of Sciences USSR
Tbilissi Botanical Institute
Section of plant anatomy and physiology

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—REFERENCES

1. Н. Брегадзе. К вопросу об адсорбционных свойствах заболони и спелой дресеси-ны. Тр. Тбил. Бот. Ин-та, т. IV, 1938.
2. Л. Джапаридзе. Гваяковая смола и H_2O_2 , как реактив для обнаружения спелой дресеси-ны. Тр. Тифл. Бот. Ин-та, т. I, 1933.
3. Л. Джапаридзе. О водопроводимости спелой дресеси-ны и заболони у ели и пихты. «Природа», № 9, 1936.
4. Л. Джапаридзе. Спелодресесные породы окрестностей Тбилиси. Тр. Тбил. Бот. Ин-та, т. II, 1937.
5. Л. Джапаридзе и Н. Брегадзе. Особенности в смещении торусов при возникновении спелой дресеси-ны. Бот. Журн. СССР, 4, 1940.
6. Л. Джапаридзе и Н. Брегадзе. О распределении активных пор в дресесине ели и пихты (рукопись), 1940.
7. Л. Джапаридзе. Старческие сдвиги торусов (рукопись), 1940.
8. L. Džaparidze. Über einige Besonderheiten des Reifholzes bei *Cornus mas* L. Forst-wiss. Cntbl. LVIII, 12, 1936.



БОТАНИКА

Л. Я. ЦЕРЕТЕЛИ и Н. Н. ЧАНТУРИЯ

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ АНТИСЕПТИКОВ ПРИ ХРАНЕНИИ ПЛОДОВ ЦИТРУСОВЫХ

Разрабатывая мероприятия против гниения цитрусовых плодов при хранении, нами были испытаны различные методы и средства борьбы с важнейшими грибными организмами, вызывающими гниение цитрусовых. Эти методы можно разделить на 3 группы:

- 1) погружение плодов в различные антисептики при различных концентрациях, экспозициях и температурах растворов [1];
- 2) обработка плодоножек новым капельным методом Ph. D. Reichert и Ph. D. F. Littauer [2];
- 3) заворачивание плодов в бумагу, пропитанную различными антисептиками.

Предлагаемая заметка относится к вопросу эффективности третьей группы опытов, имевших целью испытание влияния обработки оберточной бумаги различными антисептиками, показавшими определенную токсичность в отношении опасных при хранении грибных организмов—*Penicillium italicum* Wh., *P. digitatum* Sacc., *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., *Alternaria citri* Pierce, *Fusarium* sp., *Phomopsis citri* Fawc. и др., и одновременно не влияющих отрицательно на способность плодов цитрусовых (мандарины, апельсины, лимоны) к легке.

Опыты по изучению эффективности вышеуказанного метода были начаты с 1936 года в небольшом масштабе, а в 1939 г. метод этот был проверен в виде производственного опыта на плодах, предназначенных для Всесоюзной сельскохозяйственной выставки. Плоды хранились в Тбилисском холодильнике при температуре 3—4°C и относительной влажности воздуха 85%, а также в Кохорском совхозе Лиммантреста, в обычном полуподвальном помещении, где температура колебалась между 5° и 9°C, а относительная влажность воздуха—83—90%. Оберточная бумага пропитывалась препаратом проф. Збарского в разведении 1:12000¹, иодином № 1², 8% раствором буры, 2% раствором медного купороса. Контролем служили плоды, завернутые в обычную простую и в промасленную бумагу, а также плоды,

¹ Эта концентрация взята потому, что более слабая не действовала на споры плесневых грибов.
² Согласно рецепту Томкинс (Tomkins, [3]), содержит 13 г кристаллов иода, 10 г иодистого калия, 200 см³ воды и 800 см³ чистого спирта.



уложенные в торф без оберточной бумаги. При распределении опытных плодов в ящики была применена стандартная упаковка, а также однорядная упаковка.

Результаты проведенных опытов показывают, что метод пропитки оберточной бумаги с успехом может быть применен в целях снижения потерь от гниения.

Процент порчи плодов от гниения после 75 дней хранения в холодильнике

Таблица 1

| Обработано | Общий процент гнили | | |
|--------------------------------|---------------------|-----------|--------|
| | Мандарины | Апельсины | Лимоны |
| Контроль в торфе | 12,1 | 1 | 3,2 |
| Контроль в простой бумаге . . | 8 | 10,2 | 3,4 |
| Контроль в промасленной бумаге | 6,3 | 5,2 | 2,2 |
| Иодинол № 1 | 1,6 | 2,2 | 0,7 |
| 8% раствором буры | 2,5 | 3,2 | 0 |
| Препаратом проф. Збарского . | 3,01 | 6,6 | 1,2 |
| 2% раствором медного купороса | 4 | 5,7 | 1,2 |

Как видно из таблицы 1, наименьший процент гнили отмечен у плодов, завернутых в бумагу, пропитанную иодином № 1; так, например, после 75 дней хранения на Тбилисском холодильнике процент порчи плодов от различных грибных организмов достигал у апельсинов 2,2, у мандаринов—1,6, у лимонов 0,7%, против контроля в простой бумаге—апельсины 10,2%, мандарины 8%, лимоны 2,4%. Контроль в промасленной бумаге дал следующую картину: процент гниения апельсинов—5,2%, мандарин—6,3%, лимонов—0,6%. Контроль в торфе—мандарины 12,1%, лимоны—3,2%. Второе место по эффективности занимает обработка бумаги 8% раствором буры. Так, например, процент порчи на апельсинах, завернутых в бумагу, обработанную 8% раствором буры, равнялся 3,2%, на мандаринах—2,5%, а на лимонах—0%, против контроля апельсинов, завернутых в простую бумагу—10,2%, мандаринов—8%, лимонов—2,4%. В контрольной серии с применением промасленной бумаги, процент порчи выражался для апельсинов—5,2%, мандаринов—6,3%, лимонов—0,6%. Контроль в торфе: мандарины 12,1%, лимоны 3,2%. При применении других антисептиков, как-то: 2% раствор медного купороса, препарат проф. Збарского, а также и промасленной бумаги, отмечена одинаковая эффективность (см. таблицу).

(1) Апельсинов в торфе в опытах не было.

В Кохорском совхозе из двух испытанных методов пропитки бумаги, препаратом проф. Збарского и иодином, лучшие результаты получены от последнего.

Процент порчи мандаринов от гниения после 75 дней хранения в Кохорском совхозе

Таблица 2

| Обработано* | Общий процент гнили | <i>Alternaria citri</i> | <i>Botrytis cinerea</i> | <i>Penicillium</i> |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| Препаратом проф. Збарского . | 14,7 | 13,1 | 0,9 | 3,4 |
| Иодином № 1 | 7,0 | 5,9 | 0,6 | 0,3 |
| Контроль в обычной бумаге . . | 29 | 16,0 | 6,6 | 6,2 |

Таким образом, наилучший эффект отмечен при применении пропитанной иодином № 1 оберточной бумаги и 8% раствором буры. Эффективность иодина, по данным С. W. Wardlaw и E. R. Leonard, следует отнести за счет того обстоятельства, что при наличии поверхностной инфекции, пары иодина ограничивают прорастание спор и разрастание мицелия.

Иодинизированная бумага оказалась эффективной для длительной изоляции больного плода от здорового, между тем как в ящиках с плодами, завернутыми в простую бумагу (особенно при двухрядной упаковке), отмечалось заражение контактом целыми гнездами, по 7—8 плодов, причем распространение болезни шло от одного больного плода через бумагу, на которой наблюдался пышный рост грибов *Botrytis cinerea*, *Alternaria citri*, *Penicillium italicum* и т. д. Большой процент загнивания имел место на плодах, уложенных в торф без оберточной бумаги, что следует отнести к свободному рассеиванию спор грибов в ящике, вследствие плохой изоляции плодов друг от друга. При всех прочих равных условиях, двухрядная упаковка, в противоположность однорядной, дает больший процент загнивания плодов.

Таким образом, проведенные исследования с достаточной убедительностью говорят о том, что применение оберточной бумаги, пропитанной различными антисептиками, заслуживает полного к себе внимания, как один из активных методов в борьбе с загниванием плодов при их хранении.

Для широкого внедрения этого способа в практику, необходимо произвести выбор наиболее эффективного и вместе с тем наиболее доступного по дешевизне препарата.

Станция защиты растений
НКЗ Грузинской ССР
Тбилиси

(Поступило в редакцию 15.1.1941)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Я. Церетели и Н. Н. Чантурия. Болезни плодов цитрусовых при хранении и меры борьбы с ними. Известия Груз. оп. ст. защиты растений, серия А. Фитопатология, № 2, 1940.
 2. Ph. D. Reichert and F. Ph. D. Littauer. A new method of control of wastage in oranges. Hadar. July—August, Vol. X, No. 7—8, 1937.
 3. R. G. Tomkins. Jodized wraps for the prevention of rotting of fruit. Journ. of Pomology and Hort. Science, Vol. XII, No. 4. Dec., 1934.
-



Е. А. МАКАРЕВСКАЯ

УСТОЙЧИВОСТЬ АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ У РАЗМЕЛЬЧЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

В растительном материале с большой раневой поверхностью (измельченным рашпилем, ножницами и т. п.) обнаруживаются особые свойства фермента каталазы.

Период отдельных наших наблюдений над ферментом обычно равнялся одним-двум суткам, и данные этих наблюдений сопоставлялись с данными по дыханию такого же точно, как измельченного, так и цельного материала. Материалом в основном служили побеги виноградной лозы в послетепличный период, хранившиеся перед прививкой при различной температуре и влажности [4].

Методика работы следующая. Определялось дыхание по Варбургу, иногда параллельно по потере сухого вещества: в соответствующих пробах, измельченных рашпилем и растертых с кварцевым песком и мелом, определялась активность каталазы газометрическим методом¹. Остальная часть измельченного материала, предохраненная от потери влажности, оставалась в течение суток при температуре определения дыхания (25—30°); часть материала, распределенная на навески, оставалась открытой (подсыхая). Активность каталазы определялась через 40 минут, 2—2,5 часа, 5—8 часов, сутки, иногда на вторые сутки. Через 40 минут обычно замечалось повышение активности, процентов на 10 от исходной, через 1,5 часа обычно активность равнялась исходной, потом непрерывно падала в течение суток. После суток активность часто снова поднималась, доходя до исходной или приближаясь к ней.

Направление изменений в открыто и закрыто сохранившемся материале одинаково, только по величине падение активности обычно значительнее в подсыхающем материале.

Исследование показало, что материал, интенсивнее дышащий в соответствующей ему размельченной пробе, терял в первые 2—3 часа больший процент от исходной активности каталазы, чем слабее дышащий.

¹ Методику определения каталазы в виноградных побегах см. в предыдущих наших работах [3], [5].

Через сутки соотношение менялось и больший процент потери давал уже слабо дышащий (табл. 1, №№ 1—6).

Процент потери от исходной активности каталазы у измельченного материала и дыхание соответствующего цельного материала¹

Таблица 1

| №№ опытов | Материал | Дыхание | См ³ O ₂ поглощенного на 1 г сухого вещества за 1 минуту | ‰ потери сухого вещества в размельченном материале | ‰ потери от исходной активности каталазы | | Исходный показатель активности каталазы в см ³ O ₂ на 1 г сухого вещества |
|-----------|-----------------------------|---------|--|--|--|---------|---|
| | | | | | 2,5 часа | 24 часа | |
| 1 | Побеги лозы | сильное | 0,0047 | 6 | 17 | 28 | 134 |
| | | слабое | 0,0033 | 4,6 | 12 | 31 | 102 |
| 2 | » | сильное | 0,0026 | — | 15 | 28 | 104 |
| | | слабое | 0,0021 | — | 12 | 33 | 95 |
| 3 | » | сильное | 0,0037 | — | 18 | 24 | 101 |
| | | слабое | 0,0027 | — | 14 | 29 | 84 |
| 4 | » | сильное | 0,0036 | — | 14 | — | 136 |
| | | слабое | 0,0031 | — | 11 | — | 111 |
| 5 | » | сильное | 0,0031 | 4,7 | — | 24 | 108 |
| | | слабое | 0,0016 | — | — | 28 | 95 |
| 6 | » | слабое | 0,0016 | 2,6 | — | 27 | 101 |
| | | сильное | 0,0047 | — | 20 | — | 150 |
| 7 | » | сильное | 0,0041 | — | 19 | — | 143 |
| | | слабое | 0,0017 | — | 16 | — | 146 |
| 8 | листья молодые старые | сильное | 0,0033 | 7 | — | 30 | 109 |
| | | слабое | 0,0017 | 3,7 | — | 23 | 172 |
| 9 | побеги туты сирени | сильное | — | 15 | — | 10 | 1444 |
| | | слабое | — | 7 | — | 3 | 3900 |
| 9 | побеги туты сирени | сильное | 0,0073 | — | 0 | 15 | 470 |
| | | слабое | 0,0044 | — | 20 | 29 | 93 |

При дальнейших анализах выяснилось, что, наряду с таким изменением активности каталазы, встречается меньшая потеря исходной активности у слабее дышащего материала не только в первые часы, но и за сутки (таблица 1, №№ 7, 8), а также встречается с первых же часов малая потеря исходной активности сильнее дышащего материала (таблица 1, № 9).

¹Некоторая методическая разница в условиях отдельных опытов позволяет сопоставлять данные только в пределах номера опыта.

Эти данные интересно рассмотреть в связи с показателями активности каталазы.

Сопоставляя различные работы по каталазе, современные авторы приходят к выводу, что при часто встречающемся совпадении интенсивности дыхания и активности каталазы, нередко случаи противоположных показаний активности каталазы и дыхания ([1], [2], [8]). В наших опытах мы также получили в некоторых случаях расхождение кривых интенсивности дыхания и активности каталазы и даже совсем не могли обнаружить каталазу в молодых листьях лозы в начале вегетации, хотя, несомненно, листья эти дышали энергично и, конечно, интенсивнее старых. Рид не нашел каталазы в зеленых ананасах [9]. Тоже у Оппенгеймера ([6], стр. 769, 766): безъядерные, едва дышащие кровяные тельца богаты каталазой и, наоборот, ткань мышцы, которая вызывает самые интенсивные окислительные процессы, содержит меньше всего каталазы. В этом отношении представляют большой интерес данные последнего времени об инактивной форме каталазы [7], [10], [11].

В нашем материале обращает на себя внимание то, что из двух сравниваемых проб в пробе с более интенсивным дыханием и в то же время обладающей более высоким показателем активности каталазы, наблюдается за сутки в общем меньшая потеря активности фермента в измельченном материале. Причем, например, побеги туты, по сравнению с хорошо дышащими побегами лозы (условия опыта одинаковы), дают особо малую потерю активности. В измельченном тутовом материале потеря активности не наблюдается даже и в первые часы, как то имеет место у побегов лозы, и вместе с тем тутовый материал обладает по сравнению с другими нашими объектами сравнительно высокой активностью каталазы. Наряду с этим у молодых листьев туты, сильнее дышащих чем старые, показатель активности каталазы меньше, чем у последних, и вместе с этим в измельченном материале как раз у них в течение суток активность менее устойчива: тоже и в материале опыта № 7 (табл. 1).

К сожалению, когда нам удалось заметить эти особенности в свойствах фермента, у нас не было под рукой достаточного количества однотипного, но находящегося в различном физиологическом состоянии материала, над которым мы могли бы провести более точные и длительные наблюдения, особенно касательно восстановления исходной активности.

В ближайшем будущем мы надеемся выяснить более детально условия работы фермента в связи с дыханием при высоком и низком показателе активности.

Выводы

В наших экспериментах на растительном материале с большой раневой поверхностью (измельченном) фермент каталаза проявлял различную устойчивость своей активности на протяжении некоторого промежутка времени.

У сильнее дышащего материала эта устойчивость в большинстве случаев оказывалась меньшей в первые часы после измельчения и большей в последующие; обычно это сопровождалось более высоким исходным показателем активности каталазы.

В этих случаях активность каталазы сильнее дышащего материала в общем устойчивее, чем у слабее дышащего.

В случаях же, когда активность каталазы в сильнее дышащем материале менее устойчива, то этот сильнее дышащий материал характеризуется меньшим показателем активности фермента, чем слабее дышащий.

Грузинский Филиал АН СССР
Тбилисский Ботанический Институт

(Поступило в редакцию 13.12.1940)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. О. Гребинский. Особенности созревания в отдельных участках плода. Доклады АН СССР, т. 26, вып. 3, 1940, стр. 270—2.
2. Е. Лемани и Д. Айхеле. Физиология прорастания семян злаков. Ленинград, 1936.
3. Е. А. Макаревская. Активность каталазы у побегов виноградной лозы. Сообщения Груз. Фил. АН СССР, т. I, № 5, 1940, стр. 561—364.
4. Е. А. Макаревская. Предпрививочное хранение виноградных побегов. Виноделие и виноградарство СССР, т. I, вып. 5, 1939, стр. 26—8.
5. Е. А. Макаревская и К. М. Илуридзе-Молчан. Каталаза виноградных побегов в период хранения и срастания. Доклады АН СССР, т. 26, вып. 5, 1940, стр. 470—3.
6. К. Опенгеймер и Р. Кун. Ферменты. Ленинград, 1932.
7. A. K. Balls and W. S. Hall. The estimation of catalase in agricultural products. J. Assoc. Off. Agr. Chem., 1932, 15, pp. 483—90. Ex [8].
8. B. D. Ezell and F. Gerhardt. Respiration and oxydase and catalase activity of apple and pear fruits. J. of agricult. researches, 1938, 56, 5, pp. 365—86.
9. G. B. Reed. The relation between oxydase and catalase in plant tissues. Bot. Gaz. 1916, 62, pp. 209—12. Ex [8].
10. K. G. Stern. Spectroscopy of an enzyme reaction. Nature. London, 1935, 136, p. 335. Ex [8].
11. L. T. Swenson and L. H. James. Participation of catalase in cellular oxydation processes. [Abstract]. J. Bact., 1935, 29, p. 10. Ex [8].

Я. И. ГУММЕЛЬ

К ПРОБЛЕМЕ АРХЕОБОТАНИКИ ЗАКАВКАЗЬЯ

Сообщение второе¹

3-я стадия эпохи бронзы

Стадия эта совпадает с временем образования в районе Ванского озера и горы Арарат древнейшего государства Закавказья—Урарту. Археоботанические материалы, приуроченные к данной эпохе, значительны. На древесину бревенчатых накатов погребальных камер обратили внимание уже археологи царской России. К сожалению, она обычно определялась самими археологами, благодаря чему в определениях вкрались ошибки, отразившиеся на последующих работах других исследователей. Так, например, Э. Реслер настойчиво проводит в своих отчетах мысль, что им найдены в гробницах *Cedrus* и *Thuja orientalis*, которые он считает руководящими породами для вскрытых им в районе Ганджа-чая гробниц [1]. Между тем кедр совершенно не известен в дикорастущей флоре Кавказа, а *Thuja orientalis* L. известна в диком или, вернее, в одичалом состоянии лишь в юго-восточной части Ванаанской дачи возле урочища Цители-цкаро Грузинской ССР [2]. Обе породы, как декоративные, начали культивироваться на Черноморском побережье и в других районах Закавказья лишь в самое позднее время. Отчеты Реслера побудили французского археолога G. Seure [3] построить смелую гипотезу о заимствовании кедра в Закавказье из культа Сирии и Палестины, где кедр Ливана—*Cedrus libani* L., как известно, применялся для сооружения подземных погребальных камер. В такое же заблуждение были введены работами Реслера и лица, определявшие древесину из раскопанных нами княжеских курганов №№ 1 и 2 на юго-запад от Ханлара. Повторные определения этих пород, а также одного ствола из раскопок Реслера, хранящегося и Ханларском музее, дали во всех случаях можжевельник—*Juniperus*.

I. Княжеский курган № 1 [4] содержал наряду с обычными могилами огромный погребальный склеп (13,3×3,5×2,8 м) с бревенчатым накатом, рядом столбов-подпорок (дл. до 3 м при диаметре 30—40 см), пос тавлен-

¹ Сообщение первое см. в «Сообщениях Груз. Фил. АН СССР», т. I, № 10, стр. 745.



БОТАНИКА

Я. И. ГУММЕЛЬ

К ПРОБЛЕМЕ АРХЕОБОТАНИКИ ЗАКАВКАЗЬЯ

Сообщение второе¹

3-я стадия эпохи бронзы

Стадия эта совпадает с временем образования в районе Ванского озера и горы Арарат древнейшего государства Закавказья—Урарту. Археоботанические материалы, приуроченные к данной эпохе, значительны. На древесину бревенчатых накатов погребальных камер обратили внимание уже археологи царской России. К сожалению, она обычно определялась самими археологами, благодаря чему в определениях вкрались ошибки, отразившиеся на последующих работах других исследователей. Так, например, Э. Реслер настойчиво проводит в своих отчетах мысль, что им найдены в гробницах *Cedrus* и *Thuja orientalis*, которые он считает руководящими породами для вскрытых им в районе Ганджа-чая гробниц [1]. Между тем кедр совершенно не известен в дикорастущей флоре Кавказа, а *Thuja orientalis* L. известна в диком или, вернее, в одичалом состоянии лишь в юго-восточной части Ванаанской дачи возле урочища Цители-цкаро Грузинской ССР [2]. Обе породы, как декоративные, начали культивироваться на Черноморском побережье и в других районах Закавказья лишь в самое позднее время. Отчеты Реслера побудили французского археолога G. Seure [3] построить смелую гипотезу о заимствовании кедра в Закавказье из культа Сирии и Палестины, где кедр Ливана—*Cedrus libani* L., как известно, применялся для сооружения подземных погребальных камер. В такое же заблуждение были введены работами Реслера и лица, определявшие древесину из раскопанных нами княжеских курганов №№ 1 и 2 на юго-запад от Ханлара. Повторные определения этих пород, а также одного ствола из раскопок Реслера, хранящегося и Ханларском музее, дали во всех случаях можжевельник—*Juniperus*.

1. Княжеский курган № 1 [4] содержал наряду с обычными могилами огромный погребальный склеп (13,3×3,5×2,8 м) с бревенчатым накатом, рядом столбов-подпорок (дл. до 3 м при диаметре 30—40 см), пос тавлен-

¹ Сообщение первое см. в «Сообщениях Груз. Фил. АН СССР», т. I, № 10, стр. 745.

ных по обе длинные стороны могильной ямы, и толстым центральным столбом-подпоркой диаметра 55—65 см. Результаты микроскопического анализа названных древесных пород, полученные Л. Джапаридзе и И. Чхубианишвили, таковы:

1) срединный столб-подпорка оказался дубом—*Quercus* sp. («Факт постепенного перехода от весенних сосудов к пламени сближает этот дуб с *Quercus castaneaefolia* С. А. Мау., чему, однако, противоречит наличие тилл. Поражает чрезвычайное однообразие в утолщении всех элементов, которые все одинаково тонкостенны»);

2) два столба из поперечного наката оказались *Ulmus* sp. («Структура очень напоминает *Ulmus campestris* L.—карагач, однако, все элементы очень тонкостенные, что в особенности заметно в отношении либриформа, который у карагача толстостенен»);

3) большинство боковых подпорок относится к роду *Juniperus*. В. А. Петров считает их за древовидный можжевельник—арчу—*Juniperus polycarpus* М. В.

II. Княжеский курган № 2 [5], расположенный по соседству с курганом № 1, содержал аналогичную погребальную камеру (9,6×3,5×3,0 м), стены и потолок которой были обтянуты какой-то тканью-цыновкой.

1) Бревенчатый накат был представлен 24—25 стволами, 7 м длины и от 50—70 см в диаметре, с обуглившимися концами. Одно из бревен (исследовались и уголь и древесина), по определению Л. Джапаридзе и И. Чхубианишвили, представляет собою породу, принадлежащую к классу крупно-рассеянно-поровых. Образец включает в себе толстый, бурый септированный мицелий и множество хламидоспор. Установить, какая это именно порода, исследователям не удалось, ибо «из всех известных в настоящее время кавказских крупно-рассеянно-поровых пород древесина эта строением своим резко отличается». Эта же порода была подвергнута впоследствии вторичному определению А. А. Яценко-Хмелевским [6]. Микроскопический анализ показал, что она относится к одному из видов рода *Populus* (тополь), причем исследователь склонен считать ее за *Populus hybrida* М. В. (*Populus alba* auct. sauc. по L.)—белолистку.

2) Стволы-подпорки (они найдены в количестве 14 экз.; дл. 3 м и диаметр 20—25 см) изготовлены, согласно определениям Л. Джапаридзе, И. Чхубианишвили и А. А. Яценко-Хмелевского, из можжевельника—*Juniperus*, причем В. А. Петров считает их за арчу—*Juniperus polycarpus* М. В.

3) Микроскопический анализ ткани-цыновки дал следующие результаты: «Волокна тонкие, хрупкие, прямые и длинные. Наличие обрывков паренхимы и эпидермиса указывают на стеблевое происхождение этих волокон. С какого они растения—установить не удалось» (Л. Джапаридзе и И. Чхубианишвили). «Самым характерным является присутствие кусочков покровной ткани стебля. Она состоит из длинных извилистых клеток, обо-

лочки которых пропитаны кремнеземом. Среди этих клеток находятся маленькие головчатые волоски, оболочки которых также пропитаны кремнеземом. Весь характер этой ткани и особенно клетки устьиц, встречающиеся между длинными клетками, позволяют с несомненностью установить, что растение, из которого была сплетена циновка—злак» (В. Наугольных).

4) Из центрального склепа кургана № 2 извлечено много оружия с деревянными вложениями; на бронзовом копье и стрелах имеются остатки древок с лубяной обмоткой, на одном из мечей сохранились остатки ножен. Аналогичные растительные остатки имеются и на добытом из кургана № 1 оружии; там найдены, кроме того, остатки головного убора в виде деревянного ободка, усаженного бронзовыми гвоздями. Изучение названных материалов дало пока следующие результаты: а) деревянные части ножен меча Л. Джапаридзе и И. Чхубианишвили определили как рассеянно-сосудистую листовую породу (по А. А. Япенко-Хмелевскому это— один из видов *Populus*); прочие части ножен происходят «от какого-то травянистого растения с хорошо выраженными участками твердого луба и иподермой под эпидермисом с толстой кутикулой» (Л. Джапаридзе и И. Чхубианишвили); б) рукоятки топоров-секир, древки стрел и деревянные вложения одного из кинжалов оказались сделанными из древесины— *Cellis caucasica* Willd. (определил В. А. Петров).

5) На внутренних стенках одного из кувшинов, найденных в центральной могиле кургана № 2, констатированы отложения винного камня (определил Я. И. Гуммель), указывающие на хранение в сосуде вина.

6) Одной из наиболее замечательных находок, сделанных в кургане № 2 [7], является молотильная доска, на которой лежал в одной из боковых могил (на глубине 0,65 м от твердого грунта) раб, сопровождавший своего господина в «загробный мир». Определение древесины, из которой изготовлена молотилка, произведено А. А. Япенко-Хмелевским. Доска оказалась дубом— *Quercus* sp. [«Наличие тилл во всех слоях исследованных образцов указывает с большой долей вероятности на дуб восточный— *Quercus marcanthera* F. et M. (?)»].

Указанная молотильная доска и большое число ручных зернотерок, найденных в жилых домах, указывают на земледелие, как на важный экономический фактор в жизни обитателей Азербайджана начала I тысячелетия до н. э., о котором мы до сего времени слишком мало знали. Дальнейшей работой, несомненно, будут выявлены и виды разводимых тогда хлебных злаков.

III. Курган № 18 [8] на западе от Ханлара содержал наряду с культовой ямой могилу, перекрытую 7 большими бревнами, из коих лишь одно отлично сохранилось к моменту раскопок (рис. 1). Микроскопический анализ показал, что это *Juniperus polycarpus* M. В. (определил В. А. Петров).

Этот чрезвычайно интересный экземпляр можжевельника представляет собой целое дерево с корнями, стволом и ветвями. Средний диаметр ствола равен 35 см, наибольшая окружность 1,0 м, высота ствола 1,4 м, длина всего сохранившегося дерева 2,7 м. Древесина до того хорошо сохранилась, что воткнуть в нее острый нож до глубины хотя бы 1 см удается лишь с большим трудом. В могиле найдены, между прочим, остатки спекшейся с бронзовыми пуговицами ткани от женского платья, пока не изученные.

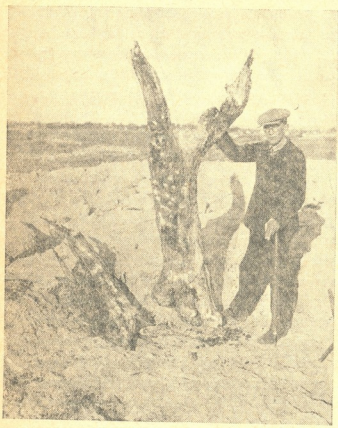


Рис. 1. *Juniperus polycarpus* из кургана № 18 на западе от Ханлара.

Судя по данным раскопок, во II и начале I тысячелетий до н. э., ведущими древесными породами в районе Ганджа-чая, кои шли на сооружение домов, погребальных камер, а также на изготовление орудий, были: древовидный можжевельник—*Juniperus polycarpus* M. B., дуб—*Quercus* sp. [*Q. castaneaefolia* C. A. May. (?); *Q. marcanthera* F. et M. (?)], *Ulmus* sp. [карагач—*Ulmus campestris* L. (?)], тополь (белолистка—*Populus hybrida* M. B. [*Populus alba* auct. cauc. non L. (?)] и каркас—*Celtis caucasicá* Willd. Интересно отметить, что исследователи единогласно констатируют пышный рост исследованных пород. Объясняется это наряду с мягким и теп-

лым климатом данного района наличием тогда больших лесных массивов, множеством родников и ручейков, бежавших по оголенным теперь оврагам. В лесах были, видимо, богато представлены многие древесные породы, которые теперь или совершенно уничтожены (древовидный можжевельник в районе Ганджа-чая) или встречаются сравнительно редко (дуб, карагач и др.).

Считаем не лишним упомянуть, что к 3-й стадии эпохи бронзы нами относится также впервые открытая в 1928 г. близ Зурнабада культура крашеной керамики [9], найденной 10 лет спустя проф. Б. А. Куфтиним и на территории Грузии в местности Цалки [10]. Интересно, что най-

денная им там колесница-повозка изготовлена из тех же древесных пород — можжевельника и дуба.

Железный век

Памятники материальной культуры раннего железного века представлены на территории Азербайджанской ССР так называемой ялойлутанинской культурой, найденной теперь и на территории Грузии, культурой сырцовых гробниц и культурой кувшинных погребений. Ялойлутанинскую культуру следует отнести к концу I тысячелетия до нашей эры. Так называемая культура сырцовых гробниц абсолютно датирована нами находкой во рту у погребенных двух серебряных аршакидских драхм Фраата III и Орода I — первым веком до нашей эры [11]. Культура кувшинных погребений относится к первым векам нашей эры.

В сырцовых гробницах на юге от Кировабада, сооруженных из больших сырцовых кирпичей, найдены в большом количестве косточки черешни — *Prunus avium* (определил В. А. Петров). Это плодовое дерево появляется в Западной Европе лишь в VI веке н. э. [12]. Растительные включения сырцовых кирпичей пока не исследованы.

Ввиду того, что район Ганджа-чая — страна довольно древней культуры, природная растительность носит там, в особенности в предгорной и низменной полосе района, уже вторичный характер: она уступила место культурной и сорной флоре. По последней часто удается установить места расположения памятников древности, лишенных уже обычных внешних признаков. Дело в том, что многие культурные растения, легко возобновляющиеся семенами и плодами (напр. миндаль), с течением времени дичают и могут в таком виде дожить до наших дней. Но бывают случаи, что растения, посаженные веками до нас, продолжают и теперь еще жить и плодоносить без семенного возобновления. Это, как показывают наблюдения, растения, обладающие способностью кушения при частичной засыпке их землей (напр. гранат, инжир, тута, виноград и пр.). В этом отношении интересны некоторые виды, с которыми нам приходилось иметь дело в связи с археологическими раскопками в долине Ганджа-чая.

Поводом к раскопкам в поселении I на западе от Ханлара, которое не имеет никаких обычных внешних признаков и не дает никакого подъемного материала, послужили попадающиеся в этой теперь совершенно выгорающей летом полупустынной местности насаждения весьма засухоустойчивых плодовых пород: *Punica granatum* L. («гюлоша» с красноватыми кислыми и, реже, сладковатыми, довольно крупными плодами), и *Ficus carica* L. («кара-инжир» с плоско-округлыми, фиолетовыми сладкими плодами). Раскопками нескольких экземпляров этих заведомо культурных

пород удалось доказать, что они были посажены в эпоху бронзы и, благодаря систематическому отложению в этих местах наносов или иному скоплению в их окружении земли, могли дожить до наших дней.

Особенно интересны в этом отношении наблюдения, сделанные при раскопках расположенного в поселении I культового кургана № 36 [13]. Курган образовался в результате совершения там богослужения, связанного с трупосожжением и жертвоприношением. Он имел овальную форму

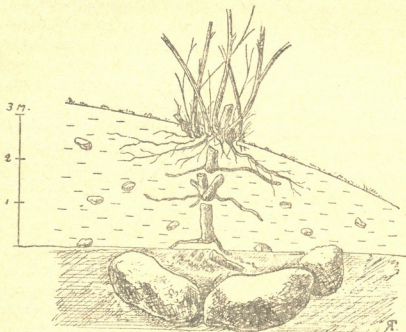


Рис. 2. Гранатовый куст на культовом кургане № 36 в долине Ганджа-чая (рис. с натуры).

основания с диаметрами 30 и 18 м и высоту, равную 3,3 м. В северо-западном секторе кургана рос на высоте 2,5 м от грунта огромный по своим размерам гранатовый куст 3,4 м высоты и окружностью в 3,0 м у основания. Раскопки его дали целое кладбище отмерших в разное время весьма толстых стволов окружностью до 43,0 см (рис. 2). Погребенные стволы показали ясную картину многократного кущения на разных уровнях (4—5 этажей), что говорит о постепенном росте насыпи кургана, благодаря чему погребенные стволы, отмирая в нижней своей части, давали, по мере их засыпки, все новые и новые корневые системы ближе к поверхности земли. На грунте, под насыпью кургана, гранатник оказался окруженным кромлехом в виде правильного круга, диаметра 2,0 м, сооруженным из 8 огромных речных булыжников. Факт сооружения кромлеха на твердом материке указывает на органическую связь кустарника с курганом и вместе с тем

на дату его посадки (конец II тысячелетия до н. э.). Вывод этот кажется тем более обоснованным, что в древности гранат имел исключительно важное культовое и символическое значение как в Передней Азии, так и в странах Средиземноморья. Вполне возможно поэтому, что гранат играл подобную же роль и в жизни изучаемого народа. Дальнейшие работы показали, что гранат и инжир, иногда и виноград, как правило, сопровождают жилые дома и культовые места не только в поселении I, но и в других древних поселениях района Ганджа—Шамхор-чая.

Замечательны далее насаждения с юго-восточной стороны кургана № 36 *Celtis caucasica* Willd, несомненно, имеющие отношение как к данному культовому месту, так и к родовым домам поселения I, в которых найдены остатки плодов этого дерева. Научные изыскания этноботанического характера говорят о том, что *Celtis* является неизменным спутником мест культа, связанного с почитанием солнца и что многие из ныне растущих в Азербайджане стволы *Celtis* приурочены к местам пиров. Так, В. А. Петров зарегистрировал по Карабаху свыше 100 стволов *Celtis*, имеющих культовое значение. Произведенные же нами археологические раскопки в ряде мест Шамхора и района Ганджа-чая, к которым приурочены эти деревья, показали, что *Celtis caucasica* был священным деревом уже в эпоху бронзы (рис. 3).



Рис. 3. *Celtis caucasica* Willd. и *Vitis vinifera* на культовом месте в долине Шамхор-чая.

Не менее интересны насаждения миндаля в ущельи Люлели возле поселения II эпохи бронзы, расположенного в 0,5 км к западу от поселения I. Согласно данным проф. А. А. Гроссгейма, картировавшего все известные на Кавказе месторождения дикого миндаля (*Amygdalus Fenzliana* Lipsky), в районе Ганджа-чая дикий миндаль не встречается. Что касается

обнаруженных нами зарослей миндаля, то они, несомненно, связаны с поселением II, а также с поселением I, в сооружениях которого найдены остатки его плодов. Миндаль растет там в огромном количестве на обоих склонах ущелья; в других местах миндаль не встречается. Несмотря на семенное возобновление, приведшее к одичанию, кустарники во многом отличаются от дикого миндаля и должны быть отнесены к одному из культурных сортов [(*Amygdalus communis* L. (?))].

Итак, наблюдения и данные раскопок говорят о том, что некоторые из растений, которые считались до сего времени исследователями за дикие, на самом деле являются пережиточными формами древних культур, которые с течением времени одичали. Вот почему дальнейшие научные изыскания в указанном направлении весьма желательны.

Гор. Ханлар, Азербайджанская ССР
Музей краеведения

(Поступило в редакцию 20.11.1940)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Отчеты Э. Реслера: 1) *Verhandlungen der Berliner anthropologischen Gesellschaft* 1901; S. 127—129 und 1902, S. 170, 180—181; 2) *Zeitschrift für Ethnologie*, Heft 4, 1903, S. 637—638.
2. Я. Медведев. Деревья и кустарники Кавказа, вып. 1, стр. 25. Тифлис, 1905.
3. Georges Seure. *Revue Archéologique*, январь—февраль 1902, pp. 68—69.
4. Я. И. Гуммель. Погребальный курган № 1 около Еленендорфа. Баку, 1931.
5. Jacob Hummel. *Zur Archäologie Azerbeidzans. Eurasia Septentrionalis Antiqua*, Vol. VIII, 1933, S. 211—234.
6. А. А. Яценко-Хмельевский. Нахождение тополя в погребении бронзового века в Азербайджане. *Сообщения Груз. Фил. АН СССР*, т. I, № 2, 1940, стр. 137—141.
7. Я. И. Гуммель. Дополнительные данные о кургане № 2. Изд. АзФАН (печатается).
8. Я. И. Гуммель. Памятники древности на запад от Ханлара, ч. I. Изд. АзФАН (печатается).
9. Я. И. Гуммель. Крашенная керамика в долине Ганджа-чая. *Изв. АзФАН*, № 5, 1939, стр. 37—41.
10. Б. А. Кувшин. Очаги древней культуры Грузии. *Газ. «Заря Востока»*, № 222 (5144) от 24 сентября 1940.
11. Я. И. Гуммель. Древний могильник на юге от Кировабада. Изд. АзФАН (печатается).
12. K. Bartsch. *Die Obstreste aus den Alamannengräbern von Oberflacht*. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* 45, 1927, S. 23—30.
13. Я. И. Гуммель. Памятники древности на запад от Ханлара, ч. II. Изд. АзФАН (печатается).



ЗООЛОГИЯ

Академик Ф. А. ЗАЙЦЕВ

НОВЫЙ ПЕЩЕРНЫЙ ВИД ПОДСЕМЕЙСТВА TRECHINI ИЗ ГРУЗИИ
 (COLEOPTERA, CARABIDAE)

До сих пор настоящих пещерных представителей подсем. Trechini из Грузии, да и вообще из Закавказья, не было известно; несколько описанных из этой группы видов в Грузии относятся к наземным обитателям. В 1929 г. в одной из пещер близ Кутаиси был собран небольшой материал, среди которого оказались одна интересная новая форма крестовки, описанная проф. А. А. Садовским [1] и два экземпляра жука из Trechini. К сожалению, оба экземпляра оказались самками, и установление надлежащего систематического положения этого несомненно нового вида внутри группы родов Trechini при отсутствии самцов, является затруднительным. Опираясь на монографию Jeannel'я [2], по общему комплексу внешних морфологических признаков этот новый вид без особых сомнений можно отнести к роду *Duvalius* Del. Для окончательного выяснения вопроса необходимы дальнейшие поиски самцов, остающиеся пока безрезультатными, так как в той же пещере два года спустя взят был еще один экземпляр, но тоже самка.

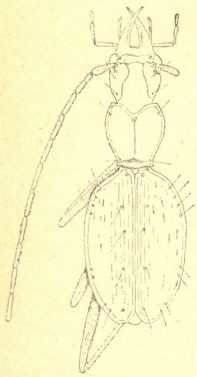
Из рода *Duvalius* для Абхазии описаны были два наземных вида *D. antoniae* Reitt. и *D. grandiceps* Reitt. и выделены в монографии Jeannel'я в особую группу, но наш вид от обоих видов этой группы резко отличается рядом признаков, хотя бы наличием трех дистальных щетинок на надкрыльях вместо двух.

При наших исследованиях в абхазских пещерах не удалось пока найти ни одного представителя этого подсемейства, хотя в одной из них, а именно в Келасури, были обнаружены М. М. Иващенко, по его словам, какие-то коричневые жучки, возможно, относящиеся как раз к Trechini, о чем я уже упоминал в своей статье о фауне абхазских пещер [3].

В отношении крымских пещер мы знаем о нахождении там двух видов пещерных Trechini, но оба они относятся совсем к другому роду, а именно к *Pseudaphaenops* Winkl. [4].

Duvalius (s. str.?) *kutaissianus*, sp. n.

Одноцветный, бледно-коричневый, умеренно широкий и плоский. Голова удлинненная, длиннее своей ширины, со слабо-выпуклыми висками, глаза маленькие, лишенные пигмента. Усики очень длинные и нежные, доходящие или даже заходящие немного за вершину надкрылий. Переднеспинка маленькая, почти одинаковой длины и ширины, несколько более широкая, чем голова, сердцевидная, бока округлены, со слабой выемкой перед основанием, задние углы хорошо выражены, основание несколько уже, чем передний край; ямки на основании широкие и глубокие. Надкрылья довольно широкие, наибольшая ширина их сейчас же позади середины, со слабо выступающими закругленными плечами, на вершине каждое надкрылье закруглено, почти не образуя угла¹⁾; бороздки очень тонкие, более или менее смазанные, особенно наружные. Ножки длинные и нежные. Дистальных щетинок 3, передняя из них явно приближена к основанию и расположена на первой четверти третьей бороздки.



Duvalius kutaissianus,
sp. n. (8 : 1).

Дл. 7—7,25 мм. Пещера Цители-цкали, в полутора километрах от Кутаиси, 27.VI.1929

(2 ♀, проф. А. А. Садовский!), X.1931 (1 ♀, А. Остерлофф!)—типы находятся в колл. Зоологического сектора Грузинского Филиала АН СССР.

Грузинский Филиал АН СССР
Зоологический сектор
Тбилиси

(Поступило в редакцию 31.1.1941)

¹⁾ Вероятно вследствие долгого пребывания в спирте, у всех экземпляров тонкие надкрылья на вершине разошлись и зияют (что и изображено на рисунке!). В действительности несомненно надкрылья здесь примыкают друг к другу.



UNE NOUVEAU ESPÈCE CAVERNICOLE DES TRECHINI, PROVENANT DE LA GÉORGIE

Par PH. ZAITZEV

Resumé

Durant l'exploration d'une caverne pris de Kutaisi en juin 1929 ont capturés deux exemplaires d'un coléoptère cavernicole des Trechini, et en octobre 1931 encore un exemplaire. Tous les trois appartiennent sans aucun doute à une espèce nouvelle, mais malheureusement tous sont les femelles, et c'est pourquoi l'éclaircissement de la réelle position de cette espèce parmi les genres des Trechini paraît difficile. Plusieurs traits de la morphologie extérieure donnent le fondement à croire que cette espèce nouvelle appartient à le genre *Duvalius* Del.

Duvalius (s. str.?) *kutaissiana*, sp. n.

Long. 7—7,25 mm. Entièrement testacé, assez large et déprimé, avec la tête et le pronotum étroites.

Tête allongée, plus longue que large, les tempes très peu convexes, les yeux petits, depigmentés, les antennes très longues et grêles, atteignant l'apex de élytres, les articles apicaux subcylindriques. Pronotum petit, à peu près aussi long que large et un peu plus large que la tête, la base rétrécie, les côtés bien arrondies avant, à peu sinués en arrière, les angles postérieures accentués, la base à peine plus étroite que le bord antérieure. Fossettes basales larges et profonds. Elytres très amples, présentant leur plus grande largeur un peu après le milieu, les épaules peu saillantes, arrondies, l'apex aussi arrondie. Disque peu convexe, les stries très fines, les externes plus ou mains effacées. Pattes longues et grêles. Soies discales sont en nombre 3, l'antérieure assez rapprochée de la base, situé avant le quart basal de la 3-e strie.

Le mâle inconnu.

Hab. Georgie (Transcaucasie): la caverne Tsiteli-tskhali près de Kutaisi (3 exempl. prof. A. Sadovski et A. Osterloff!).—Collection de la Section Zoologique de Filiale Géorgienne de l'Académie de l'URSS.



ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—LITTÉRATURE CITÉE

1. А. А. Садовский. *Xiphocaridinella kutaissiana*—новый вид пещерной креветки из Закавказья. Закавказ. краев. сборник, I, 1930.
2. К. Жаппе. Monographie des Trechinae.—*l'Abeille*, XXXV, 1928.
3. Ф. А. Зайцев. К фауне пещер Абхазии. Сообщ. Груз. Фил. АН СССР, т. I, № 1, 1940, стр. 63.
4. В. Г. Плигинский. К фауне пещер Крыма. Русск. Энтом. Обзор. XII, 1912 стр. 503.



ЗООЛОГИЯ

М. В. ШИДЛОВСКИЙ

ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ РОДЕНТОФАУНЫ ГРУЗИИ

Мелкие наземные млекопитающие вследствие своей относительно слабой подвижности представляют собой благодарный материал для выяснения различных зоогеографических вопросов. В особенности относится это к отряду грызунов (*Rodentia*), имеющему в своем составе наибольшее число видов со сходными в основном биологическими свойствами. Однако прежними зоогеографами этот благодарный материал не использовался в достаточной мере по скудости достоверных данных, преимущественно географического порядка, в отношении большинства видов этого отряда животных.

Со всей возможной полнотой, наряду с другими группами животных, этот материал был использован только К. А. Сатуниным в его исследованиях по генезису кавказской фауны, выразившихся в конечном итоге в предположенном им делении Кавказа на зоогеографические округа (Иzv. Кавк. Муз., т. VII, вып. 1, 1912, стр. 7—55). Все исследователи до Сатунина—А. R. Wallace (1876), R. Lydekker (1897), W. L. Sclater and Ph. L. Sclater (1899), Н. А. Северцев (1877), М. А. Мензбир (1882), затрагивавшие в своих зоогеографических выводах в той или иной степени Кавказский перешеек, большей частью не базировались на ими же самими исследованном фактическом материале, и меньше всего на грызунах. Ряд последующих авторов—Б. П. Уваров (1921), А. Н. Бартенев (1933), А. П. Семенов-Тянь-Шанский (1935)—основывали свои выводы на отдельных отрядах насекомых.

Таким образом, грызуны еще никогда не служили основой для географических построений как для Кавказа в целом, так и особенно для отдельных его частей; причем единственной причиной этого являлась исключительно слабая изученность этой группы животных, несмотря на ее огромное народо-хозяйственное значение.

Положение это подтверждается многочисленными фактами пополнения фаунистического списка по Кавказу новыми видами и новыми родами. В частности, для Грузии число видов грызунов после Сатунина увеличилось с 16-ти до 28. Кроме того, за последние годы в отношении многих из них установлено большое число новых местонахождений, освещающих по иному вопросы распространения, экологии, взаимосвязи и т. п. В отношении территории Грузии благодаря исследованиям Зоосектора Груз. Филиала АН СССР

за последние годы накоплен богатый материал, который вместе с прежним позволяет уже иметь предварительное суждение о филогенезе родентофауны Грузии и наметить некоторые поправки к существующим схемам зоогеографического деления Кавказа.

Родентофауна Грузии с филогенетической точки зрения представляет значительное разнообразие. Приведем краткую характеристику каждого из видов этой фауны, придерживаясь систематического порядка.

1. *Sciurus persicus* Erxl. (белка) представлена в Закавказье и Сев. Турции особым подвидом *anomalus* Gmel. За Кавказский хребет к северу не переходит. Резко отличается от европейской белки *S. vulgaris* L. меньшим количеством зубов и выделена на этом основании в особый подрод *Tenes*. Близкие формы распространены в Малой Азии, Иране, Сирии, Палестине.

2. *Glis glis* L. (полчок) представлен в Грузии подвидом *tshetshenicus* Sat. Широко распространен по северному склону Кавказского хребта, в Азербайджане, Армении и Сев. Турции. В Талыше и Прикаспийских провинциях Ирана представлен другим подвидом *caspicus* Sat. Принадлежит к группе древесных обитателей. Непосредственной связи с лесными массивами севера не имеет. Связь с морфологически близкими формами Западной Европы мыслится через Малую Азию.

3. *Dyromys nitedula* Pall. (соля лесная) приурочена в Грузии к мелколесью и садовым массивам; имеет местные формы, еще не исследованные. Широко распространена в южных и северных областях СССР, в Крыму, Бессарабии, по всему Кавказу и прилегающим странам Малой Азии (Ирану и Турции) и в Западной Европе. Связь с близкими формами севера мыслится через Малую Азию и Балканы.

4. *Sicista caucasica* Vinogr. (мышовка кавказская) является эндемиком Кавказа. Известна из Сванетии и прилегающего к ней северного склона Кавказского хребта и из Северной Армении (Мисхана). Прерывистость ареала распространения указывает на относительную давность ее проникновения на Кавказ. Другие виды рода *Sicista* распространены в умеренной зоне Палеарктики.

5. *Mesospalax monticola* Nehr. (слепец горный) проникает в Грузию со стороны северо-восточного угла Турции и Амасийского района Армении до озера Тапаравани. Представлен подвидом *nehringi* Sat. Происхождение несомненно южное. Относится к эндемичному для Кавказа и Малой Азии подроду *Mesospalax* Méhèly.

6. *Rattus rattus* L. (крыса черная) представлена в Грузии в двух формах *R. r. rattus* L. и *R. r. alexandrinus* Geoffr. Таксономическое значение последней еще не выяснено. Встречается во многих районах Грузии и Кавказа в природных условиях и в населенных пунктах. В настоящее время считается космополитом. Родиной этого вида считают Индию. Пути проникновения связаны с водным и сухопутным транспортом.

7. *Rattus norvegicus* Erxl. (крыса серая или пасюк) в Грузии приурочена к населенным пунктам. В районах Черноморского побережья перешла в природные условия обитания. Космополит. Родиной вида считается Китай. Проникновение в Грузию продолжается при помощи водного и сухопутного транспорта.

8. *Mus musculus* L. (мышь домовая) представлена в Грузии двумя формами; из них темнобрюхая форма синантропа, становится космополитом. Форма же светлоокрашенная *M. m. tataricus* Sat. (вероятно, принадлежит к отдельному виду) населяет степные пространства; заходит в Грузию с востока и юга; имеет родственные формы в южных областях СССР от Средней Азии до Бессарабии, в южной Европе и Малой Азии.

9. *Apodemus agrarius* Pall. (мышь полевая или житник) проникает в Абхазию с севера до Сухуми. Широко распространена в умеренной полосе Палеарктики.

10. *Sylvivimus sylvaticus* L. (мышь лесная) широко распространена, политропа. Местные расы не изучены, по морфологическим признакам близки к малоазийским.

11. *Sylvivimus mystacinus* Danf. et Alst. (мышь малоазийская горная) проникает с юга в Аджарию и Ахалцихский район Грузии в качестве подвида *saxinus* Neuh. Близкие формы распространены в Малой Азии и в Греции. Происхождение, несомненно, южное.

12. *Micromys minutus* Pall. (мышь-малютка) проникает с севера по Черноморскому побережью в Абхазию. Широко распространена в умеренной зоне Палеарктики.

13. *Cricetulus migratorius* Pall. (хомячек серый) представлен в восточной Грузии подвидом *pulcher* Ogn. В Западной Грузии не обнаружен. Широко распространен по Кавказу и за его пределами в южных степных районах СССР, Китае, Афганистане, Иране, Турции.

14. *Mesocricetus raddei* Nehr. (хомяк дагестанский) проникает с севера из Ингушетии по реке Аргун в Хевсуретию (Шатиль). Эндемик Кавказа.

15. *Mesocricetus brandti* Nehr. (хомяк Брандта) в Восточной Грузии занимает степные области Кахетии, Карталинии и Джавахетии. Эндемик Кавказа и Малой Азии.

16. *Clethrionomys glareolus* Schreb. (полевка рыжая) представлена в Грузии на Аджаро-Имеретинском (Гурийско-Аджарском) хребте подвидом *ponticus* Thom. Ближайшие местонахождения известны в Турции на Понте. Близкие формы широко распространены по Евразии, связь с которыми мыслима только через Малую Азию.

17. *Prometheomys schaposchnikovi* Sat. (промеева «мышь») известна с обоих склонов западной части Большого Кавказа и с Гурийско-Аджарского хребта (Бахмаро). Эндемик Кавказа.

18. *Arvicola amphibius* L. (водяная крыса) представлена в Грузии подвидом *persicus* De-Fil., уходящим своим ареалом в пределы Ирана и Турции.
19. *Pitymys majori* Thom. (кустарниковая полевка) представлена в Грузии несколькими подвидами: *majori* Thom., *colchicus* Shidl., *intermedius* Shidl. Принадлежит к эндемичному для Кавказа и Малой Азии подроду *Arbusticola* Shidl. Типичная форма описана из Понтийского побережья Турции.
20. *Pitymys daghestanicus* Schidl. (полевка дагестанская) относится к тому же эндемичному подроду *Arbusticola*; встречается в ряде районов Грузии. Типичная форма описана из Дагестана.
21. *Chionomys roberti* Thom. (длинохвостая полевка) представлена в Грузии типичной формой и подвидом *pshavus* Shidl. Эндемична для Кавказа и понтийской области Турции.
22. *Chionomys gud* Sat. (снеговая полевка) представлена в Грузии типичной формой и подвидом *oseticus* Shidl. Имеется также в Лазистане (Турция). Эндемичный вид для Кавказа и прилегающей к Аджарии области Турции.
23. *Chionomys nivalis* Mart. (снеговая полевка) представлена в Грузии формой *triaeticus* Shidl. Связана с типичной формой из Альп через Малую Азию.
24. *Microtus arvalis* Pall. (полевка обыкновенная) представлена в Грузии двумя подвидами: *transcaucasicus* Ogn. и *gudaureicus* Ogn. Широко распространена по Кавказу и Малой Азии. По ряду морфологических и экологических признаков более близка к альпийскому виду *M. incertus* S.-Longch., чем к типичной *M. arvalis* и подвидам ее из равнин, примыкающих к Кавказу с севера.
25. *Microtus socialis* Pall. (полевка общественная) представлена в Восточной Грузии подвидом *micrurus* Gmel., проникающим из Азербайджана. В других формах распространена в зоне низменности и предгорий Северного Кавказа, в астраханских, донских и крымских степях, в Средней Азии и Иране. Близкие виды известны в Малой Азии.
26. *Microtus shidlovskii* Arg. (полевка плоскогорная) представлена в Грузии подвидом *goriensis* Arg. Типичная форма описана из Налбандской котловины Армении. Эндемик Кавказа.
27. *Plassiomys erythourus* Gray. (песчанка краснохвостая) заходит в степи Восточной Грузии по долинам Куры и Иоры из Азербайджана. Близкие формы распространены в степях Северного Кавказа, Средней Азии, Ирана и в странах южнее расположенных, до Африки.
28. *Lepus europaeus* Pall. (заяц-русак) представлен в Грузии подвидами: *cyrensis* Sat. в восточной части, *caucasicus* n. *ponticus* Ogn. на Черноморском побережье. Расположение большей части ареала этих форм в Иране и Малой Азии указывает на южные пути их проникновения на Кавказ. Относится к подроду *Eulagus*, все виды которого распространены в умеренной и южной

Наличие среди этой фауны эндемиков с ограниченным и прерывистым ареалами распространения наряду с широко распространенными формами, наличие видов с примитивными морфологическими признаками наряду с высоко специализированными, наличие стенобионтных форм наряду с убиквистами указывает на неодинаковый возраст составляющих эту форму элементов и различные исторические этапы их проникновения на Кавказский перешеек и территорию Грузии.

Такие элементы, как *Pr. schaposchnikovi*, *Sp. monticola*, *Mes. raddei*, *brandti* и др., обладающие примитивным устройством коренных зубов, мелкой черепной коробкой, слабым развитием некоторых костей черепа и т. п., очевидно, являются одними из первых переселенцев на Кавказ со времен слияния Кавказского острова с малоазийской сушей. К числу древних переселенцев можно отнести также полевок группы *Arbusticola*, сохранившихся только на Кавказе и в Малой Азии и сохранивших свои более примитивные черты по сравнению с родственной им группой *Pitymys*, широко распространенной в Южной Европе и Америке.

К одному из ледниковых периодов можно отнести появление на Кавказе полевок группы *Chionomys*, повидимому, широко распространенной в те времена по всей Южной Европе, Малой Азии, Кавказу и Передней Азии от Альп до Колет-Дага. В Грузии от этой группы сохранилось несколько представителей, дифференцировавшихся в эндемичные подвиды общего для Европы и Азии вида *nivalis* и эндемичных для Кавказа и прилегающей части Малой Азии видов *gud* и *roberti*.

В течение одного или нескольких межледниковых периодов, характеризовавшихся пустынно-степным климатом на обширном протяжении юга Палеарктики, широкое распространение имели полевки группы *Sumeriomys*. Ареал одного из видов этой группы — полевки общественной (*M. socialis* Pall.) — еще в прошлом столетии простирался далеко к северу от Каспия, теперь сузился до степей Крыма и Кавказа и южных районов Средней Азии. В Грузии этот вид занимает низменность и ксерофитные предгорья восточных районов, примыкающих к Азербайджану и Армении. Другой вид из этой группы — полевка плоскогорная (*M. shidlovskii* Arg.) — представляет характерный пример реликтовой фауны горных степей, обособившейся на Карталинской равнине в Грузии.

Сопоставление ареалов распространения отдельных видов грызунов Грузии приводит нас к некоторым зоогеографическим выводам, которые, однако, необходимо рассматривать в данный момент как сугубо схематичные вследствие недостатка фактических данных. Надеюсь вернуться более обстоятельно к затронутым здесь вопросам в недалеком будущем, свои соображения сформулируем здесь в виде поправок к схеме Сатунина 1912 г., принимая ее за основу.

1. Граница округов, расположенных на южном склоне Кавказского хребта, отодвигается к югу: до южной линии пихтового леса западной части Грузии и до южной линии леса верхней зоны паркового типа (по терминологии А. А. Гроссгейма)—в восточной.

В связи с этим выделяется высокогорная фаунистическая зона, которая охватывает высокогорные области обоих склонов хребта и делится примерно по линии Казбеги на два округа: Западный Кавказ и Восточный Кавказ.

Это соображение диктуется специфичностью комплекса видов родентофауны. Характерными для этих округов грызунами являются:

Западный Кавказ

Sicista caucasica Vin.
Prometheomys schaposhnikovi Sat.

Восточный Кавказ

Mesocricetus raddei Nehr.
Cricetulus migratorius Pall.
Microtus arvalis Pall.

и общие:

Chionomys gud Sat.
Pitymys daghestanicus Shidl.
Chionomys roberti Thom.

2. Северная граница округа «Западное Закавказье» отодвигается к югу примерно до Сухуми. Отпадающий в связи с этим участок побережья и предгорий Абхазии сливается с Новороссийским округом (по терминологии Уварова). Юго-восточная граница этого округа отодвигается на северо-запад через реку Аджарис-Цкали к южному участку Аджаро-Имеретинского хребта.

Эти изменения диктуются: для северной границы—проникновением с севера двух бореальных элементов (*Ab. agrarius* и *M. minutus*) и для южной—преобладанием малоазиатских элементов ксерофильного типа (*S. mystacinus* и *Sc. persicus*) к югу от Аджаро-Имеретинского хребта.

Характерными для округа грызунами нужно считать: *Pitymys majori* Thos. в типичной и понтийской формах; *R. rattus* L., *G. gliis* L. Характерной особенностью для него является полное отсутствие полевок группы *Microtus* и *Sumeriomys*, которые западнее Сурамского хребта уже не встречаются, отсутствие хомяка, слепца и др. видов.

3. Отошедшей от предыдущего округа юго-восточной частью Аджарии и прилегающей к ней области на востоке, приблизительно до линии Ахалцихе—Боржоми, с переходом через Имеретинский хребет образуется северная оконечность Восточно-анатолийского округа (Армянского—по терминологии Уварова).

Характерным для этого участка грызуном является *Sylv. mystacinus* Danf. et Alst.—новый представитель родентофауны Грузии.

4. Округ истоков реки Куры, охватывающий Джавахетское плато, необходимо расширить на восток за счет Цалкинского горного рай-

она и на юго-восток через Лорийскую степь в Армении и переименовать (в согласии с Уваровым) в округ Малого Кавказа.

Характерными для этого округа грызунами являются:

Mesocricetus brandli Nehr.,
Mesospalax monticola Nehr.,
Arvicola amphibius L.,

Microtus arvalis Pall.,
Chionomys nivalis Mart.
 и др.

5. В Восточной Грузии «Степной округ Восточного Закавказья» должен быть доведен по Куринскому бассейну по меньшей мере до линии Тбилиси—Люксембурги вследствие захода сюда характерных для округа грызунов—*Microtus socialis* Pall., *Mus musculus tataricus* Sat., *Plassiomys erythrourus* Gray и др.

В результате предложенных изменений на территории Грузии располагаются следующие зоогеографические округа Кавказа:

1. Округ Новороссийский,
2. " западной части Кавказского хребта,
3. " восточной части Кавказского хребта,
4. " Понтийский,
5. " Восточно-Анатолийский,
6. " Малого Кавказа,
7. " Сомхето-Кахетинский,
8. " степей Восточного Закавказья.

Таковы в общем характерные черты родентофауны Грузии и их отражение на зоогеографическом районировании Кавказа.

Грузинский Филиал АН СССР
 Зоологический сектор
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 27.1.1941)

ЗООЛОГИЯ

ЛЕВ МИЩЕНКО

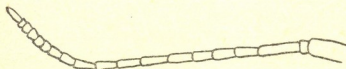
ВИД РОДА GRATIDIA STAL (PHASMODEA, CLITUMNIDAE)
В ФАУНЕ СССР

Изучая материал Зоологического института Академии Наук СССР по роду *Gratidia* Stal, мы обнаружили в нем наличие нового вида из Закавказья, описание которого приводим ниже и для выяснения отношений его к другим видам того же рода даем определительную таблицу представителей рода, обнаруженных до сих пор в пределах СССР. Относительно соответствующей литературы см. [1—9].

Gratidia nana, sp. n.

Gr. bituberculata Макарян, 1930: 284, 295 (nec Redtenbacher).

♂♂. Тело мелкое, стройное, гладкое. Голова большая, в передней части сильно расширенная, гладкая, мелко точечная; ее ширина между глазами больше ее ширины у основания. Глаза почти круглые, слабо выдающиеся в стороны. Темя едва вдавленное. Затылок с едва заметным средин-



Фиг. 1. *Gratidia nana*, sp. n., ♂. Усик.

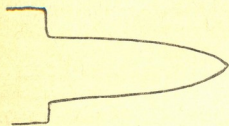


Фиг. 2. *Gratidia nana*, sp. n., ♂. Церк.

ным килем. Усики тонкие, короткие, 19-члениковые, почти в 2 раза длиннее головы и переднеспинки вместе, в густых коротких волосках; 4—8-й членики цилиндрические, длина отдельного членика в 2,5—3 раза больше его максимальной ширины; 9—12-й членики цилиндрические, длина отдельного членика почти в 2 раза больше его максимальной ширины; 13—15-й членики удлинненно-трапециевидные, длина отдельного членика почти в 1,5 раза больше его максимальной ширины; 16—17-й членики коротко-трапециевидные, длина отдельного членика почти равна его максимальной ширине; 18-й членик трапециевидный, очень короткий, его длина значительно меньше его максимальной ширины. Переднеспинка мелко точечная, в передней части сжатая, со слабыми продольными бороздками, одной по середине и двумя короткими по бокам и с ясным поперечным вдавлением у середины;



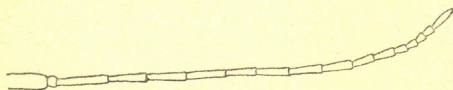
ее длина почти в 1,5 раза больше ее максимальной ширины; боковые края двояко-изогнутые. Среднеспинка мелко точечная, слабо расширенная в задней части, длинная; ее длина почти в 4,2 раза больше длины переднеспинки; срединный киль ясный. Заднеспинка мелко точечная, слабо расширенная в задней части; ее длина незначительно меньше длины среднеспинки; срединный киль ясный. Ноги короткие, максимальная ширина бедер 0,5 мм. Брюшко мелко точечное, без срединного кия. Супраанальная пластинка с резкой



Фиг. 3. *Gratidia bituberculata* Redt., ♀.
Сельмой стернит брюшка.



Фиг. 4. *Gratidia inconspicua* Br. W., ♀.
Сельмой стернит брюшка.



Фиг. 5. *Gratidia inconspicua* Br. W., ♂. Усик.

луговидной вырезкой на заднем крае. Церки короткие, толстые, округлые, изогнутые внутрь; внутренняя сторона церка в вершинной трети с короткими, очень густо усаженными, щетинками.

Окраска одноцветная, желто-буроватая. Щетинки на церках почти черные. Самка неизвестна.

Длина тела ♂♂ 34,5—37,7; усика ♂♂ 7,1—7,6; переднеспинки ♂♂ 1,7—1,9, среднеспинки ♂♂ 6,9—7,3; заднеспинки ♂♂ 6,1—6,5; передних бедер ♂♂ 13,5—14,5; средних бедер ♂♂ 8,7—9,5; задних бедер ♂♂ 10,6—11,5 мм.

Распространение: Нахичеванская АССР: река Аракс, ст. Дарашам II, 2.VII.1931, 1 ♂ (Рябов); река Аракс, Джуга у ст. Джульфа, 4.VII.1931, 1 ♂; 7—8.VII.1932. 1 ♂ (тип) (Рябов).

Тип в колл. Зоологического института Академии Наук СССР.

Этот новый вид наиболее близок к *Gratidia inconspicua* Br. W., но хорошо отличается от него более короткими и более толстыми усиками, более толстыми и более короткими бедрами ног, формой и вооружением церков ♂.



Таблица для определения видов рода *Gratidia* Stal, живущих в СССР

- 1 (8). Среднеспинка, заднеспинка и все тергиты брюшка гладкие.
- 2 (5). Темя с двумя резкими заостренными бугорками или с двумя резкими, короткими киями между глаз. Задний край седьмого стернита брюшка ♀ с большой заостренной лопастью (рис. 3).
- 3 (4). Темя с двумя заостренными бугорками между глаз.—Вост. Туркменистан, Зап. Узбекистан; Сев. Афганистан . . . 1. *Gr. adelungi* Br. W.
- 4 (3). Темя с двумя киями между глаз.—Туркменистан, Узбекистан, Таджикистан, Казахстан; Джунгария (сев.-зап. Китай) . . . 2. *Gr. bituberculatus* Redt.
- 5 (2). Темя между глаз гладкое, без приподнятых бугорков или килей. Задний край седьмого стернита брюшка ♀ без заостренной лопасти (рис 4).
- 6 (7). Усики ♂ короткие; 15—17-й членики коротко-трапециевидные, длина отдельного членика равна его максимальной ширине (рис. 1). Самка неизвестна.—Нахичеванская АССР. . . 3. *Gr. nana*, sp. n.
- 7 (6). Усики ♂ длинные; 15—18-й членики удлинненно-трапециевидные, длина отдельного членика в 1,5—2 раза больше его максимальной ширины (фиг. 5). Седьмой стернит брюшка ♀ с двумя ясными, короткими киями в вершинной трети и блестящим бугорком между этими киями.—Казахстан; Таджикистан; Туркменистан; Иран . . . 4. *Gr. inconspicua* Br. W.
- 8 (1). Среднеспинка, заднеспинка и первые 5 тергитов брюшка с 2 рядами явственных бугорков.—Туркменистан; Иран . . 5. *Gr. uvaroviana* Mistsh.

Академия Наук СССР
Зоологический институт

(Поступило в редакцию 4.12.1940)

ZOOLOGIE

THE SPECIES OF THE GENUS GRATIDIA STAL IN USSR
(PHASMODEA, CLITUMNIDAE)

By LEO MISTSHENKO

Summary

In the Zoological Institute of the Academy of Science of USSR I found, among materials received from Nachichevan (Transcaucasia) a new species of such an original group of insects as Phasmodea—inhabiting the tropics and subtropics, and scantily represented in the fauna of southern parts of the Union and particularly in Transcaucasia.

- The systematic position of the new species is evident from the following table-
- 1 (8). Mesonotum, metanotum and tergites of abdomen smooth.
 - 2 (5). Vertex with two distinct pointed tubercles or with two distinct short keels between the eyes. Hind margin of the seventh sternite of abdomen of the ♀ with large pointed lobe (fig. 3).
 - 3 (4). Vertex with two pointed tubercles between the eyes.—E. Turkomania; W. Uzbekistan; N. Afghanistan. 1. *Gr. adelungi* Br. W.
 - 4 (3). Vertex with two keels between the eyes.—Azerbajdzhan, Turkomania; Uzbekistan; Tadzhikistan; Kazakhstan; Dzhungaria (N.-W. China). 2. *Gr. bituberculata* Redt.
 - 5 (2). Vertex smooth, without tubercles or keels between the eyes. Hind margin of the seventh sternite of abdomen of the ♀ without pointed lobe (fig. 4).
 - 6 (7). Antennae of the ♂ short; the 15—17-th joints shortly trapezoidal, length of single joint equal to its maximum width (fig. 1). Female unknown.—Nakhitshevan ASSR: river Arax, st. Darasham II and Dzhuga near st. Dzhulfa. 3. *Gr. nana*, sp. n.
 - 7 (6). Antennae of the ♂ long; the 15—17-th joints elongate trapezoidal, length of single joint 1,5—2 times as large as its maximum width (fig. 5). The seventh abdominal sternite of the ♀ with two distinct short keels in the apical third and lustrous tubercle between these keels.—Kazakhstan; Tadzhikistan; Turkomania; Iran 4. *Gr. inconspicua* Br. W.
 - 8 (1). Mesonotum, metanotum and the first five tergites of abdomen with two rows of distinct tubercles.—Turkomania; Iran. 5. *Gr. uvaroviana* Mistsh.

Academy of Sciences of USSR
The Zoological Institute

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—REFERENCES

1. И. В. Бабаджаниди. Несколько наблюдений над нашим закавказским палочником (*Gratidia* sp.). Изв. Кавк. Муз., IX, 58—59, 1915.
2. K. Brunner von Wattenwyl, und Jos. Redtenbacher. Die Insektenfamilie der Phasmiden. Leipzig: 1908, 182, 217—225.
3. Г. Г. Якобсон и Л. В. Бианки. Прямокрылые и ложносетчатокрылые Российской Империи и сопредельных стран. С.-Петербург, 159, 1902—1905.
4. М. Я. Макарян. Материалы к познанию фауны прямокрылых (*Orthoptera*) долины Аракса. Изв. Гос. Унив. ССР Арм. № 5, 284, 295, 1930.
5. L. Mistshenko. A study of the genus *Gratidia* Stal (Phasmodea, Glitumnidae). Proc. R. Ent. London, (B), VI: 119—120, 1937.
6. L. Mistshenko. Some data on the fauna: Blattodea, Mantodea, Phasmodea and Orthoptera of North Afghanistan. J. Bomb. Nat. Hist. Soc. XXXIX: 797—798, 1937.
7. Е. Пыльнов. Orthoptera Семиреченской области. Mantodea, Phasmatodea, Locustodea и Grylloidea. Рус. Энт. Обзор., XI, № 3, 367, 1911.
8. Jos. Redtenbacher. Beitrag zur Orthopteren-Fauna von Turkmenien. Wien. Ent. Zeit., VIII: 26—27, 1889.
9. В. Р. Уваров. Ueber die Orthopterenfauna Transcaspiens. Тр. Русс. Энт. Общ., XL, Nr. 3, 9, 1912.



М. Д. РЧЕУЛИШВИЛИ

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ШЕРСТНОГО ПОКРОВА
 ЖИВОТНЫХ

Сообщение второе¹

Изменчивость тонины осенней шерсти в руне популяции
 тушинских овец

Под уравнительностью тонины шерсти подразумевается уравнительность тонины отдельных волосков в штапеле, в руне и популяции. В данном сообщении рассматривается только уравнительность тонины шерсти в руне и изменчивость этого признака в популяции.

По мнению большинства авторов, большей частью тонина шерсти уменьшается от плеча к бедру (Schoufeld, Zwanzig, Schultze, G. Elbe, Weiler, Wilsdorf, Kronacher, Frolich, Spottel, Tänzer, Heise, Bötzel, Иоселиани, Иванов, Николаев и др.). В отношении других частей тела—спины, холки, крестца, живота, шеи и т. п.—строго определенных данных нет. Так, например, по данным некоторых авторов, шерсть на животе тоньше, чем на остальных частях тела, оказываясь часто даже переразвитой (Иванов), или же шерсть на животе либо более грубая, либо тонкая (Spottel, Weiler). Некоторые же авторы указывают на большую грубость шерсти живота по сравнению с другими частями тела (Боголюбова). Почти аналогичную картину наблюдаем и по тоне шерсти остальных частей тела.

Более полный обзор литературы по данному вопросу сделан в сводках Landauer [6, 7] и Spottel [10], а также в работах Weiler'a [3], Николаева [8] и др.

Изменчивость тонины осенней шерсти в руне у тушинских овец до сих пор не изучалась.

Объектом для настоящего исследования послужили в основном овцы, от которых была изучена изменчивость длины шерсти (см. сообщение первое), а также дополнительно 11 гол. овец из той же отары.

¹ Сообщение первое см. в «Сообщениях Груз. Фил. АН СССР» т. I, № 5, стр. 377—384.



| №№ овесц | Лопатка | | | Бочек | | | Ляшка | | | Шея | | | Крестец | | |
|-------------------|---------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|---------|-------|------|
| | AB | CDE | FGH | AB | CDE | FGH | AB | CDE | FGH | AB | CDE | FGH | AB | CDE | FGH |
| 701/A | 43.0 | 44.0 | 13.0 | 42.0 | 34.5 | 23.5 | 43.0 | 47.5 | 9.5 | 45.0 | 39.0 | 16.0 | 38.5 | 54.0 | 7.5 |
| D7089 | 55.0 | 38.5 | 6.5 | 46.5 | 51.5 | 2.0 | 58.5 | 39.0 | 2.5 | 69.0 | 29.0 | 2.0 | 23.5 | 62.5 | 14.0 |
| 604/A | 55.5 | 42.0 | 2.5 | 53.5 | 41.0 | 5.5 | 42.5 | 46.5 | 11.0 | 58.5 | 34.5 | 7.0 | 34.0 | 61.5 | 4.5 |
| D1480 | 60.5 | 28.5 | 11.0 | 60.5 | 32.5 | 7.0 | 45.0 | 40.0 | 15.0 | 53.0 | 37.0 | 10.0 | 50.5 | 45.0 | 4.5 |
| 724/A | 45.0 | 44.5 | 10.5 | 54.0 | 43.0 | 3.0 | 50.0 | 46.5 | 3.5 | 22.5 | 68.5 | 9.0 | 39.0 | 52.5 | 8.5 |
| 772/A | 34.0 | 56.5 | 9.5 | 36.0 | 51.5 | 12.5 | 46.0 | 50.5 | 3.5 | 30.5 | 62.0 | 7.5 | 50.5 | 43.0 | 6.5 |
| 664/A | 52.0 | 43.0 | 5.0 | 61.0 | 33.5 | 5.5 | 45.5 | 53.5 | 1.0 | 50.5 | 42.5 | 7.0 | 51.5 | 42.0 | 6.5 |
| 8851q | 50.5 | 44.0 | 5.5 | 62.0 | 33.0 | 5.0 | 39.5 | 52.0 | 8.5 | 27.0 | 60.0 | 13.0 | 43.5 | 46.5 | 10.0 |
| 329B.T. | 35.0 | 57.5 | 7.5 | 35.5 | 57.5 | 7.0 | 33.5 | 57.0 | 9.5 | 60.0 | 39.0 | 1.0 | 56.5 | 41.0 | 2.5 |
| 6604q | 57.0 | 36.0 | 7.0 | 64.5 | 28.5 | 7.0 | 54.5 | 35.0 | 10.5 | 57.0 | 34.5 | 8.5 | 56.5 | 39.5 | 4.0 |
| 752/A | 57.0 | 31.5 | 11.5 | 63.0 | 31.0 | 6.0 | 49.0 | 44.0 | 7.0 | 48.5 | 39.5 | 12.0 | 54.0 | 40.5 | 5.5 |
| D1503 | 57.5 | 37.0 | 5.5 | 58.5 | 33.5 | 8.0 | 61.5 | 32.0 | 6.5 | 43.0 | 55.5 | 1.5 | 62.0 | 34.5 | 3.5 |
| 807/A | 63.0 | 31.5 | 5.5 | 57.5 | 36.5 | 6.0 | 62.5 | 31.0 | 6.5 | 61.0 | 39.0 | — | 61.5 | 32.0 | 6.5 |
| D2082 | 60.0 | 36.0 | 4.0 | 50.5 | 37.0 | 12.5 | 50.5 | 40.5 | 9.0 | 50.5 | 43.5 | 6.0 | 53.5 | 38.5 | 8.0 |
| 783/A | 28.5 | 64.5 | 7.0 | 30.0 | 65.0 | 5.0 | 27.5 | 62.0 | 10.5 | 21.5 | 71.5 | 7.0 | 28.5 | 64.0 | 7.5 |
| 801/A | 59.0 | 35.0 | 6.0 | 57.0 | 37.0 | 6.0 | 65.0 | 30.0 | 5.0 | 73.5 | 20.0 | 6.5 | 50.0 | 45.5 | 4.5 |
| 769/A | 58.5 | 36.0 | 5.5 | 61.5 | 33.5 | 5.0 | 72.5 | 17.5 | 10.0 | 48.5 | 34.5 | 17.0 | 52.0 | 41.0 | 7.0 |
| 632/A | 51.5 | 41.5 | 7.0 | 55.5 | 34.0 | 10.5 | 59.5 | 29.0 | 11.5 | 57.0 | 35.0 | 8.0 | 50.5 | 41.5 | 8.0 |
| 786/A | 44.0 | 49.0 | 7.0 | 53.5 | 43.0 | 3.5 | 43.0 | 46.5 | 10.5 | 29.0 | 58.0 | 13.0 | 53.5 | 54.5 | 10.0 |
| 817/A | 32.0 | 61.5 | 6.5 | 41.5 | 51.5 | 7.0 | 30.0 | 58.0 | 12.0 | 15.5 | 70.5 | 14.0 | 36.0 | 59.5 | 4.5 |
| D0493 | 47.5 | 44.0 | 8.5 | 47.5 | 36.5 | 16.0 | 51.0 | 41.0 | 8.0 | 30.0 | 52.0 | 18.0 | 65.5 | 26.5 | 8.0 |
| 567/A | 46.0 | 47.0 | 7.0 | 59.0 | 36.5 | 4.5 | 42.5 | 48.0 | 9.5 | 44.5 | 42.5 | 13.0 | 37.5 | 47.0 | 15.5 |
| 893/A | 58.0 | 36.0 | 6.0 | 66.0 | 28.5 | 5.5 | 66.5 | 27.5 | 6.0 | 47.5 | 46.0 | 6.5 | 63.5 | 31.0 | 5.5 |
| D0446 | 68.0 | 29.0 | 3.0 | 61.0 | 33.5 | 5.5 | 69.0 | 25.5 | 5.5 | 67.5 | 26.5 | 6.0 | 57.5 | 39.5 | 3.0 |
| D4375 | 53.0 | 33.5 | 13.5 | 35.5 | 50.5 | 14.0 | 44.5 | 46.5 | 9.0 | 36.0 | 53.5 | 10.5 | 42.5 | 52.0 | 5.5 |
| 678/A | 50.0 | 44.5 | 5.5 | 55.0 | 36.0 | 9.0 | 52.5 | 41.0 | 6.5 | 39.0 | 50.0 | 11.0 | 51.5 | 42.0 | 6.5 |
| D1582 | 73.0 | 26.5 | 0.5 | 66.5 | 28.0 | 5.5 | 64.0 | 32.0 | 4.0 | 70.0 | 29.5 | 0.5 | 53.0 | 42.0 | 5.0 |
| 6688,q | 46.5 | 40.5 | 13.0 | 65.0 | 28.5 | 6.5 | 39.0 | 45.5 | 15.5 | 44.5 | 42.0 | 13.5 | 61.5 | 29.5 | 9.0 |
| D0864 | 63.5 | 33.5 | 3.0 | 73.5 | 24.0 | 2.5 | 71.5 | 21.5 | 7.0 | 73.0 | 24.5 | 1.5 | 55.5 | 40.0 | 4.5 |
| Средние данные | 51.9 | 41.2 | 6.9 | 54.2 | 38.3 | 7.5 | 50.97 | 40.92 | 8.08 | 47.45 | 44.11 | 8.48 | 48.8 | 44.42 | 6.74 |

С каждого образца промерялось 200 волосков⁽¹⁾ на микроскопе Wilkens-Zeiss, по методу отрезков⁽²⁾.

Результаты исследования. Если проследить топографию тонины шерсти (по суммарным данным общей популяции) на средней линии туловища, то окажется, что на крайней передней (шея) и задней (ляшка) частях тела количество тонких волс уменьшается, а переходных увеличивается, причем на передней части в большей степени, чем на задней. Шерсть же бочка оказалась самой богатой тонкими волосами. Более равномерное распределение получается по количеству остевых волос, которое постепенно увеличивается от лопатки к ляшке. Грубых волос больше всего содержится в образцах шеи.

⁽¹⁾ Все микроскопические измерения были произведены лаборантом Т. И. Догондзе.

⁽²⁾ Весь материал был обработан по Lehmann'у, но для сокращения очень длинных таблиц все сортименты были объединены в три группы: АВ (все волосы тоньше 31 μ), CDE (волосы толщиной от 31 до 60 μ) и FGH (волосы толще 60 μ). Но все рассуждения и выводы основываются как на необъединенных сортиментах Lehmann'a, так и на построенных вариационных кривых.

| Спина | | | Холка | | | Живот | | | Грудь | | | Затылок | | |
|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|---------|-------|------|
| AB | CDE | FGH | AB | CDE | FGH | AB | CDE | FGH | AB | CDE | FGH | AB | CDE | FGH |
| 39.5 | 51.5 | 9.0 | 35.5 | 58.5 | 6.0 | 45.5 | 50.5 | 4.0 | 53.0 | 38.0 | 9.0 | 64.5 | 32.0 | 3.5 |
| 29.5 | 63.0 | 7.5 | 51.0 | 42.5 | 6.5 | 30.5 | 49.0 | 20.5 | 58.5 | 39.5 | 2.0 | 58.5 | 39.0 | 2.5 |
| 28.0 | 63.5 | 8.5 | 23.5 | 72.0 | 4.5 | 45.5 | 48.5 | 6.0 | 19.5 | 70.5 | 10.0 | 52.0 | 47.0 | 1.0 |
| 63.5 | 33.5 | 3.0 | 63.5 | 29.0 | 7.5 | 37.5 | 44.5 | 18.0 | 75.0 | 21.0 | 4.0 | 44.5 | 31.5 | 24.0 |
| 42.5 | 52.0 | 5.5 | 33.0 | 57.0 | 10.0 | 11.0 | 73.0 | 16.0 | 12.5 | 60.5 | 27.0 | 52.5 | 44.5 | 3.0 |
| 25.0 | 65.5 | 9.5 | 27.5 | 67.5 | 5.0 | 26.0 | 64.5 | 9.5 | 52.5 | 43.5 | 4.0 | 58.5 | 27.5 | 14.0 |
| 65.0 | 33.0 | 2.0 | 63.5 | 29.0 | 7.5 | 33.5 | 48.5 | 18.0 | 45.0 | 48.0 | 7.0 | 61.5 | 36.0 | 2.5 |
| 57.5 | 38.5 | 4.0 | 30.5 | 56.5 | 13.0 | 23.0 | 56.0 | 21.0 | 40.5 | 47.0 | 12.5 | 40.5 | 49.5 | 10.0 |
| 55.5 | 42.5 | 2.0 | 78.0 | 22.0 | — | 63.5 | 32.0 | 4.5 | 69.5 | 28.5 | 2.0 | 58.5 | 37.5 | 4.0 |
| 61.5 | 30.5 | 8.0 | 67.5 | 30.0 | 2.5 | 39.0 | 48.0 | 13.0 | 54.5 | 32.0 | 13.5 | 71.0 | 19.0 | 10.0 |
| 70.5 | 24.5 | 5.0 | 50.5 | 44.5 | 5.0 | 29.5 | 58.5 | 12.0 | 78.5 | 19.5 | 2.0 | 38.0 | 56.5 | 5.5 |
| 61.5 | 36.0 | 2.5 | 60.0 | 35.5 | 4.5 | 67.0 | 32.0 | 1.0 | 32.0 | 50.0 | 18.0 | 54.5 | 44.0 | 1.5 |
| 69.5 | 22.5 | 8.0 | 58.5 | 36.5 | 5.0 | 43.0 | 51.5 | 5.5 | 46.0 | 32.0 | 22.0 | 69.0 | 28.5 | 2.5 |
| 56.0 | 36.5 | 7.5 | 56.0 | 41.0 | 3.0 | 50.5 | 38.5 | 11.0 | 60.5 | 28.0 | 11.5 | 27.5 | 57.0 | 15.5 |
| 41.0 | 50.5 | 8.5 | 21.0 | 72.0 | 7.0 | 3.0 | 66.5 | 30.5 | 10.0 | 70.5 | 19.5 | 50.5 | 46.0 | 3.5 |
| 65.0 | 29.0 | 6.0 | 49.5 | 46.5 | 4.0 | 36.5 | 54.5 | 9.0 | 61.5 | 24.5 | 14.0 | 67.5 | 32.0 | 0.5 |
| 47.5 | 45.5 | 7.0 | 35.0 | 59.5 | 5.5 | 21.5 | 56.0 | 22.5 | 50.5 | 42.0 | 7.5 | 63.5 | 29.5 | 7.0 |
| 52.0 | 42.0 | 6.0 | 29.5 | 62.0 | 8.5 | 40.5 | 54.5 | 5.0 | 65.5 | 16.5 | 18.0 | 60.0 | 29.0 | 11.0 |
| 40.5 | 57.5 | 2.0 | 28.5 | 70.0 | 1.5 | 25.5 | 49.5 | 25.0 | 43.0 | 25.5 | 31.5 | 38.5 | 58.0 | 3.5 |
| 39.0 | 54.0 | 7.0 | 20.5 | 74.5 | 5.0 | 16.0 | 63.0 | 21.0 | 34.0 | 53.0 | 13.0 | 13.0 | 77.0 | 10.0 |
| 75.0 | 19.0 | 6.0 | 49.5 | 43.5 | 7.0 | 24.0 | 49.5 | 26.5 | 41.0 | 44.0 | 15.0 | 75.0 | 22.5 | 2.5 |
| 46.0 | 44.5 | 9.5 | 48.5 | 48.0 | 3.5 | 30.5 | 46.0 | 23.5 | 49.0 | 40.5 | 10.5 | 63.5 | 34.0 | 2.5 |
| 54.0 | 39.0 | 7.0 | 46.0 | 40.5 | 13.5 | 44.0 | 40.0 | 16.0 | 42.0 | 43.5 | 14.5 | 35.5 | 52.5 | 12.0 |
| 59.5 | 32.0 | 1.5 | 60.5 | 37.5 | 2.0 | 30.5 | 57.0 | 12.5 | 17.0 | 75.0 | 8.0 | 64.5 | 33.0 | 2.5 |
| 48.5 | 42.0 | 9.5 | 29.0 | 61.0 | 10.0 | 18.5 | 63.5 | 18.0 | 55.5 | 36.5 | 8.0 | 54.0 | 44.0 | 2.0 |
| 53.5 | 44.0 | 2.5 | 24.0 | 71.5 | 4.5 | 24.5 | 59.0 | 16.5 | 37.0 | 51.0 | 12.0 | 23.0 | 65.0 | 12.0 |
| 50.0 | 46.0 | 4.0 | 72.5 | 23.5 | 4.0 | 34.5 | 51.5 | 14.0 | 76.5 | 18.5 | 5.0 | 74.5 | 25.5 | — |
| 55.5 | 35.0 | 9.5 | 52.5 | 43.0 | 4.5 | 60.5 | 36.5 | 3.0 | 66.0 | 33.0 | 1.0 | 70.5 | 20.0 | 9.5 |
| 64.0 | 31.5 | 4.5 | 63.5 | 35.5 | 1.0 | 43.0 | 54.0 | 3.0 | 76.5 | 18.0 | 5.5 | 68.5 | 28.0 | 3.5 |
| 52.25 | 41.76 | 5.93 | 45.81 | 48.62 | 5.57 | 34.38 | 51.58 | 14.0 | 49.56 | 38.99 | 11.44 | 54.21 | 39.52 | 6.25 |

У овцы № 329 Б. Т. (см. табл.) мы наблюдаем поразительную идентичность тонины шерсти на лопатке (AB—35%, CDE—57,5% и F—7,5%) и на бочке (соответственно 35,5, 57,5 и 7%), идентична этим образцам и шерсть ляшки (33,5, 57 и 9,5%); к тому же у этой овцы в противовес общей популяции, количество переходных волос сильно превышает количество тонких. Образцы на шею сильно отличаются большим содержанием тонких волос (60%) и малым количеством грубых (1%).

У овцы № D4375 на лопатке имеем: AB—53%, CDE—33,5% и FGH—13,5%, тогда как на бочке AB—35,5%, CDE—50,5% и FGH—14%, на ляшке соответственно—44,5, 46,5 и 9%. Таким образом, овца № D4375 резко отличается от № 329 Б. Т., а обе они от средних данных общей популяции. Таких примеров можно привести достаточное количество (см. табл.), здесь же отметим, что по тонким волоскам между лопаткой, бочком и ляшкой строгой сопряженности не существует. В большинстве случаев (от 52 до 69%) в шерсти шеи содержится меньше тонких волос, чем в шерсти лопатки, бочка и ляшки, но здесь бывают довольно сильные и частые отклонения (от 48 до 31%). По грубым волос-

кам тоже не наблюдается строгой сопряженности: только у 65% овец на лямке больше грубых волос, чем на лопатке.

Таким образом, на средней линии туловища, в региональном отношении строго определенной последовательности в тонине шерсти не наблюдается.

По средним данным общей популяции центральная часть (спина) верхней линии туловища по сравнению с двумя крайними (холка и крестец) характеризуется большим содержанием тонких волос. По количеству грубых волос в шерсти первое место занимает крестец, затем следует затылок, спина и холка; в этом отношении сильной разницы не наблюдается.

Как видно из таблицы, у овцы № 664/А в тонине шерсти спины, крестца, холки и затылка большой разницы не наблюдается (сравнительно более отличается крестец). Почти полная идентичность тонины шерсти, холки, спины и крестца наблюдается у овцы № D1503. У овцы № 8851q тонина шерсти крестца и затылка почти одинаковая, спина же характеризуется большим содержанием волос АВ (по сравнению с волосами переходного типа) и малым развитием грубых волос; шерсть холки, наоборот, характеризуется сильным развитием переходных волос (по сравнению с тонкими волосками); довольно сильно развиты и грубые волоски. У овцы № 772/А тонина шерсти на спине и холке почти идентична, тогда как тонина шерсти на крестце резко отличается от двух предыдущих. Таких примеров можно привести достаточное количество (см. табл.). Все же надо отметить, что по тонким волоскам в большинстве случаев спина превосходит крестец и холку, а затылок спину и крестец, равно как последний холку. Таким образом, по количеству тонких волос одна часть верхней линии туловища чаще превосходит другую, чем последняя первую; это явление для некоторых частей тела распространено у тушинских овец, но с частыми и большими отклонениями.

Аналогичное явление, но только в обратном превосходстве мы наблюдаем по переходным волоскам (см. табл.).

По грубым волоскам большого распространения превосходства одной части туловища над другой не наблюдается.

Все вышесказанное приводит к выводу, что в региональном отношении на верхней линии туловища тоже не наблюдается строгой закономерности.

По средним данным общей популяции в шерсти живота сильно развиты волосы СDE, волос же АВ гораздо меньше. Противоположная картина наблюдается в шерсти груди (см. табл.). На нижней части туловища грубых волос больше, чем на остальных частях тела, причем в шерсти живота содержится больше грубых волос, чем в шерсти груди (см. табл.). Индивидуальный анализ изученных овец показывает, что хотя в большинстве

случаев в шерсти живота содержится больше переходных и грубых волос, чем в шерсти груди, но противоположные случаи наблюдаются все же в довольно значительном количестве (от 21 до 38%), что указывает на отсутствие строго определенной последовательности.

Сравнение средней линии туловища с верхней показывает, что по средним данным целой популяции (см. табл.) количество тонких волос на средней линии туловища больше, чем на соответствующих частях верхней линии (лопатка сравнивается с холкой, бочок со спиной и ляшка с крестцом). В общем же образцы спины содержат больше тонких волос, чем шерсть ляшки. Шерсть спины в этом отношении почти превосходит и лопатку. По переходным волоскам наблюдаем полную противоположность. Грубых волос в шерсти средней линии туловища больше, чем в верхней.

Индивидуальный анализ популяции во многих случаях не подтверждает результатов, полученных по средним данным (см. табл.). Необходимо отметить, что при сравнении средней линии туловища с верхней, известное распространение превосходства какой-либо фракции шерсти, одной части тела над другой, все же наблюдается, но и в этом случае отмечались частые и резкие отклонения.

В большинстве случаев шерсть на средней линии туловища содержит больше тонких волос, чем живот (см. табл.). По грубым волоскам наблюдается кардинально противоположная картина. Но из этого положения исключения также наблюдаются (от 17 до 34%), что хотя и говорит об отсутствии строго определенной закономерности, но в то же время указывает на сильное распространение у тушинок огрубения шерсти живота.

Определенной сопряженности не наблюдается и при сравнении образцов шерсти груди с шерстью верхней и средней линии туловища (см. табл.). В этом случае тоже трудно говорить о строгой закономерности.

Детальное рассмотрение таблицы приводит к выводу, что разные части тела не только по определенным фракциям шерсти превышают друг друга, но очень часто меняется даже тип соотношения отдельных фракций шерсти на разных частях тела. Из анализа таблицы следует, что во многих случаях большинство основных сортиментов руна у разных овец изменяется в одинаковом направлении; так, например, у овец № 801/A в шерсти лопатки, бочка, ляшки, шеи, крестца и спины волос АВ гораздо больше, чем CDE, тогда как в тех же образцах у овец № 783/A переходных волос гораздо больше, чем тонких. В противовес вышеназванному у овец №№ 724/A, 7089, 8851q, 329 Б. Т., До493 и ряда других на разных частях тела соотношение волос АВ и CDE меняется: например, у овец № 724/A на лопатке волос АВ и CDE одинаковое количество, на бочке волосы АВ превосходят CDE, а на шее CDE сильно превышает АВ. Таких примеров можно привести достаточное количество (см. табл.). Сильно изменчиво также соотношение грубых волос по сравнению с АВ и CDE;



так, например, у овцы № 701/А на бочке АВ—42⁰/₀, СDE—34,5⁰/₀ и FGH—23,5⁰/₀; соответственно: на ляшке 43, 47,5 и 9,5⁰/₀ и на животе 45,5, 50,5 и 4⁰/₀. У овцы № 6688 q на ляшке волос АВ—39⁰/₀, СDE—45,5⁰/₀ и FGH—15,5⁰/₀, на бочке 65, 28,5 и 6,5⁰/₀ и на животе 60,5, 36,5 и 3⁰/₀, тогда как у овцы № 724/А в вышеприведенном порядке на ляшке 50, 46,5 и 3,5⁰/₀, на бочке 54, 43 и 3⁰/₀ и на животе 11, 73 и 16⁰/₀, т. е. в последнем случае на животе грубых волос даже больше, чем тонких. Подобных примеров можно привести в достаточном количестве (см. табл.).

Все вышесказанное наводит на мысль, что в волосяном покрове разных частей тела, в смысле обуславливающей его причины, разница более существенная, чем это было нам до сих пор известно.

Анализ полученных данных приводит к выводу, что региональные особенности тонины шерсти не подчиняются определенной последовательности. Наблюдаемое у культурных пород закономерное огрубение шерсти на задней части туловища по сравнению с шерстью передней части и отсутствие этого явления у грубошерстных пород¹, не согласуется с мнением, распространенным среди большинства авторов, по которому это явление связывается с толщиной кожи. Что тонина волоса даже в основном не определяется толщиной кожи, видно и из всего вышесказанного, а также из того факта, что у овец со смешанной шерстью волосы тониною 180—300 мк вырастают непосредственно рядом с волосами толщиной 4—6 мк. Таким образом, тонина кожи не может быть основной причиной, обуславливающей региональность тонины шерсти.

Факторами, определяющими региональность тонины шерсти, частично могут быть различия в питании и температуре кожи и волос на срединных и периферических частях тела. Но действие этих факторов имеет только второстепенное значение. Основным фактором, определяющим региональные особенности шерстного покрова, являются причины генотипического порядка, к детальному разбору которых мы перейдем в последней статье из серии настоящих сообщений. Отметим здесь лишь некоторые факты.

Главным аргументом в пользу наследственной природы региональности тонины шерсти является то, что уравниность тонины шерсти по руну подвержена подбору, т. е. путем отбора и подбора овец в том или ином направлении можно получить или выравненность руна по тонине шерсти или же, наоборот, большую разнородность между отдельными частями тела. Такие факты в истории разведения овец известны в достаточном количестве. Это осознано зоотехнической практикой, и потому во всех бонитировочных ключах мира учтен подбор овец и по уравниности руна. Главное внимание на однородность шерсти по руну обращали в

¹ По Николаеву [8], у других грубошерстных овец также не наблюдается подобной закономерности.



Австралии; систематическим и строгим подбором мериносовых овец в этой стране и достигнута поразительная уравниленность шерсти в руне. Допускаемое бонитировочными ключами большее огрубение шерсти на задней части туловища по сравнению с передней, и некоторые причины анатомо-физиологического порядка определяют грубость шерсти на задней части туловища по сравнению с передней. Разноречивость данных разных авторов по тонине шерсти живота, и других, в редких случаях подлежащих подбору, признаков, также подтверждает наше предположение о наследственной природе региональных особенностей тонины шерсти.

Некоторое подтверждение наших выводов можно сделать из работы Д. Г. Агладзе [1], который для других целей изучил шерсть 16 маток из отары овцевода Азарашвили. Овцы этого овцевода многие годы разводились в «чистоте». Шерсть этих овец изучалась без выбора, произвольно. Из 16 овец этого хозяйства у 10, т. е. 62,5% шерсть на ляшке тоньше, чем на лопатке, в 8 случаях (50%) эта разница довольно резка. Только в 5 случаях из 16 шерсть на ляшке грубее, чем на лопатке и то в 4 случаях огрубение шерсти на ляшке по сравнению с лопаткой несущественное. К сожалению, для нас остается невыясненным направление селекции овец этого хозяйства по названному признаку. Но факт существования в одной отаре большого процента овец с более тонкой шерстью на задней части туловища, чем на передней, указывает на сознательный или бессознательный подбор овец в этом направлении (влияние производителя и последующего инбридинга, который при вольной случке всегда существует и т. п.).

Кроме всего сказанного и многих других фактов, говорящих в пользу наследственной природы региональных особенностей тонины шерсти, сошлемся на Spottel'я, указывающего, что «порядок, в котором уменьшается тонина шерсти на различных частях тела у разных пород, стад и индивидумов, отличается» [9].

Таким образом, существование определенной изменчивости тонины шерсти по руну у культурных пород и отсутствие этого явления среди грубошерстных овец, объясняется наследственной природою региональных особенностей тонины шерсти.

Определенная последовательность в региональности тонины шерсти у тонкорунных пород и отсутствие ее у грубошерстных вызвано направленным подбором первых (по этому свойству) и отсутствием его у вторых.

Грузинский Филиал АН СССР
Зоологический сектор
Тбилиси

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. დ. აგლაძე. მასალები ქართული მატყლის შტანდარტიზაციისათვის. II. ზოგი რამ მატყლის სინაზის გამოსარკვევი ობიექტური მეთოდის შემოსაღებად და ამ მეთოდით ცალკე ბინების ანალიზის რამდენიმე მაგალითი. ექსპერიმ. აგროლოგიის ინსტიტუტის მოამბე. VI. 1 30.
2. Georg Bötel. Studien in der Merinofleischschaf Stammschäfferei Wetzleben unter besonderer Berücksichtigung der Wolle und der Körperproportionen. Inaugural-Dissertation. Halle, 1926.
3. Albert Weiler. Untersuchungen über die Ausgeglichenheit von Wollen. Zeitschr. f. Tierzüchtung u. Züchtungsbiologie. 1927. B. IX. H. 2.
4. М. Ф. Иванов. Ощеводство. Сельхозгиз. Москва, 1935.
5. ნ. ოსტელიანი. მასალები თუშური ცხვრის ფენონალიზისათვის. ტფილისის უნივერსიტეტის მოამბე, 1927, VIII.
6. Walter Landauer. Die Vererbung von Haar- und Hautmerkmalen, ausschliesslich Färbung und Zeichnung, mit Berücksichtigung von Rassedifferenzierung und Deszendenz. Zeit. f. induktive Abstammungs u. Vererbungslehre. B. XLII, H. 3. 1926.
7. Walter Landauer. Die Vererbung von Haar- und Hautmerkmalen, ausschliesslich Färbung und Zeichnung. II (Sammelbericht). Zeitschr. f. induktive Abstammungs u. Vererbungslehre. B. L., H. 3/4. 1929.
8. А. И. Николаев. Основы шерстования. Сельхозгиз. Москва, 1933.
9. Walter Spottel. Ueber Variabilität, korrelative Beziehungen u. Vererbung der Haarfeinheit bei Schafen. Bibliotheca Genetica. 7. 1925.
10. Walter Spottel. Über die Ausgeglichenheit von Wollen. Zeitschrift f. Schafzucht. XVI. H. 5. 1927.

Академик И. БЕРИТАШВИЛИ (БЕРИТОВ) и Д. ГЕДЕВАНИШВИЛИ

ОБ ОБЩЕМ ТОРМОЖЕНИИ В КОРЕ БОЛЬШОГО МОЗГА

Многие авторы наблюдали угнетение двигательных реакций при раздражении коры большого мозга. Впервые это явление было отмечено Бубновым и Гейденгайном в 1881 г. [1]. Затем оно было изучено Введенским [2], Герингом и Шеррингтоном [3]. Вновь много потрудились над изучением того же явления Ухтомский [4], Грэйм Броун и Шеррингтон [5], а также другие. Но было совершенно ясно, что наблюдавшееся упомянутыми авторами угнетение двигательных реакций происходило не в коре большого мозга, а обуславливалось тормозящей деятельностью координирующих механизмов спинного мозга или же ничего определенного нельзя было сказать об его происхождении. На этом основании один из нас (Беритов) пришел к заключению, что процесс торможения не свойственен коре большого мозга [6].

В последнее время, в связи с новейшими гистологическими и физиологическими исследованиями спинного мозга и стволовой части головного мозга, стало выясняться, что торможение, проявляющееся в общем угнетении рефлекторной деятельности, является функцией нейропиля, особой составной части мозга, представляющей собой густое сплетение дендритов с синаптическими окончаниями на них афферентных и промежуточных нейронов (Беритов, [7]). Такой же нейропиле имеется в коре большого мозга. Отсюда одним из нас было сделано заключение, что явление общего торможения должно иметь место и в коре большого мозга (Беритов, см. Бериташвили, [8]).

Первое экспериментальное доказательство возможности торможения в коре большого мозга дано Дюссе де Баренном и сотрудниками [9]. Они доказали, что раздражение двигательного участка, которое производит определенный двигательный эффект, сначала облегчает, а затем угнетает последующий эффект от того же раздражаемого участка или от другого двигательного участка, функционально связанного с первым. Эти же авторы наблюдали угнетение коркового двигательного эффекта и при подпороговом раздражении двигательного участка. Что фаза угнетения—корковое явление, и связана с деятельностью коры, видно было из того, что она не наблюдалась более после удаления коры и раздражения подкорковых участков. В таких условиях после двигательного эффекта получалось только облегчение [10].

Из этих наблюдений Дюссе де Баренна и сотрудников следует, что корковое угнетение наблюдается только при раздражении двигательного участка коры и что оно простирается только на небольшие функционально связанные с ним участки. С точки зрения же развиваемой нами теории общего торможения, как функции нейропиля, нужно было ожидать, что наблюдаемое торможение наступает при раздражении любого отдела коры мозга, что оно должно являться общим и простирается почти на всю кору мозга в той или другой степени и что по аналогии со спинным мозгом оно лучше всего должно вывиться при подпороговых раздражениях, т. е. при таких раздражениях коры, которые не дают никаких двигательных эффектов.



Мы приступили к выявлению общего торможения в коре мозга следующим образом. Мы вызывали двигательные эффекты на конечностях не раздражением коры мозга, а раздражением чувствительных нервов конечностей и пытались повлиять на эти реакции раздражением коры мозга. Как известно, на нормальных животных раздражение чувствительного нерва производит двигательные реакции преимущественно через кору мозга. Афферентная система от каждого чувствительного нерва активно действует непосредственно на определенные нервные круги, расположенные в II—IV слоях мозга. Через эти нервные круги она действует на пирамидные клетки, дающие начало нисходящим корковым путям. Отсюда понятно, что раздражение коры, если только оно активирует корковый нейропилль, должно повлиять угнетающим образом на двигательные реакции, вызванные через кору периферическим раздражением.

Методика

Опыты производились на кошках под барбитуровым наркозом. По опытам Дюссе ле Баренна и других американских физиологов стало известно, что барбитурат, вызывая сон у животного, при определенной концентрации, не влияет наркотизирующе на кору мозга и вообще непосредственно на нервные клетки. Механизм барбитурового наркоза должен состоять во вторичном воздействии на нервные клетки, путем изменения кровяного давления и других изменений внутренней среды (Форбс и сотрудники, [10]). При барбитуровом наркозе лучше всего сохраняется деятельность коры большого мозга, а также проведение возбуждения по афферентной системе вплоть до коры мозга.

Двигательные реакции регистрировались на *m. gastrocnemius* и *tibialis ant.* обеих задних конечностей. Для вызова рефлекторных двигательных реакций мы брали *p. saphenus*. Операция изолирования нервов и мышц производилась по Грэйм Броуну. Нерв подвергался околопороговому раздражению: на 1—2 см выше порога в течение 2 секунд. Кора обнажалась только в левом полушарии. Твердая оболочка удалялась. Раздражение коры производилось также фарадическим током разной частоты—от 15 до 90 в 1 сек. Электроды для раздражения нервов были погружные, которые вшивались в рану. Для раздражения поверхности коры применялись биполярные электроды, которые укреплялись в черепной коробке.

Результаты опытов

Раздражение *p. saphenus* фарадическим током небольшой длительности—2 секунды—вызывает обычно сгибательный рефлекс на соответствующей стороне. Чаще всего он носит ритмический характер, т. е. регистрируемая мышца *tibialis ant.* быстро сокращается несколько раз друг за другом. Обычно, при легком наркозе, такой эффект наступает уже при пороговом раздражении. Но рефлекс не ограничивается раздражаемой ногой. В это время в движении находится весь организм. Сокращение наступает, между прочим, и на регистрируемом сгибателе другой задней конечности. Этот перекрестный сгибательный рефлекс может быть как слабее, так и сильнее перекрестного сгибательного рефлекса. Так бывает, как уже указывалось, при некотором сравнительно легком наркозе (рис. 1). Если наркоз несколько глубже, фарадическое раздражение чувствительного нерва вызывает при

пороговых силах однократный сгибательный рефлекс локально на раздражаемой ноге. Но если несколько усилить раздражение—на 2—3 см расст. кат., рефлекторные движения наступают во всем организме. Они носят ритмический характер с повторными быстрыми сокращениями на мышцах обеих задних ног, как на рис. 4. Если наркоз еще более глубокий, тогда раздражение чувствительного нерва, как пороговое, так и более или менее значительной силы, вызывает преимущественно сгибательный рефлекс на одной раздражаемой ноге.

Разгибатель *m. gastrocnemius* реже соучаствует сокращением. Он сокращается обычно при общих движениях, между быстрыми и сильными сокращениями сгибателя, т. е. в фазе разгибания (рис. 4).

Мы изучили влияние раздражения коры на все эти рефлекторные реакции. Лучше всего раздражение коры производило угнетающее действие при таком состоянии препарата, когда пороговое и околопороговое раздражение чувствительного нерва производило локальный сгибательный рефлекс на раздражаемой ноге. В отношении общих движений угнетающее действие проявлялось только в том случае, когда они были сравнительно слабы и хорошо градуировались в интенсивности в связи с усилением раздражения. Для локальных сгибательных рефлексов характерно большое постоянство: они могут быть вызваны много раз друг за другом с интервалом в 2—3 минуты без ослабления или усиления при одной и той же силе раздражения. Раз раздражение коры лучше всего тормозило эти реакции, то нужно было думать, что в их возникновении кора играет главную роль и что они наступают под влиянием корковых импульсов из двигательного участка большого полушария противоположной стороны. Настоящее сообщение основывается, главным образом, на результатах, которые были получены при изучении действия коры на означенные локальные двигательные реакции.

Раздражение коры большого мозга регулярно производит торможение рефлекторных реакций на противоположной стороне. Это наблюдается не только при раздражении двигательного участка, как это заметил Дюссе де Баренн, но и при раздражении любого другого участка в данном полушарии, как в поперечном, так и продольном направлении от двигательного участка. Дюссе де Баренн отмечает необходимость существования функциональных связей для того, чтобы данный корковый участок действовал угнетающе на эффект двигательного участка. В наших опытах возможно было вызвать торможение раздражением любого участка не только в двигательной зоне, но и в затылочной и теменной доле на расстоянии 16—26 мм от двигательной зоны (рис. 1). Очевидно, ни одному участку коры мозга нельзя отказать в наличии функциональной связи с двигательным участком. Этого и следовало ожидать, ибо нельзя себе представить, что какой-либо участок коры мозга или какой-либо рецептор не был связан так или иначе с двигательными участками скелетной мускулатуры.

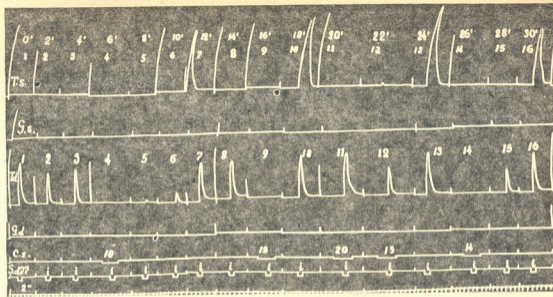


Рис. 1. Определение порога тормозящего раздражения и длительность тормозящего последствие при раздражении коры мозга. Кора раздражается в области силовневой борозды левого полушария на расстоянии 16 мм от двигательного участка задней конечности. Испытывается влияние равной силы коркового раздражения на рефлекс, вызываемый раздражением п. saphenus через разные промежутки времени после коркового раздражения. Раздражение п. saphenus dex. вызывает сгибательный рефлекс на правой задней конечности. Но в некоторых случаях (когда не было торможения) оно вызывает сокращение также на сгибателе левой задней ноги (оп. 10, 13 и 16). Такие же сокращения получались спонтанно (оп. 7).

На всех рисунках сверху вниз идут кривые: m. tibialis ant. sin. (T. s.), m. gastrocnemius sin. (G. s.), m. tibial. ant. dex. (T. d.), m. gastrocn. dex. (G. d.). Верхняя сигнальная линия отмечает раздражение коры в левом полушарии (C. s.), нижняя линия—раздражение п. saphenus dex. (S. d.). На этих линиях цифры означают силу раздражения в сантиметрах расстояния индукционных катушек. Внизу—время по 2 сек.

При раздражении коры в двигательной зоне, когда наступает определенная двигательная реакция на регистрируемой мышце, торможение обычно проявляется не во время и не сейчас же после раздражения, а спустя несколько секунд после него. Во время раздражения и вскоре после него, наоборот, наступает облегчение, как это и было в опытах Дюссе де Баренна. Даже если раздражение двигательной зоны было подпороговое, оно производило в первую очередь облегчение рефлекторных реакций. Но в определенных случаях, при подпороговом раздражении двигательной зоны, торможение проявлялось еще во время раздражения и продолжалось некоторое время после него (рис. 2, 3).

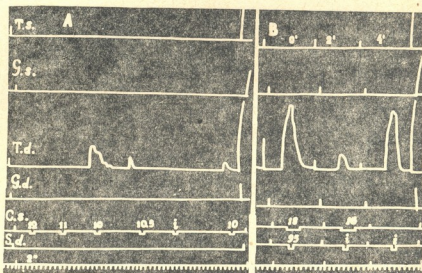


Рис. 2. Определение порогов двигательного и тормозящего раздражений двигательной зоны. В опыте А устанавливается порог раздражения двигательного участка: 10—10,5 см дает сокращение правого сгибателя задней ноги, также движение левой передней ноги, судя по наблюдению наглаз; раздражение в 11 и 12 см не дает движений вообще. В опыте В определяется порог тормозящего раздражения; раздражение 18 см не тормозит рефлекса, вызываемого от n. saphenus dex., а 16 см тормозит его.

При раздражениях коры вне двигательной зоны торможение наступало с самого начала без предшествующей фазы облегчения уже в течение первой секунды раздражения (рис. 1). То же самое можно наблюдать и при раздражении двигательной зоны, но только при некоторых условиях, а именно, когда подпороговое раздражение не приходится точно на двигательную точку регистрируемой, противоположной задней конечности, а производится в нескольких миллиметрах вдали от нее. Кроме того, интенсивность раздражения должна быть значительно слабее той, которая применяется в двигательной точке для вызова двигательной реакции. Так, например, если двига-

тельный участок вызвал двигательную реакцию при 10—12 см расстоянии катушек, торможение получалось из соседних двигательных участков в течение первой секунды при 13—16 см расстоянии катушек (рис. 2).

Торможение, вызываемое раздражением одного полушария, проявляется не только в отношении двигательных реакций от раздражения п. saphenus противоположной стороны, но и в отношении реакций от раздражения п. saphenus соответствующей стороны. Но в отношении этих гомолатеральных реакций корковое торможение проявляется, повидимому, не так сильно и не так постоянно, как в отношении реакций от перекрестного раздражения.

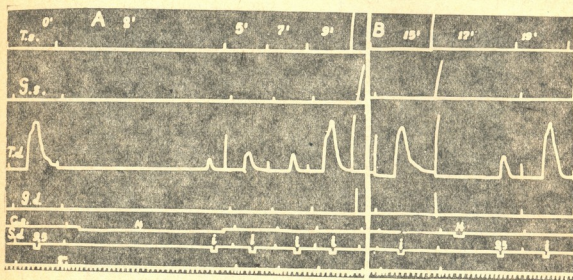


Рис. 3. Влияние длительности коркового раздражения на тормозящее последствие. Тот же препарат, что и на рис. 2. Раздражение двигательной зоны коры мозга производится в оп. А в течение одной минуты. Пробное раздражение п. saphenus противоположной стороны пробуется в конце этого раздражения и через 2, 4 и 6 мин. после него. Торможение длится свыше четырех минут. В опыте В раздражение коры производится в течение 4 сек., значительное торможение через 15 сек., а через 2 мин. его нет.

Торможение является общим: оно простирается на все реакции, вызываемые раздражением чувствительных нервов той и другой задней ноги. Если, например, нерв дает сгибательные рефлексы на обеих задних ногах, или дает общие движения на всех ногах, с участием сгибателей и разгибателей, то наряду с угнетением сгибателя и разгибателя раздражаемой ноги, угнетаются и все другие реакции в других частях тела. Последнее мы устанавливали путем наблюдения движений наглаз (рис. 4). Отсюда следует, что корковое торможение является общим, простирающимся во всяком случае на все двигательные участки коры как раздражаемого полушария, так и в некоторой малой степени на двигательные участки другого полушария.

Торможение продолжается по прекращении коркового раздражения от нескольких десятков секунд до нескольких минут—до 6—10 мин. Как это известно еще по опытам Дюссе де Баренна, глубина и продолжительность коркового торможения зависит от силы и продолжительности раздражения коры. При некотором слабом раздражении торможение бывает слабее и продолжается более короткое время, чем при некотором сильном раздражении. Так, например, на рис. 1 после коркового тормозящего раздражения (15 см) торможение продолжалось менее двух минут (оп. 9—10, 12—13); после несколько более сильного коркового раздражения (14 см) оно продолжалось 2—3 мин. (оп. 14—16); после сильного раздражения (10 см) торможение продолжалось до 6 мин. (оп. 4—7). Также при некотором коротком раздражении коры торможение бывает слабее и короче, чем при более длительном. Так, на рис. 3 после короткого раздражения в 4 сек. торможение продолжалось менее 2 минут (оп. В), а после минутного раздражения около 5 мин. (оп. А). В случае раздражения двигательной зоны наблюдается несколько иная картина. С усилением раздражения, усиливается двигательный эффект и в связи с этим удлиняется фаза облегчения. Она может длиться и в течение минуты и более, а потому торможение может быть наблюдеено не вскоре после раздражения, а значительно позднее. Если раздражение коры дает сильный двигательный эффект, то при длительном раздражении двигательный эффект ослабевает и затем исчезает совсем. В этот период коркового раздражения в некоторых случаях также наблюдается торможение и притом довольно сильное.

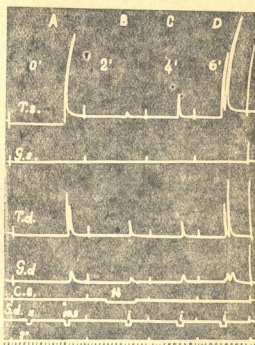


Рис. 4. Тормозящее влияние коркового раздражения на общие движения. В опыте А пороговое раздражение п. saphenus дает общие движения: регистрируемые мышцы сокращаются; движется все животное по наблюдениям наглаз. В оп. В раздражается кора вблизи двигательной зоны. В это время раздражение п. saphenus производит сильно ослабленное движение. То же в оп. С через 2 мин. В оп. D через 4 мин. на то же раздражение общие движения восстановились.

Теоретическое рассмотрение результатов и выводы

Из описанных выше опытов вытекает, что раздражение любого участка коры большого мозга может производить общее торможение, простираю-

шеся, повидимому, на всю кору большого мозга. Это общее торможение наступает еще при таких слабых раздражениях, которые на 3—6 см расстояния катушек ниже порогов раздражения двигательных участков, т. е. ниже порогов раздражения, вызывающих двигательные эффекты. Торможение наступает при этих слабых раздражениях с самого начала раздражения и может продолжаться долгое время, по несколько минут, во время раздражения и после него. С усилением или удлинением коркового раздражения торможение усиливается, а тормозящее последствие удлиняется. В случае, если корковое раздражение приходится на двигательную зону и оно дает двигательную реакцию, тогда после двигательной реакции сначала наступает короткая фаза облегчения, а потом может проявиться длительная фаза торможения вызываемых через кору рефлекторных реакций.

Эти факты свидетельствуют, что фаза облегчения непосредственно связана с возбуждением нервных кругов, которые включают пирамидные клетки нисходящих путей. Это есть обычное состояние повышенной деятельности, какое бывает в центральной нервной системе после возбуждения. Общее торможение же должно обуславливаться таким нервным субстратом, который совершенно не входит в нервные круги. Таким нервным субстратом является нейропилль. Отсюда с большой вероятностью следует, что общее торможение, наступающее при подпороговых корковых раздражениях, является функцией нейропиля коры мозга.

Природа нейропилльного торможения в коре большого мозга должна быть такой же, как в спинном мозгу. Активное состояние нейропиля сопровождается медленными колебаниями потенциала. Возникающий при этом электрический ток действует через межклеточную жидкость на нервные круги вообще, а также на нисходящие аксоны пирамидных клеток анэлектротонически. В результате должно получаться угнетение корковой деятельности (подробно в статье Беритова, см. Бериташвили, [8]).

Дюссе де Барени не рассматривает наблюдаемое им угнетение корковой деятельности, как торможение. Он его называет угасанием. Очевидно, он позаимствовал этот термин из учения академика И. П. Павлова об условных рефлексах. Он не считает возможным называть это явление торможением потому, что находит некоторое различие между корковым и спинным торможением. Это различие заключалось в том, что корковое торможение не было реципрокным, т. е. не было связано с возбуждением антагонистической группы мышц; кроме того, оно продолжалось необычайно длительно и главное оно всегда наступало в его опытах после возбуждения и фазы облегчения. Наши опыты устраняют последнее различие: корковое угнетение получается при раздражении немоторной зоны без предшествующей фазы облегчения, как это бывает и в спинном мозгу. То же имеет место при подпороговом раздражении двигательной зоны. Кроме того, опытами акад. Бериташвили и сотрудников хорошо установлено, что реципрок-

ность не обязательна для спинального торможения. Наоборот, спинальное торможение по существу является общим, охватывающим все мышцы; реципрокное же торможение представляет собой частный случай общего торможения применительно к координированным движениям конечностей. Остается еще один отличительный признак—длительное последствие. Но это уже чисто количественное отличие, которое вообще может быть не принято во внимание. На этом основании мы не считаем оправданным употребление термина «угасание» для означенных явлений угнетения.

Чрезвычайно характерно то явление, что при раздражении неоторной зоны торможение наступает с самого начала и даже при очень значительных силах раздражения не сменяется на возбуждение, несмотря на то, что оно может распространяться далеко на оба полушария. Это явление находит хорошее объяснение в строении верхних слоев коры мозга. Как это уже излагалось одним из нас, по старым и новейшим гистологическим исследованиям в коре мозга нейропилль составляет основную массу во всех слоях коры мозга (Бериташвили, [8]). Но богаче он представлен в поверхностных слоях коры, особенно в первом. Неудивительно поэтому, что при раздражении поверхности двигательных участков торможение возникает при более слабом раздражении, чем двигательная реакция. Но в этих поверхностных слоях имеется также система ассоциативных нервных кругов из звездчатых и местных пирамидных клеток, по которым возбуждение может передаваться из одного участка мозга в другие. А эти нервные клетки также связаны с нейропилем с помощью густо разветвленных коллатералей аксонов. Вследствие этого, когда раздражается один какой-либо участок коры мозга, то в нем в активное состояние приходит не только нейропилль, но и находящиеся здесь ассоциативные нервные круги. В результате возбуждения нервных кругов активируется также нейропилль во всех тех участках мозга, куда доходят импульсы возбуждения через эти круги. Этим, повидимому, и объясняется, что от раздраженного участка торможение распространяется на более или менее отдаленные участки данного полушария и даже переходит на противоположное полушарие.

Для коры большого мозга характерно также длительное тормозящее последствие. Это явление должно быть обусловлено длительной циркулирующей импульсов возбуждения в нервных кругах. Как это известно по Лоренте де Но [11], нервные клетки каждого круга своими аксонами связаны как между собой, так и с клетками соседних кругов. Вследствие этого раз возникшее возбуждение долгое время может циркулировать в нервном кругу и все это время активировать соответствующий ему нейропилль. Это будет продолжаться до тех пор, пока не произойдет утомление какого-либо звена нейронов в этих кругах. Сообразно и тормозящее действие в коре мозга может длиться десятки секунд и даже минуты. Когда возбужденные в связи с раздражением двигательных участков нервные круги вклю-

чают пирамидные клетки нисходящих путей, тогда наряду с длительным торможением может получиться длительная двигательная реакция, и может возникнуть эпилептический припадок.

Биологическое значение общего торможения в коре мозга, безусловно, такого же рода, как и в спинном мозгу. Оно является одним из основных условий для локализации возбуждения в определенных нервных путях, ибо благодаря торможению устраняется возбуждение во всех других нервных кругах, которые были раньше возбуждены или могли быть возбуждены под влиянием других раздражений.

Тбилисский Государственный Университет
имени Сталина
Физиологический Институт
им. акад. И. С. Бериташвили

(Поступило в редакцию 3.2.1940)

PHYSIOLOGIE

ALLGEMEINE HEMMUNG IN DER GROSSHIRNRINDE

Von I. BERITOFF und D. GEDEWANI

Zusammenfassung

Es wird der Einfluss einer elektrischen Reizung der Grosshirnrinde (faradischer Strom von 15 bis 90 pro 1") auf die Reflexe untersucht, die durch Vermittlung der Rinde, auf Grund einer Reizung des n. saphenus der einen und der anderen Seite, auf den antagonistischen Muskeln der hinteren Extremität (m. gatrocnemius u tibialis ant.) hervorgerufen werden. Es ergaben sich die folgenden Resultate.

1. Sofern eine Reizung des motorischen Gebietes der Hirnrinde eine Bewegungsreaktion hervorruft, so hinterlässt sie beim Aufheben der Reizung, nachdem der motorische Effekt aufhört, zunächst eine kurze Phase der Förderung, sodann aber eine lange Phase der Unterdrückung, der reflektorischen Reaktionen, wie es bei den Versuchen von Dusser de Barenne der Fall war.

2. Ist aber die Reizung der motorischen Zone unterschwellig sowie von der Schwelle der motorischen Reizung wesentlich entfernt, und zwar in 4-6 cm Rollenabstand, so ruft sie eine Unterdrückung noch während des Reizes hervor; hierb kann es vorkommen, dass keine Phase der Förderung vorangeht (Abb. 2-3).

3. Eine ebensolche Unterdrückung der reflektorischen Reaktionen kann bei Reizung der nichtmotorischen Zone im Gebiet der Scheitel—und Okzipitallappen, selbst bei einer Entfernung von 16—26 mm von der motorischen Zone, erhalten werden. Die Schwelle des Unterdrückungseffektes dieser Gebiete ist im allgemeinen dieselbe, wie in der motorischen Zone (Abb. 1).

4. Diese unterdrückende Einwirkung des kortikalen Reizes ist bei einigen intensiveren und länger dauernden Reizungen wesentlich stärker und länger, als bei verhältnismässig schwachen und kurzen Reizungen, wie es bei den Versuchen von Dusser de Barenne der Fall war (Abb. 1, 3).

5. Die durch Reizung eines Hirnrindengebietes hervorgerufene Unterdrückung kann sich auf die ganze Hemisphäre fortpflanzen und geht sogar auf die andere Hemisphäre über; jedenfalls umfasst sie alle motorischen Zonen (Abb. 4).

6. Wir finden, dass diese allgemeine Unterdrückung eine Hemmung darstellt, wie es auch im Rückenmark und im Grosshirnstamm der Fall ist. Weiter finden wir, dass diese allgemeine Hemmung eine der Neuropilfunktionen der Hirnrinde ist. In der Rinde, wie auch im Rückenmark, wird der aktive Zustand des Neuopils von einer langsamen Änderung des elektrischen Potentials begleitet. Der hierbei entstehende elektrische Strom wirkt anelektrotonisch auf die Nervenkreise sowie die efferenten Pyramidenbahnen, und hebt dadurch in ihnen die Erregungsleitung auf.

7. Die allgemeine Hemmung in der Hirnrinde bildet eine der Grundbedingungen dafür, dass die Erregungsausbreitung auf bestimmten Nervenbahnen begrenzt und die Erregungsprozesse in den bestimmten Nervenkreisen der Hirnrinde lokalisiert werden. Darin besteht ihre wichtigste biologische Bedeutung.

Staatliche J. Stalin—Universität
Tbilissi
Physiologisches Institut

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—ZITIERTE LITERATUR

1. V. N. Bubnoff und R. Heidenhain. Über die Erregungs- u. Hemmungsvorgänge innerhalb d. motorischen Hirncentren. Pfl. Arch. 26, 137, 1881.
2. Н. Е. Введенский. О взаимоотношениях между психо-моторными центрами. Журн. Общ. Охран. народн. здоровья, 1897, № 1, стр. 8.
3. H. E. Herring und Ch. S. Sherrington. Über d. Hemmung d. Contractionen d. willkürlichen Muskeln. Pfl. Arch., 68, 922, 1897.
4. А. А. Ухтомский. О зависимости кортикальных двигательных эффектов от побочн. центр. влияний. Тр. Петерб. общ. естеств., 41, вып. 2, 1910.

5. G. T. Brown and Ch. S. Sherrington. On the instability of a cortical point. Proc. Roy. Soc. B, 85, 250, 1912.
 6. И. С. Беритов. Общая физиология мышечной и нервной системы. Тбилиси, 1922
То же Биомедгиз, Москва, 1937.
 7. И. С. Беритов. Возбуждение и торможение в п.н.с. с точки зрения ее нейроно-нейропилыного строения. Тр. физиол. инст. Тбилисск. гос. универс. им. Сталина, 3, 21, 1937.
 8. И. С. Бериташвили. Новейшие данные о структуре коры больш. мозга и их отношение к индивид. приобрет. рефлект. деятельности. Сообщ. Груз. Фил. Ак. Наук СССР, т. I, №№ 1 и 2, 1940.
 9. J. G. Dusser de Barenne and W. S. McCulloch. Factors for facilitation a. extinction in the central nervous system. Journ. Neurophysiol, 2, 219, 1939;—Extinction as a cortical phenomenon. Symp. dedicated to prof. Beritoff, 1936, 15, Tbilisi.
 10. H. K. Beecher, F. K. McDonnough and A. Forbes. Effects of blood pressure changes on cortical potentials during anesthesia. J. Neurophysiol., 1, 324, 1938.
 11. Lorente de No. Studies on the structure of the Cerebr. cortex. I a. II. Journ. f. Psych. u. Neurol., 45, 381, 1933; ib. 46, 113, 1934;—Archit. a. structure of the cerebr. cortex. Physiol. of the Nervous System by J. F. Fulton. Oxford Univers. Press. p. 675, 1938.
-



ფილოლოგია

ს. შაჰჩიშვილი

არმაზში აღმოჩენილი ბერძნული წარწერები⁽¹⁾

არმაზში წარმოებული არქეოლოგიური გათხრების დროს სხვა ძეგლთა შორის აღმოჩენილ იქნა 1940 წლის ოქტომბერსა და ნოემბერში ოთხი ბერძნული წარწერა, რომლებიც ჩვენ გადმოგვეცა დასამუშავებლად გათხრების ხელმძღვანელთა—ივ. ჯავახიშვილისა და ს. ჯანაშიას მიერ.

1. წარწერა გემაზე; კაცის გამოსახულების გარშემო სწერია (სურ. 1):
Ἀσπαρσίας πιυαζής
 «ასპავრუკი პიტიაშში».

გემა ჩასმულია ოქროს ბეჭედში, რომელიც იქნა ნაპოვნი 1940 წ. 21 ოქტომბერს იმ სამარხში, სადაც სხვა ძვირფას ნივთებს შორის იყო რომაული ოქროს ფულები I, II და III საუკუნისა (ახალი წელთაღრიცხვით).

ფორმა საკუთარი სახელისა *Ἀσπαρσίας* მიგვიითთებს იმაზე, რომ ეს წარწერა რომაული ხანისაა (I—III საუკ.). უკვე დიდი ხანია გამორკვეულია გ. ხაძიაძის მიერ [1], რომ რომაელების გავლენით ბერძნულ პირთა სახელებში —*იძ* ბოლოკიდურის ნაცვლად დამკვიდრდა —*იჯ* ბოლოკიდური; მაგალითად, *Αἰρήλις*, *Κορνήλις*, *Εὐσέβης* ნაცვლად ფორმებისა *Αἰρήλιος*, *Κορνήλιος*, *Εὐσέβιος*. ჩვენს წარწერაშიც ასეთივე ხასიათისაა *Ἀσπαρσίας* — ნაცვლად ფორმისა *Ἀσπαρσίαος*.

2. წარწერა გემაზე, რომელიც ჩასმულია ოქროს ქამრის ერთ-ერთ აბზინდში. გემაზე გამოსახულია ორი პორტრეტი: ქალისა და კაცისა (სურ. 2). ქალის პორტრეტის გასწვრივ, კიდეზე, ამოჭრილია უკუღმა ასოებით, მარჯვნიდან მარცხნივ, ქალის სახელი (*Καριακ*), ხოლო კაცის პორტრეტის გასწვრივ, წაღმა ასოებით, მარცხნიდან მარჯვნივ,—კაცის სახელი (*Ζεαχης*); ორივე პორტრეტს შუა, არეზე, აგრეთვე უკუღმა ასოებით,—სიტყვები *Ζεή μαι*. ოქროს ქამარი აღმოჩენილია იმავე, ასპავრუკის სამარხში. წარწერა იკითხება ასე:

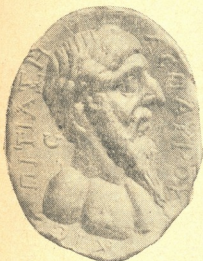
Καριακ
Ζεαχης Ζεή μαι
 «კარაკი
 ძევახი, ჩემი სიცოცხლე».

ორთოგრაფიული თვალსაზრისით აქ ჩვენს ყურადღებას იპყრობს *Ζεή*, ომიკრონით დაწერილი (= *ჯაჲ*). ეს სიტყვა, ომიკრონით დაწერილი, ხოლო

⁽¹⁾ წაკითხულია მოხსენებად საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პირველი სესიის სხდომაზე 1941 წლის 1 მარტს.

მახვილის გადანაცვლებით (ჯაჟ), წარმოადგენს ძველს იონიურ ფორმას. მაგრამ ჩვენს წარწერაში იონიური ფორმა არ არის საფიქრებელი. აქ არის იგივე კონინ-ფორმა ჯაჟ, ხოლო ისეთს ეპოქაში დაწერილი, როდესაც ა და ი თავისი კვანტიტეტით აღარ განირჩეოდნენ.

ა-მეგისა და ი-მიკრონის აღრევა დაწყებულია II საუკ. (ძვ. წ.); უფრო ხშირია 100 წლის მახლობელი ხანებიდან და უმეტესად უმახვილო მარცვალში..



სურ. 1 (გადიდებულია)



სურ. 2 (გადიდებულია)

მაისტერპანსის [2] დასკვნით ეს აღრევა დამახასიათებელია გვიანი ატიკური წარწერებისათვის.

სიტყვა Ζεαχჟჳ, იმასთან დაკავშირებით, რომ იგივე სახელი გვხვდება IV წარწერაში (იხ. ქვემოთ), ორი გარემოების გამო იპყრობს ჩვენს უურადლებას:

a) IV წარწერაში Ζηιαχჳი დაწერილია ჟ-ით. ჟ-ს და ე-ს აღრევა იმავე კატეგორიისაა, როგორც ა-ს და ი-ს აღრევა. ისიც იწყება II საუკ. (ძვ. წ.) და დადასტურებულია პაპირუსებში [3]. ეპიგრაფიკულ ძეგლებში ეს მოვლენა დამახასიათებელია II—III (ახ. წ.) წარწერებისათვის. ნიმუშები იხ. ნახმანზონის კრებულში [4];

b) ე-ს მომდევნო ბგერას სხვადასხვანაირად გადმოგვეყენნ ჩვენი წარწერები: ერთ შემთხვევაში სწერია აა (Ζηιαχჳა), მეორეში—ა (Ζεაχჳჳ). ის გარემოება, რომ IV წარწერაში სწერია აა, გვაფიქრებინებს, რომ მეორე წარწერის აა დიფთონგი კი არ არის, არამედ ა იმავე ბგერის გამომხატველია, როგორისაც შეიძლება ყოფილიყო აა რომაულ ხანაში, ე. ი. ეს არის ვინის გამომხატველი (შეად. II—III საუკუნეთა დაწერილობა Ουίχταρ = Victor; უფრო გვიან იგივე სიტყვა დაიწერება Βίχταρ).

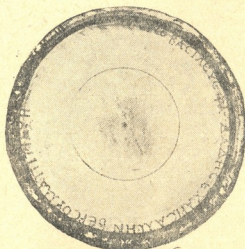
ჰ. წარწერა ვერცხლის თასის ქუსლის გარშემო, ამოკრილი პუნქტირებით (სურ. 3). თასი ნაპოვნია 1940 წლის 23 ნოემბერს იმ სამარხში, სადაც სხვა ნივთებს შორის აღმოჩნდა I, II და III საუკ. რომაული ოქროს ფულები.

Ἐγὼ βασιλεὺς Φίλ' Δάμης ἐχαρισάμην
Βερσάμα παυιάξῃ

«მე, მეფე ფლავიოს დადესმა, ვაჩუქე [ეს თასი]
ბერსუმა პიტიახშს».

მრუდე შტრიხი, რომელიც ასდევს λ-ს სიტყვაში Φίλ', უეჭვოდ ამტკიცებს, რომ აქ გვაქვს შემოკლება სიტყვისა Φιλάσιος (Φιλάσιος). ლიტერატურაში დიდი ხანია უკვე აღნიშნულია, რომ მოგვიანო ხანებში ხშირი იყო შემოკლება საკუთარი სახელებისა. ასე, მაგ., 230 წ. (ახ. წ.) მახლობელი ხანების ერთ წარწერაში [5] სახელი Κλαύδιος შემოკლებით არის მოყვანილი და λ-ს გვერდით უზის კუთხოვანი შტრიხი (სტრ. 11 და 15: Κλ< Αυσιάμης; სტრ. 23: Κλ< Καρπίνω), ხოლო ერთ წარწერაში, რომელსაც იხსენიებს ჰელბინგი [6], შემოკლების შტრიხი სრულიად ისეთივე სახისაა, როგორც ჩვენს წარწერაში.

ორთოგრაფიულად ჩვენი წარწერისათვის დამახასიათებელია iota adscriptum-ის გამოტოვება: Βερσάμα და παυιάξῃ მიცემით ბრუნვაშია და მათ ბოლოში იოტა ეკუთვნოდა. იოტის გამოტოვება I საუკუნიდან (ძვ. წ.) იწყება და II—III საუკ. ის დამახასიათებელია [7].



სურ. 3.

ამ წარწერაში იბერიის მეფე იწოდება: «ფლავიოს დადესმა» (Δάμης). თუ მხედველობაში მივიღებთ იმას, რომ Δάμης-ში -ης ჩვეულებრივი ბერძნული ბოლოკიდურია პირთა სახელებისათვის, უნდა ვიგულისხმოთ, რომ ქართულად ეს სახელი იქნებოდა „დადი“, რაც მოგვაგონებს ძველი ქართული მეფეების სახელებს: თრ-დატი. მირ-დატი. ბალ-დადი («ბაკურეანი ძმ ბ ა ლ და დ ი ს ი»: „მოქცევაჲ ქართლისაჲ“ [8]). რაც შეეხება „ფლავიოსს“, ცნობილი ფაქტია, რომ ეს სახელი გავრცელებული იყო მთელს რომის იმპერიაში, განსაკუთრებით ფლავიუსთა დინასტიის დროიდან, და მას მიეკუთვნებდნენ ფლავიუსთა გვარის კეისრების პატივისმცემლნი ან მათ მიერ დავალებული პირები.

4. სტელა, სიმაღლე 193 სმ, უდიდესი სიგანე 67 სმ, უმცირესი 62 სმ (ჩამომტვრეულ ადგილას). ამოპრილია ორენოვანი წარწერა: ზემოთ—ბერძნული.

წარწერა, ქვემოთ—წარწერა არამეული დამწერლობისა. ბერძნული წარწერის სიმაღლეა 35 სმ, სიგანე—65 სმ; ასოების სიმაღლე 2,8—3 სმ. ბერძნული წარწერა შეიცავს 10 სტრიქონს (სურ. 4).



სურ. 4.

ეს სტელა, მეორე—არამეული დამწერლობის მქონე წარწერის შემცველ სტელასთან ერთად¹ აღმოჩენილ იქნა 1940 წლის 25 ნოემბერს. ეს სტელები გამოყენებული იყო ერთი სამარხის კედლის ქვედად; თვით სამარხი გაძარცვული აღმოჩნდა. ბერძნული წარწერა იკითხება ასე:

Σηραπειρίς, Ζηουάχου
 τῶν νεωτέρου πιτιάξου
 θυγάτηρ, Πουπλικίου Ἀγρίππα πιτι-
 άξου υἱῶν Ἰωδμαγγάνου γυνή,
 τῶν πολλὰς νεύκας ποιήσαντος
 ἐπιτρόπου βασιλέως Ἰβήρων
 Μεγάλου Ἐηφαρνούγου. Ἀπέ-
 θανε νεωτέρα ἐτῶν κ'α,
 ἤτις τὸ κάλλος ἀμείμητον
 10 εἶχε

«სერაპიტი, ასული ახლანდელის პიტიახშის ძეგახისა, მეუღლე იბერთა მეფის ქსეთარნუგის მრავალი გამარჯვების მომპოვებელი ეპიტროპოსის იოდ-

¹ ეს ორივე წარწერა არამეული დამწერლობისა გამოიკვლია სემიტოლოგმა გ. წერეთელმა, რომელმაც საქართველოს სსრ აკადემიის პირველი სესიის სხდომაზე 1941 წლის 1 მარტს წაიკითხა მოხსენება ამ წარწერათა შესახებ.

მანგანისა, პიტიახშ პუპლიკიოს აგრიპას ძისა. გარდაიცვალა ჯერ კიდევ ახალგაზრდა, 21 წლისა, მკონებელი უბადლო სიღამაზისა».

ენობრივი თვალსაზრისით აღსანიშნავია: *Σηραπ-ει-νης* (v. 1), *ν-ει-χας* (v. 5), *αμ-ει-μωτον* (v. 9). ამ სიტყვებში დიფთონგით (ei) გადმოცემულია გრძელი i. აქ გვაქვს ჩვენ ის მოვლენა ei-სა და i-ს აღრევისა, რომელსაც ატიკურ წარწერებში ვამჩნევთ I საუკუნიდან (ძვ. წ.) და განსაკუთრებით ხშირია I—III საუკუნეებში: ხშირია ფორმები *ἀναγεινσχιοντες*, *ἐπεγεινσχατες*, *μαμαεισθαμ*, *ἀνεινχουον*, *φιλσπειμας*, *Ελινγεινσος*, *Ἀγσωνεινσος* (იხ. ნახმანზონის კრებულში [4] წარწერები 85/86 წლისა, 103/105 წ., 127/128 წ., 209/210 წ. და აგრეთვე ლატიშეფთან [7] წარწერები №№ 3, 17, 21).

ამ წარწერის η-ს და თ-ს რაობის შესახებ ზემოთ იყო ნათქვამი **2**. წარწერასთან დაკავშირებით.

ამრიგად, ამ წარწერის ენობრივი თვისებების განხილვას მივყავართ იმ დასკვნამდე, რომ წარწერა I—III საუკუნეების ხანას უნდა ეკუთვნოდეს (სახელი „პუპლიკიოს აგრიპა“-ც რომ რომაულ ხანას მიუთითებს), და, მაშასადამე, ყველა ოთხივე წარწერა ენობრივი ნიშნების მიხედვით I—III საუკუნეებს უნდა ეკუთვნოდეს.

ამავე საუკუნეებს მიუთითებს ეპიგრაფიკული ნიშნებიც. ჩვენი წარწერებისათვის დამახასიათებელია მრგვლოვანი მოხაზულობა ასოებისათვის: ε, σ, μ, ω, და ტეხილი ან კლავნილი შუა ჰასტა ასოსთვის ξ. ასეთი მოხაზულობა უპირატესად II—III საუკუნეების წარწერებში გვხვდება. ათენის II—III საუკ. წარწერა [9] ამის საუკეთესო ილუსტრაცია იქნებოდა.

კერძოდ, უკანასკნელი წარწერა რომ II საუკუნეზე აღრინდელი არ უნდა იყოს, ამას აღსატურებს ტერმინ *ἐπιρροια*-ის ხმარება.

სიტყვა *ἐπιρροια* კლასიკურ ბერძნულში ნიშნავს: „მეთვალყურე“, „ყურადღების მიმქცევი“, „მმართველი“. ის იხმარება აგრეთვე როგორც ტექნიკური ტერმინი „მეურვის“ აღსანიშნავად.

როგორია მისი მნიშვნელობა გვიან ხანაში, რომაულ ხანაში? ჩვენ უამრავი მასალა მოგვეპოვება ეპიტროპოსის შესახებ პაპირუსებში.

1) ამ სიტყვით აღინიშნება „მეურვე“ მცირეწლოვანისა, შემდეგ „ანდერძის შემსრულებელი“ და აგრეთვე „მეთვალყურე“ ვინმეს მაგიერ, მისი არყოფნის დროს (*curator absentis*).

2) ძირითადი მისი მნიშვნელობა არის „მმართველი“ (*procurator*), ამ უკანასკნელის მრავალი სხვადასხვა ვარიანტი: a) *ἐπιρροιας τῆς Αἰχῆρας* უდრის ჰეგემონს, ანუ, როგორც ვანმარტავენ გერმანელი პაპიროლოგები [10], *Statthalter des Kaisers* „კეისრის მოადგილე“; b) *ἐπιρροιας τῶν οὐσάκων* ან *ἐπ. τῶν οὐσάκων* (*procurator usiacus*), ე. ი. მამულის, იგულისხმება კეისრის მამულების მმართველი. როგორც ეს დღეს უკვე გამოჩევილია [11], ასეთი ეპიტროპოსი იყო მთელ პროვინციაში ერთი. საყურადღებოა, რომ ასეთი თანამდებობა II საუკუნეზე უწინარეს ჯერ დამოწმებული არაა. პირველადი [12] ფიქრობს, რომ ეს თანამდებობა დაწესებული იქნა ჰადრიანეს დროს (117—138 წწ.). უფრო აღრინდელ ხანაში, რომის იმპერიის პირველ ხანებში

ასეთი მამულების მმართველებს ეწოდებოდათ *პრესენტა*, რაც პტოლემეაიოსების ხანის *პრესაუჯატა*-ს უდრის.

ასეთი ორი მნიშვნელობით იხმარებოდა II—III საუკ. ტერმინი *ἐπιτροπεία*. ჩვენს წარწერაში „ეპიტროპოსი“, რასაკვირველია, მხოლოდ მეორე მნიშვნელობით შეიძლება გავიგოთ. ის მასალები, რომლებიც ზემოთ მოვიყვანეთ „ეპიტროპოსის“ როგორც მეფის მამულების შემოსავალ-გასავლის საქმეთა უფროსის შესახებ, ეხება რომის იმპერიის ერთ-ერთ პროვინციას, ეგვიპტეს, და სრულიად საეაღდებულო არაა, რომ აქაც, ჩვენს წარწერაში, ისევე გავიგოთ მისი მნიშვნელობა. მაგრამ ჩვენ დავინახეთ, რომ „ეპიტროპოსის“ ეს მნიშვნელობა განვითარებულა მისი ძველი, კლასიკური ხანის მნიშვნელობიდან: იქაც, კლასიკურ ხანაში, ის ნიშნავდა ერთი მხრით „მეურვეს“, ხოლო მეორე მხრით — „მმართველს“. როგორც ჩანს, ამ სიტყვის მეორე მნიშვნელობის საფუძველზე შექმნილა ბერძნულში ის ტერმინი „მეფის მონაცვალისა“ შემოსავალ-გასავლის ნაწილში, რომელიც ჰადრიანეს დროიდან ეგვიპტის პროვინციაში დამკვიდრებულა, როგორც *ἐπιτροπεία τῶν ὑπαρχῶν*. ასეთი ტერმინი შეიძლებოდა შექმნილიყო რომის იმპერიაში, რასაკვირველია, მხოლოდ მის შემდეგ, რაც თვით ბერძნულ ენაში გაივლიდა სიტყვა „ეპიტროპოსი“ (*ἐπιτροπεία*) სათანადო ევოლუციას.

როგორც ირკვევა, ასეთი მაღალი თანამდებობა „ეპიტროპოსისა“ იბერიაშიც არსებულა და ის იყო გამოთქმული ქართული ტერმინით „ეზოამსმოდლუარი“.

ახალი აღთქმის წიგნებში *ἐπιτροπεία* სამჯერ გვხვდება. ამ სამი ადგილიდან — ორი (მათე 20,8; ლუკა 8,3) შეეკავს *ἐπιτροπεία* - „მმართველის“ მნიშვნელობით, ერთიც (ვალატ. 4,2) — „მზრუნველის“ მნიშვნელობით, ხოლო სამსავე ადგილას ახალი აღთქმის უძველეს ქართულ თარგმანში ბერძნულ *ἐπιτροπείა*-ს უდრის „ეზოამსმოდლუარი“.

საკითხი ქართული ტერმინის „ეზოამსმოდლუარისა“ ცალკე საკითხია და ამას სათანადო სპეციალობის წარმომადგენლები გაარკვევენ. ჩვენ გვინდა აქ მხოლოდ აღვნიშნოთ, რომ ეს ტერმინი „ეზოამსმოდლუარი“ ძველს საქართველოში ცოცხალი სიტყვა იყო (და არა ამათუმი უცხო ტერმინის გადმოსაცემად შექმნილი) და ამით აღინიშნებოდა მამულის, ქონების და მისთანათა მოვლის თანამდებობის პირი. ძველ ქართულ ძეგლებში იმით არის გადმოცემული, ვარდა *ἐπιτροπείა*-ისა, სხვა ბერძნული, ამის მონათესავე, ტერმინებიც (*οἰκονόμος*, *ἀνλόρχης* და სხვ.):

1) ლუკა 16,1 და 16,2 *οἰκονόμος*.

2) ძველი აღთქმის წიგნებში [13]: *ἀνλόρχαι* (2. მეფეთა 8,18), *τὸν πρესენტῶτα τὴν οἰκὸν ἀντὸν* (2. მეფეთა 13,18), *οἰκονόμος* (4. მეფეთა 18,18 და 18,37) და სხვაგან.

ერთ-ერთ ზემოთმოყვანილ ციტატაში (2. მეფეთა 13,18) „ეზოამსმოდლუარი თვის“ უდრის *πρესენტῶτα τὴν οἰκὸν ἀντὸν*. გავიხსენოთ, რომ II—III საუკუნეების *ἐπιτροπείა*-ს, როგორც ზემოთ ვთქვით, პტოლემეაიოსების ეგვიპტეში უდრიდა სწორედ *πρესენტῶτα*, და თვით გამონათქვამი *τὸν πρესენტῶτα*

თან იწავა მიუთითებს შემოსავალ-გასავლის მოვლის თანამდებობას, ვინაიდან პაპირუსებში იწავს იმსავ ფისკალური ტერმინია [14] და ნიშნავს Kasse einer Gutsverwaltung.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ისტორიის ინსტიტუტი.

(შემოვიდა რედაქციაში 6.3.1941)

ФИЛОЛОГИЯ

С. КАУХЧИШВИЛИ

НОВЫЕ ГРЕЧЕСКИЕ НАДПИСИ ИЗ АРМАЗИ

Резюме

Автор дает чтение четырех греческих надписей, найденных в Армази (в 2-х километрах от древней столицы Иберии—Михета) во время археологических раскопок в октябре—ноябре 1940 года.

1. Надпись на гемме: «Πιτιαχιη Ασπавρυκι» (греческий текст см. выше на стр. 169).

2. Надпись на гемме: «Καρπακ (женщина). Дзевах (мужчина), жизнь моя».

3. Надпись на серебряной чаше: «Я, царь Флавий Далес, подарил [эту чашу] питиахшу Берсума».

4. Надпись на стеле, содержащей вслед за греческой надписью надпись, исполненную арамейским письмом. Греческая надпись гласит: «Серапита, дочь нынешнего питиахиа Дзеваха, супруга сына питиахша Пупликя Агриппы—Иодмангана, одержавшего много побед эпитропа царя Иберов, Великого Ксефарнуга. Скончалась еще молодой, 21 года; обладала бесподобной красотой».

На основании эпиграфических данных и отдельных языковых явлений, равно как и на основании трактовки термина *ἐπίτροπος*, встречающегося в 4-ой надписи, автор находит возможным датировать армазские надписи II—III веком н. э.

Академия Наук Грузинской ССР
Институт Истории

ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. G. Hatzidakis. Zur Geschichte des Mittel- und Neugriechischen: KZ 31, 103—156.
2. K. Meisterhans. Grammatik der attischen Inschriften. Berlin. 1900, S. 24.
3. E. Mayer. Grammatik der griechischen Papyri aus der Ptolemäerzeit. Lpz. 1906, S. 63—66.

4. E. N a c h m a n s o n. Historische attische Inschriften. Bonn 1913, SS. 67. 70.
5. Corpus Inscriptionum Atticarum, t. III, № 1190.
6. R. H e l b i n g. Auswahl aus griechischen Inschriften. Brl.-Lpz. 1915. S. 24.
7. L a t i s c h e v. Inscriptiones antiquae orae septentrionalis Ponti Euxini... t. I, p. 60.
8. E. Т а к а й ш в и л и. Описание рукописей... II, 727.
9. Inscriptiones Graecae. Collegit Otto Kern. Bonnae 1913. Tab. 48.
10. Fr. P r e i s i g k e. Fachwörter des öffentlichen Verwaltungsdienstes Aegyptens in den griechischen Papyrusurkunden der ptol.-röm. Zeit. Göttingen. 1915. S. 93.
11. U. W i l c k e n. Grundzüge... Lpz.-Bril. 1905, S. 158.
12. O. H i r s c h f e l d. Die kaiserlichen Verwaltungsbeamten bis auf Diocletian. Brl. 1905, S. 356.
13. ივ. ჯავეახიშვილი. მასალები ქართული ენის ისტორიული ლექსიკონისათვის (დაუბეჭდავი; ამზადებს გამოსაცემად რუსთაველის მუზეუმი).
14. Fr. P r e i s i g k e. Fachwörter... S. 135, s. v. ὀστρακ.



ფილოლოგია

სიმ. ყაუხჩიშვილი

მიქაელ ფსელოსის ერთი „განმარტება“

საქართველოს მუზეუმის ერთი, XV საუკუნის, ხელთნაწერი შეიცავს, სხვა ძეგლთა შორის [1], „დღესასწაულთა განმარტებას“ (ხელთნ. A-67, ფურც. 19—29). ამ თხზულებას სათაურად აწერია: „მქლ პანუპერტიმოსისა მონაზონისა ესელოსისა თქუმული განმარტებაჲ სადღუმლოსა საუფლოსა წმიდათა დღესასწაულთასა“. სიტყვა „ესელოსისა“, ცხადია, პალეოგრაფიულ ნიშანზე აღმოცენებული მცდარი დაწერილობაა სიტყვისა „ფსელოსისა“, და, მაშასადამე, ჩვენს ხელთნაწერში მოთავსებული „განმარტება“ მიეწერება XI საუკუნის გამოჩენილ ფილოსოფოსსა და მწერალს მიქაელ ფსელოსს (1018—1078), რომელიც ატარებდა საპატიო სახელწოდებას *ნაქრეჲმად* და რომელსაც ბერძნულ ხელთნაწერებში სხვა სახელწოდებასთან (*σολωμαντις*, *λογιωτατης*, *νακρεμαδος*, *νακρως* თუ *φιλισοφωου*, *πανσοφως*) ერთად ზოგჯერ მიაკუთვნებენ აგრეთვე სახელწოდებას *παναπερეჲმად* (მაგალითად, ათონის ხელთნაწერში № 3816.48, ლამბროსის კატალოგიით [2], მოთავსებულია *Μιχαηλ παναπερ-εμιαδ μοναχων τον Ψελλων Αποκρισεις συνοπικαι...*).

ეს „განმარტება“ მიქაელ ფსელოსის სახელით ცნობილ ნაშრომთა შორის არსად არ იხსენიება [3], მაგრამ, ის რომ ბერძნულიდან ნათარგმნი ძეგლია და რომ ბერძნულშიც მას მიქაელ ფსელოსს მიაკუთვნებდნენ, ჩანს შემდეგიდან.

ათონის ერთი ბერძნული ხელთნაწერი, ლამბროსის [2] აღწერილობით ხელთნ. № 3599, შეიცავს თავის პირველ ნაწილში „დავითნა“, რომელსაც წინ უძღვის უსათაურო (ლამბროსის სიტყვით *ἀνεπίγραφον*) თხზულება. საქმარისია შევადაროთ ამ თხზულების დასაწყისი, რომელიც მოყვანილი აქვს ლამბროსს, ქართული ხელთნაწერის ფსელოსის „განმარტების“ დასაწყისს, რომ ნათელი გახდეს ამ ორი ძეგლის ერთიდაიგივეობა.

| | |
|--|--|
| Στάμπατον μὲν ἔστιν ἀπὸ τῶν κακῶν ἄρχεια καὶ ἀποχή. [N]εομῆγια δὲ εἰς νεᾶλγειν τοῖς ἀγαθῶσις ἔργοις. | შაბათი არს ბოროტთაგან უქმება და განყენებაჲ, ხოლო ახალთთუე განახლებაჲ კეთილთა საქმეთა შინა. |
|--|--|

ლამბროსის აღწერილობაში სხვა არაფერია მოყვანილი ამ ძეგლიდან; არც ის ჩანს, თუ რა მოცულობისაა ეს ძეგლი, ასე რომ ჩვენ მოკლებული ვართ საშუალებას ზედმიწევნით განვსაზღვროთ ამ ორი ძეგლის ურთიერთობა; დასაწყისის მიხედვით კი ამ ორ ძეგლს შორის არავითარი განსხვავება არ არის.

სათაური, რომელიც ქართულ თარგმანს აქვს წარმძღვარებული, არ შეიძლება მთარგმნელის ან გადამწერის მიერ იყოს მოგონილი: გამოთქმა „პანუბერტიმოსისა“ არც ისე ხშირად იხმარებოდა ბერძნულში, რომ ქართველს მივაწეროთ იმის ხმარება საკუთარი დასკვნისდა მიხედვით; ჩანს ეს სათაური ბერძნულ დედაწიშეც მოიპოვებოდა.

ამრიგად, ქართული ტექსტი „დღესასწაულთა განმარტებისა“, რომელიც A-67 ხელთნაწერიშია დაცული, მიქაელ ფსელოსის ნაშრომად იყო ცნობილი, და მისი ბერძნული დედანი მოცემულია ათონის ბერძნულ ხელთნაწერში 3599. არის თუ არა ეს „განმარტება“ ნამდვილად ფსელოსის თხზულება, ეს ცალკეა საკვლევი: ცნობილია, რომ მიქაელ ფსელოსის სახელით ზოგიერთი ისეთი თხზულებაც არის გადმოცემული, რომელთა ფსელოსისათვის მიკუთვნებაში მეცნიერნი [3, 4] დაეჭვებული არიან, და საკითხი ამ თხზულებათა ავტორუთენილობისა დღესაც გადაუჭრელია.

სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის საქართველოს ფილიალი

აკად. ნ. მარის სახელობის ენის, ისტორიისა და

მატერიალური კულტურის ინსტიტუტი

თბილისი

(შემოვიდა რედაქციაში 10.2.1941)

ФИЛОЛОГИЯ

С. КАУХЧИШВИЛИ

ОБ ОДНОМ «ТОЛКОВАНИИ» МИХАИЛА ПСЕЛЛА

Резюме

В рукописи А-67 фонда Государственного Музея Грузии имеется «Толкование праздников», которое, как видно из заглавия, принадлежит византийскому философу Михаилу Пселлу. Среди известных сочинений М. Пселла подобное «Толкование» нигде не значится, но в «Каталоге греческих рукописей Афона» [2] под № 3599 описана рукопись «Псалтыри», в которой в виде введения предпослано одно сочинение без заглавия. Сравнение начальных предложений этого сочинения, приведенных в «Каталоге», с началом грузинского «Толкования» приводит нас к заключению, что анонимная статья Афонской рукописи 3599 идентична с памятником, представленным в груз. рукописи А-67.

Грузинский Филиал АН СССР

Институт языка, истории и материальной культуры

имени акад. Н. Я. Марра

Тбилиси

ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. Жордания. Описание рукописей Тифлясского церковного Музея. Книга I, стр. 66—67. Т. 1903.
 2. Catalogue of the greek manuscripts on mount Athos, by Spyr. P. Lambros. Vol. I. Cambridge, 1895.
 3. К. Кrumbacher. Geschichte der byzantinischen Litteratur. München, 1897. S.S. 79—80, 433—444.
 4. Émile Renauld. Michel Psellos—Chronographie... Tome I. Paris, 1926, P. XVIII.
-
-



ЯЗЫКОВЕДЕНИЕ

Академик А. Г. ШАНИДЗЕ

ДАННЫЕ ГРЕЧЕСКО-ПЕХЛЕВИЙСКОЙ БИЛИНГВЫ ИЗ АРМАЗИ
 ДЛЯ ИСТОРИИ ТЕРМИНА ეზოასმოდღუარ-ი ЭЗОЙСМОДЗГУАР-И
 В ДРЕВНЕГРУЗИНСКОМ

Термин ეზოასმოდღუარ-ი эзойсмодзгуар-и засвидетельствован в древнейших памятниках христианской переводной литературы. Вот несколько примеров¹:

1. და ვითარცა შემწუხრდა, ჰრქუა სახლისა უფალმან ეზოასმოდღუარსა თუსსა «Когда же наступил вечер, сказал хозяин (*букв.* господин дома) своему эзойсмодзгуару² (Мф. 20, 8).

2. და იოჰანა, ცოლი ქოზაისი, ეზოასმოდღურისა ჰეროდესი «И Иоханна, жена Хозы, эзойсмодзгуара Ирода» (Л. 8, 3).

3. რავედენ ეჲმ მკვდრი იგი ყრმა-ლა არნ, არაჲთ ჰმატენ მონასა, უფალ ლათუ არნ ყოვლისა, არამედ ეზოასმოდღუართა და მნეთა ქვეშე არნ, ვიდრე ადგილად მოდგომამდე მამისა თუსისა «Пока наследник дитя (=находится в детстве), он не больше, чем раб, хотя и является господином всего, но находится под (надзором) эзойсмодзгуаров и экономов до наступления срока, отцом (назначенного)» (Гал. 4, 1—2).

4. ვითარცა იხილნა იგინი იოსებ და ბენიამენ, ძმაჲ იგი თუსი ერთისა დედისაჲ, ჰრქუა ეზოასმოდღუარსა თუსსა «Увидев их и брата своего единокровного (*букв.* от одной матери), Иосиф сказал своему эзойсмодзгуару» (Быт. 43, 16).

5. და ბანეა, ძმ უდამსი, თანამზრახველ და ოფილტი და ოქერეთი... ძენი დავითისნი ეზოასმოდღუარ იყვნეს მისა (II II. 8, 18). Данное место, представляя некоторое искажение по сравнению с греческим текстом, допускает такой перевод: «И Ванея, сын Иудая, был собеседником, а Опилти и Окерети... сыновья Давида были его эзойсмодзгуарами». Московское издание грузинской библии (1743 г.), а вслед за ним и тбилисское издание (1884 г.) здесь дают такое чтение:

¹ Цитаты из четвероголавов даны по Джручской рукописи 936 г., а из книг Ветхого завета—по Опшкской рукописи 978 г.

² Пока оставляем грузинский термин без перевода.

М

და ვანეას, ძე იოდანისა განმზრახისა, და ქელეთი და ოფეთი და ძენი დავითისნი უხუცესნი სახლისა იყვნეს.

Т

და ვანეა, ძე იოდანისა, — თანა განმზრახი, და ქელეთი და ოფეთი და ძენი დავითისნი უხუცესნი სახლისა იყვნეს.

6. და მოვიდეს მისა ელიაკიმ, ძე ქელქიასი, ეზოაზმოძღუარი, და სომნა მწიგნობართმოძღუარი (IV II. 18, 18) «И пришли к нему Элиаким, сын Хелкии, эзойсмодзгуар, и Сомна, глава книжников».

7. და წარავლინა ელიაკიმ ეზოაზმოძღუარი და სომნა მწიგნობართმოძღუარი... ესაია წინაწარმეტყუელისა «И отправил эзойсмодзгуара Элиакима и главу книжников Сомну к пророку Исаии» (IV II. 19, 2).

Сличение приведенных цитат с соответствующими местами греческого текста Нового и Ветхого заветов показывает, что груз. ეზოაზმოძღუარი-ი (эзойсмодзгуар-ი) передает то греч. ἐπίτροπος (Мф. 20, 8; Лук. 8, 3; Гал. 4, 2), то οὐκνομος (IV II. 18, 18; 19, 2), то ἀπάρχης (II II. 8, 18), тогда как в арм. версии имеются: գաւառապետ (Мф. 20, 8, букв. «правитель области»), հազարապետ (Лук. 8, 3; Гал. 4, 2; IV II. 18, 18; 19, 2, букв. «тысяченачальник») и խոռապետ (II II. 8, 18), слово неизвестного происхождения⁽¹⁾.

По типу образования сложное слово ეზოაზმოძღუარი представляет собой определяемое в форме родит. падежа (ეზოაზ) + определение (მოძღუარი-ი), т. е. такое образование, которое противоположно тому, что имеем в выражении უხუცეს სახლისა «старейшина дома» (II II. 8, 18 по моск. и тбил. изданиям груз. библии).

Первая часть исследуемого сложного термина (пишущегося в древнегрузинском, впрочем, и раздельно), как и его сванский эквивалент ჰხუტ (в лашхском ძეხუტ) означает, прежде всего, «двор» (Мф. 26, 3; 26, 69; Л. 22, 55; отсюда: ეზოა ცხოვართაა «двор овчий» Ио. 10, 1; 10, 16), а затем «двор царский», «дворец».

Впрочем, известно и второе значение слова ეზო «покрывало», «завеса», как легко установить это по цитатам из «Исхода» и др. книг (напр., სიგრძე ეზოაჲ მის ერთისაჲ ოცდა რვა წყრთა იყოს «длина одного покрывала пусть будет 28 локтей» Исх. 26, 3), а в дальнейшем и «парус»: ნავნი ეზობულნი «корабли с натянутыми парусами» [1].

В ეზოაზმოძღუარი-ი имеем, конечно, первое значение слова ეზო («двор», «дворец»), а не второе («завеса», «покрывало», «парус») (2).

(1) Ачарян полагает [9], что оно персидского происхождения, но не может указать, какой именно корень лежит в первой части данного составного слова.

(2) Второе значение, вероятно, развилось из первого: двор—огороженное место—плетень—перегородка—завеса—парус.

Корень второй части ძელუ⁽¹⁾ означает «водить» (новогруз. ძლ-ოლა), а მოძლუარი является причастной формой⁽²⁾, означающей «предводитель», «вождь», а затем «учитель», «наставник», «духовник». В сванском имеем соответствие и этого корня: ჟრღ (ჟრღელ), стсюда ხოჯრღ (=ჟღღეს) «ведет», «предводителствует», მუჯრღ (მუჯრღელ) «предводитель», «вождь».

О значительном распространении слова в древнегрузинском свидетельствует тот факт, что მოძლუარ-ი входит в состав и других сложных слов: ხუროთ-მოძლუარ-ი «архитектор», «зодчий» (букв. «главарь строителей»; это слово засвидетельствовано древнейшими текстами, напр., I Кор., 3, 10), მწიგნობართ-მოძლუარ-ი «глава книжников», «старший книжник», по-арм. գլխաւի (IV II. 18, 18; 19, 2), მღვდელთ-მოძლუარი «архидиакон» (Мф. 2, 4; 26, 3; Ио. 11, 47; Деян. 4, 6; Евр. 2, 17)⁽³⁾.

Таким образом, слово ეზოას-მოძლუარ-ი буквально значит «начальник двора», а реально — «начальник царского двора», в дальнейшем уже — «домоправитель», «управитель».

В среднегрузинском термин ეზოასმოძლუარ-ი выходит из употребления. Правда, еще историк царицы Тамары (XII—XIII вв.) Василий, труд которого уже известен в русском переводе [3], носит титул ზეოისმოდვყარა (ბასილი ეზოასმოძლუარი) [4], но неизвестно, каковы были его права и обязанности при дворе, ибо грузинское государственное право этого времени [5] такого термина не знает. Уже к XIII веку появляется другой термин ეზოთუხუცეს-ი ზეოტუხუცეს-ი (букв. «старейшина двора», «старший двора»), который по значению составных частей можно было бы считать эквивалентом термина ეზოასმოძლუარი, но он засвидетельствован только в одном документе, восходящем к XIII в. [6], и мы лишены возможности установить точно, какое положение занимал ზეოტუხუცეს при дворе.

⁽¹⁾ В хевсурском говоре с перестановкой: ძელღ, ძვეღ (ვაჟუძვეღ ბეჟურისშვილი «веди их, Бекურисшвили») [2].

⁽²⁾ Эта причастная форма, получая глагольную приставку წინა пред, вышедшую из наречия წინა в переги, и теряя, вследствие стяжения, гласный *o* префикса მო, дает форму წინამძლუარ-ი (из წინა მოძლუარ-ი) «предводитель», «вождь», (Евр. 13, 7).

Следует отметить, что последняя форма, проникнув в георгиевскую редакцию четвероголовов (Мф. 2, 6; 23, 10), вытесняет слова მთავარი или მოძლუარი доафонских редакций (მთავარი Мф. 2, 6 Адыш., Джруч.; მოძლუარი Мф. 23, 10 Адыш.). Чтобы не отклоняться от темы, отметим лишь мимоходом, что წინამძლუარი, получая в церковной практике значение «настоятеля монастыря», в говорах сохраняется до наших дней как военный термин «предводитель войска» [2].

Впрочем, в грузинском есть и другой тип образования причастия от того же корня: წინა-მ-ძლ-ოლ-ი, წინა-მძღამელი.

⁽³⁾ Интересно отметить, что термин მღვდელთ-მოძლუარ-ი, соответствующий арм. գլխաւի и наличный в древних рукописях евангелий (Адышской 897 г., Джручской 936 г., Пархальской 973 г.) в георгиевской редакции (XI в.) заменен термином მღვდელთ-მთავარ-ი.

Сопоставление термина *ἱερωσύνη* с греч. и арм. эквивалентами показывает, что более или менее точное соответствие в этимологич. смысле дает греч. *ἀρχιεπίσκοπος*. Поэтому можно было бы думать, что он представляет кальку с последнего. Но, принимая во внимание, что, с одной стороны, термин *ἀρχιεπίσκοπος* редко встречается в греческом, а, с другой, вторая часть составных с *-άρχης* (*-архос*) слов обычно переводится через *ἐπίσκοπος* «главарь» и *ἐπίσκοπος* «глава» (*πατριάρχης* *ἁγιοπαιδίσκος*, *χιλίαρχος* *σοδοιεύς* Мк. 6, 21; Ио. 18, 12; Дея. 22, 24; 23, 10, *ἐκατόνταρχος* Мф. 8, 5 или *ἐκατοντάρχη* Дея. 10, 1; 10, 22 *ἐπίσκοπος*), мы вправе усомниться в непосредственной связи груз. *ἱερωσύνη* с греч. сл. *ἀρχιεπίσκοπος*, которого пространные словари греч. языка или совсем не знают, или, если знают [7], то только из II книги Царств: *οἱ υἱοὶ Δαβὶδ ἀρχιεπίσκοποι ἦσαν*, где оно соответствует слову *kohanim* («священники») евр. оригинала.

В совершенно ином свете представляется история термина по недавно (25.XI.1940) открытой в Армази двуязычной надписи на надгробной стеле Серапиты Зеваховны⁽¹⁾.

Греч. надпись, состоящая из 10 строк, читается так:

*Σηραπειτις Ζηουαχου (2) του νεωτερου πιτιαξου (3) θυγατηρ Πουπλικιου
 Αγγριππα πιτι(4)αξου υιου Ιωδμανγανου γυνη (5) του πολλας νεικας ποιησαντος
 (6) επιτροπου βασιλειως Ιβηρων (7) μεγαλου Ξηφανουγου απε(8)θανε νεωτερα
 ετων ΚΑ (9) ητις το καλλος αμεμνητον (10) ειχε.*

Транслитерация пехлевийской надписи, исполненной арамейскими буквами и идеограммами⁽²⁾:

⁽¹⁾ Несколько строк для истории находки надписей:

24.XI.1940 г. мне сообщили о новых успехах археологической кампании, которая велась Институтом языка, истории и материальной культуры им. Марра Груз. филиала АН СССР под общим руководством покойного академика И. А. Джавахипшвили в Армази (в 22-х километрах от Тбилиси, в 2-х километрах выше от ст. Михета, между железнодорожной магистралью и Курой). На другой же день (25.XI.1940 г.) я отправился в Михета, куда приехал к двум часам дня. Дойдя до места раскопок, я стал свидетелем необычайного зрелища: группа рабочих, копавшая выше, поспешно направились к другой группе, которая работала немного ниже, откуда к ним доносились радостные возгласы. Поспешив туда же, я подошел к рабочим, которые, под непосредственным руководством археолога А. Каландадзе, только-что отвалили боковую каменную плиту с могилы № 4. На внутренней стороне камня оказалась двуязычная надпись Серапиты. Вскоре отвалили и другую боковую каменную плиту, на внутренней стороне которой оказалась надпись царя Михрдата. Обе каменные плиты с надписями, бывшие в свое время надгробными стелами, были использованы как строительный материал для могилы № 4, оказавшейся разграбленной. 30.XI обе стелы были доставлены на грузовом автомобиле в моем сопровождении в Музей Грузии в Тбилиси.

⁽²⁾ Алеф передается через «а», а 'айн—через знак «ε».

anh Scrypŭ brty zy (2) Zywhŭ qlyl bŭhš zy Prsmn (3) mlk antt zy
Ywdmngn w-nšyŭ (4) w-kbyr arwst ſbyda rb(5)trbš zy Xsyprnwg mlk bry
(6) zy Agryp rbtrbš zy (7) Prsmn mlk hblhbyk ma (8) zy prnwš la gmyr
w-hkyn (9) ŧb w-špyr yhw h yk zy br(10)aynš la dme yhw mn (11) ŧbwt
w-maytyn b-šnt XXI.

Несмотря на то, что некоторые места пехлевийской надписи, состоящей из 11 строк, остаются для меня неясными⁽¹⁾, можно с несомненностью установить, что она повторяет содержание греч. надписи, но в ином освещении⁽²⁾.

Вот перевод обеих надписей.

Греч.

Пехл.

Серапита, дочь нового питиахша Зеваха, жена Иодмангана (сына питиахша Публикия Агриппы), победоносного (*букв.* одержавшего много побед) прокуратора великого грузинского царя Ксепарнуга⁽³⁾, скончалась молодая, 21-го года, имея неподражаемую красоту.

Увы (?), Серапита, дочь Зиваха, молодого питиахша царя Парсмана, жена Юдмангана, доблестного (?) и много побед одержавшего прокуратора царя Хсипарнуга, (Юдмангана?), сына Агриппы, прокуратора царя Парсмана... красивая и добрая была... бесподобная была по красоте. И умерла 21-го года.

Не вдаваясь в подробности⁽⁴⁾, отмечу следующие расхождения билингвы:

- 1) Царь Парсман упоминается только в пехлевийской надписи.
- 2) Ксепарнуг (Хсипарнуг) именуется грузинским (иберийским) царем только в греч. надписи.
- 3) В греч. надписи упоминаются два питиахша и один прокуратор: питиахшами именуются отец умершей Серапиты Зевах и ее свекор Публикий Агриппа, тогда как ее муж Иодманган именуется прокуратором (епитропом) груз. царя Ксепарнуга; в пехлевийской надписи упоминаются: один питиахш — отец Серапиты Зивах — и два прокуратора: муж Серапиты Юдманган — прокуратор царя Хсипарнуга⁽⁵⁾ и ее свекор Агриппа — прокуратор царя Парсмана.

⁽¹⁾ В Тбилиси не имеется основных пособий по арамейским и среднеперсидским надписям.

⁽²⁾ Специальную монографию о пехл. надписях из Армази готовит Г. В. Церетели.

⁽³⁾ Я полагаю, что *φ* этой надписи передает звук, передаваемый груз. буквой *ჟ* (*ϕ*); поэтому лучше его передать через рус. *п*, а не через *ф* (Ксепарнуг).

⁽⁴⁾ Автор этих строк сделал специальный доклад о надписи на заседании Ученого совета Института языка, истории и матер. культуры им. Марра Грузфилиала АН СССР, 7.XII.1940 г.

⁽⁵⁾ Ожидали бы форму Хшипарнуг (или Хсепарнуг). В пехл. надписи последовательность слов такова, что царя Хсипарнуга можно принять за сына Агриппы.

Таким образом, Публикий Агриппа (по-пехл. просто Агриппа) в греч.-надписи носит титул питиахша, а в пехлевиийской — титул прокуратора. Значит ли это, что питиахш и прокуратор одно и то же? Едва ли.

Здесь, естественно, возникают большие проблемы исторического характера, но мы ограничиваемся освещением лишь одного вопроса.

Греческому слову *ἐπίτροπος* (*procurator*) в арамейской идеограмматической системе передачи соответствует сл. *rbtrbš*, состоящее из двух арамейских слов: *rb* (*rabb*) «старейшина», «глава», «господин» и *trbš* «двор». Последнее слово, с тем же значением, имеется и в сирийской форме [8].

Первая часть этого композита (если позволительно назвать его так), с отношением первого лица, известна и в древнегрузинском по переводам евангелий: მოექცა იესუ და იხილნა ივინი, მი-რამ-ჰსდევდეს მას და ჰრქუა მათ: რასა ეძიებთ? ხოლო მათ ჰრქუეს მას: რაბი! (რომელ ითარგმანებდის „მოდღარ“) სადა იყოთი? «Обратился Иисус и увидел, что они следовали за ним и сказал им: чего ищете? Они же сказали ему: Равви! (что значит «учитель») где живешь? (Ио. 1, 38—39).

Итак, первая часть двухсоставного слова *rb-trbš*, два раза встречающегося в надписи питиахшевой дочери Серапиты, соответствует грузинскому *მოდღარი*, а вторая — грузинскому слову *ეზო*, а все вместе значит то же самое, что и груз. *ეზოაშმოდღარი* («начальник царского двора»).

Таким образом, груз. термин *ეზოაშმოდღარი*, представляя собой эквивалент арамейско-идеограммы *rb-trbš* и имея обратный порядок составных частей, реально соответствует греческому *ἐπίτροπος* (*procurator*).

Как можно заключить из надписи Серапиты, термин *ეზოაშმოდღარი* имел хождение в Грузии задолго до появления здесь христианской литературы, которая не преминула использовать этот термин для своих нужд.

Культурная связь грузинского народа с Востоком, в частности, с арамейским миром¹, ясно прослеживается и на этом термине из области древне-грузинского государственного права в первые века нашей эры.

Впрочем, мы должны помнить, что этимологический анализ слова еще ничего не говорит о правах и обязанностях носителя этого титула при дворе грузинских царей.

Грузинский Филиал АН СССР
 Институт языка, истории и материальной культуры
 имени акад. Н. Я. Марра
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 10.2.1941)

¹ По всей вероятности, к этому арамейскому миру восходит и греч. *ἀνδραρχης*.

DONNÉES DE L'INSCRIPTION BILINGUE GRECQUE-PEHLVIE D'ARMAZI
 POUR L'HISTOIRE DU TERME EZOJSMOՅԴUAR-I «PROCURATEUR»

Par A. CHANIDZÉ

Résumé

Le terme géorgien *ezojsmoճuar-i* «procurateur» (littéralement «chef de la cour») est bien connu dans les versions géorgiennes de l'Ancien et du Nouveau Testament. Or, il n'a pas pu être formé d'après les termes grecs et arméniens, employés dans les passages correspondants de la Bible. C'est seulement l'inscription bilingue grecque-pehlvie, récemment (25.XI.1940) découverte pendant les fouilles archéologiques à Armazi (22 kilomètres de Tbilissi), qui nous permet de conclure que le terme géorgien, aussi bien que le mot grec *ἀδλάρχης*, attesté dans l'Ancien Testament (II. Reg. 8, 18), est composé comme idéogramme araméen *rb-trbš* («chef de la cour»), employé dans la version pehlvie de ladite inscription, où il équivaut au mot grec *ἐπίτροπος* «procurateur».

Filiale Géorgienne de l'Akadémie
 des Sciences de l'URSS

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—LITTÉRATUR CITÉE

1. Тексты и Разыскания по армяно-грузинской филологии. Кн. VI. Физиолог. Изд. Н. Марр. СПб. 1904, стр. 6.
2. ა. შანიძე. ქართული ხალხური პოეზია. I. ხვესრულთი. 1931, გვ. 9 № 24.
3. Б а с и л и, историк парицы Тамары (пер. В. Д о н д у а): «Памятники эпохи Руставели». Изд. АН СССР. Ленинград, 1938, стр. 33—76.
4. ეგნატაშვილი ბერი. ახალი ქართლის ცხოვრება XVIII ს. დამდ. I. ტექსტი. ივ. ჯავახიშვილის წინასიტყვაობით და რედაქციით. თბილისი, 1940.
5. ი. ჯავახიშვილი. ქართული სამართლის ისტორია, წ. II, ნაკვ. I. 1928.
6. ს. კაკაბაძე. მეფის კურთხევის წესი, მე-XIII საუკ. დასაწყისს შედგენილი. 1913, გვ. 6.
7. Thesaurus graecae linguae, ab Henrico Stephano constructus. I. Paris, 1831—56.
8. Lexicon syriacum auctore Carolo Brockelman n, 1928, p. 710-b.
9. Р. А ч а р я н. Этимологический коренной словарь армянского языка. т. III. Ереван, 1930.



3. თოფურია

6 და 6 ფენებისათვის ქართველურ ენებში⁽¹⁾

სამი საკითხია წინასწარ მოსაგონარი: 1. როგორი შედგენილობისადაა მიჩნეული ქართველური ენები; 2. რა საურთიერთო ნიშნები გააჩნია სვანურს ნათესაობისა და მიცემითში ამჟამად მოქმედ -იშ და -ს ბოლოსართთა პარალელურად და 3. როგორ იწარმოება და რა დამატებითი ფუნქცია აქვს ნათესაობით ბრუნვას კავკასურ ენებში და რა ურთიერთობაშია მათთან ამ მხრივ ქართველური ენები? დასმულ საკითხთა შესახებ ასე თუ ისე გარკვეული პასუხი მოიპოვება სამეცნიერო ლიტერატურაში; ამდენად მათი დასახელება და ზოგიერთი ახალი ცნობის მოყვანა სრულიად საკმარისია ჩვენი თემისათვის.

1. ქართველურ ენათა შედგენილობას არა ერთგზის შეხებია აკად. ნ. მარცი და ყოველთვის გარკვეული დებულებები წამოუყენებია საერთოდ კავკასურ და კერძოდ ქართველურ ენათა ნარეობის შესახებ. მისი სიტყვებით „...грузинский язык, и тот оказался мешаным типом, притом не только древне-литературный, но и современный живой. Вместе с грузинским и другие яфетические языки сибилантной ветви, мингрельский и чанский, оказываются мешаными...“ ([1], გვ. 1387); „...сванский приходится признать типом мешаного языка...“ ([2], გვ. 16); შეჯვარდინება ხდებოდა დიალექტებისაც: „Скрещение диалектических явлений происходило не только в пределах каждого языка особо; скрещивались различные языки одной и той же группы, скрещивались и языки различных групп, в языке одной группы отливались диалектические явления других групп ([3], გვ. 8). ეს სწორი დებულებები გაზიარებულია მკვლევართა მიერ; საილუსტრაციო მასალაც საკმაოადაა მოყვანილი. მაგრამ, თუ არ ვცდებით, არც ნ. მარსა და არც სხვებს არ მოუნახავთ მოვლენები, რომლებიც გასდევდეს მორფოლოგიას მთელ სიგრძეზე. ასეთი რამ, როგორც ეტყობა, შესაძლებელია მოინახოს.

2. ნათესაობითისა და მიცემითის გაფორმება სვანურში. ამჟამად ცოცხალი ნიშანია ნათესაობითისა -იშ (ზოგჯერ -ეშ, -მ-იშ, ბალსქვემოლურში -ემ⁽²⁾...) და მიცემითისა—-ს, ხოლო -ე ბოლოსმოვინანებთან—-ა; მაგ.:

(1) წაკითხულია მოხსენებად სტალინის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სამეცნიერო სესიაზე 8 მაისს 1940 წ. იბეჭდება მაგალითების შემცირებით.

(2) დეტალებს არ ვებზეთ. საერთოდ სახელთა ბრუნება და კერძოდ ნათესაობითის წარმოება სვანურში ცალკე გვაქვს მიმოხილული.

ლადეღ, ლნტ. ლზდეღ 'დეღ'—ლზდი-შ, ლშხ.ეცრ. ლადღ-იშ, ლნტ. ლზდეღ-იშ
 'დღისა'

გიმ 'მიწა; ქვეყანა' —გიმ-იშ, გიმ-ემ 'მიწისა; ქვეყნისა'

ზს. ხეხე 'ცოლი' —ზზ. ხეხე-მ-იშ, ეცრ. ლხმ. ხახე-ემ 'ცოლისა'...

ქორ 'სახლი' —ქორ-ს 'სახლს; შინ'

ბზ. მარა 'კაცი' —მარა 'კაცს' და სხვა მრავალი

აქედან ნათესაობითის -იშ და მიცემითის -ს სუფიქსები ნასესხებად აქვს გამოცხადებული ნ. მარს: პირველი (-იშ)—მეგრულ-ქანურდიან, მეორე (-ს) კი —ქართულიდან. ამას სხვებიც იზიარებენ. -ემ სარკვევია. მაშ რაა საკუთრივ სვანური? ასეთად მიჩნეული იყო ნათ.-ისათვის -ინ, მიცემითისათვის -ან. ესენი აღდგენილია სემიტურ ენებთან, კერძოდ არაბულთან, შედარებით. მართალია, სხვა ენის მაღლობიდან მხეგრავს ხშირად მოუვლა შეცდამა, მაგრამ ამ შემთხვევაში ნ. მარი არ უნდა ცდებოდეს. ამაში გვარწმუნებს საკმაო რაოდენობა მაგალითებისა, რომელთაგან რამდენიმე ნ. მარსვე აქვს დასახელებული [4, გვ. 1200—1205].

მიცემითის -ნ (და არა -ან) გამოვლინებულია ბოლოხმოვნთან სახელებში -ჟი, -ჩუ, -ქა და -ღო თანდებულებთან, რომლებიც მიცემით ბრუნვას იკუთვნიან: ბზ. მარან-ლო 'კაცის შემდეგ', დონან-ქა 'ქალიშვილის გარდა', ეჩქან-ლო 'მას შემდეგ' [5, გვ. 262₁]... ამავე თანდებულებთან ბოლოთანხმოვნთან სახელებში გვაქვს -ღნ- (ეტყობა, -გ- თანხმოვანთვასაყარია): ქათლზღ-ღნ-ქა 'ქათმის გარდა' [5, 24₃], ვორ-უნ-ჩუ (-ვორ-ღნ-ჩუ) 'მიწის ქვეშ' [ib., 338₁₆], ჩუბ-უნ-ჟი 'ქვემო-დან (ზევით)' [ib., 76₄₈]... ზმნისართებში მხოლოდ -ნ ჩანს: ხეგრმინლღს ჰამნ ი ნზბოზნ 'დასაჭერად დავსდევდი დილიდან საღამომდე' [ib., 234₃₃], ლეთ ი ლადღენ 'დეღ და ღამეს' [ib., 282₄₁], ესკინწლი ბაჩნ ი ბაჩან 'იხტუნებს ქვადა-ქვა' [ib., 130₇]... ფრაზებში ასეთი მონაცვლეობა გვხვდება: შის ხლღვნდა [ib., 72₂₇] და შუნ ხლღვნდა [ib., 32₁₄₁] 'ხელთ ჰქონდა' და სხვა.

ნათესაობითის -ინ (ბოლოხმოვნიანებთან -ნ) ბოლოსართიც შემონახულია ხალხურ სიმღერებში: ბოგრემინ ბოგანი ჩუბავ 'ბოგრემის ხიდის ქვემოთ' [ib., 224₁₃₄], ყვიყან-ტაბლან მქაფი 'ღვიძლ-ტაბლის ნაცვლად' [ib., 24₄₈] და სხვა. -ინ ფორმანტის შემცველად მიაჩნია ნ. მარს ზმნისართები ლოშგინ 'უკან' და სგობინ⁽¹⁾ 'წინ...' [4, გვ. 1203].

ამგვარად, ნათესაობითის სუფიქსი ყოფილა ადრინდელს სვანურში -ინ და მიცემითისა—-ნ.

3. ნათესაობითს კავკასურ ენათა უმეტესობა აწარმოებს -ნ ან -ლ ბოლოსართით წინამავალხმოვნიანად. -ნს იყენებენ ჩაჩურ-ლეზღური ჯგუფის ენე-

(1) შედარებით-ალმატებით ხარისხთან, გვე ში ხედსართავთან და მაჟღ წნი ზმნასთან ჩვეულებრივ გვევლინება -ინ, -ღნ, -ნ სუფიქსიანი ფორმები, მაგრამ მათ ჯერჯერობით განზე ვტოვებთ ნათ.-მიცემითის ძველი ნიშნის გამოვლინებისას, რადგანაც აქ -ნს ხშირად ენაცვლება -დ: მაგ.: ჩინ მაჩენე—ჩიდ მაჩენე 'ყველაზე უკეთესი' [5, გვ. 1₂, 1₁]; მარგობ მოლღწინ გვეში ხარზ 'მაჩუბი მოლაღატებით სავსე აქვს' [ib., 120₂₁];—მარგობ მოლღწინ გვეში ჯარ 'მაყიბი მოლაღატებით სავსე გაქვს' [ib., 126₁₁] და სხვა (შდრ. ფუსნ—ფუსდ 'ბატონი', ვედნ—ვედდ 'ძლივს').

ბი—ჩაჩნური, ინგუშური, წოვა-თუშური; კიურული, წახურული, ალულური და აგრეთვე ტაბასარანული, ხოლო ლ ელემენტს მიმართავენ ხუნძური, ლაკური და დარგული. ლაკურში -5 მიცემითის ნიშანია. უთუოდ საფულისხმოა ისიც, რომ ბევრს ამ ენათაგან არსებითი სახელის ნათესაობითი ფორმა გამოყენებული აქვს ზედსართავად და პირის ნაცვალსახელის ნათესაობითი—კუთვნილებით ნაცვალსახელად [6], როგორც ეს ქართულშია.

მაშასადამე, ვიცით, რომ ქართველური ენები ნარევი ტიპისაა, სვანურს ნათესაობითის ნიშნად ჰქონია -იწ და მიცემითისა— -6, კავკასურ ენებსაც ნათესაობითში აქვთ -6 ან -ლ ელემენტი და ამავე ბრუნვას იყენებენ ზედსართავის ფუნქციით.

ამ ნიადაგის შემზადების შემდეგ გადავიდეთ ძირითად საკითხზე -5 და -ს ფენის შესახებ.

ქართულ ენაში შემჩნეულია მთელ რიგ შემთხვევაში ერთისა და იმავე დანიშნულების ორ-ორი (ზოგჯერ მეტი) აფიქსის ხპარება, მაგ.:

1. ზმნაში. აწყოსა და ნამყო მრავალგზითში მოგვეპოვება პარალელური ფორმები, სადაც ერთი ფუნქციისად ჩანან -5 და -ს:

ღგან ერი იგი — ...ერი ღგას შენ წინაშე (გამოსლვათაჲ 33⁸, 18¹¹)

ვალონ და იტყუნ — ვითარცა იტყუხ (საბა ასური, 5²³, 24)

ტბილ არხ (ib., 5²³) — არა საცნაურ არხ (ხანძთ., მბ)...

მოილინ (ივ. ჯავახიშვილი, ხანმეტი, 377)—მოილის და სხვა

6 აუცილებელია აგრეთვე III პირის ბრძანებითში: იყავნ, მოვედინ... დღეს საბოლოოდ დადგენილია, რომ -6 „უძველესი სუფიქსია მესამე პირისა“ [7, გვ. 40]. მაშასადამე, ძველ ქართულში III პირს გამოხატავდა -6 და -ს. ამათგან -6 ახალმა ქართულმა არ იცის, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ღგანან, ჩანან... შემთხვევებს; -ს კი მკვიდრია.

2. ისევე ზმნაში, რომლის მრავლობითი ფორმები გადმოცემულია -ენ და -ეს ბოლოსართებით: ბრძანებენ—ბრძანეს... -ენ გვევლინებოდა აწყოსა და კავშირებითებში, ხოლო -ეს ნამყოებში. თანამედროვე ქართულში -ენმა გაიფართოვა სამოქმედო ასპარეზი: ის დამკვიდრდა ნამყო უწყვეტელსა და გარდაუვალი ზმნების მიხედვით—ნამყო წყვეტილშიც (ქვემოიმერულ-გურულში -ეს თითქმის გადაშენდა): წერდენ (ძვ. ქართ. სწერდეს)—დაწერეს (იმერ.-გურ.-ში დაწერენ)... მიუხედავად -ენ, -ესის ასეთი განაწილებისა დრო-კილოებში, მათ მაინც ერთი ფუნქცია აქვთ: გამოხატავენ მესამე პირის მრავლობითობას.

3. ნაწარმოებ სახელებში, სადაც ერთი მხრივ გვაქვს ნა-, ნე- და ნი- და მეორე მხრივ სა-, სე- და სი- თავსართები:

ნა-თ-ელი (შდრ. თ-ევა, თ-ენება...) —სა-ნ-თ-ელი, სა-თ-ევი...

ნა-ხ-ვა (ნა-ხ-ა, ნა-ხ-ული...) —სა-ხ-ე და სხვა

ნე-რწყვი (—რწყვა) შეადარე * სე-შა — შეშა

ნე-რგი (—რგ-ვა) „ * სე-ცხლი — ცეცხლი

ნე-ზევი (იხვა „მოიგო, შვა“) „ * სე-ფ-ე (შდრ. მე-ფ-ე) და სხვა

ნი-დაყვი (შდრ. მეგრ. დუყი) შდრ. * სი-ში — შიში

ნი-კაბი (—კაბ-უნი) „ სი-მშილი — შიმშილი და სხვა

კაბ-ხე



შემთხვევა გეჰონდა გამოგვერკვია, რომ ეს პრეფიქსები ერთნაირ მნიშვნელობას ანიჭებდნენ სიტყვებს, ოღონდ განსხვავება მათ შორის ერთ რამეში ჩანდა: ნა-, ნე-, ნი- უფრო ძველია და გადმონაშთის სახითაა მოღწეული, სა-, სი- კი დღე აც მოქმედია (ხე- უქმი შეიქნა [8]).

4. სახელებში, რომელთა მრავლობით რიცხვს აწარმოებენ -ნ (-ენ) და -ებ. პირველი ძველ ქართულში იყო გაბატონებული, მეორე ამჟამადაა გავრცელებული. დიალექტებში -ნს სიცოცხლე შერჩა მთის კილოებში (განსაკუთრებით ხევსურულში). მის მიერ მრჩობლობის გამოხატვა, თუ ნამდვილად არის ასეთი რამ, უთუოდ მეორეული მოვლენაა. მართალია, აქ -ნ და -ს არ ენაცვლებიან ერთმანეთს, მაგრამ საგულისხმოა, რომ -ებ გასდევს -ს ფენას და ამდენად ისიც შეიძლება -ნს შეეუპირისპიროთ.

5. -ს და -ნს ასეთი პარალელიზმი უნებლიედ იწვევს კითხვას: იქ, სადაც -ს არის დღეს, ხომ არ იყო წინათ -ნ, ვთქვათ, ნათესაობითისა და მიცემით ბრუნებში? ამაზედაც დადებითი პასუხია ვაცემული: ნათესაობითადაა გამოცხადებული გუშ-ინ, რომლის ძირი გუშ დაცულია გურულ გუშხამ (-გუშინ ღამ) კომპოზიტი. მაშასადამე, გუშინ დელი წარმომდგარი ჩანს *გუშ-ინ-დ დელისაგან. ამგვარი წარმოშობისაა ხვალ-ინ-დელი, აწ-ინ-დელი... აქ ნათესაობითის -ინ ფორმანტს თითქოს უდაოს ხდის დღე-ინ-დელ ზედსართავი, რომლის პირველი ნაწილი დღე-ინ ისეა ნაწარმოები, როგორც დღე-ის (მაგ., დღეს იქით). ასევე ეფარდებიან ერთმანეთს -თე-ის და თე-ინ [4, გვ. 1204; 9, §§ 39, 138], -მდ-ის და -მდ-ინ თანდებულები (სოფლამდის || სოფლამდინ). -თე-ინ და -მდ-ინ, ჩანს, უძველესი ფორმებია და ამდენად მათი ღირებულება დიალექტოლოგიის ფარგლებს სცილდება. ამგვარად, ქართულ ნათესაობითსაც -ის სუფიქსის გვერდით -ინ აღმოაჩნდა. უკანასკნელი (-ინ) იღეს მკვდარია. მიცემითისათვის -ნ საძებარია. ძოღან, გვიან, უკან და სხვებში [9, §§ 39, 137] -ნს (მით უფრო -ანის) მიცემითობა დასამტკიცებელია.

6. ეგების ქონების გამომხატველი -ოსან ბოლოსართი იშლებოდეს -ოს-ანად (შღრ. -ოვ-ან) და თავისი -ოს- ელემენტით შეესატყვისებოდეს -ონ- სუფიქსს, წარმოდგენილს მაყრიონსა და სხვა სახელებში [10, გვ. 216].

თავი რომ მოვეუყაროთ გამოყოფილ აფიქსებს, მივიღებთ ორ რიგს: ესენია:

| ნ რიგი | ს რიგი |
|--------|----------------------------------|
| -ინ | -ის (ნათესაობითის ნიშანი) |
| -ნ | -ს (III პირის ბოლოსართი) |
| -ენ | -ეს (მოავლობითის სუფიქსი ზმნაში) |
| ნა- | სა- |
| ნე- | სე- |
| ნი- | სი- |
| -ონ- | -ოს-(?) |
| -(ე)ნ | -ებ (მრავლობითის ნიშანი სახელში) |

(სიტყვაწარმოებითი აფიქსები)



| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| ნ რიგი | ს რიგი |
| ლა-(-ნა-) | — |
| ლე-(-ნე-) | — |
| ლი-(-ნი-) | — |
| -ალ, -არ (ცოცხალი) | — (მრ. ნიშანი სახელში, ზმნაში) |

ამგვარად, **ნ** კარგადაა წარმოდგენილი სევანურში; დღესაც ფართოა მისი სამოქმედო ასპარეზი; ქართულში **ნ**'ს საკმაოდ დიდად ჰქონია ფეხი მოკიდებული, მაგრამ **ს**'ს შესამჩნევად შეუწელებია მისი მოქმედება; მეგრულ-ქანურში კი თითქმის უმნიშვნელოა **ნ**'ს როლი **ს**'სთან შედარებით.

თუ ეს დაპირისპირება მართებულია, მაშინ სხვაგანაც უნდა მოინახოს **ს** და **ნ**'ს მიმართება; მართლაც გვაქვს ასეთი შემთხვევები.

1. ჩვენების ნაცვალსახელ **ს**'ს წინ და უკან ერთი და იგივე ხმოვანი უნდა ხლებოდა; გვეჩვენბოდა:

| | |
|---|--|
| *ახა (შდრ. ას-ე) ეხე | იხი (შდრ. ისი-ც; ისი ცოცხალი დღესაც დიალექტებში) |
| (შდრ. *აგა | ეგე იგი) ამას შეესატყვისება |
| მეგრ. *ანა | ენა ინა, ხოლო |
| სვან. ალა (-*ანა) *ელე (-*ენე) *ილი (-*ინი, შდრ. ალი) (სვან. ლ-ქართ. ს) | |

2. მეგრ. ჯვ-ეშ-ი, ჰან. მ-ჯვ-ეშ-ი=ქართ. ძე-ელ-ი (-*ძე-ენ, შდრ. ჰან. დი-მ-ჯვ-ენ)=სვან. ჯვ-ინ-ელ 'ძველი'. ძირია ჯვ, ქართ. ძვ [11, გვ. 238]. სვან. -ინ, მეგრ.-ჰან. -ეშ ნათ. ბრუნვის ნიშანი უნდა იყოს. მათი ფონეტიკურ-მორფოლოგიური ეკვივალენტი ქართ. -ელ'იც (-*ენ)¹ ალბათ ნათესაობითის სუფიქსია. ამდენად დეტერმინანტი -ელ სხვა არაფერი უნდა იყოს, თუ არ ნათ. ბრუნვის ბოლოსართი. ეს კი სავსებით შესაძლებელია. ჩვენი ზედსართავები ან შეიცავენ -ელ/-ილ'ს (ყვით-ელ-ი, გრძ-ელ-ი... ტკბ-ილ-ი, თბ-ილ-ი...), ან დაირთავენ -ელ'ს (სოფლ-ელ-ი, გუშინდ-ელ-ი, გორ-ელ-ი...). თუ მოვიგონებთ, რომ ზედსართავები, ერთი მხრივ, საგნის თვისების, საგნის ნიშნის გამომხატველებია და ამდენადვე მისი მსაზღვრელები და, მეორე მხრივ, მიიღებიან არსებით სახელთა ნათესაობითისაგან, როგორც ეს მთელ რივ კავკასურ ენებშია (ნ. გვ. 191), მაშინ ადვილდასაშვებია, რომ -ელ/-ილ'იანი ზედსართავები (და ზოგი არსებითიც) ნათესაობითარ ფორმებად მივიჩნიოთ და -ელ/-ილ'ი კი -ენ/-ინ'ისაგან წარმომდგარად დავსახოთ (საამისო საბუთები არსებობს).

ასეთი საპირისპირო შემთხვევები სხვებიც მოინახება. რას გვეუბნება ყველაფერი ეს? იმას, რომ, როგორც აკად. ნ. მარი აღნიშნავდა, სიბილანტურია ქართულ-მეგრულ-ქანური და ძირითადად მათი დამახასიათებელია **ს**, ხოლო სონორულია სევანური და მისი ბუნებრივი დამახასიათებელია **ნ**.

ნ ფენა ძალიან ფართოდაა მოდებული. მას ჩვენ ვხედავთ კავკასურ ენათა უმეტესობაში და მკედარ ენებში: ხალდურში, ხეთურ ენებში. ამიტომაც, რომ ესენი სპირანტულ ჯგუფისად ითვლებიან. მართლაც:

¹ -ელ და -ეშ'ის ურთიერთობას სხვაგან დაუბრუნდებით.

1. ქართულ-სვანური ნათესაობითი გამოვლინებული -ინ'თ და სვანური— მიცემითის -ნ ბოლოსართით უკავშირდებიან კავკასურ ენათა მეტ წილს, სადაც ნათესაობითის ნიშანია ხმოვნითურთ -ნ ან -ლ და მიცემითის სუფიქსია -ნ (მაგ., ლაკურში: ნ. გვ. 191). ამ მხრივ შეესატყვისებიან აგრეთვე სოლისებრ წარწერათა ენებს, რომელთაგან II კატეგორიის ენა გამოიყოფს ნათესაობითი -ინს [3, გვ. 16] და ხალღური—მიცემითში -ნის [12, გვ. 150 და სხვაგან].

2. ქართული მრავლობითის -ნ (-ენ) და სვანური -ალ, -არ სუფიქსებით კავშირს აბამენ ისევ კავკასურ ენებთან, სადაც მრავლობითის საწარმოებლად გვევლინება -რ/ლ- ელემენტებიანი ბოლოსართები; მაგ.: ლაკურში -რუ, ხუნძურში -ალ (ხშირად), კიურულში, რუტულურში და სხვაგან -არ. განსაკუთრებით „მნიშვნელოვანია ისიც, რომ მრავლობითი რიცხვის ნიშანიც მატერიალურად ერთიდაიგივეა ხარულ-მიტანურსა და ქართულში: -ნ(ი)“ [13, გვ. 693].

3. ხალღური ჩვენებითი ნაცვალსახელი ინი (ин; 'ეს' უთუოდ პარალელს პოულობს მეგრ. ინა და სვანურში ალა'ს მიხედვით აღდგენილ *ილი (-*ინი) ნაცვალსახელთან (ნ. გვ. 194). ალბათ სომხურში შემონახული -ნ მსაზღვრელი ნაწილაკიც კავშირშია ინისთან.

4. ურარტულ (ხალღურ) ძეგლთა ენაში ხშირი გამოყენება აქვს შე'სთან ერთად სხვადასხვა ფუნქციის -ნი სუფიქსს. ამდენად ხალღურიც ნარევი ტიპის ენაა და თავისი ნარეობით ძალიან წაგავს სვანურს. აკად. ი. მე შჩანინოვის განმარტებით „...язык древневанской письменности примыкает к шипяще-спирантной группировке“ [12, გვ. 334] და, მასასადამე, მას უფრო მეტი კავშირი უნდა ჰქონდეს სვანურთან, ვიდრე მეგრულ-ქანურთან. მართლაც საკმაოდაა ხალღურ-სვანური პარალელები, მაგრამ ამაზე შემდეგ.

დასკვნა. 1. ქართველური ენები „ნარევი ტიპის ენებია“ (ნ. მარი). მათში შემჩნეულია სხვადასხვა ფენა. ამ მხრივ ყველაზე რელიეფურად ჩანს ნ და ს ფენა.

2. ნ (და მისი ბგერინაცვალი ლ) და ს გვევლინება, როგორც ერთისა და იმავე ფუნქციის თავისთავადი აფიქსები, ისე სიტყვაწარმოებითი თუ საურთიერთო აფიქსთა ელემენტი (მაგ.: არნ—არხ; თვის—თვინ; ნა-ხ-ვა—ხა-ხე...).

3. ნ ფენა მდიდრადაა წარმოდგენილი სვანურში, ხოლო ს—ქართულ-მეგრულ-ქანურში, განსაკუთრებით უკანასკნელში. ს ფენა იმდენადაა მოქმედი სვანურში, რამდენადაც ნ ფენა—ქართულში.

4. ნ ფენით ქართველური ენები უკავშირდებიან კავკასურსა და ძეგლებითა წარმოდგენილ მკვდარ ენებს (ხალღურს, ხეთურ ენებს).

სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საქართველოს ფილიალი
 აკად. ნ. მარის სახელობის ენის, ისტორიისა და მატერიალური
 კულტურის ინსტიტუტი
 თბილისი

(შემოვიდა რედაქციაში 7.2.1941)

В. ТОПУРИЯ

К ВОПРОСУ О СЛОЯХ б N и ს S В КАРТВЕЛЬСКИХ ЯЗЫКАХ

Резюме

1. Картвельские языки—языки «мешаного типа» (Н. Я. Марр): в них прослеживаются различные слои. С этой точки зрения особенно выделяются слои б n и ს s.

2. б n (—ლ l) и ს s, имея одинаковое грамматическое значение, являются как самостоятельными аффиксами, так и элементами словообразующих или словозменяющих аффиксов (არ-ბ ar-n—არ-ს ar-s 'он есть', წერ-ებ ცერ-ep 'пишут'—წერ-ეს ცერ-es 'они написали', თვ-იბ tv-in—თვ-ის tv-is (род. п.) 'ради, для'...).

3. Слой б n богато представлен в сванском, а слой ს s—в грузинском и мегрело-чанском, особенно в последнем.

4. Слоем б n картвельские языки имеют связь с кавказскими языками и языком клинообразной письменности, а именно—халдским.

Грузинский филиал АН ССР
 Институт языка, истории и материальной культуры
 имени акад. Н. Я. Марра
 Тбилиси

ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Я. Марр. К истории передвижения яфетических народов с юга на север Кавказа, СПб. 1916.
2. Н. Я. Марр. Из поездок в Сванию. Христ. Восток, т. II, в. I.
3. Н. Я. Марр. Определение языка второй категории Ахеменидских клинообразных надписей по данным яфетического языкознания, СПб. 1914.
4. Н. Я. Марр. Где сохранилось сванское склонение? СПб. 1911.
5. სვანური პოეზია. I. თბილისი, 1939.
6. Проф. М. Я. Немировский. Некоторые явления чеченско-дагестанских языков в свете общей лингвистики, 1930.
7. არნ. ჩიქობავა. მესამე პირის სუბიექტის უძველესი ნიშანი ქართველურ ენებში. ენიკის მოამბე, V—VI, მიძღვნილი აკად. ივ. ჯავახიშვილისადმი.
8. ვ. თოფურია. ქართველურ ენათა სიტყვაწარმოებიდან. I. თბ. უნივ. შრომები, VII.
9. Н. Я. Марр. Грамматика древнелит. грузинского языка. Ленинград, 1925.
10. სიმონ ჯანაშია. თუბალ-თაბალი, ტიბარენი, იბერი. ენიკის მოამბე, I. 1937.
11. არნ. ჩიქობავა. ჰანურ-მეგრულ-ქართული შედარებითი ლექსიკონი, 1938.
12. И. Мещанинов. Язык ванской клинописи. II. Ленинград, 1935.
13. სიმონ ჯანაშია. უძველესი ეროვნული ცნობა ქართველთა პირველსაცხოვრების შესახებ მახლობელი აღმოსავლეთის ისტორიის სინათლეზე. ენიკის მოამბე, V—VI, 1940.



ენათმეცნიერება

აკადემიკოსი არნ. ჩიქობავა

მარტივი წინადადების ემოლუციის ძირითადი ტენდენციები ქართულში

I

ნარკვევში „მარტივ წინადადების პრობლემა ქართულში, I...“ შემთხვევა გვქონდა ძველი ქართულის მასალის ანალიზის საშუალებით გვეჩვენებინა, რომ:

1. ქართული წინადადების სინტაქსური მექანიზმი ხასიათდება რიგი თავისებურებით, რაც არსებითად განასხვავებს მას ევროპის ძველ და ახალ ენათა წინადადების სინტაქსური მექანიზმისაგან;

2. ამ სინტაქსურ თავისებურებათა წყაროა მორფოლოგიური თავისებურება: ზმნაში სუბიექტის პირისა და რიცხვის გარდა, ობიექტის პირისა და რიცხვის აღნიშვნა,—რის გამოც

3. ორპირიან ზმნეში, გარდამავალშიცა და გარდაუვალშიც, სუბიექტი და ობიექტი არსებითად ერთნაირი სინტაქსური უფლებით სარგებლობს: სუბიექტის სინტაქსური ძალა განელებულია, ობიექტისა—გაძლიერებული, და ამის შედეგად სინტაქსური დაპირისპირება სუბიექტისა (ქვემდებარისა) და ობიექტისა (დამატებისა) მოხსნილია, დამატება ქვემდებარეს ეტოლება; ტრადიციული ტერმინი რომ ვიხმაროთ, დამატება წინადადების მეორეხარისხოვანი წევრი კი არაა, არამედ ისევეა მთავარი წევრი, როგორც ქვემდებარე. [1].

ახალ ქართულში წინადადების სინტაქსური მექანიზმის სქემატურმა ანალიზმა [2] ცხადი გახადა, რომ სიტყვათა სინტაქსური ურთიერთობის პრინციპი არ შეცვლილა; არც შეიძლება შეცვლილიყო, რამდენადაც დავგონა წინანდელი მორფოლოგიური საფუძველი: ზმნის პოლიპერსონალურობა—ახალ ქართულში ზმნათა დიდი წილის უღვლილება სუბიექტისა და ობიექტის პირთა ცვლას ვულისხმობს ისევე, როგორც ძველ ქართულში.

პირის აღნიშვნის ხაზითა ცვლილება არ მომხდარა (მხედველობაში არ ვიღებთ პირის ნიშანთა მხრივ არსებულ ცვლილებებს). სამაგიეროდ, მოხდა ცვლილება რიცხვის აღნიშვნაში: სინტაქსური ცვლილება, რაც ქართული მარტივი წინადადების მექანიზმში მივიღეთ, ეკვივალენტურია იმ ცვლილებისა, რაც წინადადების მორფოლოგიურ საფუძველში, ზმნის უღვლილებაში, აისახა.

ძირითადი მოვლენა, რითაც ხასიათდება ეს ცვლილება, ორ გარემოებაში იჩენს თავს: ერთის მხრით, ვიღებთ სახელობითი ბრუნვის სინტაქსური როლის დასუსტებას, მეორე მხრე კი,—მიცემითი ბრუნვის როლის გაძლიერებას⁽¹⁾.

(¹ პირველ რიგში ეს ეხება მესამე პირის სახელებს.

ორივე მელანდებმა მრავლობითს რიცხვში სათანადო სახელებისა (სახელობითისა და მიცემითის) და ზმნის ურთიერთობაში, ზმნის შეთანხმება-არშეთანხმებაში ხსენებულ სახელებთან.

რაში მდგომარეობს ეს ცვლილება? რა იწვევს მას?

სახელობითი ბრუნვა ძველ ქართულში, როგორც ცნობილია, იწარმოებოდა -ნ- და -ებ- სუფიქსებით. მათგან პირველი (-ნ-) ზმნას ითანხმებდა რიცხვში ყოველთვის იმისდა მიუხედავად, რეალურ სუბიექტს უდრიდა ეს სახელობითი თუ რეალურ ობიექტს:

...ძმად იგი ვალს—ძმანი იგი ვლენან...

...მას უყუარს სამწყსო და თვის—მას უყუარან სამწყსონი თვისნი...

...პეტრეს კლიტყ აქუს—პეტრეს კლიტენი ჰქონან სასუფეველიანი...

...მას ვენაჯი დაუნერგავს—მას ვენაჯნი დაუნერგვიან...

...განაქურვა მან იგი—ესე ვრითა სიტყვათა განაქურვანა მშობელნი... [1].

მესამე პირის შესახებ თქმული სავსებით ეხება პირველსა და მეორე პირსაც. -ებ-იან სახელობითი ძველ ქართულში იშვიათად გვხვდებოდა და ზმნას რიცხვში არ ითანხმებდა იმისდა მიუხედავად, იქნებოდა იგი რეალური სუბიექტი თუ რეალური ობიექტი:

...აღფრინდა სირი—...და რლ იგი სირები აღფრინდა...

...მოვიდოდა ხარჭა—...და მოვიდოდა ხარჭებიცა მეფისა აგრიპასი პეტრსსა...

...ჰყვანდა... ბრმა—...რლთა ჰყვანდა მათ თანა მკელობლები, ბრმები... [1].

...დაისწავლა მან წიგნი—დაისწავლა მან წიგნები...

-ებ-იანი სახელობითი, ამრიგად, მრავლობითის უფლებით არ სარგებლობდა.

ასეთი განსხვავება სახელობითის ორ სახეობას შორის—ნ-იან სახელობითსა და -ებ-იან სახელობითს შორის,—საფიქრებელია, იმით იყო გამოწვეული, რომ პირველი ორგანულად უკავშირდებოდა ზმნის მრავლობითობის მესამე პირის ნიშანს -ენ || -ან- სუფიქსებს, რომლებიც ისტორიულად მრავლობითობის ნიშნად უნდა იქნენ მიჩნეული, ხოლო -ებ- სუფიქსი სულ სხვა ფორმაციისა და სხვა დიალექტური წრიდან მომდინარეობს. საინტერესოა, რომ მისი ეკვივალენტი სუფიქსი მრავლობითისა ქართულ ზმნაში არ მოაპოვებ.

მიცემითი ბრუნვის მრავლობითობა ძვ. ქართულის ზმნაში არ აღინიშნებოდა არც მაშინ, როცა იგი რეალურ ობიექტზე მიუთითებდა და არც იმ შემთხვევაში, როცა მით რეალური სუბიექტი გადმოიცემოდა.

...ჰრქუა მას—ჰრქუა მათ...

...მოუწოდა მას—მოუწოდა მათ...

...უხარის მას—უხარის მათ: ...ყლთა უხარის და ხლდებიან...

...სწყურის მას—სწყურის მათ: ...მათ სწყურის და სხუათა ასუმენ...

...შთაუტუაჲს მას იგი—...შთაუტუაჲს მათ იგი...

აქ მიცემითს ბრუნვაში მესამე პირის სახელია; ასევე იქნებოდა, თუ მეორე პირს ავიღებდით:

- ...გკითხავ შენ—გკითხავ თქვენ: ამას... ხოლო გკითხავ თქნ...
- ...გხედავ შენ—გხედავ თქვენ... ად გხედავ თქვენ რ გნებაგს სმენად...
- ...გიყუარს შენ—გიყუარს თქვენ...
- ...გრწამს შენ—გრწამს თქვენ...

პირველი პირის ნაცვალსახელი—ჩუენ—თითქოს არღვევს საერთო წესს; მართალია, გვაქვს ისეთი შემთხვევები, როგორიცაა:

- ...ნუ დამივიწყებთ ჩუენ... მეტყუან ჩნ მეგობარნი...
- მაქუს ჩუენ იგი... მომიგო ჩუენ აბუკურა... და სხვ.

ამ ჩუენ-ობიექტის მრავლობითობა ზმნაში არ აღინიშნება, მაგრამ არა ნაკლებ ხშირია ჩუენ-ობიექტის აღნიშვნა გუ-პრეფიქსით, ე. ი. ზმნა თითქოს ეთანხმება მიცემითში დასმულ ობიექტს რიცხვში:

- მსურის მე—გუსურის ჩუენ... მიბრძანებს მე—გვბრძანებს ჩუენ...
- მასწავებდა მე—გუასწავებდა ჩუენ... მახარა მე—გუახარა ჩუენ...

ამისდა მიუხედავად ვერ ვიტყვით, გუ-პრეფიქსი პირის ობიექტის მრავლობითობას აღნიშნავდეს: როცა ჩუენ-ობიექტი სახელობითშია, მრავლობითობის აღსანიშნავად დაირთავს -ენ-||-ნ სუფიქსს იმისდა მიუხედავად გუ-პრეფიქსი გვაქვს თუ მ-პრეფიქსი; ეს შეუძლებელი იქნებოდა, გუ-პრეფიქსი რომ ძველ ქართულში მრავლობითობის მაჩვენებელი ყოფილიყო:

- ...მორწმუნენი აწ შემოკრიბნა წინაღწარმეტყუელმან დანიელ—შდრ.
- ...ბრძანებამან ქრისტსმან შეგუკრიბნა დღეს...

იხ. აგრეთვე ისეთი მაგალითები, როგორიცაა:

...დაგუბადნა მან ჩუენ... მოგვკითხნა მან ჩუენ... დაგუამდაბლნა მან ჩუენ... აღგუამდლნა მან ჩუენ... დაგვცვენ შენ ჩუენ... გუყვენით თქვენ ჩუენ... და სხვა.

-ენ-||-ნ- სუფიქსის ხმარება აქ სრულიად გაუგებარი იქნებოდა, თუ გუ-პრეფიქსი უკვე აღნიშნავდა მრავლობითობას. ხოლო თუ გუ-სახელობითში დასმულ ობიექტთან არაა მრავლობითობის პრეფიქსი, არც მიცემითში დასმულ ობიექტთან იქნება ამ ფუნქციის მქონე:

გუ-პრეფიქსი ძველ ქართულში არაა ობიექტის მრავლობითობის აღნიშნული არც ისეთ მაგალითებში, როგორიცაა განგუაძლიერნა მან ჩუენ... და არც ისეთ მაგალითებში, რომელთა ნიმუშია გუასწავებდა ჩუენ.

მაშ რის მაქნისია იგი? ამაზე—ცალკე.

ამ განმარტების შემდეგ შეგვიძლია ზოგადად ვთქვათ: მიცემითში დასმული სახელები სამივე პირისა ზმნას მრავლობითში არ ითანხმებენ იმისდა მიუხედავად, რეალური სუბიექტი იქნება ამ მიცემითით გადმოცემული, თუ რეალური ობიექტი.

ამ მხრივ ძველ ქართულში მიცემითი ბრუნვა და ებ-იანი სახელობითი ერთნაირს სინტაქსურ ძალას ამჟღავნებენ: არც ერთი ითანხმებს ზმნას მრავლობითში და არც მეორე.

რა ხდება შემდეგ,—მეთორმეტე საუკუნიდან დღემდის?

ნ-იან სახელობითის ადგილს იჭერს -ებ-იანი სახელობითი; ძმა-ნი-ძმ-ებ-ი... ქვა-ნი-ქვ-ებ-ი... ხე-ნი-ხე-ებ-ი... თუ ძველ ქართულში ებ-იანი სახელობითი იყო იშვიათი, ახალ ქართულში ისაა ვაბატონებული, -ნ-იანი წარმოება კი შერჩა ზოგ ნაცვალსახელს (ისი-ნი-... ყვე-ლა-ნი...), ანდა მისი შესაძლო ხმარება დაუკავშირდა სტილისტიკურ საჭიროებას (შდრ. მიმდინარეობები—მიმდინარეობანი, დაწესებულებები—დაწესებულებანი...) და სხვ.

მაგრამ ებ-იანი წარმოების ასპარეზზე გამოსვლამ სახელობითს დაუკარგა ის სინტაქსური უფლებები, რაც მას გააჩნდა -ნ-იანი წარმოების გამოყენებისას: ებ-იან სახელობითს ძვ. ქართულში ზმნა არახოდეს ეთანხმებოდა, ნ-იან სახელობითს ყოველთვის ეთანხმებოდა (იხ. ზემოთ).

ებ-იანი სახელობითი ცდილობს მოიპოოს ნ-იანი სახელობითის უფლებები, შეითანხმოს ზმნა რიცხვში: ეს პროცესი სალიტერატურო ქართულში დღესაც არ დამთავრებულა, მაგრამ მისი მიმართულება და პერსპექტივები ცხადად ჩანს.

სახელდობრ: ებ-იანი სახელობითი ობიექტად ხმარებისას ზმნას არ ითანხმებდა ძველ ქართულში, არ ითანხმებს ახალ ქართულში და ამ მხრივ რაიმე ცვლილებას არც მომავალში უნდა მოველოდეთ: შდრ. ძვ. ქართ. დაწერა წერილი—ახ. ქართ.: დაწერა წერილები...

ამ შემთხვევაში სახელობითმა ბრუნვამ საბოლოოდ დაკარგა ის უფლებები, რომლებიც ნ-იან წარმოებას მოეპოებოდა ძვ. ქართულში (ამ უფლებებს დაცვა მაშინაც კი ძნელი მოსახერხებელი იქნებოდა, ნ-იან წარმოების სახელობითიც რომ წინანდებურად ვაბატონებული ყოფილიყო).

ზმნის შეთანხმება -ებ-იან სახელობითთან იწყება იმ შემთხვევებიდან, სადაც სახელობითი რეალურ სუბიექტად გვევლინება, მასთან ყველაზე აქტიურ სუბიექტს, ადამიანს, აღნიშნავს, შემდეგ კი ვრცელდება ისეთ მაგალითებზე, სადაც რეალური სუბიექტი ადამიანი არაა, მაგრამ ზმნა მოკმედებითი გვარიანაა; აქ ჯერ კიდევ გვაქვს რყევა, თუმცა განვითარების ტენდენცია ნათელია... თქმულის შესაბამისად ახალ ქართულში გვაქვს:

ამხანაგები შეუბნებიან... ბავშვები იზრდებიან... „ჭამით ისინი ვერა სჭამენ, სმით ისინი ვეღარა სმენ. რა კაცები არიან?“ (ილია ჭავჭავაძე)... კაცები ჯგუფად შეგროვდნენ“ (ი. ჭ.)... „პატარა ჩემი ამხანაგები ჩემს გულჩეობას იქ დასცინოდნენ“ (ი. ჭ.)... —შდრ.: მთები მოჩანს... ხეები გახმა... „სოფლის სათავეში ორღობეები იწყებოდა“ (ი. ჭ.)... „ის სართულები აი რა ფერისა იყო“ (ი. ჭ.)... „თიდან მოვარდა ღვარები, წყლით ავსებულა ხევები“... „თითქოს კლდეები ინგრევა, ისმის გრილი, ზანზარი“... „ჯარისკაცებში გაისმის ხმები“...

ახალ ქართულში შეუძლებელია „გაისმინან ხმები“, „სართულები აი რა ფერისანი იყვნენ“, მაგრამ ძველ ქართულში ნორმალური იქნებოდა „გმანი ისმინან“, „სართულნი იყვნეს“ და სხვ.

ნ-იანმა სახელობითმა ახალ ქართულშიც შეინარჩუნა თითქმის მთლიანად წინანდელი სინტაქსური ძალა, — ვგულისხმობთ რეალურ სუბიექტად ხმარების შემთხვევას:

...ილევა ბინდი ლამისა, ცაში ვარსკვლავნი ჰქრებიაან“... „თერგი რბის, თერგი ღრიალებს, კლდენი ბანს ეუბნებიაან“... „ისინი იყვნენ იმის აკვანდ და ბოლოს საფლავადაც გადაექცენენ“ (ი. ჭ.)... „...არიან ადამიანის ცხოვრებაში იმისთანა წუთნი“ (ი. ჭ.)... (შდრ. „ჩემი განთიადისა დღენი ბატონისა სახლში დამიღამებია“... (ი. ჭ.)—აქ „ღღენი“ რეალური ობიექტია (4).

როცა რეალურ სუბიექტს ადამიანი არ წარმოადგენს, შეთანხმებაში რყევავა; „ბარაქალა იმ კაცის მეტყველებას, რომლის სიტყვები უნუგე მოსაცანუგე შეებს საფლავის კარამდინა“ (ი. ჭ.)—შდრ. „...ეს სიტყვები აღონებდნენ გულს (ი. ჭ.)... „იმის სიტყვები გაჭირვებაში გულს მოგფხანენ, პირს გაგიაღვილებენ, გულსა და გონებას გაგიწოთვნიან და სიკეთისათვის წაგახალისებენ (ი. ჭ.)...“

ნათარგმნი ლიტერატურა აძლიერებს სახელობითან ზმნის შეთანხმების ტენდენციას: მეცნიერული თუ მხატვრული ლიტერატურა ითარგმნება ისეთი ენებიდან, სადაც სახელობითი ქვემდებარეა და ზმნა მას ეთანხმება უცილობლად...

ამისდა მიუხედავად დღესაც, სალიტერატურო ქართულში იმდენად მკვეთრად იგრძნობა განსხვავება „ბავშვები იზრდებიან“ და „ხეები იზრდება“ კონსტრუქციებს შორის, რომ უკანასკნელში შეთანხმება პერსონიფიკაციის ეფექტს მოგვეცემა: „ხეები იზრდებიან“... მხატვრულს მწერლობაში ამის მაგალითები ხშირია—მას იყენებენ, როგორც სტილისტიკურ ხერხს: „...ხეებიც მე დამხარიან ზევიდამ, თვითონ თავშიშველნი ტოტებს მე მაფარებენ“ (ვაჟა-ფშაველა)... „ყვავილები სიცილით იხოცებოდენ“ (ვაჟა).

სალიტერატურო ქართულში ებ-იან სახელობითან ზმნის შეთანხმების პროცესის ნორმალური განვითარება რთულდება არა მხოლოდ რეალური სუბიექტის სხვაობასთან და ზმნის გვართან დაკავშირებით, არამედ დიალექტური მეტყველების ზეგავლენითაც: იმერულსა და გურულში ამჟამადაც ებ-იანი სახელობითი ზმნას არ ითანხმებს ისევე, როგორც არ ითანხმებდა ზმნას ძვ. ქართ. ებ-იანი სახელობითი: ძველი ქართულის ნორმა აქ ჯერაც დაცულია. და ამის ანარეკლი თანამედროვე სალიტერატურო ქართულშიც გვაქვს (...ღარჩა მგზავრები ცის ქვეშ... ახალგაზრდები ქუდს აფრიალებს... მოხუცები სალამს მაძღვეს...).

რთული პროცესი სახელობითისა და ზმნის სინტაქსური ურთიერთობის განვითარებისა ძველი ქართულიდან დღემდის მონოგრაფიულ დამუშავებას გულისხმობს.

აქ ძირითადი ტენდენციის აღნიშვნითლა ვკმაყოფილდებით: ებ-იანი სახელობითის სინტაქსურ-უფლებათა ინტენსიური ზრდის მიუხედავად, სახე-

(4) თუმცა ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგჯერ ნ-იანი სახელობითი, რეალური სუბიექტი, ზმნას რიცხვში აღარ ითანხმებს: აქ უკვე -ნ-იანი წარმოება ებ-იანი წარმოებისათვის დამახასიათებელ ნორმებს ექვემდებარება ისევე, როგორც ობიექტის აღნიშვნის შემთხვევაში.

ლობითი ბრუნვის სინტაქსური ძალა ახალ ქართულში გაცილებით უფრო ხსობია, ვინემ ძველ ქართულში. ნ-იანი წარმოების -ებ-იანი წარმოებით შეცვლა იმის მთავარი მიზეზი, რომ ქართული წინადადების ევოლუციის პროცესში სახელობითი ბრუნვის სინტაქსური ძალის ეს დასუსტება მივიღეთ. იყო სხვა მიზეზიც: მიცემითის გაძლიერება. ამაზე—შემდეგ.

სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის საქართველოს ფილიალი
აკად. ნ. მარის სახელობის ენის, ისტორიისა და მატერიალური
კულტურის ინსტიტუტი
თბილისი

(შემოვიდა რედაქციაში 12.2.1941)

ЯЗЫКОВЕДЕНИЕ

Академик АРН. ЧИКОБАВА

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИНТАКСИЧЕСКОГО
МЕХАНИЗМА ПРОСТОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ В ГРУЗИНСКОМ ЯЗЫКЕ

I

Резюме

Автор характеризует особенности синтаксического механизма простого предложения с полиперсональным глаголом в грузинском языке и анализирует динамику синтаксических взаимоотношений именительного и дательного падежей с полиперсональным глаголом (подробнее в след. сообщении).

Грузинский Филиал АН СССР
Институт языка, истории и материальной культуры
имени акад. Н. Я. Марра
Тбилиси

ციტირებული ლიტერატურა—ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ა რ ნ. ჩ ი ქ ო ბ ა ვ ა. მარტივ წინადადების პრობლემა ქართულში. I. ქვემდებარე-დამატების საკითხი ძვ. ქართულში. თბილისი, 1928, გვ. 284—286, 212—248.
2. ა რ ნ. ჩ ი ქ ო ბ ა ვ ა. რა თავისებურებები ახასიათებს ქართული ენის აგებულებას? V—ტურნ. „კულტურული აღმშენებლობა“, 1930, გვ. 741, № 7/8.



ЯЗЫКОВЕДЕНИЕ

ВЛ. ПАНЧВИДЗЕ

К ВОПРОСУ О ВЗАИМООТНОШЕНИИ ДИАЛЕКТОВ
 УДИНСКОГО ЯЗЫКА

Сообщение второе⁽¹⁾

Помимо рассмотренных в первом сообщении фонетических особенностей диалектов удинского языка, в этих диалектах выявляются существенные расхождения и в отношении морфологических явлений, имеющие значение с точки зрения истории удинского языка. Эти различия в отдельных случаях обусловлены фонетическими процессами, в других же случаях они представляют явления чисто морфологического порядка. Расхождения наблюдаются в морфологии как имен, так и глагола, хотя последний все же дает более или менее одинаковую систему в обоих диалектах. Рассмотрение этих расхождений начнем с особенностей имен существительных.

1. Система склонения имен существительных в обоих диалектах принципиально одинакова: в удинском языке вообще мы имеем одно склонение и наблюдаемое многообразие падежных окончаний (в отдельных случаях) объясняется фонетическими процессами ([6], стр. 125 и след.). Расхождения касаются отдельных падежных окончаний, в некоторых же случаях имеем переосмысление функций падежей. Сопоставляя падежные окончания в обоих диалектах, мы получаем следующую таблицу⁽²⁾ (ср. [2], стр. 14 и след., [4], стр. 334—335).

Таблица падежных окончаний в диалектах
 удинского языка

| Падежи | Варт. | Нидж. |
|----------------|--|-------------|
| 1. Nominativus | — | — |
| 2. Ergativus | - <i>ᵛᵇ</i> - <i>ᵛᵇ</i> (- <i>ᵛᵇ</i> , - <i>ᵇ</i>) | те же самые |

⁽¹⁾ Сообщение первое см. в «Сообщениях Груз. Фил. АН СССР». т. I, № 9, 1940. Там же см. таблицу удинских звуков (стр. 704).

⁽²⁾ Названия падежей мы приводим преимущественно по А. Шифнеру (ср. [1], стр. 17—18). Мы не имеем возможности распространяться как о функциях этих падежей, так и о генезисе этих падежных окончаний.

| Падежи | Варт. | Нидж. |
|-----------------|--|---|
| 3. Genetivus | -ი -აჲ (*-ა-ი) -ეჲ, -ოჲ, -ინ, -უნ ნ-აჲ, -ნ-ეჲ, ნ-ინ, -ნ-უნ -უნ, -ნ-უნ | те же самые |
| 4. Dativus | -ა (-ე, -ნ-ა, -ნ-ე, -უ) | те же самые |
| 5. Akkusativus | -ახ (-ეხ, -ნ-ახ, -ნ-ეხ, -უნხ, -ნ-უნხ, -ოხ) | совпадают с показате- лями дательного падежа; пережи- точно те же самые. |
| 6. Ablativus | -ახო | -ახუნ |
| 7. Comitativus | -ახოლ | -ახუნ |
| 8. Terminativus | -ალ (-ულ) | -ალ (-ულ) |
| 9. Allativus | -აჳ (-უჳ) | -აჩო (-უჩო) |
| 10. Adessivus | -ახტა (-უსტა) | -ახტა (-უსტა) |
| 11. Causativus | -ენკ[ენა] (←*-ა-ინაკ) | -აჲნაკ -ეჲნაკ (←*-ა-ინაკ) |

Что касается образования множественного числа, то мы имеем те же самые падежные аффиксы, что и в единственном числе, с некоторыми лишь фонетическими изменениями (см. [6], стр. 132—135).

Например:

Единственное число

| Падежи | Варт. | Нидж. |
|--------|-------------|-------------|
| Nom. | ლარ — 'сын' | ლარ — 'сын' |
| Ergat. | ლარ-ენ | ლარ-ენ |
| Genet. | ლარ-ი | ლარ-ი |
| Dat. | ლარ-ა | ლარ-ა |
| Akk. | ლარ-ახ | ლარ-ა |
| Ablat. | ლარ-ახო | ლარ-ახუნ |
| Comit. | ლარ-ახოლ | ლარ-ახუნ |
| Term. | ლარ-ალ | ლარ-ალ |
| All. | ლარ-აჳ | ლარ-აჩო |
| Adess. | ლარ-ახტა | ლარ-ახტა |
| Caus. | ლარ-ენკ | ლარ-ეჲნაკ |

Множественное число

| Падежи | Варт. | Нидж. |
|--------|----------------------------|-----------------------------|
| Nom. | ლარმუხ — 'сыновья' | ეჭურუხ ეჭურხო — 'лошади' |
| Ergat. | ლარმულონ (*лар-мун-ენ) | ეჭურხონ |
| Genet. | ლარმულოჲ (*лар-მუნ-აჲ) | ეჭურხოჲ |
| Dat. | ლარმულო (*лар-მუნ-ა) | ეჭურხო |
| Akk. | ლარმულონ (*лар-მუნ-ახ) | ეჭურხო |
| Ablat. | ლარმულონო (*лар-მუნ-ახო) | ეჭურხოუნ |
| Comit. | ლარმულონოლ (*лар-მუნ-ახოლ) | ეჭურხოუნ |
| Term. | ლარმულოლ (*лар-მუნ-ალ) | ეჭურხოლ |
| All. | ლარმულოჴ (*лар-მუნ-აჴ) | ეჭურხოჴ |
| Adess. | ლარმულოხტა (*лар-მუნ-ასტა) | ეჭურხოხტა |
| Caus. | ლარმულონჴ (*лар-მუნ-ენჴ) | ეჭურხოენჴ |

Как видно из приведенных таблиц, флексии основных падежей одинаковы в обоих диалектах как с фонетической, так и с функциональной точки зрения; наблюдаемое разнообразие падежных флексий для одного и того же падежа объясняется исключительно фонетическими процессами; типологически же для каждого падежа мы имеем лишь один аффикс (исключение составляет родительный падеж, который требует специального рассмотрения). Расхождения в склонении имен существительных между диалектами удинского языка касаются следующих пунктов.

а) В первую очередь нужно отметить различие в отношении так называемого аккузатива¹: в варташенском диалекте этот падеж имеет суффикс -ახ -ах. В ниджском диалекте, как выясняется, мы имеем процесс исчезновения этого падежа: аккузатив и в оформлении и по функции обычно совпадает с дательным падежом.

Например:

| Варт. | Нидж. |
|---|---|
| მე აშლახ ატუკსა სა ხაჲ. ([10], стр. 51 ₆) | მე აშლზ ანეკსა ხაჲეგ 'это дело увидела собака.' |
| მიგილა მეჯურზ-ზ-ოწკესა ქულმულოხ, ოზანეს, იმხოხ ([10], стр. 66 ₁) | მე ჯურზ-ზ-ოწკესა ქულმულო, ოზანა, უამუ ხეხო. ([10], стр. 66 ₁) 'таким образом умываю руки, шею, уши.' |

¹ Как известно, в кавказских языках вообще нет аккузатива и удинский язык представляет в этом отношении особый интерес (ср. [3], стр. 31—32); [5], стр. 184; [8], стр. 137 и след.).

Нужно отметить при этом, что пережиточно форма аккузатива все же встречается и в ниджском диалекте, особенно в местоимениях (см. [8], стр. 141). В одном случае, именно в спряжении глагола ბუ *bu* 'быть', эти так называемые формы аккузатива выявляются в личных показателях (см. здесь же, стр. 210; ср. [8], стр. 141 след.).

б) Падежи Ablativus (суф. -ახო) и Comitativus (суф. -ახოლ -*axol*) в варташенском говоре имеют самостоятельные формы ([1], стр. 17—18; [2], стр. 19—20); в ниджском диалекте эти два падежа функционально объединяются и образуют одну форму; при этом выявляется новый суффикс -ხუბ *xub*. Например:

Варт.
 კულახო—'из земли'
 ვიხხოლ—'к брату'

Нидж.
 ზუ ბეზ ბავახუბ თახცი (თახცი)
 'я пошел к моему отцу'.
 ზუ ჰახუცი ბავახუბ ქვლუზ—
 'я получил от отца письмо'.

В связи с этим интересно отметить, что в варташенском говоре суффикс -ხუბ *xub* встречается в абсолютных (resp. деепричастных) формах (ср. [2], стр. 74—75).

Например:

ქვლუზუნ-ბოშ ცაშნი, თე ქა ლარ ბაპახუბ ქატა ყოყებ ბოტახნ ([2], стр. 85₁₂)
 'в письме было написано, что, когда этот юноша дойдет, перережьте ему горло'.

в) Падеж Allativus в ниджском диалекте фонетически оформляется по другому: варташ. -აჟ -*az*, нидж. -ახო -*axo*.

Например:

Варт.

უსაჟ:

ზაჟ:

Нидж.

უსახო—'до быка'

ზახო—'до меня'

г) Падеж Causativus оформляется в этих диалектах также различно: варт. ვნკ/ქ || -ენკენა, нидж. -ახნაკ || -ენაკ. Можно допустить, что ниджский диалект сохранил в этом случае более древнюю форму, причем этот падеж можно также признать как образовавшийся на основе дательного падежа: **-a*+*-nək* -*a-inək* (ср. [6], стр. 130 след.). Этот вопрос требует дополнительного изучения.

Например:

Варт.

ვ-ენკ/ქ:

იმყარ-ენკ/ქ:

Нидж.

ვ-ახნაკ—'для себя'

ემყარ-ენაკ—'для мужчины'.

д) Образование множественного числа принципиально одинаково в обоих диалектах, поскольку одинаковы соответствующие аффиксы (-ურ, -ებს, -მებს, -ურ-ებს, -ურ-მებს); наблюдается лишь различное использование этих аффиксов при отдельных основах имен.

Интересно только отметить, что в ниджском диалекте в косвенных падежах в большинстве случаев согласный элемент аффикса -ებს сохраняется без изменения (варт. ხ → ლ).

Например:

| | Варт. | Нидж. |
|------|---|---------------------------------------|
| Dat. | ადამარლო (←*ადამარ-ებს-ა): ლარმულა (←*ლარ-მებს-ა): | ადამარხო—'людям' ლარმეხო—'юношам'. |

е) Но в одном отношении мы имеем значительное расхождение. В ниджском диалекте наблюдается тенденция, при котором форма дательного падежа заменяет форму именительного падежа, следовательно, мы имеем тенденцию функционального объединения именительного и дательного падежей. Явление это имеет значение не только для истории удинского языка, но и для выяснения взаимоотношений именительного и дательного падежей вообще в кавказских языках.

Например:

| | Варт. | Нидж. |
|------|-------------------|---|
| Nom. | ეაქურებს—'лошади' | ბებ ეაქურხო (Nom.) ტიტუნტერი— —'мои лошади убежали' |
| Dat. | ეაქურლო—'лошадям' | სრ. ზუ ბებ ეაქურხო (Dat.) ბესზბო —'Я моих лошадей убил'. მოტაჲ დჷ შმანხო-ვალ (Nom.) ბურ- ტუნჯი მოტაჲ ჯომტან ლაჲსა. —'Его враги также начали бежать позади него'... |

2. В склонении местоимений в обоих диалектах выявляется одна и та же система (ср. [2], стр. 30—37). Различия касаются отдельных моментов, исключительно фонетического характера. Лишь в одном случае наблюдаем значительное расхождение: указательные местоимения¹ в ниджском диалекте представлены в именительном падеже в упрощенном виде, именно без детерминанта -გე -ნე ([9], стр. 215).

¹ Указательное местоимение 3-го лица употребляется в качестве личного местоимения.

Например:

Единственное число:

| Варт. | Нидж. |
|---------------------------|----------------------|
| მობნ მებნ (-*მე-ბე-ნ): | მბ (-*მე-ნ) — 'этот' |
| ქანბ (-*ქა-ბე-ნ): | ქბ (-*ქა-ნ) — 'этот' |
| შობნ შებნ (-*შე-ბე-ნ): | შბ (-*შე-ნ) — 'тот' |

Множественное число

| Варт. | Нидж. |
|---------------|---------------|
| მობნრ — 'эти' | მბრბ — 'эти' |
| ქანბრ — 'эти' | *ქბრბ — 'эти' |
| შობნრ — 'те' | შბრბ — 'те' |

При этом детерминант -ბ -ქ в косвенных падежах (единственного и множественного числа) одинаково выявляется в обоих диалектах (см. [9], стр. 215). Других расхождений здесь касаться не будем.

3. Таким же образом одну общую систему имеем в отношении склонения имен прилагательных и числительных, повидимому и потому, что в функции определения эти части речи вообще не изменяются (не склоняются), в функции существительного же они одинаково оформляются суффиксом -ნ -ო в именительном падеже, а в косвенных падежах суффиксом -ბ -ქ (детерминантами основ)¹ (ср. [9], стр. 217 след.).

Более или менее значительное расхождение имеем в образовании числительных: в ниджском диалекте собственные названия для десятков заменяются азербайджанскими.

| Варт. | Нидж. |
|----------|------------------------|
| ვიწ | ვიწ — 'десять' |
| ყა | ყა — 'двадцать' |
| საყოვიწ | ოთუზ — 'тридцать' |
| პაყო | ყვრბ — 'сорок' |
| პაყოვიწ | წლლი — 'пятьдесят' |
| ხბყო | ალთმიშ — 'шестьдесят' |
| ხბყოვიწ | აეთმიშ — 'семьдесят' |
| ბიყო | სჳქსწწ — 'восемьдесят' |
| ბიყოვიწ | ღობსან — 'девяносто' |
| [სა]ბაჩხ | [სა]ბაჩხ — 'сто' |

4. Глагольные формы в диалектах удинского языка дают более или менее общую систему. Это в первую очередь выявляется в системе личных показателей. Личные аффиксы в удинском вообще представляют те

¹ Эти же аффиксы встречаются и в местоимениях.



же самые личные (в 3-м лице указательные) местоимения, оформленные в соответствии падежа реального субъекта (см. [1], стр. 25; [2], стр. 48; [11], стр. 153 и след.), при этом они изменяются в фонетическом отношении¹. Мы имеем два ряда личных показателей: а) в глаголах с реальным субъектом в именительном или эргативном падеже и б) в глаголах с реальным субъектом в дательном падеже. В ниджском диалекте мы имеем значительные особенности и в этом отношении. Для наглядности приведем следующую таблицу личных аффиксов в удинском языке:

Таблица личных показателей в диалектах удинского языка

| Личные местоимения | | Личные показатели | | | | Лицо и число |
|--------------------|---------|--|------------------|--|-------|---------------|
| | | В глаголах с субъектом в имен. и эргат. пад. | | В глаголах с субъектом в дательн. пад. | | |
| Варт. | Нидж. | Варт. | Нидж. | Варт. | Нидж. | |
| ზუ | ზუ | -ზუ, -ზ | -ზუ -ზ -ზუ | -ვა | | 1 л. един. ч. |
| უნ | ჰუნ | -ნუ (-რუ, -ლუ, -დუ, -ტუ), -ნ | -ნუ -ნ -უნ | -ვა | | 2 л. " |
| მონო | მონ | -ნე (რე, -ლე, -დე, -ტე) | -ნე -ე | -ტუ | | 3 л. " |
| შეტინ | შოტინ | | | | | |
| შეტუ | შოტუ | | | | | |
| დან | დან | -დან | -დან | -და | | 1 л. множ. ч. |
| ვან | ვან | -ვან | -ვან | -ვაბ | | 2 л. " |
| მონორ | შორახ | -ყუნ | -ტუნ | -ყო | | 3 л. " |
| შოტრლონ | შოტრლონ | | | | | |
| შოტრლო | | | | | | |

Те же показатели, что и для глаголов с субъектом в именительном и эргативном падежах.

Таким образом, можно отметить следующие особенности ниджского диалекта сравнительно с варташенским:

а) В первую очередь нужно отметить то обстоятельство, что согласный -ბ-п показателей 2 и 3 л. единств. ч. и 2 л. множ. ч. не ассимилируется с согласными основы (ср. сообщение первое, стр. 709). Хотя это явление фонетического характера, но имеет и морфологическое значение.

Например:

| Варт. | Нидж. |
|----------------------------------|-----------------------------|
| უნ ქარ-რუ-ხსა (-*ქარ-ნუ-ხსა): | ჰუნ ქარ-უნ-ხსა—'ты живешь' |
| ვან ქარ-რან-ხსა (-*ქარ-ნან-ხსა): | ვან ქარ-ნან-ხსა—'вы живете' |

¹ В некоторых случаях эта связь между местоимениями и личными аффиксами затемнена и требуется дополнительное изучение этих аффиксов.

б) Особый интерес представляет расхождение в третьем лице единств. и множ. чисел в глаголах с субъектом в именит. и эргативном падежах; вартанешскому -**6ḡ** -**ne** в единственном числе в ниджском соответствует -**6ḡ** || -**ḡ** -**ne** || -**e**: -**6ḡ** встречается при основах с гласным исходом, а -**ḡ** с согласным исходом. Во множественном числе вартанеш. -**ყუბ** -**qun** соответствует нидж. -**ტუბ** -**ṭun**. В последнем случае налицо соответствие морфологического характера.

Например:

| Варт. | Нидж. |
|--|---|
| შონო ქარ- რე -ბსა (-*ქარ- 6ḡ -ბსა) —‘он живет’, | შონ ქარ- ḡ -ბსა—‘он живет’ |
| შონორ ქარ- ყუბ -ბსა—‘они живут’ | შონ ქარ ხე - 6ḡ —‘он жил’ |
| | შონ რობ ქარ- ტუბ -ბსა—‘они живут’. |

в) Особое положение имеем при спряжении глаголов с субъектом в дательном падеже. Как известно, в вартанешском диалекте эти глаголы оформляются личными показателями в форме дательного падежа соответствующих местоимений. Таковыми являются, например, глаголы: აკსუბ —‘видеть’, ბუესუბ—‘хотеть’, ლობუბ—‘любить’, ყობსუბ—‘бояться’ и т. п. (см. [2], стр. 53; [8], стр. 142 след.; [7], стр. 313 след.). В ниджском диалекте этот особый тип спряжения, как общее правило, больше не наблюдается: эти глаголы спрягаются по обычному типу спряжения.

Например:

| Варт. | Нидж. |
|---------------------------|-----------------------|
| ზა (ზე) აზაკსა—‘я вижу’ | ზე ყობსუბსა—‘я боюсь’ |
| ვა (უნ) ავაკსა | ჰუნ ყობსუბსა |
| შოტუ (შეტინ) ატუკსა | შოტინ ყობსუბსა |
| და (დან) ადაკსა | დან ყობსუბსა |
| ვაა (ვან) ავააკსა | ვან ყობსუბსა |
| შოტროლა (შოტროლონ) აყოკსა | შოტროლონ ყობსუბსა |

Лишь пережиточно этот особый тип спряжения сохраняется в глаголе ბუ **bu**—‘быть’. В вартанешском диалекте этот глагол имеет особое спряжение: личные показатели выявляются здесь в форме родительного падежа местоимений¹ (см. [7], стр. 314).

| Варт. | Нидж. |
|---|--|
| ბეზი უმუდ-ბეზ-ბუ— —‘у меня надежда (есть)’ | ბეზი კოყ თე-ზან-პუ (-*ზან-ბუ)— —‘у меня нет дома’ |
| ვი უმუდ-ვი-ბუ | ვი კოყ თე-ვან-პუ |
| შეტაა უმუდ-ტა-ბუ | შეტაა კოყ თე-ტუბ-პუ |

¹ Нужно выделить 3-е лицо, где мы имеем своеобразное положение.

ბეში უმუდ-ბეშ-ბუ
ეფი უმუდ-ეფ-ბუ
შოტრლოდ უმუდ-ჟო-ბუ

ბეში კოჟ თე-აახ-პუ
ეფი კოჟ თე-ვაახ-პუ
შოტრლოდ კოჟ თე-ტოახ-პუ

Нужно отметить лишь то, что личные показатели в этом случае выявляют форму так называемого аккузатива вместо формы обычного дательного падежа. Это и другие обстоятельства побуждают нас, в форме так называемого аккузатива в удинском языке признать первичный дательный падеж (см. [8], стр. 141—144).

г) Другие категории глагола, как-то категории времени, наклонения, переходности и т. п., в обоих диалектах представлены принципиально одинаково. Частичные различия наблюдаются лишь в отношении фонетической стороны, что, конечно, не создают различия в морфологической системе.

д) Одинаково образуется в обоих диалектах глагольная основа и форма инфинитива (ср. [2], стр. 39 след.; [4], стр. 338). Одинаково также чередование основ в супплетивных глаголах. Лишь в одном случае имеем своеобразие в основе глагола. Именно основа ფესუნ *pesun* дает в настоящем времени разные формы по диалектам:

Варт.

ზუ ადიტზუეხა —
უნ ადიტზუეხა

Нидж.

ზუ ადიტუნე — 'я говорю'
პუნ ადიტუნე

* * *

Таким образом мы видим, что и в морфологическом отношении наблюдаются существенные расхождения в диалектах удинского языка. Эти расхождения имеют значения для изучения истории удинского языка, а также дают исходные пункты для выяснения генезиса некоторых морфологических явлений (например, проблема аккузатива, спряжение глаголов с дательным субъектом и т. п.). Мы не давали здесь развернутого суждения по поводу этих вопросов: нашу задачу мы ограничились лишь сравнительным анализом основных морфологических явлений по диалектам удинского языка (указывая, по мере возможности, на соответствующую литературу по генетическим вопросам удинского языка). Более детальное сравнительно-историческое рассмотрение этих явлений выходит за пределы настоящей статьи.

В следующем, третьем, сообщении будут рассмотрены словообразование и лексические взаимоотношения по диалектам удинского языка.

Грузинский Филиал АН СССР
Институт языка, истории и материальной культуры
имени акад. Н. Я. Марра
Тбилиси

(Поступило в редакцию 29.1.1941)

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Schiefner. Versuch über die Sprache der Uden. Mémoires de l'Académie impériale des sciences de St.-Petersbourg, VII^e série, t. VI, Nr 8. St.-Petersburg, 1863.
2. А. Дирр. Грамматика удинского языка. Сб. МОМПК, VI, Тифлис, 1888.
3. H. Schuchardt. Über d. passiven Character d. Transitivs in den kaukasischen Sprachen. Sitzungsberichte d. Wiener Akademie. Phil.-hist. Cl. CXXXII, 1, Wien, 1895.
4. A. Dirr. Einführung in das Studium der kaukasischen Sprachen. Leipzig, 1928.
5. И. Мешанинов. Новое учение о языке. Ленинград, 1936.
6. ვლ. ფანჯვიძე. სახელთა ბრუნებისათვის უღურ ენაში. ენიმკი-ს მოამბე, ტ. I, თბილისი, 1937.
7. ვლ. ფანჯვიძე. უღური ენა და მისი კილოები. ენიმკი-ს მოამბე, ტ. II, თბილისი, 1937.
8. ვლ. ფანჯვიძე. აკუზატის გენეზისისათვის უღურ ენაში. ენიმკი-ს მოამბე, ტ. V—VI, თბილისი, 1940.
9. ვლ. ფანჯვიძე. შესამე პირის ნაცვალსახელოვანი -ნე II -ტუ უღურ ენაში. ენიმკი-ს მოამბე, ტ. X, თბილისი, 1941.
10. Çejrani Tədr. Samçı dəs. [Удинский букварь]. Suzum, 1934.
11. N. Troubetzkoï. Notes sur les désinences du verbe dans les langues Tchétchénolesghiennes. BSL. XXIX, 3. Paris, 1929.



| | |
|--|-----|
| К. М. Илуридзе-Молчан. Влияние предхристовочного подсушивания и мочки виноградных побегов на активность каталазы | 107 |
| *K é t é v a n a M. Iluridze-Molchan. De l'influence sur l'activité de la catalase du dessèchement partiel et de la mouillure des sarments avant le greffage | 111 |
| Л. И. Джапаридзе и Н. Н. Брегадзе. О различии первых стадий возрастных изменений в локализации торусов у некоторых хвойных | 113 |
| *L. I. Djaparidze and N. N. Bregadze. On the difference of the first stages of age changes in the localization of the tori in some conifers | 115 |
| Л. Я. Церетели и Н. Н. Чантурия. К вопросу о применении антисептиков при хранении плодов цитрусовых | 117 |
| Е. А. Макаревская. Устойчивость активности каталазы у размельченного растительного материала | 121 |
| Я. И. Гуммель. К проблеме археоботаники Закавказья. Сообщение второе | 125 |

ბოტანიკა—ЗООЛОГИЯ—ZOOLOGIE

| | |
|--|-----|
| Ф. А. Зайцев. Новый шерстный вид подсемейства Trechini из Грузии (Coleoptera, Carabidae) | 133 |
| *Ph. Zaitzev. Une nouvelle espèce cavernicole des Trechini, provenant de la Géorgie | 135 |
| М. В. Шидловский. Характерные черты родентофауны Грузии | 137 |
| Лев Мищенко. Вил рода Gratidia Stal (Phasmodea, Clitumnidae) в фауне СССР | 145 |
| *L. e o M i s t s h e n k o. The species of the genus Gratidia Stal in USSR (Phasmodea, Clitumnidae) | 147 |
| М. Д. Рчеулишвили. Региональные особенности шерстного покрова животных. Сообщение второе | 149 |

ზოოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ—PHYSIOLOGIE

| | |
|--|-----|
| И. Бериташвили (Беритов) и Д. Гелеванишвили. Об общем торможении в коре большого мозга | 157 |
| *I. Beritoff und D. Gedewani. Allgemeine Hemmung in der Grosshirnrinde | 166 |

ფილოლოგია—ФИЛОЛОГИЯ—PHILOLOGIE

| | |
|---|-----|
| ს. ყაუხჩიშვილი. არმაზში აღმოჩენილი ბერძნული წარწერები | 169 |
| *С. Каухчишвили. Новые греческие надписи из Армази | 175 |
| ს. ყაუხჩიშვილი. მიკეელ ფსელოსის ერთი „განმარტება“ | 177 |
| *С. Каухчишвили. Об одном «толковании» Михаила Пселла | 178 |

სებათმცოდნეობა—ЯЗЫКОВЕДЕНИЕ—SPRACH WISSENSCHAFT

| | |
|--|-----|
| А. Г. Шанидзе. Данные греческо-пеллевийской билингвы из Армази для истории термина ეზოისმოკლუარი-эзоисмозгуар-и в древнегрузинском | 181 |
| *A. Chanidze. Données de l'inscription bilingue grecque-pelivie d'Armazi pour l'histoire du terme ezoismozguar-i «procurateur» | 187 |
| ვ. თაყაყურიძე. ნ და ს ფუნქციისათვის ქართველურ ენებში | 189 |
| *В. Тапурия. К вопросу о слоях н и с в картвельских языках | 196 |
| არბ. ჩიქობავა. მარტვი წინადადების ევოლუციის ძირითადი ტენდენციები ქართულში. I | 197 |
| *А. р. Чикобава. Основные тенденции развития синтаксического механизма простого предложения в грузинском языке. I | 202 |
| В. л. Пачвიაдзе. К вопросу о взаимоотношении диалектов удинского языка. Сообщение второе | 203 |

1/186



ЗДБГ 6 806.
ЦЕНА 6 РУБ.